



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

ECOLOGÍA

**Caracterización de la diversidad de coleópteros como indicadora de tipos de  
manejo agrícola contrastantes en la Villa de Zaachila, Oaxaca**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**CECILIA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

Tutor principal: Dra. Mariana Benítez Keinrad<sup>1,2</sup>

Comité tutorial: Dr. Lev Orlando Jardón Barbolla<sup>3</sup>, Dr. Denis Pierre Boyer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, UNAM.

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM.

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

<sup>4</sup>Instituto de Física, UNAM.

**MÉXICO, CD. MX. MARZO 2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

OFICIO CPCB/318/2018

Asunto: Oficio de Jurado para Examen de Grado


Lic. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted, que el Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas, en su sesión ordinaria del día 26 de febrero de 2018, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**, de la alumna **GONZÁLEZ GONZÁLEZ CECILIA** con número de cuenta **308756676** con la tesis titulada: **"CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS COMO INDICADORES DE TIPO DE MANEJO AGRÍCOLA CONTRASTANTES EN LA VILLA ZAACHILA"**, bajo la dirección de la **DRA. MARIANA BENITEZ KEINRAD**:

Presidente:	DR. SANTIAGO ZARAGOZA CABALLERO
Vocal:	DRA. JULIETA ALEJANDRA ROSELL GARCÍA
Secretario:	DR. LEV ORLANDO JARDÓN BARBOLLA
Suplente:	DRA. ANA LAURA WEGIER BRIUOLO
Suplente	M EN C. ENRIQUE GONZÁLEZ SORIANO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a, 18 de abril de 2018

  
**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**  
**COORDINADOR DEL PROGRAMA**



## **Agradecimientos institucionales**

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A CONACYT por la beca nacional con CVU 743257 y a los proyectos DGAPA-PAPIIT (IA202515) y CONACYT (221341, 247672) .

A mi comité tutor: Mariana Benítez, Lev Jardón y Denis Boyer, por ayudarme a dar forma a este proyecto que tanto tuvo que cambiar. Ya se hizo costumbre aprender de ustedes.

## **Agradecimientos personales**

En primer lugar agradezco a los campesinos de la Villa de Zaachila que me abrieron las puertas de sus casas, sus parcelas y sus historias.

A Tania, por haber sido la mejor compañera de campo. Esta tesis no hubiera sido posible sin ti. A Emilio, Cris y Ana por acompañarnos también en el campo, con manos y corazón.

A Alex y Lupe por permitirnos invadir su casa en Zaachila y por habernos facilitado la vida enormemente con todo su apoyo. También al padre Juan por permitirnos usar la parroquia como punto de reunión.

A Alicia y todos los integrantes del Taller de Animales I de la Facultad de Ciencias, por las innumerables horas observando insectos, por haber compartido su conocimiento conmigo y por su sincera amistad.

Gracias también a mis sinodales por sus valiosos comentarios: Julieta Rosell, Ana Wegier, Lev Jardón, Santiago Zaragoza y Enrique González Soriano.

A todos los integrantes de La Parcela, por su retroalimentación en los seminarios, que también moldearon esta tesis. Por las deliciosas comidas.

Al Molote Agroecológico, por el trabajo juntos.

A Yolanda, por la vida que compartimos.

A mi mamá.

## **Resumen**

En esta tesis se presenta un estudio de la diversidad del orden Coleoptera en terrenos agrícolas con prácticas de manejo heterogéneas en la Villa de Zaachila, Oaxaca. Primero se postulan dos categorías de manejo contrastantes entre sí, inferidas a partir de información obtenida de los campesinos de la zona. Después se presenta una metodología para poner a prueba estas categorías mediante el uso de estadística multivariada. Posteriormente, se presenta el análisis de la diversidad de coleópteros en una y otra categoría de manejo, con el fin de buscar grupos indicadores de cada una. Finalmente, con base en los resultados, se postula a la familia Curculionidae como posible indicadora del tipo de manejo en las parcelas de la zona y de la biodiversidad en las mismas.

## **Abstract**

In this thesis I analyze the diversity of the order Coleoptera among agricultural plots under heterogeneous management practices in La Villa de Zaachila, Oaxaca. First, I propose two contrasting management categories, which were inferred from the information obtained directly from a group of peasants in the location. Then I present a methodology to prove the existence of these categories through the use of multivariate statistics. Afterwards, I present the analysis of beetle diversity in both management categories in order to obtain indicator groups for each one. Finally, based on the results, I postulate the family Curculionidae as a possible indicator of both management type and biodiversity in the agricultural plots.

## Índice

Introducción.....	8
1. El manejo agrícola.....	8
2. La producción agrícola en México.....	9
3. Los efectos de distintos tipos de manejo sobre la biodiversidad.....	13
4. Los coleópteros como indicadores del tipo de manejo.....	16
Objetivos.....	21
Hipótesis y predicciones.....	21
Área de estudio.....	23
Métodos.....	25
1. Selección de parcelas para el muestreo.....	25
2. Muestreo de Coleoptera.....	30
3. Identificación en laboratorio.....	31
Resultado.....	33
1. Organización de las parcelas en dos tipos de manejo contrastantes.....	33
2. Diversidad taxonómica total de la comunidad de coleópteros.....	38
3. Comparación de la diversidad taxonómica y funcional de coleópteros encontrada en las categorías de manejo contrastantes.....	39
4. Exploración de posibles grupos indicadores.....	54
Discusión.....	58
Conclusiones.....	66
Referencias.....	67
Anexos.....	74
A. 1. Entrevista completa realizada a cada agricultor.....	74
A. 2. Cuestionario llenado para cada entrevista.....	76
A. 3. Carta de consentimiento informado extendido a todos los entrevistados..	82
A. 4. Tabla de variables para el PCA de tipo de manejo.....	83
A. 5. Curvas de rango-abundancia para las morfoespecies en cada tipo de manejo.....	84
A. 6. Abundancia de Curculionidae contra los índices de Shannon, Equidad y Número Efectivo de cada parcela.....	85



## Introducción

### 1. El manejo agrícola

La agricultura es una de las prácticas productivas más antiguas de la historia humana, así como una de la más importantes. Desde sus inicios hace al menos once mil años (Gupta 2004), ha moldeado y se ha visto moldeada por las culturas en las que se desarrolla. Por ende, se trata de una actividad en constante proceso de cambio, el cual es causa y efecto de la organización socioeconómica en la que se encuentra. Además, la diversidad de culturas, así como la diversidad biológica, climática y geológica de la Tierra hicieron de la agricultura un proceso altamente dependiente de su contexto local (Casas et al. 1996; Boege 2008).

