



IES Instituto de Ecología y Sistemática

Carretera de Varona No. 11835 entre Oriente y Lindero, Reparto Parajón, Municipio Boyeros, La Habana 19 C.P. 11900, Cuba.

Teléfonos (537) 7643-8088, 7643-8266, 7643-8010 Fax (537)643-8090,

e-mail: dirección.@ecologia..cu

sitio web: www.ecosis.cu

INFORME DE EXPEDICIÓN A LA EMPRESA AGRÍCOLA GUIRA DE MELENA SOBRE EL ESTADO DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN ÁREAS RELACIONADAS CON EL RECURSO AGUA DE INTERÉS PARA PROYECTO 2-OP15

PROYECTO NACIONAL CONTRAPARTE: “Conservación y uso sostenible de la Diversidad Biológica en ecosistemas Forestales y ganaderos bajo Manejo Sostenible de Tierras (MST) en Guamuhaya y Cuenca del Cauto”. PROGRAMA: USO SOSTENIBLE DE LOS COMPONENTES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN CUBA. Instituto de Ecología y Sistemática, AMA_CITMA.

Editora: Lucia Hechavarria Schwesinger, Herbario Nacional de Cuba (HAC)

AUTORES

- 1. Ricardo Rosa Angulo, Herbario Nacional de Cuba (HAC): Diversidad Vegetal.**
- 2. Ramona Oviedo Prieto, Herbario Nacional de Cuba (HAC): Diversidad Vegetal.**
- 3. Diana Rodríguez Cala, Herbario Nacional de Cuba (HAC): Diversidad Vegetal.**
- 4. Eduardo Furrázola y Yamir Torres, Micología: Micorrizas.**
- 5. Grisel Cabrera, Ecología funcional: Macrofauna del suelo.**
- 6. René Barba Díaz, Colecciones Biológicas: Invertebrados Terrestres.**
- 7. Maikel Cañizares Morera, Zoología: Aves.**
- 8. Reinaldo Cun, IAgri-MINAG**

20 al 22/03/2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIALES Y MÉTODOS	3
<i>Diversidad vegetal</i>	5
<i>Micorrizas</i>	5
<i>Macrofauna del suelo</i>	6
<i>Invertebrados Terrestres</i>	7
<i>Aves</i>	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
<i>Diversidad vegetal</i>	7
<i>Micorrizas</i>	10
<i>Macrofauna del suelo</i>	13
<i>Invertebrados Terrestres</i>	15
<i>Aves</i>	16
CONCLUSIONES.....	17
RECOMENDACIONES.....	18
LITERATURA CITADA	20
ANEXO 1. INVENTARIO DE FLORA.....	22
ANEXO 2. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE LA MACROFAUNA DEL SUELO	24
ANEXO 3. INVENTARIO DE AVES	26
ANEXO 4. MATRIZ DE CONTENIDO PLAN DEMANEJO	28

INTRODUCCIÓN

La degradación de tierras en Cuba, incluyendo la erosión de los suelos, el aumento de la salinidad, la compactación y la acidificación, y la pérdida de materia orgánica y de fertilidad de los suelos, es causa y consecuencia de la pérdida de Diversidad Biológica. Debido a esta pérdida de biodiversidad, se afectan las funciones y resiliencia de los ecosistemas, así como disminuye la producción de bienes y servicios de los mismos. Esta situación impone impactos nocivos en los medios de vida de comunidades locales y estimula tendencias socioeconómicas ambientalmente insostenibles. La utilización sostenible de la diversidad biológica es medular para el desarrollo social y económico y los sistemas de gestión ambiental deben tener en cuenta esta premisa.

El Programa de Asociación de País CPP_OP15, en apoyo al Plan Nacional para la lucha contra la desertificación y la sequía en Cuba, tiene como objetivo mitigar las causas y los efectos negativos de la degradación de la tierra sobre la estructura y la integridad funcional de los ecosistemas, mediante prácticas de Manejo Sostenible de las Tierras. El Manejo sostenible de Tierras, como indicador ambiental, es un modelo de trabajo adaptable a las condiciones de un entorno específico, que permite el uso de los recursos disponibles en función de un desarrollo socio económico que garantice la satisfacción de las necesidades crecientes de la sociedad, el mantenimiento de las capacidades de los ecosistemas y su resiliencia. El diagnóstico del estado de la biodiversidad es uno de los indicadores del MST que no sólo permite saber qué biodiversidad albergan las tierras bajo MST, sino también su tendencia y propone medidas y soluciones alternativas para la conservación y uso sostenible de la Diversidad Biológica, que promuevan la producción y uso racional de bienes y servicios ecosistémicos en áreas de Manejo Sostenible de Tierras (MST).

El territorio de Güira de Melena está fundamentalmente ocupado por cultivos varios. Los cultivos varios son sistemas manejados bajo prácticas convencionales de laboreo intensivo, uso de maquinarias, plaguicidas y fertilizantes químicos, que por lo general se declaran en la literatura como prácticas agrícolas con un impacto negativo sobre la biodiversidad (Ruiz *et al.*, 2008). Teniendo en cuenta esta situación se realizó una expedición (20-22 de marzo de 2017) a la Empresa Agropecuaria Oeste de La Habana del municipio Güira de Melena, Provincia Mayabeque con el objetivo de diagnosticar el estado de la biodiversidad en sitios donde se encuentran los canales y embalses que garantizan el abastecimiento de agua a los campos de cultivos de la región de Estos son sitios demostrativos del Proyecto 2-OP15 "Fortalecimiento de capacidades para la coordinación de información, y los sistemas de monitoreo/ MST en áreas con problemas de manejo de los recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El diagnóstico se realizó durante los días 20, 21 y 22 de marzo de 2017, en sitios de la Empresa Agropecuaria Oeste de La Habana del municipio Güira de Melena, Provincia Mayabeque. El muestreo se realizó en 12 sitios donde se encuentran los canales y embalses que garantizan el abastecimiento de agua a los campos de cultivos de la región (Figura 1):

1. Etiopía 2- Embalse Güira 2 (N 22°,47',15.77"; O -82°,30',1.34")
2. Etiopía 1 (N 22°,47',13.45"; O -82°,29',34.75")
3. La Pimienta (N 22°,47',27.52"; O -82°,28',34.25")
4. Güira 1 (N 22°,48',12.13"; O -82°,28',23.43")

5. Etiopía 3 (N 22°,46',53.72"; O -82°,30',16.69")
6. Laguna de oxidación (N 22°,46',52.91"; O -82°,30',25.48")
7. Embalse Cuba-Jamaica (N 22°,44',58.40"; O -82°,30',14.94")
8. Ignacio Brito (N 22°,44',42.97"; O -82°,29',52.99")
9. Pasio (N 22°,44',31.73"; O -82°,29',32.69")
10. La Morenita 1 (N 22°,43',45.27"; O -82°,29',18.30")
11. Dique Sur (N 22°,41',28.61"; O -82°,27',57.08")
12. Bosque Martiano (N 22°,48',56.79"; O -82°,30',4.80")

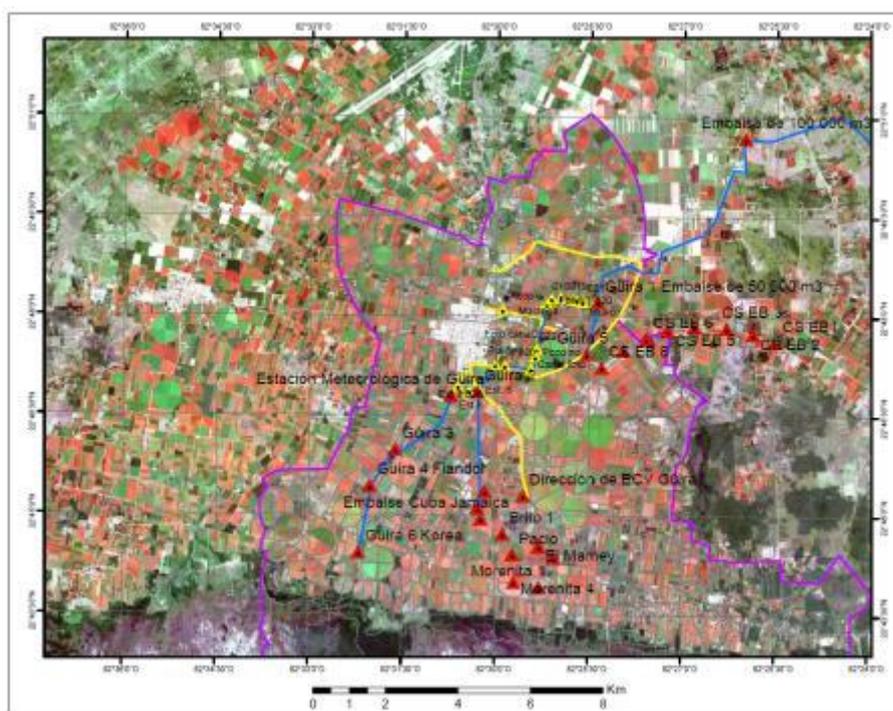


Figura 1: Sitios visitados en Güira de Melena, Artemisa, Cuba.

Los principales producciones de la Empresa son la papa, la malanga, el plátano, la yuca y el boniato, los cuales son rotados con frijol, maíz y calabaza, en suelo ferralítico rojo.

Este informe está basado en el monitoreo de grupos taxonómicos claves, en la época de seca, que sirven para diagnosticar el estado de conservación de la Diversidad Biológica y su tendencia en áreas bajo Manejo Sostenible de Tierras:

1. Diversidad Vegetal. Entre estos indicadores se pueden citar el porcentaje y calidad de la cobertura vegetal, la composición florística y abundancia de especies indicadoras como ciertas endémicas, nativas y/o invasoras, o de grupos funcionales como las especies expansivas, ruderales, melíferas, pioneras, de estadios sucesionales tardíos, etc. (Pérez-Camacho *et al.*, en preparación).

