



**Universidad Agraria de la Habana**  
"Fructuoso Rodríguez Pérez"

**UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO**  
"Facultad Agroforestal de Montaña"



**UNIVERSIDAD DE  
GUANTÁNAMO**



**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**El funcionamiento de un agroecosistema  
premontañoso y su orientación prospectiva  
hacia la sostenibilidad: rol de la  
agrobiodiversidad**

*Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*



Ing. Yaniuska Gonzalez Perigó

San José de las Lajas, Mayabeque  
2015



**Universidad Agraria de la Habana**

**“Fructuoso Rodríguez Pérez”**

**UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO**

**“Facultad Agroforestal de Montaña”**



**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**El funcionamiento de un agroecosistema  
premontañoso y su orientación prospectiva  
hacia la sostenibilidad: rol de la  
agrobiodiversidad**

*Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*

Autor: Ing. Yaniuska Gonzalez Perigó

Tutores: Dr.C. Ángel Leyva Galán

Dra.C. Oriela Pino Pérez

San José de las Lajas, Mayabeque

2015

## *Dedicatoria*

*A mí adorado hijo Jonas Joao, al que prive de mi presencia en algunos momentos de su vida,  
para lograr mis metas.*

*A mis madres, Milagro Perigó y Arlines Matos, quienes me enseñaron que con esfuerzo,  
dedicación y confianza, siempre se pueden alcanzar los objetivos.*

*A mis abuelos fallecidos, quienes no pudieron ver el resultado de mi esfuerzo, en especial a mi  
abuela Georgina Perigó que se encuentran conmigo desde cualquier lugar donde esté.*

*A mí esposo Erisandro Caraballo, por estar a mi lado en las buenas y las malas.*

*A mi hermano Luisito y hermanas, Yanara y Odélin que tanto quiero.*



## *Agradecimientos*

*A todas las personas que me han ayudado de una forma u otra en la realización de esta investigación:*

*Al Dr. Ángel Leyva Galán, mi tutor, por escoger el tema, por su profesionalidad, apoyo, paciencia y dedicación. Por aceptarme como a una hija, y demostrarme que con sacrificio, todo es posible. Gracias Dr. LEYVA.*

*A mi tutora la Dra. Oriela Pino Pérez, por su ayuda y orientación acertada, en la revisión detallada del documento y especialmente en todo lo referente a los estudios alelopáticos. Gracias por su amistad y cariño, Dra. ORIELA.*

*A todos en la “Finca La Loma”, por su contribución invaluable en esta investigación y en especial a Jorge e Iris que me han apoyado siempre.*

*A la Dra. Alicia Mercadet Portillo, por su ayuda y colaboración en el perfeccionamiento del capítulo referente a “Captura de carbono”, vital en esta investigación.*

*A todos en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, por el cariño, la disposición brindada en todo momento y por hacerme sentir como parte de su colectivo de trabajadores.*

*A Yolanda y Emilia, por su ayuda desinteresada en la revisión de parte del documento y su conformación final, porque a pesar del poco tiempo disponible estuvieron ayudándome.*

*A las jóvenes profesionales y técnicas del departamento de productos naturales del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, por todo su apoyo para poder realizar con éxito los experimentos de laboratorio y a la Dra. Moraima Suris por su colaboración en la revisión del documento.*

*A todos mis colegas de las casitas, los presentes y los que ya pasaron, por los momentos compartidos, porque sus intercambios de opiniones e ideas fueron de mucha ayuda para poder llegar y alcanzar esta meta; por compartir momentos de alegría, nostalgia, tristeza, enfermedad; por alentarme a seguir adelante aunque estaba lejos de mi familia; a todos muchas gracias por su amistad, siempre los tendré presente.*

*A Mili y Mirian por su ayuda en todo momento y consejos que me ayudaron a seguir, en especial por su amistad y cariño, por eso muchas gracias.*

*A todos en la Universidad Federal de Santa María, Brasil. En especial a la Dra. Zayda Ines Zantoniolli, que me acogió como una hija y me enseñó mucho. También al Dr. Addemir y el Dr. Roberto A. Arevalo por su colaboración y ayuda durante mi pasantía en tierra carioca.*

*A mis hermanas Yanara Gómez y Odellín Brea, por el impulso que me dieron y su disposición a ayudarme en todo momento.*

*A Daisy y Geomar, por su ayuda en el cuidado de mi hijo y por su apoyo en los momentos críticos de estos últimos años. Gracias compadres.*

*Especialmente a mi Madre querida y mi padrastro Pepín, por su inmenso cariño y apoyo en el cuidado de mi hijo para poder continuar hasta el final.*

*A mi compañero y esposo Erisandro Caraballo, por su comprensión y apoyo a pesar de no siempre estar de acuerdo conmigo, por estar en las buenas y las malas. Gracias mi amor.*

*A la revolución Cubana, por darme la oportunidad de lograr una formación como profesional.*

*Y a todas las personas que no he mencionado pero que tengo muy presente, gracias por su ayuda y amistad. Los quiero mucho.*



## SÍNTESIS

La investigación se realizó en el agroecosistema “Finca La Loma”, comunidad de Limonar de Monte Rous provincia de Guantánamo 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. La introducción al agroecosistema de *Helianthus annuus* L., mostró buenos rendimientos y efectos alelopáticos negativos asociado con *Solanum lycopersicum* L., sembrado de forma simultánea. 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.



<b>ÍNDICE.....</b>	<b>Páginas</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. LA AGRICULTURA ECOLÓGICA: BASES HISTÓRICAS Y CIENTÍFICAS .....</b>	<b>6</b>
2.1.1. AGROECOLOGÍA, DEFINICIÓN, CONCEPTOS Y TEORÍAS SOBRE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	6
2.1.2. AGRICULTURA SOSTENIBLE.....	7
2.1.3. ENFOQUES ACERCA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LOS AGROECOSISTEMAS .....	8
<b>2.2. HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS AGROECOSISTEMAS .....</b>	<b>9</b>
2.2.1. EL DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO.....	9
2.2.2. LOS MÉTODOS PARTICIPATIVOS .....	10
<b>2.3. LA BIODIVERSIDAD Y SU IMPORTANCIA EN LOS AGROECOSISTEMAS ....</b>	<b>11</b>
2.3.1. METODOLOGÍAS PARA PROMOVER LA BIODIVERSIDAD .....	12
2.3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.....	13
2.3.2.1. Los índices de diversidad .....	13
2.3.2.2. Nuevo Índice de Agrobiodiversidad (IDA) .....	14
<b>2.4. ALTERNATIVAS AGROECOLÓGICAS PARA EL MANEJO DE LA AGROBIODIVERSIDAD.....</b>	<b>15</b>
2.4.1. TÉCNICAS DE LOS CULTIVOS MÚLTIPLES.....	15
2.4.2. BASES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS DE LOS POLICULTIVOS.....	16
2.4.3. EL RECURSO NATURAL SUELO Y SU PRODUCTIVIDAD EN EL AGROECOSISTEMA .....	17
2.4.4. EL RECURSO NATURAL AGUA: SU UTILIZACIÓN SOSTENIBLE EN LOS AGROECOSISTEMAS ...	18
<b>2.5. EL SECUESTRO Y LA CAPTURA DE CARBONO .....</b>	<b>18</b>
2.5.1. INDICADORES E ÍNDICES PARA EVALUAR EL SECUESTRO DE CARBONO .....	19
2.5.2. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y EL SECUESTRO DE CARBONO.....	20
<b>2.6. LA COMPETENCIA Y LA INTERFERENCIA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7. LA ALELOPATÍA DENTRO DE LA DIVERSIDAD DE PLANTAS.....</b>	<b>22</b>
<b>2.8. CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>24</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE GUANTÁNAMO .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO, “FINCA LA LOMA” .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA .....</b>	<b>26</b>
3.3.1. ETAPA 1: DIAGNÓSTICO GENERAL.....	26
3.3.2. ETAPA 2: DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO .....	27
3.3.3. ETAPA 3: PROFUNDIZACIÓN DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN .....	27
3.3.4. ETAPA 4: PROPUESTA ESTRATÉGICA DE MANEJO .....	28
<b>3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO GENERAL</b>	<b>28</b>



3.5. ESTRATEGIA DEL DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DEL AGROECOSISTEMA....	29
3.5.1. RECOPIACIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS .....	29
3.5.2. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS NATURALES AGUA Y SUELO .....	30
3.5.3. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS EN EL DIAGNÓSTICO .....	30
3.5.4. ANÁLISIS TEMPORAL DE LA DIVERSIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DE LA FINCA .....	31
3.6. ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD TOTAL DEL AGROECOSISTEMA .....	32
3.7. CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO SECUESTRADO POR ESPECIES ARBÓREAS DEL AGROECOSISTEMA .....	33
3.8. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD (IDA) .....	35
3.9. PROFUNDIZACIÓN DEL PROCESO INVESTIGATIVO .....	36
3.9.1. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE EXTRACTOS ACUOSOS DE GIRASOL SOBRE EL CRECIMIENTO DEL TOMATE EN CONDICIONES DE LABORATORIO .....	37
3.9.2. EVALUACIÓN DE SISTEMAS POLICULTURALES EN CAMPO .....	39
3.10. VALORACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE LOS APORTES DE LA TESIS .....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO .....	42
4.1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL MUNICIPIO EL SALVADOR .....	42
4.1.2. DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD LIMONAR DE MONTE ROUS .....	42
4.1.3. DIAGNÓSTICO DEL AGROECOSISTEMA “FINCA LA LOMA” .....	44
4.1.3.1. Situación medioambiental del agroecosistema “Finca La Loma” .....	48
4.1.3.2. Problemas que afectan la producción de la finca y su jerarquización .....	49
4.2. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL AGROECOSISTEMA “FINCA LA LOMA” .....	50
4.2.1. DIVERSIDAD DE LA FINCA POR SUBSISTEMAS .....	50
4.2.1.1. Diversidad del subsistema I: producción de alimento animal .....	51
4.2.1.1.1. Diversidad de la producción para la alimentación de los animales .....	51
4.2.1.1.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios .....	53
4.2.1.2. Diversidad del subsistema II: producción para la comercialización .....	54
4.2.1.2.1. Diversidad de especies para la comercialización .....	54
4.2.1.2.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios .....	55
4.2.1.3. Diversidad del subsistema III: producción para el autoabastecimiento .....	57
4.2.1.3.1. Análisis de la diversidad de especies para el autoabastecimiento familiar .....	57
4.2.1.3.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios .....	58
4.2.1.4. Diversidad del subsistema IV: producción agroforestal .....	59
4.2.1.4.1. Análisis de la diversidad de las especies en el sistema agroforestal .....	59
4.2.1.4.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios .....	60
4.2.1.5. Diversidad del subsistema V: la vivienda y su entorno .....	61
4.2.1.6. Diversidad del subsistema VI: fuente de abasto de agua y su entorno .....	62
4.2.1.7. Diversidad del subsistema VII: producción animal .....	64
4.2.2. LA DIVERSIDAD TOTAL DEL AGROECOSISTEMA “FINCA LA LOMA” .....	66
4.2.3. CARBONO SECUESTRADO POR ESPECIES ARBÓREAS EN CADA SUBSISTEMA .....	72
4.2.3.1. Secuestro de carbono del agroecosistema y su relación con la biodiversidad .....	75
4.2.3.2. El secuestro de carbono arbóreo: bases para la creación de un Índice .....	76
4.2.4. COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD (IDA) .....	77



4.3. ARREGLOS ESPACIALES: INTERFERENCIA Y ALELOPATÍA.....	80
4.3.1. ENRIQUECIMIENTO DEL AGROECOSISTEMA.....	80
4.3.1.1. Efecto de extractos acuosos de girasol sobre el crecimiento del tomate .....	80
4.3.1.2. Interferencias en el sistema de policultivo tomate-girasol .....	86
4.3.1.2.1. Crecimiento y desarrollo de los cultivos .....	86
4.3.1.2.2. Análisis del rendimiento de los cultivos .....	87
4.3.1.3. Interferencias del sistema de policultivo tomate-girasol: segunda etapa .....	90
4.4. RELEVANCIA DE LA APLICACIÓN DE UNA ESTRATEGIA AGROECOLÓGICA PARA LOS AGROECOSISTEMAS PREMONTAÑOSOS .....	91
4.4.1. LA VISIÓN SISTÉMICA Y HOLÍSTICA DEL AGROECOSISTEMA .....	91
4.4.2. EFICIENCIA DE LOS APORTES HECHOS AL AGROECOSISTEMA DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	93
4.4.3. PROPUESTA ESTRATÉGICA DE DESARROLLO PROSPECTIVO DEL AGROECOSISTEMA .....	95
4.4.4. CONSIDERACIONES FINALES .....	96
V. CONCLUSIONES .....	99
VI. RECOMENDACIONES .....	100
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
VIII. ANEXOS	



## LISTADO DE ACRÓNIMOS

<b>ACTAF</b>	Asociación Cubana de Técnicos Agrícola y Forestales
<b>ANAP</b>	Asociación Nacional de Agricultores Pequeños
<b>ATER</b>	Índice equivalente del uso del suelo en el tiempo
<b>CCSf</b>	Cooperativa de Crédito y Servicio fortalecida
<b>CENSA</b>	Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria
<b>CITMA</b>	Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente
<b>CLADES</b>	Centro Latinoamericano de Desarrollo Sustentable
<b>CONAFOR</b>	Comisión Nacional Forestal
<b>DELTA</b>	Equipo de Dirección y Educación para el Desarrollo
<b>DPV</b>	Dirección Provincial de Vivienda
<b>DRP</b>	Diagnóstico Rural Participativo
<b>DRR</b>	Diagnóstico Rural Rápido
<b>ERP</b>	Evaluación Rural Participativa
<b>ERSICA</b>	Evaluación Rápida de Sistemas de Información y Conocimiento
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>GIRA</b>	Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada
<b>HMA</b>	Hongos micorrízicos arbusculares
<b>IAP</b>	Investigación Acción Participativa
<b>IAVA</b>	Índice de Biodiversidad para la Alimentación y Conservación del Suelo
<b>ICBF</b>	Instituto Colombiano de Bienestar Familiar
<b>ICOM</b>	Índice de Biodiversidad Complementaria
<b>IDA</b>	Índice de Diversidad del Agroecosistema
<b>IDAL</b>	Índice de Diversidad de Animales Libres
<b>IESA</b>	Investigación y Extensión en Sistemas Agrarios
<b>IET</b>	Índice Equivalente del uso de la Tierra
<b>IFE</b>	Índice de Biodiversidad para la Alimentación Animal
<b>IFER</b>	Índice de Biodiversidad para la Alimentación Humana



<b>IGPG</b>	Informe Gobierno Provincial de Guantánamo
<b>IGS</b>	Índice General de Sostenibilidad
<b>IICA</b>	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
<b>INCA</b>	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
<b>IPA</b>	Investigación Participativa Agrícola
<b>ISCa</b>	Índice de Secuestro de Carbono en árboles
<b>MEDEBIVE</b>	Metodología para el Desarrollo de la Biodiversidad Vegetal
<b>MESMIS</b>	Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sostenibilidad
<b>MINAG</b>	Ministerio de la Agricultura
<b>MINSAP</b>	Ministerio de Salud Pública
<b>NC</b>	Norma Cubana
<b>ONE</b>	Oficina Nacional de Estadística
<b>PCI</b>	Conjunto de Principios, Criterios e Indicadores
<b>PN</b>	Proyectos Nacionales
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>PROMEDAS</b>	Propuesta Metodológica para el Desarrollo Agrario Sostenible
<b>PT</b>	Proyectos Territoriales
<b>RIMISP</b>	Red Internacional de Metodología de Investigación en Sistemas de Producción
<b>RRSA</b>	Apreciación Rápida de Sistemas Rurales
<b>SERJUS</b>	Servicios Jurídicos y Sociales
<b>SRP</b>	Sondeo Rural Participativo
<b>TC</b>	Tasa de Competencia
<b>UNIT</b>	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
<b>VI</b>	Valor del indicador
<b>VV</b>	Valor de las variables



## I. 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 (Maserá *et al.*, 2000; Astier y Hollands, 2005; Zinck *et al.*, 2005), 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 (Sarandón *et al.*, 2006).

En Cuba, los estudios de escenarios productivos agroecológicos integrales no son abundantes, aun cuando existen muchos agroecosistemas que erigen su proyección hacia una agricultura integral. Las experiencias exitosas y sobresalientes, se enmarcan a predios de pequeños productores (Funes *et al.*, 2002; Leyva y Pohlan, 2005; Funes, 2009; Álvarez *et al.*, 2011) o cooperativas excepcionales dentro del movimiento de agricultura urbana (Gravina y Leyva, 2012). Se destacan los programas de la ANAP desde la visión cooperativista, a través del movimiento campesino a campesino (Rosset *et al.*, 2011) y las investigaciones realizadas, mediante el uso de indicadores e índices, en busca de un acercamiento a la sostenibilidad (Socorro, 2002; Leyva, 2003; Lores, 2009).

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 (ACTAF, 2009; ACTAF, 2012). En este contexto, ha surgido “la agroforestería análoga” (CONAFOR, 2007); 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 (Gamboa y Criollo, 2011; Arnold, 2012).



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 (Jiménez, 2005a; Jiménez, 2005b; Pérez y Martín, 2011; Trapote *et al.*, 2011; Trapote y González, 2011). 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 (Rodríguez *et al.*, 2011) y se incluyen los resultados de las investigaciones enmarcadas en un proyecto de agroforestería análoga recién concluido (Toirac *et al.*, 2012).

Sin embargo, la reorientación agroforestal hacia el incremento de la biodiversidad en las zonas montañosas y premontañosas de Cuba, no ha incluido en toda su magnitud los elementos básicos de la soberanía alimentaria, protección medioambiental, secuestro y retención del carbono y sistemas productivos que propicien un aprovechamiento máximo de las superficies cultivables. Esto supone carencia de información sobre el conocimiento de la diversidad de factores que intervienen en el funcionamiento de los agroecosistemas bajo condiciones montañosas y premontañosas. Los programas nacionales de desarrollo han adolecido en parte, de la necesaria inclusión participativa de la dimensión socio-cultural hacia la sostenibilidad del desarrollo local; algo que ha comenzado a considerarse en proyectos territoriales, con éxitos en sus resultados (IGPG, 2012a; IGPG, 2012b).

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 (Farooq *et al.*, 2011). 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 (Leyva y Muñoz, 2007).

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 (Leyva y Pohlen, 2007; FAO, 2010).

Los programas de fortalecimiento de la biodiversidad dentro de la proyección para el desarrollo de la montaña, emprendidos con éxitos dentro del proceso constructivo nacional a partir del año 1959, necesitan ser mejorados, no solo en la dimensión económica, sino también en la medioambiental y sociocultural. Se deben incorporar nuevos indicadores que evalúen la calidad de vida de los actores y sus familias, que garanticen rentabilidad, seguridad, equidad y soberanía alimentaria, a través de la agrobiodiversidad imprescindible para el agroecosistema en un entorno armónico con las restantes formas de vida.

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”?

## **HIPÓTESIS**

El análisis integral de un agroecosistema premontañoso, posibilita el conocimiento de su funcionamiento y reorientación prospectiva hacia la sostenibilidad, tomando como base los valores utilitarios de la agrobiodiversidad.



## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar el funcionamiento del agroecosistema premontañoso “Finca La Loma” en la localidad Limonar de Monte Rous, municipio El Salvador provincia de Guantánamo, para su reorientación prospectiva hacia la sostenibilidad, a través de la caracterización enriquecimiento y monitoreo de la agrobiodiversidad.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar, el estado general de la sostenibilidad del agroecosistema con los principales problemas que limitan el desarrollo, para el establecimiento de las acciones que contribuyan a su disminución.
2. Determinar la agrobiodiversidad existente para el establecimiento de las especies imprescindibles ausentes, en busca de un acercamiento al desarrollo sostenible deseado, a través de arreglos policulturales eficientes, que limiten la competencia por interferencia y posibles efectos alelopáticos.
3. Determinar los aportes de las especies perennes en su cubrimiento espacial, como premisa para la creación de un índice de evaluación de los niveles de secuestro de carbono, bajo condiciones premontañasas.
4. Definir los posibles efectos alelopáticos que le son aducidos al *Helianthus. Annuus* L., en asociación con *Solanum. Lycopersicum* L., bajo condiciones premontañasas.
5. Proponer una estrategia para la conducción prospectiva de los agroecosistemas premontañasos hacia la sostenibilidad, asumiendo como principio la agrobiodiversidad.



## **NOVEDAD CIENTÍFICA**

- Se contribuye al conocimiento del funcionamiento integral de un agroecosistema premontañoso, en una localidad de la provincia de Guantánamo.
- Se informa sobre la contribución al agroecosistema premontañoso, de las especies perennes de mayores aportes al secuestro de carbono existente en la atmósfera, como premisa para el cálculo de un índice de secuestro de carbono.
- Se definen los efectos alelopáticos negativos de *H. annuus* asociado a *S. lycopersicum*.
- Se establecen medidas dirigidas a proteger los recursos naturales e incorporar nuevos rubros para la comercialización.

## **APORTES PRÁCTICOS**

- Se propone una estrategia de desarrollo prospectivo hacia la sostenibilidad, para un agroecosistema premontañoso en una localidad de la provincia de Guantánamo.
- Se establecen nuevos cultivos y arreglos espaciales en sistemas productivos bajo condiciones de premontaña, a través de un diseño que impide la competencia interespecífica por interferencias.
- Se mejora la calidad de vida de los actores y sus familias, a través de la introducción de nuevas especies para complementar necesidades de alimentos deficitarios y se introducen técnicas agroecológicas, que robustecen el agroecosistema.



## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. La Agricultura Ecológica: bases históricas y científicas

#### 2.1.1. Agroecología, definición, conceptos y teorías sobre la agricultura ecológica

Según Gliessman (2007) durante el siglo XX, las dos ciencias que componen la Agroecología: Ecología y Agronomía, tuvieron una relación distanciada. Los límites teóricos y prácticos establecidos por cada una de estas ciencias, las mantuvieron relativamente separadas. A finales de la segunda década del siglo XX, hubo un intento de combinar agronomía con ecología, dando origen al campo de la "ecología de cultivos". En los años 30 del mismo siglo, se propuso el término Agroecología para indicar la aplicación de la ecología a la agricultura, sin embargo, los ecólogos se alejaron de la Ecología de cultivos, dejándolo a los agrónomos; así, el término Agroecología aparentemente se olvidó. Pasados 30 a 40 años, el interés en la aplicación de la ecología a la agricultura se intensificó, cuando en el Primer Congreso Internacional de Ecología, un grupo de participantes presentó un informe titulado: "Análisis de Agroecosistemas" y 40 años después, la Agroecología emergió como una disciplina distinta y única para el estudio de los agroecosistemas.

A medida que la Agroecología se desarrollaba y su influencia crecía, esta disciplina contribuyó a la creación del concepto de sostenibilidad en la agricultura. La idea de la sostenibilidad fue como un objetivo que sirvió a la Agroecología para definir y enfocar proyectos de investigación. Por otro lado, el enfoque agroecológico a nivel de sistema y las evidencias de su equilibrio dinámico, retroalimentaron el concepto de sostenibilidad del cual varios autores establecieron las bases ecológicas en un simposio realizado en 1984 (Altieri, 2009).

La Agroecología para Cáceres (2003) es un marco teórico, cuyo fin es analizar el agroecosistema como un sistema complejo donde los procesos ecológicos naturales ocurren de manera constante. Mientras que para Gliessman *et al.* (2007), es la ciencia que proporciona normas para comprender la naturaleza de los agroecosistemas y su funcionamiento; a la vez,



aporta los principios ecológicos básicos para el estudio, diseño y manejo de los agroecosistemas culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables.

Por un lado, la Agroecología representa el estudio de los procesos ecológicos en los agroecosistemas; y por otro lado, actúa como un agente de cambio que busca la transformación social y ecológica que debe ocurrir para que la agricultura se desarrolle realmente sobre bases sostenibles. La Agroecología emerge entonces, como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas productivos de una manera holística, a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, sean culturalmente sensibles; social y económicamente viables (Altieri y Nicholls, 2010).

Las iniciativas agroecológicas actuales pretenden transformar los sistemas de producción de la agroindustria, a partir de la transición de los sistemas alimentarios basados en el uso de combustibles fósiles para la agroexportación hacia un paradigma alternativo, promoviéndose la agricultura local y la producción de alimentos por campesinos rurales y urbanos, desde la innovación, los recursos locales y la energía alternativa (Altieri y Toledo, 2011). La Agroecología no solo se centra en la producción de los cultivos, sino en la sostenibilidad ecológica, económica y sociocultural de los sistemas de producción. Se trata de una ciencia basada en principios y no en tecnologías (Altieri *et al.*, 2012). Hoy, la Agroecología continúa creciendo y unificando disciplinas.

## **2.1.2. Agricultura Sostenible**

El concepto de Agricultura Sostenible tiene su mejor interpretación si su enfoque se sustenta en la Agricultura Ecológica, aunque para definirla se han utilizado diferentes términos. Diversas interpretaciones y enfoques se han expuesto en la literatura internacional para definir la agricultura sostenible; sin embargo, solo se aceptan, si implican varios objetivos sociales, económicos y ambientales como: a) producción estable y eficiente de los recursos naturales, b) seguridad y autosuficiencia alimentaria, c) uso de prácticas agroecológicas, d) preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad, e) asistencia a los más pobres a



través de un proceso de autogestión, f) altos niveles de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo y g) conservación y regeneración de los recursos naturales (Altieri, 2009).

Diversos autores, coinciden al definir la agricultura sostenible como productiva y provechosa, ambientalmente sana, económicamente viable y conservadora de energía y de los recursos naturales, además de proveer mejoras en la salud, calidad alimenticia y seguridad humana. La agricultura sostenible se basa en la toma de decisiones correctas sobre los recursos de los sistemas agrícolas: naturales, humanos, de capital y de producción (Sepúlveda, 2002; Guzmán y Morales, 2012)

### **2.1.3. Enfoques acerca del desarrollo sostenible de los agroecosistemas**

Según el diccionario Larousse (2004), la definición clásica del desarrollo se expone como la mejora cuantitativa y durable de una economía y de su funcionamiento. Mientras que el Informe sobre Desarrollo Mundial del Banco Mundial (1992) lo define como el mejoramiento del nivel de vida, el cual comprende el consumo material, educación, salud y protección del medio ambiente. Santoyo *et al.* (2000), hacen referencia al desarrollo agrícola, como un proceso por medio del cual se obtiene una mayor producción comercial con los recursos disponibles y potenciales a través de la expansión de la frontera, diversificación de la producción, incremento de la productividad, entre otros; como todo proceso, implica cambios sistemáticos provenientes de un entorno sociocultural. La definición más aceptada es la que figura en la Comisión Brundtland, la cual define que “el desarrollo sostenible” es aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras”. (Navarro, 2003; Von der Weid, 2004).

Según Villaret (2002), el desarrollo agrario sostenible, es específico y se refiere a la transformación de los agroecosistemas a partir de una concepción holística desde el punto de vista socioeconómico y agroecológico, tomando en consideración la participación comunitaria como protagonista del proceso de desarrollo. En la práctica, las acciones



están enfocadas en las bases de la agricultura orgánica, los huertos urbanos, los sistemas agrícolas de baja escala, la tracción animal y el control biológico de plagas, convirtiéndose en los pilares de la nueva agricultura en América Latina y el Caribe (Funes *et al.*, 2009; Machín-Sosa *et al.*, 2010; Rosset *et al.*, 2011). Pero el desarrollo agrario sostenible es una filosofía que promueve un cambio de mentalidad hacia una producción donde se conjuguen las tres dimensiones de la sostenibilidad: economía, medioambiente y sociedad (Altieri, 2009; Toledo, 2012).

## **2.2. Herramientas para el análisis de los agroecosistemas**

En el tránsito hacia una agricultura sostenible donde se persigue el equilibrio entre los aspectos sociales, ambientales y económicos del sistema, se debe considerar un grupo de elementos estratégicos y herramientas participativas, que permitan recopilar y analizar las informaciones necesarias para desarrollar con éxito este proceso. En este sentido se señala, que no pueden haber acciones eficaces en la agricultura, sin un previo conocimiento científico de las realidades agrarias sobre las cuales se piensa trabajar (Coronel de Renolfi y Ortuño, 2005). Sarandón *et al.* (2006) hacen referencia, al uso de indicadores de sostenibilidad comúnmente no utilizados en la agricultura moderna, mientras Leyva (2003) señala como puntos clave: el diagnóstico participativo, el uso de alternativas agroecológicas, el análisis de la biodiversidad y la capacitación bien orientada (Schonhuth y Kievelitz, 1994)

### **2.2.1. El diagnóstico participativo**

Varias metodologías dirigidas al acercamiento a la sostenibilidad de los sistemas agrarios incluyen entre los pasos a seguir el diagnóstico en primera opción. Este ha sido la herramienta más eficiente en los últimos años para lograr un mayor acercamiento a la problemática que se desea investigar dentro de las comunidades.

Los estudios de agroecosistemas integrales, han permitido recomendar metodologías de trabajo para lograr un mayor acercamiento al desarrollo agrario sostenible, entre ellos los realizados por Socorro (2002), Díaz (2002), Funes (2009), Lores (2009) y Torremocha (2012).



Estos autores proponen los pasos sistemáticos del diagnóstico, que han incluido los métodos participativos y el extensionismo agrario (Engel, 2002; FAO, 2011) así como, el movimiento campesino a campesino (Pagés, 2006a; Ponce *et al.*, 2011; Ríos *et al.*, 2011).

### **2.2.2. Los métodos participativos**

La utilización de métodos participativos en las investigaciones agrarias es una corriente de reciente introducción, pero que ha alcanzado importantes resultados; estos se fundamentan en la participación de los actores en todo el proceso de elaboración y conducción de los proyectos hacia el acercamiento a la sostenibilidad (Ríos, 2006).

Se señala la existencia en el mundo de unas 700 metodologías participativas. En América Latina las más conocidas y utilizadas son: Diagnóstico Rural Participativo (DRP), Diagnóstico Rural Rápido (DRR), Equipo de Dirección y Educación para el Desarrollo (DELTA por sus siglas en inglés), Investigación Acción Participativa (IAP), Investigación y Extensión en Sistemas Agrarios (IESA), Investigación Participativa Agrícola (IPA), Evaluación Rural Participativa (ERP), Apreciación Rápida de Sistemas Rurales (RRSA por sus siglas en inglés), Evaluación Rápida de Sistemas de Información y Conocimiento (ERSICA) o “RAAKS” por sus siglas en inglés y Sondeo Rural Participativo (SRP). En estas metodologías se destacan la discusión grupal, la multidisciplinaridad y el aprendizaje acumulativo (Gianella y Chávez, 2003).

El Diagnóstico Rural Participativo (DRP) es una de las metodologías más practicadas y recomendadas por la FAO (2004). Esta, combina varias técnicas para obtener ágilmente la información de los participantes en forma directa, donde los miembros de la comunidad participan como expertos en el estudio. Pero el éxito es mayor cuando los facilitadores están bien informados acerca de los objetivos que persiguen (Schonhuth y Kievelitz, 1994).



### 2.3. La biodiversidad y su importancia en los agroecosistemas

La biodiversidad constituye el conjunto de todos los organismos vivos que existen en la tierra y su interacción y es considerada la base del sustento de la vida en el planeta (Álvarez, 2000; Souza *et al.*, 2001). Ella representa el más grande recurso almacenado por la naturaleza a través de la civilización humana (Jiménez, 2005b); sin embargo, su riqueza ha ido disminuyendo a un ritmo acelerado con la contribución que ha hecho el propio hombre.

La agrobiodiversidad es un concepto que reúne lo relativo a la diversidad biológica para la producción agrícola, este término hace referencia a la diversidad que ha sido domesticada por el hombre y a los sistemas que junto a ella se conforman (Souza *et al.*, 2001). La biodiversidad silvestre corresponde a la que existe sin adaptación o domesticación por las personas, aunque exista una utilización, interacción y explotación de las mismas (Díaz del Cañizo, 2000; Gliessman, 2001).

El fenómeno de la pérdida de la biodiversidad se ha hecho más evidente en las plantas de interés alimentario, de las 10 000 especies de plantas utilizadas para la producción de alimentos en el pasado, hoy existen apenas 150 (Álvarez, 2004). Lo que trae consigo, el aumento del precio de las producciones, debido a que las inversiones financieras presionan los precios de muchos cultivos alimenticios a valores más altos de lo que normalmente han alcanzado (Kaufman, 2010).

En la actualidad áreas extensas se dedican al cultivo de trigo, maíz, arroz y papa, estos proporcionan más de la mitad de las calorías de origen vegetal que se consumen mundialmente, mientras solo una docena de especies pecuarias proporcionan el 90 % de las proteínas de origen animal (Vernooy, 2003; Diouf, 2005). En la actualidad solo 72 especies comestibles son disfrutadas en la alimentación humana (Rosset, 2006). Sin embargo, la importancia de la agrobiodiversidad no se reduce solo al uso directo que le da el hombre para la alimentación y esta constituye un indicador del buen funcionamiento de los agroecosistemas (Altieri *et al.*, 2007).



Guazzelli *et al.* (2007), resaltan que los sistemas agrarios diversificados desarrollan propiedades ecológicas que aumentan su capacidad de autorregulación y posibilidades de mantener el equilibrio por las múltiples relaciones entre sus componentes bióticos y abióticos. La importancia de la biodiversidad agrícola dentro del agroecosistema se basa en que: (i) constituye uno de los principios fundamentales de la agricultura sostenible, (ii) satisface necesidades alimentarias y espirituales del hombre, (iii) es una fuente de riqueza para la alimentación de los animales y el recurso suelo; además, proporciona seguridad de mercado, autoabastecimiento y protección de los recursos naturales (Leyva y Muñoz, 2007; Altieri y Nicholls, 2012).

### **2.3.1. Metodologías para promover la biodiversidad**

Según Funes (2009), Cuba tiene la gran oportunidad histórica de implementar un modelo agroecológico a escala nacional. La experiencia acumulada durante los últimos años, es un valioso punto de partida en aras de alcanzar esa meta. Dentro de este proceso ha salido a relucir de múltiples formas, la gran importancia del incremento de la diversidad en los sistemas agrarios. Una de ellas es la propuesta metodológica MEDEBIVE, creada para el desarrollo de la biodiversidad vegetal en los sistemas agrarios (Leyva, 2003) y enriquecida por Lores (2009) con su Propuesta Metodológica para el Desarrollo Agrario Sostenible (PROMEDAS).

La propuesta (PROMEDAS) se fundamenta en el análisis de los agroecosistemas, utiliza los conceptos de la investigación participativa y comprende: (i) un trabajo exploratorio de caracterización inicial, (ii) el diagnóstico de los escenarios productivos, (iii) profundización en la investigación participativa, (iv) estrategia para el desarrollo agropecuario sostenible y (v) concertación con todos los actores. El enfoque se orienta hacia la diversificación vegetal y constituye un complemento enriquecedor, de los esfuerzos dirigidos a una visión transformadora hacia el desarrollo sostenible.



### **2.3.2. Métodos de evaluación de la biodiversidad**

La diversidad sigue siendo el tema central de la Agroecología; por ello, frecuentemente aparece como indicador del buen funcionamiento de los agroecosistemas. Sin embargo, para el cálculo de la biodiversidad no existe unidad de medida universal ni puede considerarse un único atributo. Según refieren Moreno (2001) y Garrido (2006), los índices son solo herramientas para describir y comparar la diversidad de especies; luego los índices ecológicos pueden describir cualquier comunidad sin estar sujetos a la forma de distribución que ella adopte y las razones entre el número de especies y los valores de importancia de los individuos, se designan como índices de la diversidad de especies.

#### **2.3.2.1. Los índices de diversidad**

Existen diversos índices para medir la diversidad, muy distintos unos de otros y que permiten evaluar variables como el número de especies, riqueza de especies, la dominancia y abundancia relativa de algunas especies, la equidad en la abundancia relativa entre todas las especies (Odum, 1987) o bien agregando en un solo índice, información sobre la riqueza específica y equidad de un sitio (Margalef, 2002). Los más utilizados por los ecólogos según Magurran, (1989); Moreno, (2001); Margalef, (2002) y Moreno *et al.*, (2006), son los siguientes: el Índice de Diversidad de Shannon-Weaner ( $H'$ ), es aplicable a cualquier tipo de comunidad; es un buen indicador de los ecosistemas y las variaciones registradas para un mismo lugar en dos tiempos, asume que todas las especies son representadas en la muestra y su valor varía de 1,5 a 3,5 sin sobrepasar el valor de 4,5. Según Venegas (2004a) y Venegas (2004b), el índice de Diversidad de Shannon-Weaner ( $H'$ ) relaciona la riqueza de especies y la abundancia de sus poblaciones referidas al total de la muestra, como una estimación del total global, imposible de determinar con exactitud.

El Índice de Riqueza de Margalef ( $RM_g$ ) proporciona una visión instantánea y comprensiva de la riqueza de especies; mientras que el Índice de Equitatividad de Pielou ( $J'$ ) mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada.



Su valor oscila entre 0 y 1, de forma que se corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Vega, 1998)

El Índice de Dominancia de Simpson (D<sub>Sp</sub>), es una variable inversa al concepto de uniformidad, toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies; mientras el Índice de similitud (S), expresa el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas. Estos índices fueron creados para evaluar comunidades de especies en ecosistemas no intervenidos, para determinar de forma general la estabilidad ecológica del sistema y aunque han sido ampliamente utilizados en diferentes investigaciones agrícolas, existe la necesidad de crear nuevos índices que se ajusten a las condiciones y objetivos funcionales de los agroecosistemas, con un enfoque de sostenibilidad.

#### **2.3.2.2. Nuevo Índice de Agrobiodiversidad (IDA)**

La agrobiodiversidad dentro del agroecosistema concentra los alimentos en cuatro grupos principales que responden a las necesidades alimenticias del hombre (ICBF, 1996). De acuerdo a sus valores utilitarios y principales funciones dentro del agroecosistema, ella proporciona la información necesaria para evaluar los agroecosistemas, razón por la cual este indicador es considerado determinante para evaluar la sostenibilidad (Leyva, 2011).

Leyva y Lores (2012) formularon un índice de diversidad del agroecosistema, “el índice de agrobiodiversidad (IDA)”, basado en la relación que existe entre el valor máximo de los grupos de especies que deben encontrarse dentro del agroecosistema y el valor real de los grupos de especies existentes dentro del mismo, aunque el índice posee grupos de especies que no sólo alimenta a los humanos e incluye la diversidad no alimenticia, pero necesaria para el buen vivir. Cada grupo específico de diversidad, según sus valores utilitarios tendrán un índice cuyo valor (entre 0 y 1,0) indicará el estado del indicador y la sumatoria de los indicadores entre el número de indicadores, mostrará el valor del IDA; se considera deseado, valores de  $IDA \geq 0,7$  según fue comprobado por Lores (2009). Este nuevo índice



perfila una nueva visión de la manera en que se debe asumir el criterio sobre la funcionalidad del agroecosistema y constituye un aporte nuevo para la visualización de los sistemas en su acercamiento a la seguridad alimentaria. Resultados de su aplicación práctica por Gravina y Leyva (2012), muestran que este nuevo índice puede ser muy útil para evaluar la agrobiodiversidad de los escenarios productivos y dar una visión del estado de la soberanía alimentaria de las comunidades rurales, considerándose en el análisis la contribución en superficie de cada especie, como medida de su presencia en el agroecosistema.