Sin embargo, a partir de la era industrial y con el alza del mundo globalizado, una tendencia homogeneizadora ha trastocado profundamente las formas de hacer agricultura (Perfecto et al. 2009). Esto ha traído cambios tanto sociales como tecnológicos. Entre los sociales, destacan la integración agrícola al mercado capitalista, en el cual la tierra, los insumos, el trabajo humano y los productos obtenidos se compran y venden como mercancías (Polanyi 1944; Foster et al. 2011). Además, la integración espacial del sistema productivo conlleva el movimiento de estas mercancías a nivel global y la especialización de su producción por zonas (Brush et al. 2003). Tecnológicamente, la industrialización de la producción ha implicado la transición gradual desde sistemas con una alta biodiversidad planeada (el conjunto de seres vivos que el agricultor ha decidido mantener e introducir activamente en un sistema) y una baja o nula importación de insumos, hacia sistemas con una baja biodiversidad planeada y una alta dependencia de insumos externos que entre otras cosas buscan sustituir las funciones de la parte de la biodiversidad que fue eliminada, así como compensar el agotamiento de nutrientes que resulta del uso exhaustivo de los recursos (Perfecto et al. 2009)<sup>1</sup>.

Debido a que la práctica agrícola es un proceso en constante evolución que se ve influenciado por los procesos políticos, históricos, económicos y culturales en que se desarrolla (Vandermeer 2011), no debería sorprendernos que actualmente exista una inmensa variedad de prácticas de producción agrícola. Tan solo en nuestro país, los cacaotales en las selvas del Sur, los sistemas chinamperos en la Ciudad de México y los grandes sembradíos de Sinaloa exhiben prácticas productivas completamente distintas, pues emplean diferentes técnicas, herramientas, especies,

---

<sup>1</sup> A este proceso de industrialización agrícola también suele llamársele *intensificación* (Perfecto et al. 2009), sin embargo puede confundirse con el más reciente término *intensificación ecológica* que se refiere a un tipo de agricultura que busca promover “un uso inteligente e intensivo de las funciones de soporte y regulación naturales del ecosistema por medio del manejo eficiente de la biodiversidad, de la energía solar y de los ciclos biogeoquímicos” (Tittonell 2013). Para evitar esta confusión se prefirió utilizar el término *industrialización* en esta tesis.

y arreglos tanto verticales como horizontales, además de que los consumidores a los que están dirigidos son diferentes. A estas prácticas productivas varios autores les han llamado “síndromes de producción”, los cuales están definidos como un conjunto de prácticas de manejo que son interdependientes, que están adaptadas entre sí y funcionan como un sistema con objetivos específicos. Un síndrome implica al mismo tiempo, fuerzas productivas particulares, conocimientos, técnicas y tecnología, así como la fuerza de trabajo humana, las cuales están configuradas en relaciones sociales de producción específicas (Andow & Hidaka 1989; Vandermeer 2011). En este trabajo hablaremos de “tipo de manejo”, para referirnos a modos de producción y hacer también alusión al conjunto de prácticas interdependientes con que se trabaja la tierra. A diferencia de la noción de “síndrome de producción”, no ahondaremos en las relaciones sociales de producción que les subyacen.

## 2. La producción agrícola en México

En México, durante el año 2016, se sembró una superficie total de 21.9 millones de hectáreas, de las cuales se cosecharon 21.2 millones y se obtuvo un valor de producción de 513,935.7 millones de pesos mexicanos (SIAP 2018). De acuerdo al último Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI 2007), el número de unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal era de 4,069,938, de las cuales el 67.8% eran menores o iguales a 5 hectáreas. Además de ser preponderantes en la escala nacional, las unidades de producción de este tamaño han aumentado a una tasa de 708.7% desde la década de los 30. A partir de estos datos decimos que la agricultura a pequeña escala es predominante en nuestro país. Este tipo de producción, aunque sólo representa el 7.94% de la superficie con actividad agropecuaria y forestal del país (Tabla 1), según el trabajo de Robles (2013) es responsable del 39% de la producción agropecuaria nacional. Además, la agricultura a pequeña escala es responsable del 73.4% de la producción de maíz amarillo, el 70.5% del maíz blanco y el 60.6% del frijol, los cuales son los cultivos principales de la dieta mexicana (Tabla 2).

Tabla 1. Unidades de producción totales y con actividad agropecuaria y forestal por tamaño de predio. Fuente: INEGI 2007; Robles 2013.

Tamaño de predio	UP	Hectáreas	Con actividad agropecuaria y forestal			
			UP	%	Hectáreas	%
Hasta 1 ha.	1,533,327	992,890	1,125,020	27.64	765,865	1.12
Más de 1 hasta 2 ha.	882,389	1,539,236	674,831	16.58	1,210,004	1.77
Más de 2 hasta 5 ha.	1,270,515	4,511,651	961,931	23.64	3,457,323	5.05
Más de 5 hasta 10 ha.	807,668	6,093,711	595,064	14.62	4,513,579	6.60
Más de 10 hasta 20 ha.	490,310	7,279,716	348,666	8.57	5,226,142	7.64
Más de 20 hasta 50 ha.	319,627	10,077,746	217,310	5.34	6,865,140	10.03
Más de 50 hasta 100 ha.	120,722	8,702,408	77,963	1.92	5,623,535	8.22
Más de 100 hasta 1000 ha.	111,776	29,291,866	62,524	1.54	16,157,343	23.61
Más de 1000 hasta 2500 ha.	7,364	11,620,392	3,772	0.09	5,967,642	8.72
Más de 2500 ha.	5,147	32,239,493	2,857	0.07	18,649,030	27.25
<b>Total</b>	<b>5,548,845</b>	<b>112,349,110</b>	<b>4,069,938</b>	<b>100</b>	<b>68,435,603</b>	<b>100</b>

Tabla 2. Unidades de producción de maíz amarillo y blanco y frijol por tamaño de predio. Fuente: INEGI 2007; Robles 2013.