2. Micorrizas. Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) representan un gran potencial para ser utilizados en las prácticas bioagrícolas (Fernández, 1999) debido a su conocida capacidad para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas (Marschner y Dell, 1994). Sin embargo el papel natural de estos hongos puede verse minimizado ante una agricultura intensiva (Kabir, 2005, Curaqueo *et al.*, 2011 y Mirás-Avalos *et al.*, 2011) debido a que las comunidades microbianas en los sistemas agrícolas convencionales se ven modificadas debido al arado de los campos (McGonigle y

Miller, 1996; Sturz *et al.* 1997) y la aplicación de altas dosis de fertilizantes inorgánicos, herbicidas y pesticidas (Gianinazzi y Schüep, 1994).

3. Invertebrados Terrestres y Macro fauna del suelo. La macrofauna edáfica regula diferentes procesos que determinan la calidad y la fertilidad de los suelos en sistemas naturales, agrícolas y forestales. Entre estos procesos y servicios ecosistémicos se pueden citar: el reciclaje de nutrientes, el inicio de la descomposición de los restos vegetales que componen la hojarasca y la conservación de la estructura del terreno. Su impacto radica fundamentalmente en su contribución a la formación de poros, a la infiltración de agua y a la humificación y mineralización de la materia orgánica (Swift *et al.*, 2012). la comunidad original de la fauna edáfica es muy sensible a las perturbaciones naturales y antrópicas del entorno, que le provoca pérdida de especies y variaciones en su composición taxonómica, su abundancia y estructura funcional. Precisamente la variación de la fauna del suelo en corto período de tiempo debido a los cambios de cobertura y transformación en la vegetación, su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo y también la función ecológica que desempeña, son elementos que la justifican para indicar el impacto del uso de la tierra y la calidad del ambiente edáfico (McGeoch *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2008; De Vries *et al.*, 2013).

4. Invertebrados Terrestres. Los invertebrados constituyen el grupo zoológico más diverso del planeta, llegando a representar hasta el 95% de las especies animales. Estos realizan importantes funciones en los ecosistemas donde habitan entre los que se incluyen la polinización, el reaprovechamiento de los nutrientes del suelo, constituyen plagas de importancia económica y a su vez actúan como controles biológicos de las mismas, entre otros.

5. Aves como grupo blanco (Feinsinger 2004). Las poblaciones de aves residentes y migratorias conforman grupos importantes dentro de los diferentes ecosistemas en todas las regiones del mundo por las funciones que realizan dentro de estos como controladores biológicos, diseminadores de semillas, polinizadores y como parte del equilibrio ecológico y del ciclo biológico. Además, constituyen recursos económicos de gran valor para el hombre tanto en relación con su alimentación y recreación (cinegética y turismo de observación de aves), como en diferentes acciones relacionadas con la agricultura. Por otra parte, ante los cambios globales que se están produciendo, las aves pueden constituir indicadores biológicos importantes para determinar las afectaciones en los diferentes ecosistemas.

Diversidad vegetal

Se realizó un inventario rápido de plantas y se caracterizó la vegetación. En el inventario se tuvo en cuenta el nombre vulgar de la especie, así como la categoría según origen biogeográfico (exótica, nativa o endémica), comportamiento (invasora, ruderal, expansiva) y IUCN en Cuba (solo para especies nativas y endémicas). Para la asignación de las categorías se usó el criterio de Oviedo y González-Oliva (2015) y González-Torres *et al.* (2016). Además, se contempló si las especies son pioneras o no o brindan algún servicio para los tenientes de tierra, como las melíferas y maderables, etc. (Roig, 1964; Herrera-Peraza *et al.*, inédito).

Micorrizas

Fueron muestreados cinco agroecosistemas correspondientes a similar cantidad de cultivos: yuca, papa, plátano, maíz y malanga. Se tomaron tres puntos de muestreos al azar dentro de cada campo para analizar las comunidades de hongos MA presentes. Como “controles” o ecosistemas más conservados se tomó el borde del campo del sembrado de yuca muestreado, donde existían, almácigo, café, leucaena, ocuje, y numerosas gramíneas, entre otras especies (definido como

Cafetal), las cuales deben aportar un mayor número de nichos funcionales para estos hongos que los monocultivos antes mencionados. El otro ecosistema “control” fue el Bosque Martiano cercano al Motel “Las Yagrumas”. Las muestras de suelo fueron envasadas en bolsas de polietileno, puestas a secar a temperatura ambiente para evitar la germinación de las esporas y el ataque de otros microorganismos del suelo y trasladadas posteriormente al laboratorio de micorrizas del IES.

Dichas muestras fueron procesadas de acuerdo con la metodología de tamizado de una suspensión de suelo en agua (*wet sieving and decanting*) de Gerdemann y Nicolson (1963) modificado por Herrera et al. (2004) para obtener las esporas de los hongos MA lo más limpias posibles de detritos, otros restos orgánicos y suelo. Dichas esporas se obtuvieron finalmente por centrifugación en un gradiente de sacarosa concentrado (2M) de acuerdo con Sieverding (1991). Los caracteres morfológicos de las esporas y la estructura de sus paredes se estudiaron mediante su montaje en portaobjetos con polivinilalcohol/ácido láctico/glicerol (PVLG) y su mezcla con el reactivo de Melzer (1:1, v/v). Los caracteres morfológicos fueron evaluados en un microscopio CARL ZEISS-AXIOSKOP 2 mediante la técnica de Contraste de Interferencia Diferencial (*Differential Interference of Contrast* DIC, por sus siglas en inglés). La identificación taxonómica de las especies y o morfoespecies de HMA se realizó de acuerdo con el Manual de Schenck y Perez (1990), Błaszowski (2012) y la información disponible en la página web de la Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesícula Arbusculares (INVAM, 2017), así como a través de la consulta de los ejemplares depositados en Herbario de la Academia de Ciencias, radicado en el IES-CITMA, donde existen más de 3 000 muestras de hongos glomeromicetos y una colección de 24 000 imágenes. Se realizaron microfotografías de las especies dominantes y/o más conspicuas por ecosistemas

Para evaluar la diversidad alfa en cada uno de los ecosistemas se calculó la riqueza de Margalef (D_{Mg}) que se fundamenta en la medida del número de especies en una unidad de muestreo definida. Basado tanto en la riqueza como en la distribución de las abundancias entre las especies (equitatividad o uniformidad), se calculó el índice de diversidad de Shannon (H'). Además se calcularon la dominancia y la equitatividad (E) (Pielou, 1969) que se basa en el índice de Shannon (Magurran, 1989). Las fórmulas de los índices son las siguientes:

Riqueza de Margalef: $D_{Mg} = (S-1) / \ln N$, donde S : número de especies recolectadas y N : número total de individuos.

Diversidad de Shannon: $H' = -\sum p_i \ln p_i$, donde p_i (proporción de individuos de la i ésima especie) = n_i/N , n_i : número de individuos de la i ésima especie y N : número de individuos de todas las especies.

Dominancia = $1 - D$ el índice de Simpson. Se mueve en el rango de 0 (todos los taxa están igualmente presentes) a 1 (un taxon domina la comunidad completamente). $D = \sum \left(\frac{n_i}{n}\right)^2$ donde n_i es el número de individuos del taxon i .

Equitatividad: $E = H' / H_{m\acute{a}x} = H' / \ln S$ donde H' : diversidad de Shannon y S : riqueza de especies.

Macrofauna del suelo

La recolección de la macrofauna se realizó según el método estándar declarado por el Programa Internacional “Biología y Fertilidad del Suelo Tropical” o TSBF (Anderson e Ingram, 1993; Lavelle et al., 2003). Bajo esta metodología, se extrajeron ocho monolitos de suelo de 25 x 25 x 30 cm, distanciados en al menos 20 metros, dentro de un transecto diagonal con dirección al azar. La

macrofauna se recolectó manualmente *in situ*, temprano en la mañana y se preservó en alcohol 75%, excepto las lombrices que se conservaron en formol 4%.

Invertebrados Terrestres

El método de recolecta que se utilizó fue el de recolecta directa de los ejemplares con pinzas o un pincel embebido en alcohol al 75-80% y se guardaban en frascos con el mismo líquido para su conservación y posterior procesamiento en el laboratorio. Cuando las condiciones de los diferentes sitios lo permitían, se muestrearon los sustratos bajo piedra, bajo corteza y hojarasca.

Aves

El método utilizado para la identificación de las especies de aves fue el conteo por puntos según Waide y Wunderle (1989), debido a la alta movilidad de la mayoría de las especies de aves y al método de trabajo, que requirió el traslado de los investigadores por diferentes áreas en un mismo día. Las observaciones se realizaron desde las 8:00 hasta las 11:00 am y desde las 15:00 hasta las 18:00 horas. En cada área de muestreo se seleccionaron puntos de manera aleatoria y con la ayuda de binoculares (Nikon Monach 8x10) fueron identificadas todos los individuos vistos o escuchados en el área seleccionada. Adicionalmente, se emplearon cámaras fotográficas digitales para confirmar la identificación de las especies más difíciles. Todas las observaciones fueron registradas utilizando eBird, la app para Smartphone del Lab. Ornitología de Cornell (www.ebird.com), que proporciona una forma rápida, cómoda y precisa de registrar todos los avistamientos de aves y que tributa a una base de datos mundial que a su vez valida los resultados de cada muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad vegetal

En todos los lugares visitados la vegetación asociada a campos de cultivo es escasa, con valores de cobertura elemental casi nulos. El sitio con mayor cobertura (menos de 50 %) se ubicó alrededor del embalse Güira 1, único lugar donde se detectó un bosque y un matorral. En todos los casos predominan la cobertura pertenece predominantemente a plantas exóticas e invasoras, como *Acacia farnesiana* (aroma amarilla), *Albizia lebbbeck* (algarrobo de olor) y *Leucaena leucocephala* (ipil-ipil) y varias especies de gramíneas. De todas, *Acacia farnesiana* y *Albizia lebbbeck* son las más preocupantes, porque son dominantes en los terrenos baldíos que se encuentran entre campos de cultivos o en montes periféricos a los canales y embalses (Figura 2). También son muy abundantes hierbas exóticas y ruderales como varias gramíneas y asteráceas (*Parthenium hysterophorus*). Por tanto, la cobertura vegetal nativa es prácticamente nula.