#### **2.4. Alternativas agroecológicas para el manejo de la agrobiodiversidad**

Las alternativas agroecológicas constituyen opciones sostenibles hacia la sustitución de tecnologías agrarias convencionales. Estas deben centrarse en el uso eficiente de los recursos locales con el objetivo de mejorar el funcionamiento de los agroecosistemas y garantizar no solo la productividad económica sino la sostenibilidad ecológica del sistema (Funes, 2007). Las más conocidas son las alternativas nutricionales, para el control de plagas, abonos verdes, plantas repelentes y de manejo de cultivos o técnicas de cultivos múltiples; esta última, constituye una de las alternativas agroecológicas más eficaces a escala de agroecosistema (Vandermeer, 2010)

##### **2.4.1. Técnicas de los cultivos múltiples**

Se denominan cultivos múltiples, a la producción de dos o más cultivos en la misma superficie de suelo durante el mismo año; por tanto, constituyen sistemas que hacen un uso eficiente de los factores de crecimiento (luz, agua y nutrientes); del espacio y el tiempo disponible, para intensificar la producción agrícola (Dietrich, 1983). Estos objetivos se logran sembrando o plantando las especies de los cultivos en secuencia o en asociación; comúnmente llamados policultivos, cultivos intercalados o asociados. Estas siembras simultáneas pueden ser en forma mixta, en surcos, en franjas o fajas y de relevo (Leyva y Pohlan, 2005).

Cultivos intercalados mixtos se denominan a la siembra de dos o más especies de cultivos simultáneamente en forma irregular sin patrón de siembra definido; mientras que los



cultivos intercalados en surcos se refieren a siembras simultáneas de más de un cultivo, con arreglos definidos en surcos, en al menos uno de ellos. Los cultivos en franjas o fajas son siembras simultáneas de especies, que se disponen en bandas interactuando agronómicamente, pero con independencia en el espacio. A la siembra o plantación de una o más especies al final del ciclo de otro cultivo ya establecido se le denomina "Intercalado de relevo". Estas siembras deben realizarse dentro del espacio agrícola del cultivo establecido, después de su floración (Vandermeer e Yitbarek, 2012).

#### **2.4.2. Bases científicas y técnicas de los policultivos**

Flint y Robert (1988) en sus análisis sobre combinaciones de cultivos, hacen referencia exclusivamente al factor económico proyectado a la producción, sin tener en cuenta aspectos de la rentabilidad del sistema integralmente; es decir, menor o mayor utilización de insumos, aprovechamiento del coeficiente de utilización del suelo, número de cultivos por superficie en el tiempo, energía total utilizada para lograr determinada producción en una superficie cualquiera. Las asociaciones de cultivos se caracterizan por la competencia interespecífica, mayor estabilidad de la producción y menor riesgo de pérdidas totales; actúan como freno o barrera contra los patógenos y un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles (Nicholls y Altieri, 2012).

Las asociaciones de cultivos utilizadas con eficiencia, proporcionan beneficios económicos superiores a los que se obtienen en la siembra de los cultivos por separado en monocultivo, en tal caso, la producción total de la asociación superará al monocultivo (Altieri, 2000; Altieri, 2009). La facilitación depende de la arquitectura de las plantas y de la capacidad que tengan de ocupar más o menos rápido su espacio agrícola. Su éxito dependerá de numerosos factores, la mayoría de los cuales están determinados por los conocimientos y habilidades que tenga el productor a la hora de hacer combinaciones de cultivos (Vandermeer, 1995; Funes *et al.*, 2009; Vandermeer e Yitbarek, 2012).



Moron (2004) y Domínguez *et al.* (2005) hacen referencia a que los cultivos múltiples (la rotación de cultivos y los cultivos intercalados) constituyen prácticas que ejercen una marcada influencia sobre las propiedades del suelo y el comportamiento de los cultivos. Rosset (2011) se refiere a que el funcionamiento de estos sistemas condiciona la relación suelo-planta-animal, lográndose un manejo eficiente de las plagas, retornos energéticos muy favorables, relación entre energía usada para la producción y la energía cosechada, diversidad genética en los campos sembrados de manera que una combinación de tres o más variedades, ofrece un mejor potencial para el control de los agentes patógenos. Además, Altieri y Nicholls (2010) plantean cuatro hipótesis para justificar las causas de la existencia de menores daños por plagas respecto a los monocultivos: resistencia asociacional, los enemigos naturales, la concentración de recursos y la apariencia de las plantas.

#### **2.4.3. El recurso natural suelo y su productividad en el agroecosistema**

Según Janzen (2006) existen evidencias de la relación directa existente entre la reducción de la productividad y la pérdida de la calidad y salud del suelo. Para lograr una producción sostenible, se deben contemplar las acciones necesarias para que el suelo pueda mantener o mejorar su condición y capacidad de facilitar el desarrollo de los cultivos.

Bautista *et al.* (2004) y Ríos *et al.* (2011) resaltan que el suelo es uno de los indicadores importantes para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrarios. Este planteamiento coincide con otros autores que hacen énfasis en la idea de determinar y monitorear la calidad del suelo, para conocer si un sistema de manejo es sostenible en el tiempo (Domínguez *et al.*, 2005). Por otro lado, la evaluación sobre el estado de salud y calidad del suelo permite revelar los puntos críticos que se deben ajustar en un sistema de producción para lograr un manejo sostenible de los recursos. Esta evaluación se realiza para conocer la fertilidad del suelo y desarrollar criterios acerca de su conservación (Espinoza y Malpica, 2006).



#### **2.4.4. El recurso natural agua: su utilización sostenible en los agroecosistemas**

Con el pasar de los años el agua se ha convertido en el recurso natural más importante del planeta, sin él no hay vida posible. La aparente abundancia del agua en el mundo ha dado la impresión de que se trataba de un bien inagotable y aunque el 70 % de la superficie mundial está cubierta por agua, solamente el 2,5 % del agua disponible es potable, de ésta, casi el 70 % está congelada en los glaciares y menos del 1 % está disponible para el consumo (Matsuura, 2002; Ramírez, 2008). Estos elementos evidencian que también se trata de un recurso con limitaciones y su escasez la sitúa como prioridad vital que debe conciliarse con el desarrollo sostenible de las actividades humanas (Chirinos *et al.*, 2008).

Méndez y Guerra (2007) hacen referencia a la calidad sanitaria del agua para usos domésticos y agrícolas, y plantean que es uno de los aspectos a tener en cuenta en los problemas que afectan el medio ambiente. A la vez Ramírez (2008), indica que el sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65 %, no solo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse, sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales. Por tanto, se debe aumentar al máximo el uso del agua almacenada en el suelo, evitando el escurrimiento, mejorando la infiltración de las precipitaciones y utilizar sistemas de riego más eficientes, como el riego por goteo.

#### **2.5. El secuestro y la captura de carbono**

El concepto de secuestro y captura de carbono en esencia significan “almacenamiento” de carbono. Se refiere a la absorción, extracción y almacenamiento de grandes cantidades de gas carbónico de la atmósfera en sumideros de carbono (como los océanos, los bosques o el suelo), a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis en forma de biomasa; este concepto fue consagrado por la Conferencia de Kioto en 1997, con la finalidad de contener y revertir el cúmulo de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, proporcionando la disminución del efecto invernadero.



El ciclo de carbono despertó mayor interés a partir de la década de 1970, con el aumento continuo y constante de la concentración de gas carbónico en la atmósfera (Neves, 2002; Ríos *et al.*, 2011). Según Nobre (2004) el actual crecimiento de esa concentración se deriva de la inserción en la atmósfera de una cantidad entre 8 a 9 billones de toneladas por año de carbono (en forma de CO<sub>2</sub>), del total insertado, cerca de 3,2 billones de toneladas permanecen en la atmósfera y el resto es absorbido por los océanos y por las plantas. La vida media de CO<sub>2</sub> supera los 100 años, y el 15 % de ese gas perdura hasta cinco milenios en la atmósfera (Citron y Mascaró 2010).

Los resultados del efecto de la captura de carbono pueden ser cuantificados a través de la estimación de la biomasa de la planta encima y debajo del suelo, el cálculo del carbono retenido en los productos madereros es por la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbido en el proceso de la fotosíntesis. Para proceder a esa evaluación, es necesario inicialmente, cuantificar la biomasa vegetal de cada componente en la vegetación (Rügnitz *et al.* 2009).

### **2.5.1. Indicadores e índices para evaluar el secuestro de carbono**

El conjunto de Principios, Criterios e Indicadores (PCI) es una herramienta ampliamente utilizada para determinar el impacto y la sostenibilidad del funcionamiento de diversas actividades, desde negocios privados urbanos hasta el manejo forestal sostenible. A través de los últimos años, los procesos de PCI han ayudado a promover un mayor entendimiento del concepto de manejo forestal sostenible. Los principios, criterios e indicadores no son una meta en sí; el objetivo crucial es que se apliquen y que su manejo se adapte adecuadamente para que los bosques continúen proveyendo a la humanidad sus bienes y servicios más preciados (Rendón *et al.*, 2009).

Sin embargo, las experiencias en la determinación de indicadores e índices de secuestro de CO<sub>2</sub> en agroecosistemas montañosos y premontañosos han sido al parecer pocas, de manera que no se han encontrado propuestas en la literatura revisada. Estas herramientas sin embargo, pudieran resultar de gran utilidad, ya que representan un aspecto importante en la



elaboración de planes de manejo de los agroecosistemas que incluyen la generación de beneficios sociales, económicos y ecológicos a largo plazo.

## **2.5.2. Los sistemas agroforestales y el secuestro de carbono**

Los sistemas agroforestales según López (2007) son formas de usar el suelo, de manera que plantas leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; con el propósito fundamental de diversificar y optimizar la producción, respetándose los principios de la sostenibilidad. CONAFOR (2007) los clasifica de acuerdo con el arreglo temporal y espacial de sus componentes, la importancia y rol de estos componentes, los objetivos de la producción del sistema y el escenario económico social en que se encuentren. Rivas (2005), expone que existen dos categorías básicas de sistemas agroforestales: simultáneos y secuenciales, en estos últimos, existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con la intervención o manejo de barbechos. Los sistemas Taungya se refieren al establecimiento simultáneo de plantaciones forestales y cultivos anuales hasta que el follaje de los árboles se encuentre desarrollado (Musálem, 2001; Rivas, 2005).

El protocolo de Kyoto y las subsiguientes conferencias de las partes de la Convención de Cambio Climático, han prestado interés al potencial de los sistemas agroforestales y bosques secundarios para fijar carbono. La adopción de la agroforestería depende de que se demuestren sus beneficios económicos y ambientales (Iglesias, 2011).

La preocupación por los impactos que está generando el acelerado cambio del clima a nivel global en los últimos años, ha significado una movilización de esfuerzos diversos para su enfrentamiento. Así surge la forestería análoga (FA), como una alternativa viable para los bosques y las comunidades rurales, considerándose además, como una respuesta frente a la rápida destrucción y degradación de los ecosistemas boscosos y la falta de acciones efectivas para recuperar el capital natural perdido (Gamboa y Criollo, 2011). Esta ha sido definida por Eve (2012) como un sistema de restauración de sitios degradados, que se basa en



la introducción de árboles y plantas similares a las especies originales del ecosistema, creando así un ecosistema “análogo” con estructuras y funciones ecológicas similares a la vegetación clímax o subclímax original.

La forestería análoga se describe como una forma holística y compleja de agrosilvicultura que busca mantener un ecosistema funcional dominado por árboles y al mismo tiempo, proveer productos comerciables que sirvan de sustento a las comunidades rurales, tanto desde el punto de vista social como del económico, por tanto, la agroforestería análoga es una alternativa más frente al cambio climático y posee grandes potenciales de mitigación y adaptación (Gamboa y Criollo, 2011). Los sistemas productivos cafetaleros constituyen, en sí mismos, sistemas agroforestales, que debieran considerar los principios de la agroforestería análoga.

## **2.6. La competencia y la interferencia**

La competencia es uno de los fenómenos u ocurrencia más comunes entre cultivos, o entre cultivos y arvenses, que merece atención (Vandermeer, 1995). En los estudios de los agroecosistemas integrales es muy importante conocer todas las posibles competencias por interferencias que se producen entre las plantas y sus causas.

La ley de la producción competitiva indica que dos plantas no pueden crecer simultáneamente en el mismo espacio agrícola, sin que una de ellas se afecte en sus rendimientos por la competencia que se establece entre ambas (Vandermeer, 1995). Por tanto la competencia es una interacción biológica entre seres vivos, en la cual la aptitud o adecuación biológica de uno es reducida a consecuencia de la presencia del otro. Existe una limitación de la cantidad, de por lo menos un recurso usado por ambos organismos o especies; tal recurso puede ser alimento, agua, espacio, entre otros (Acevedo y Raventós, 2003).

La competencia tanto dentro de una especie (intraespecífica) como entre especies diferentes (interespecífica) es un tema importante en la ecología de las comunidades. Según el principio



de exclusión competitiva las especies menos aptas para competir deben adaptarse o de lo contrario, se extinguen; la competencia dentro de una especie y entre especies juega un papel fundamental en la selección natural (Townsend *et al.*, 2003; Molles, 2005).

La competencia no siempre es un fenómeno simple y directo, se clasifica por mecanismos y por especies, puede ser tanto directa como indirecta y se aplican a la competencia intraespecífica e interespecífica. La competencia por interferencia ocurre directamente entre individuos (por agresión), mientras la competencia por especies es la conocida competencia intraespecífica que ocurre cuando los miembros de la misma población necesitan hacer uso del mismo recurso de un ecosistema. La competencia interespecífica ocurre entre individuos de diferentes especies que comparten un recurso común en la misma área por lo que ésta, puede alterar las poblaciones, las comunidades y la evolución de las especies involucradas (Begón *et al.*, 2006).

### **2.7. La alelopatía dentro de la diversidad de plantas**

Tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas las plantas liberan al medio una cantidad apreciable de compuestos biológicamente activos, estas sustancias se denominan aleloquímicos y su acción se conoce como alelopatía (Inderjit *et al.*, 2010). La alelopatía es definida como la ciencia que estudia procesos, en los cuales se involucran metabolitos secundarios de plantas y microorganismos, que afectan el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos (Macías *et al.*, 2003). El término engloba las interferencias desencadenadas entre plantas y microorganismos provocadas por la liberación de sustancias (exudados vegetales) a través de sus tejidos vivos o muertos y estos efectos pueden ser benéficos o no (inhibitorio, estimulante o autotóxico) (Mederos, 2007; Oliveros *et al.*, 2009; Macías *et al.*, 2010; Nikneshan *et al.*, 2011).

La alelopatía es la lucha bioquímica de las plantas para sobrevivir en su propio ambiente y es un importante mecanismo que influye en la estabilidad de los agroecosistemas; incide en la dinámica de las poblaciones vegetales como responsable de alteraciones expresadas en la



densidad, la diversidad y el desempeño de las especies, lo que redundaría en variaciones de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Souza-Filho *et al.*, 2009). Sin embargo, a nivel de ecosistema varios mecanismos de interferencia entre las plantas (alelopatía, competencia por los recursos, inmovilización microbiana de nutrientes) pueden actuar de manera paralela y solo se puede identificar un fenómeno como alelopático, cuando se prueba que es debido a acciones bioquímicas y no a factores edáficos, climáticos o de competencia por agua, luz y nutrientes (Inderjit *et al.*, 2010).

La identificación de la actividad alelopática en especies vegetales, cultivadas o nativas, es relevante en la interpretación del papel ecológico que ellas desempeñan en sus comunidades (Souza-Filho *et al.*, 2009). Los protocolos utilizados en la fase inicial de investigación involucran la utilización de diferentes partes de la planta o la planta entera, que generalmente se extraen con disolventes de alta polaridad (agua, metanol) (Caamal Maldonado *et al.*, 2001; Macías *et al.*, 2010).

La hipótesis considerada es que las sustancias presentes en los extractos expresan el potencial de actividad alelopática de la planta estudiada; lo que indicaría o no la necesidad de realizar estudios posteriores, con vistas al aislamiento e identificación de los compuestos involucrados en la actividad alelopática (Souza-Filho *et al.*, 2009). Es un propósito científico utilizar los aleloquímicos para la defensa de las plantas contra las plagas y para el control de las arvenses (Farooq *et al.*, 2011).

La mayor parte de los aleloquímicos son clasificados como metabolitos secundarios y su producción está influenciada por factores genéticos de la planta y por las condiciones ambientales existentes durante su desarrollo (Nikneshan *et al.*, 2011). Los efectos inhibitorios y estimuladores dependen además de la concentración de los compuestos (Macías *et al.*, 2010; Nikneshan *et al.*, 2011).



## **2.8. Consideraciones finales**

El análisis hecho hasta aquí, refleja que para estudiar integralmente cualquier agroecosistema, la diversidad biológica debe ser considerada como el indicador supremo. Desde el punto de vista de la Agroecología, ella determina sobre la esperanza de vida de los actores y sus familias dentro del propio agroecosistema, el cual sin una adecuada distribución diversificada y armónica de la diversidad en función de los intereses de todas las formas de vida, incluyendo la edáfica, limitará su robustez, perdurabilidad efectiva y su capacidad productiva imprescindible, esperanza de las generaciones venideras.

La biodiversidad además de la alimentación, protege con su follaje, la erosión que se produce por la acción de las gotas de agua, por arrastre. Por ello, resulta vital conocer el papel de la diversidad, como protectora del equilibrio ecológico, como alimento de los restantes seres vivos (no vegetal) y como purificadora del ambiente, por su alta capacidad de retener el carbono existente en el aire.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Condiciones climáticas de la provincia de Guantánamo

La provincia de Guantánamo se caracteriza por la extensión del relieve montañoso y se encuentra bajo la influencia de los vientos alisios del nordeste. Representada por el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, que se localiza al norte de la provincia, se extiende de oeste a este, interponiéndose a los vientos alisios, produciéndose su ascensión y con ello, grandes condensaciones del vapor de agua, que da lugar a abundantes lluvias de tipo orográficas en las alturas y toda la vertiente norte del macizo montañoso, mientras que hacia el sur como el aire pasa con muy pobre humedad, las precipitaciones tienden a ser muy bajas e incluso hasta escasas, creándose condiciones semidesérticas en los municipios de Imías, San Antonio del Sur y Caimanera (Soto *et al.*, 2001).

Según la clasificación de Koppen, Guantánamo es la única provincia de Cuba que presenta tres tipos de clima: Clima Tropical Lluvioso o de Selva Tropical (AF); Clima Tropical de Sabana (AW) y Clima Semidesértico o de Estepa (BS). En particular el municipio El Salvador, registra temperaturas promedios mensuales de 24,8 °C, precipitaciones anuales entre 50 y 220 mm (diciembre - enero), con “picos” de precipitaciones en marzo, julio y octubre (anexo 1). El período húmedo abarca desde abril hasta noviembre. Este período comprende la etapa de primavera, donde los productores acostumbran a plantar los cultivos para el sostenimiento, los que incluyen granos básicos, raíces y tubérculos.

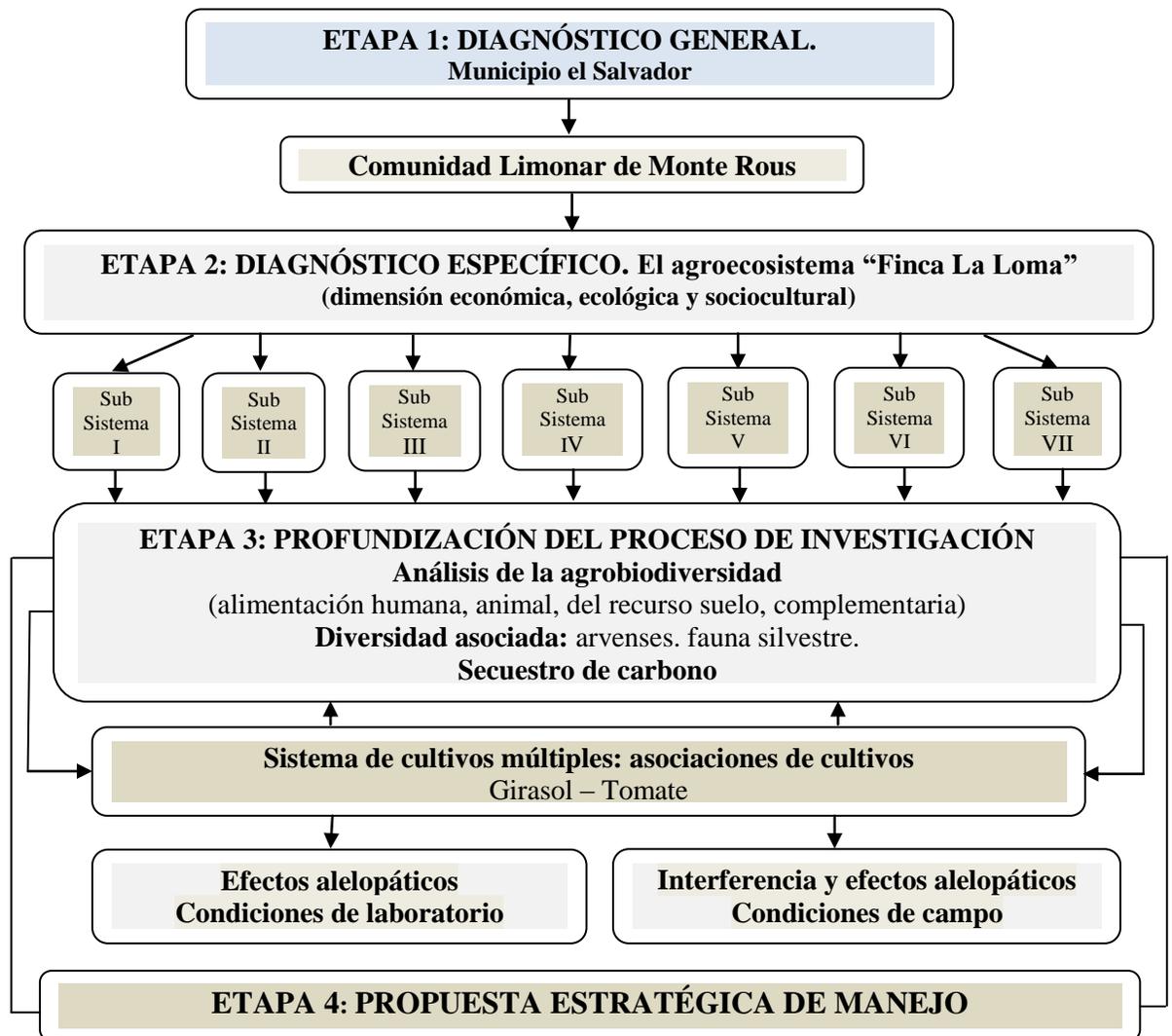
#### 3.2. Ubicación y caracterización geográfica del área de estudio, “Finca La Loma”

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 de la provincia de Guantánamo, Cuba (anexo 2); situada en la región montañoso de la provincia, a una altura de 405 m s. 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 pluviasilvas de montaña y semicaducifolios de altura, según inventarios realizados en la localidad (Utria, 2009).



### 3.3. Metodología de la investigación realizada

El esquema general de investigación se elaboró sobre la base de la propuesta metodológica *MEDEBIVE*, Leyva (2003) enriquecida por Lores (2009) ajustado a los objetivos de esta investigación y estuvo conformada por cuatro etapas fundamentales (figura 1)



**Figura 1.** Esquema de la metodología de investigación empleada en este trabajo de tesis

#### 3.3.1. Etapa 1: diagnóstico general

Se realizó un diagnóstico general al inicio de la investigación, que incluyó los indicadores básicos de la sostenibilidad a escala municipal y territorial, con el propósito de conocer la influencia de los factores externos en el funcionamiento interno del agroecosistema;



identificar sus limitaciones así como las causas de éstas y las potencialidades o posibles soluciones para mejorar su funcionamiento, en un orden de prioridad.

### 3.3.2. Etapa 2: diagnóstico específico

Este diagnóstico específico, permitió hacer una valoración del escenario productivo en las dimensiones ecológica, económica y sociocultural, posibilitó definir y analizar participativamente, los principales problemas que limitan su desarrollo agrario sostenible. Se hizo un estudio del agroecosistema por subsistemas, lo cual posibilitó establecer una propuesta estratégica, basada en el incremento de la agrobiodiversidad ausente y necesaria; además, se promovió la introducción de alternativas agroecológicas eficientes.

### 3.3.3. Etapa 3: profundización del proceso de investigación

Se procedió de la forma siguiente: (I) El agroecosistema se estudió por subsistemas, que se escogieron sobre la base de sus funciones y valores utilitarios de la agrobiodiversidad; así, se obtuvieron siete subsistemas (tabla 1).

**Tabla 1.** 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 derivados (carne, huevo y leche)

Se hizo un análisis de la agrobiodiversidad o diversidad funcional y asociada, de cada subsistema, la que se tuvo en cuenta para la determinación de un Índice de Agrobiodiversidad (IDA) descrito por Leyva y Lores (2012) y aplicado originalmente por (Lores, 2009). (II) Como parte del Índice de Agrobiodiversidad (IDA), se estimó la diversidad animal libre (DAL) teniendo en cuenta la visión histórica de los actores. Se sentaron las bases para el cálculo de un Índice de Secuestro de Carbono (ISC), de aplicación práctica para agroecosistemas



premontañosos, que aspiren a lograr estabilidad ecológica, determinándose el Índice de Secuestro de Carbono de los árboles (ISCa) presentes en el agroecosistema. El proceso concluyó en un análisis biológico de la agrobiodiversidad como indicador supremo de la sostenibilidad (Leyva y Pohlen, 2005).

(III) Se realizaron investigaciones para dar solución a los problemas que limitan la sostenibilidad del agroecosistema. La carencia de grasa para la alimentación humana instó el estudio del *H. annuus* como planta oleaginosa, en un sistema policultural con *S. lycopersicum*. Ambos cultivos, deficitarios en condiciones de montaña son complementos indispensables en la alimentación humana y animal; por tanto, limitante de la sostenibilidad. Se hizo un estudio adicional para determinar los posibles efectos alelopáticos negativos, aducidos por Oliveros *et al.* (2009) y Lorenzo y González (2010), cuando son utilizados bajo sistemas de cultivos múltiples.

Se investigó, a escala de laboratorio, los posibles efectos alelopáticos (beneficiosos o perjudiciales) del cultivo de girasol sobre el cultivo de tomate en un sistema asociado. Para lo cual se realizaron pruebas biológicas bajo condiciones controladas con extractos acuosos de raíz y hojas, provenientes de diferentes momentos del desarrollo de la planta de girasol, aplicados sobre semillas de tomate.

### **3.3.4. Etapa 4: propuesta estratégica de manejo**

La investigación concluyó, con la promoción de una estrategia de manejo hacia la seguridad y soberanía alimentaria local, con nuevos aportes a la metodología existente para las condiciones de llano y haciendo énfasis, en su pertinencia bajo condiciones premontañosas.

### **3.4. Procedimiento para la realización del diagnóstico general**

El primer paso del diagnóstico consistió en hacer una descripción general del Municipio el Salvador, descripción que se realizó a partir de la información recopilada de la bibliografía



disponible en la localidad y la información obtenida de las personas de mayor experiencia y sabiduría. Además, se hizo una caracterización general de la comunidad de Limonar de Monte Rous a partir de la información estadística registrada en la Oficina Nacional de Estadística, la historia de la comunidad compilada en el Museo Municipal e intercambios informales con personas conocedoras de la comunidad. Posteriormente se procedió a recopilar la información básica (económica, ecológica y socio-cultural) existente lo que permitió comparar el grado de acercamiento entre el valor de los indicadores generales del agroecosistema, respecto a la comunidad y el Municipio.

### **3.5. Estrategia del diagnóstico específico del agroecosistema**

El diagnóstico se desarrolló a partir de la metodología del Diagnóstico Rural Participativo (DRP) (Schonhuth y Kievelitz, 1994) y el marco teórico estuvo dirigido a lograr una visión integral del desarrollo sostenible en los agroecosistemas locales. Para obtener la información necesaria y analizar el agroecosistema en sus dimensiones: económica, ecológica y sociocultural, se combinaron diversas herramientas tales como: recorridos exploratorios, entrevistas informales, encuestas formales y diálogos semiestructurados (anexo 3), con observaciones y mediciones, en cada uno de las viviendas donde los actores y sus familias tienen incidencia directa en el agroecosistema (Geilfus, 2009).

La información obtenida permitió visualizar 17 indicadores, base para calcular el Índice General de Sostenibilidad (IGS) propuesto por Zinck *et al.* (2005), calculado mediante la

fórmula:  $IGS = \frac{\sum_1^n (VI)}{VMI * N}$ , donde VMI es el valor máximo posible de un indicador y N es

el número de indicadores.

#### **3.5.1. Recopilación de datos climáticos**

Se registraron mensualmente las variables climáticas: precipitaciones (mm); temperatura promedio mensual (°C) y humedad relativa (%), durante el período 2007 – 2011 (anexo 4). 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.

### 3.5.2. Análisis de los recursos naturales agua y suelo

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 (MINSAP, 1991).

El suelo se clasificó como sialítico del tipo pardo por la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2006). 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 descritos por Paneque (2002):

- pH en H<sub>2</sub>O: Potenciometría, relación suelo-agua: 1:2.5 (NC ISO 10390, 1999).
- MO: Walkley and Black (NC 51, 1999).
- Cationes intercambiables: extracción con NH<sub>4</sub>Ac 1 mol L<sup>-1</sup> a pH 7 y determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (Na y K), según NC 65 (2000).
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable: Oniani (extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>), según NC 52 (1999).

La captura de carbono en el suelo se hizo sobre las bases del valor de la MO por subsistemas, durante los tres años de investigación según propuesta de Mesa-Nápoles (2007).

### 3.5.3. Análisis estratégico de los problemas detectados en el diagnóstico

El análisis e interpretación de las circunstancias de los actores se realizó a través de talleres participativos según Geilfus (2000) y Geilfus (2009), donde se determinaron los factores



limitantes del desarrollo sostenible local. Los problemas se visualizaron en función de la definición clásica propuesta por los Servicios Jurídicos y Sociales (SERJUS, 2000; SERJUS, 2002) y se definieron como una situación no deseada que al ser cambiada, se logra un desarrollo sostenido en cada proceso determinado.

Para la caracterización, interpretación y jerarquización de los principales problemas, se utilizó la matriz de Vester (1985) empleada por Velázquez (2008) y Agudelo (2009), a partir de un enfoque integral que posibilitó definir su influencia dentro del agroecosistema. Esta se confeccionó con un formato de doble entrada (anexo 5), donde se ubicaron tanto en filas como en columnas, los problemas identificados como importantes y los valores de causalidad (directa o indirecta) de cada problema sobre los demás según escala establecida y valores asignados. Una vez jerarquizados los problemas, se establecieron los niveles de prioridad, teniendo en cuenta la ubicación en la matriz, el porcentaje de representatividad, el criterio de los facilitadores y las expectativas de los actores.

#### **3.5.4. Análisis temporal de la diversidad de los subsistemas de la finca**

Para registrar la diversidad total de la finca por subsistemas, se determinó la riqueza total de especies y su importancia, según sus valores utilitarios e índice de agrobiodiversidad (IDA) que describen la estabilidad del agroecosistema y ayudan a entender el estado de la biodiversidad en el tiempo, para mejorar la composición alimentaria (Leyva y Lores, 2012).

La introducción de alternativas agroecológicas constituyó un proceso participativo, a partir de la información generada por los actores directos y propuestas de resultados científicos. Estas se dirigieron a proporcionar al productor soluciones para los problemas detectados y se centraron en: la capacitación y análisis de las causas de los principales problemas, el uso eficiente de los recursos locales para mejorar el funcionamiento de los agroecosistemas y sugerencias sobre aprovechamiento espacial y temporal, tratando de garantizar sostenibilidad económica sin afectaciones ecológicas (Cáceres, 2003; Altieri *et al.*, 2007; Funes, 2007).



Este proceso estuvo enfocado principalmente a los cultivos múltiples, con especial referencia al uso de nuevos arreglos policulturales e introducción de nuevas especies al agroecosistema según sus valores utilitarios. La implementación de este principio agroecológico estuvo respaldada por la aplicación de alternativas nutricionales; alternativas para el manejo de las plagas de los cultivos y de las arvenses, a través del conocimiento de los períodos críticos de competencia interespecífica (arvenses – cultivos) cuyo ciclo no rebasa los seis meses (Blanco y Leyva, 2013).

### **3.6. Análisis de la biodiversidad total del agroecosistema**

Se realizó un análisis de las funciones básicas de la agrobiodiversidad dentro del agroecosistema; además, los cultivos se agruparon en cuatro grupos principales de especies (tabla 2) de acuerdo a sus valores utilitarios y principales funciones dentro del agroecosistema, que responden a los intereses del hombre según propuesta del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (1996). Los datos de la diversidad silvestre o libre del agroecosistema (insectos, animales y macrofauna del suelo), se obtuvieron de la observación visual y de la información brindada por los actores locales de mayor edad y experiencia.

Para cuantificar los resultados de los datos cualitativos, se llevaron a una escala ponderada que utilizó valores del uno al 10 (siendo uno, el valor menos deseado y 10 el más deseado). Se evaluó además, una diversidad regularmente no utilizada en los estudios agronómicos, pero que desde la visión agroecológica, asume una especial importancia dentro del equilibrio ecológico, para el conocimiento holístico de los agroecosistemas y que bajo condiciones premontañas, asumen características especiales.



**Tabla 2.** Grupos y componentes de la biodiversidad para la determinación del IDA

Grupos	Componentes
Biodiversidad para la alimentación humana (FER)	Formadoras de origen vegetal (leguminosas) Formadoras de origen animal Energéticas (raíces y tubérculos) Energéticas (cereales y oleaginosas) Reguladoras (vegetales) Reguladoras (frutas)
Biodiversidad para la alimentación animal (FE)	Formadoras para animales (leguminosas) Energéticas para animales (pastos y cereales)
Biodiversidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (AVA)	Abonos verdes Arvenses y residuos de cosechas Alternativas nutricionales de origen orgánico
Biodiversidad complementaria de utilidad (COM)	Medicinales, estimulantes y condimentosas Flores y plantas ornamentales Maderables (cercas vivas, melíferas, energéticas y otras) Otras especies con usos especiales (para alimentos de la fauna silvestre, religiosas, artesanía, entre otras)

### 3.7. Cuantificación del carbono secuestrado por especies arbóreas del agroecosistema

Se hizo un levantamiento de las parcelas en las plantaciones forestales a partir de los tres años de edad, para lo cual se utilizó la Norma Ramal 595 de Tratamientos Silvícolas según MINAG (1983), aplicando un muestreo aleatorio simple sin reemplazo. Se levantaron parcelas de 500 m<sup>2</sup> por especie, a una distancia de 100 m entre ellas. A todos los árboles de cada parcela se les midió el diámetro a 1,30 m del suelo con una cinta diamétrica; la altura total se midió con una regla graduada en centímetros cuando no superó los tres metros y cuando fue mayor, con un hipsómetro de Blume Leiss (Suunto). La retención de carbono por las plantaciones forestales y frutales se evaluó por la metodología aprobada por el Instituto de Investigaciones Forestales, propuesta por Mercadet y Álvarez (2005); Mercadet y Álvarez (2009). Todos los datos obtenidos se procesaron con un fichero confeccionado en Microsoft Office Excel 2010.

La biomasa es el peso seco del material vegetal de los árboles, acumulado como resultado del proceso de fotosíntesis descrito por Dauber *et al.* (2001), en el cual ocurre la fijación



del carbono atmosférico. El cálculo del carbono retenido por la biomasa en las plantaciones forestales, frutales y café se describe a continuación:

- El volumen de los fustes de árboles se convirtió en toneladas de biomasa:

$$\text{BMF (t)} = \text{volumen (m}^3\text{)} \times \text{densidad básica de la especie (kg/m}^3\text{)} / 1000.$$

- La biomasa correspondiente a las ramas y follaje (biomasa aérea), se calculó utilizando el Factor de Expansión de la Biomasa cuyo valor es 1,74 (Brown, 1997; Segura, 2001), quedando:  $\text{BMA (t)} = \text{BMF (t)} \times \text{FEB (s/u)}$ .
- La biomasa de las raíces (BMR) se estimó multiplicando la biomasa del fuste por el valor por defecto 0,3 (Loguercio, 2002):  $\text{BMR (t)} = 0,3 \times \text{BMF (t)}$ .
- La biomasa total (BMT) se calculó como la suma de sus componentes.

$\text{BMT (t)} = \text{BMF (t)} + \text{BMA (t)} + \text{BMR (t)}$ . Para el café mediante la ecuación alométrica sig.:

$$\text{BMTc (kg/ha}^{-1}\text{)} = (10(-1,15 + \log(\text{diámetro basal}) + (0,54 * \log(\text{altura}))) * \text{densidad P.}$$

Según la metodología propuesta por Medina *et al.* (2006), mejorada por Moraga *et al.* (2011).

- Para estimar la biomasa total de la plantación (BMTP), se promediaron los valores de todos los árboles de cada parcela y ese valor medio se multiplicó por la cantidad de árboles existente en el total de hectáreas que ocupaba la especie (teniendo en cuenta la distancia de plantación).
- El carbono retenido (CR) por las especies se calculó utilizando la fracción de carbono en la madera (FCM) determinada para las condiciones de Cuba por Mercadet *et al.* (2011):

$$\text{CR (t)} = \text{BMT (t)} \times \text{FCM (s/u)}. \text{----- Para café: } \text{CRc (t. ha}^{-1}\text{)} = \text{BMTc} * 0,48 / 1000.$$

- La biomasa de la necromasa (BMN) se estimó multiplicando la superficie de la plantación por el valor por defecto 18,2 (Harmon *et al.*, 2001):

$$\text{BMN (t)} = \text{Superficie (ha)} \times 18,2 \text{ (t. ha}^{-1}\text{)}.$$

- El carbono retenido en la necromasa se obtuvo al multiplicar la biomasa por el FCM de la especie.
- El cálculo del carbono retenido en el suelo se realizó de la forma siguiente:

$$\text{CS (t)} = \text{Superficie (ha)} \times \text{VPCBT (t. ha}^{-1}\text{)}, \text{ dónde:}$$



CS: Es el carbono retenido en el suelo

VPCBT: Es el valor promedio de carbono en el suelo, en los bosques tropicales (123 t.ha<sup>-1</sup>) y en los pinares (80 t.ha<sup>-1</sup>) (Bolin y Sukamar, 2000).

- El carbono total retenido para cada especie estuvo dado por la suma del valor del carbono retenido en la biomasa, en la necromasa y en el suelo.

En el caso de los árboles en linderos o los frutales que comprendían pequeñas parcelas, se midieron todos los árboles y se realizó el mismo procesamiento descrito anteriormente. Para calcular cuánto representó el carbono retenido en toneladas de CO<sub>2</sub> removido de la atmósfera, se multiplicó por 44/12, es decir, la relación existente entre el peso total de la molécula de CO<sub>2</sub> (44) y del átomo de carbono (12) (Díaz y Molano, 2001).

Se calculó el % de carbono del suelo, sobre la base de la relación Materia Orgánica/C = 1,72:1 (58 % de carbono en la materia orgánica) según Mesa-Nápoles (2007). La ganancia = % de carbono \* dv \* profundidad, donde dv es la densidad del suelo (1.1), igual para el cálculo del rango de ganancia pero utilizándose la máxima y mínima ganancia de carbono calculada.

### 3.8. Cálculo del Índice de Agrobiodiversidad (IDA)

Se calculó el Índice de Agrobiodiversidad del agroecosistema (IDA), basado en la relación que existe entre el valor máximo de los grupos de especies que deben encontrarse dentro del agroecosistema y el valor real de los grupos de especies existentes dentro del mismo y parte del

supuesto teórico ideal: 
$$IDA = \frac{\sum_{i=1}^{S_t} VRG}{S_t * VMG}$$
, donde VRG: Valor real que alcanza cada grupo de especies en el agroecosistema, VMG: Valor máximo deseado por cada grupo de especies dentro del agroecosistema y S<sub>t</sub>: Total de componentes de la biodiversidad agrícola (Leyva y Lores, 2012).