Cultivo	Predio	UP	%
Maíz Amarillo	<b>Total</b>	<b>510,311</b>	<b>100</b>
	Hasta 5 ha	374,372	73.4
	Más de 5 hasta 10 ha	66,152	13.0
	Más de 10 ha	69,787	13.7
Maíz Blanco	<b>Total</b>	<b>2,283,629</b>	<b>100</b>
	Hasta 5 ha	1,610,275	70.5
	Más de 5 hasta 10 ha	336,272	14.7
	Más de 10 ha	337,082	14.8
Frijol	<b>Total</b>	<b>622,264</b>	<b>100</b>
	Hasta 5 ha	377,227	60.62
	Más de 5 hasta 10 ha	121,394	19.51
	Más de 10 ha	123,643	19.87

Pese a la clara importancia de la agricultura a pequeña escala, la asignación de presupuesto por parte de la SAGARPA favorece a los grandes productores, como lo muestra la siguiente gráfica del presupuesto per cápita por unidad productiva versus su superficie promedio por estado (Figura 1). Visto desde otro punto de vista, en los municipios de muy alta marginación se encuentran el 37% de los productores, los cuales sólo reciben el 18% del presupuesto ejercido para apoyo a la producción. En cambio, solamente los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Jalisco y Tamaulipas reciben el 41.8% del presupuesto para producción, aunque contienen únicamente al 9.2% de los productores. Este sesgo en el apoyo estatal hacia grandes agricultores que siguen el esquema industrial de producción ha sido incluso denunciado por el relator especial de la ONU Olivier de Schutter en materia de derecho a la alimentación (UN 2011).

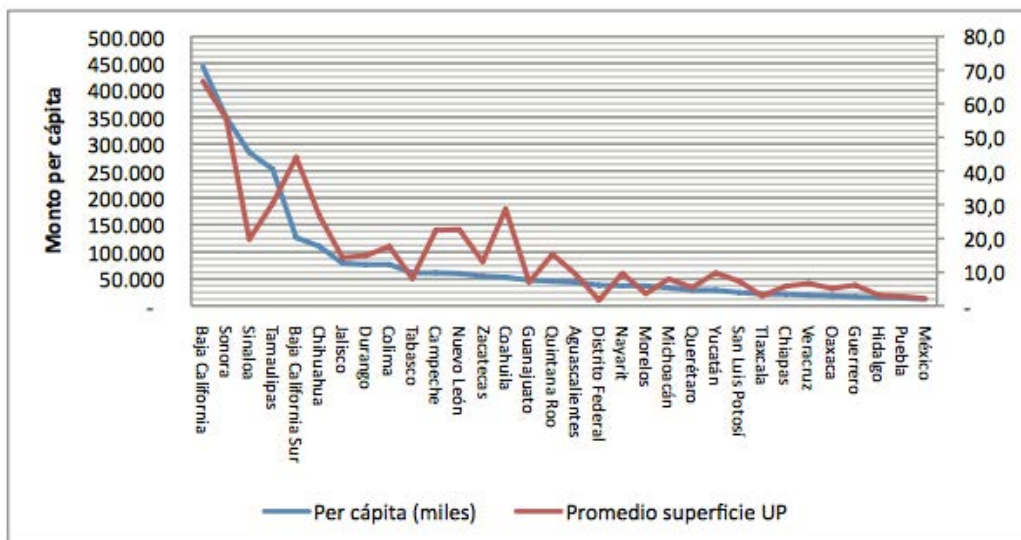


Figura 1. Presupuesto per cápita por UP versus superficie promedio por UP. Fuente: Robles 2013.

En México, el Estado ha promovido el modelo agroindustrial desde hace más de cincuenta años, afectando a la agricultura campesina e indígena en el ámbito social, económico, político y eco-evolutivo<sup>2</sup>.

Mediante Programas como MasAgro (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional, 2010) (SAGARPA 2010) y Procampo (Programa de Apoyos Directos al Campo, 1993) (SAGARPA 20114) entre otros, se ha pretendido modernizar la agricultura para insertarla en el mercado agroindustrial. Con ello, un tipo de manejo agrícola basado en semillas comerciales, monocultivos y una alta dependencia de insumos externos ha ido desplazando al manejo campesino tradicional (Toledo 1990; CEMDA 2016). Además, se ha promovido el control transnacional de la harina para tortilla y la importación masiva de maíz amarillo para ganado. Variedades de maíz con inmenso valor cultural, como el rojo y el azul, han sido desplazados por su bajo valor comercial. Sin embargo, alrededor de 25 millones de mexicanos aún practican un tipo de agricultura que se caracteriza por ser a “pequeña escala, con altos niveles de diversidad, autosuficiencia y productividad ecológica y basada en el uso de energía solar y biológica” (Toledo & Barrera-Bassols 2008).

En México el agroecosistema más arraigado y distribuido es la milpa: un “policultivo en que tradicionalmente coexisten maíz, frijol, calabaza y decenas de otras plantas domesticadas, semidomesticadas o arvenses y en cuyo contexto se han originado los cientos de razas y variedades de cada una de estas especies” (Barbolla &

<sup>2</sup> Audiencia ante la CIDH, sesión 153, periodo ordinario de sesiones (2014). *Destrucción del patrimonio biocultural de México por megaproyectos y ausencia de legislación y política pública culturalmente adecuada para pueblos indígenas y comunidades equiparables*, Washington, D.C. Video disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=rSyQwi8RnMA>

Benítez 2016). Este cultivo se realiza en el 80% de los casos en predios que no exceden las tres hectáreas, es decir, a pequeña escala. Si bien el uso de semillas comerciales y agroquímicos ha permeado fuertemente sobre las prácticas campesinas tradicionales, esta particular organización espacial de su producción ha fungido como resistencia al avance de los grandes monocultivos industriales que intentan reemplazarla, fomentando así la existencia de paisajes con una alta heterogeneidad en cuanto a su tipo de manejo (Benítez & Fornoni 2014).

En el estado de Oaxaca, donde se encuentra el área de estudio de esta investigación, las actividades agropecuarias juegan un papel importante en la economía. Según el monitor agroeconómico de la SAGARPA para Oaxaca (SAGARPA 2011), mientras que a nivel nacional solo el 13% de la población está empleada en el sector primario, en Oaxaca este porcentaje asciende al 32%. Se trata de un estado con altos niveles de marginación (Figura 2) en el que el tamaño promedio de las parcelas está por debajo del nivel nacional para casi todos los productos (Figura 3). La Villa de Zaachila, el sitio de estudio, es una población semiurbana donde la producción agrícola se realiza en parcelas de aproximadamente una hectárea, condición que aunada a su milenaria tradición agrícola ha permitido que hoy en día coexistan una gran variedad de técnicas y tipos de manejo agrícola (ver Área de estudio).