Se pudieron identificar 29 especies, de las cuales 16 son exóticas (58 %) y 12 son nativas (42 %). La mayoría de las especies exóticas son invasoras (Anexo 1). En el caso de las nativas, ninguna posee una categoría de amenaza según los criterios de la UICN, pues la mayoría son especies resistentes a alteraciones drásticas del entorno o son usadas por la comunidad. Tal es el caso de *Bursera simaruba* (almácigo) y *Cordia gerascanthus* (baría).

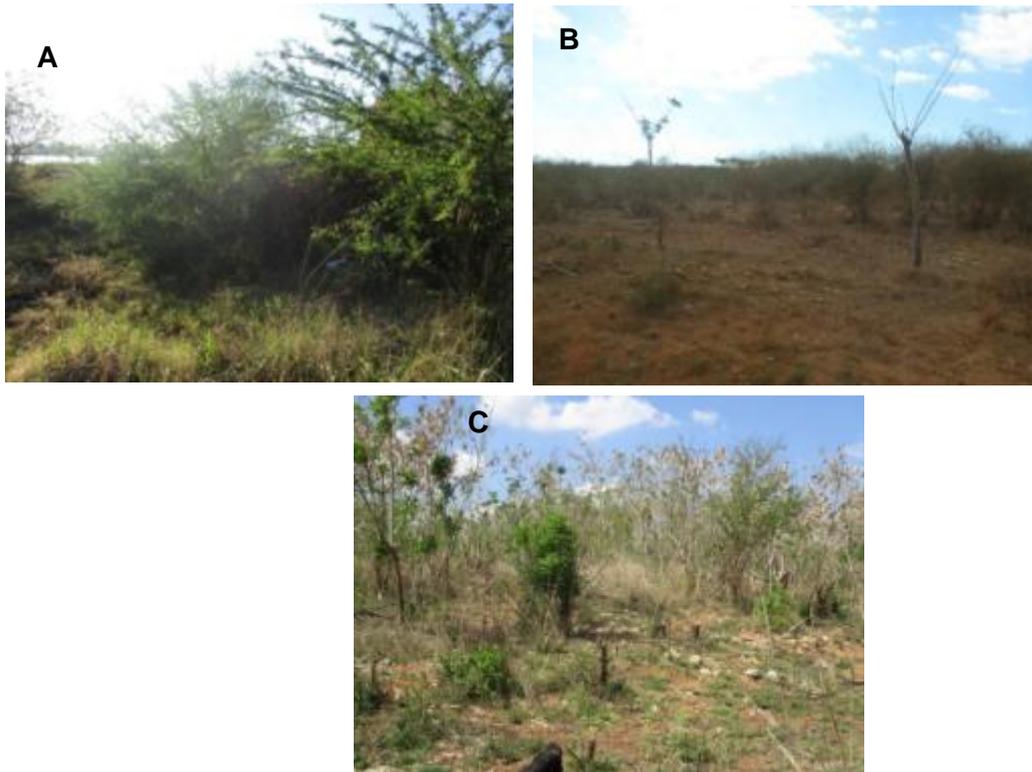


Figura 2: Especies exóticas dominando terrenos baldíos entre zonas de cultivo. A y B, *Acacia farnesiana* en Embalse Güira2-Motor Etiópia3 y en Ignacio Brito, respectivamente. C, *Albizia lebbek* en Monte San Miguel, ubicado alrededor del embalse regulador Güira1.

La mayoría de las cercas vivas vistas son monoespecíficas de *Ficus auriculata* (piñón mexicano), especie de árbol considerado como potencial invasor en Cuba. Incluso, se detectó una cerca viva con un pariente exótico (*Citharexylum ellipticum*) de una especie nativa típica de la región, pero en las zonas más bajas (*Citharexylum spinosum*, canilla de venado). Se registraron pocas cercas vivas con especies nativas como *Bursera simaruba* (almácigo) y *Ceiba pentandra* (ceiba) en La Pimienta. Además, se encontró solo una plantación de frutal en Morenita1. Esta plantación es monoespecífica, con pastoreo de ganado asociado (Figura 3).



Figura 3: Plantación de mango en Morenita1.

Se deben destacar además varios elementos que debilitan aún más la resiliencia de estas zonas y que influyen negativamente sobre la agricultura: quema intencional y accidental periódica (Figura 4A), suelos altamente compactados y erosionados (Figura 4B) y con claras evidencias de salinización

(Figura 4C), contaminación por desechos sólidos (Figura 4D). Además, la fragmentación del paisaje y la falta de conectividad entre los pocos parches de monte que quedan son muy altas.

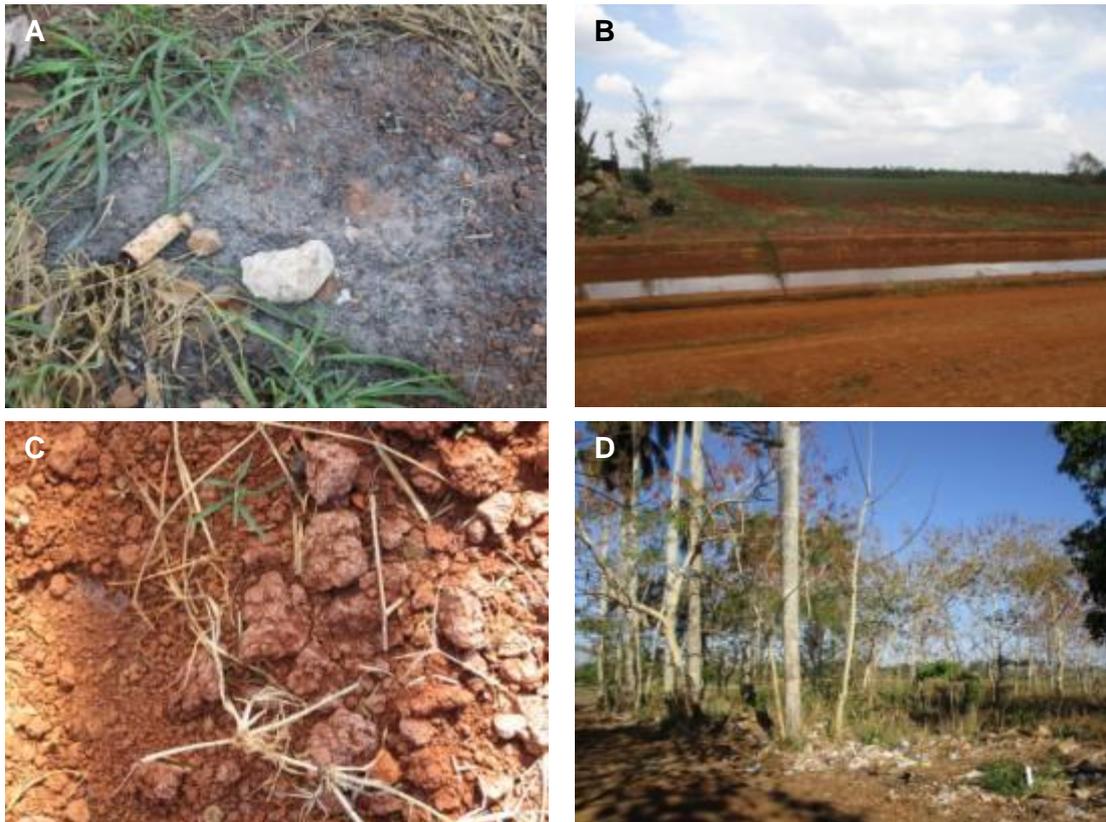


Figura 4: Características de los sitios visitados que afectan negativamente la resiliencia de las zonas. A, quema. B, suelos compactados y erosionados. C, huellas de sal en el suelo. D, vertederos de desechos sólidos.

Los canales están en su mayoría secos y cubiertos de vegetación. Incluso, se registró un embalse regulador completamente cubierto de vegetación en La Pimienta (Figura 5). Además, los canales y embalses con agua tienen alto porcentaje de cobertura de una especie de *Myriophyllum* sp. (Figura 6), que probablemente sea exótica y peligrosa, pues la densa madeja que forman sus largos tallos ha provocado la muerte de personas por ahogamiento.