Para determinar el Valor de importancia (Vi) de cada componente, se elaboró una escala de desempeño donde se contemplaron cuatro niveles, (0-3) los cuales reflejan la biodiversidad que debe existir en cada grupo de acuerdo a criterios sociales y culturales propios de la comunidad



que se analiza. Así, el IDA se expresa a través de la función matemática:

$$IDA = \frac{\sum_i^s V_i}{S_i (V_i \cdot \max)}$$

donde  $V_i$  es el valor de importancia de cada componente y  $V_i \text{ máx.}$ : es el valor de importancia máxima de cada componente en la escala de valores de cada grupo específico de diversidad.

La distribución de la biodiversidad de utilidad práctica dentro del agroecosistema (en número y espacio) se representa con un valor numérico que simboliza el grado de acercamiento a la sostenibilidad agrícola, expresada en valores 0 - 1 y se considera un valor deseado, valores de  $IDA \geq 0,7$ . Los valores inferiores, resultan insostenibles y los superiores se atribuyen calificativos hasta de excelencia, si su valor de IDA se encuentra entre 0,9 y 1,0.

Además se incluyen dos nuevos indicadores: uno referido a la diversidad que contribuye a la “Salud del Agroecosistema” (SA) para lo cual se incluyeron las arvenses, como reguladoras de plagas y reservorio para los enemigos naturales (Blanco y Leyva, 2011) y la vida silvestre del agroecosistema; y un segundo indicador representado en la diversidad forestal que tributa al Secuestro de Carbono, es decir, un Índice de Secuestro de Carbono arbóreo (ISCa) base para la creación de un índice específico para ese indicador.

Para lograrlo se asumió participativamente un cálculo del por ciento de superficie despoblada totalmente de árboles, según foto satelital, y el grado de deforestación existente, dentro de las superficies cultivables. Se asumió como valores finales el punto de vista que emanó del consenso, acerca de: dónde, qué cantidad y tipo de especies arbóreas hay que establecer para reforestar las superficies despobladas.

### **3.9. Profundización del proceso investigativo**

Se introdujeron especies a la finca para suplir necesidades de alimentos deficitarios, de acuerdo con su función dentro de las necesidades humanas, de los animales y del recurso natural suelo. Se seleccionaron dos cultivos agrícolas, en correspondencia con las necesidades detectadas en la comunidad (tabla 3), que no se cultivaban en el agroecosistema. Se



introdujeron nuevas especies con otros fines; como la moringa (*Moringa oleifera* Lam) buscando un acercamiento en el balance proteico animal y especies para suplir necesidades del suelo como *Canavalia ensiformis* L.

**Tabla 3.** Valor utilitario de las especies escogidas para la investigación

<i>H. annuus</i>	Alimentación humana y animal: altos contenidos de grasas y proteínas.
<i>L. esculentum</i>	Altos contenidos en minerales y vitaminas (vitamina A y carotenoides), antioxidante por excecicia de alta demanda nacional e internacional.

Los cultivos se sometieron a un estudio policultural, en busca de un mayor aprovechamiento de la superficie disponible sin competencia interespecífica. La investigación se realizó en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero de los años 2008 al 2011 de forma consecutiva.

### **3.9.1. Determinación del efecto de extractos acuosos de girasol sobre el crecimiento del tomate en condiciones de laboratorio**

Se comprobó en el laboratorio, si el cultivar de girasol utilizado poseía efectos alelopáticos negativos sobre el cultivar de tomate empleado (Mejía, 1991; Oliveros *et al.*, 2009; Lorenzo y González, 2010) desarrollados en las condiciones del agroecosistema, para evitar su siembra en sistemas de cultivos múltiples o buscar alternativas para su asociación si fuese necesario, una vez llevados al campo.

### **Recolecta y procesamiento del material vegetal**

Las recolectas se realizaron de septiembre a diciembre del 2009 y de septiembre a diciembre del 2010, de plantas seleccionadas del agroecosistema premontañoso “Finca La Loma”. Las raíces de girasol se recolectaron a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días a partir de la emergencia; las hojas se recolectaron a los 75 y 90 días. El material vegetal se secó a temperatura ambiente durante 15 días y se molió en un molino de cuchillas.



## **Obtención de los extractos**

El material vegetal seco y molido se maceró con agua durante 4 horas (2 g en 100 ml de agua destilada). Cada extracto se filtró con papel Whatman No. 1 y se almacenó a una temperatura de 4 °C hasta su evaluación (Camal-Maldonado *et al.*, 2001)

## **Bioensayo de determinación del efecto sobre el crecimiento**

El efecto de los extractos acuosos obtenidos de raíces y hojas recolectados en diferentes etapas del desarrollo del cultivo de girasol, se determinó en placas Petri (11 cm de diámetro) con papel de filtro Whatman No. 1 colocado en el fondo de estas. Se emplearon semillas de tomate (cultivar 'Vyta'). Para cada placa Petri, 30 semillas se sumergieron en 2 ml de cada tratamiento (agua destilada o extracto) durante 1 min. A continuación, se colocaron sobre papel de filtro previamente humedecido con 5 ml del extracto correspondiente (agua en el control). Se utilizaron cuatro réplicas por tratamiento en un diseño de bloques al azar (Camal-Maldonado *et al.*, 2001).

Las placas Petri se incubaron a temperatura ambiente. Se determinó el número de semillas germinadas cada 24 horas y la longitud de la radícula y del hipocótilo transcurridos siete días. Los datos de longitud de la radícula y del hipocótilo se presentan como porcentaje de diferencia con el control; por lo tanto cero representa el control, valores positivos representan estimulación del indicador estudiado y valores negativos representan inhibición (Macías *et al.*, 2010). Para las diferencias entre las medias, se llevó a cabo la comparación de medias con la prueba de Tukey a  $p < 0,05$ , mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5,0.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- H<sub>2</sub>O destilada (Control).
- Extracto de raíz de girasol 15 días después de la emergencia.
- Extracto de raíz de girasol 30 días después de la emergencia.
- Extracto de raíz de girasol 45 días después de la emergencia.



- Extracto de raíz de girasol 60 días después de la emergencia.
- Extracto de raíz de girasol 75 días después de la emergencia.
- Extracto de raíz de girasol 90 días después de la emergencia.
- Extracto de hojas de girasol 75 días después de la emergencia.
- Extracto de hojas de girasol 90 días después de la emergencia.

### 3.9.2. Evaluación de sistemas policulturales en campo

Las evaluaciones se realizaron entre octubre y febrero en los años 2008-2009 y 2009-2010, los tratamientos fueron dispuestos en franjas homogéneas de 150 m<sup>2</sup> (10 m x 15 m), con arreglos espaciales para los tratamientos asociados en surcos de 1:2:1 de girasol (cultivar ‘Caburé-15’) y tomate (cultivar ‘Vyta’) respectivamente. Los surcos se espaciaron a razón de 1,40 m x 0,20 m para el cultivo de girasol y 0,70 m x 0,30 m para el tomate. Los marcos de siembra y/o plantación para los monocultivos se establecieron a 0,70 m x 0,20 m para el girasol y 0,70 m x 30 m para el tomate. Se evaluaron cuatro tratamientos que se relacionan a continuación:

T<sub>1</sub>- Tomate (monocultivo).

T<sub>2</sub>- Tomate + girasol siembra simultánea\*

T<sub>3</sub>- Tomate + girasol 10 días después

T<sub>4</sub>- Girasol (monocultivo).

\*En el segundo año no se repitió el tratamiento de la siembra simultánea.

Las observaciones y mediciones por cada tratamiento se realizaron en 10 puntos que fueron fijados al azar de forma permanente; en cada punto se evaluaron todas las plantas en 1 m lineal, para un total ascendente al número de plantas existentes en los 10 puntos (10 m lineales) que representaron las réplicas. Se tomaron las plantas consecutivamente sin rechazar ninguna y se infirió al valor para una hectárea, en base al arreglo espacial utilizado.

Se realizaron evaluaciones del crecimiento y desarrollo de los cultivos, además, las producciones obtenidas en las cosechas de las plantas presentes en los 10 m. Para ambos cultivos se evaluaron los indicadores: altura de la planta y el rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>). Los



rendimientos del girasol se expresaron en  $t.ha^{-1}$  de cabezuela con la semilla, a un 25 % de humedad.

Las evaluaciones se iniciaron 15 días después de la germinación del girasol y del trasplante del tomate, aunque se tomó para el análisis, la evaluación de cada variable de crecimiento realizada a los 60 días. Las cosechas del tomate se realizaron entre los 90 y 100 días del trasplante, mientras que el girasol se cosechó entre los 125 y 130 días posteriores a la siembra. Se determinó el Índice Equivalente del Uso de la Tierra (IET) a saber:  $IET = I_x + I_y$ ; siendo  $I_x = (A_x / A_y)$ ; así mismo  $I_y = (M_x / M_y)$ ; donde  $A_x$  es el rendimiento del cultivo de tomate en la asociación y  $A_y$  es el rendimiento del cultivo de tomate en monocultivo; mientras  $M_x$  y  $M_y$  representan los valores del cultivo de girasol asociado y en monocultivo respectivamente.  $I_x$  e  $I_y$  son los IET individuales de los cultivos, que se suman, cuyo valor siempre que sea inferior a la unidad, resulta ineficiente (Dietrich, 1983).

Para evitar el error que induce la siembra en dos tiempos, se calculó el Índice Equivalente del Uso de la Tierra en función con el tiempo (ATER) según el cual:

$ATER = \sum_{i=1}^n (t_i^M / t_i^I) \times (Y_i^I / Y_i^U)$ ; donde  $t_i^M$  es la duración del cultivo  $i$  en monocultivo y,  $t_i^I$  la duración total del sistema de intercalamiento; mientras que  $Y_i^I$  es el rendimiento del cultivo  $i$  en intercalamiento así como  $Y_i^U$  el rendimiento del cultivo  $i$  en monocultivo. Cuando el IET o ATER es  $>$  a la unidad, entonces la asociación es positiva (Hiebsch y Collum, 1987).

### 3.10. Valoración cuantitativa y cualitativa de los aportes de la tesis

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 según describe Torres *et al.* (2010), 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 uno al 10 (siendo uno, el valor menos deseado y 10 el más deseado) según se muestra en el anexo 10. Los indicadores con sus variables y diseño del esquema utilizados para el análisis, se realizaron según propuesta de Torres *et al.* (2010) y de acuerdo a los resultados de su aplicación (Vaz-Pereira, 2015).



## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO**

#### **4.1.1. Breve reseña histórica del Municipio el Salvador**

El municipio El Salvador se consideró desde 1533 un fuerte emporio aborigen basado en la economía de plantación, que se fortalece con la creciente inmigración de franceses y haitianos tras la guerra por la independencia de Haití en 1791, cuando formaron cuatro partidos territoriales, hoy circunscripciones, con más de 25 ingenios, ricos cafetales de francófonos, blancos y mulatos. La concepción del desarrollo económico bicultural (café y azúcar), transitó sin grandes cambios por más de siglo y medio (Almenares, 2010).

Con las transformaciones sociopolíticas ocurridas en Cuba a partir de 1959, se priorizaron las necesidades sociales, se fortaleció la industria azucarera, la producción de café y la ganadería; pero la caída del campo socialista afectó severamente la economía, se incrementó la migración y con ella, el deterioro de la estructura productiva creada. Se trabaja actualmente por su recuperación, basada en el autoabastecimiento local para una población de 46 722 habitantes según la ONE (2011a) (Oficina Nacional de Estadística); y se investiga a través de proyectos territoriales (PT) y proyectos nacionales (PN) (PT-196/2005; PT-204/2006; PT-351/2012; PT-353/2013; PN-HIVOS/2013), la posible restauración de la infraestructura productiva local a favor de la sostenibilidad.

#### **4.1.2. Diagnóstico de la comunidad Limonar de Monte Rous**

La comunidad Limonar de Monte Rous con una extensión territorial de 49,5 km<sup>2</sup> y una población de 2 097 habitantes, es la circunscripción que correspondió a uno de los cuatro partidos territoriales del municipio. Cuenta con un total de 803 viviendas registradas en la Dirección Provincial de Vivienda (2011). Según los datos del diagnóstico, la población activa de la comunidad representa el 4,5 % de la población total del municipio y el 8,8 % de la población rural. Con edad promedio similar a la provincia según los informes de la ONE (2011b), que asciende a 35 años para el 14,4 % en nivel de envejecimiento. En cuanto a



sus hábitos alimenticios, predominan los carbohidratos en la dieta habitual por escasa disponibilidad de alimentos proteicos, y por tanto la alimentación es poco balanceada.



Vista de la comunidad rural  
Limonar de Monte Rous

Solo el 78,3 % de los actores poseen área para el autosostenimiento. La infraestructura de la comunidad es apropiada a las condiciones locales, al priorizarse a todos los niveles la salud pública, la educación, el deporte; no así la recreación. Sin embargo, esas variables merecen mayor asistencia, dado el bajo desarrollo cultural, la pérdida de valores y la tendencia a la migración, lo que simultáneamente influye en la escasa elevación de la calidad de vida local.

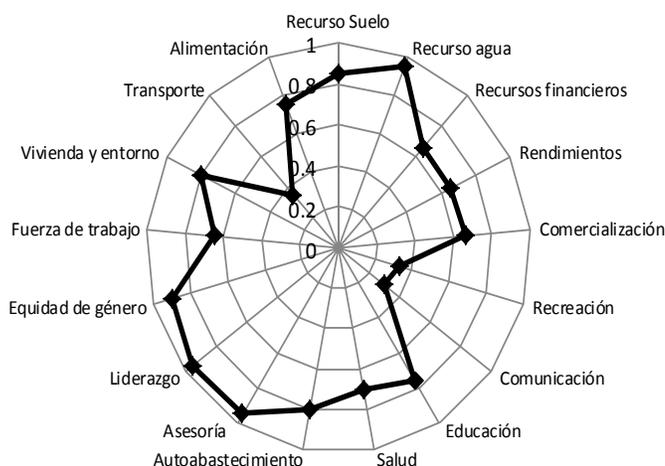
En este territorio accionan dos Cooperativas de Créditos y Servicios fortalecidas (CCSf) con base económica en la producción de café (*Coffea arabica* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.), además de los cultivos alimenticios como el plátano (*Musa paradisiaca* L.), uno de los que más contribuye a mantener la economía local, según testimonios de Herrera y Buchero (2011). Los campesinos adoptan nuevas formas para elevar sus ingresos, con la ventaja de que todo lo que se produce tiene mercado, y la desventaja de la inseguridad organizacional en el sistema de mercadeo, lo que estimula la venta en el sistema de oferta y demanda, por tanto se elevan los precios para los consumidores; de manera que el 67 % de los actores reciben ingresos adicionales loables. El desarrollo forestal de la comunidad tributa a conservar 15 689.6 ha de superficie boscosa, desde donde emanan los manantiales de agua potable que emergen de la montaña para el beneficio territorial (MINAG, 2011).



### 4.1.3. 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 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 (ONE, 2011b).

La figura 2, 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 (tabla 4). 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.



**Figura 2.** Indicadores Generales de la Sostenibilidad en la finca

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. La

dirección del agroecosistema organizado en una cooperativa se destaca por ostentar alta capacidad receptiva frente a las asesorías técnicas que se les brinda y un ostensible liderazgo. Su base económica tradicional ha estado sustentada en la producción de café y cultivos asociados, como plátano, ñame (*Dioscorea alata* L.) y frutales, además de la venta porcina, y otros animales menores de forma ocasional, cuyas producciones son



comercializadas a través de la Empresa de Acopio o bajo el principio económico de oferta y demanda.

**Tabla 4.** Resultados de la ponderación de valores cualitativos de las variables y sus indicadores para determinar el Índice General de Sostenibilidad (IGS)

Dimensión	Indicadores	Variables	Valores de Ponderación
<b>Medioambiental (0,9)</b> 1-3 : Variable muy deficiente 3-5: Variable en recuperación 6-7: Variable aceptada 8-10: Variable excelente	Recurso suelo 0,85	Cantidad	8
		Productividad	8
		Fertilidad	9
		Riqueza	8
	Recurso agua 0,95	Potabilidad	9
		Disponibilidad	9
Acceso		10	
Calidad		9	
<b>Económica (0,66)</b> 1-3 : Variable muy deficiente 3-5: Variable en recuperación 6-7: Variable aceptada 8-10: Variable excelente	Recursos de capital 0,66	Almacenes y equipos	6
		Animales de tiro	7
		Capital financiero	8
	Rendimientos 0,65	Cantidad	7
		Calidad	6
	Comercialización 0,67	Acceso	8
Obstáculos		4	
Ganancias		8	
Sostenibilidad		8	
<b>Sociales (0,71)</b> 1-3 : Variable muy deficiente 3-5: Variable en recuperación 6-7: Variable aceptada 8-10: Variable excelente	Recreación 0,33	Disponibilidad	4
		Acceso	3
		Calidad	3
	Comunicación 0,30	Disponibilidad	4
		Acceso	3
		Calidad	2
	Educación 0,76	Disponibilidad	8
		Acceso	9
		calidad	7
	Salud 0,70	Disponibilidad	7
		Acceso	8
		Calidad	6
	Autoabastecimiento 0,80	Disponibilidad	8
		Acceso	8
		Calidad	8
	Aceptación de asesoría 0,95	Disponibilidad	10
Calidad		9	
Liderazgo 0,95	Eficiencia	10	
	Aceptación	9	
Equidad de género 0,90	Acceso a recursos	7	
	Comodidad de la mujer	6	
	Atención a la niñez	7	
Fuerza de trabajo 0,93	Disponibilidad	8	
	Calidad	10	
	Permanencia	9	
Vivienda y entorno 0,80	Calidad	8	
	Resiliencia	8	
Transporte 0,35	Cantidad	5	
	Calidad	2	
Alimentación 0,75	Cantidad	8	
	Calidad	7	
<b>IGS= 0,75</b>			



Uno de los principales indicadores de la calidad de vida es la salud, la que para bien de las familias pertenecientes al agroecosistema se encuentra en estado aceptable; todos los convivientes están saludables y atendidos de forma adecuada según política nacional. La escolaridad promedio alcanzó el octavo grado, lo que se corresponde con la media nacional, según informes de la ONE (2011b). Solo cinco personas poseen nivel universitario terminado (de los cuales ninguno trabaja la finca) y tres cursan estudios; sin embargo, la recreación, la comunicación y el transporte, constituyen indicadores en estado deficientes tanto para ellos como para la comunidad en general.

**Tabla. 5** Distribución del uso de la superficie total del agroecosistema según prioridades de los habitantes

Superficie silvopastoril (forestal y pasto)	12,71 ha	26 %
Cultivos varios para comercializar	9,19 ha	19 %
Cultivo agrícola principal (Cafeto)	6,8 ha	14 %
Cultivos para la alimentación animal	5,93 ha	12 %
Cultivos para autoabastecimiento	5,23 ha	11 %
Recursos hídricos	3,4 ha	7 %
Vivienda y entorno (16 viviendas)	3,15 ha	6 %
Producción animal	2,31 ha	5 %
<b>Área total de la finca = 48,72 ha</b>		

En referencia a la distribución de la superficie total (tabla 5), prevalecen las áreas dedicadas al sistema agroforestal (cultivo del cafeto y árboles forestales), con empleo de tecnología tradicional. La superficie con pendiente muy pronunciada se emplea para el pastoreo semiintensivo del ganado mayor, equino y ovino, mientras que la superficie para el autoabastecimiento y comercialización de alimentos varios, es aprovechada con sistemas tradicionales típicos de la zona, siendo los cultivos preferidos, el plátano, el maíz, la yuca y los

frijoles. La vivienda y el entorno reflejan la cultura de contar con plantas ornamentales y flores, algunas plantas medicinales y animales exóticos como el Cuy; crían gallos finos, además poseen perros y gatos.

La alimentación es otro indicador determinante. 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 6) según las normas descritas por Triana *et al.* (2009). 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 (Sasson, 1993).

**Tabla 6.** Proporción y composición de la dieta diaria

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

Delgado *et al.* (2007) han declarado que el consumo energético/proteico para Cuba, debiera enmarcarse en 2300 Kcal/persona/día y 62 g de proteínas, de las cuales el 25 % debiera ser de origen animal. Triana *et al.* (2009) resumen en un análisis por grupos de edades y actividades físicas en Cuba, que las necesidades calóricas se encuentran entre 2300 y 2800 Kcal/persona/día para el sexo femenino y de 2300 Kcal a 4000 Kcal/persona/día para el masculino. Estos datos explican un posible exceso de calorías diarias per cápita entre los habitantes del agroecosistema, aunque no se refleja en obesidad, dados los elevados niveles de gastos energéticos diarios de actores altamente comprometidos con la producción de alimentos. 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. 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 según refieren Leyva y Muñoz (2007). En los talleres de capacitación pudo observarse que entre sus miembros faltaba información sobre los principios de la Agroecología, razón por la cual fue promovida la realización de talleres y una visita de su líder a otras provincias del país, para que apreciara nuevas experiencias, lo que resultó efectivo para



el agroecosistema, al apropiarse de una nueva tecnología agroecológica para el suministro de agua para las plantas (Franchi-Alfaro, 2005).

#### 4.1.3.1. 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, a través de una pequeña represa que se emplea en el riego y el consumo animal, mientras que para el consumo humano se obtiene por gravedad de tuberías del sistema de acueducto de la comunidad. Su calidad está considerada como agua apta para el uso humano, animal y el riego (tabla 7), según programa del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos CEPIS/OPS (2008), Ayers y Westcot, (1989) y las Normas Riverside (Balairón, 2000). Sin embargo se registró falta de reforestación en las márgenes del arroyo, lo cual pone en peligro su sostenibilidad en el tiempo.

**Tabla 7.** Análisis químico del agua de la finca

Determinaciones														
	pH	CE	Turbiedad	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	CL	Ca	Mg	Na	K	DT		CT	CF
UM	-	uS/cm	NTU	mg/l								NMP/100 ml		
	7,7	269	0,72	0	173	15	64	3,5	6	1	175		46,5	17,5

**Leyenda.** CE- Conductividad Eléctrica, DT- Dureza Total, CT- Coliformes Totales, CF- Coliformes Fecales

La tabla 8 muestra las características químicas de los suelos de cada subsistema. En general, estos poseen un pH cuyos valores fluctúan alrededor de la neutralidad y altas concentraciones de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable (Mesa et al., 1984). Las concentraciones de Na son muy bajas y las de K van desde altas, como en los casos de los subsistemas 1, 2 y 3, hasta baja en el subsistema 4. Las concentraciones de Ca y Mg fueron características de este tipo de suelo y adecuadas para la nutrición de las plantas. La materia orgánica presentó contenidos medios, aunque el valor observado en el subsistema agroforestal (subsistema 4), fue mayor que en el resto (Paneque y Calaña, 2001).



**Tabla 8.** Resultados del análisis de suelo realizado a los diferentes subsistemas en la “Finca La loma”, al inicio de la investigación

Sub sist.	Na	K	Ca	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MO	pH
	cmol/kg				Mg/100g	%	
	Inicio						
1	0,19	1,28	25,6	12,6	63,0	3,10	7,5
2	0,11	1,28	25,5	11,6	38,9	3,62	7,4
3	0,11	0,83	30,3	8,5	49,7	3,56	7,6
4	0,35	0,28	34,2	19,3	37,1	4,24	7,3
5	0,17	0,46	43,3	15,7	52,2	3,48	7,1
6	0,30	0,37	32,7	18,8	40,8	3,67	6,8
7	0,30	0,38	33,5	18,7	38,9	3,10	6,9
<b>Med.</b>	<b>0,22</b>	<b>0,70</b>	<b>32,2</b>	<b>15,03</b>	<b>45.8</b>	<b>3,54</b>	<b>7,2</b>
<b>Profundidad 10-20cm</b>							

#### 4.1.3.2. Problemas que afectan la producción de la finca y su jerarquización

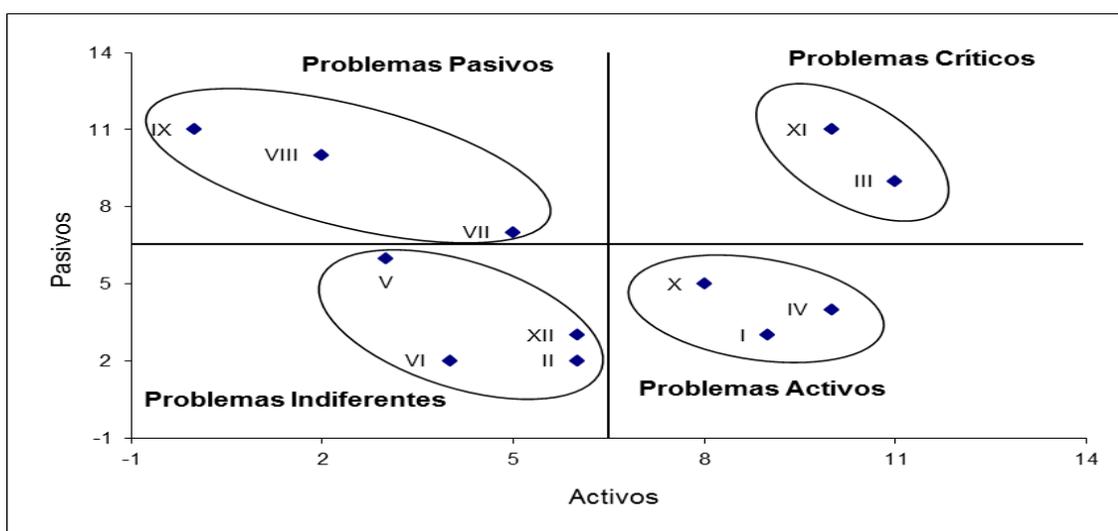
En el agroecosistema existen condiciones socioculturales, económicas y medioambientales aceptables, aunque existen problemas que limitan su desarrollo; cuya jerarquización una vez aplicados los principios que caracterizan la matriz de Vester (Vester, 1985), demostró que de los 12 problemas principales determinados (tabla 9), la desmotivación de los jóvenes y la falta de capacitación son los dos problemas críticos y por tanto los principales (figura 3).

**Tabla 9.** Principales problemas diagnosticados en los talleres realizados en la finca y sus niveles de importancia según la ubicación por cuadrantes

Principales Problemas		
I	Ineficiencia de la empresa de acopio (Pagos demorados)	Activo
II	Poca libertad de venta de los productos	Indiferente
III	Falta de asistencia técnica.	Crítico
IV	Déficit de medios e insumos para las actividades agrícolas.	Activo
V	Escasos productos biológicos para la nutrición de las plantas	Indiferente
VI	Deficiencias en la contratación de los productos	Indiferente
VII	Incumplimiento de contratos establecidos	Pasivo
VIII	Déficit de fuerza de trabajo para labores agrícolas.	Pasivo
IX	Escasez de semilla (con condiciones para producirla).	Pasivo
X	Poca producción de hortalizas y vegetales.	Activo
XI	Desinterés de los jóvenes por trabajar en la finca.	Crítico
XII	Deficiente colaboración de los organismos gubernamentales	Indiferente



Dentro de los 12 problemas determinados y atendidos en el curso de la investigación la ineficiencia de la empresa de acopio (pagos demorados), el déficit de medios e insumos para las actividades agrícolas y la escasa producción de hortalizas y oleaginosas, son problemas activos de alta causalidad, que repercuten en la productividad del agroecosistema. Los problemas pasivos e indiferentes, con menor peso dentro del sistema, también constituyen limitantes para el manejo de la finca; pero para dar respuesta a las necesidades alimentarias y aspiraciones de la sociedad, centrada en los agroecosistemas locales, es imperioso accionar sobre los problemas críticos (Carballosa, 2012).



**Figura 3.** Jerarquización de los problemas encontrados en el agroecosistema

Esta herramienta define los problemas que más afectan al desarrollo de las fincas y sus posibles soluciones. Se elaboró un plan de acciones de forma conjunta con los actores, para la erradicación o disminución de los problemas detectados lo que concuerda con investigaciones precedentes (López, 2007; Carballosa, 2012).

## 4.2. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL AGROECOSISTEMA “FINCA LA LOMA”

### 4.2.1. Diversidad de la finca por subsistemas

Los Agroecosistemas generalmente están constituidos por subsistemas agrarios, que al interactuar de forma simultánea, conforman un escenario productivo equilibrado entre

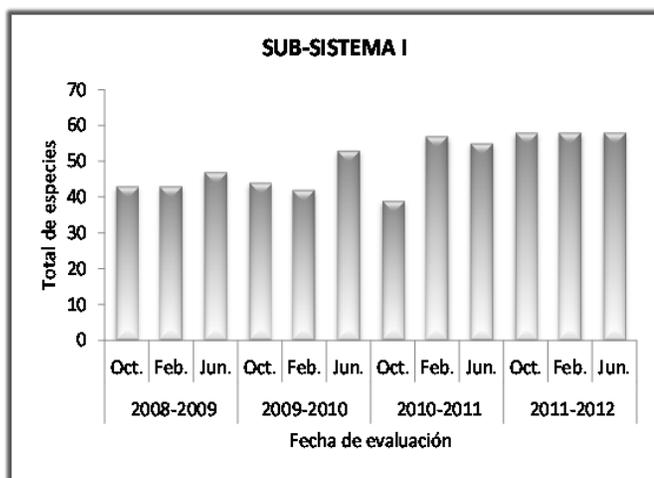


ellos, en correspondencia con el nivel organizacional y eficiencia de su conducción (Altieri, 2009; Nicholls y Altieri, 2012). Para conocer la diversidad y grado de eficiencia productiva del agroecosistema por subsistemas, se evaluaron sus componentes determinantes según propuesta de Lores *et al.* (2008).

## 4.2.1.1. Diversidad del subsistema I: producción de alimento animal

### 4.2.1.1.1. Diversidad de la producción para la alimentación de los animales

Este subsistema con una superficie ascendente a 5,93 ha, transitó desde una producción netamente para la producción de alimentos para los humanos hacia la producción de alimento animal, dado el incremento paulatino de la masa ganadera. Registró una diversidad total de 43 especies, al iniciarse la investigación (octubre de 2008) y culminó el período investigativo con 58 especies en total (figura 4), que se alcanzó pasado un año y medio del inicio de la investigación; esta cifra, se mantuvo hasta finalizar la investigación, solo con déficit en octubre de 2010, debido a un exceso de precipitaciones que impidió la realización de siembras planificadas (anexo 4).



**Figura 4.** Diversidad de especies en el subsistema I

La agrobiodiversidad establecida en este subsistema contó con algunas de las especies que fueron específicas para la alimentación animal, aunque son utilizadas también para la alimentación humana; ejemplos de ellos son: el maíz (*Zea mays* L.), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), soya (*Glycine max* (L.) Merr.), sorgo

(*Sorghum vulgare* Pers.) y boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). En ocasiones, se hizo necesario sembrar especies con aporte proteico como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por



coyunturas socioeconómicas, lo que demuestra la interrelación que debe establecerse entre los sistemas para garantizar estabilidad alimentaria.

Durante el primer año de investigación predominaron los cultivos: *Z. mayz* como cabeza de alternativa, con calabaza (*Cucurbita moschata* Poiret) como cultivo sucesor y el monocultivo de *S. officinarum*. A estas especies se unieron durante el proceso investigativo *G. max*, *H. annuus* y *S. lycopersicum*, las que formaron parte del área experimental; escogida en ese subsistema por ser el que poseía superficies libres al iniciarse la investigación y estar concebido para la producción de alimento humano.

Por tradición, en este subsistema se empleaban los sistemas policulturales, con predominio de la asociación maíz + sorgo, y como cultivo sucesor boniato y calabaza, según su adecuación a las fechas de siembras tradicionales en la zona y disponibilidad de semillas. Se aporta en promedio tres cosechas por año en dos tiempos, para la misma superficie de suelo, lo cual supera la media nacional que no alcanza las dos cosechas por año (ONE, 2011c).

Para las superficies con pendiente por encima de 10 %, ya utilizaban como barrera viva el cultivo de la caña de azúcar, siguiendo las curvas de nivel para evitar la erosión y arrastre de suelo hacia zonas más bajas. Actividad de alta relevancia agroecológica, por formar parte de una de las técnicas que elevan la capacidad de resiliencia del agroecosistema, además, de mantener el equilibrio entre sus componentes y propiciar un correcto uso del suelo en condiciones montañosas (Machuca, 2010). Se recomendó, no obstante, reforestar la faja de contención con el empleo adicional de especies arbóreas como la morera (*Morus alba* L.), la moringa (*M. oleifera*) y la leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt), dadas las bondades de estas especies en aportar proteínas y otros elementos de gran provecho para la alimentación animal (Castro, 2012).



Una valoración integral del subsistema, permite asegurar, que el grado de utilización de la superficie es adecuado, por el nivel de complejidad a que ha sido sometida anualmente con la introducción de nuevos sistemas asociativos, lo que implicó un incremento notable de nuevos cultivos para el fortalecimiento del subsistema y que, por razones de carácter estructural se ha modificado paulatinamente hacia la producción de pastos (*Panicum maximum* Jacq; *Andropogon pertusus* (L.) Willd. etc.) y forrajes (*L. leucocephala*).

#### **4.2.1.1.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios**

De las 58 especies, entre funcionales y acompañantes, registradas en este subsistema (tabla 10) según la clasificación por valores utilitarios, se registraron nueve especies netamente para la alimentación animal y 10 especies que son utilizadas para la alimentación humana, de las cuales el 60 % pertenece al grupo de las especies reguladoras, principalmente frutas, al no existir hábitos de consumo de hortalizas, el resto (40 %) corresponden a especies energéticas y formadoras en igual proporción.

De las especies que fueron consideradas básicas para la salud del agroecosistema (37), el 86 % son arvenses, aunque contó con solo una especie para alimentar el suelo y como complemento a la espiritualidad humana, lo que indica una adecuada orientación que aun, cuando parte del conocimiento empírico, refleja la certeza existente entre los actores, de cómo guiar el subsistema hacia el éxito productivo, con la integralidad ineludible de un subsistema equilibrado, respetando su misión principal, en este caso el alimento animal.

Las arvenses presentes en una cifra superior a 30, supone la existencia de un adecuado equilibrio, por las escasas aplicaciones de herbicidas recibidas en años precedentes; mientras se conserva la cultura de la medicina verde, al registrarse siete especies dentro de las arvenses, que han sido consideradas por los actores locales como medicinales de elevado uso.



**Tabla 10.** Total de especies por grupo de importancia, encontradas en el subsistema I

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	<i>P. vulgaris</i> y <i>Cicer arietinum</i> L.
	E	<i>Z. mays</i> e <i>I. batatas</i>
	R	<i>S. lycopersicum</i> , <i>C. moschata</i> , <i>Cocos nucifera</i> L., <i>Citrus reticulata</i> Blanco, <i>Eugenia jambos</i> Blanco y <i>Psidium guajava</i> L.
<b>Alimento animal</b>	F	<i>G. max</i> y <i>L. leucocephala</i>
	E	<i>S. officinarum</i> , <i>Z. mays</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>H. annuus</i> , <i>P. maximum</i> , <i>Bouteloua americana</i> (L.) Scribn y <i>A. pertusus</i>
<b>Para alimentar el suelo</b>	Abono verde	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) P. D. C. y <i>Canavalia gladiata</i> D. C.
<b>Complementarias</b>	Ornamentales y flores	<i>Euphorbia lactea</i> Haw
	Arvenses Medicinales	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium sativum</i> L., <i>Hohembergia penduliflora</i> Mez, <i>Ocimum gratissimum</i> L., <i>Chenopodium ambrosioides</i> L., <i>Chenopodium spathulantum</i> Sieb, <i>Ricinus communis</i> L. y <i>Aechmea nudicaulis</i> (L.) Griseb
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Especies pertenecientes a 8 familias: Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Poaceae, Solanaceae, Papilionaceae y Verbenaceae.
	Forestales	<i>Roystonea regia</i> (H. B. K.) Cook, <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Steud, <i>Cordia alba</i> (Jacq.) Roem y Schult, <i>L. leucocephala</i> y <i>Eucalyptus resinifera</i> Smith

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



Durante el análisis de la importancia de conocer la agrobiodiversidad y sus índices, se hicieron contribuciones adicionales a la propuesta de Leyva y Lores (2012), aunque sin modificar la esencia de la propuesta, al incluirse dos nuevas variables que tienen que ver con la diversidad que contribuye a la “Salud del Agroecosistema” (SA) para lo cual se incluyeron las arvenses, como reguladoras de plagas y reservorio para los enemigos naturales, demostrado por Blanco y Leyva (2011). Se consideró además, la variable representada en la diversidad forestal y que tributa de forma significativa al “Secuestro de Carbono” (SC) según Ríos *et al.* (2011), base para la creación de un índice específico para ese indicador.

#### **4.2.1.2. Diversidad del subsistema II: producción para la comercialización**

Como la riqueza de especies mejora la productividad y aumenta la variabilidad de la producción; entender los rasgos agroecológicos, mecanismos de adaptación y resiliencia de los sistemas campesinos y tradicionales existentes, es esencial para diseñar estrategias con visión al desarrollo de agroecosistemas sostenibles, en esta nueva era de variabilidad climática, tal como exponen Nicholls y Altieri (2012). Por ello la diversidad de especies para la producción comercializable debe ser alta en espacio y tiempo.

##### **4.2.1.2.1. Diversidad de especies para la comercialización**

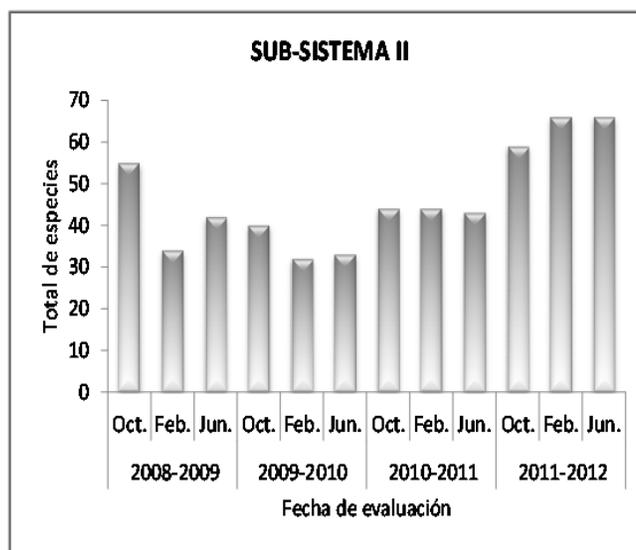
Este subsistema con una superficie ascendente a 9,19 ha, había permanecido por 10 años en barbecho y fue adquirida a través del decreto ley 300. Su producción fue destinada básicamente para la comercialización y en ocasiones para el autoabastecimiento, fundamentalmente de la semilla a utilizar en siembras posteriores.

En el primer año (2008) se reportaron 55 especies y al culminar el período evaluativo (2012) se manejaban 66 especies en total (figura 5), de ellas 10 especies para la alimentación humana. Durante este período de investigación, se implementaron los sistemas productivos de los cultivos de *Z. mays* e *I. batatas* como principales, que incluyeron como sucesores cultivos como ajonjolí (*Sesamun orientale* L.), *C. moschata*, *P. vulgaris* y *G. max*,



aumentando la diversidad de cultivos agrícolas a partir del segundo año. Se incluyen además, los cultivos *M. paradisiaca* y *S. officinarum*; ambos como monocultivos, unido al tomate (como cultivo nuevo en el sistema) sucedidos de maíz o boniato.

Se incrementó la utilización de alternativas agroecológicas, con predominio de las asociaciones de cultivos de maíz + frijol, soya o calabaza; mientras las rotaciones de cultivo no funcionaron de forma cerrada, como se aprecia en estudios de Franke (1995); la más estable anualmente se centró en el cultivo de boniato como cultivo principal, que alternó con frijol o calabaza, y se



**Figura 5.** Diversidad de especies en el subsistema II

emplean ajustes de prioridad para el cultivo del frijol que es el más exigente.