Figura 2. Población del estado de Oaxaca por nivel de marginación. Fuente: SAGARPA 2011.

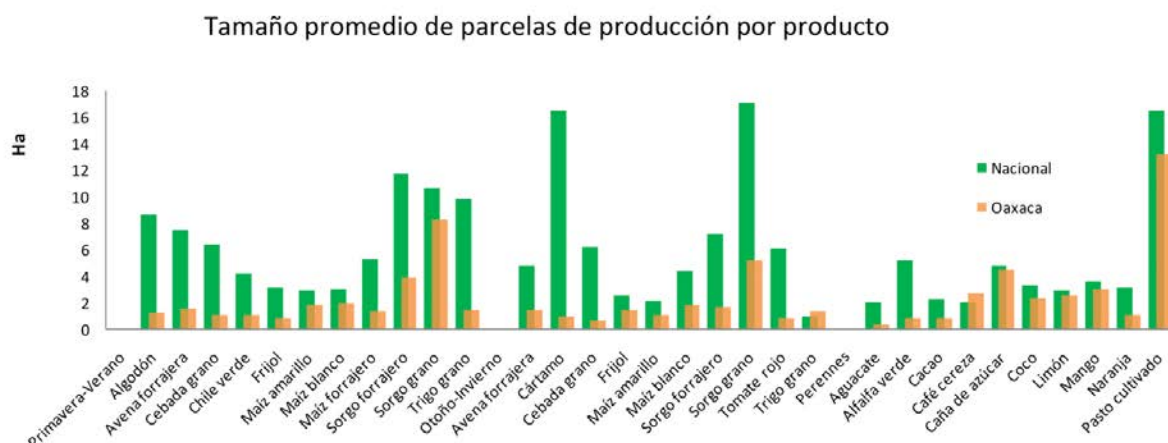


Figura 3. Tamaño promedio de parcelas de producción por producto, temporada primavera-verano. Fuente: SAGARPA 2011.

### 3. Los efectos de distintos tipos de manejo sobre la biodiversidad

La conversión de tierras para uso agrícola está reconocida como la principal causa de pérdida de hábitat para la vida silvestre. Según la WWF, alrededor del 50% de la tierra habitable del planeta ya ha sido convertida en tierras de cultivo. En total, la tierra arada cubre 38% del área terrestre del planeta (WWF 2018). Más alarmante aún es que según la más reciente Convención de Biodiversidad Mundial realizada por las Naciones Unidas, los procesos relacionados con el sistema agroalimentario son responsables de 70% de la pérdida de biodiversidad terrestre que se proyecta en el futuro cercano (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2014). Sin embargo, como hemos visto, no existe una sola agricultura, sino una vasta diversidad de prácticas llevadas a cabo por las comunidades locales, las cuales en muchos casos mantienen y hasta incrementan la biodiversidad a nivel del paisaje (Perfecto 2003). El enfoque clásico de la conservación que percibe a la agricultura como antagonista absoluta de la biodiversidad tiene en mente un tipo de manejo industrializado, cuyos efectos devastadores sobre el agua, la tierra, las especies y sus interacciones han sido documentados al por mayor (Hobbelink 1991; Carson 2002). Ante esta problemática, es vital entender la agricultura como el proceso complejo que es, tomando en cuenta las variables relacionadas a la política económica, la cultura y el contexto ecológico en que se desarrolla. Solamente superando la visión de la agricultura como una categoría homogénea podremos apreciarla en su vasta diversidad y así abordar el problema de cómo asegurar nuestra alimentación y al mismo tiempo conservar la biodiversidad de manera más satisfactoria.

Ya se dijo que la agricultura ecológica o tradicional y la industrializada se diferencian por una diversidad planeada alta (policultivos) por un lado, y baja (monocultivos) por el otro. Sin embargo, de mano de la diversidad planeada existe todo un conjunto de

especies que si bien los campesinos no colocan a propósito en sus parcelas, son capaces de establecerse temporal o permanentemente en las mismas, o bien migrar a través de ellas. A este conjunto se le conoce como biodiversidad asociada (Perfecto et al. 2009). Las diferencias entre tipos de manejo tiene repercusiones ecológicas extremadamente importantes en estos tipos de biodiversidad por al menos dos razones que serán desarrolladas a continuación. Por un lado, los terrenos agrícolas *per se* pueden ser un repositorio importante de especies tanto silvestres como domesticadas. Por otro, la migración desde y hacia fragmentos de hábitat “natural” o vegetación primaria, debido a la naturaleza fragmentada de muchos paisajes, casi siempre debe llevarse a cabo a través de terrenos agrícolas para asegurar la conectividad y la permanencia de las metacomunidades silvestres a nivel de paisaje (Perfecto 2003).

Respecto al primer punto, los agroecosistemas<sup>3</sup> como repositorios de vida silvestre, ya existe abundante evidencia de los diferentes efectos que tienen tipos de manejo agrícola contrastantes. Por ejemplo, en el caso de los cafetales agroecológicos, Perfecto y colaboradores (1997) encontraron una diversidad de insectos en el dosel tan alta como aquella que se halla en los bosques tropicales conservados de Sudamérica. Tendencias similares se han encontrado en aves, mamíferos, plantas y otros organismos (resumen en Perfecto & Ambrecht 2003; Perfecto et al. 2007). En contraste, en los cafetales altamente industrializados, llamados “de cielo abierto” debido a la ausencia de cobertura arbórea, se ha reportado una reducción drástica en la biodiversidad de aves, insectos, reptiles, mamíferos y otros organismos (Perfecto et al. 1996; Greenberg 1997; Philpott et al. 2008). El caso del cacao es muy similar, pues se han encontrado las mismas tendencias entre el cacao de sombra y el de cielo abierto (Perfecto et al. 2009). Este patrón también se extiende a otro tipo de cultivos. Para el caso del arroz, un grano de alta importancia económica y alimentaria, mientras que los arrozales tradicionales albergan una enorme biodiversidad (Bambaradeniya en el año 2000 reporta 494 especies de invertebrados, 103 especies de vertebrados, 89 de macrófitas, 39 géneros de micrófitas y 3 especies de macrohongos), la simplificación de dichos sistemas en los casos industrializados conlleva una pérdida drástica de diversidad de peces, anfibios, e insectos (Perfecto et al. 2009), la cual además empobrece de igual manera la dieta de los agricultores que viven de dichos sistemas.