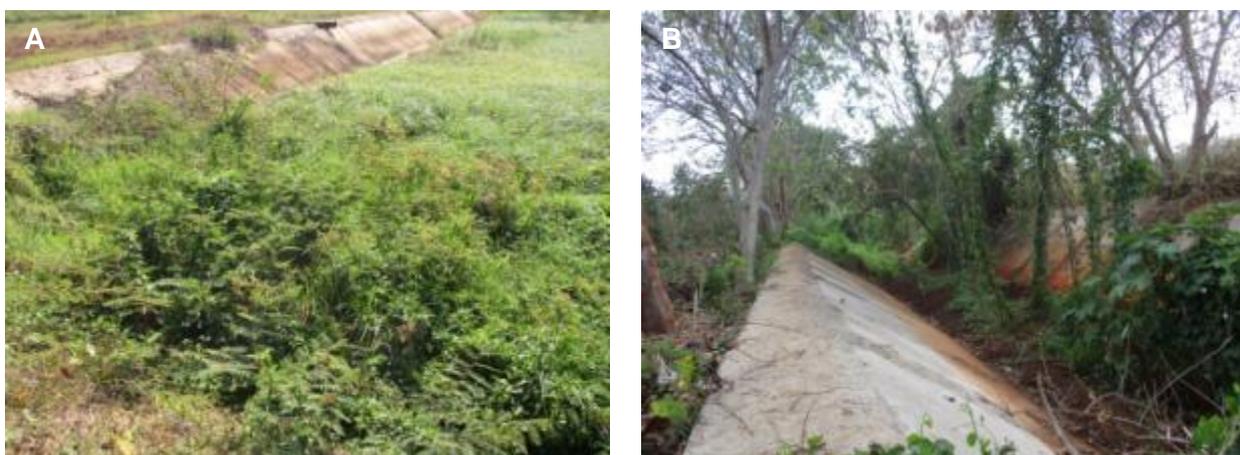


Figura 5: Fuentes de riego secas y totalmente cubiertas de vegetación, en su mayoría compuesta por plantas exóticas. A, embalse. B, canal.



Figura 6: *Myriophyllum* sp. cubriendo el canal de embalse Güira2 con motor Etiopía3.

Se recomienda restaurar los terrenos baldíos entre zonas de cultivos, de forma tal que sean parches de bosques que conecten el paisaje agrícola de la región. Se podría comenzar con el pequeño parche de bosque martiano (-82, 50133411; 22, 81577561) a la salida de Güira. Para ello se debe erradicar la quema y vertimiento de basura, controlar la compactación del suelo, y reemplazar las especies exóticas por nativas. Además, se sugiere reemplazar las actuales cercas vivas por otras compuestas por varias especies nativas. Por otro lado, se sugiere que las plantaciones de frutales no sean mono-específicas, y pasar paulatinamente a aplicar los métodos de la agricultura de conservación con el objetivo de optimizar el uso de los recursos naturales escasos como el suelo y el agua.

Para controlar la expansión de la hierba acuática *Myriophyllum* sp. se recomienda extraer mecánica o manualmente los tallos en el período de máxima sequía y secar totalmente la biomasa sobre una superficie de concreto, sobre nylon de polietileno u otro material que la mantenga separada del suelo sin depositarla en zonas húmedas (Oviedo y Chateloin, 2011). Estas acciones se deben realizar primero en todos los canales y después en los embalses.

Micorrizas



Figura 7: Buscando muestras de micorrizas en cultivo de malanga.

Se observaron un total de 39 especies y/o morfo especies de hongos micorrizógenos arbusculares distribuidas en los siete ecosistemas estudiados, de ellas, ocho fueron identificadas hasta el nivel de especies (Tabla 1). Ocho de los morfo tipos estudiados no pudieron ser identificados hasta el nivel de género por el bajo número de esporas disponibles o por encontrarse en un estado de conservación

que no permitió su identificación definitiva. Se observó la presencia de cinco familias: Acaulosporaceae, Archaeosporaceae, Entrophosporaceae, Gigasporaceae y Glomeraceae y los géneros *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Entrophospora*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Glomus*. Existió un predominio del género *Glomus* con 17 especies y/o morfo especies, seguido de *Acaulospora* con seis.

Tabla 1. Lista de especies de HMA observadas en los agroecosistemas estudiados

		Papa	Malanga	Maíz	Plátano	Yuca	Café	Bos. Mart.
1	<i>Ac. scrobiculata</i>	0	0	0	60	0	0	0
2	<i>Ac. denticulata</i>	0	0	0	20	0	0	0
3	<i>Ac. ornamentada</i> pared interna sp. 1	0	20	0	0	0	0	0
4	<i>Ac. parda</i> espinosa	0	0	0	40	0	0	0
5	<i>Acaulospora rehmii</i>	0	20	0	0	0	0	0
6	Amarilla sucia par internas	0	40	0	0	0	60	0
7	<i>Archaeospora trapeii</i>	0	0	0	0	20	20	0
8	Blanco enano hialino	0	20	0	0	0	0	0
9	<i>Entrophospora</i> sp.	0	0	20	0	0	0	0
10	Espora blanca ornamentada	0	0	0	0	20	20	0
11	Espora c/ espinas y par interior	0	40	0	0	0	0	0
12	Espora espinosa	20	0	0	0	20	0	0
13	Espora rara con compartimientos	0	0	0	60	0	0	20
14	Espora rara ornamentada	0	0	0	0	20	20	0
15	Espora sucia pared irreg.	40	0	0	0	0	0	0
16	<i>Funneliformis claroideum</i>	180	340	0	0	0	0	0
17	<i>Funneliformis mosseae</i>	320	20	160	0	0	0	0
18	<i>Funneliformis constrictum</i>	0	0	0	0	20	20	0
19	<i>Funneliformis geosporum</i>	20	0	0	0	0	0	0
20	<i>Gigaspora</i> sp. 1	20	0	0	0	0	0	0
21	<i>Glomus</i> pardo chiq esporoforo grueso	0	20	0	0	0	0	0
22	<i>Glomus</i> ama grande pared quebradiza	0	40	20	0	0	0	0
23	<i>Glomus</i> amarillo	0	0	40	120	80	240	20
24	<i>Glomus</i> amarillo limpio	0	0	40	20	0	0	0
25	<i>Glomus</i> amarillo en ramillete	0	0	2660	0	0	0	0
26	<i>Glomus</i> blanco limpio enano	40	20	0	0	0	0	0
27	<i>Glomus</i> blanco pared ancha blanca	20	0	0	0	0	0	0
28	<i>Glomus</i> blanco pared fina	20	20	0	0	0	0	0
29	<i>Glomus</i> blanco sucio	0	0	60	20	0	0	40
30	<i>Glomus</i> pardo	0	0	0	0	40	20	80
31	<i>Glomus</i> pardo amar esporof ancho	0	40	0	0	0	0	0
32	<i>Glomus</i> pardo gotas lípidos	20	0	20	20	40	0	40
33	<i>Glomus</i> pardo-amarillo chiquito	0	0	20	0	0	20	0
34	<i>Glomus</i> pepino	0	0	0	0	0	20	0
35	<i>Glomus</i> rojo enano	0	20	0	0	20	200	60

36	<i>Glomus</i> sp en esporocarpio sp. 1	40	0	0	0	0	0	0
37	<i>Glomus</i> sp. en Esporocarpio sp. 2	0	60	0	0	0	0	0
38	<i>Pacispora</i> cf. sp. 1	400	720	740	1100	600	940	240
39	<i>Rhizoglyphus intraradices</i>	0	0	0	40	0	40	0
	No. de especies	12	15	10	10	10	12	7
	Total	1140	1440	3780	1500	880	1620	500

Entre los morfotipos encontrados pueden encontrarse nuevos reportes para Cuba y especies Nuevas para la Ciencia, pero para ello será necesario profundizar en el estudio taxonómico de las esporas aisladas.

El campo donde se encontraba el cultivo de malanga fue el que presentó la mayor riqueza de estos hongos con 15 especies, seguido de aquellos donde se encontraban la papa y el café, mientras la riqueza más baja fue observada en el Bosque, con solo 7 especies.

En relación con la densidad de esporas en el suelo la mayor densidad se observó en el cultivo del maíz con 3780 esporas.100 g⁻¹ seguido del café y el plátano por ese orden con 1620 y 1500 esporas.100g⁻¹ respectivamente; la menor densidad fue observada nuevamente en el bosque martiano con solo 500 esporas.100g⁻¹.

En cuanto a los índices de diversidad la mayor diversidad de hongos MA se observó en la papa con 1,79, seguida de la malanga con 1,69 y el bosque martiano con 1,52 (Tabla 2). La mayor dominancia se expresó en al cultivo del plátano con 0,55, seguido del maíz y la yuca con 0,53 y 0,48 respectivamente. La mayor equitatividad o similar reparto de las especies ocurrió en el bosque martiano con 0,65, seguido del campo sembrado de papa con 0,50 y la malanga 0,36.

Tabla 2. Índices de diversidad calculados para los diferentes ecosistemas estudiados

	Papa	Malanga	Maiz	Plátano	Yuca	Café	Bosque Mart.
Taxa_(No. especies)	12	15	10	10	10	12	7
Densidad esporas	1140	1440	3780	1500	880	1620	490
Dominancia (D)	0,23	0,31	0,54	0,55	0,48	0,38	0,30
Shannon (H)	1,79	1,69	0,97	1,11	1,28	1,45	1,52
Equitatividad	0,50	0,36	0,26	0,30	0,36	0,36	0,65
Riqueza Margalef	1,56	1,92	1,09	1,23	1,33	1,49	0,97

Al parecer el tratamiento dado al cultivo del maíz (fertilización orgánica y laboreo mínimo) potenció la producción de un alto número de esporas de los hongos si se conoce que por su profuso sistema radical, esta planta no se encuentra entre las especies más altamente micótrofas. Es la hipótesis que proponemos igualmente para explicar la mayor riqueza de especies de hongos MA en el cultivo de la malanga. Además se conoce que la roturación de las tierras daña las colonias fúngicas de estos hongos lo cual justifica igualmente el mayor número de propágulos micorrizógenos en el maíz (Jansa

et al., 2002, 2003; Azcón-Aguilar et al., 2003). A pesar de la poca originalidad de la vegetación en el cafetal, este parece igualmente un sistema poco perturbado en estos momentos lo cual unido a la mayor diversidad vegetal propició igualmente el segundo valor de densidad de esporas entre los agroecosistemas estudiados. Este ecosistema mostró el funcionamiento esperado para el Bosque Martiano, el cual por la alta erosión presentada en el suelo y la elevada influencia antrópica experimentó la menor densidad de esporas de hongos MA en el suelo.