Durante el curso de la investigación se logró introducir varias técnicas agroecológicas con buenos resultados, dentro de ellas: la utilización de biofertilizantes a base de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en su forma comercial Ecomic® (proveniente de la planta de biofertilizantes certificada, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas); control biológico a base de *Trichoderma* sp., y Tr-13-CENSA (del Cepario del laboratorio de Micología Vegetal del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria), además se utilizó la *C. ensiformis*, como abono verde. No se cuenta con la información numérica de los resultados y solo se tiene su valoración cualitativa.

#### 4.2.1.2.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios

Las diez especies para la alimentación humana registradas en esta superficie, fueron clasificadas por sus valores utilitarios (tabla 11). De ellas el 50 % pertenece al grupo de las energéticas, pero al integrarlas al resto de los sistemas productivos de la finca,



**Tabla 11.** Total de especies por grupo de importancia encontradas en el subsistema II

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	<i>P. vulgaris</i> y <i>C. arietinum</i>
	E	<i>Z. mays</i> , <i>M. paradisiaca</i> , var. <i>burro censa</i> , <i>M. paradisiaca</i> var. <i>Sapientum</i> , <i>I. batatas</i> , <i>S. officinarum</i> y <i>Sesamun orientale</i> L.
	R	<i>S. lycopersicum</i> , <i>C. pepo</i> y <i>Terminalia catappa</i> L.
<b>Alimento animal</b>	F	<i>G. max</i>
	E	<i>S. officinarum</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>H. annuus</i> , <i>A. pertusus</i> , <i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum.) y <i>P. máximum</i>
<b>Para alimentar el suelo</b>	Abono verde	<i>C. ensiformis</i>
<b>Complementarias</b>	Ornamentales y flores	<i>E. lactea</i>
	Arvenses Medicinales	<i>B. pilosa</i> , <i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl. y <i>Ocimum basilicum</i> L.
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Pertencientes a 11 familias: Malvaceae, Fabaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae y Poaceae
	Forestales	<i>H. crepitans</i> , <i>R. regia</i> , <i>G. sepium</i> , <i>P. procera</i> y <i>Samanea saman</i> Merr

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



aporta respuesta o soluciones de problemas para la comunidad. Por ello, cada subsistema puede tener su mayor significado al ser integrado al sistema en su totalidad.

Se registraron ocho especies de utilidad para alimentación animal sin ser esta su misión, lo cual es meritorio como contribución general para el escenario productivo. Además, posee 37 especies para la salud del agroecosistema, siendo el 86 % de ellas arvenses. La escasa presencia de especies para alimentar el recurso natural suelo confirma la teoría de Leyva y Lores (2012), al anunciar que para alcanzar altos valores del índice de agrobiodiversidad (IDA) es necesario asumir este subíndice (alimentación del suelo) con la misma prioridad que se asume la alimentación humana o animal.

El monitoreo de las especies durante tres años por grupo de importancia, reveló que las más priorizadas para la alimentación humana y animal fueron las del grupo que aportan energía. Aprovechándose las bondades del clima, propicio para el desarrollo de raíces, tubérculos, cormos, granos básicos y pastos, pero sin arreglos predeterminados de sistemas productivos, argumentado por la escasa seguridad de recursos, que lleva a la improvisación en busca de altas producciones por unidad de superficie, sin tener totalmente en cuenta su calidad alimentaria; siendo esta una de las causas de la escasa presencia de proteínas de origen vegetal y de las especies para la obtención de grasas como complemento alimentario determinante.

El resto de las especies, se presentaron sin cambios en el tiempo y escasa disponibilidad, similar para las especies que mantienen el equilibrio y robustez del agroecosistema, sin variaciones para las especies forestales ni regulaciones en el manejo de arvenses, que mantienen la diversidad inicial, fruto de una cultura que no ha sufrido cambios. Razones que aconsejaron incorporar sistemas policulturales con siembras en franjas, por sus ventajas económicas y medioambientales.



### 4.2.1.3. Diversidad del subsistema III: producción para el autoabastecimiento

Esta superficie de 5,23 ha correspondiente a este subsistema, fue concebido por sus actores para la producción de alimentos hacia el autoabastecimiento de las familias. Se combina con otros cultivos alimenticios que son comercializados (frijol), incluyendo algunas especies para la alimentación animal. Aunque estructuralmente puede formar parte del subsistema II, fue separado por ser la superficie históricamente más utilizada para estos fines.

#### 4.2.1.3.1. Análisis de la diversidad de especies para el autoabastecimiento familiar

Al inicio de la investigación se registraron 36 especies (figura 6), que fueron incrementadas en el tiempo, hasta concluir el período experimental con una cifra de 55 especies. El aumento de especies se inició en el mes de octubre de 2010, con una distribución adecuada del uso de la superficie total, de manera que posibilitó distribuir de forma equitativa la fuerza laboral, evitándose la inequidad (“picos”) en el número de cultivos a atender en el tiempo.

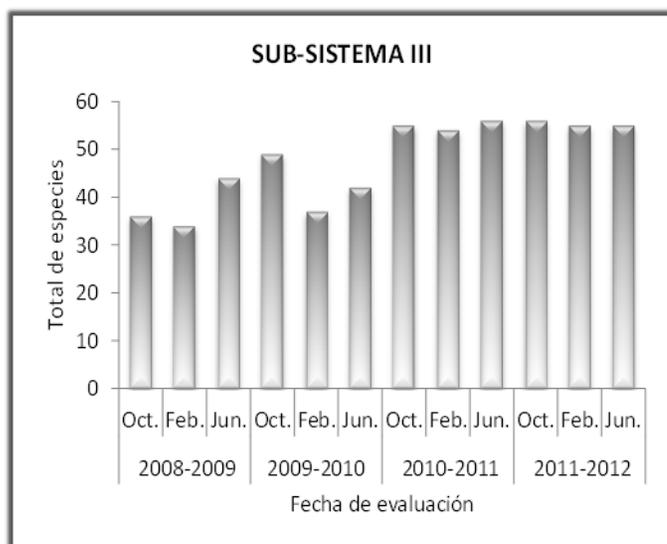


Figura 6. Diversidad de especies del subsistema III

Durante el período experimental predominó en esta superficie el cultivo de yuca (*Manihot esculentum* Crantz); se incursionó en la producción en secano de arroz (*Oriza sativa* L.) y de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.), especies de gran importancia para la alimentación humana y cuyas producciones pueden considerarse aceptables, al obtenerse rendimientos

(arroz y malanga) de 3,296 t.ha<sup>-1</sup> y 12,55 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente en un área pequeña.

La estabilidad en el número máximo de especies agrupó cultivos de granos, raíces y tubérculos; además, algunas hortalizas como el tomate, introducido por los facilitadores en



la realización de la investigación. Sin embargo estos cultivos no respondieron a sistemas productivos predeterminados (rotación de cultivos o sucesión de cultivos) dadas las carencias existentes en las disponibilidades de semillas y en el suministro de alimentos en el mercado, que obliga al productor a adelantar o atrasar siembras o plantaciones.

#### **4.2.1.3.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios**

En esta superficie se registraron 12 especies para la alimentación humana, de las cuales el 58 % pertenecen al grupo de las energéticas (raíces, tubérculos y granos básicos) y el 33 % a las reguladoras y una especie del grupo de las formadoras (*P. vulgaris*). La presencia de especies con doble propósito (alimentación humana y animal), una formadora (*G. max*) y dos energéticas (*Z. mays* y *S. vulgare*), proporcionan mayor fortaleza al agroecosistema (tabla 12). Además se registraron cinco medicinales, cuatro forestales y 43 arvenses.

La frecuente presencia de especies proteicas para la alimentación humana y animal casi al concluir el estudio, es el resultado del empeño en el cumplimiento de los objetivos de tratar de equilibrar las producciones en función de una alimentación proporcionada. Por otra parte se pudo apreciar un período de escasa diversidad en general, lo que está vinculado a decisiones del gobierno local de solicitar a la dirección de la cooperativa, dedicar parte de la superficie a cultivos energéticos priorizados y cumplir compromisos sociales. Esto refleja el rol del agroecosistema en sus aportes a favor de la comunidad.

En cuanto a las especies de arvenses, presentes en una cantidad por encima de las 40, da muestras de la riqueza de la localidad y del recurso natural suelo. Unido a un manejo poco relacionado con los métodos químicos de control, como ha ocurrido en los agroecosistemas dedicados a la caña de azúcar en casi toda Latinoamérica (Leyva, 1986; Toledo, 2008).



**Tabla 12.** Total de especies por grupo de importancia encontradas en el subsistema III

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	<i>P. vulgaris</i>
	E	<i>M. esculentum</i> , <i>I. batatas</i> , <i>Z. mays</i> , <i>C. esculenta</i> , <i>O. sativa</i> , <i>Xanthosoma cubense</i> (Rich.) Schott, y <i>M. paradisiaca</i> var. <i>burro censa</i>
	R	<i>C. pepo</i> ; <i>C. moschata</i> ; <i>Capsicum annuum</i> L.; <i>S. lycopersicum</i> y <i>Arctocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg
<b>Alimento animal</b>	F	<i>G. max</i>
	E	<i>Z. mays</i> y <i>S. vulgare</i>
<b>Complementarias</b>	Condimentosas	<i>Coleus amboinicus</i> (Lour.) Andr y <i>Eryngium foetidum</i> L.
	Ornamentales y flores	<i>E. lactea</i>
	Arvenses Medicinales	<i>Verbena officinalis</i> L., <i>B. pilosa</i> , <i>Petiveria alliacea</i> L., <i>Jatropha urens</i> L. var. <i>Inermis</i> y <i>L. sativum</i>
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Pertenecientes a 15 familias: Verbenaceae, Convolvulaceae, Costaceae, Malvaceae, Oxalidaceae, Fabaceae, Cucurbitaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Poaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae y Phytolaccaceae
	Forestales	<i>S. saman</i> , <i>Guazuma tomentosa</i> Kunth, <i>P. procera</i> y <i>Erythrina peoppigiana</i> (Walp), Cook

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



En general estos subsistemas (I, II y III) enmarcan las ganancias entre el 50 % y 60 % superior a la inversión hecha, según palabras del líder. A pesar de que el productor no ofrece información exacta de sus gastos e ingresos, se comprobó que sus rendimientos superan la media del territorio en un 30 %. Como aportes relevantes del subsistema, se ensayaron nuevos sistemas asociativos para evaluar los efectos de la competencia interespecífica y la alelopatía, según los intereses de la investigación que se expondrán en acápite posteriores. Se orientó hacer mejor uso de los residuos de cosechas (alimento animal y reciclaje al suelo) en este subsistema, evitar las quemas y reforzar las medidas anti erosivas.

Las asociaciones empleadas tradicionalmente por los actores se adecuan a los principios de los cultivos múltiples, según ha sido señalado por Vandermeer e Yitbaret (2012); Vandermeer (2010), a excepción de la asociación maíz y sorgo, por incumplir los principios básicos de la asociación, al ser especies de la misma familia (Poaceae), que eleva el riesgo de pérdida total, ante la aparición de una plaga común (Franke, 1995), algo que aún no ha sido reflejado en el sistema productivo.

#### **4.2.1.4. Diversidad del subsistema IV: producción agroforestal**

Este subsistema posee una superficie ascendente a 19,51 ha y tiene como cultivo principal el café (*C. arabica*), en el que se encuentra un gran número de especies de importancia para el agroecosistema y la alimentación humana. El subsistema posee una rica diversidad forestal de gran valor para la captación de carbono y fuente de madera, de elevada riqueza económica potencial para la finca.

##### **4.2.1.4.1. Análisis de la diversidad de las especies en el sistema agroforestal**

Por ser este subsistema de un cultivo permanente (café) al monitorear las especies temporalmente durante tres años, se pudo precisar que la cantidad de especies presentes es estable, no se observaron variaciones en los períodos de monitoreo establecidos, a diferencia de los sistemas anteriores donde ocurrían períodos de máximas y mínimas cantidades de especies.



Lo mismo ocurrió cuando se analizó la diversidad total en el tiempo. A la diversidad se le atribuye mayor importancia, al hacerlo un punto de referencia para los sistemas productivos premontañosos por su contribución como atenuador de los daños por desastres naturales y por su elevada capacidad de resiliencia frente al cambio climático (Nicholls y Altieri, 2012).

En los agroecosistemas cafetaleros, es distintivo encontrar especies forestales, medicinales y frutales en convivencia interespecífica con el cafeto sin perjudicar sus rendimientos; sin embargo, actualmente la producción de café es baja con rendimientos de  $0,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , debido al deficiente manejo de las plantaciones e inadecuado cumplimiento de las instrucciones técnicas para el cultivo, de acuerdo con las normas del MINAG (2013). Según estas normas, tal adversidad pudiera ser contrarrestada con un manejo adecuado, siempre que se cumpla con algunos principios, dentro de los cuales los más significativos son: (i) la regulación de sombra, (ii) la poda oportuna, (iii) la nutrición adecuada, (iv) el manejo adecuado de las arvenses y de las plagas sobresalientes. Algo de lo cual adolece el agroecosistema, fundamentalmente por la insuficiente asistencia técnica.

Se diagnosticaron problemas con la conservación y el manejo del suelo, cuya cobertura viva (*Zebrina pendula* Schnizl.) solo cubre un 14 % de la superficie plantada de cafeto. Por estos motivos debe atenderse la protección superficial de la capa fértil del suelo (aumento de la cobertura viva) y la nutrición del suelo, incluyendo algunos biofertilizantes de alta eficiencia como las micorrizas (Riera, 2003; Pérez, 2011)

#### **4.2.1.4.2. Especies por grupos según sus valores utilitarios**

Se registran 108 especies en general del subsistema; de ellas, el 57 % pertenecen al grupo de plantas para la salud del sistema (35 % arvenses y 22 % forestales), seguido del grupo de las especies complementarias con un 23 % (21 % pertenecientes a las plantas medicinales). La alimentación humana estuvo representada por un 18 % de especies (15 % de especies reguladoras y 3 % energéticas) y el 2 % de especies para alimentación animal y del suelo.



Del total de las especies (tabla 13) 19 poseen bondades para la alimentación humana, lo que representa el 17,6 %, incluyendo el cultivo del cafeto, con alto consumo, razón de la existencia de mayor cantidad y diversidad de especies forestales, representante de una fuerte reserva de alto valor para el secuestro y fijación de carbono, demostrado también por De Mello y Rodríguez (2009); Vieira (2009); Silva-R *et al.* (2009); que constituyen las especies típicas de estos agroecosistemas e igualmente son portadoras de la fuente principal de protección de los suelos. Además, esta diversidad tributa a un aumento del equilibrio ecológico dentro del agroecosistema, para un mayor acercamiento a la sostenibilidad de la finca.

#### **4.2.1.5. Diversidad del subsistema V: la vivienda y su entorno**

Al analizarse cualquier agroecosistema, generalmente se olvida abordar la vivienda y su entorno, aun cuando esta constituye uno de los subsistemas de mayor importancia dentro del agroecosistema. Leyva y Pohlen (2007) destacan este hecho como muy significativo, si se quiere demostrar todas las bondades del agroecosistema, que tributan fundamentalmente a la espiritualidad de los actores, aportando además belleza al entorno natural, y aprovechamiento de la energía pasiva familiar, vital para las regiones de montaña.

Este subsistema con una superficie total de 3,15 ha, registró 68 especies, cifra que se incrementó gradualmente durante el primer año de investigación, debido a la implementación de jardines y parcelas medicinales en el entorno de las viviendas. A partir del segundo año ascendió a 73 especies manteniéndose estable hasta el final de la investigación (figura 7). Este subsistema posee la peculiaridad de agrupar 16 viviendas (y su entorno), que es el total de familias existente en la “Finca La Loma”.



**Tabla 13.** Total de especies por grupo de importancia, encontradas en el subsistema IV

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	–
	E	<i>M. paradisiaca</i> var. <i>burro censa</i> , <i>M. paradisiaca</i> var. <i>Sapientum</i> , <i>T. cacao</i> y <i>C. arabica</i>
	R	<i>P. guajava</i> , <i>Citrus paradisia</i> L., <i>C. reticulata</i> , <i>Citrus limetta</i> Risso, <i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck, <i>Citrus limon</i> L., <i>Citrus grandis</i> Osbeck, <i>Mammea americana</i> L., <i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen, <i>Mangifera indica</i> L., <i>Calocarpum sapota</i> Jacq, <i>Arctocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosb, <i>Castanea sativa</i> Mill, <i>Annona squamosa</i> L., <i>Annona muricata</i> L. y <i>T. catappa</i>
<b>Alimento animal</b>	F	<i>L. leucocephala</i>
	E	–
<b>Para alimentar el suelo</b>	Abono verde	–
	Cobertura viva	<i>Z. pendula</i>
<b>Complementarias</b>	Condimentosas	<i>Euphorbia foetidum</i> L.
	Ornamentales y flores	<i>E. lactea</i>
	Arvenses Medicinales	<i>M. oleifera</i> , <i>Morinda citrifolia</i> L., <i>B. pilosa</i> , <i>L. sativum</i> , <i>Plantago major</i> L., <i>Bixa orellana</i> L., <i>Scoparia dulcis</i> L., <i>Hylocereus undatus</i> (Haw) Britton R., <i>P. alliacea</i> , <i>Momordica charantia</i> L., <i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Oken, <i>Maba caribaea</i> Hiern, <i>Citrus limonum</i> Risso, <i>Erythroxylum havanense</i> Jacq, <i>Solanun americanum</i> Mill y <i>Parthenium hysterophorus</i> L.
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Pertencientes a 27 familias: Lamiaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Poaceae, Papilionaceae, Verbenaceae, Convolvulaceae, Costaceae, Oxalidaceae, Cucurbitaceae, Amaranthaceae, Phytolaccaceae, Borraginaceae, Brassicaceae, Cassulaceae, Celastraceae, Conmelinaceae, Davalliaceae, Simaroubaceae y Vitaceae
	Forestales	Pertencientes a las familias: Fabaceae, Caesalpiniaceae, Araliaceae, Clusiaceae, Combretaceae, Calophyllaceae, Cecropiaceae, Meliaceae, Papilionaceae y Borraginaceae.

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



Un número importante de especies son conservadas para la salud corporal y espiritual de los actores y para embellecer el entorno (tabla 14). Entre ellas las más abundantes son rosas (*Rosa gallica* L), orquídeas (*Encyclia rufa* Lindl), algunas melíferas y medicinales. Del total de especies presentes el 48 % pertenecen

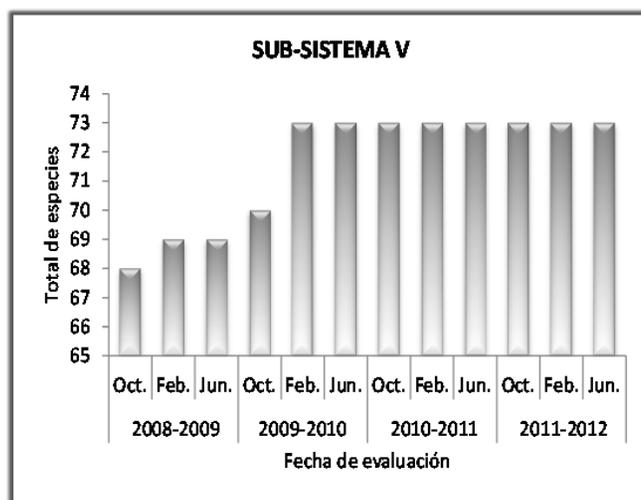


Figura 7. Diversidad de especies del subsistema V

al grupo de plantas complementarias (28 % de ornamentales y flores; 16 % medicinales y el 4 % condimentosas), seguido de especies para la salud del agroecosistema que alcanzan el 33 % (29 % arvenses y 4 % forestales). Para la alimentación humana solo se observó un 12 %, mayormente de especies del grupo de las reguladoras (frutales).

Lo más significativo de este subsistema es que la mayoría de las familias participan directamente en la conservación de las especies, estableciendo una diversidad atractiva, que sirve además para elevar los conocimientos de sus valores utilitarios, y la fuente de aprendizaje de los valores medicinales de las plantas que trascienden en el tiempo.

El número de especies resultó inferior al obtenido en el subsistema IV; pero en su mayoría son especies que no se repiten en otros subsistemas. Lo que resulta importante para el desarrollo general de la finca, el bienestar de los actores y para el equilibrio y salud del agroecosistema, tal y como lo expresara Toledo (2012).

#### 4.2.1.6. Diversidad del subsistema VI: fuente de abasto de agua y su entorno

Este subsistema, posee como garantía una micropresa de unos 1 500 m<sup>3</sup> de agua con excelente calidad, proveniente de un manantial de agua cristalina que da vida a la finca.



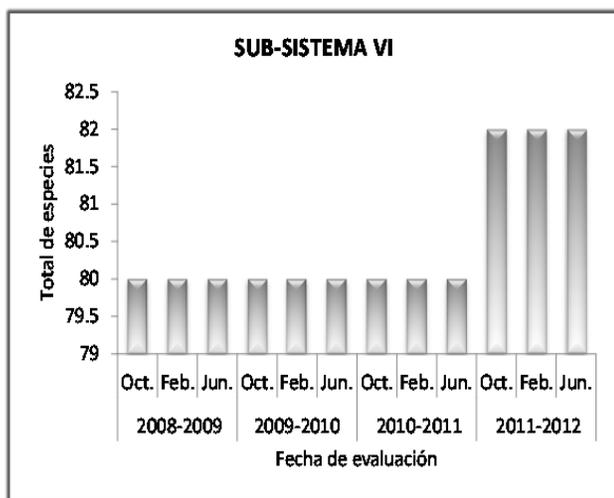
**Tabla 14.** Total de especies por grupo de importancia encontradas en el subsistema V

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp
	E	<i>M. paradisiaca</i> var. <i>burro censa</i> y <i>M. paradisiaca</i> var. <i>sapientum</i>
	R	<i>P. guajava</i> , <i>C. nucifera</i> , <i>A. squamosa</i> , <i>C. sapota</i> , <i>A. altilis</i> , <i>T. catappa</i> y <i>Persea americana</i> Mill
<b>Complementarias</b>	Condimentosas	<i>E. foetidum</i> , <i>Thymus vulgaris</i> L. y <i>Coleus amboinicus</i> (Lour.) Andr
	Ornamentales y flores	Pertenecientes a 14 familias: Apocynaceae, Papaveraceae, Aspagagaceae, Asteraceae, Orchidaceae, Piperaceae, Lamiaceae, Poaceae, Amarylidaceae, Nyctaginaceae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae, Araceae y Lauraceae
	Arvenses Medicinales	Pertenecientes a las familias: Asteraceae, Bixaceae, Brassicaceae, Cassulaceae, Cucurbitaceae, Ebenaceae, Phytolaccaceae, Solanaceae, Rutaceae y Plantaginaceae
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Pertenecientes a 27 familias: Lamiaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Poaceae, Papilionaceae, Verbenaceae, Convolvulaceae, Costaceae, Oxalidaceae, Cucurbitaceae, Amaranthaceae, Phytolaccaceae, Borraginaceae, Brassicaceae, Cassulaceae, Celastraceae, Conmelinaceae, Davalliaceae, Simaroubaceae y Vitaceae
	Forestales	<i>R. regia</i> , <i>S. saman</i> y <i>E. peoppigiana</i>

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



Al monitorear en el tiempo las especies, no se produjeron incrementos notables excepto en las especies forestales; que se incrementaron pero resultaron insuficientes para la protección del embalse. Las especies plantadas fueron el eucalipto (*E. resinifera*) y la moringa (*M. oleifera*), ésta última introducida recientemente con doble propósito (protectora y medicinal) (figura 8), pero sin mucha cultura de su comportamiento y posible supervivencia de las plantas bajo estas condiciones premontañas.



**Figura 8.** Diversidad de especies del subsistema VI

La presencia de peces en la laguna, es una excelente idea que puede fortalecerse. Las especies más significativas y abundantes son: la claria (*Clarias spp.*) utilizada como complemento de la alimentación humana y de forma ocasional la biajaca (*Nandopsis tetracanthus* P.) empleadas como complemento opcional para el pienso de los animales, molido, hervido y mezclado

con otros alimentos (comúnmente llamado yogurt), pero no se cuenta con datos históricos de su productividad, la que durante el período experimental ascendió a 11 068 kg por año. También se observan en el subsistema peces pequeños que alimentan a los más grandes y aves silvestres propias del agroecosistema en el entorno del embalse.

La variabilidad del número de especies ha sido pobre; de 80 especies encontradas al inicio, se registraron 82 especies al culminar la investigación. De ellas, el 67 % pertenecen al grupo de plantas para la salud del ecosistema (41 % de arvenses y 26 % forestales), seguido de las especies complementarias con un 23 %. Para la alimentación humana solo se observa un 7 % mayormente de especies del grupo de las reguladoras (frutales), como se observa en la tabla 15.



**Tabla 15.** Total de especies por grupo de importancia encontradas en el subsistema VI

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	colmenas de abejas y dos especies de peces
	R	<i>Nasturtium aquaticum</i> (L.) Garsault, <i>P. guajava</i> , <i>A. altilis</i> , <i>C. paradisica</i> , <i>M. indica</i> y <i>T. catappa</i>
<b>Alimento animal</b>	F	<i>L. leucocephala</i>
<b>Complementarias</b>	Condimentosas	<i>E. foetidum</i>
	Ornamentales	<i>E. lactea</i>
	Arvenses	<i>N. aquaticum</i> , <i>Ambrosia artemisiaefolia</i> L., <i>L. sativum</i> , <i>Artemisia absinthium</i> L., <i>Tanacetum vulgare</i> L. (Menthe Glaciele), <i>B. Orellana</i> , <i>M. charantia</i> , <i>B. pinnatum</i> , <i>S. americanum</i> , <i>P. alliacea</i> , <i>S. dulcis</i> , <i>P. major</i> , <i>B. pilosa</i> , <i>C. limonum</i> , <i>Datura stramonium</i> L. y <i>M caribaea</i>
	Medicinales	
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Pertencientes a 29 familias: Cyperaceae, Pontederiaceae, Portulacaceae, Typhaceae, Papaveraceae, Scrophulariaceae, Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Papilionaceae, Verbenaceae, Convolvulaceae, Costaceae, Oxalidaceae, Cucurbitaceae, Amaranthaceae, Phytolaccaceae, Borraginaceae, Brassicaceae, Cassulaceae, Celastraceae, Davalliaceae y Simaroubaceae.
	Forestales	Pertencientes a las familias: Caesalpiniaceae, Araliaceae, Fabaceae, Clusiaceae, Combretaceae, Calophyllaceae, Cecropiaceae, Meliaceae, Papilionaceae y Borraginaceae.

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



Para este subsistema con una superficie de 3,4 ha, la distribución espacial y temporal de las especies no es lo suficientemente adecuada como para garantizar la estabilidad del arroyo; pues no se cumple con las normas agroforestales de mantener sus márgenes a ambos lados del mismo, protegido este con árboles y arbustos que cubran toda la superficie descubierta (Decreto ley 85, 1998; PNUMA-CITMA, 2009; ONE, 2009). En una acción de apoyo al agroecosistema, se establecieron algunas especies forestales en las márgenes de la laguna, sin éxitos, dando muestras de la necesidad de un apoyo técnico especializado en agroforestería.

Se demostró la necesidad de reforestar los alrededores de la laguna con especies para alimentar los peces, como la malanga (*Colocassia* spp.) cuyas hojas son apetecidas por los peces de agua dulce, según experiencias de Leyva (2000) en Guaviare, Colombia. La introducción de nuevas especies de importancia para la alimentación humana o animal y para el equilibrio natural del agroecosistema, como frutas y árboles o arbustos forrajeros, propios para lugares húmedos, deben beneficiar su conservación y por tanto, la robustez del agroecosistema.

#### **4.2.1.7. Diversidad del subsistema VII: producción animal**

En este subsistema se agrupan todas las especies presentes en las áreas dedicadas a la producción animal. La superficie total abarca 2,31 ha, e incluye la cría de gallos finos y el Cuy (*Cavia porcellus* L.) como elementos complementarios de placeres de los actores y sus familiares. Este subsistema es de gran importancia para la alimentación humana, ya que fortalece los alimentos formadores (carnes, leche, huevos y sus derivados), muy necesarios para equilibrar la dieta y aportar al organismo los complementos nutricionales adecuados (Sasson, 1993; Triana *et al.*, 2009; Erb, 2009; Rosegrant y Agcaoili, 2010).

Se registraron inicialmente 63 especies en el subsistema, de ellas 11 de origen animal y 52 de origen vegetal. Las 11 especies animales se resumen en: aves de corral (raza Fina y Criolla), porcino (raza York chay y Criolla), ovino, caprino (ambos raza Criolla), cunícula



(raza Gigante), cuy, ganado mayor (vacuno raza lechera), abeja común y animales domésticos (perros y gatos); además de la cría de equinos (caballos y mulos) para el transporte y la carga de insumos y alimentos.

La producción de leche se incrementó de tres a cinco litros por vaca y con el aumento de las vacas en ordeño a 18, esta asciende a un total 90 litros de leche al día (para un incremento de 76,7 %). De igual forma se lograron incrementos notables en la producción de carne porcina, de una cifra aproximada de 0,8 toneladas al iniciarse la investigación, se incrementó a 4,6 toneladas por año al concluir el período investigativo (año 2012). Pero la principal causa del incremento no se debió a las acciones del trabajo investigativo, aunque tuvo sus méritos al incrementarse la alimentación para los animales; sino a la decisión del gobierno de ofertarle a los cooperativistas un programa ventajoso y que ha sido conducido con éxitos. El resto de las fuentes de carne se ha mantenido inalterable.

La diversidad de animales libres es apreciable (según opinión de los actores), contándose con una rica fauna silvestre protegida por las familias contra los cazadores ambulantes, que habitualmente merodean el entorno del agroecosistema. También cuentan con una abundante diversidad de especie vegetales (tabla 16), de las cuales el 58 % pertenecen al grupo de plantas para la salud del agroecosistema (46 % de arvenses), seguido de especies complementarias con un 27 % (21 % de medicinales en su mayoría).

Para la alimentación humana solo se observa un 13 % del grupo de las reguladoras (frutales). Al monitorear las especies temporalmente durante tres años se pudo apreciar que la cantidad de especies presentes es estable, sin variación en el tiempo, manteniéndose siempre las 60 especies hasta la última evaluación.



**Tabla 16.** Total de especies por grupo de importancia encontradas en el subsistema VII

	Componentes	Especies
<b>Alimento humano</b>	F	<i>C. cajan</i> y ocho especies de animales: aves, cerdos, obejos, chivos, conejos, cuyis, ganado mayor (para leche y derivados) y abejas para obtención de miel y como ayuda a la polinización de las plantas
	E	–
	R	<i>P. guajava</i> , <i>C. paradisica</i> , <i>M. indica</i> , <i>T. catappa</i> y <i>A. altilis</i>
<b>Alimento animal</b>	F	<i>L. leucocephala</i>
	E	–
<b>Para alimentar el suelo</b>	Abono verde	–
	Cobertura viva	–
<b>Complementarias</b>	Condimentosas	<i>E. foetidum</i> y <i>C. amboinicus</i>
	Ornamentales y flores	<i>E. lactea</i>
	Arvenses Medicinales	<i>S. americanum</i> , <i>B. pilosa</i> , <i>B. orellana</i> , <i>P. alliacea</i> , <i>L. sativum</i> , <i>D. stramonium</i> , <i>C. limonum</i> y <i>M. charantia</i>
<b>Para la salud del Agroecosistema</b>	Arvenses	Pertenecientes a 18 familias: Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Papilionaceae, Verbenaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Amaranthaceae, Phytolaccaceae, Borraginaceae, Brassicaceae y Davalliaceae
	Forestales	<i>L. leucocephala</i> , <i>R. regia</i> , <i>P. procera</i> , <i>G. sepium</i> , <i>S. saman</i> , <i>G. tomentosa</i> y <i>Castilloa elastica</i> Cerv

**Leyenda.** F- Formadoras, E- Energéticas, R- Reguladoras



La apicultura debería ser enriquecida con una mayor disponibilidad de colmenas por su importancia para la polinización, la regeneración natural y la obtención de miel como beneficio económico, como lo referido en la propuesta de Magaña *et al.* (2012). Dado el limitado interés que le brindan a este generoso insecto se les recomendó capacitarse con especialistas que puedan estimularlos. La producción de miel por colmenas es pobre 4,3 kg anual, para una producción total de 26,0 kg.

Para aprovechar las bondades y complejidad vegetal del agroecosistema, se propusieron medidas de manejo de las colmenas existentes, que incluyó el incremento de la cantidad y número, distribución equitativa por toda la finca y el intercambio con otros productores, para aumentar los conocimientos en la especialidad. Sin embargo, la motivación de los actores continúa siendo poca para este rubro y la producción no sufrió incrementos durante el período investigativo. Al parecer las abejas no son del gusto de los actores y sus familiares, por lo que constituye una oportunidad latente para los jóvenes que no emigren.

#### **4.2.2. La diversidad total del agroecosistema “Finca La Loma”**

Existen en la actualidad, muchos ejemplos de sistemas agrícolas exitosos, entre ellos los descritos por Altieri y Toledo (2011). 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.

Se registraron 249 especies pertenecientes a 79 familias, cuya clasificación y número de especies se puede observar en la tabla 17 y sus clasificaciones taxonómicas aparecen en el anexo 6. 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. Las familias Euphorbiaceae y Solanaceae alcanzaron ocho especies, la Rutaceae y la Caesalpinaceae con seis especies, seguidas de la Borriginaceae, Cucurbitaceae, Sapotaceae y Verbenaceae que agruparon cinco especies.



El resto de las familias (66) se encontraron solo 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 por Leyva (2000).

**Tabla 17.** Total de familias y especies registradas dentro del ecosistema integral de la “Finca La Loma”

Familias	Esp.	Familias	Esp.	Familias	Esp.	Familias	Esp.
Fabaceae	22	Araceae	3	Agavaceae	1	Lythraceae	1
Poaceae	19	Bignoniaceae	3	Aloaceae	1	Malpighiaceae	1
Malvaceae	15	Clusiaceae	3	Amaryllidaceae	1	Marantaceae	1
Asteraceae	13	Combretaceae	3	Araliaceae	1	Melastomataceae	1
Lamiaceae	13	Meliaceae	3	Bixaceae	1	Moringaceae	1
Euphorbiaceae	8	Mimosaceae	3	Cactaceae	1	Orchidaceae	1
Solanaceae	8	Musaceae	3	Caricaceae	1	Papilionaceae	1
Caesalpinacea	6	Myrtaceae	3	Cecropiaceae	1	Passifloraceae	1
Rutaceae	6	Nyctaginaceae	3	Celastraceae	1	Pedaliaceae	1
Borraginaceae	5	Sapindaceae	3	Crassulaceae	1	Phytolaccaceae	1
Cucurbitaceae	5	Apiaceae	2	Cupressaceae	1	Pontederiaceae	1
Sapotaceae	5	Arecaceae	2	Cyperaceae	1	Portulacaceae	1
Verbenaceae	5	Brassicaceae	2	Davalliaceae	1	Scrophulariaceae	1
Amaranthaceae	4	Bromeliaceae	2	Disocoraceae	1	Simaroubaceae	1
Anacardiaceae	4	Lauraceae	2	Ebenaceae	1	Sterculiaceae	1
Apocynaceae	4	Oxalidaceae	2	Eriocaulaceae	1	Typhaceae	1
Connelinaceae	4	Papaveraceae	2	Erythroxylaceae	1	Urticaceae	1
Convolvulaceae	4	Plantaginaceae	2	Fagaceae	1	Vitaceae	1
Moraceae	4	Rosaceae	2	Liliaceae	1	Zingiberaceae	1
Piperaceae	4	Rubiaceae	2				
Annonaceae	3			<b>TOTAL</b>		<b>79</b>	<b>249</b>

**Leyenda.** Esp.- Especies

Las propias características premontañas y montañosas, donde las altas 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 (arvenses 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 18). El hecho de



haberse encontrado más especies Fabáceas que Poáceas resulta interesante, pues en los agroecosistemas no montañosos, por lo general predominan las Poáceas, lo que ha sido corroborado por Blanco y Leyva (2013)

**Tabla 18.** Distribución general de la agrobiodiversidad del agroecosistema “Finca La Loma”

Grupos de especies	Componentes	Años				Esp. ganadas
		2008	2009	2010	2011	
<b>Cultivo principal (permanente)</b>	Cafeto	1	1	1	1	0
	<b>Formadores (animal)</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>1</b>
	Formadores (vegetal)	2	5	5	5	3
	Energéticos	9	9	10	10	1
	Reguladores	35	37	41	41	6
	<b>Alimentación humana (total)</b>	<b>46</b>	<b>51</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>10</b>
	Formadores	0	1	1	1	1
	Energéticos	10	12	12	12	2
	<b>Alimentación animal (total)</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>3</b>
	Abonos verdes	0	1	1	1	1
	Coberturas vivas	2	2	2	2	0
	<b>Alimentación del suelo (total)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
	Condimentosas	5	7	7	7	2
	Ornamentales y flores	15	18	22	22	7
	Medicinales	36	37	38	38	2
	<b>Complementarias (total)</b>	<b>56</b>	<b>62</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>11</b>
	Forestales	40	41	42	42	2
	Arvenses	67	67	67	67	0
	<b>Para salud del agroecosistema (total)</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>109</b>	<b>2</b>
	<b>TOTAL DE LA FINCA (ESP. VEGETAL)</b>	<b>222</b>	<b>238</b>	<b>249</b>	<b>249</b>	<b>27</b>
	<b>TOTAL GENERAL (esp. vegetal + esp. animal)</b>	<b>231</b>	<b>247</b>	<b>259</b>	<b>259</b>	<b>28</b>

Los sistemas productivos dominantes en superficie no montañosas, están asociados a la presencia de cultivos del grupo de las monocotiledóneas como la caña de azúcar y el maíz, las que poseen la capacidad de ser acompañadas de otras de la misma familia. Además, son suelos que han recibido altas dosis de herbicidas derivados de la urea y triazinas simétricas, creando cierta resistencia en Poáceas por su alta plasticidad ecológica según ha señalado



Toledo (2008), algo que no ocurre en cultivos montañosos como el cafeto, que por lo general no ha 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 (Goulart *et al.*, 2009; Vandermeer e Yitbarek, 2012).

Poca información se registra a escala internacional acerca del tema de la distribución temporal de las especies en los agroecosistemas dentro del año, a pesar de su importancia para el equilibrio alimentario y del agroecosistema. En Cuba Esquivel y Hommer (1992) hacen referencia a la existencia de 81 especies de interés para los campesinos en fincas de zonas no montañosas de la parte norte oriental, pero sin hacer mención a la distribución temporal. Años posteriores Vegas *et al.* (1998) refirieron la existencia de 41 especies de utilidad para la alimentación humana, entre los productores cañeros de Jaruco y expusieron los meses de máximas y mínimas cantidades de especies durante el año.

Altieri y Nicholls (2010) concuerdan, en que la diversificación es una característica común en todos los sistemas agrícolas, que contribuyen a la alimentación local, nacional y a la seguridad de los medios, bajo los preceptos de la agroecología, pese a la gran variedad de ellos. También Altieri *et al.* (2012) ratifican que la diversidad de especies vegetales en forma de policultivos y/o modelos agroforestales, es una estrategia para minimizar los riesgos, estabilizar los rendimientos a largo plazo, promover la diversidad de la dieta y maximizar la rentabilidad, incluso con bajos niveles de tecnología y recursos limitados.

En la búsqueda de encontrar el verdadero equilibrio entre lo que se tiene y lo que se debiera tener, este agroecosistema adolece de una producción proteica sostenida tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal; además, de la débil disponibilidad de cultivos aportadores de grasas. Sin embargo, la agrobiodiversidad de la finca es amplia y puede considerarse elevada si se compara con las registradas en otros agroecosistemas no montañosos de Cuba. Aun cuando en agroecosistemas tradicionales de otros países como México, los indígenas huastecas manejan una gran cantidad de campos agrícolas, barbechos,



jardines caseros complejos y parcelas de bosques, con un total de 300 especies vegetales útiles, sobre todo plantas medicinales según informes de Denevan *et al.* (1984).