En nuestro país es necesario estudiar a fondo el caso de la milpa. Se sabe que la milpa tradicional alberga altos niveles de biodiversidad planeada y asociada, lo que le otorga un valor para la conservación mucho más alto que el de los sistemas industrializados que suelen reemplazarla (Finegan & Nasi 2004). A diferencia de los

---

<sup>3</sup> El término agroecosistema ha sido entendido de diversas maneras. Gliessman (2015) lo define como un sitio de producción agrícola entendido como un ecosistema. El concepto provee un marco para analizar desde la teoría de sistemas la producción agrícola, tomando en cuenta sus componentes de entrada, salida y sus interacciones. M. Altieri (1995) además señala que un componente principal del sistema es el ser humano como ente controlador, ya que es éste quien toma las decisiones respecto a la finalidad del sistema.



monocultivos de maíz, la milpa tradicional es un policultivo que puede incluir plantas como la calabaza, el frijol, el chile, los quelites, nopales, agaves, árboles frutales, etc. Esta alta diversidad planeada le otorga una diversidad estructural y funcional capaz de albergar especies silvestres de muchos grupos taxonómicos, como insectos, aves, mamíferos y reptiles. Sin embargo, hace falta detallar sistemáticamente las relaciones ecológicas que fomentan estas asociaciones entre diversidad planeada y asociada.

Para hablar del segundo punto, la importancia de los agroecosistemas como pasos migratorios a nivel de paisaje, debemos apelar a la teoría de metapoblaciones<sup>4</sup>. Según ella, cada población local es parte integrante de una red situada a manera de parches a lo largo de un paisaje (Figura 4). Las distintas partes de la red se encuentran físicamente separadas en el terreno y la conexión entre ellas vía migración es esencial para contrarrestar las extinciones que esporádicamente se dan en cada una. Esta manera de ver a las poblaciones, o comunidades, ha cobrado especial importancia debido a la fragmentación antropogénica que hoy afecta a la mayor parte de los ecosistemas del planeta y que puede forzar a que poblaciones alguna vez continuas adopten una dinámica metapoblacional (Perfecto et al. 2009).

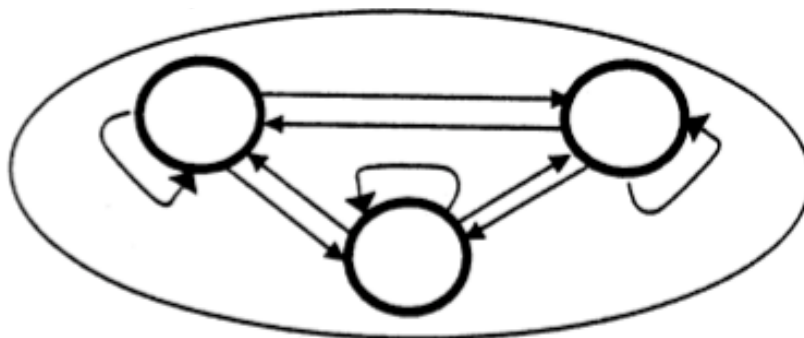


Figura 4: Representación de una metapoblación: poblaciones locales distribuidas a lo largo de un paisaje, conectadas entre sí por medio del flujo migratorio. Tomada de Kritzer & Sale (2004)

Para la teoría metapoblacional clásica (Levins 1969), es importante reconocer en primer lugar que las extinciones locales son eventos comunes en la naturaleza. Si bien se ha encontrado que su tasa cambia de manera inversamente proporcional al tamaño de los parches en que ocurren, incluso en los de tamaño más grande, como las reservas naturales, existe una importante probabilidad de extinción para las poblaciones que los habitan (Newmark 1995; Foufopoulos & Ives 1999; Ferraz et al. 2003; Perfecto et al. 2009). Ahora bien, lo que evita que las poblaciones se extingan a nivel regional es la migración y su capacidad de recolonización. Así, aunque

---

<sup>4</sup> Esta teoría tiene sus orígenes en la biogeografía de islas, desarrollada por MacArthur y Wilson en 1967; así como en otros autores que habían empezado a desarrollar la idea de metapoblación unos años antes del trabajo de Levins que acuñó el término formalmente en 1969 (Gilpin & Hanski 2012).



continuamente ocurran extinciones a nivel local, si las especies tienen la posibilidad de moverse a través del paisaje, existirán individuos de la misma especie en fragmentos cercanos que potencialmente recolonizarán el fragmento vacío.

El grado en que los distintos parches de hábitat están conectados, es decir, la conectividad del paisaje, depende de las características de la matriz en que se hayan inmersos y de la capacidad que tengan las especies de cruzarla exitosamente. En el marco de la agricultura, una matriz con un manejo que opte por la diversidad de cultivos, el manejo preventivo de plagas y enfermedades libre de químicos nocivos, así como la conservación del suelo y una estructura espacial heterogénea, puede propiciar el libre paso de individuos, permitiendo la permanencia de metapoblaciones o metacomunidades funcionales (Perfecto et al. 2009).

#### 4. Los coleópteros como indicadores del tipo de manejo

Ante la complejidad de fuerzas económicas, culturales y ecológicas que moldean el tipo de manejo agrícola que se ve realizado, y ante la heterogeneidad resultante de manejos que se dan incluso a escalas pequeñas o medianas -la comunidad, el ejido, por ejemplo- se alzan una serie de preguntas: ¿Cómo organizamos la diversidad de tipos de manejo en categorías teóricamente útiles para investigar? Y una vez organizados, ¿qué indicadores podemos desarrollar para identificarlos de manera práctica?

Para responder a estas preguntas, primero tomamos una metodología desarrollada por Álvarez y colaboradores (2014) para organizar la diversidad de manejos agrícolas en dos categorías contrastantes (ver Metodología: Selección de parcelas). Una vez hecho esto, observamos las diferencias en la diversidad de coleópteros que presentó cada categoría con el objetivo de encontrar especies o grupos funcionales que sirvan como indicadores del tipo de manejo al que se encontraron asociados. Además, dado que las categorías de manejo trabajadas son un artificio para discretizar lo que en la realidad es un gradiente, también se buscó si los indicadores refieren la posición en el gradiente de industrialización de las parcelas en que se hallaron.