Llama la atención que pese a ser la yuca una especie altamente micótrofa (dependiente de la micorriza arbuscular para su mejor desarrollo, y a la vez alta productora de propágulos de estos hongos en sus raíces) mostró la segunda densidad más baja de esporas en el suelo. Ello pudiera ser índice de un tratamiento cultural desbalanceado en cuanto a la aplicación de macro y micronutrientes como demostraron Herrera et al. (1984a, b), lo cual daña el funcionamiento de la simbiosis micorrízica arbuscular. Para este y el resto de los casos es imposible realizar más generalizaciones dada la ausencia de datos edafoclimáticos de los lugares estudiados.

Macrofauna del suelo

La macrofauna en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena estuvo compuesta por tres phylum, siete clases, 12 órdenes, y a niveles taxonómicos inferiores se identificaron 15 géneros y 11 especies (Tabla 3; Anexo 2). Casi la totalidad de los géneros y especies nombrados son táxones exóticos, tolerantes a un variado rango de condiciones edáficas y climáticas, propios de ecosistemas perturbados.

Tabla 3. Composición taxonómica y funcional de la macrofauna del suelo en el sistema de cultivos varios del municipio Güira de Melena, Artemisa. Grupos funcionales: Detritívoros (Dt), Herbívoros (Hv), Depredadores (Dp), Omnívoros (Om).

Nombre común	Phylum ¹ Clase ²	Orden ¹ Familia ²	Género ¹ Especie ²	Grupo Funcional
Lombrices de tierra	Annelida ¹ Clitellata ²	Haplotaxida ¹ Megascolecidae ²	<i>Polypheretima</i> ¹ <i>P. elongata</i> ²	Dt
Caracoles	Mollusca ¹ Gastropoda ²	Stylommatophora ¹ Polygyridae ²	<i>Praticolella</i> ¹ <i>P. griseola</i> ²	Hv
Milpiés	Arthropoda ¹ Diplopoda ²	Polydesmida ¹ Paradoxosomatidae ²	<i>Ortomorpha</i> ¹ <i>O. coarctata</i> ²	Dt
Ciempíes	Arthropoda ¹ Chilopoda ²	Lithobiomorpha ¹ Lithobiidae ²	-	Dp
Arañas	Arthropoda ¹ Arachnida ²	Araneae ¹ Anyphaenidae ² Araneidae ² Gnaphosidae ² Lycosidae ²	-	Dp Dp Dp Dp
Cucarachas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Dictyoptera ¹ Blaberidae ²	<i>Pycnoscelus</i> ¹ <i>P. surinamensis</i> ²	Om
Escarabajos	Arthropoda ¹	Coleoptera ¹		

	Insecta ²	Attelabidae ²	<i>Cylas</i> ¹	
			<i>C. formicarius</i> ²	Hv
		Carabidae ²	-	Dp
		Cerambycidae ²	-	Hv
		Chrysomelidae ²	<i>Typophorus</i> ¹	Hv
			<i>Deloyala</i> ¹	Hv
		Curculionidae ²	<i>Pachnaeus</i> ¹	
			<i>P. litus</i> ²	Hv
		Elateridae ²	-	Dp
		Nitidulidae ²	<i>Carpophilus</i> ¹	
			<i>C. humeralis</i> ²	Dt
		Scarabaeidae ²	<i>Phyllophaga</i> ¹	Hv
		Staphylinidae ² (Staphylininae)	-	Dp
		Tenebrionidae ²	<i>Opatrinus</i> ¹	
			<i>O. pullus</i> ²	Dt
Tijeretas	Arthropoda ¹	Dermaptera ¹		
	Insecta ²	Carcinophoridae ²	-	Dt
Chinches	Arthropoda ¹	Hemiptera ¹		
	Insecta ²	Cydnidae ²	-	Hv
		Cicadellidae ²	-	Hv
Hormigas	Arthropoda ¹	Hymenoptera ¹		
	Insecta ²	Formicidae ²	<i>Solenopsis</i> ¹	
			<i>S. geminata</i> ²	Om
			<i>Wasmannia</i> ¹	
			<i>W. auropunctata</i> ²	Om
Termitas	Arthropoda ¹	Isoptera ¹		
	Insecta ²	Termitidae ²	<i>Anoplotermes</i> ¹	
			<i>A. schwarzi</i> ²	Dt
Orugas	Arthropoda ¹	Lepidoptera ¹		
	Insecta ²	Erebidae ²	<i>Mocis</i> ¹	Hv

La abundancia promedio de la macrofauna total en este sistema fue de $176,3 \pm 10,7 \text{ ind.m}^{-2}$, este valor estuvo fuertemente influenciado por la alta abundancia de organismos omnívoros, representados esencialmente por las hormigas, la cual fue de $130 \pm 4,0 \text{ ind.m}^{-2}$. El resto de los grupos funcionales tuvieron bajos valores de abundancia en este ecosistema: detritívoros= $25 \pm 3,2 \text{ ind.m}^{-2}$, herbívoros= $12,6 \pm 5,5$ y depredadores= $8,6 \pm 0,3 \text{ ind.m}^{-2}$. Estos resultados están dentro del rango de valores estimados para la macrofauna en ecosistemas de cultivos en el país y muy por debajo de otros sistemas de uso de la tierra con una mayor cobertura vegetal y protección sobre el suelo como sistemas boscosos, agroforestales y pastizales (Serrano, 2010; Cabrera Dávila et al., 2011a y b).

Los indicadores macrofaunísticos de calidad del suelo detritívoros/no detritívoros y lombrices/hormigas, reflejan un predominio de individuos no detritívoros y de hormigas sobre un bajo número de individuos detritívoros y de lombrices de tierra. Esto muestra valores de los índices por debajo de 1 y muy cercanos a cero (Fig. 1), lo que indica muy baja calidad biológica del suelo y notable degradación del medio edáfico. El manejo de laboreo mecanizado del suelo junto a la aplicación de plaguicidas y fertilizantes químicos en este tipo de sistema de cultivos varios influyó en los resultados obtenidos de la prevalencia de organismos no detritívoros y hormigas, grupos resistentes a prácticas agrícolas intensivas e indicadores de perturbación; mientras la comunidad detritívora y en particular las lombrices de tierra, como indicadores de buenas condiciones edáficas, manifestaron su deterioro ante las prácticas aplicadas.

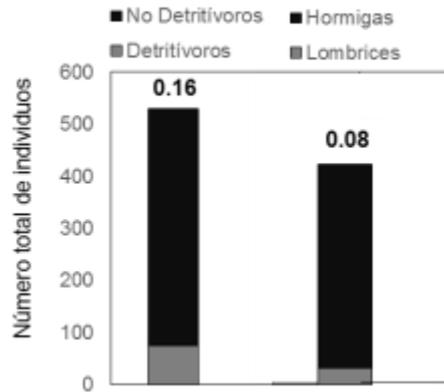


Fig. 8. Indicadores macrofaunísticos Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices/Hormigas

Invertebrados Terrestres

La fauna de invertebrados en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena estuvo compuesta por dos phylum, seis clases, 12 órdenes, 19 familias, 22 géneros y 22 especies (tabla 4). Muchas de estas especies son encontradas en lugares antropizados y algunas constituyen plagas importantes para las cosechas. En el sustrato bajo piedra se observaron fundamentalmente arácnidos, moluscos, diplópodos, quilópodos, isópodos y algunos insectos, mientras que debajo de las cortezas se encontraron mayormente insectos y en la hojarasca dominaron los isópodos e insectos. Es significativo destacar la poca abundancia de insectos polinizadores como mariposas y abejas, debido fundamentalmente al uso de pesticidas químicos en el área. Por otra parte, no se observaron casi ejemplares de arañas en los cultivos, invertebrados con una incidencia positiva en el control biológico de plagas.

Tabla 4: Composición de la fauna de invertebrados en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena

Nombre común	Phylum ¹ Clase ²	Orden ¹ Familia ²	Especie
Caracoles	Mollusca ¹	Pulmonata ¹	Sp. 1
	Gastropoda ²	Oleacinidae ²	Sp. 2
Escarabajos	Arthropoda ¹	Coleoptera ¹	
	Insecta ²	Tenebrionidae ²	Sp. 1
		Curculionidae ²	Sp. 1
Hormigas	Arthropoda ¹	Hymenoptera ¹	
	Insecta ²	Formicidae ²	<i>S. geminata</i> Sp. 1
Abejas		Apidae ²	<i>Apis mellifera</i>
Mariposas	Arthropoda ¹	Lepidoptera ¹	Sp. 1
	Insecta ²		Sp. 2
Cucarachas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Blattodea ¹	Sp. 1
Chinchas	Arthropoda ¹	Hemiptera ¹	Sp. 1
	Insecta ²		Sp. 2
			Sp. 3
Termitas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Isoptera ¹	<i>Anoplotermes schwarzi</i>
Cochinillas	Arthropoda ¹	Isopoda ¹	Sp. 1
	Malacostraca ²		
Milpiés	Arthropoda ¹	-	Sp. 1

	Diplopoda ²		
Ciempíes	Arthropoda ¹	-	<i>Sp. 1</i>
	Chilopoda ²		
Arañas	Arthropoda ¹	Araneae ¹	
	Arachnida ²	Pholcidae ²	<i>Sp. 1</i>
		Araneidae ²	<i>Sp. 1</i>
		Salticidae ²	<i>Phidippus sp.</i>
		Scytodidae ²	<i>Scytodes longipes</i>
		Scorpiones ¹	
		Buthidae ²	<i>Centruroides gracilis</i>

Aves

La avifauna en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena estuvo compuesta por 52 especies de ellas 2 endémicas, el resto aves migratorias (Anexo 3). Las altas concentraciones de especies migratorias, fundamentalmente passeriformes, que se reúnen en la región para iniciar la migración primaveral (Figura 9), se ven amenazadas por las prácticas de riego de pesticidas y abonos inorgánicos, pues coincide con el pico de cosecha de cultivos intensivos de frío como papa, ajo y malanga, cultivos que demandan de una alta concentración de productos químicos.