Sin embargo, estos escenarios tan diversos, regularmente aportan cantidades limitadas de producción por especie, lo que solo beneficia a la familia y con pocos aportes al resto de la comunidad. Algo similar ocurre en la India, donde disponen de 142 especies de uso alimentario, y en una sola aldea se cultivan hasta 126 variedades de arroz (Grain, 1998), mientras en Filipinas la diversidad es mayor (Rosset y Altieri, 1997).

La diversidad de frutas presente en el agroecosistema es alta, pero solo se consume con frecuencia seis especies (*M. paradisiaca var. sapientum*, *P. guajava*, *M. indica*, *Citrus* sp., *C. sapota* y *C. papaya*), 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 (*C. sativus* y *S. lycopersicon*), 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 agrodiversidad general del agroecosistema (Castiñeiras, 2006).

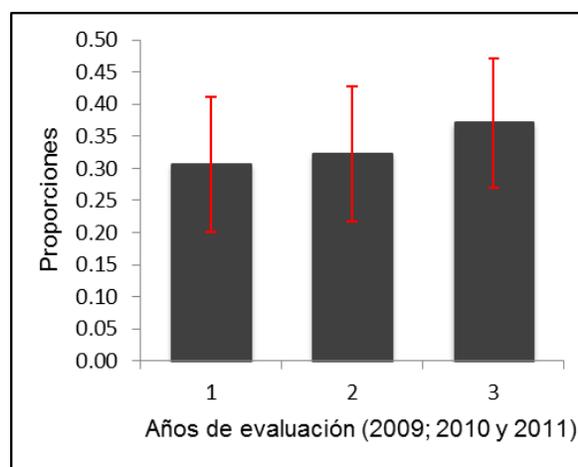
Del total de especies solo dos aportan grasas (*P. americana* y *A. hypogaea*). Sin embargo, existen condiciones para producir otros cultivos como el girasol (*H. annuus*) para la extracción de su aceite, la cual evitaría recurrir al mercado para adquirirlo a un precio elevado, además, del aporte adicional en subproductos para la alimentación animal.

La figura 9 está indicando la proporción de especies alimenticias existentes en el agroecosistema por año (2009-2011), respecto al total de especies de los tres años (62; 71 y 77). Los valores de la proporción fluctuaron entre 29 % y 36 % durante el período del año 2009 al año 2011, mostrándose una tendencia al incremento por las acciones realizadas a favor del aumento del número de especies por año. El análisis estadístico no aportó



diferencias significativas entre los años, debido a que las diferencias entre los valores del número de especies posee baja variabilidad, sin embargo, cada nueva especie introducida al agroecosistema viene acompañada por varios beneficios ecológicos al agroecosistema, además de las bondades socioculturales y económicas que poseen determinadas especies.

Similar comportamiento presentaron las proporciones de especie por fecha dentro de cada año evaluado (en tres fechas cada cuatro meses), sin que se aprecien diferencias significativas entre ellas (tabla 19). Estos resultados tienen una gran significación en el sentido de que se aprecia equidad entre los meses evaluados anualmente, aunque este resultado está



**Figura 9.** Diversidad alimenticia total anual presentes en la finca durante tres años

estrechamente relacionado con las condiciones climáticas y los períodos que se escogen para la producción de cultivos menores, siempre favorecidos durante el segundo semestre del año para esta región, cuando las lluvias son periódicas, aunque a veces inestables, dadas las constantes variaciones que se han presentado en los últimos años (ver anexo 4).

Sin embargo, siempre que se aprecien diferencias entre los meses, los resultados indican que teóricamente existen oportunidades de seguir incrementado el número de cultivos a ofertar dentro de las opciones alimenticias. Este tema, constituye una línea de investigación poco abordada por la ciencia; sin embargo merece atención, dado que la distribución espacial y temporal de las especies con valores alimentarios diversos, representan el termómetro de valoración del estado de equilibrio alimentario y por tanto indicador supremo, de que el agroecosistema se erige hacia la seguridad alimentaria, base para una soberanía alimentaria bajo los principios de la Agroecología.



**Tabla 19.** Diversidad espacial de las especies por fechas evaluadas en los años de investigación, mediante un análisis de proporciones

Años	Especies		Proporción	Error	Varianza	Sig.
	Muestra	Población				
<b>AÑO 2009</b>						
Febrero	19	62	0,31	0,106	0,213	NS
Junio	21	62	0,34	0,103	0,224	NS
Octubre	22	62	0,35	0,102	0,29	NS
<b>AÑO 2010</b>						
Febrero	20	71	0,28	0,101	0,202	NS
Junio	24	71	0,34	0,097	0,224	NS
Octubre	27	71	0,38	0,093	0,236	NS
<b>AÑO 2011</b>						
Febrero	23	78	0,29	0,095	0,208	NS
Junio	26	78	0,33	0,092	0,222	NS
Octubre	29	78	0,37	0,090	0,234	NS

**Leyenda.** Sig.- Significación, NS.- No Significativo

### 4.2.3. Carbono secuestrado por especies arbóreas en cada subsistema

Los agroecosistemas por lo general no son reconocidos como parte de los sumideros de captura de carbono, porque no se conoce mucho sobre su potencial; sin embargo, 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 (Vieira *et al.*, 2009). En base a ese precedente, se registró y calculó el carbono total secuestrado de especies arbóreas por subsistema en la “Finca La Loma” (tabla 20).

Para este indicador, se evaluó una muestra de 33 especies arbóreas (67 % del total presente en la finca). La especie más frecuente es el tengue (*P. procera*) 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 dada la calidad de su madera. Le sigue el algarrobo (*S. saman*); el búcaro (*E. peoppigiana*) y el mapeen (*A. altilis*), 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.



**Tabla 20.** Total de carbono secuestrado (t) por las especies arbóreas, en cada subsistema de la “Finca La Loma”

Especies	SIGLAS*	Subsist. I	Subsist. II	Subsist. III	Subsist. IVa	Subsist. IVb	Subsist. V	Subsist. VI	Subsist. VII
Albaricoque	EUJAM	9,36	----	----	----	----	----	----	----
Piñón F	GLISE	22,04	<b>53,22</b>	----	<b>102,90</b>	----	----	----	15,38
Tenge	POPPO	13,97	14,58	<b>72,76</b>	6,79	15,54	----	11,30	40,52
Guayaba	PSIGU	24,60	----	----	2,90	----	----	----	3,94
Mandarina	CIRET	<b>54,36</b>	----	----	2,65	----	----	10,63	13,16
Almendro	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	----	<b>108,60</b>	----	----	<b>55,20</b>	----	----	----
Búcaro	ERYPE	----	----	42,32	<b>58,58</b>	23,25	20,80	11,33	----
Mapeen	ARTAL	----	----	<b>63,04</b>	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	----	<b>52,65</b>	----
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 ver en anexo 7

**Leyenda.** Subsist.- Subsistemas

Seguidas, las especies anteriores, de la mandarina (*C. reticulata*), el almendro (*T. catappa*), la guásima (*G. tomentosa*), el mango (*M. indica*) y el piñón florido (*G. sepium*) presentes en



cuatro subsistemas, para un 50 % de aparición. El resto de las especies se encontraron en menor frecuencia.

La mayor diversidad se encontró en el subsistema agroforestal, (IVa) cultivo del cafeto con 24 especies y (IVb) sistema silvopastoril (sin cafeto) con 17 especies. Le sigue en diversidad los subsistemas VII y VI (producción animal y recursos hídricos) con 11 y 10 especies respectivamente. Los análisis deben dirigirse a los subsistemas con menores cantidades de especies y sus potencialidades reales de incremento; ello permitirá continuar enriqueciendo el agroecosistema hasta niveles óptimos, según la visión de Gliessman (2005); Araujo de Castro *et al.* (2011).

En cuanto al secuestro de carbono total, la especie arbórea que mayor cantidad de carbono retiene es la salvadera (*H. crepitans*) con 108,60 t. Unido al piñón florido (*G. sepium*) con 102,90 t para el subsistema IVa, especies que resultaron ser eficientes en este indicador; seguidas del tengue (*P. procera*) y el mapeen (*A. altilis*) que secuestran entre 73 t y 64 t de carbono. Las otras especies obtienen valores inferiores a las 58 t de carbono. El aporte de los cafetos a la captura de carbono es de 1,59 t (tabla 20), valor aceptable para este cultivo por presentar porte arbustivo y menor biomasa con respecto a las especies arbóreas, a pesar de tener una mayor densidad de plantación. Resultados similares se obtuvieron por Moraga *et al.* (2011), con un valor de 1,93 t de carbono en agroecosistemas bajo sombra de forestales. Se plantea además que estos valores están en el rango mundial de retención para este cultivo, donde Cuba no ha incursionado hasta el momento.

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 (anexo 8), que se realizó a las diferentes subparcelas del agroecosistema durante los años de investigación (tabla 21).



**Tabla 21.** Porcentaje de carbono en el suelo por subsistema, ganancia total y rango de ganancia durante los años de investigación en la “Finca La Loma”

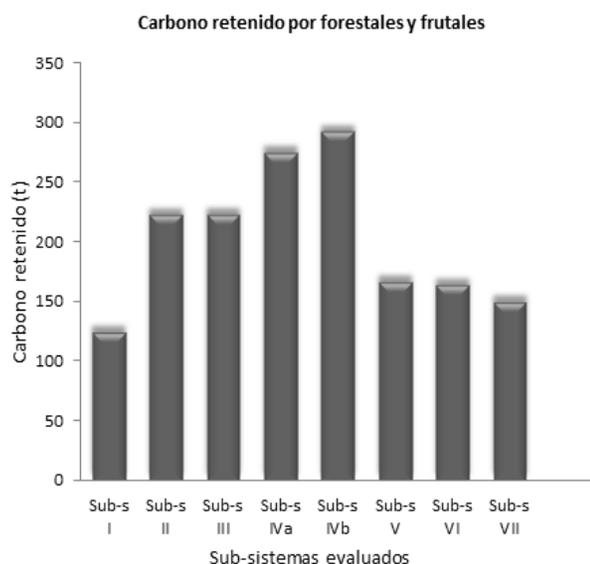
Sub-sistemas	MO		Diferencia de MO	% de carbono	Ganancia total de carbono (t.ha <sup>-1</sup> )	Rango de ganancia (t.ha <sup>-1</sup> )	
	%					Mínimo	Máximo
	Inicio	Final					
1	3,10	3,93	0,83	0,48	5,09	0,08	0,48
2	3,62	4,07	0,45	0,26			
3	3,56	4,00	0,44	0,26			
4	4,24	4,42	0,18	0,10			
5	3,48	3,62	0,14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

Leyenda. MO- Materia Orgánica

El rango de las ganancias de carbono capturado se movió entre 1,76 y 10,56 t.ha<sup>-1</sup>, resultados que constituyen la base para iniciar investigaciones más profundas en este tema, aun virgen bajo condiciones 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 Alberto y Elvir (2008) en sus estudios de acumulación de carbono en la especie de *Pinus oocarpa*.

#### 4.2.3.1. Secuestro de carbono del agroecosistema y su relación con la biodiversidad

La figura 10, resume el análisis hecho sobre la captura de carbono bajo las condiciones de la investigación. Los valores totales de carbono secuestrado ascendieron a 292,04 t y 274,79 t en el subsistema IV (sistema agroforestal, (a) con cafeto y (b) silvopastoril), lo que se corresponde con un área de especies arbóreas mayor al resto. Le siguen los subsistemas III y II (sistema de autoconsumo y áreas para la comercialización) con 222,81 t y 222,35 toneladas de carbono total retenido, respectivamente; así mismo, para el resto de los subsistemas, el menor secuestro de carbono lo aportó el subsistemas I (área de transición hacia la producción de alimento animal), con 124,33 toneladas de carbono retenido.



**Figura 10.** Secuestro de carbono total en los diferentes subsistemas de la finca

Estos resultados permiten aseverar, que la diferencia en el carbono total retenido está dada por la cantidad de área cubierta de vegetación arbórea, la altura y diámetro promedio del fuste de los árboles, o las especies que predominan en cada subsistema productivo, corroborado por Mercadet y Álvarez (2009); Silva-H *et al.* (2009).

Otras investigaciones como la de Zambrano *et al.* (2004), indican que los

bosques fijan por lo menos 25 % del carbono (CO<sub>2</sub>) proveniente de los combustibles fósiles. Los antecedentes, demuestran la importancia de conocer el aporte de los agroecosistemas premontañosos a la retención y captura de carbono, que en particular facilita la información sobre los posibles desequilibrios entre los subsistemas o entre fincas y permite al productor tomar las medidas necesarias para una adecuada reforestación.

#### 4.2.3.2. El secuestro de carbono arbóreo: bases para la creación de un Índice

Los sistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otra forma de utilizar el suelo. Por lo general, los bosques naturales se encuentran en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado; por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono según la visión de Landry (2010), luego la reforestación de los agroecosistemas, será una forma de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo (Acosta *et al.*, 2008; Chaves, 2010).

Si se establecen las bases del secuestro de carbono, a partir de considerar la cantidad óptima de captación según visión de los actores, en referencia a la cantidad de árboles que se



necesitarían por superficie y se calcula el aporte del pasto, barbechos transitorios o cultivos anuales, se podrá contar con un Índice de Secuestro de Carbono (ISC).

Esta investigación, concerniente al Índice de Secuestro de Carbono arbóreo (ISCa), basada en los cálculos de la captura que realizan los cultivos perennes, resulta incompleta; puesto que no incluye el aporte de la restante diversidad del agroecosistema. Los resultados de este análisis se incorporan como variable del índice IDA, determinado a partir de la agrobiodiversidad total encontrada en el agroecosistema.

#### **4.2.4. Comportamiento del Índice de Agrobiodiversidad (IDA)**

Desde el punto de vista de la sostenibilidad alimentaria la “Finca La Loma”, posee un acercamiento adecuado a la sostenibilidad, algo difícil de encontrar en cualquier agroecosistema no montañoso (tabla 22), sin embargo, el subíndice IAVA al igual que en el resto de los agroecosistemas evaluados sigue siendo el menos favorecido y por tanto, el que limita el valor del IDA (Gravina y Leyva, 2012.). Los productores tendrán que incorporar este concepto a su filosofía productiva, si desean realmente lograr sostenibilidad y resiliencia en sus agroecosistemas.

El número de cultivos agrícolas observados, está relacionado con el conocimiento que existe en la localidad del papel que juega la biodiversidad en la sostenibilidad de una finca. A pesar de la complejidad que genera la conversión de un agroecosistema a un diseño más sostenible, que exige la incorporación de un número mayor de especies alimenticias como fuente de sustitución de especies que han perdido productividad (Guevara *et al.*, 2011), la diversidad alimentaria actual, indica la existencia de un agroecosistema cercano a las percepciones mutuas (facilitadores – actores), constituyendo ésta la base, para emprender el camino hacia la sostenibilidad.



**Tabla 22.** Valores del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) y los subíndices que lo conforman

Grupos de especies	Componentes	Años			
		2008	2009	2010	2011
Alimentación humana (total)	<b>IFER</b>	<b>0,77</b>	<b>0,85</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>
IFER	Formadores (vegetal y animal)	0,63	0,84	0,84	0,84
	Energéticos	0,91	0,91	1,00	1,00
	Reguladores	0,78	0,82	0,88	0,88
Alimentación animal (total)	<b>IFE</b>	<b>0,69</b>	<b>0,76</b>	<b>0,81</b>	<b>0,81</b>
IFE	Formadores	0,54	0,61	0,70	0,70
	Energéticos	0,84	0,92	0,92	0,92
Alimentación del suelo (total)	<b>IAVA</b>	<b>0,52</b>	<b>0,61</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>
IAVA	Abonos verdes	0,22	0,51	0,51	0,51
	Coberturas vivas	0,53	0,53	0,53	0,53
	Arvenses	0,82	0,80	0,82	0,82
Complementarias (total)	<b>ICOM</b>	<b>0,73</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>	<b>0,78</b>
ICOM	Condimentosas	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
	Animales libres	0,88	0,88	0,82	0,87
	Medicinales	0,77	0,85	0,85	0,85
<b>Índice de Agrobiodiversidad</b>	<b>IDA</b>	<b>0,67</b>	<b>0,74</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>

Los valores de la tabla 22 están indicando, que el trabajo investigativo realizado, contribuyó a elevar el IDA en cuatro años, de un valor inicial de 0,67 a un valor de 0,77. Por otra parte, se incorporan a la propuesta de Leyva y Lores (2012) dos nuevos subíndices: el Índice de Secuestro de Carbono en árboles (*ISCa*) y el Índice de Diversidad de Animales Libres (*IDAL*); de gran valor, porque además de enriquecer el subíndice ICOM, logra profundizar más en el conocimiento del agroecosistema. Para su cálculo se asumió como base la escala estandarizada propuesta por Lores (2009), adaptada a las condiciones de esta investigación (anexo 9).

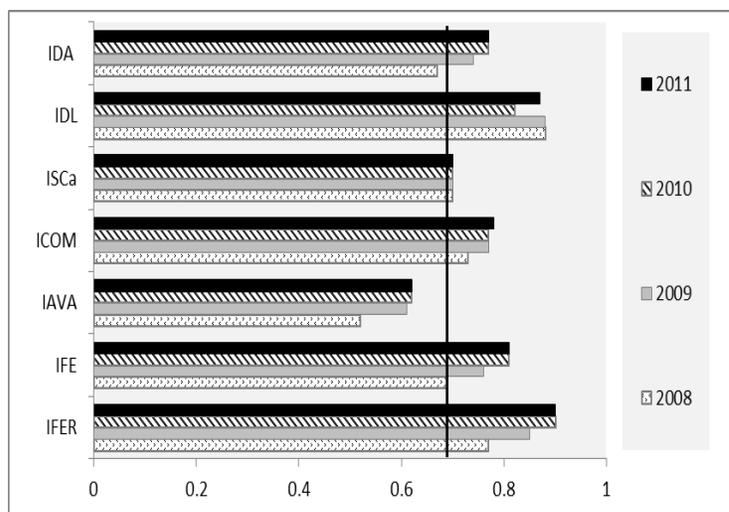
Acerca de la función de los subsistemas dentro del agroecosistema, Núñez (2010) ha puntualizado sobre la necesidad existente, de conocer científicamente los eventos de dependencia mutua y de facilitación dentro del propio agroecosistema; e indica que aun



este tema ha sido poco investigado. Sobre lo cual Altieri y Nicholls (2012) señalan, que como elementos complementarios al equilibrio ecológico dentro del agroecosistema, la diversidad de plantas proporciona olores y colores que constituyen indicadores de alto valor para entender su funcionalidad y el equilibrio ecológico.

Si bien este trabajo no llega a definir las interacciones a nivel de procesos, para caracterizar los focos débiles y posibles desgastes energéticos mientras se desarrollan los procesos productivos; si se logra conocer la disponibilidad de recursos productivos por subsistemas y su papel a escala de prioridad dentro del agroecosistema, en función de sus principales valores utilitarios a favor de la calidad de vida de sus habitantes.

Una mirada al comportamiento del IDA y su variación en el tiempo (figura 11), permite apreciar que en condiciones premontañosas es posible lograr avances hacia la sostenibilidad, por existir mayor conciencia proteccionista y sentido de pertenencia o apego a la tierra. Resultó interesante apreciar los



**Figura 11.** Esquema del comportamiento del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) y sus subíndices, en la “Finca La Loma” durante los años de investigación

avances por subíndice en cuatro años, 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.

Obsérvese, que todos los subíndices propuestos elevaron su valor en el tiempo. Los dos nuevos subíndices (IDAL e ISCa) no fueron monitoreados y se asumió como un comportamiento general del agroecosistemas en el período investigativo; con pequeños cambios en el IDAL un



año antes de concluir la investigación, debido a la pérdida de algunos árboles empleados en la obtención de madera. Para ambos indicadores lo más importante es llamar la atención de la necesidad de ahondar en los conocimientos de estos indicadores en estudios posteriores más precisos.

### **4.3. ARREGLOS ESPACIALES: INTERFERENCIA Y ALELOPATÍA**

#### **4.3.1. Enriquecimiento del agroecosistema**

Dentro de las 27 nuevas especies que se adaptaron al sistema, el girasol es una de las más importantes y de mayor aceptación por los actores, como posible grano básico para la producción de aceite y su subproducto, resultado del proceso de extracción, para la alimentación animal. La escasa disponibilidad de especies productoras de grasas de origen vegetal en la localidad, estimuló la incorporación del girasol, como un posible rubro económico para el agroecosistema, dadas las bondades de su grasa que no posee olores fuertes, razón por la cual es posible su consumo directo sin refinar. Su producción se concibió a partir del aprovechamiento del espacio libre existente, estableciéndose nuevos arreglos policulturales.

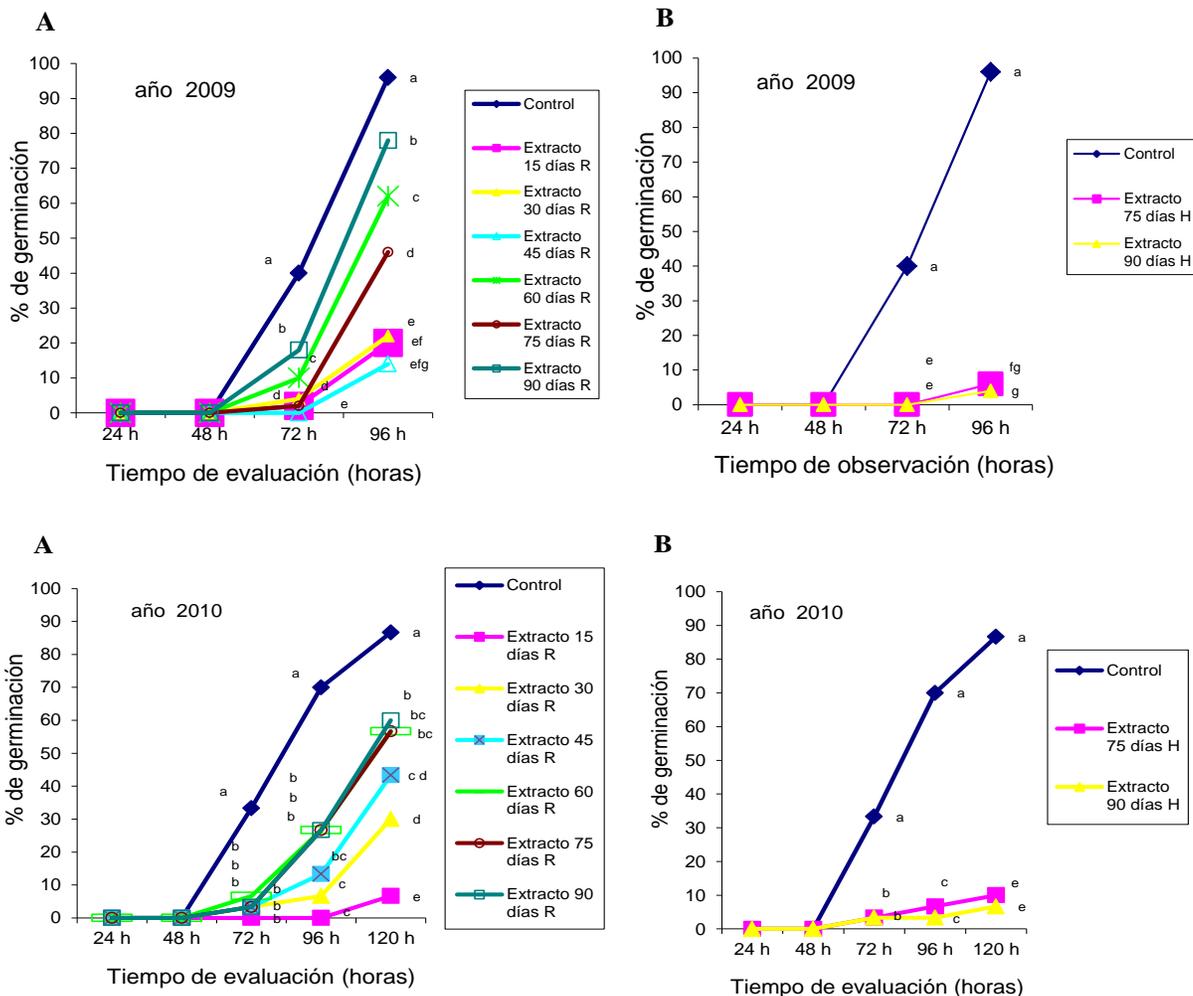
##### **4.3.1.1. Efecto de extractos acuosos de girasol sobre el crecimiento del tomate**

El girasol posee efectos alelopáticos reconocidos sobre diferentes especies vegetales, entre las que se incluyen Solanáceas como el tomate (Mejía, 1991). Por esas razones se profundizó en el conocimiento de la especie introducida en cuanto a su potencialidad como fuente de compuestos bioactivos, especialmente con actividad alelopática.

En la figura 12 se exponen los resultados de la evaluación del efecto de extractos de raíz (R) y hojas (H) de girasol, recolectadas en diferentes etapas del crecimiento desarrollo del cultivo, sobre la germinación de las semillas de tomate. Para el tratamiento control, la germinación se inició a las 72 horas en los dos años evaluados (2009; 2010), con 40 % y 33 %



respectivamente en este tiempo, porcentajes de germinación que fueron menores para los extractos evaluados.



**Figura 12.** Efecto de extractos de raíz (A) y hojas (B) de girasol recolectadas en los años 2009 y 2010 sobre la germinación de semillas de tomate. (R- raíz; H- hojas)

Valores de porcentaje de germinación en un mismo tiempo de evaluación con letras iguales no difieren para  $p < 0.05$  según prueba de Duncan

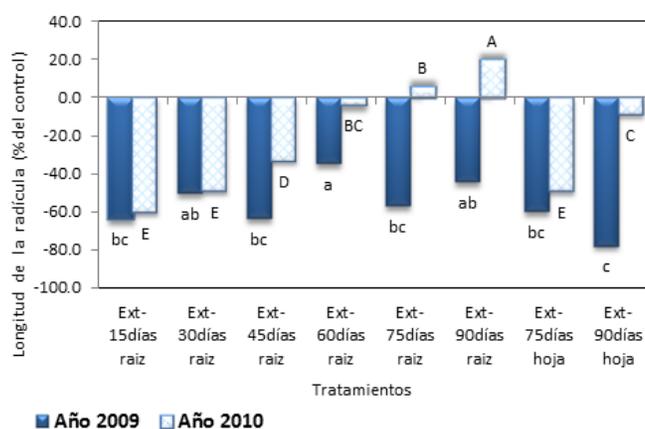
En el bioensayo del año 2009, la germinación alcanzó el mayor porcentaje (96 %) en el tratamiento control a las 96 horas mientras que el resto de los tratamientos inhibieron significativamente este indicador. Para el segundo año, la germinación se monitoreó hasta las 120 horas cuando el tratamiento control alcanzó el máximo porcentaje (87 %) y nuevamente el número de semillas germinadas fue menor en todos los tratamientos que en el control durante todo el tiempo de evaluación desde el inicio de la germinación.



En ambos años, se evidenció que de los extractos de raíz, los obtenidos a los 15, 30 y 45 días después de la germinación producen un efecto inhibitorio más marcado, con porcentajes por debajo del 45 %. Cuando se aplican los extractos de las hojas los porcentajes son menores del 10 %, inferiores a los obtenidos en los tratamientos de raíz correspondientes a la misma etapa de desarrollo fenológico del girasol. Estos resultados concuerdan con estudios previos que evidenciaron que extractos acuosos de la parte superior de las plantas, sobre todo hojas, producen una inhibición mayor para las plántulas que los extractos de raíces (Chon y Nelson, 2010).

Asimismo, corrobora las investigaciones de Silva-H *et al.* (2009), quienes encontraron que diferentes concentraciones de extractos acuosos de hojas de girasol redujeron la germinación de varias especies como la mostaza (*Brassica nigra* (L.) Koch), el rábano (*Raphanus sativus* L.), el trigo (*Triticum vulgare* Willd.) y el pepino (*Cucumis sativus* L.). Investigaciones precedentes también informaron sobre la inhibición de la germinación de otras dicotiledóneas, *Lactuca sativa* L., *L. sativum* y *Allium cepa* L, por compuestos obtenidos de extractos acuosos de hojas *H. annuus* recolectadas un mes antes de la cosecha (coincide con los 75 días después de la emergencia) (Macías *et al.*, 2000).

La figura 13 muestra los resultados de la evaluación del efecto de los extractos de raíz y hojas de girasol sobre el crecimiento de la radícula. Todos los tratamientos del experimento desarrollado en el año 2009 inhibieron este parámetro independientemente de la parte y la etapa del desarrollo de la planta. Este



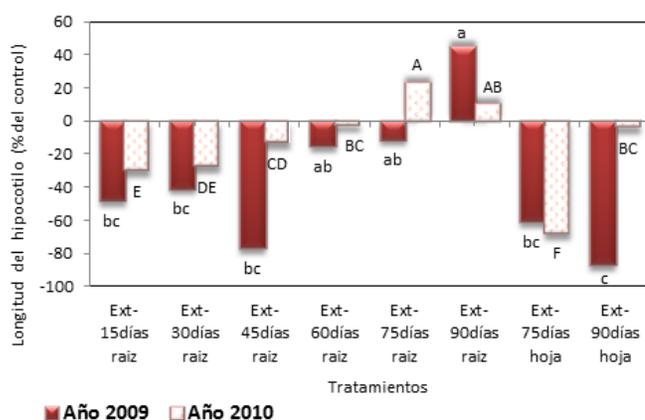
**Figura 13.** Efecto de extractos de raíz y hojas de girasol obtenidos en los años 2009 y 2010 sobre el crecimiento de la radícula de tomate

(Valores de porcentaje de inhibición en un mismo año con letras iguales no difieren para  $p < 0.05$  según prueba de Duncan)



comportamiento se repitió con las muestras del experimento conducido en el año 2010, excepto para los extractos de raíz de 75 y 90 días que estimularon el desarrollo radicular.

Los resultados de la determinación del efecto de extractos de raíz y hojas de girasol sobre crecimiento del hipocótilo se muestran en la figura 14; las longitudes del hipocótilo fueron inferiores al control en las variantes a partir de raíz a los 15, 30, 45 y 60 días, así como las de hojas a los 75 y 90 días en ambos años evaluados, unido al extracto de raíz a los 75 días del primer año. Un mayor crecimiento del hipocótilo con relación al control se produjo en el tratamiento de extracto de raíz a los 90 días en las evaluaciones del año 2009; también, se estimuló el crecimiento con el extracto de raíz correspondiente a este tiempo y con el de 75 días para las evaluaciones del año 2010.



**Figura 14.** Efecto de extractos de raíz y hojas de girasol obtenidos en los años 2009 y 2010 sobre el crecimiento del hipocótilo del tomate

(Valores de porcentaje de inhibición en un mismo año con letras iguales no difieren para  $p < 0.05$  según prueba de Duncan)

El girasol es una especie conocida por presentar una producción elevada de metabolitos secundarios; sin embargo, se reconoce la gran variabilidad del potencial alelopático sobre la germinación, el crecimiento radicular y de la parte aérea entre genotipos de girasol (Macías *et al.*, 2000; Silva-H *et al.*, 2009). El efecto de sus metabolitos puede ser estimulador o

inhibidor según la variable evaluada, la especie indicadora utilizada, los diferentes compuestos aislados a partir de sus extractos y sus concentraciones, tal como señalan Macías *et al.* (2000). En este estudio, los efectos de los tratamientos evaluados sobre las tres variables determinadas demuestran la presencia de metabolitos bioactivos en el girasol cultivado (cultivar ‘Caburé-15’) bajo las condiciones del agroecosistema premontañoso.



La germinación del tomate se redujo con todos los extractos obtenidos durante el crecimiento del girasol y los resultados mostraron que las sustancias que se producen al inicio de su desarrollo en la raíz (hasta los 45 días) y en las hojas en etapas más avanzadas (75 y 90 días) afectan en mayor medida este indicador, ya sea por su naturaleza química o por su concentración en las muestras evaluadas. Además, los compuestos químicos extraídos de las raíces en etapas tempranas del cultivo desde los 15 a los 60 días y de las hojas a los 75 y 90 días inhiben no solo la germinación del tomate sino también el crecimiento y desarrollo de la radícula y del hipocótilo. Durante los dos años la tendencia de los resultados se mantuvo, en cuanto al efecto inhibitorio de los extractos obtenidos al inicio del desarrollo radicular y de las hojas al final del ciclo, lo que podría deberse a que los metabolitos producidos por el girasol en estas etapas del desarrollo en ambos años fueron similares.

Por otro lado, el efecto estimulante sobre el crecimiento producido por muestras de raíz de 75 y 90 días, fundamentalmente en el segundo año evaluado, indica cambios en los perfiles de metabolitos (cualitativos y/o cuantitativos) presentes en las raíces, a medida que se desarrolla la planta. Estos resultados corroboran la teoría de que los aleloquímicos pueden influir ejerciendo un efecto inhibitorio o estimulante (Blanco, 2010).

Los bioensayos para determinar el efecto de la liberación de compuestos alelopáticos con frecuencia solo emplean extractos obtenidos a partir de la planta donante desarrollada o en proceso de descomposición (Macías *et al.*, 2010; Macías-Rubalcava *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2010; Casas *et al.*, 2010; Imatomia *et al.*, 2013). El diseño experimental utilizado tiene la ventaja de simular la interferencia girasol-tomate en las diferentes etapas de desarrollo del girasol.

Para lograr la mayor aproximación a la situación de las plantas en el campo es muy importante representar la interferencia entre plantas desde los estadios iniciales del desarrollo, momentos en el que el proceso alelopático puede ser determinante para el establecimiento de las plántulas como lo demuestra el efecto inhibitorio de los extractos de



raíz (de 15 a 60 días de desarrollo) sobre las tres variables evaluadas. Estos elementos contribuyen a esclarecer por qué es mayor la afectación del tomate asociado de manera simultánea con el girasol.

Al comparar los resultados de los dos años en cuanto al tipo de efecto (inhibidor o estimulador) solo se manifiestan diferencias en los extractos de raíz de 75 días (longitud de radícula e hipocótilo) y 90 días (longitud de radícula) que pudieran estar asociadas a variaciones en la biosíntesis de los metabolitos bioactivos causadas por cambios en los factores ambientales (clima, suelo, etc.) entre un año y otro. Los efectos alelopáticos de compuestos fenólicos pueden incrementarse en suelos pobres en nutrientes; por ejemplo, se demostró que niveles superiores de ácidos cafeoilquínicos en girasol son causados por deficiencias de nitrógeno, potasio y azufre (Vyvyan, 2002). Los cambios en el efecto sobre el crecimiento al comparar los resultados de los dos años estudiados pudieran por tanto deberse a variaciones en el contenido de materia orgánica y de algunos de estos elementos en las áreas de cultivo.

Los mecanismos responsables de los efectos del girasol sobre las diferentes especies diana estudiadas no están totalmente esclarecidos, pero están asociados a la biosíntesis de determinados metabolitos entre los que se encuentran algunas lactonas sesquiterpénicas, según (Macías *et al.*, 2003). Se plantea que la mayoría de esos compuestos ejercen su efecto a través de un mecanismo de acción común, la alquilación de moléculas orgánicas.

La investigación realizada proporciona información que contribuye a explicar el marcado efecto negativo de la asociación simultánea con el girasol en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate, pues evidencia la presencia de aleloquímicos que pueden mediar las relaciones ecológicas en el agroecosistema y confirma la importancia de considerar el impacto ambiental de la introducción de una nueva especie.

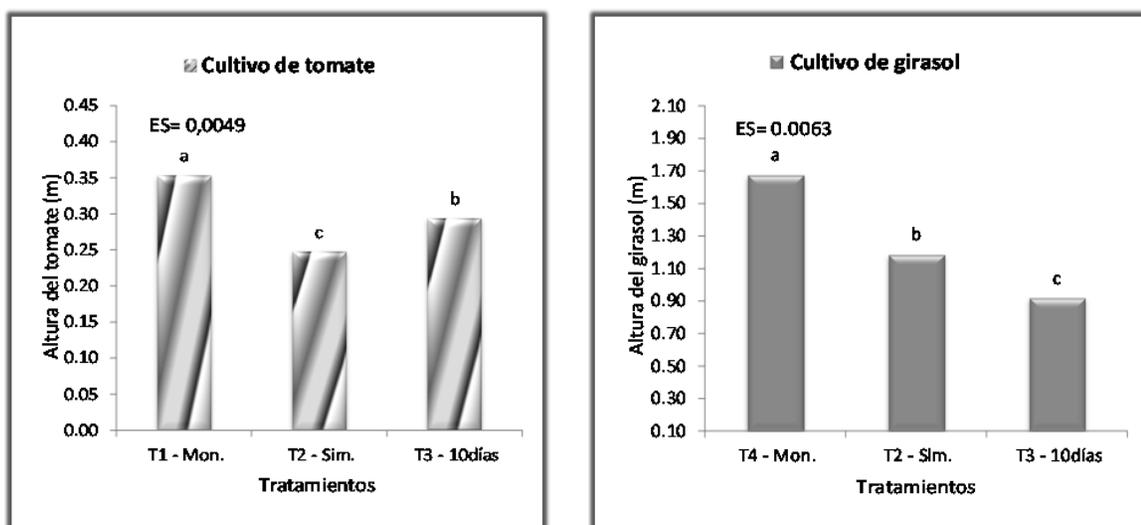


## 4.3.1.2. Interferencias en el sistema de policultivo tomate-girasol

Los efectos sobre el crecimiento demostrados en ensayos de laboratorio podrían no manifestarse en condiciones de campo (Kottir, 1994; Beltrán, 1998). Por lo tanto, la introducción del girasol en un sistema policultural en zona montañosa requirió profundizar en la evaluación de la posible competencia por interferencia entre esta especie y el tomate en el agroecosistema específico.

### 4.3.1.2.1. Crecimiento y desarrollo de los cultivos

La figura 15 refleja las variaciones en la variable altura de las plantas de ambos cultivos en monocultivo y asociados (simultáneos y en dos tiempos). Los dos tratamientos en asociación presentaron alturas de las plantas de tomate inferiores al monocultivo ( $T_1$ , control), siendo esta afectación más pronunciada en el tratamiento  $T_2$  (siembra simultánea de girasol y tomate) resultando significativamente inferior al tratamiento  $T_3$  (siembra de girasol 10 días después de trasplantado el tomate).



**Figura 15.** Altura del tallo (m) de los cultivos por tratamiento en condiciones de campo, donde: T1- Tomate sembrado en monocultivo; T2- Tomate + Girasol sembrado simultáneo; T3- Tomate + Girasol sembrado a los 10 días después del tomate, y T4- Girasol sembrado en monocultivo

La altura del girasol que alcanzó un tamaño superior a los 1,6 metros en monocultivo se vio afectada en la asociación, pero a diferencia del tomate, el daño mayor se produjo en el  $T_3$



(siembra realizada 10 días después del tomate). Lo que demuestra que la respuesta de la interferencia parece estar fuertemente relacionada a la competencia interespecífica por el espacio en el tiempo, tal y como ocurre en cualquier asociación por la “ley de la producción competitiva” (Vandermeer, 2010; Vandermeer e Yirbarek, 2012)

Tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas, las plantas liberan al medio una cantidad apreciable de compuestos que inhiben la germinación de las semillas o afectan el crecimiento de otras plantas (Pereira *et al.*, 2010), pero estos aleloquímicos deben encontrarse en determinadas concentraciones y poseer la estabilidad necesaria para ejercer esta acción biológica. La afectación que se produjo en el crecimiento y desarrollo del tomate (cultivar ‘Vyta’) asociado, se puede atribuir a las sustancias producidas por el girasol (cultivar ‘Caburé-15’) e indica que el efecto evidenciado en condiciones de laboratorio se manifiesta en campo.