La selección de indicadores apropiados para hacer comparaciones de los efectos sobre la biodiversidad de la agricultura sustentable *versus* convencional es un tema que ha sido debatido por muchos autores (i.e., McGeoch 1998; Paoletti 1999; Duelli & Obrist 2003). Debido a que la respuesta ante las actividades humanas difiere ampliamente entre taxones, no existe un solo grupo cuya diversidad sirva de correlato para todas las demás especies en un hábitat. Para tener un buen estimado del estado general de la diversidad en un sitio es necesario combinar indicadores

provenientes de grupos distintos como las plantas, los vertebrados y los invertebrados (Schulze et al. 2004). Sin embargo, dentro de los invertebrados se reconoce que los patrones de riqueza de varias familias de coleópteros correlaciona con los de otros taxones tanto de invertebrados como de vertebrados (Pearson & Cassola 1992; Holland 2002; Ohsawa 2010). Además de su relación con la diversidad de otras especies, la diversidad de coleópteros se ha encontrado positivamente relacionada con características físicas del ambiente, como la calidad del suelo y la complejidad del hábitat (Lassau et al. 2005; Campanelli & Canali 2012), variables que están relacionadas con el tipo de manejo en los campos de cultivo.

Existe una variedad de razones por las cuales el grupo Coleóptera es una buena fuente de indicadores biológicos: son de los seres más abundantes en el planeta, pues existen alrededor de 400,000 especies; es el orden más grande de insectos; conforman casi el 40% de los insectos y el 25% de los animales; se encuentran en casi cualquier hábitat terrestre (salvo las zonas polares) ocupando una gran variedad de nichos; mantienen muchas interacciones ecológicas como la herbivoría, fungivoría, detritivoría, depredación y polinización, lo cual los hace importantes reguladores del flujo de materia y energía en los ecosistemas; tienen una gran diversidad de estrategias de vida, aspecto que incluye variables relevantes a nivel de paisaje como la reproducción, dispersión y colonización y debido a su abundancia son relativamente fáciles de coleccionar (Hunt et al. 2007; Bouchard et al. 2011). Por otro lado, en su papel como depredadores, los coleópteros tienen potencial para el control biológico de muchas plagas agrícolas, así como un potencial como indicadores por su sensibilidad a los agroquímicos y a otros rasgos propios del tipo de manejo (Holland 2002). Además de la regulación descendente (o efectos *top-down* en inglés) que los coleópteros pueden llevar a cabo por su papel como depredadores, también sirven de alimento para muchos vertebrados como aves y roedores y por lo tanto, pueden contribuir a la diversidad biológica general dentro de los agroecosistemas (Holland 2002).

Por ejemplo, las revisiones de Kromp (1999) y Holland y Luff (2000) se centran en el tema de las áreas agrícolas y el impacto de los distintos tipos de manejo sobre la familia Carabidae. Debido a la diversidad de sus hábitos, requerimientos y movilidad, entre otros aspectos de su ecología, los autores hablan de la utilidad de esta familia para caracterizar las tendencias de la biodiversidad funcional en sistemas agrícolas. También, Brooks y colaboradores (2012) señalan que los carábidos son adecuados para tratar cambios temporales a largo plazo en las comunidades bióticas, a partir de su estudio de comunidades en el Reino Unido en el cual encontraron un descenso en el componente funcional constituido por esta familia. En la misma línea, Burgio y colaboradores (2015) presentan una investigación de cuatro años realizada en Italia sobre los efectos del manejo orgánico *versus* convencional de frijol y jitomate sobre la diversidad de este grupo. Ellos encontraron mayores valores en los índices de Shannon, Simpson, Berger-

Parker y de riqueza simple en el tratamiento orgánico de ambos cultivos durante los 4 años. Así mismo, es de notar que a la especie *Brachinus sclopeta* la encontraron únicamente en los tratamientos orgánicos, lo cual la convierte en una especie indicadora de la capacidad de las plantaciones para permitir la existencia de especies altamente vulnerables. En cuanto a los hábitos alimenticios, los carábidos zoófagos y los zoófagos-fitófagos se mostraron más beneficiados por el tratamiento orgánico. También, en el mismo estudio se encontró una correlación negativa entre los índices de biodiversidad y el número de insecticidas utilizados en el tratamiento convencional, así como el número de aplicaciones. Cabe notar que también encontraron una mayor densidad de actividad para opiliónidos e isópodos en el tratamiento orgánico de ambos cultivos; de colémbolos en el frijol y de estafilínidos, arañas y miriápodos en el jitomate. Una de las principales razones que explican una mayor diversidad de artrópodos en los tratamientos no industrializados es la mayor cantidad de materia orgánica que los caracteriza (Campanelli & Canali 2012), pues se ha demostrado que los depredadores se benefician de una mayor cantidad de artrópodos detritívoros que la materia orgánica sustenta (Settle et al. 1996). Así, los carábidos funcionaron como indicadores indirectos de la mejora en esta característica del suelo y por lo tanto de la diversidad de la comunidad edáfica en general.

Como lo muestran los ejemplos anteriores, actualmente existe una gran cantidad de trabajos sobre la ecología de la familia Carabidae en el contexto agrícola, la mayoría provenientes de países europeos. Sin embargo, es necesario advertir que la utilidad de los coleópteros como indicadores de la diversidad general en un ambiente es altamente contexto-específica, por lo que es difícil extrapolar los resultados de investigaciones en zonas distintas y resulta preferible investigar qué familias son más útiles en cada sitio (Jonsson & Jonsell 1999). Además, incluso en una misma zona, los distintos componentes funcionales de la comunidad de artrópodos no necesariamente reaccionan igual ante la industrialización agrícola, razón por la cual el excesivo enfoque en los carábidos puede llevar a interpretaciones erróneas (Attwood et al. 2008). Por ejemplo, en una revisión de la literatura publicada sobre este tema hasta el 2008, Atwood y colaboradores encontraron que la riqueza de artrópodos en general se ve reducida conforme aumenta la industrialización de la agricultura, y que esta tendencia se refleja también en los grupos funcionales de los depredadores y los detritívoros, pero no así en la de los herbívoros. Por estas razones, en esta tesis se muestreó la comunidad de coleópteros en general para después buscar aquellas familias o morfoespecies que funcionaran como indicadoras en la zona específica de la Villa de Zaachila, Oaxaca.