Fig. 10. Diversidad de aves migratorias presentes en Güira de Melena. Fotos: Maikel Cañizares.

La ausencia de abejas y otros insectos polinizadores como las mariposas, evidencia el efecto de los productos químicos y a la vez disminuyen la disponibilidad de alimentos para las aves durante una etapa vital de su ciclo anual, que es la preparación previa y acumulación de energía para prepararse a la migración a través del estrecho de La Florida. Si las aves no encuentran suficientes alimentos y

por tanto no acumulan suficiente grasa para la migración esto compromete la supervivencia durante la migración. A esta difícil situación se une la deforestación intensa por laboreo en la zona, que ha eliminado prácticamente la disponibilidad de hábitat y de alimentos para las aves. Los pequeños parches de hábitat están muy antropizados y aislados. También pudimos constatar la captura de estas aves como aves de jaula, práctica bien generalizada entre los pobladores del municipio (Figura 10).



Fig. 9. Aves migratorias en jaulas. Práctica común entre los pobladores de Güira de Melena. Fotos: Maikel Cañizares.

CONCLUSIONES

1. En general, todos los sitios visitados en Güira de Melena carecen de la cobertura vegetal nativa que permita promover la conservación de los suelos y la protección de las aguas, minimizar el impacto de la sequía y salinización de los suelos. Además, se usan prácticas como la quema intencional y la creación de vertederos en los montes aledaños a los campos de cultivo, que agudizan aún más el deterioro de suelos y aguas. La predominancia de especies vegetales exóticas e invasoras, así como su uso por parte de la población, indican que se debe realizar un trabajo educativo fuerte y prolongado para promover el uso de especies nativas como ornamentales, cercas vivas y barreras rompe viento.
2. El campo donde se encontraba el cultivo de malanga fue el que presentó la mayor riqueza de estos hongos micorrizógenos con 15 especies, seguido de aquellos donde se encontraban la papa y el café, mientras la riqueza más baja fue observada en el Bosque, con solo 7 especies. La yuca una especie altamente micótrofa (dependiente de la micorriza arbuscular para su mejor desarrollo, y a la vez alta productora de propágulos de estos hongos en sus raíces) mostró la segunda densidad más baja de esporas en el suelo. Ello pudiera ser índice de un tratamiento cultural desbalanceado en cuanto a la aplicación de macro y micronutrientes

3. La macrofauna del suelo en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena estuvo compuesta por tres phylum, siete clases, 12 órdenes, y a niveles taxonómicos inferiores se identificaron 15 géneros y 11 especies. La mayoría de la fauna identificada es exótica, resistente a un variado rango de condiciones edáficas y climáticas, propia de ecosistemas perturbados. Los indicadores macrofaunísticos de calidad del suelo detritívoros/no detritívoros y lombrices/hormigas reflejan valores por debajo de 1 y muy cercanos a 0, lo que indica muy baja calidad biológica del suelo y notable degradación del medio edáfico en el sistema de cultivos varios en Guira de Melena.

4. La fauna de invertebrados en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena estuvo compuesta 19 familias, 22 géneros y 22 especies. Algunas constituyen plagas que inciden en la calidad de las cosechas. Es significativo destacar la poca abundancia de insectos polinizadores como mariposas y abejas y la ausencia de arañas en los cultivos, invertebrados con una incidencia positiva en el control biológico de plagas.

5. La avifauna en el sistema de cultivos varios de Güira de Melena estuvo compuesta por 52 especies, siendo la mayoría aves migratorias. Esta región es una de las principales donde se concentran estas aves migratorias para retornar al norte, sin embargo el periodo de preparación para el retorno está amenazado por la. Estas poblaciones están amenazadas por el efecto de los productos químicos, que a la vez disminuyen la disponibilidad de alimentos para las aves durante una etapa vital de su ciclo anual, que es la preparación previa y acumulación de energía para prepararse a la migración a través del estrecho de La Florida.

RECOMENDACIONES

1. Disminuir o Eliminar el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas en estas áreas, en el periodo pico de la migración primaveral. Se recomienda sustituir la fertilización química por abonado orgánico de fácil descomposición (por ej: humus de lombriz, abonado verde), lo cual mejora la materia orgánica en el suelo como fuente energética o de alimento para algunos invertebrados y microorganismos edáficos.

2. Con el propósito de controlar la salinización de los suelos de la región, sugerimos que es muy necesario hacer un diagnóstico del estado de la flora y vegetación de las cuencas y ríos que constituyen las fuentes primarias abastecedoras de agua para la agricultura de la región. Además, sugerimos que disminuya la extracción directa de agua del manto freático, que actualmente se realiza en la región. Esto, unidos a la restauración de los bosques asociados a los sistemas fluviales naturales de la región, podrían contribuir a aumentar la recarga de los acuíferos y entonces disminuir el avance de la cuña salina.

3. Se recomienda realizar un trabajo educativo continuo y eficaz en la comunidad y con los tenientes de tierra, que se enfoque en la necesidad de reconstruir parches conectados de vegetación típica de la región, con especies nativas importantes por sus usos (maderable, medicinal, formador de suelo, etc.) y funciones dentro de los ecosistemas. Todo ello se corresponde con la promoción del aprovechamiento de productos no maderables del bosque y la garantía de la diversidad vegetal en áreas agrícolas.

4. Para el proceso de restauración/rehabilitación/reconstrucción de parches de vegetación típica y corredores, usar la información contenida en las colecciones biológicas de los institutos que forman parte del proyecto. En este caso se seleccionarán por datos de herbario especies típicas de la región

que no estén extintas para formar los bosques (pioneras) y mantenerlos (plantas de estadios sucesionales tardíos) y especies típicas de las franjas hidrorreguladoras.

5. Disminuir o Eliminar el empleo de maquinarias y laboreo tradicional intensivo. Se recomienda usar la siembra directa y la labranza de conservación a través del multirado y la tracción animal. Esto evita procesos erosivos del suelo, elimina la vegetación espontánea y conserva la actividad biológica.

6. Evitar la eliminación de los rastrojos de cosecha, que ayudarían a la formación de una capa de residuos y con ello a la protección del suelo, al mantenimiento de una temperatura y humedad edáfica estables, garantizando así fuentes de alimento y refugio para la fauna edáfica.

7. Principalmente en los sistemas de cultivos varios, aplicar en lo posible las asociaciones y rotaciones de cultivos adecuadas. Esto evitaría procesos como la compactación, la colonización de organismos herbívoros-plagas y beneficiaría el balance de nutrientes en el suelo, la cobertura vegetal y los recursos heterogéneos para aumentar la variedad de organismos edáficos benéficos.

8. Establecer sistemas con la presencia de árboles maderables o frutales para cobertura y cortinas rompe-vientos. Esto contribuiría al uso eficiente de nutrientes y agua, a la acumulación de materia orgánica, al mejoramiento de la porosidad, la macroagregación y la infiltración de agua en el suelo, al condicionamiento de un microclima edáfico favorable para la recolonización de la macrofauna. Esto aumentaría los refugios para el asentamiento de numerosas especies beneficiosas de invertebrados.

9. Emplear un sistema de riego más eficiente a través del riego localizado, lo cual evitaría la pérdida de partículas de suelo, condicionaría una mejor aireación, infiltración del agua e intercambio gaseoso y facilitaría el control de las plagas y las enfermedades.

10. Utilizar controles biológicos en sustitución de los plaguicidas químicos.

11. Enriquecer y pluri-estratificar las cercas vivas con especies plantas nativas

12. Aumentar la conectividad entre los parches de vegetación.

13. Incentivar usos no consuntivos de la DB como por ejemplo la observación de aves.

LITERATURA CITADA

Anderson, J.M. & J.S.I. Ingram. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods*. CAB International. Reino Unido. 221 pp.

Azcón-Aguilar, C., Palenzuela, J., Roldán, A., Bautista, S., Vallejo, R., Barea, J.M. (2003). Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened Mediterranean shrublands. *Appl. Soil Ecol.* **22**, 29–37.

Błaszowski, J. 2012. Glomeromycota: W. Szafer Institute of Botany. vol. 23, Kraków: Polish Academy of Sciences, 303 p., ISBN: 978-83-89648-82-2, Available: <http://link.springer.com/10.1007/s00572-012-0470-y>.

Curaqueo, G., Barea, J.M., Acevedo, E., Rubio, R., Cornejo, P., Borie, F. 2011. Effects of different tillage system on arbuscular mycorrhizal fungal propagules and physical properties in a mediterranean agroecosystem in central Chile. *Soil & Tillage. Research* 113: 11–18.

Feinsinger, P. 2004. *Diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 242 pp.

Fernández, F. (1999): Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares en la producción de posturas de café. Tesis de Doctorado, INCA, Cuba, 190 p.

Kabir, Z. (2005): Tillage or no-tillage: impact on mycorrhizae. *Can. J. Plant Sci.* 85: 23–29.