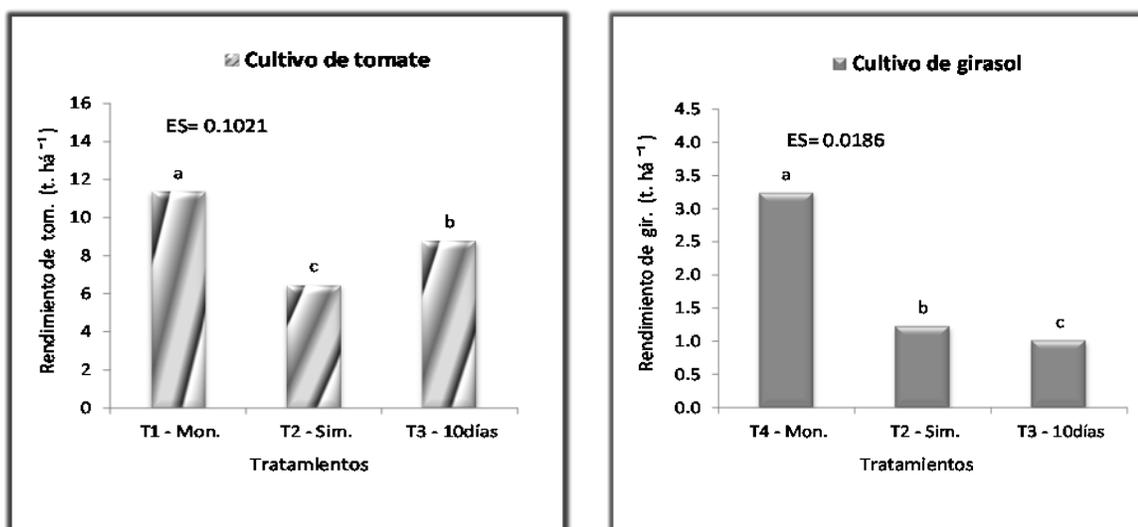
Los resultados de esta investigación además, mostrarón las diferencias que se establecen entre la siembra monocultural respecto a las asociadas, así como la posibilidad real de variar los arreglos espaciales y temporales en función del cultivo que se desee favorecer. Para los arreglos temporales utilizados en el tratamiento T<sub>3</sub> (siembra realizada 10 días después del tomate) se favorece el tomate, pero pudiera variar a favor del girasol, como ocurre en el arreglo temporal del T<sub>2</sub> (siembra simultánea de girasol y tomate). Nuevos arreglos espaciales, temporales o ambos, podrían ofrecer otros comportamientos lo cual pudiera resultar de interés para el productor, cuya comprobación se hace calculando la Tasa de Competencia (TC) descrita por Leihner (1983), pero se debe tener presente posibles efectos alelopáticos enmascarados, que tendrían que comprobarse a escala de laboratorio.

#### **4.3.1.2.2. Análisis del rendimiento de los cultivos**

La figura 16 representa las variaciones de los tratamientos con respecto al rendimiento de los cultivos. Los resultados mostraron que el tratamiento control T<sub>1</sub> (tomate en



monocultivo) alcanzó los mayores resultados, con una producción media de  $11,38 \text{ t.ha}^{-1}$ , y con diferencia altamente significativa para los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$  (asociaciones). De igual forma para el cultivo del girasol en monocultivo (tratamiento  $T_4$ ) el rendimiento obtenido fue  $3,24 \text{ t.ha}^{-1}$ , superior significativamente a  $T_2$  y  $T_3$  (asociaciones). Estas asociaciones no sobrepasaron las  $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$  con diferencias entre ellos, desfavorables para el tratamiento  $T_3$  (tomate + girasol asociado a los 10 días) que alcanzó los rendimientos más bajos respecto al resto de los tratamientos. Al parecer debido a la influencia de los arreglos espaciales y temporales establecidos y que fueron discutidos anteriormente.



**Figura 16.** Rendimientos ( $\text{t.ha}^{-1}$ ) de los cultivos por tratamiento en condiciones de campo, donde:  $T_1$ - tomate sembrado en monocultivo;  $T_2$ - tomate + girasol sembrado simultaneo;  $T_3$ - tomate + girasol sembrado a los 10 días después del tomate y  $T_4$ - girasol sembrado en monocultivo

Ambos cultivos no logran los rendimientos de sus potencialidades productivas. Sin embargo, el hecho de incorporarse al sistema productivo dos nuevas especies; una aportadora de grasa para la alimentación humana (el girasol) y sus residuos para la alimentación animal, con la calidad requerida según normas UNIT (2008) (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas) y la otra con función reguladora, alto valor antioxidante y agradable al paladar dentro de la alimentación humana (el tomate), favorecen al agroecosistema y eleva la calidad de vida de las familias.



Estos resultados explican que existe un efecto inhibitorio de la producción en ambos cultivos cuando son asociados, cuyas causas parecen provenir de los arreglos espaciales y temporales establecidos. Aunque pudiera también estar incidiendo algún efecto alelopático, que solo podrá ser comprobado a escala de laboratorio.

En el cultivo del tomate se produce el efecto negativo cuando es asociado de forma simultánea con girasol, mientras que el girasol disminuye su producción cuando es asociado 10 días después de trasplantado el tomate. Sin embargo, Caparicón y Beltrán (1997), encontraron en asociaciones de soya y girasol una influencia positiva manifestada en el crecimiento y rendimiento de ambos cultivos. Por tanto, la susceptibilidad del girasol en asociación con otros cultivos, muestra tener respuestas contradictorias; las causas probables parecen estar en los arreglos espaciales que por lo general un cultivo se favorece, para que el otro disminuya su eficiencia (Vandermeer e Yirbarek, 2012).

Los resultados expuestos en la tabla 23 permiten demostrar que el tratamiento T<sub>2</sub> (asociación tomate + girasol al mismo tiempo); presentó el comportamiento más ineficiente, es decir, inferiores a la unidad: IET= 0,95 y un ATER = 0,8. Sin embargo, el tratamiento T<sub>3</sub> presentó valores de IET ligeramente superior a uno y ATER indiferente.

**Tabla 23.** Cálculos del Índice Equivalente del Uso del Suelo (IET) y en el Tiempo (ATER)

TRATAMIENTOS	IET	ATER
T <sub>2</sub> . Tomate + girasol (simultáneos)	0,95	0,8
T <sub>3</sub> . Tomate + girasol a los 10 días después de plantado el tomate	1,08	1,0

Los resultados del análisis anterior permiten inferir que para las condiciones premontañas de Limonar de Monte Rous, la producción de tomate asociada al girasol tiene su mejor propuesta si se hace a partir de 10 días después de plantado el tomate y que bajo esas condiciones, la asociación tendría un valor económico aceptado; sobre todo por la posibilidad de aportar dos nuevos cultivos al agroecosistema que elevan la calidad de vida de



las familias, disminuye los gastos y aumenta la diversidad biológica, base del desarrollo agrario sostenible (Vandermeer, 2010).

### 4.3.1.3. Interferencias del sistema de policultivo tomate-girasol: segunda etapa

Una repetición de la investigación el año 2010, pero sin el tratamiento de la asociación simultánea ( $T_2$ ), se presenta en la tabla 24. Con los resultados del cálculo de los índices (IET y ATER), utilizados para evaluar la eficiencia del sistema asociado. Para el cultivo de tomate el tratamiento control (tomate en monocultivo) alcanzó los mejores resultados, mientras que el cultivo del girasol en monocultivo también mostró los mayores rendimientos de las plantas, respecto al tratamiento  $T_3$  (siembra de girasol 10 días después de trasplantado el tomate).

**Tabla 24.** Resultados de los rendimientos de los cultivos de tomate y girasol (monocultivo y asociados). Unido a los cálculos del IET y ATER para la asociación

Tratamientos	Rendimientos ( $t \cdot ha^{-1}$ )	
Tomate monocultivo	12,462	
Tomate asociado al girasol	8,918	
Girasol monocultivo	3,189	
Girasol asociado al tomate	1,019	
Cálculos del Índice Equivalente del Uso del Suelo (IET) y en el Tiempo (ATER)		
Tratamiento	IET	ATER
$T_3$ . Tomate + girasol a los 10 días después del tomate	1,04	1,0

Resultados que reafirman los obtenidos en el primer año; para estas condiciones la asociación resultó más ventajosa sembrando el girasol 10 días después de plantado el tomate. Por otra parte, la asociación tomate + girasol bajo condiciones premontañosas, no manifestó un efecto económico superior que sus siembras en monocultivo; sin embargo, tampoco mostró lo contrario. Estas acciones pueden ser disminuidas cuando se emplean variados arreglos espaciales y temporales en los sistemas asociados, por los efectos de la ley de facilitación (Vandermeer, 2010; Vandermeer e Yitbarek, 2012).



Por tanto, no solo se trata de aprovechar el espacio de producción sin afectaciones en los rendimientos, sino también, se intenta mantener una alta diversidad de colores y olores a favor del equilibrio de la entomofauna asociada; coincidiendo con Vázquez (2010) y Altieri y Nicholls (2010) quienes plantean que es factible emplear estos modelos, por ser eficientes desde el punto de vista ecológico y sin daños económicos, a la vez que se facilita la diversidad de organismos benéficos. También, como demostración de que se está ante un nuevo paradigma del desarrollo agrario, en el que preservar los recursos naturales constituye la base del desarrollo (Goulart *et al.*, 2009).

Los resultados sugieren además que para beneficiar el cultivo de tomate en la asociación con girasol, se debe aplicar el análisis de la Tasa de Competencia (TC) que aconsejaría establecer nuevos arreglos espaciales y temporales, facilitando mayor espacio al cultivo de preferencia y adelantar en el tiempo su plantación según Diethrich (1983). Esta investigación deja abierta la puerta a nuevas incursiones en el tema, necesarias para comprobar la existencia de los posibles efectos alelopáticos entre ambos cultivos.

## **4.4. RELEVANCIA DE LA APLICACIÓN DE UNA ESTRATEGIA AGROECOLÓGICA PARA LOS AGROECOSISTEMAS PREMONTAÑOSOS**

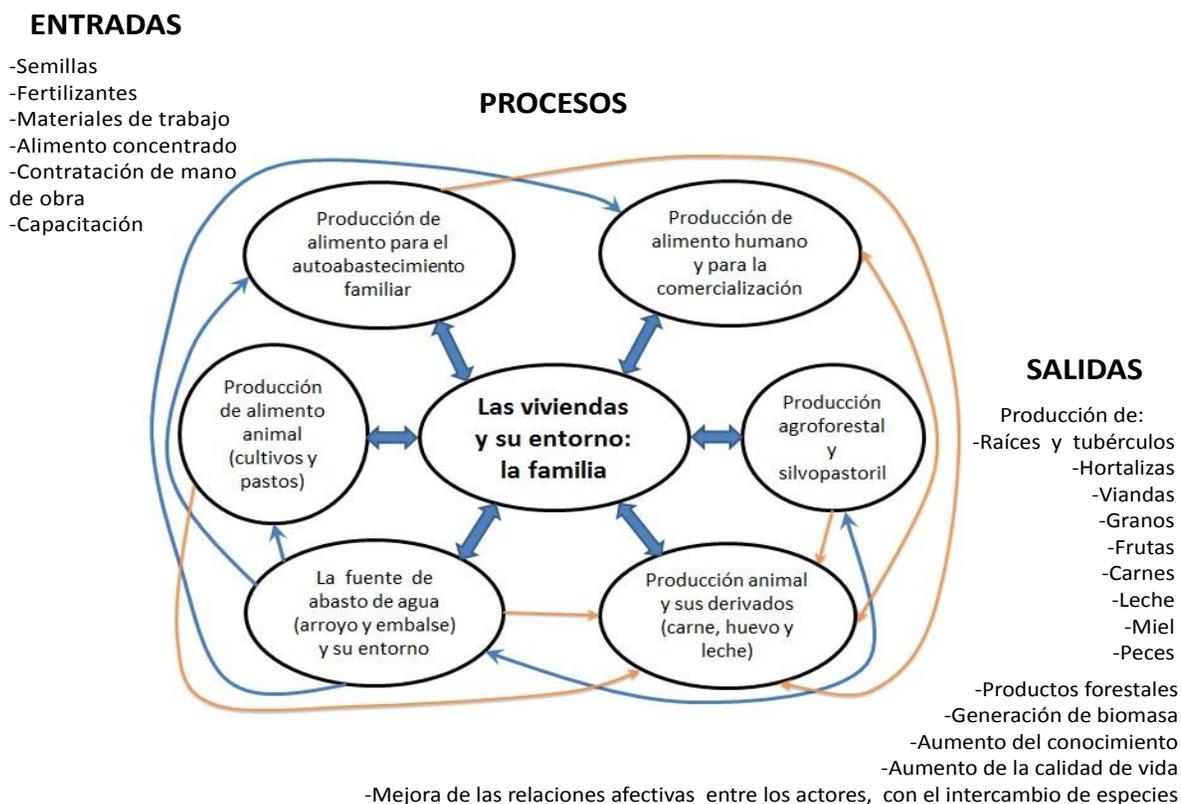
### **4.4.1. La visión sistémica y holística del agroecosistema**

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; (i) la introducción de una nueva especie alimenticia no es significativa estadísticamente, sin embargo favorece a varios indicadores como el secuestro de carbono, el incremento de diversidad edáfica, enriquecimiento al balance alimentario local entre otros; (ii) la evaluación del estado de la fuente hidrográfica existente en el agroecosistema y su utilización racional, para fines económicos ecológicos y recreativos, fue una propuesta que de no materializarse, pone en



peligro todo el agroecosistema; (iii) la piscicultura y la apicultura, deben dejar de ser indicadores pasivos, para convertirse en fuente alternativa de comercialización a favor del agroecosistema en su totalidad.

El análisis integral del agroecosistema con sus interacciones (figura 17) 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. Este subsistema erige el desarrollo sociocultural de la familia, mientras el entorno complementa la conservación de la adecuada espiritualidad en la convivencia humana hacia una mayor calidad de vida, por ello juega un rol determinante en el proceso evaluativo.



**Figura 17.** Interacciones entre los subsistemas del agroecosistema. Análisis de las entradas, procesos y salidas

El subsistema de mayores interacciones con los restantes, resultó el de la fuente de abasto de agua (arroyo - embalse), lo que da una medida de su importancia para el agroecosistema,



mientras que el subsistema más necesitado de los restantes es el de producción animal y sus derivados, que requiere de una atención significativa aun cuando es vital para la familia. El subsistema de menor vínculo con los restantes fue el de la producción de alimento animal (cultivos y pastos), el que pudiera aumentar, con el uso de residuos de otros subsistemas, como medida para el mejoramiento de los suelos.

La vocación cafetalera de este agroecosistema premontañoso, enmarcado en el subsistema producción agroforestal y silvopastoril, debe ser atendida técnicamente, para garantizar que el rubro productivo alcance los niveles deseados, es decir elevar la productividad de los cafetales, mientras las producciones agrícolas, de animales y sus derivados, marchan por un sendero productivo confiable, pero con la amenaza del desapego a la tierra por parte de los jóvenes.

Las entradas al sistema de recursos externos (figura 17) son bien aprovechadas por los recursos humanos, lo que proporciona mayores salidas, mostrando así el valor de la capacidad de gestión del líder, aún cuando faltaría el análisis de los gastos energéticos, para verificar la eficiencia de su utilización (Vallim de Melo, 2012).

#### **4.4.2. Eficiencia de los aportes hechos al agroecosistema durante el período experimental**

La agricultura de altos insumos atribuye solamente al valor económico de las producciones, la eficiencia de los resultados productivos, por lo que al final siempre requiere de un análisis económico detallado. Sin embargo, la Agroecología como ciencia, valora las tres dimensiones de la sostenibilidad (económico – ecológico – social) según refieren Altieri *et al.* (2012); por tanto, se requiere de un análisis más allá de lo puramente económico, para lo cual se valora el total de indicadores (cuantitativos y cualitativos) que intervienen en el proceso productivo, mediante la ponderación de valores (anexo 10), cuyos resultados cualitativos se exponen en la tabla 25.



**Tabla 25.** Evaluación cualitativa de los indicadores evaluados en el agroecosistema durante el período experimental

APORTES	CANTIDAD	VALOR DE PONDERACIÓN	VALOR DEL ÍNDICE
<b>1- Especies introducidas (biodiversidad)</b>			
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
<b>Sub total</b>		<b>5,9</b>	<b>0,59</b>
<b>2- Técnicas agroecológicas</b>			
Policultivos	Ocho cultivos en asociación	6,9	0,69
Introducción de biofertilizantes	Dos tipos de biofertilizante	9,0	0,90
Introducción de bioproducto (plaga)	Dos tipos de bioproducto	9,0	0,90
Reordenamiento de la reforestación	Dos actividades	7,5	0,75
Faja de contención (para la laguna)	Una actividad	1,0	0,10
Procesamiento artesanal del aceite de Girasol	Dos actividades	1,0	0,10
Producción de leche	Dos actividades	7,0	0,70
Protección del suelo	Una actividad	7,0	0,70
<b>Sub total</b>		<b>6,1</b>	<b>0,61</b>
<b>3- Capacitación</b>			
Temas	Cinco temas sobre agroecología	7,4	0,74
<b>Sub total</b>		<b>7,4</b>	<b>0,74</b>
<b>4- Contribución a las propuestas gubernamentales</b>			
Aportes	Cultivo protegido	5,0	0,50
	Cultivo semiprotegido	7,0	0,70
	Cría de cerdo	8,0	0,80
	Ceba de toro	7,0	0,70
<b>Sub total</b>		<b>6,8</b>	<b>0,68</b>
<b>TOTAL</b>		<b>6,5</b>	<b>0,65</b>

Se obtuvo un índice total general de 0,65 lo cual muestra que 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 (tabla 26), estos estuvieron favorecidos por otros aportes introducidos por el gobierno local.



**Tabla 26.** 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	1,29	0,89
	Frijol	0,56		
	Maíz	0,56	1,06	0,66
	Frijol	0,50		
<b>Subtotal</b>				<b>0,69</b>
	<b>Producción Inicial (litros)</b>	<b>Producción final (litros)</b>	<b>% de incremento</b>	<b>Valor del Índice</b>
Producción de leche	3	5	76,6	0,8
<b>Total</b>				<b>0,75</b>

#### 4.4.3. 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 27.

El diagnóstico como elemento primario de la estrategia (4.4.3.1), permite conocer el contexto histórico e influencia local sobre el agroecosistema; descifrar sus bondades y limitaciones. Se asumieron las variables que definen los indicadores determinantes de cada dimensión. Esto permite conocer los problemas críticos determinantes y jerarquizarlos.



**Tabla 27.** Propuesta de la estrategia agroecológica a seguir en la “Finca La Loma”

ACCIONES	REVELACIÓN DE PROBLEMAS	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
4.4.3.1. 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 crea una RED de agroécólogos con los jóvenes de la comunidad Se da a conocer a las autoridades los problemas críticos y propuestas de solución
4.4.3.2. 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
4.4.3.3. 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
4.4.3.4. 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
4.4.3.5. 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



La realización de talleres participativos, mostró la coincidencia existente entre el problema crítico detectado al inicio de la investigación y las preocupaciones de los actores de mayor edad (4.4.3.2). La impartición de un programa de capacitación para tratar de crear una base de atracción a favor de la anulación del problema crítico principal, resultó eficiente; dado el nivel de aceptación logrado. Sin embargo, la solución del problema crítico requiere de análisis especializados, dada la influencia de elementos que provienen de fuera del entorno.

La caracterización de la diversidad del agroecosistema de acuerdo a sus valores utilitarios por subsistemas (4.4.3.3), sugirió el establecimiento de nuevas especies, en aras de dar solución a problemas alimentarios. La riqueza de la biodiversidad natural asociada a la agrobiodiversidad, constituye una fuente de elevado valor potencial aun por estudiar y descubrir dentro de la farmacología.

Se demostró la importancia de la permanencia de árboles perennes en los subsistemas, calculándose un índice que permite apreciar lo que faltaría por hacer, para lograr lo deseado. Se determinan las especies de mayor capacidad de secuestro de carbono (4.4.3.4) y se hacen sugerencias para la protección de las superficies despobladas y sensibles a ser erosionadas.

Se definieron incógnitas relacionadas con la competencia por interferencia y alelopatía (4.4.3.5), lo que sugiere hacer recomendaciones con nuevos arreglos espaciales y temporales no tradicionales. Se pudo conocer la importancia del aprovechamiento espacial y temporal de las superficies libres existentes dentro del agroecosistema.

#### **4.4.4. Consideraciones finales**

El estudio no es conclusivo, por no haberse podido abordar los indicadores de la biota del suelo y tampoco, los gastos energéticos incurridos durante los procesos productivos mientras se desarrolló la investigación, algo que deberá ser atendido en investigaciones venideras. Sin embargo, lo investigado constituye una primicia para el conocimiento de las



interacciones que se establecen entre la biodiversidad y sus funciones dentro del agroecosistema premontañoso, a partir de sus valores utilitarios y necesidades humanas.

Ha sido determinante para los éxitos de este agroecosistema, el liderazgo evidente de un presidente audaz y carismático en su influencia sobre los restantes cooperativistas en la conservación de la unidad del colectivo, lo que les ha permitido, los avances en términos socioeconómicos y medioambientales alcanzados.

El escaso interés de los jóvenes en dar continuidad al proceso transformador hacia la continuidad del desarrollo del agroecosistema, está relacionado con la influencia exterior alejada de una relación directa con la situación interna del agroecosistema. Esto sugiere probablemente atención especializada, por cuanto ellos constituyen el eslabón de enlace necesario de continuidad futura para mantener el incuestionable ejemplo que da este agroecosistema a la comunidad y al territorio.

Un mayor aporte de la investigación a la solución de los problemas detectados, requeriría de recursos alternativos propios del agroecosistema y sus áreas aledañas, para materializar propuestas transformadoras favorables. También, se necesita un mayor nexo de apoyo por parte de las instituciones gubernamentales y el agroecosistema, que posibiliten la capacitación especializada para elevar: la rentabilidad del cultivo principal (el cafeto), fortalecer la reforestación, la producción de insumos alternativos para el manejo de las plagas y elevación de la fertilidad del suelo. Esas carencias pudieran ser aminoradas recomendando la creación de programas de desarrollo local para satisfacer esas necesidades.

Los arreglos espaciales y temporales estudiados mostraron pertinencia y necesidad de identificar los más eficientes, como base para el aprovechamiento máximo de las superficies disponibles y a la vez, aprovechar las sinergias o sortear posible competencia por interferencia o alelopatía, determinada esta última a escala de laboratorio.



El desarrollo de la industria rural, para la extracción de aceite de girasol continúa siendo un propósito no cumplido. La materialización futura de este empeño, servirá de motivo para continuar el enlace necesario entre la ciencia y la práctica, es decir investigadores y actores del agroecosistema “Finca La Loma”.

La complejidad de los análisis agroecológicos, que incorporan además de la dimensión económica, otras dimensiones no empleadas en la agricultura basada en altos insumos, se reflejó en los aportes hechos al agroecosistema durante los tres años evaluados. Desde este análisis la investigación resultó pertinente, puesto de manifiesto en el valor del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) determinado al inicio (0,67) y su incremento en tres años (0,77); así como en el valor determinado para los indicadores cualitativos (0,65) y cuantitativos (0,75), aun cuando los resultados responden también, a los aportes hechos por las instituciones gubernamentales sobre todo a favor de la dimensión económica durante el período de investigación.



## V. CONCLUSIONES

1. Los principios agroecológicos aplicados a la localidad para la caracterización sistémica de un agroecosistema premontañoso, fueron pertinentes, al lograrse detectar los problemas externos e internos limitantes del desarrollo y proponerse las vías y métodos para solucionarlos.
2. La elevada riqueza florística, del agroecosistema se enriqueció para suplir necesidades alimenticias vitales y su conducción con arreglos espaciales y temporales oportunos, resultaron pertinentes para un balance alimentario equilibrado con eficiencia productiva bajo sistemas de producción policultural.
3. El cálculo del secuestro de carbono por especies y subsistema, mostró 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.
4. 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.
5. La propuesta estratégica de manejo prospectivo del agroecosistema premontañoso, permitió 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.



## VI. RECOMENDACIONES

1. Tomar en consideración los fundamentos de esta investigación como base para el enriquecimiento de los indicadores de sostenibilidad actualmente vigentes, a fin de fortalecer los agroecosistemas premontañosos desde los principios agroecológicos.
2. Atender especialmente, desde las investigaciones sociales especializadas, las causas del desapego a “la tierra” de los jóvenes de la localidad y en particular del agroecosistema donde se llevó a cabo la investigación.
3. Reproducir los resultados de esta investigación, con seguimiento prospectivo, profundizando en los conocimientos de los gastos energéticos dentro de los procesos interactivos, e impactos de estos resultados sobre la sostenibilidad de los agroecosistemas premontañosos.
4. Poner estos resultados a disposición de los centros docentes de pre y posgrado, como medio de divulgación del conocimiento de los agroecosistemas premontañosos desde la perspectiva agroecológica.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo, M. y Raventós, J. (2003). Dinámica y manejo de poblaciones: modelos unidimensionales. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 17 p.
2. Acosta, L., Fonseca, O. y Valerio, M. (2008). Restauración de la Biodiversidad y Desarrollo Comunal a través de la Forestería Análoga, en Honduras, Costa Rica y República Dominicana. I Congreso Iberoamericano de Bosques Modelo, SORIA, España, 10 p.
3. Agudelo, D. P. A. y Henao, T. J. J. (2009). Propuesta de educación ambiental para el municipio de Ulloa norte del valle. Estudio piloto en los centros educativos María Inmaculada y Leocadio Salazar Gagem nº 8” (grupo de apoyo a la gestión educativa municipal)”. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias ambientales, administración del medio ambiente. Pereira, 131 p.
4. Alberto, D. M. y Elvir, J. A. (2008). Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en bosques naturales en Honduras. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 17(1): 67-78. Disponible en: [www.inia.es/srf](http://www.inia.es/srf). (Consultado: 16-10-2010)
5. Almenares, D. J. A. (2010). Testimonio del historiador del municipio El Salvador. Entrevista personal. Junio del 2010.
6. Altieri, M. A y Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*. July, 38(3): 587– 612.
7. Altieri, M. A. (2009). Agroecology, small farms and food sovereignty. *Monthly Review*. 61: 102-111.
8. Altieri, M. A. (2000). Developing sustainable agricultural systems for small farmers in Latin America. *Natural Resources Forum*. 24: 97-105.



9. Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2010). Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Primera edición. Medellín, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). 100 p.
10. Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Medellín. Colombia. 100 p.
11. Altieri, M. A., Koohafkan, P. y Holt, G. E. (2012). Agricultura verde: Fundamentos Agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. *Agroecología*. 7: 7-18.
12. Altieri, M. A., Ponti, L. y Nicholls, C. I. (2007). El manejo de plagas a través de la diversificación de las plantas. *LEISA, Rev. de Agroecología*. 22(4): 9-12.
13. Álvarez, B. O. L., Orihuela, M. J. L. y González, M. C. (2011). La finca Valverde del municipio de Quivicán en camino a la sostenibilidad: O.B. CREE “Pablo Noriega, INICA. Quivicán. *Revista Agricultura Orgánica*. 17(2): 22 - 23.
14. Álvarez, F. N. (2000). La diversidad biológica y cultural, raíz de la vida rural. *Biodiversidad, Sustento y Culturas*. 9(38): 10-17.
15. Álvarez, F. N. (2004). Las semillas en la tierra germinan y se multiplican. *Biodiversidad, sustento y Culturas*. 42: 8-15.
16. Araujo de Castro, A., Quaresma, M. R., Da Silva, P. V. K., Aires, G. K. C. y Milhomes, N. R. (2011). Inventário em florestas secundárias de estabelecimentos agrícolas familiares. Projeto de assentamento 26 de março, Marabápa. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer–Goiânia. 7(12): 1-9.
17. Arnold, J. (2012). La Agroforestería Análoga. Resultados de los estudios en Cuba. Conferencia en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 45 p.



18. Asociación Cubana de Técnicos Agrícola y Forestales (ACTAF). (2009). Desarrollo del sector forestal en Cuba. Proyecto Cuba Canadá. *Revista Agricultura Orgánica* 15(3): 38 p.
19. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). (2012). ACTAF y su contribución al desarrollo agrario en Baracoa. *Revista Agricultura Orgánica*. 18(3): 39-40.
20. Astier, M. y Hollands, J. (2005). Sostenibilidad y campesinado: Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Madrid: Edición Mundi-Prensa. 138 p.
21. Ayers, R. S. y Wescott, D. W. 1989. Water quality for agriculture. FAO. *Rev. Irrigation and Drainage*. Roma. 29: 199-206.
22. Balairón, L. (2000). Gestión de Recursos Hídricos. Ed. Univ. Politécnica de Cataluña, Barcelona, 478 p.
23. Banco Mundial (BM). (1992). Informe anual sobre desarrollo mundial. Desarrollo y medio ambiente, 78 p.
24. Bautista, C. A., Etchevers, B., Del Castillo, R. F. y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>> (Consultado: 1-3-2007).
25. Begón, M., Townsend, C. R. y Harper, J. L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4th Edition, 114 p. Disponible en: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1405111178,descCd-DOWNLOAD.html>. (Consultado: 20-5-2009)
26. Beltrán, L. (1998). Efectos alelopáticos del girasol (*Helianthus annuus* L.) intercalado con cultivos económicos de ciclo corto. Tesis en opción al grado de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible. La Habana: UNAH. CEAS. 82 p.



27. Blanco, V. Y. y Leyva, G. A. (2011). Determinación del período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. 32(2): 11-16.
28. Blanco, V. Y. (2010). Efecto a alelopatía de diferente cobertura sobre algunos atributos del frijol común. *Compendio sobre Agroecología*. 1ra. Edición. Venezuela: Editor Manos a la Siembra. 3: 22-26.
29. Blanco, V. Y. y Leyva, G. A. (2013). Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) posterior al período crítico de competencia. *Avances en Investigación Agropecuaria (AIA)*. 17(3): 51-65.
30. Kanninen, M. (2001). Bosques tropicales y ciclo de carbono. CATIE. Curso Internac. "Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético. Oportunidades de Desarrollo para los países Latinoamericanos". CATIE-PNUD, C. Rica, 24-28 septiembre.
31. Brown, S. (1997). Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. En: XI Congreso Forestal Mundial. Ankara. 107-121 p.
32. Cáceres, D. 2003. Agricultura Orgánica vs Agricultura Industrial. Su relación con la diversificación productiva y la seguridad alimentaria. *Agroalimentaria*. 16: 12 p.
33. Camal-Maldonado, J. A., Jiménez, O. J., Torres, B. A. y Anaya, A. L. (2001). The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed controlling cropping systems. *Agronomy Journal*. 93(1): 9.
34. Caparicón, L. y Beltrán, R. (1997). Efectos alelopáticos del girasol (*Helianthus annuus* L.) sobre diferentes cultivos económicos en sistemas de policultivos. Trabajo de Diploma. La Habana: ISCAH. 50 p.
35. Carballosa, B. S. (2012). 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. Maestría en desarrollo



- agrario sostenible. Mención, producción sostenible en ecosistemas frágiles. Guantánamo: Universidad de Guantánamo. 69-70.
36. Casas, C. L., Mantell, S. C., Rodríguez, R. M., Torres, M. A., Macías, D. F. A. y De La Ossa, F. E. M. (2010). Identification of major compounds extracted by supercritical fluid from *Helianthus annuus* L. leaves. Japan: Solvent Extraction Research and Development, 12–15.
  37. Castiñeiras, L. (2006). Conservación *in situ* de la biodiversidad agrícola en huertos caseros de tres áreas rurales de Cuba. *Biodiversidad agrícola en las Reservas de la Biosfera de Cuba*. La Habana. Editorial Academia. 296 p.
  38. Castro, R. F. (2012). La alimentación y el empleo sano. Reflexiones del compañero Fidel. Tomado de *Cubadebate*. La Habana. Cuba. Granma Internacional digital. 18 de junio del 2012. Disponible en: <http://www.granma.cu/espanol/reflexiones/18-junio-alimentacion.html> (Consultado: 6-11-2013)
  39. CEPIS/OPS. (2008). Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Cuba. Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Textos completos. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/analisis/cubas>. (Consultado: 6-3-2012).
  40. Chaves, K. H. (2010). Elementos Prácticos y Aplicaciones: Restauración de ecosistemas degradados. Curso sub regional presencial en manejo integrado de aguas y áreas marino-costeras. 58 p.
  41. Chirinos, A., Guarenas, M. A. y Sánchez, D. M. (2008). Calidad de agua. Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero. Coro-Falcón. Venezuela. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/calidad-agua-miranda/calidad-agua-miranda.shtml> (Consultado 6-3-2008).
  42. Chon, S. U. y Nelson, C. J. (2010). Allelopathy in Compositae plants. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 30: 349–358.



43. Citron, M. C. y Mascaró, J. J. (2010). Arborização urbana: Uso de espécies arbóreas nativas na captura do carbono atmosférico. *REVSBAU*, Piracicaba–SP. 5(1): 160-182.
44. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2007). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*. Tercera Edición. Zapopan, Jalisco, México. 298 p.
45. Coronel de Renolfi, M. y Ortuño, S. F. (2005). Tipificación de los Sistemas Productivos Agropecuarios en el Área de Riego de Santiago del Estero, Argentina. Problemas del desarrollo. *Revista latinoamericana de economía*. 36(140): 14.
46. Dauber, E., Terán, J. y Guzmán, R. (2001). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. IUFRO-RIFALC: Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono; 16-20 de julio. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela, 17 p.
47. De Mello, B. G. M. y Rodriguez, M. C. B. (2009). Comportamento do seqüestro florestal de carbono, do conteúdo de CO<sub>2</sub> atmosférico e do conteúdo de umidade da vegetação no Pantanal de Nhecolândia, MS, por meio de sensoriamento remoto hiperespectral. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoramento Remoto. Natal. Brasil. Del 25 – 30 de abril de 2009.
48. Deckers, J. A., Nachtergaele, F. O. y Spaargaren, F. O. 1998. World Reference Base for Soil Resources. Introduction. FAO. Acco, Leuven/Amersfoort, Belgium. 165 p.
49. Decreto Ley 85. (1998). Ley Forestal. La Habana: Gaceta Oficial de la República de Cuba. Ed. Ordinaria, no. 46. 31 de Agosto. 36 p.
50. Delgado, S. J., M. A. Fernández, G. E. M., Armenteros, L. O. y Hernández, P. G. (2007). Análisis Cualitativo y Cuantitativo de la Agricultura Ecológica en Cuba. En: V. M. S. Garrido. Recomendaciones y estrategias para desarrollar la Agricultura Ecológica en Iberoamérica. Edic. CYTED. 163-173 p.



51. Denevan, W. M., Treace, J. M., Alcorn, J. B., Padoch, C., Denslow, J. y Paitan, S.T. (1984). Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora Indian management of swidden fallows. *Interciencia*, 9: 346-357.
52. Díaz Del Cañizo, M. A. (2000). Recuperación de variedades tradicionales locales de cultivos hortícolas y del conocimiento a ellas asociado, para su conservación, uso y manejo en las comarcas de Antequera (Málaga) y Estepa (Sevilla). [Tesis Maestría]. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (ISEC) (coord.); Universidad Internacional de Andalucía sede Iberoamericana de Santa María de la Rábida, 50 p.
53. Díaz, F. S. X. y Molano, M. M. A. (2001). Cuantificación y Valoración Económica de la Captura de CO<sub>2</sub> por Plantaciones del género *Eucalyptus*, establecidas por el Preca en las Cuencas Carboníferas de César, Valle del Cauca-Cauca y altiplano Cundiboyacense. IUFRO-RIFALC: *Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono*, 16-20 julio. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela, 18 p.
54. Díaz, C. (2002). El diagnóstico para la participación. Selección de lecturas sobre trabajo comunitario. CIE “Graciela Bustillos”. Asociación de Pedagogos de Cuba, 77 p.
55. Dietrich, L. (1983). Yuca en cultivos asociados. Manejo y evaluación. Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia, 80 p.
56. Diouf, J. (2005). La biodiversidad contra el hambre. *Tierramérica*. 19/01/05. Grandes Plumas. Disponible en:  
<<http://www.tierramerica.net/2004/1016/grandesplumas.shtml>> (Consultado: 4-2007).
57. Dirección Provincial de Vivienda (DPV). (2011). Informe anual estadístico de la oficina de Vivienda provincial, 24 p.
58. Domínguez, G. F., Studdert, G. A. y Echeverría, H. E. (2005). Propiedades del suelo: efectos de las prácticas de manejo. En: H.E. Echeverría; F.O. García. eds. *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA. Buenos Aires. 207-229 p.



59. Engel P. G. H. (2002). Facilitando el desarrollo sostenible: ¿Hacia una extensión moderna?, pas de référence. FAO. nd. Understanding extension. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/> (Consultado: 4-5-2006).
60. Erb, K. H. (2009). “Eating the planet: feeding and fuelling the world sustain-ability, fairly and humanely. A scoping study”. Social Ecology Working, 116 p.
61. Espinoza, H. y Malpica, L. (2006). Mediciones simples para evaluar el estado de la calidad y salud del suelo bajo pasturas. *Revista Digital CENIAP HOY*. no. 11, mayo-agosto de 2006. Venezuela. Disponible en: [http://www.ceniap.gob.ve/ceniaphoy/articulos/n11/arti/espinoza\\_y.htm](http://www.ceniap.gob.ve/ceniaphoy/articulos/n11/arti/espinoza_y.htm) (Consultado: 4-2006).
62. Esquivel, M. A, y Hammer, K. (1992). Contemporary traditional agriculture- structure and diversity of the “conuco”/ En: *Origen, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources Germany*: Bush und offsetdruckluders, 21 p.
63. Eve, L. M. (2012). Forestería Análoga: Una herramienta para la restauración de paisajes en los bosques modelo. Secretaría de la Red Internacional de Bosques Modelo. Ministerio de Recursos Naturales de Canadá. *Revista: Conexiones*, 1: 24 p.
64. Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z. A., Wahid, A. y Siddique, K. H. M. 2011. The role of allelopathy in agricultural pest management. *Society of Chemical Industry. Pest Manag Sci.* 67: 493–506.
65. Flint, M. L. y Robert, P. A. (1988). Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *Am. J. Alternative Agric.* 3: 163- 167.
66. Franchi-Alfaro, M. (2005). Estudio de caso: parcela demostrativa “La Jolla Ecológica”. En Leyva, G. A. y Pohlan, G. (2005). *Agroecología en el Trópico. Ejemplos para Cuba*. Aachen: Ediciones Shaker Verlag, 267 p.



67. Franke, G. (1995). Fruchtfolge. Ackerbau 5–7 Hochschulstudium. Trópische und Subtropische Landwirtschaft Alemania. 36(42): 166.
68. Funes, M. F., Garcia, L., Bourque, M., Perez, N. y Rosset, C. (2002). El movimiento cubano de agricultura orgánica. En: Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. La Habana ACTAF, Food First, CEAS. 200 p.
69. Funes, M. F. (2007). Agroecología, Agricultura Orgánica y Sostenibilidad. La Habana. ACTAF, 150 p.
70. Funes, M. F., Altieri, M. A. y Rosset, P. (2009). The Avery diet: the Hudson Institute's misinformation campaign against Cuban agriculture. Disponible en: <http://globalalternatives.org/files/AveryCubaDiet.pdf> (Consultado: 10-2-2011).
71. Funes, M. F. (2009). Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas. 176 p.
72. Gamboa, L. y Criollo, M. C. (2011). Forestaría Análoga y su rol en la recuperación de ecosistemas y el cambio climático. *LEISA: Revista de Agroecología*. 27(2): 8-12.
73. Garrido, V. M. S. (2006). Recomendaciones y estrategias para desarrollar la Agricultura Ecológica en Ibero América. CYTED. Cooperación Iberoamericana, 228 p.
74. Geilfus, F. (2000). 80 herramientas para el Desarrollo Rural Participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. IICA-SAGAR, México, 206 p.
75. Geilfus, F. (2009). 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. Octava reimpresión. San José, Costa Rica: CR. IICA, 217 p.
76. Gianella, T. y Chávez, J. (2003). Escuelas de campo de Agricultores. *LEISA, Revista de Agroecología*. 19(1): 6.
77. Gliessman, S. R. (2001). La biodiversidad y estabilidad de los agroecosistemas. En: La Práctica de la Agricultura y Ganadería Ecológicas. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (CAAE). Sevilla. 69-87 p.