Desde la perspectiva de la ecología de paisajes, rasgos como las distintas tasas de movilidad y capacidad de colonización de los coleópteros los vuelven organismos adecuados para el monitoreo de la conectividad entre poblaciones locales. Además, algunos coleópteros se dispersan preferentemente por suelo y otros por aire, lo cual

permite analizar los efectos del manejo agrícola en dos partes interrelacionadas pero muy distintas de los agroecosistemas. Este tipo de dinámicas son particularmente importantes para los estudios de metacomunidades en un contexto agrícola. En efecto, muchos autores están de acuerdo en que la naturaleza compleja de los procesos ecológicos requiere de investigación con un enfoque sistémico (Olfert et al. 2002; Hole et al. 2005), en cuyo caso es indispensable superar los estudios que se concentran únicamente en la demografía de poblaciones o comunidades locales y estudiar la escala paisajística, poniendo atención a los fenómenos de migración y recolonización.

Un ejemplo de este enfoque se puede encontrar en el trabajo de Luff y Rushton (1989) y Dufrene y colaboradores (1990), quienes caracterizaron áreas agrícolas y naturales con base en las comunidades, una vez más de carábidos, que contenían. Hoy en día se conocen relativamente bien las especies de este grupo que se espera en áreas cultivadas y los hábitats adyacentes (Luff 2002). Con este tipo de conocimiento, la presencia o ausencia de dichas especies en determinadas áreas agrícolas puede ser un indicador de su grado de industrialización. Incluso, se pueden investigar los efectos de la fragmentación del hábitat sobre aspectos de genética de poblaciones como el flujo génico, el aislamiento y la dispersión (Holland 2002). De nuevo, surge la necesidad de extender este tipo de conocimiento para abarcar más taxones que puedan complementar esta información sobre los agroecosistemas.

Cabe resaltar también la importancia de que aquellos grupos que se utilicen como indicadores sirvan no solo a académicos, sino de manera muy importante, a campesinos. En este sentido, los coleópteros tienen mucho potencial, pues son fáciles de reconocer debido a su morfología característica y su ubicuidad en las parcelas. Sobre todos las familias de tamaño mediano o grande son fáciles de observar y son tan bien conocidas por los pobladores que muchas cuentan con nombres comunes, por ejemplo, *mayate*, *temolín*, *gorgojo*, *catarina*, *luciérnaga*, etc. (Zaragoza-Caballero et al. 2017). El reconocimiento de algunos grupos de coleópteros como indicadores de manejo puede abonar al proceso de toma de decisiones de los agricultores.

Así pues, el estudio del orden Coleoptera puede arrojar mucho conocimiento directo e indirecto del estado de la biodiversidad en los ecosistemas. Sin embargo, aún existen muchos vacíos metodológicos en el uso e interpretación de indicadores biológicos. Por ejemplo, se ha encontrado que la densidad y la riqueza de escarabajos varía en función del cultivo y del año de muestreo, incluso más de lo que varía entre tipos de manejo con diferentes regímenes de perturbación del suelo y de uso de agroquímicos (Holland & Luff 2000; O'Rourke et al. 2014). Aunque este hecho no interfiere con la significancia de las diferencias entre tipos de manejo, se advierte que cualquier comparación entre cultivos, sitios y años debe ser tratada con precaución. Otro aspecto metodológico importante es el método, intensidad y

momento de muestreo, pues la mayoría de los estudios hasta ahora se han valido de trampas *Pitfall*. Con estas trampas se recolecta sólo una porción del total de la comunidad y pueden dar resultados erróneos ya que el movimiento de los carábidos está fuertemente afectado por su nivel de hambre y el uso de pesticidas puede crear una sobreabundancia inicial de presas seguida por una fuerte escasez, en cuyo caso el momento en que las trampas son colocadas podría ser determinante para los resultados obtenidos (Holland 2002). Además, la escala de lo que definimos como paisaje debe ser explicitada, pues la velocidad de los procesos migratorios y de recolonización variarán en función de ésta (Duffield & Aebischer 1994; Holland et al. 2000). Una de las repercusiones de estos hechos es la necesidad de investigar qué grupos taxonómicos son buenos indicadores, tomando en cuenta tanto la facilidad para trabajarlos como la robustez de su respuesta al manejo agrícola, y a qué escalas funcionan.

En esta tesis se presenta un estudio de las diferencias en la diversidad del orden Coleoptera en terrenos agrícolas con dos tipos de manejo contrastantes. Primero se presenta una metodología para organizar la diversidad de prácticas agrícolas en dos categorías discretas y contrastantes entre sí. Posteriormente, se presenta el análisis de la diversidad de coleópteros en una y otra categoría de manejo, para finalmente postular, con base en los resultados, a la familia Curculionidae como posible indicadora del tipo de manejo en las parcelas de la zona y de la biodiversidad en las mismas.

## **Objetivos**

Objetivo general:

Encontrar indicadores biológicos de dos tipos de manejo agrícola contrastantes en la Villa de Zaachila, Oaxaca, mediante el estudio de la comunidad de coleópteros en cada uno.

Objetivos particulares:

- i) Poner a prueba la existencia de dos categorías de manejo contrastantes y encontrar las variables que las definen con base en un conjunto heterogéneo de prácticas agrícolas.
- ii) Caracterizar la diversidad taxonómica y funcional de la comunidad de coleópteros en las categorías de manejo resultantes.
- iii) Encontrar grupos sensibles a cada uno de los dos tipos de manejo y explorar su utilidad como indicadores.

## **Hipótesis y predicciones**

H1) Las parcelas de la Villa de Zaachila exhiben prácticas de manejo muy heterogéneas, pero es posible identificar conjuntos de prácticas que resulten en formas de manejo cualitativamente distintas.

P1) Será posible organizar la diversidad de prácticas en dos grandes categorías: industrializada y agroecológica, aunque éstas serán internamente variables.

H2) La Villa de Zaachila ha experimentado un proceso de industrialización de la agricultura basado en la disminución del número de cultivos y el uso de insumos provenientes de la industria agrícola.

P2) Las variables más importantes para la separación en dos categorías de manejo serán el número de cultivos presentes y el uso de semillas, fertilizantes, plaguicidas y herbicidas provenientes de la agroindustria.

H3) Los campesinos de la Villa de Zaachila poseen un conocimiento empírico sobre los tipos de manejo presentes en la región.

P3) La forma en que los campesinos categoricen las parcelas será consistente con un análisis estadístico de agrupación .

H4) Dado que la agricultura industrial implica una disminución de posibles plantas hospederas y un aumento de agroquímicos tóxicos para muchos organismos, las parcelas con manejo agroecológico son capaces de albergar más especies de coleópteros que sus contrapartes industrializadas.