Gerdemann, J.W. y Nicolson, T.J. (1963). Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **46**, 235–244.

Gianinazzi, S. y Schüepp, H. (1994): Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems. *Advances in Life Sciences*. Birkhäuser, Basel.

González-Torres, LR, A Palmarola, L González-Oliva, ER Bécquer, E. Testé, MA Castañeira-Colomé, D Barrios, JL Gómez-Hechavarría, JA García-Beltrán, L. Granado, D. Rodríguez-Cala, R. Berazaín & L. Regalado. 2016. Lista roja de la flora de Cuba. *Bissea10* (número especial 1): 33-283.

Herrera, R. A., Ferrer, R. L., Orozco, M. O., Hernández, G., y Vancura, V. (1984a): Fertilización y micorrizas VA. I. Efectos del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre el crecimiento y las micorrizas de la majagua (*Hibiscus elatus* Sw.). *Acta Botánica Cubana* No. 20, ACC. pp. 93-110.

Herrera, R.A., Ferrer, R.L., Orozco, M.O., Hernández, G. y Vancura, V. (1984b): Fertilización y micorrizas VA. II. Análisis del balance de macroelementos en varios experimentos. *Acta Botánica Cubana* No. 20, ACC. pp. 111-142.

Herrera-Peraza, Ricardo A., Furrázola, E., Ferrer, R. L., Fernández-Valle R. y Torres-Arias, Y. 2004. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 35, No. 2, p. 113-123.

Herrera-Peraza, R, J. D. Bever, JM de Miguel, A Gómez-Sal, P Herrera, EE García, R Oviedo, Y Torres-Arias, F Delgado, O Valdés-Lafont, B Muñoz, J. A. Sánchez. A new hypothesis on humid and dry tropical forests succession. *Inédito*

INVAM (2017). Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesículo Arbusculares. (INVAM) <http://invam.caf.wvu>.

Jansa, J., Mozafar, A., Anken, T., Ruh, R., Sanders, I. R., Frossard, E. (2002). Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. *Mycorrhiza* **12**, 225–234. doi: 10.1007/s00572-002-0163-z.

Jansa, J., Mozafar, A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, T., Sanders, I.R., Frossard, E. (2003). Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecol. Appl.* **13**, 1164–1176. doi: 10.1890/1051-0761(2003)13[1164:STATCS]2.0.CO;2

Lavelle, P.; B. Senapati & E.Barros. 2003. Soil Macrofauna. En: *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods*. (Eds. G. Schroth & F.L.Sinclair). CABF Publishing. UK. 303-323 pp.

Magurran, A. E. (1989). **Diversidad ecológica y su medición**. Ed. Vedral, Barcelona, 184 pp.

McGeoch, M.A.; B.J. Van Rensburg & A. Botes. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 39:661-672.

McGonigle, T. P. y Miller, M. H. 1996. Development of fungi below ground in association with plants growing in disturbed and undisturbed soils. *Soil Bio. Biochem.* 28: 263-269.

Marschner, H. y Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 159 (89): 89-102.

Mirás-Avalos, J.M., Antunes, P.M., Koch, A., Khosla, K., Klironomos, J.N., Dunfield, K.E. 2011. The influence of tillage on the structure of rhizosphere and roots associated arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Pedobiologia* 54: 235– 241

Pérez-Camacho, J de los A, L. Hechavarria-Schwesinger, L González Oliva, O. C. Bello, G. Cabrera-Dávila, M. Cañizares, A. Alegre, E. Furrázola, A. A. Socarrás, R. A. Barba, H. Ferrás, R. Oviedo & R. Rosa Angulo (EN PREPARACIÓN). Indicadores para diagnosticar el estado de conservación de la diversidad biológica en áreas bajo manejo sostenible de tierras.

Pielou, E. C. 1969. *An introduction to Mathematical Ecology*. Ed. Wiley, New York, 165 pp.

Oviedo, R. Y L. González-Oliva. 2015. Lista Nacional de Plantas Invasoras y Potencialmente Invasoras en La República De Cuba – 2015. *Bissea* 9 (Número Especial 2): 1-96.

Oviedo, R. & T. Chateloin. 2011. *Myriophyllum pinnatum*. Serie de folletos divulgativos de plantas invasoras.

Roig, J. T. 1965. *Diccionario botánico de nombres vulgares*. Tomo II. 4^{ta} edición, Editorial Científico-Técnica, La Habana.

Schenck, N.C., y Pérez, Y. (1990). **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. INVAM, 3ra. Edición, Gainesville, Fla. 286 p. ISBN 0-9625980-3-8.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Germany, 371 p.

Sturz, A. V., Carter, M. R. y Johnston, H. W. 1997. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. *Soil & Tillage Research* 41: 169-189.

Urquiza, MN, C Alemán, L Flores, M Paula & Y Aguilar. 2011. Manual de procedimientos para Manejo Sostenible de Tierras. CIGEA, La Habana.

Waide, R. y J.M. Wunderle Jr. 1989. The response of migrant birds to changing habitats in the Greater Antilles and the Bahamas. In *Ecology and Conservation Migrant Landbirds Symposium*. Abstract: 7.

ANEXO 1. INVENTARIO DE FLORA

Especie	Familia	Nombre vulgar	Categorías	Categoría IUCN en Cuba
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Mimosaceae	aroma amarilla	invasora	-
<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Mimosaceae	algarrobo de olor	invasora	-
<i>Argemone mexicana</i> L.	Papaveraceae	cardo santo	invasora	-
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.		almácigo	nativa, pionera, medicinal	LC
<i>Calophyllum antillanum</i> Britton	Calophyllaceae	ocuje	nativa, pionera	LC
<i>Casearia</i> sp.	Flacourtiaceae		nativa, melífera	-
<i>Citharexylum ellipticum</i> Sessé & Moç. ex D. Don	Verbenaceae		invasora	-
<i>Cladium jamaicense</i> Crantz	Cyperaceae	cortadera	nativa	LC
<i>Cocos nucifera</i> L.	Areaceae	coco	potencialmente invasora	-
<i>Cordia dentata</i> Poir	Boraginaceae	ateje blanco	nativa, ornamental	LC
<i>Cordia gerascanthus</i>	Boraginaceae	baría	nativa, ornamental, melífera y maderable	LC
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae		nativa	LC
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	arrocillo	invasora	-
<i>Erythroxylum havanense</i> Jacq.	Erythroxylaceae	arabo	nativa, melífera, ornamental	LC
<i>Ficus auriculata</i> Lour.	Moraceae	piñón mexicano	potencialmente invasora	-
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	guásima	nativa, pionera	LC
<i>Ipomoea</i> spp.	Convolvulaceae		-	-
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	lantana	nativa ruderal	LC
<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosaceae	ipil-ipil	invasora	-

(Lam.) de Wit					
<i>Mimosa pigra</i> L.		Mimosaceae	weyler	invasora	-
<i>Myriophyllum pinnatum</i> L.	cf	Halagaraceae		exótica	-
<i>Opuntia</i> sp.		Cactaceae	tuna	exótica	-
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.		Asteraceae	escoba amarga	invasora	-
<i>Portulaca oleracea</i> L.		Portulacaceae	verdolaga	invasora	-
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni		Sapotaceae	canistel	exótica	-
<i>Ricinus communis</i> L.		Euphorbiaceae	higuereta	invasora	-
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.		Mimosaceae	algarrobo del país	potencialmente invasora	-
<i>Trichostigma octandrum</i> (L.) H. Walter		Phytolaccaceae	bejuco guaniquiqui	nativa, fibra para canastas	LC
<i>Typha domingensis</i> Pers.		Typhaceae	macío	nativa	No evaluada

ANEXO 2. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE LA MACROFAUNA DEL SUELO en los usos de la tierra de cultivos varios (Cv) (con papa como cultivo principal), ubicados en el municipio Güira de Melena, Artemisa. Grupos funcionales: Detritívoros (Dt), Herbívoros (Hv), Depredadores (Dp), Omnívoros (Om).

NOMBRE COMÚN	PHYLUM¹ CLASE²	ORDEN¹ FAMILIA²	GÉNERO¹ ESPECIE² (GRUPO FUNCIONAL)
Lombrices de tierra	Annelida ¹ Clitellata ²	Haplotaxida ¹ Megascolecidae ²	<i>Polypheretima</i> ¹ <i>P. elongata</i> ² (Dt)
Caracoles	Mollusca ¹ Gastropoda ²	Systellommatophora ¹ Veronicellidae ²	<i>Veronicella</i> ¹ <i>V. cubensis</i> ² (Dt)
		Stylommatophora ¹ Polygyridae ²	<i>Praticolella</i> ¹ <i>P. griseola</i> ² (Hv)
Cochinillas	Arthropoda ¹ Malacostraca ²	Isopoda ¹ Armadillidae ²	<i>Cubaris</i> ¹ <i>C. murina</i> ² (Dt)
		Platyarthridae ²	<i>Trichorhina</i> ¹ (Dt)
		Trachelipidae ²	<i>Nagarus</i> ¹ (Dt)
Milpiés	Arthropoda ¹ Diplopoda ²	Polydesmida ¹ Paradoxosomatidae ²	<i>Ortomorpha</i> ¹ <i>O. coarctata</i> ² (Dt)
Ciempíes	Arthropoda ¹ Chilopoda ²	Lithobiomorpha ¹ Lithobiidae ²	(Dp)
Arañas	Arthropoda ¹ Arachnida ²	Araneae ¹ Anyphaenidae ² Araneidae ² Gnaphosidae ² Lycosidae ²	(Dp) (Dp) (Dp) (Dp)
Cucarachas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Dictyoptera ¹ Blaberidae ²	<i>Pycnoscelus</i> ¹ <i>L. surinamensis</i> ² (Om)
Escarabajos	Arthropoda ¹ Insecta ²	Coleoptera ¹ Attelabidae ²	<i>Cylas</i> ¹ <i>C. formicarius</i> ² (Hv)
		Carabidae ²	(Dp)
		Cerambycidae ²	(Hv)
		Chrysomelidae ²	<i>Typophorus</i> ¹ (Hv)
			<i>Deloyala</i> ¹ (Hv)
		Curculionidae ²	<i>Pachnaeus</i> ¹ <i>P. litus</i> ² (Hv)
		Elateridae ²	(Dp)
		Nitidulidae ²	<i>Carpophilus</i> ¹ <i>C. humeralis</i> ² (Dt)
		Scarabaeidae ²	<i>Phyllophaga</i> ¹ (Hv)
		Staphylinidae ² (Staphylininae)	Dp
		Tenebrionidae ²	<i>Opatrinus</i> ¹