78. Gliessman, S. R. (2005). Agroecología: procesos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS. 653 p.
79. Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C. y Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*. 1: 9.
80. Gliessman, S. R. (2007). Agroecology: the ecology of sustainable food systems. 2nd Edition CRC Press, Boca Ratón. 250 p.
81. Goulart, F. F., Vandermeer, J., Perfecto, I. y Matta-Machado, R. P. (2009). Análise agroecológica de dois paradigmas modernos. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 4: 76-85.
82. GRAIN (organización internacional de apoyando a campesinos y a movimientos sociales en sus luchas por lograr sistemas alimentarios basados en la biodiversidad y controlados comunitariamente). (1998). La agricultura basada en la diversidad biológica produce más. *Biodiversidad Sustento y Culturas*. 15: 16 p.
83. Gravina, H. B. A y Leyva, G. A. (2012). Utilización de nuevos índices para evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. *Cultivos Tropicales*. 33(3): 15-22.
84. Guazzelli, M. J., Mairelles, L., Barreto, R., Goncalves, A., Motter, C. y Rupp, L. C. (2007). Servicios del agroecosistema: Una experiencia en la sierra Gaucha. *LEISA, Revista de Agroecología*. 22(4): 5-8.
85. Guzmán, C. G. y Morales, H. J. (2012). Agroecología y agricultura ecológica. Aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. *Agroecología*. 6: 55-62.
86. Guevara, H. F., Ortíz, P. R., Rios, L. H., Angarica, F. L. de la C., Martín, P. L., Plana, R. D., Crespo, M. A., Barrauco, O. L. A., Salguero, R. Z., Cánovas, G. I., Alemán, P. R. y Proveyer, C. C. (2011). Impactos en Cuba del programa de innovación agropecuaria.



- Aprendisaje a ciclo completo. Editorial Feijó, Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Cuba. 97 p.
87. Harmon, M. E., Krankina, O. N., Yatskov, M. y Matthews, E. (2001). Predicting broadscale carbon stores of woody detritus from plot-level data. 533-552 p.
  88. Hernández, J. A., Ascanio, G. M. O., Morales, D. M. y Cabrera, R. A. (2006). 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. Segunda edición. Editorial Félix Valera, INCA, MES. 61 p.
  89. Hernández, I. (2015). Uso de restos de cosecha de diferentes cultivos sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol común. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez” (UNAH), Habana, Cuba. 99 p.
  90. Herrera, A. y Bucheró, V. M. (2011). Testimonio de los dos campesinos de mayor edad y más tiempo de convivir en la comunidad. Entrevista personal.
  91. Hielsch, H. y Collum, M. C. 1987. Engle Books International Bc Dazar Meerut. CANTT, India. 213 p.
  92. Iglesias, J. M. (2011). Agroforestry production systems. Training and analysis "general concepts and definitions". Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey Matanzas, Cuba. 89 p.
  93. Imatomia, M., Novaes, P., Matos, A. P., Gualtieri, S. C. J., Molinillo, M. G., Lacret, R., Varela, R. M. y Macías, F. A. (2013). Phytotoxic effect of bioactive compounds isolated from *Myrcia tomentosa* (Myrtaceae) leaves. *Biochemical Systematics and Ecology*. 46: 29–35.



94. Inderjit; Erik, T. y Nilsen. (2010). Bioassays and Field Studies for Allelopathy in Terrestrial Plants: Progress and Problems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(3-4): 221-238.
95. Informe Gobierno Provincial de Guantánamo (IGPG). (2012a). Estrategia general del desarrollo del municipio El Salvador, de la provincia Guantánamo para el periodo 2012 - 2016. Oficinas de desarrollo Guantánamo, 17 p.
96. Informe Gobierno Provincial de Guantánamo (IGPG). (2012b). Estrategia para el Plan de Desarrollo Integral municipio El Salvador 2012 - 2020. Gobierno provincial, 35 p.
97. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (1996). Tabla de composición de Alimentos Colombianos Ministerio Salud. ICBF. D.C. Colombia, 132 p.
98. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT). (2008). Productos para alimentación animal, subproductos de la industria aceitera derivados del girasol. UNIT no. 638. 4 p. [www.unit.org.uy](http://www.unit.org.uy). (Consultado: 26-3-2009)
99. Janzen, H. H. (2006). The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it? *Soil Biol. Biochem.* 419-424 p.
100. Jiménez, R. (2005a). Aspectos Fundamentales del Desarrollo Cooperativo cubano. FLACSO-Cuba. 1-8 p.
101. Jiménez, W. (2005b). Agricultura moderna contra diversidad y equilibrio. Disponible en: <http://www.mfa.gov.il/MFAES/MFAArchive/Agricultura%>>. (Consultado: 6-2005).
102. Kaufman, F. (2010). The food bubble: how Wall Street starved millions and got away with it. *Harper's Magazine*. July. 27 –34 p.
103. Kottir, F. (1994). Efectos alelopáticos de los cultivos económicos; maní, pepino, sesbania sobre la germinación de la semilla botánica de la papa (*Solanum tuberosum* L). Trabajo de Diploma, UNAH. 58 p.



104. Landry, M. V. (2010). Restauración de la biodiversidad y las zonas degradadas en los bosques modelo latinoamericanos empleando forestería análoga. *CONEXIONES*. Noticias de la red internacional de bosques modelo. 1(1): 5.
105. LAROUSSE. (2004). Diccionario Enciclopédico. Décima edición. Editores Larousse, Colombia.
106. Leihner, D. (1983). Yuca en cultivos asociados: Manejo y evaluación. Cali, Colombia: Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT). 80 p.
107. Leyva, G. A. (1986). Rotación e intercalamiento en superficie dedicada a la caña de azúcar en monocultivo. Tesis en opción al grado científico de Dr. En Ciencias Agrícolas (en alemán). Universidad de Leipzig. Alemania. 100 p.
108. Leyva, G. A. (2000). Informe sobre asistencia Técnica en el Departamento de Boyacá, Colombia. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 74 p.
109. Leyva, G. A. (2003). MEDEBIVE a Methodology to Promote Agroecosystem Vegetable Biodiversity and ecological Technologies of production. En: Proceedings Red Científica Alemana Latinoamericana-RECALL Resource Utilization: Globalization and Local Structures. Universidad Autónoma de Nueva León Monterrey, México. 59-67 p.
110. Leyva, G. A. (2011). Principal Fundamento Social de la Biodiversidad y Alimentación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 38 p.
111. Leyva, G. A. (2013). Maestría de Agroecología y Agricultura Sostenible. Taller Sociocultural. IALA. Barinas, Venezuela, 47 p.
112. Leyva, G. A. (2014). Metodología para evaluación de agroecosistemas Integrales. Conferencia. Encuentro provincial de la asociación de técnicos agrónomos y forestales (ACTAF) de la Habana. INCA, provincia de Mayabeque, 36 p.
113. Leyva, G. A. y Lores, P. A. (2012). Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guantánamo. *Agroecología*. 7: 109-115.



114. Leyva, G. A. y Muñoz, E. (2007). Proyecto Ejecutivo. Municipio Huiramba. Resultados del Diagnóstico. Proyecto de asistencia técnica en el Estado de Michoacán, México. SEDAGRO. 55 p.
115. Leyva, G. A. y Pohlan, G. (2005). Agroecología en el Trópico. Ejemplos para Cuba. Aachen: Ediciones Shaker Verlag, 267 p.
116. Leyva, G. A. y Pohlan, J. (2007). Reflexiones sobre la Agroecología y su aplicación en Cuba. Análisis de la Biodiversidad. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Conferencia. San José de las Lajas, La Habana. 90 p.
117. Loguercio, G. A. (2002). Fijación de carbono: Un beneficio adicional para proyectos forestales en Patagonia. *Patagonia Forestal* 8. (2): 45 p.
118. López, A. (2007). Hacia una Gestión estratégica en las UBPC. Tras el hilo del ovillo. Instituto Cubano del libro José Martí. 11-13 p.
119. Lorenzo, P y González, L. (2010). Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Enero de 2010. 19(1): 79-91.
120. Lores, P. A. (2009). Propuesta Metodológica para el Desarrollo Sostenible de Agroecosistemas. Contribución al Estudio de la Agrobiodiversidad. Estudio de Casos. Comunidad Zaragoza. Tesis de Doctorado. La Habana. Cuba. INCA-Dpto. de Fitotecnia. C.U.G. -FAM, 100 p.
121. Lores, P. A., Leyva, G. A. y Tejeda, T. (2008). Evaluación espacial y temporal de la Agrobiodiversidad en los sistemas campesinos de la comunidad “Zaragoza” en la Habana. *Cultivos Tropicales*. 29(1): 5-10.
122. Machín-Sosa, B., Roque-Jaime, A. M., Ávila-Lozano, D. R. y Rosset, P. (2010). Revolución Agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Habana: ANAP, 23 p.



123. Machuca J. A. (2010). Alcance de los Programas de Producción de alimentos. Relación con la Fuerza Productiva. Editorial Universitaria. 19 p.
124. Macías, F. A., Lacret, R., Varela, R. M., Nogueiras, C. y Molinillo, M. G. (2010). Isolation and Phytotoxicity of Terpenes from *Tectona grandis*. *J. Chem Ecol.* 36: 396–404.
125. Macías, F. A., Marín, M. D., Oliveros, B. A., Varela, R. M., Simonet, A. M., Carrera, F. C. A. y Molinillo, J. M. G. 2003. Allelopathy as a new strategy for sustainable ecosystems development. *Biological Sciences in Space.* 17(1): 18-23.
126. Macías, F. A., Varela, R. M., Torres, A. y Molinillo, J. M. G. (2000). Potential allelopathic activity of natural plant heliannanes: a proposal of absolute configuration and nomenclature. *Journal of Chemical Ecology.* 26(9): 2173 – 2186.
127. Macías-Rubalcava, M. L., Hernández-Bautista, B. E., Oropeza, F., Duarte, G., González, M. C., Glenn, A. E., Hanlin, R. T. y Anaya, A. L. (2010). Allelochemical Effects of Volatile Compounds and Organic Extracts from *Muscodor yucatanensis*, a Tropical Endophytic Fungus from *Bursera Simaruba*. *Journal Chem Ecol.* 36: 1122–1131.
128. Magaña, M. M. A., Moguel, O. Y. B., Sanginés, G. J. R. y Leyva, M. C. E. (2012). Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 3(1): 49-64.
129. Magurran, A. (1989). Diversidad Ecológica y su Medición. Edic. Barcelona. 200 p.
130. Margalef, R. (2002). Diversidad y biodiversidad. En: A. Bonet, Gestión de espacios protegidos. Universidad de Alicante. Departamento de ecología. Alicante. España. 362 p.
131. Masera, O., Astier, M. y López, R. S. (2000). El Marco de Evaluación MESMIS. Sostenibilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México Rural. 23 p.



132. Matsuura, K. (2002). Datos de intervención del Sr Koichiro Matsuura, Director General de la UNESCO, con motivo del día mundial del agua el 22 de marzo del 2002. Koichiro Matsuura. Disponible en: <<http://www.infoagua.org>> (Consultado: 10-2002).
133. Mederos, M. D. 2007. La alelopatía en la agricultura. *Rev. Cultivos Tropicales*, Ciudad de la Habana, mayo-agosto. 1(2): 6
134. Medina, F. B., Muñoz, A. C., Hagggar, J. y Aguilar, R. (2006). Metodología para la evaluación de servicios ambientales. *ANACAFE*, Guatemala. 40 p.
135. Mejía, C. J. (1991). Alelopatía básica y productos botánicos. 1ra. Ed., Editorial Kinggraf LTDA, Santa Fé de Bogotá – Bogotá Colombia. 86 p.
136. Méndez, M. J. y Guerra, B. E. (2007). Calidad sanitaria del agua en principales fuentes de abasto de la ciudad de Matanzas. *Revista Médica Electrónica*. 29(5): 8.
137. Mercadet, P. A. y Álvarez, B. A. (2005). Metodología para el establecimiento de la línea de base de retención de carbono por las Empresas Forestales de Cuba. Informe final de proyecto «Cambio climático y el sector forestal cubano: segunda aproximación» 11/05/03. Programa Ramal de Medio Ambiente. MINAGRI. Instituto Forestal Nacional. La Habana. 27 p.
138. Mercadet, P. A. y Álvarez, B. A. (2009). 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. Publicado por: *RED CYTED 406RT0285* “Efecto cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica”. 107-118 p.
139. Mercadet, P. A.; Álvarez, B. A.; Escarré, A. y Ortíz, O. (2011). Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas. Disponible en: [http://bva.fao.cu/pub\\_doc/Reposit/cuf0337s.pdf](http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf) (Consultado: 30 de abril 2012).
140. Mesa, A., Naranjo, M., Cancio, R., Martí, A., Clemente, B., Suárez, O., Pacheco, E. (1984). Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. 2da Ed. Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba, 101 p.



141. Mesa-Nápoles, A. A. (2007). Manual para Proyectos Agropecuarios. Área del caribe insular y continental. Selección de tierras y explotación agrícola. Washington D. C. (EE.UU.), Miami, Florida. 600 p. Copyright no. TXu 1- 327- 983
142. Ministerio de la Agricultura (MINAG). (1983). Norma Ramal 595. Tratamientos Silvícolas. 25 p.
143. Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2011). Programa de desarrollo Agropecuario Integral del Municipio El Salvador. Edic. Empresa de Proyecto e Ingeniería. UEB Guantánamo. 224: 30 p.
144. Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2013). Instrucciones técnicas para el cultivo del café. Dirección Nacional de Café y Cacao. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM), la Habana. 159 p.
145. Ministerio de Salud Pública de Cuba (MINSAP). (1991). Normas Cubanas. Sistema de Norma para determinar calidad química de agua potable. Requisitos y muestreos. NC. 93-02-1986. Vigente desde marzo de 1991. 27 p.
146. Molles, M. C. (2005). Ecología. Conceptos y aplicaciones. Editorial McGraw-Hill. Interamericana. 109 p.
147. Moraga, Q. P., Bolaños, T. R. I., Pilz, M., Munguía, H. R., Jürgen, P. H. A., Barios, M., Hagggar, J. y Gamboa, M. W. (2011). Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica*) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. La Calera. *Revista Científica de Agroforestería*. 11(17): 41- 47.
148. Moreno, C. E. (2001). Método para medir la Biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. CYTED. 86 p.
149. Moreno, G. T., Palacios, V. O., Guzmán, R. J. L., Maserá, O. y López, R. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrosilvopastoriles del Sur de Sinaloa



- Sustentabilidad y Sistemas Campesinos: Cinco Experiencias de Evaluación en el México Rural. México. Mundi-Prensa. 2006. 1: 36 p.
150. Morón, A. (2004). Efecto de las rotaciones y el laboreo en la calidad del suelo. En: Simposio “Fertilidad 2004”. Fertilidad de suelos para una Agricultura Sostenible. Organizado por INPOFOS: Rosario. Abril. 22-24 p.
151. Musálem, S. M. A. (2001). *Sistemas agrosilvopastoriles*. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. 120 p.
152. Navarro, H. (2003). Agroecología, Buenas prácticas Agrícolas y Desarrollo Territorial. Red Mesoamericana para la Investigación Desarrollo de la Agricultura Regional. Texcoco, Estado de México 157 p.
153. Neves, C. C. N. (2002). Modelo de compensação de CO<sub>2</sub> para empresas poluidoras do ar: um estudo de caso no Vale do Itapocu, região norte de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 103 p.
154. Nicholls, C. I. y Altieri, M. A. (2012). Modelos ecológicos resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. *Revista Agroecología*. Facultad de Biología. Universidad de Murcia 6: 29 - 36.
155. Nikneshan, H. K. P., Moghanibashi, M. y Hosseini, N. S. (2011). Allelopathic potential of sunflower on weed management in safflower and wheat. *Australian Journal of Crop Science (AJCS)*. 5(11): 1434-1440.
156. Nobre, C. A. (2004). O aquecimento global e o papel do Brasil. *Revista Ciências Hoje*. 36(211): 38-40.
157. Norma Cubana (NC) 51. (1999). Determinación del porciento de materia orgánica. Comité Técnico de Normalización. No. 3. Calidad del suelo. Análisis químico. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.



158. Norma Cubana (NC) 52. (1999). Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. Comité Técnico de Normalización. No. 3. Calidad del suelo. Análisis químico. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
159. Norma Cubana (NC) 65. (2000). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo. Comité Técnico de Normalización. No. 3. Calidad del suelo. Análisis químico. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
160. Norma Cubana (NC) ISO 10390. (1999). Determinación de pH. Comité Técnico de Normalización. No. 3. Calidad del suelo. Análisis químico. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
161. Odum, E. P. (1987). Ecología. Edición Revolucionaria. La Habana, 639 p.
162. Oficina Nacional de Estadística. República de Cuba (ONE). (2011a). *Anuario estadístico de Cuba 2010*. Territorio. Edición cubana. 24 p.
163. Oficina Nacional de Estadística. República de Cuba (ONE). (2011b). Anuario estadístico de Cuba 2010. Separata: Los territorios de Cuba. Principales indicadores. Edición cubana: Issue. 159-170 p.
164. Oficina Nacional de Estadística. República de Cuba (ONE). (2011c). Anuario estadístico de Cuba 2010. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Edición cubana. 216-242 p.
165. Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). (2009). Medio Ambiente en Cifras. La Habana. MEP 23 p.
166. Oliveros, B. A., Macías, D. F.A., Carrera, F. C. A., Marín, M. D. y González, M. J M. (2009). Root exudates and their relevance to the allelopathic interactions. *Revista Química Nova*. 32(1): 198-213.
167. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2004). Programa de Apoyo a los Modos de Vida (*LSP*). Roma. 50 p.



168. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2010). Agricultura “climáticamente inteligente”. Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. Subdivisión de políticas y apoyo en materia de publicación electrónica. División de comunicación FAO. Roma, Italia. 54 p.
169. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2011). Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala. División de comunicación FAO. Roma, Italia. 106 p.
170. Pagés, Raisa. (2006). «Necesarios cambios en relaciones con el sector cooperativo-campesino», Granma. 18 de diciembre de 2006. 3 p.
171. Paneque, V. M., Calaña, J. M. (2001). La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico-prácticos para su recomendación. Folleto impreso. INCA. 25 p.
172. Paneque, V. M. (2002). Manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 130 p.
173. Pereira, D. S. H., Carvalho, M. G. J., Gomes, N. J. M., Da Silva, B. J. D y Karam, D. (2010). Levantamento das plantas espontâneas na cultura do girassol. *Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA). Mossoró – RN – Brasil. 5(1): 162 – 167.
174. Pérez, D. A. (2011). 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. Universidad de Guantánamo. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. San José de las Lajas. Mayabeque. 100 p.
175. Pérez, D. A. y Martín, P. J. (2011). La caficultura cubana, sus transformaciones, el desarrollo rural y el extensionismo. *Revista Hombre, Ciencia y Tecnología del CITMA*. no. 57.



176. Ponce, B. M.; Ortíz, P. R. y Ríos, L. H. (2011). La experimentación campesina en cuba: Revisión bibliográfica. *Cultivos Tropicales*. 32(2): 46-51.
177. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Centro de Innovación Tecnología y Medio Ambiente (PNUMA-CITMA). (2009). *Evaluación del medio ambiente cubano*. GEO Cuba. La Habana. 56 p.
178. Ramirez, R. R. (2008). La problemática global del agua. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua.zip>> (Consultado: 6-2010).
179. Rendón, T. O. R., Baker, T. R., Healey, J., Del Castillo, D., Jones, J. P. G. y Cuesta, R. M. (2009). Criterios e indicadores para proyectos REDD, Proyecto Fortalecimiento de Capacidades para Pagos por Servicios Ambientales (carbono y biodiversidad) en la Amazonia Peruana. Universidad de Leeds, *Reino Unido*. 96 p.
180. Riera, N. M. C. (2003). Manejo de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias en secuencias de cultivos sobre suelo ferralítico rojo. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana. 100 p.
181. Ríos, H. (2006). Fitomejoramiento Participativo. Los agricultores mejoran cultivos. La Habana: INCA. 299 p.
182. Ríos, H. L; Vargas, D. B. y Funes, M. F. (2011). Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. 1era edición. Hivos Holanda. 243 p.
183. Rivas, T. D. (2005). Sistemas Agroforestales 1. Ediciones Uach. 8 p.
184. Rodrigues, I. M. C., Souza-Filho, A. P. S., Ferreira, F. A. y Demuner, A. J. (2010). Chemical prospecting of compounds produced by *Senna alata* with allelopathic activity. *Planta Daninha*. 28(1): 1–12.



185. Rodríguez, M. Y., Riera, N. M. C. y Telo, C. L. (2011). Estrategia de diversificación sostenible de especies perennes en un sistema agroforestal en la Empresa Café y Cacao de Yateras, Guantánamo. *Revista Gestión Ambiental*. 8 p.
186. Rosegrant, M. W. y Agcaoili, M. (2010). *International Food Policy Research Institute*. Washington, D.C. USA. 284 p.
187. Rosset, P. (2006). Agricultura Sustentable y Agroecología como elementos claves en la Soberanía Alimentaria. En: Conferencia en el Encuentro de Agricultura Orgánica. [CD-Room]. (2006: La Habana). 30 p.
188. Rosset, P. M. B., Machín-Sosa, A. M., Roque-Jaime, D. y Ávila-Lozano, D. R. (2011). The Campesino -to -Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba. *Journal of Peasant Studies*. 38(1): 161 – 191.
189. Rosset, P. M. y Altieri, M. A. (1997). Agroecology versus input substitution: A fundamental contradiction of sustainable agriculture. *Society and Natural Resources*. 10: 283-295.
190. Rüginitz, M. T., Chacón, M. L. y Porro, R. (2009). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales – 1era. ed. - Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica. (IA) 79 p.
191. Santoyo H., Ramírez P. y Sudevi, M. (2000). Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural. Morelos, Zacatecas. 245 p.
192. Sarandón, J. S., Zuluaga, S. M., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L. y Negrete, E. (2006). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista de Agroecología*. 1: 19-28.
193. Sasson, A. (1993). “La alimentación del hombre moderno” (del hombre del mañana). Unesco/Ed. Reverté. Barcelona. 300 p.



194. Schonhuth, M. y Kievelitz, U. (1994). Diagnóstico Rural Rápido Participativo. Métodos de Diagnóstico y Planificación en la Cooperación al Desarrollo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GTZ. GmbH. 137 p.
195. Segura, M. (2001). Estimación de Carbono en Ecosistemas Tropicales: Los aportes de modelos de biomasa. En: Curso Internacional “Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético: Oportunidades de Desarrollo para Países Latinoamericanos”. CATIE-PNUD, C. Rica. 24-28 p.
196. Sepúlveda, S. (2002). Desarrollo Sostenible Microregional. En: Desarrollo Sostenible. Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural. *Lecturas seleccionadas*. 9-26 p.
197. Servicios Jurídicos y Sociales (SERJUS). (2000). Propuesta teórico metodológica para un sistema de planificación monitoreo y evaluación. Ed. 2. Guatemala: Planificación Monitoreo y Evaluación. 62 p.
198. Servicios Jurídicos y Sociales (SERJUS). (2002). Propuesta Teórico Metodológica del Sistema de Planificación, Monitoreo y Evaluación. En: Selección de lecturas sobre Trabajo Comunitario. Ed. CIE “Graciela Bustillo. Cuba. 81-98 p.
199. Silva, H. L., Trezzi, M. M., Marchese, J. A; Buzzello, G., Miotto, J. R. E., Patel, F., Debastiani, F y Fiorese, J. (2009). Determinação de espécie indicadora e comparação de genótipos de girassol quanto ao potencial alelopático. *Planta Daninha*. Viçosa. 27(4): 655–663.
200. Silva, R. E., Almeida, G. J., Augusto, P. G. y Penteadó, S. P. S. (2009). Estimativa da biomassa e carbono existência: o caso do manguezal na área do sítio sandi, Santos-SP. *Revista Ceciliana*. 1(2): 39-43.
201. Socorro, A. R. (2002). Indicadores de la Sostenibilidad de la Gestión Agraria en el territorio de la provincia Cienfuegos. Tesis en Opción al Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. 106 p.



202. Soil Survey Staff. (2003). Keys for Soil Taxonomy. USDA. 9: 332.
203. Soto, F., Vantour, A., Hernández, A., Planas, A., Figueroa, A., Fuentes, P.O, Tejeda, T., Morales, M., Vázquez, R., Zamora, E., Alfonso, H. M., Vázquez, L. y Caro, P. (2001). La zonificación agroecológica del *Coffea arabica*, L. en Cuba. Macizo montañoso Sagua – Nipe – Baracoa. *Cultivos Tropicales*. 22(3): 27-51.
204. Souza-Filho, A. P. S., Guilhon, M. S. P., Zoghbi, M. G. B. y Cunha, R. L. (2009). Análise comparativa do potencial alelopático do extrato hidroalcoólico e do óleo essencial de folhas de Cipó-D'alho. (Bignoniaceae). Planta Daninha, Viçosa-MG. 27(4): 647-653.
205. Souza, J., Itten, B. y Vicente, C. A. (2001). La biodiversidad y la gente. Buenos Aires: CETAAR. 32 p.
206. Toirac, W., Hechavarria, K. O., Matos, A., Frometa, C. A., Sordo O. L., Villamet, P., Fuentes, V., Suarez E. y Silot, V. (2012). La Forestería Análoga en el contexto de las fincas forestales integrales en Guantánamo. Cuba (parte 1). Bosques análogos. Boletín electrónico de la RIFA (red internacional de forestería análoga). Octubre. 4: 25.
207. Toledo, M. V. (2012). La agroecología en Latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. *Agroecología*. 6: 37-46.
208. Toledo, T. E. (2008). La cosecha "en verde" y conservación in situ de los residuos de la caña de azúcar (*saccharum* sp.). Impacto en la sostenibilidad y restauración del agroecosistema en Huixtla, México. Universidad Autónoma de Chiapas. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, 100 p.



209. Torremocha, E. (2012). Los sistemas participativos de garantía. Herramientas de definición de estrategias agroecológicas. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. *Agroecología*. 6: 89-96
210. Torres, V., Martínez, O. Z., Noda, A., Medina, Y. M. y Rodríguez, Y. G. (2010). Evaluación de los supuestos estadísticos en el modelo estadístico multivariado de medición de impacto (MEMI) en un estudio de caso. II Taller de Estadística y Bioestadística Aplicada a las Ciencias Agropecuarias. III Congreso de Producción Animal. La Habana, Cuba. 20 p.
211. Townsend, C. R., Begón, M. and Johnl. H. (2003). *Essentials of Ecology*. 2nd Edition Black well Publishing. 82 p.
212. Trapote, F. R. y González, T. I. M. (2011). Impacto del enfoque de género en los proyectos de desarrollo local: vía al empoderamiento de la mujer. *Revista Hombre, Ciencia y Tecnología (CITMA)*. 8 p.
213. Trapote, F. R.; González, T. I. M. y Martínez, D. F. (2011). Diagnóstico de la estructura económica del municipio piloto El Salvador. *Revista del Observatorio de la Economía y la Sociedad Latinoamericana*. 12 p.
214. Triana, H. M., Porrata, M. C., Jiménez, A. S., Rodríguez, S. A., Carrillo, F. O., García, U. A., Valdés, F. L. y Esquivel, L. M. (2009). Recomendaciones nutricionales para la población cubana. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos del Viceministerio de Higiene y Epidemiología del Ministerio de Salud Pública de Cuba. Edición Cámara Del Libro, La Habana, Cuba 112 p.
215. Utria, M. Y. (2009). 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. 60 p.



216. Vallim De Melo, C. (2012). 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 en Agroecología y Agricultura Sostenible. Universidad Agraria de la Habana (UNAH). Cuba. 57 p.
217. Vandermeer, J. and Yitbarek. S. (2012). Self-organized spatial pattern determines biodiversity in spatial competition. *J. of Theor. Bio.* 300: 48-56.
218. Vandermeer, J. (1995). Los policultivos. La teoría y evidencia de su facilitación. Department of Biology University of Michigan. Ann. Arbor. Michigan 48109. EUA. 124 p.
219. Vandermeer, J. (2010). The ecology of Agroecosystems, Bartlett and Jones, Sudbury, MA. 253 p.
220. Vaz-Pereira, J. C. D. (2015). 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 en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana. INCA. La Habana, Cuba, 100 p.
221. Vázquez, M. L. (2010). Manejo de plagas en la agricultura ecológica, “plantas alelopáticas”. *Boletín fitosanitario*. La Habana, Cuba. 15(1): 38.
222. Vegas, J.; Alonso, A. y Castillo, J.G. (1998). *Conservación y estudios de la diversidad de especies vegetales en los agroecosistemas vegetales*. La Habana: Ed. INCA. 31 p.
223. Velázquez, F. J. (2008). Análisis y diagnóstico participativo en sistemas de producción con cerdos criollo cubano. *Métodos participativos de análisis/Participatory methods of analysis*. 15(2): 124-131.
224. Venegas, V. R. (2004a). "Propuesta Agroecológica del CLADES - CET - ITAS" Revista de Agroecología y Desarrollo: *Revista de CLADES*. 14: 14.
225. Venegas, V. R. (2004b). Indicadores de Sostenibilidad Predial. CLADES: *Revista de Agroecología y Desarrollo*, Número Especial 11(12): 12

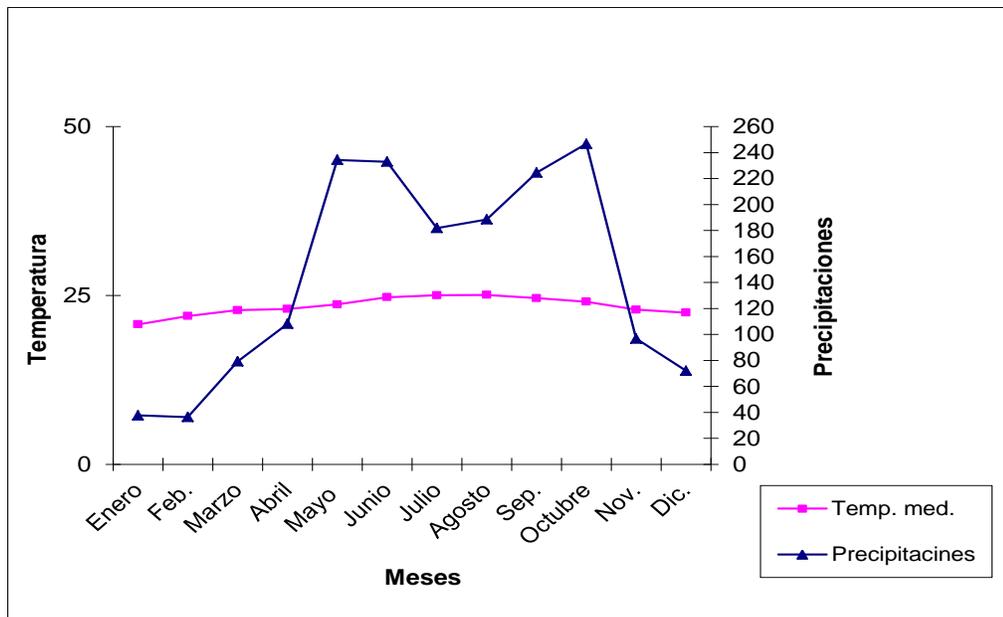


226. Vernoooy, R. (2003). *Semillas Generosas. Mejoramiento Participativo de Plantas*. Ottawa: Centro de Investigación para el Desarrollo. 105 p.
227. Vester, F. (1985). *Unsere Welt. Ein Vernetztes Systems*. Munich: Edit. DTV. 177 p.
228. Vieira, B. L., Santos, F. A. C. y Cardoso, P. L. (2009). Sequestro de Carbono: Curso de Especialização em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Centro Científico Conhecer, Goiânia, *Enciclopédia Biosfera*. 7: 10.
229. Villaret, A. (2002). El enfoque sistémico aplicado al análisis del medio agrícola: Introducción al marco teórico y conceptual. *Praxis del desarrollo rural*. Pradem/CICDA. Peru. 68 p.
230. Von Der Weid, J. M. (2004). Agroecología y Agricultura Sostenible. *Agroecología y Desarrollo Revista de CLADE*. 7: 11.
231. Vyvyan, J. R. (2002). Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron*. 58: 1631 – 1646.
232. Zambrano, A.; Franquis, F. e Infante, A. (2004). Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales. *Rev. For. Lat.* 35: 11-20.
233. Zinck, J. A., Berroterán, J. L., Farshad, A., Moameni, A., Wokabi, S. y Van Ranst, E. (2005). La sostenibilidad agrícola: un análisis jerárquico. *En Gaceta Ecológica*. 76: 53-72.



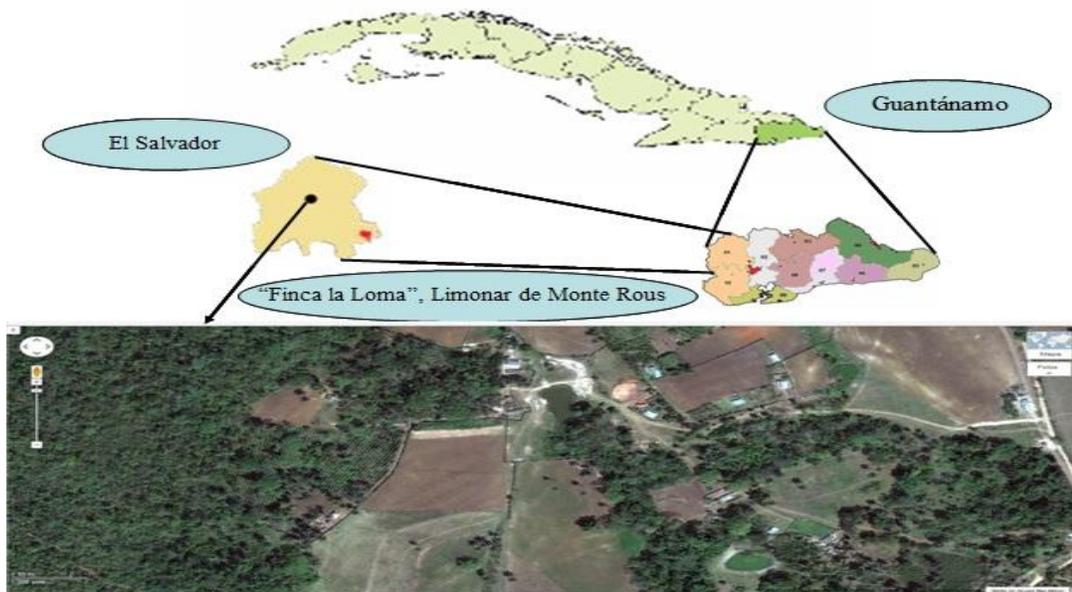
VIII. ANEXOS

Anexo 1.



Temperaturas medias y precipitaciones promedios de los años 2007 al 2012 en Limonar de Monte Rous, El Salvador

Anexo 2.



Ubicación del área de investigación “Finca La Loma” en Limonar de Monte Rous, municipio El Salvador, Guantánamo, Cuba



### Anexo 3.

## MODELO DE CUESTIONARIO PARA LAS ENTREVISTAS Y ENCUESTAS

### 1. CARACTERÍSTICAS SOCIO - DEMOGRÁFICAS

1.1. Nombre del cabeza de familia: \_\_\_\_\_

1.2. Personas que trabajan en la finca (1, 2, 3...10) \_\_\_\_\_

1.3. Personas que no trabajan (1, 2, 3...10) \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

No	Parentesco	Nombre	Edad	Escolaridad	Estado de Salud		
					B	R	M
1							
2							
3							
4							
5							

1.4. Personas que no viven, pero trabajan en la finca (Describir) \_\_\_\_\_

1.5. Intenciones de emigrar (1, 2,3...10) Razones. \_\_\_\_\_

1.6. Cuál(es) campesino(s) de la zona tiene(n) mayor conocimiento de la agricultura. \_\_\_\_\_

1.7. Tiempo que lleva la finca (Años) \_\_\_\_\_

1.8. Desde que usted posee la finca ¿qué ha sembrado? \_\_\_\_\_

1.9. Siente usted amor por su finca Sí \_\_\_ No \_\_\_ Porqué \_\_\_\_\_

1.10.Cuál es su recreación actual y de su familia. \_\_\_\_\_

1.11. Que recreación prefiere \_\_\_\_\_

1.12. Origen de la familia: Campesina \_\_\_\_\_ Otras \_\_\_\_\_

1.13. Alimentación diaria: Desayuno: \_\_\_\_\_

Almuerzo \_\_\_\_\_

Comida \_\_\_\_\_

Otras \_\_\_\_\_

1.14. De los productos que consume, cuáles no produce en su finca. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.15. De los que no produce, cuáles están en posibilidades de producir. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.16. Diga cinco (5) limitantes que impidan su progreso. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tiene alguna propuesta para resolverlas. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Algo que usted quiera decir. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## 2. CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES DE LA FINCA

### 2.1. Datos climáticos

Precipitaciones.

Tipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Mucha												
Regular												
Poca												

Temperatura:

Tipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Fría												
Medias												
Calor												

2.2. ¿Influencia de la luna, Por qué? \_\_\_\_\_

2.3. Datos del suelo: \_\_\_\_\_

2.4. Clase del suelo de la finca. \_\_\_\_\_

2.5. Productividad: Bueno. \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Malo. \_\_\_\_\_

2.6. Limitaciones: Químicas \_\_\_\_\_ Físicas \_\_\_\_\_ Biológicas \_\_\_\_\_ Topográficas

Explique: \_\_\_\_\_

2.7. Principales bondades de su suelo: \_\_\_\_\_

2.8. Fuente de abasto de Agua: \_\_\_\_\_

2.9. El agua que consume es: Buena \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_

2.10. Qué uso le da al agua: \_\_\_\_\_

2.11. Humano, ¿cuál? \_\_\_\_\_

2.12. Animal, ¿cuál? \_\_\_\_\_

2.13. Para cultivos, ¿cuál? \_\_\_\_\_

2.14. Datos topográficos del agroecosistema.

Sabana (Llana) % \_\_\_\_\_ Montaña % \_\_\_\_\_

Ondulaciones % \_\_\_\_\_ Otros % \_\_\_\_\_

### 3. AGROECOSISTEMA

3.1. Características del agroecosistema

3.2. Distribución espacial (en función de la superficie total de la finca en porcentaje)

Bosque natural (ha) \_\_\_\_\_ (%) \_\_\_\_\_

Cultivos permanentes (ha) \_\_\_\_\_ (%) \_\_\_\_\_

Rastrojo o barbecho (ha) \_\_\_\_\_ (%) \_\_\_\_\_ Pastos (ha) \_\_\_\_\_ (%) \_\_\_\_\_

Casa y su entorno (ha) \_\_\_\_\_ (%) \_\_\_\_\_

**Biodiversidad vegetal** (especificar el número de especies) Ej. Mango (6)

3.3. Maderables

3.4. Frutales

3.5. Pastos

3.6. Arvenses

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3.7. Raíces y tubérculos

3.8. Leguminosas

3.9. Granos (gramíneas).

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



3.10. Hortalizas

\_\_\_\_\_

3.13. Condimentos

\_\_\_\_\_

3.16. Industriales

\_\_\_\_\_

3.11. Ornamentales

\_\_\_\_\_

3.14. Melíferas

\_\_\_\_\_

3.17. Para cercas

\_\_\_\_\_

3.12. Medicinales.

\_\_\_\_\_

3.15. Energéticos

\_\_\_\_\_

3.18. Oleaginosas

\_\_\_\_\_

3.19. Textiles \_\_\_\_\_

3.20. Plantas para uso religioso (explique) \_\_\_\_\_

3.21. Otras (especifique) \_\_\_\_\_

3.22. Cultivos que le gustaría tener. Razones por las que no los tiene \_\_\_\_\_

### **Biodiversidad Animal**

3.23. Animales de trabajo (tipo y cantidad) \_\_\_\_\_

3.24. Animales de consumo (tipo y cantidad) \_\_\_\_\_

3.25. Animales domésticos (no de consumo) \_\_\_\_\_

3.26. Animales libres que predominan en la finca \_\_\_\_\_

3.27. Animales que vende (local, nacional) \_\_\_\_\_

3.28. Animales que le gustaría tener (dar razones) \_\_\_\_\_

3.29. Raza de animales que prefiere (según el tipo) \_\_\_\_\_

3.30. Tiene posibilidades para la cría de peces Si \_\_\_ No \_\_\_ Especifique \_\_\_\_\_

### **4. INDUSTRIA RURAL: QUE UTILIZA DE LA BIODIVERSIDAD (DERIVADOS)**

4.1. Derivados de vegetales \_\_\_\_\_

4.2. Derivados de animales. \_\_\_\_\_

4.3. Qué productos le gustaría conservar. Razones por la que no lo hace: \_\_\_\_\_

### **5. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA:**

5. Cultivo(s) principal(es)

5.1. Selección y conservación de semillas o hijuelos (explíquelo) \_\_\_\_\_

5.2. Acondicionamiento y preparación de suelo (explique) \_\_\_\_\_

5.3. Preferencia de variedades (señálelas) \_\_\_\_\_

5.4. Siembra y/o plantación (explique) \_\_\_\_\_

5.5. Tratamientos a las semillas pre siembra \_\_\_\_\_

5.6. Profundidad de siembra \_\_\_\_\_

5.7. Distancias de siembra \_\_\_\_\_

5.8. Entre plantas \_\_\_\_\_

5.9. Entre hileras \_\_\_\_\_

5.10. Uso de elementos nutricionales en pre-siembra \_\_\_\_\_

5.11. Labores de cultivo (cuáles) \_\_\_\_\_

5.12. Incidencia de plagas (cuáles) \_\_\_\_\_

5.13. Método de combate \_\_\_\_\_

5.14. Composición estructural de arvenses \_\_\_\_\_

5.15. Sistemas agroforestales (si está presente, ¿cómo?) \_\_\_\_\_

5.16. Sistemas Silvopastoriles (especificar) \_\_\_\_\_



- 5.17. Policultivos (cuáles) \_\_\_\_\_
- 5.18. Rotación de cultivos (cuáles) \_\_\_\_\_
- 5.19. No. de cosechas/año superficie con dicho cultivo \_\_\_\_\_
- 5.20. Labores de pos cosecha, utilidad (explique) \_\_\_\_\_
- 5.21. Conservación de la cosecha (explique) \_\_\_\_\_
- 5.22. Relaciones de comercialización (explique) \_\_\_\_\_
- 5.23. Usa las fases lunares para realizar las cosechas (explique) \_\_\_\_\_
- 5.24. Cosecha (explique) \_\_\_\_\_
- 5.25. Conservación de las cosechas (explique) \_\_\_\_\_
- 5.26. Rendimientos (t.ha<sup>-1</sup>) \_\_\_\_\_
- 5.27. Venta (explique) \_\_\_\_\_
- 5.28. Rentabilidad \_\_\_\_\_
- 5.29. Labores de pos cosecha (explique): \_\_\_\_\_
- 5.30. Cultivos sucesores (fecha de entrada) \_\_\_\_\_

## 6. TECNOLOGIA DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL

- Producción integrada (animal y vegetal). Explique \_\_\_\_\_
- 6.1. Rotación. Explique \_\_\_\_\_
- 6.2. Limitantes en la alimentación animal. Explique \_\_\_\_\_
- 6.3. Procedencia de la alimentación \_\_\_\_\_
- 6.4. Método de cría animal \_\_\_\_\_
- 6.5. Lotes que posee la finca. Explique \_\_\_\_\_

## 7. PREFERENCIAS

- Producción animal \_\_\_\_\_ Producción vegetal \_\_\_\_\_ ambas \_\_\_\_\_
- 7.1. Raza animal que posee (especifique la especie) \_\_\_\_\_
- 7.2. Variedades de los cultivos que posee \_\_\_\_\_
- 7.3. Aceptará propuesta que aumentan su biodiversidad y productividad. \_\_\_\_\_
- 7.4. Que haría para proteger el medio ambiente. Explique \_\_\_\_\_
- 7.5. Que necesita para ser feliz. Explique \_\_\_\_\_

## 8. INFRAESTRUCTURA

- Comunicación:
- 8.1. Carreteras B \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_ Observación \_\_\_\_\_
- 8.2. Trocha B \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_ Observación. \_\_\_\_\_
- 8.3. Brecha B \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_ Observación. \_\_\_\_\_
- Explique \_\_\_\_\_
- 8.4. Transporte: Animal \_\_\_\_\_ Motorizado \_\_\_\_\_ Automóvil \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_
- Explique: \_\_\_\_\_
- 8.5. Electricidad: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
- 8.6. Vivienda \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_
- 8.7. Comodidades de la mujer \_\_\_\_\_
- 8.8. Atención médica \_\_\_\_\_
- 8.9. Cultura \_\_\_\_\_
- 8.10. Aspiraciones \_\_\_\_\_



#### Anexo 4.

Relación de las variables climáticas medidas durante el período de investigación (cinco años) en la comunidad de Limonar de Monte Rous, municipio El Salvador, Guantánamo. (Tomados en la estación meteorológica del Centro de Desarrollo de la Montaña. CDM)

Meses	2007			2008			2009			2010			2011		
	Tm (°C)	HR (%)	Pr (mm)												
<b>Ene.</b>	21,3	83,3	53,0	20,7	81,3	46,0	21,6	81,0	46,0	22,2	83,0	19,0	21,7	83,0	12,0
<b>Feb.</b>	22,0	74,3	7,0	20,3	79,0	5,0	21,3	85,3	45,0	23,3	76,0	50,0	22,6	76,0	37,0
<b>Mar.</b>	22,6	74,3	71,0	23,2	76,3	9,0	21,2	76,3	45,0	22,1	79,3	199,0	22,8	76,3	127,0
<b>Abr.</b>	22,1	74,0	87,0	23,4	78,0	129,0	22,7	80,3	180,0	23,1	78,7	112,0	23,1	74,7	117,0
<b>May.</b>	22,5	80,7	163,0	24,0	83,0	238,0	24,0	79,3	197,0	23,1	84,3	290,0	23,6	83,0	252,0
<b>Jun.</b>	25,1	80,7	174,0	24,5	81,3	205,0	24,3	83,3	313,0	25,1	79,7	185,0	25,1	81,0	278,0
<b>Jul.</b>	25,2	80,3	87,0	25,0	82,0	195,0	23,9	82,7	198,0	24,8	85,3	250,0	24,8	79,7	242,0
<b>Ago.</b>	25,3	80,0	210,0	25,1	80,7	212,0	24,8	82,7	196,0	25,1	82,0	268,0	25,0	80,0	135,0
<b>Sep.</b>	24,6	83,7	107,0	25,0	83,3	207,0	24,5	82,3	229,0	24,7	86,3	365,0	23,7	80,0	349,0
<b>Oct.</b>	24,5	81,3	231,0	23,4	88,0	309,0	24,3	82,7	121,0	23,3	89,3	558,0	23,9	88,3	229,0
<b>Nov.</b>	22,9	85,7	19,0	23,3	85,7	52,0	23,0	89,0	130,0	22,4	83,0	232,0	21,5	87,0	157,0
<b>Dic.</b>	22,0	81,0	122,0	22,5	81,0	8,0	23,0	87,3	176,0	22,5	81,3	51,0	22,3	89,0	48,0

**Leyenda.** Tm- Temperatura media, HR- Humedad relativa, Pr- Precipitaciones



## Anexo 5.

Jerarquización de los problemas a través de la matriz de Vester (1985)

Resultados de la Matriz de Vester realizada a los problemas detectados en el Diagnóstico.													
Problemas	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total activo
I		0	1	0	0	2	3	0	0	0	1	2	9
II	1		0	2	0	0	0	2	0	0	1	0	6
III	0	0		0	3	0	0	0	3	2	2	1	11
IV	0	0	1		1	0	0	3	1	1	3	0	10
V	0	0	1	0		0	0	0	1	1	0	0	3
VI	1	0	1	0	0		2	0	0	0	0	0	4
VII	0	0	1	1	0	0		1	0	0	2	0	5
VIII	0	0	0	0	0	0	0		1	0	1	0	2
IX	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
X	0	0	0	1	0	0	2	1	3		0	1	8
XI	0	0	2	0	2	0	0	3	2	1		0	10
XII	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1		6
<b>Total pasivo</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	
0- No es causa 1- Es causa indirecta							2- Es causa medianamente directa 3- Es causa muy directa						

## Anexo 6.

Clasificación taxonómica de las especies encontradas en el agroecosistema “Finca La Loma”

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia
Achicoria de cabra	<i>Erechtites hieraciifolius</i> (L.) Raf	Asteraceae
Achiote	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae
Adelfa	<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill	Lauraceae
Aguinaldo amarillo	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier	Convolvulaceae
Aguinaldo marrullero	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don	Convolvulaceae
Ajenjo	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Asteraceae
Ají picante (ají guaguao)	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Solanaceae
Ají pimiento	<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae
Ajo puerro	<i>Allium porrum</i> L.	Liliaceae
Alacrancillo	<i>Heliotropium indicum</i> L.	Borraginaceae
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae
Albahaca cimarrona (orégano cimarrón)	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Lamiaceae
Albahaca morada	<i>Ocimum sanctum</i> L.	Lamiaceae
Alcaparras (frijolillo)	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae
Algarrobo blanco	<i>Prosopis alba</i> Griseb	Fabaceae



Algarrobo del país	<i>Samanea saman</i> Merr	Fabaceae
Algodón (algodonero)	<i>Gossypium herbaceum</i> L.	Malvaceae
Almendra de indias	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae
Altamisa (alcanfor, hierba amarga)	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Asteraceae
Amansa guapo	<i>Schaefferia frutescens</i> Jacq	Celastraceae
Amapola	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae
Amor seco	<i>Desmodium scorpiurus</i> (Sw.) Des	Fabaceae
Anacahuíta	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst	Malvaceae
Anamú	<i>Petiveria alliacea</i> L.	Phytolaccaceae
Anisillo (mastuerzo)	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Plantaginaceae
Anizón (caisimón)	<i>Piper auritum</i> Kunth	Piperaceae
Anón de ojo	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae
Anón manteca (mamón)	<i>Annona reticulata</i> L.	Annonaceae
Apazote (yerba santa)	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Amaranthaceae
Arrocillo	<i>Lectocoryphium lanatum</i> (Kunth.) Nees	Poaceae
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	Poaceae
Azucena	<i>Polianthes tuberosa</i> L.	Agavaceae
Balsamillo	<i>Heliotropium gnaphalodes</i> L.	Borraginaceae
Begonia	<i>Begonia feastii</i> Hort	Bignoniaceae
Bejuco ubí (ubí)	<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae
Berenjena	<i>Solanum melongena</i> L.	Solanaceae
Berro	<i>Rorippa nasturtium aquaiticum</i> (L.) Hayek	Brassicaceae
Bledo espinoso	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae
Bledo sin espina	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell	Amaranthaceae
Boniato	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam	Convolvulaceae
Botón de oro	<i>Abutilon hirtum</i> (Lam.) Sweet	Malvaceae
Búcaro (búcare)	<i>Erythrina peoppigiana</i> (Walp), A. F. Cook	Fabaceae
Búfer (yerba de ovejo)	<i>Andropogon pertusus</i> (L.) Willd	Poaceae
Cabalonga	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum	Apocynaceae
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae
Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae
Caimitillo	<i>Chrysophyllum oliviforme</i> L.	Sapotaceae
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapotaceae
Calabaza (amarilla)	<i>Cucurbita moschata</i> (Duch ex Lam) Duch ex Poir	Cucurbitaceae
Calabaza sp (china)	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	Cucurbitaceae
Campana	<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb & Bonpl. ex Willd.) Bercht. & C. Presl	Solanaceae
Campanilla	<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf	Convolvulaceae
Canabalia	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	Fabaceae
Canutillo	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Commelinaceae
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae
Caña fistula	<i>Cassia fistula</i> L.	Caesalpinaceae



Caña santa	<i>Costus spicatus</i> (Jacq) Sw. Rose	Zingiberaceae
Cañamazo	<i>Paspalum distichum</i> L.	Poaceae
Cañambú (bambú)	<i>Bambusa arundinacea</i> F. Vill	Poaceae
Cañandonga	<i>Cassia grandis</i> L. f.	Caesalpinaceae
Caoba	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq	Meliaceae
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Oxalidaceae
Cardo santo	<i>Argemone mexicana</i> L.	Papaveraceae
Cardón (ataja negro)	<i>Euphorbia lactea</i> , Haw	Euphorbiaceae
Caucho	<i>Castilloa elastica</i> , Cerv	Moraceae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	Malvaceae
Cereza del país	<i>Malpighia glabra</i> L.	Malpighiaceae
Chaya	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M. Johnst	Euphorbiaceae
Chopo inglés	<i>Xanthosoma cubense</i> (Rich.) Schott	Araceae
Chote (chayote)	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	Cucurbitaceae
Ciruela	<i>Spondias purpurea</i> L.	Anacardiaceae
Clarín (estramonio)	<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae
Clavel chino	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	Asteraceae
Coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae
Copey	<i>Clusia rosea</i> Jacq	Clusiaceae
Corazón de hombre	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth	Piperaceae
Cordobán	<i>Rhoeo discolor</i> (L'Her.) Hance	Commelinaceae
Cordobán pelú	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Melastomataceae
Cortadera (caguazo)	<i>Paspalum virgatum</i> L.	Poaceae
Cuasia amarga (quina)	<i>Quassia amara</i> L.	Simaroubaceae
Cucaracha	<i>Zebrina pendula</i> L.	Commelinaceae
Culantro (cilantro)	<i>Eryngium foetidum</i> L.	Apiaceae
Cundeamor	<i>Momordica balsamina</i> L.	Cucurbitaceae
Curujey	<i>Hohembergia penduliflora</i> Mez	Bromeliaceae
Don Carlos (cañuela)	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	Poaceae
Epazotillo (esclaviosa)	<i>Capraria biflora</i> L.	Scrophulariaceae
Escoba amarga	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae
Eucalipto	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	Myrtaceae
Flor de Jamaica	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Malvaceae
Flor de muerto o papel	<i>Bougainvillea glabra</i> Chosiy	Nyctaginaceae
Flor de muerto,	<i>Tagetes erecta</i> L.	Asteraceae
Flor de pascua	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex Klotzsch. Graham	Euphorbiaceae
Framboyán	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook), Raf	Caesalpinaceae
Frijol (judía)	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae
Frijol gandul (gandul)	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp	Fabaceae
Frijolillo	<i>Rynchosia minima</i> (L.) DC.	Fabaceae



Fruta bomba (papaya)	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae
Fruta de pan (castaño)	<i>Castanea sativa</i> Mill	Fagaceae
Fustete	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud	Moraceae
Gambutera	<i>Brachiaria platyphylla</i> (Munro ex C. Wright) Nash	Poaceae
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i> L.	Fabaceae
Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae
Granada	<i>Punica granatum</i> L.	Lythraceae
Granadilla (granadillo)	<i>Brya ebenus</i> DC.	Fabaceae
Grifo	<i>Citrus grandis</i> Osbeck	Rutaceae
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae
Guarana	<i>Cupania americana</i> L.	Sapindaceae
Guácima	<i>Guazuma tomentosa</i> Kunth	Malvaceae
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae
Guayuyo	<i>Piper aduncum</i> L. sub-sp. <i>aduncum</i>	Piperaceae
Guizazo (pega pega)	<i>Aeschynomene americana</i> L.	Fabaceae
Guizazo de caballo	<i>Xanthium Chinense</i> Mill	Asteraceae
Guizazo sp.	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae
Helecho	<i>Nephrolepis exaltata</i> (L.) Schott	Davalliaceae
Hierba de caballo	<i>Melochia tomentosa</i> L.	Malvaceae
Hierba fina (gama)	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Poaceae
Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae
Hoja de aire (bruja)	<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Oken	Crassulaceae
Jacinto acuático	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Pontederiaceae
Jagüey macho	<i>Ficus crassinervia</i> Desf. ex. Willd	Moraceae
Jazmín de Cuba	<i>Allamanda cathartica</i> L.	Apocynaceae
Jibá	<i>Erythroxylum havanense</i> Jacq	Erythroxylaceae
Jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae
Júcaro	<i>Bucida buceras</i> L.	Combretaceae
Júpiter (piñón florido)	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Walp. (Steud.)	Fabaceae
Laurel de alcanfor	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) T. Nees & C.H. Eberm	Lauraceae
Lechero (h. lechera )	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae
Lengua de mujer	<i>Pilea nummulariifolia</i> (Sw.) Wedd	Urticaceae
Lima (limón dulce)	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae
Limón	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Rutaceae
Leucaena (ipil-ipil)	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Witt	Mimosaceae
Lirio	<i>Crinum americanum</i> L.	Amarylidaceae
Llantén	<i>Plantago major</i> L.	Plantaginaceae
Lloviznita	<i>Eragrostis amabilis</i> (L.) Wight & Arn	Poaceae
Macío (pelusa)	<i>Typha angustifolia</i> L.	Typhaceae
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae



Majagua	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	Malvaceae
Malanga (taro)	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Araceae
Malanga negra (jardín)	<i>Xanthosoma violaceum</i> Schott	Araceae
Malva bruja	<i>Sida glutinosa</i> Cav.	Malvaceae
Malva de caballo	<i>Sida acuta</i> Burm	Malvaceae
Malva de cochino	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Malvaceae
Malva mulata (malva)	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq	Malvaceae
Mamey amarillo	<i>Mammea americana</i> L.	Clusiaceae
Mamey colorado	<i>Calocarpum sapota</i> Jacq	Sapotaceae
Mamoncillo	<i>Melicocca bijuga</i> L.	Sapindaceae
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae
Maní (cacahuete)	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Fabaceae
Manto morado	<i>Coleus blumei</i> Benth	Lamiaceae
Mapeen (mapén)	<i>Arctocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Moraceae
Marabú (aroma)	<i>Acacia caven</i> (Mol.) Mol	Fabaceae
Maracuyá (granadilla)	<i>Passiflora edulis</i> Sims	Passifloraceae
Marañón (anacardo)	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae
Mastuerzo (Sp)	<i>Lepidium sativum</i> L.	Brassicaceae
Mejorana	<i>Origanum majorana</i> L.	Lamiaceae
Menta americana	<i>Mentha sativa</i> L.	Lamiaceae
Menta china	<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. Y Mey) Kuntz	Lamiaceae
Millo (sorgo)	<i>Sorghum bicolor</i> L.	Poaceae
Morí viví (dormidera)	<i>Mimosa pudica</i> L.	Mimosaceae
Moringa	<i>Moringa oleifera</i> Lam	Moringaceae
Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae
Naranja agria	<i>Citrus aurantium</i> L.	Rutaceae
Níspero	<i>Manilkara zapota</i> (L.) van Royen	Sapotaceae
Noni	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Rubiaceae
Ñame	<i>Dioscorea alata</i> L.	Disocoraceae
Oca	<i>Oxalis tuberosa</i> Mol	Oxalidaceae
Ocuje	<i>Calophyllum antillanum</i> (Britton)	Clusiaceae
Ojo de poeta	<i>Caesalpinia bahamensis</i> Lam	Caesalpinaceae
Oreganillo (oreganillo)	<i>Gardoquia gilliesii</i> Graham	Lamiaceae
Orégano (orejón)	<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour) Spreng	Lamiaceae
Oro azul	<i>Phylla strigillosa</i> (Mont y Gal.) Moldenke	Verbenaceae
Orquídea	<i>Catleya trianaei</i> Lineen et Reichb. f.	Orchidaceae
Pachulí	<i>Pogostemon patchouli</i> Pellet	Lamiaceae
Palma real	<i>Roystonea regia</i> (Kunth.) O.F. Cook	Arecaceae
Palo campeche	<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	Fabaceae
Palo de caja	<i>Allophylus cominia</i> (L.) Sw.	Sapindaceae
Paragüita	<i>Cyperus alternifolius</i> L.	Cyperaceae



Paraná (hierba bruja)	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Poaceae
Pasto de ovejo	<i>Bouteloua americana</i> (L.) Scribn	Poaceae
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum.) Pilg	Poaceae
Pata de gallina	<i>Eleusine Indica</i> (L.) Gaertn	Poaceae
Pendejera	<i>Solanum torvum</i> Sw.	Solanaceae
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae
Pepusa (peronil; abro; peonia)	<i>Abrus precatorius</i> L.	Fabaceae
Pera (poma rosa)	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & Perry	Myrtaceae
Perejil (condimento)	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nym	Apiaceae
Piña de ratón	<i>Bromelia pinguin</i> L.	Bromeliaceae
Piñón florido.	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Walp (Steud.)	Papilionaceae
Pitahaya	<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton y Rose	Cactaceae
Platanillo o hedionda	<i>Cassia occidentalis</i> L.	Fabaceae
Plátano burro	<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>burro censa</i> L.	Musaceae
Plátano fruta (banano)	<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>sapientum</i> L.	Musaceae
Plátano vianda	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae
Pringamoza (ortiga)	<i>Platygyne Hexandra</i> (Jacq.) Muell. Arg	Eriocaulaceae
Quimbombó	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	Malvaceae
Rabo de gato	<i>Sideretis scordioides</i> var. <i>angustifolia</i> (L.) Benth	Lamiaceae
Ricino (higuereta)	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae
Roble blanco	<i>Tabebuia angustata</i> Britton	Bignoniaceae
Roble prieto (ateje m.)	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Borraginaceae
Romerillo (amor s.)	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae
Rompezaraguey	<i>Chromalaena odorata</i> (L.) R. M. Kig & Rob	Asteraceae
Rompezaraguey sp	<i>Eupatorium odoratum</i> L.	Asteraceae
Rosa	<i>Rosa gallica</i> L.	Rosaceae
Sábila (aloe)	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm	Aloaceae
Sabina (sobina)	<i>Juniperus lucayana</i> Britton	Cupressaceae
Sagú	<i>Maranta arundinacea</i> L.	Marantaceae
Salvadera (catahua)	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae
Salvia	<i>Salvia officinalis</i> L.	Lamiaceae
Sanguinaria (hierba)	<i>Alternanthera caracasana</i> Kunth	Amaranthaceae
Santa maría (caisimón)	<i>Piper peltatum</i> L.	Piperaceae
Sésamo (ajonjolí)	<i>Sesamun orientale</i> L.	Pedaliaceae
Soja (soya)	<i>Glycine max</i> (L.) Merr	Fabaceae
Suelda consuelda	<i>Commelina elegans</i> H. B K.	Commelinaceae
Talantro	<i>Maba caribaea</i> , Hiern	Ebenaceae
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	Caesalpinacea
Tamarindo chino	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	Mimosaceae



Tanaceto	<i>Tanacetum vulgare</i> L. (Menthe Glaciele)	Asteraceae
Tapón (golondrina)	<i>Euphorbia pilulifera</i> L.	Euphorbiaceae
Tecomate (güira)	<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae
Tengue	<i>Poeppigia procera</i> , Presl	Caesalpiaceae
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i> (L.) Lam	Solanaceae
Tomatillo	<i>Physalis peruviana</i> (L.) Lam	Solanaceae
Tomillo (oreganito)	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae
Toronja	<i>Citrus paradisi</i> Macf	Rutaceae
Tostón (matapavo)	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Nyctaginaceae
Tupinambo	<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Asteraceae
Uña de gato	<i>Pisonia aculeata</i> L.	Nyctaginaceae
Uvita ( uva gomosa)	<i>Cordia alba</i> (Jacq.), Roem y Schult	Borraginaceae
Varía	<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Borraginaceae
Verbena	<i>Verbena officinalis</i> L.	Verbenaceae
Verbena blanca	<i>Verbena littoralis</i> (Kunth) H B.K.	Verbenaceae
Verbena morada	<i>Lantana scabrida</i> Sol	Verbenaceae
Verbena negra	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Verbenaceae
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae
Vicaria blanca	<i>Cathoranthus rosea</i> (L.) G. Don	Apocynaceae
Yagruma macho	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.), Decne y Planch	Araliaceae
Yagrumo (ambay)	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Cecropiaceae
Yamagua (yamao)	<i>Guarea trichiloides</i> L.	Meliaceae
Yana (mangle botón)	<i>Conocarpus erectus</i> L.	Combretaceae
Yerba de aura	<i>Sida pyramidata</i> Cav	Malvaceae
Yerba de guinea	<i>Panicum maximum</i> Jacq	Poaceae
Yuca	<i>Manihot esculentum</i> Crantz	Euphorbiaceae
Yute	<i>Urena lobata</i> L.	Malvaceae
Zapote	<i>Calocarpum sapota</i> Jacq	Sapotaceae
Zarza	<i>Rubus durus</i> C. Wright	Rosaceae



## Anexo 7.

Siglas de la relación de las especies arbóreas muestreadas para la determinación del carbono retenido en la “Finca La Loma”

### Especies evaluadas para el cálculo de retención de carbono

Nombre científico	Nombre vulgar	SIGLAS
<i>Persea americana</i> Mill	Aguacate	PERAM
<i>Eugenia jambos</i> (L.) Blanco	Albaricoque	EUJAM
<i>Samanea saman</i> Merr	Algarrobo	SAMSA
<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro	TERCA
<i>Annona squamosa</i> L.	Anón de ajo	ASQUA
<i>Erythrina peoppigiana</i> (Walp), A. F. Cook	Búcaro	ERYPE
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	TEOCA
<i>Castilloa elastica</i> , Cerv	Caucho	CASEL
<i>Castanea sativa</i> Mill	Fruta de pan	CASSA
<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	ANOMU
<i>Guazuma tomentosa</i> Kunth	Guácima	GUATO
<i>Psidium guajaba</i> L.	Guayaba	PSIGU
<i>Ficus crassinervia</i> Desv. ex. Willd	Jagiëy	FICRA
<i>Bucida buceras</i> L. ( <i>Bucida capitata</i> Vahl.)	Júcaro	BUCBU
<i>Citrus limonum</i> Risso	Limón	CILIM
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Witt	Ipil ipil	LEGLA
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	Majagua	HIBEL
<i>Mammea americana</i> L.	Mamey amarillo	MAMRI
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarina	CIRET
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	MANIN
<i>Arctocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Mapeen	ARTAL
<i>Citrus limetta</i> Risso	Lima	LIMET
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja dulce	CISID
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Walp. (Steud.)	Piñón florido	GLISE
<i>Hura crepitans</i> L.	Salvadera	HUCRE
<i>Poeppigia procera</i> Presl	Tenge	POPPO
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Yagruma	CECPA
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.), Decne y Planch	Yagrumo Macho	DIDMO
<i>Guarea trichiloides</i> L.	Yamagua	GUTRI
<i>Calocarpum sapota</i> Jacq	Zapote	CALSA
<i>Calophyllum antillanum</i> (Britton)	Ocuje	CALAN
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja agria	CISIA
<i>Coffea arabica</i> L.	Café	COFAR

**Anexo 8.**

Resultado del contenido de Materia Orgánica (MO) del suelo, encontrado en los diferentes subsistemas de la “Finca La Loma” al inicio y al final de la investigación (3 años)

<b>Subsistema</b>	<b>MO</b>	
	<b>%</b>	
	<b>Inicio</b>	<b>final</b>
1	3,10	3,93
2	3,62	4,07
3	3,56	4,00
4	4,24	4,42
5	3,48	3,62
6	3,67	3,86
7	3,10	3,66
<b>Media</b>	<b>3,54</b>	<b>3,94</b>
<b>Profundidad 10-20cm</b>		



## Anexo 9.

Escala estandarizada del valor de importancia (Vi) de la biodiversidad

Valor	Descripción de los componentes	
	Leguminosas para alimento humano (I); Leguminosas para alimento animal (VII); Energéticos para animales (VIII); Flores y plantas ornamentales (XII)	
	<b>I, VII, VIII</b>	<b>XII</b>
<b>0</b>	0 especies	0 -1 especie
<b>1</b>	1 especie	de 2-4 especies
<b>2</b>	2 especies	de 5-7 especies
<b>3</b>	3 especies o más	8 especies o más
	<b>Proteína de origen animal (II); Raíces y tubérculos (III); Vegetales (V)</b>	
	<b>II</b>	<b>III, V</b>
<b>0</b>	0 especies	0 especies
<b>1</b>	Especies que aporten carne	de 1-2 especies
<b>2</b>	Que aporten carne y huevos	de 3-4 especies
<b>3</b>	Que aporten carne, huevo y leche (otras)	Más de 4 especies
	<b>Cereales y Oleaginosas (IV); Frutas (VI)</b>	
	<b>IV</b>	<b>VI</b>
<b>0</b>	0 especies	0 especies
<b>1</b>	1 especie	de 1-3 especies
<b>2</b>	de 2-3 especies (1 oleaginosa)	de 4-6 especies
<b>3</b>	4 especies o más (algunas oleaginosas)	Más de 6 especies
	<b>Abonos verdes (IX); Medicinales y arvenses medicinales (XI)</b>	
	<b>IX</b>	<b>XI</b>
<b>0</b>	0 especies	0 especies
<b>1</b>	1 especie	de 1-2 especies de diferentes usos
<b>2</b>	2 especies	de 3-4 especies de diferentes usos
<b>3</b>	3 especies	Más de 4 especies y diferentes usos
	<b>Arvenses u otras especies de la sucesión (X)</b>	
<b>0</b>	Invasión total de una especie (impide el crecimiento de los cultivos)	
<b>1</b>	Dos especies agresivas dominando (alta dominancia)	
<b>2</b>	Tres especies dominando poco agresiva (poca dominancia)	
<b>3</b>	Sin especies altamente agresivas y poca infestación (sin dominancia)	
	<b>Maderables (árboles y arbustos) (XIII); Animales libres (XIV)</b>	
	<b>XIII</b>	<b>XIV</b>
<b>0</b>	0 especies	0 especies
<b>1</b>	de 1-5 especies	de 1-2 especies
<b>2</b>	de 6 - 10 especies	de 3 - 5 especies
<b>3</b>	de 11 - 15 especies	de 6 - 8 especies
<b>4</b>	de 16 - 20 especies	de 9 - 11 especies
<b>5</b>	21 especies o más	12 especies o más



### Anexo 10.

**Tablas de ponderación de valores de los indicadores para la valoración de los impactos, vinculados a las propuestas para el desarrollo agrario sobre bases sostenibles en condiciones de premontaña, aspectos cualitativos y cuantitativos**

- Referente a la biodiversidad (en este caso referido a la biodiversidad introducida al agroecosistema durante 3 años de investigación)

Ponderación cualitativa (valores del 0-10)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Entrega de semillas y su pérdida	0
Entrega de semillas	1
Entrega de semillas y siembra realizada	2
Entrega de semillas, siembra realizada y planta germinada	3
Logra crecimiento y desarrollo adecuado	4
Logra producción	5
Logra producción aceptable	6
Logra producción buena	7
Logra producción muy buena	8
Logra producción excelente	9
Logra producción excelente y sin pérdidas por conservación o procesamiento	10

- Se refiere a las técnicas agroecológicas introducidas

Ponderación cualitativa (valores del 0-10)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Se realiza la sugerencia y nunca se lleva a cabo (no se hace)	0
Intenta hacerlo, pero no se materializa (se pierde por alguna razón)	1
Intenta hacerlo, se materializa pero no produce	2
Intenta hacerlo, se materializa pero no llega a florecer	3
Intenta hacerlo, se materializa y llega a florecer	4
Intenta hacerlo, se materializa y llega a producir	5
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene mala producción	6
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene adecuada producción	7
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene buena producción	8
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene muy buena producción	9
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene excelente producción con procesamiento del material vegetal y buena semilla.	10



- Referente a la capacitación

Ponderación cualitativa (valores del 0-10)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Se realiza la sugerencia y nunca se lleva a cabo (no se hace)	0
Intenta hacerlo, pero no se materializa (no se puede dar)	1
Se realiza pero no se entiende (no surge efecto)	2
Se realiza y se entiende	3
Se realiza, se entiende y se aplica lo aprendido	4
Se aplica lo aprendido con resultados aceptables	5
Se aplica lo aprendido con buenos resultados	6
Se aplica lo aprendido con muy buenos resultados	7
Se aplica lo aprendido con excelente resultados	8
Se aplica lo aprendido y se comparte la experiencia con otros productores	9
Se aplica lo aprendido, se comparte la experiencia con otros productores con gran aceptación	10

- Referente a la contribución realizada a las propuestas gubernamentales

Ponderación cualitativa (valores del 0-10)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Se realiza la sugerencia y nunca se lleva a cabo (no se hace)	0
Intenta hacerlo, pero no se materializa (se pierde por alguna razón)	1
Intenta hacerlo, se materializa pero no produce	2
Intenta hacerlo, se materializa pero no llega a florecer	3
Intenta hacerlo, se materializa y llega a florecer	4
Intenta hacerlo, se materializa y llega a producir	5
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene mala producción	6
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene adecuada producción	7
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene buena producción	8
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene muy buena producción	9
Intenta hacerlo, se materializa, se obtiene excelente producción con procesamiento del material vegetal y buena semilla.	10



- Referente a las producciones obtenidas de los cultivos en asociación

Ponderación cuantitativa (valores del 0-1)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Valores de IET < 1	< 0,59
Valores de IET 1,0 – 1,09	0,6 – 0,69
Valores de IET 1,1 – 1,19	0,7 – 0,79
Valores de IET 1,2 – 1,29	0,8 – 0,89
Valores de IET 1,3 – 1,39	0,9 – 0,99
Valores de IET > 1,4	1

- Referente a la producción de leche

Ponderación cuantitativa (valores del 0-1)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Producción de leche menor a los 3 litros iniciales	< 0,6
Producción de leche con 1 litro más que la inicial	0,7
Producción de leche con 2 litros más que la inicial	0,8
Producción de leche con 3 litros más que la inicial	0,9
Producción de leche con 4 litros y más por encima de la inicial	1

## PUBLICACIONES Y EVENTOS CIENTÍFICOS

---

### PUBLICACIONES

- ✚ Revista Cultivos Tropicales: González, P. Y.; Galán, L. A. y Pino, P. O. 2014. Competencia por interferencia de *Helianthus annuus* L., asociado a *Solanum lycopersicum* L. bajo condiciones de campo. *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 4, pp. 28-35. ISSN impreso: 0258-5936, ISSN digital: 1819-4087
- ✚ Revista Cultivos Tropicales: González, P. Y.; Pino, P. O.; Leyva, G. A.; Antonioli, I. Z.; Arévalo, R. A.; Gómez, M. Y. y Pavón, R. M. I. 2015. Efecto de extractos acuosos de *Helianthus annuus* L. sobre el crecimiento de *Solanum lycopersicum* L. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 4, pp. 28-34. ISSN impreso: 0258-5936, ISSN digital: 1819-4087.
- ✚ Autoría conjunta del libro: Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I.; Álvarez, P. R. J.; Gonzalez, P. Y. y Bojórquez, B. G. 2012. Biología de ROOEX-*Rottboellia exaltata* L. F. Nomenclatura Origen Hábitat y Distribución. Edición brasilera de Enero 2012, 230 p.
- ✚ Autoría conjunta del libro: Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I.; Arévalo Cordero, L. U.; Chaila, S. Sobrero, M. T. y Gonzáles Perigó, Y. 2014. Interacciones de desastres naturales en la agricultura. España. EAE Publishing, 100 p. ISBN 978-3-659-0-6107-3.

### EVENTOS CIENTÍFICOS

- ✚ XVII Congreso Científico del INCA 2010: Yaniuska González Perigó; Ángel Leyva Galán; Oriela Pino Pérez; Roaldy Medina Cobas y Yanara Gómez Matos. **Estudio de las interferencias del *Helianthus annuus* L. en asociación con *Solanum lycopersicum* L.**
- ✚ IV Congreso Nacional de Ciencias del Suelo. Universidad Federal de Santa María, Brasil Noviembre del 2010: Conferencia: **La agroecología en Cuba. Manejo de ecosistemas y los recursos naturales.**

## PUBLICACIONES Y EVENTOS CIENTÍFICOS

---

- ✚ Segundo Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos. Mar de Plata, Argentina del 18 al 20 de Abril del 2011: Yaniuska González Perigó; Yanara Gómez Matos; Odalis Hernández Aranda y Ángel Leyva Galán. **Estudio del crecimiento del Guayacán Negro (*Guaiacum officinalis* L.) en vivero con el empleo de micorriza sobre diferentes sustratos.**
- ✚ VII Conferencia Científica Internacional Medio Ambiente siglo XXI (MAS XXI 2011): Yaniuska González Perigó; Yunieyi Castillo Rivera; Ángel Leyva Galán. **La agrobiodiversidad de los agroecosistemas campesinos, su relación con el secuestro de carbono en busca de alternativas para el cambio climático: estudio de caso “Finca La Loma”.**
- ✚ VI Taller Internacional de Agricultura Sostenible en ecosistemas frágiles. Agricultura e Identidad. Universidad de Guantánamo, 2011: Coordinadora del 1<sup>er</sup> Taller de plantas auxiliaadoras de la agricultura. Yaniuska González Perigó y Roberto Antonio Arebalo. Conferencia: **El uso de las plantas auxiliaadoras caracterización y manejo.**
- ✚ XVIII Congreso Científico del INCA 2012: Yaniuska González Perigó; Ángel Leyva Galán y Oriela Pino Pérez. **Interferencias del *Helianthus annuus* L. sobre *Solanum lycopersicum* L. en asociación, bajo condiciones de campo.**
- ✚ XXI Congreso Latinoamericano de Malezas (ALAM), 2013: González, P. Y.; Bojórquez, B. G.; Galán, L. A.; Vaz-Pereira, J. C. D.; Bertocini, E. I.; Arévalo Cordero, L. U.; Inv. Arévalo, R. A. **Binomios de peores arvenses *Poaceae* de *Saccharum* spp. en Cuba. Una revisión.**
- ✚ Congreso del INISAV 2014: Yaniuska González Perigó; Oriela Pino Pérez; Ángel Leyva Galán; Zaida Ines Antonioli, Roberto Antonio Arevalo, María Isabel Pavón Rosales y Yanara Gómez Matos. **Efecto de extractos de *Helianthus annuus* L. sobre el crecimiento de *Solanum lycopersicum* L. para su obtención como insecticida natural.** (Effect on growth of *Solanum lycopersicum* L. the extracts of *Helianthus annuus* L. for their obtaining like natural insecticide.)

# PONENCIAS

---

## **PONENCIAS RELACIONADAS CON EL TEMA DE TESIS**

- ✚ Universidad Federal de Santa María, Brasil Noviembre del 2010: La agroecología en Cuba. Estudio de caso en un agroecosistema montañoso de Guantánamo, Cuba.
- ✚ Las Villas, MAS XXI 2011: La agrobiodiversidad de los agroecosistemas campesinos, su relación con el secuestro de carbono en busca de alternativas para el cambio climático. Estudio de caso “Finca La Loma”.
- ✚ Universidad de Guantánamo 2011: Manejo funcional de un agroecosistema montañoso y su orientación prospectiva hacia la sostenibilidad. Rol de la Agrobiodiversidad.