			<i>O. pullus</i> ² (Dt)
Tijeretas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Dermaptera ¹ Carcinophoridae ²	(Dt)
Moscas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Diptera ¹ Phoridae ²	(Dt)
Chinches	Arthropoda ¹ Insecta ²	Hemiptera ¹ Cydnidae ² Cicadellidae ²	(Hv) (Hv)
Hormigas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Hymenoptera ¹ Formicidae ²	<i>Nylanderia</i> ¹ <i>N. fulva</i> ² (Om) <i>Solenopsis</i> ¹ <i>S. geminata</i> ² (Om) <i>Odontomachus</i> ¹ <i>O. insularis</i> ² (Om) <i>Wasmannia</i> ¹ <i>W. auropunctata</i> ² (Om)
Termitas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Isoptera ¹ Termitidae ²	<i>Anoplotermes</i> ¹ <i>A. schwarzi</i> ² (Dt)
Orugas	Arthropoda ¹ Insecta ²	Lepidoptera ¹ Erebidae ²	<i>Mocis</i> ¹ (Hv)

ANEXO 3. INVENTARIO DE AVES

NOMBRE CEINTÍFICO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	PUNTO DE CONTEO
<i>Actitis macularius</i>	2	Guira de Melena
<i>Agelaius humeralis</i>	2	UBPC Bolivia
<i>Anhinga anhinga</i>	1	Dique, Cajío
<i>Ardea alba</i>	1	Guira de Melena
<i>Bubulcus ibis</i>	300	Guira de Melena
<i>Buteo jamaicensis</i>	1	Guira de Melena
<i>Butorides virescens</i>	2	Guira de Melena
<i>Cathartes aura</i>	12	Guira de Melena
<i>Charadrius vociferus</i>	2	UBPC Bolivia
<i>Chlorostilbon ricordii</i>	2	Guira de Melena
<i>Circus cyaneus</i>	2	UBPC Bolivia
<i>Coccyzus merlini</i>	2	Guira de Melena
<i>Columbina passerina</i>	3	Guira de Melena
<i>Crotophaga ani</i>	7	Dique, Cajío
<i>Dives atrovioleceus</i>	18	Guira de Melena
<i>Dumetella carolinensis</i>	1	Guira de Melena
<i>Egretta caerulea</i>	15	Guira de Melena
<i>Falco sparverius sparverioides</i>	7	Guira de Melena
<i>Gallinula galeata</i>	3	UBPC Bolivia
<i>Geothlypis trichas</i>	5	Guira de Melena
<i>Megaceryle alcyon</i>	1	UBPC Bolivia
<i>Mimus polyglottos</i>	5	UBPC Bolivia
<i>Mniotilta varia</i>	3	Guira de Melena
<i>Myiarchus sagrae</i>	2	Guira de Melena
<i>Nycticorax nycticorax</i>	1	Guira de Melena
<i>Parkesia motacilla</i>	1	Guira de Melena
<i>Parkesia noveboracensis</i>	1	Dique, Cajío
<i>Passer domesticus</i>	16	Guira de Melena
<i>Passerina cyanea</i>	5	Dique, Cajío
<i>Petrochelidon fulva</i>	15	Guira de Melena
<i>Hirundo rustica</i>	7	Guira de Melena
<i>Tachycineta bicolor</i>	4	Guira de Melena
<i>Progne criptoleuca</i>	3	Guira de Melena
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	5	Dique, Cajío
<i>Podilymbus podiceps</i>	1	UBPC Bolivia
<i>Quiscalus niger</i>	8	Guira de Melena
<i>Seiurus aurocapilla</i>	2	Guira de Melena
<i>Setophaga americana</i>	3	Dique, Cajío
<i>Setophaga coronata</i>	1	Guira de Melena
<i>Setophaga discolor</i>	1	Guira de Melena
<i>Setophaga dominica</i>	5	Guira de Melena
<i>Setophaga palmarum</i>	4	Guira de Melena
<i>Setophaga petechia</i>	3	Dique, Cajío
<i>Setophaga ruticilla</i>	5	Dique, Cajío

<i>Sturnella magna hippocrepis</i>	15	Guira de Melena
<i>Tachornis phoenicobia</i>	150	Dique, Cajío
<i>Tiaris olivaceus</i>	12	Guira de Melena
<i>Tringa solitaria</i>	2	Guira de Melena
<i>Turdus plumbeus</i>	2	Guira de Melena
<i>Vireo gundlachii</i>	4	Guira de Melena
<i>Zenaida macroura macroura</i>	23	UBPC Bolivia
<i>Sphyrapicus varius</i>	2	UBPC Bolivia

ANEXO 4. MATRIZ DE CONTENIDO PLAN DEMANEJO

Tipología del problema identificado en el diagnóstico	Plan (listado de acciones necesarias a realizar en su unidad para cumplir con el contenido general de MST)
Sistemas agroforestales con escasa diversidad vegetal y predominancia de especies exóticas Escasez de polinizadores	Reforestación con especies nativas haciendo énfasis con especies endémicas <ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento silviculturales para sustituir/manejar especies forestales invasoras por especies nativas equivalentes - Cercas vivas multiestratificadas y multiespecíficas - Cortinas rompe-vientos estratificadas
Sequía y problemas de abastecimiento de agua desde el acuífero	<ul style="list-style-type: none"> - Reforestación de riberas de cuerpos de aguas, fajas hidrorreguladoras, canales, etc. para recargar el acuífero
Plantaciones de frutales mono-específicas	<ul style="list-style-type: none"> - Crear sistemas agroforestales combinando los cultivos varios con especies maderables y frutales - Incrementar la diversidad de árboles frutales
Las áreas solo se dedican a la agricultura sin tener en cuenta la actividad forestal o el aprovechamiento de productos no maderables	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar los productos maderables y no maderables del bosque generados por los tratamientos silviculturales, como restos de poda y madera de las especies invasoras para construir apiarios, construcciones rústicas - aprovechar el uso de especies melíferas - incorporar el uso de plantas nativas como ornamentales y para la venta - aprovechar terrenos abandonados para hacer bosques de referencia o “jardines” para observar aves
Terrenos baldíos deforestados con suelo desnudo o cubiertos de invasoras Escasez de polinizadores y controladores biológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Restaurar/reforestar/rehabilitar con especies vegetales típicas de los antiguos bosques de la región - Minimizar el uso de pesticidas y productos químicos.
Suelos compactados y erosionados y contaminados Prácticas agrícolas insostenibles como la quema	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar los métodos de la agricultura de conservación en las zonas - Rehabilitar terrenos con especies vegetales típicas formadoras de suelo y/o fijadoras de nitrógeno - Disminuir el uso de fertilizantes y plaguicidas
Transformación y pérdida de hábitat	<ul style="list-style-type: none"> - Favorecer la conectividad entre los parches boscosos mediante corredores de vegetación (especies y acciones)

	<p>propuestas: cercas vivas, franjas hidrorreguladoras, cortinas rompeviento)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enriquecimiento de parches boscosos con especies nativas amigables para la fauna (Anexo 2). - Mantenimiento de los humedales asociados al sistema hidráulico P-M
Contaminación de las aguas recursos tróficos	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar (<u>reducir</u>) el uso de pesticidas en las áreas agrícolas
Cacería aves de jaula	<ul style="list-style-type: none"> - Educación ambiental para reducir la alta presión capturas sobre especies migratorias y residentes Aves de jaula

INDICADORES: BIODIVERSIDAD	VALORES DE LÍNEA BASE DE DIAGNÓSTICO (%)	NOMBRE COMÚN ESPECIES (FAMILIA)
DIVERSIDAD VEGETAL		
Porcentaje de especies nativas	42	Anexo 1. Inventario florístico.
Porcentaje de especies endémicas	0	-
Cobertura vegetal	0-50 %	
Calidad de la cobertura vegetal	Casi 100 % de especies exóticas invasoras	Aroma amarilla_ <i>Acacia farnesiana</i> (Mimosaceae), <i>Albizzia lebbek</i> (Mimosaceae), Anexo 1
Eutrofización del agua	Biomasa vegetal de especies acuáticas exóticas e invasoras en canales (>50%, crítico)	<i>Myriophyllum</i> sp. (Halagaraceae)
CALIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO		
Detritívoros/No Detritívoros	Cultivos varios: 0,16. Mal	Anexo 2: Composición taxonómica y funcional de la macrofauna en cultivos varios de Güira de Melena
Lombrices/Hormigas	Cultivos varios: 0,08. Mal Observación: En ambos ecosistemas (caña y cultivos varios) los dos índices dan por debajo de 1 y muy cercanos a 0, lo cual indica baja calidad biológica del suelo.	