P4) Habrá una mayor diversidad (riqueza y equidad) de coleópteros en las parcelas con el tipo de manejo agroecológico.

H5) Hay diferencias en la composición de familias y morfoespecies de Coleoptera entre las dos categorías de manejo.

P5) Será posible encontrar familias o morfoespecies cuya presencia o abundancia se vea correlacionada con las categorías de manejo, las cuales pueden servir como indicadoras.

## Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la Villa de Zaachila, localidad que se encuentra en los Valles Centrales de Oaxaca, México. Se trata de un poblado semiurbano localizado 17 km al suroeste de la capital oaxaqueña (Figura 5), en una zona predominantemente zapoteca con influencia mixteca.



Figura 5. Vista satelital de la Villa de Zaachila y la ciudad de Oaxaca, Oaxaca. Imagen tomada de Google Earth.

El área tiene un clima semiseco-semicálido con una época de lluvias que abarca desde junio hasta octubre. El tipo de vegetación primaria más cercano es la selva baja caducifolia, junto con matorrales xerófitos que se localizan en elevaciones montañosas al Este y Oeste de la localidad, pero fuera de ella (INEGI 2007). De la superficie total, el 47% es agrícola, 34% es pastizal, 16% es vegetación secundaria y sólo el 3 % está urbanizado (OEIDRS 2005).

El municipio de Zaachila consta de 17 localidades (2 urbanas y 15 rurales) y contaba con 34101 habitantes para 2010, de los cuales el 80% está concentrado en las dos localidades urbanas: La Villa de Zaachila y una colonia al Este, Vicente Guerrero. Tiene aproximadamente 8 mil viviendas, de las cuales el 90% tiene luz eléctrica, 70% drenaje y 45% tiene agua potable en red. Estas dos localidades conforman una mancha urbana central rodeada por campos de cultivo. La parte Este cuenta con unidades de riego de pozo profundo, lo cual permite cultivos constantes, mientras que la parte Oeste carece de ellos y solamente sostiene agricultura de temporal (Figura 6) (INEGI 2007; Mora 2017).





Figura 6. Mancha urbana de la Villa de Zaachila rodeada por campos de cultivo. Imagen tomada en la época de secas, del lado Este se aprecian los cultivos que se mantienen en las unidades de riego. Imagen tomada de Google Earth.

Debido a su cercanía con la capital oaxaqueña y la migración desde zonas marginadas o en conflicto en el mismo estado de Oaxaca, la zona ha experimentado un fuerte crecimiento poblacional (de 1995 al 2010 se duplicó), así como un descenso en la población dedicada al campo (el número de personas con derecho a tierras o riego pasó de ser el 31% al 6.1% en 90 años) (Mora 2017). Por otro lado, desde tiempos prehispánicos y hasta la fecha, el mercado de la Villa de Zaachila es uno de los más importantes en la zona de los Valles centrales (Aguilar & Huebe 1979), lo cual mantiene una alta actividad comercial e incluso atrae turismo desde la capital del estado.

Actualmente el municipio de Zaachila consta de tres ejidos: El Ejido Santa María (o Ejido Grande) con 1,524 ha, el Ejido La Labor con 75 ha y el Ejido San José de 70 ha. Entre los tres ejidos se suman 1,669 ha repartidas entre 1,521 campesinos. También existen 12 unidades de riego, de las cuales cinco son de pequeña propiedad y siete son parte del algún ejido (Mora 2017). Según datos del INEGI (2007), el 90% de las tierras son de temporal mientras que el 10% tiene acceso a riego, el 66% de los campesinos usa como elemento de labor el tractor y animales, el 27% usa sólo tractor y el 7% usa sólo sus animales. El 41% de las tierras tiene fertilizantes químicos, el 4% usa algún plaguicida y sólo 1% de los campesinos usa semillas mejoradas.

Los principales cultivos del municipio son el maíz, el frijol, el cacahuate, la alfalfa y la nuez (OEIDRS 2005), los cuales suelen ser sembrados en esquemas de rotación temporal (sobre todo maíz, alfalfa y cacahuate) o en policultivo (maíz, frijol y nuez). Estos productos, además de ser utilizados para el autoabasto, suelen venderse en

el mercado antes mencionado y forman parte esencial de la economía campesina local (Mora 2017).

## **Métodos**

### **1. Selección de parcelas para el muestreo**

Se buscaron parcelas con tipos de manejo contrastantes, que aquí llamaremos agroecológico (podría identificarse con un manejo tradicional y de bajo uso de insumos externos) e industrializado (asociado a un manejo basado en maquinaria e insumos externos). Para ello, se siguió el método desarrollado por Álvarez y colaboradores (2014) que busca construir tipologías como una forma de manejar la diversidad en las parcelas a partir de la combinación de información de “expertos locales, informantes clave o campesinos”, con estadística multivariada para capturar y agrupar la variabilidad de los sistemas agrícolas. El objetivo de esta metodología es lograr una categorización reproducible de los tipos de manejo en un sitio, la cual se adecue a las necesidades, percepciones e intereses de las personas involucradas en la investigación.

Para llevar a cabo esta metodología, los autores (Álvarez et al. 2014) marcan una serie de pasos a seguir, los cuales se presentan a continuación.

1. Hacer explícito el objetivo de la tipología. Éste depende de la pregunta de investigación y determinará las variables a tomar en cuenta. El objetivo de nuestra tipología fue crear categorías de manejo con prácticas contrastantes, para observar sus efectos sobre la diversidad de coleópteros. Por ello, las variables elegidas a continuación están todas relacionadas con las características ecológicas de las parcelas, excluyendo así variables de tipo socioeconómico.

2. Formular una hipótesis de la diversidad de manejo de los sistemas agrícolas. La hipótesis puede basarse en conocimiento de expertos, métodos participativos, estudios previos en el área u observación en el campo. Puede abarcar el número de tipos, sus características principales o su proporción en el área de estudio, debe relacionarse con el objetivo de la tipología y es preferible que se base en conocimiento agrícola y teorías ecológicas.

Con base en lo anterior, trabajamos con un grupo de campesinos de la localidad con quienes se tenía contacto debido a trabajos previos con nuestro grupo desde el año 2014. Junto con ellos, se planteó encontrar dos categorías o tipos de manejo generales. Al primero lo llamamos “agroecológico” y estaría definido por un bajo o nulo uso de insumos comerciales y el uso de semillas criollas provenientes de la

misma localidad. Aunque la combinación exacta de prácticas agrícolas que se utilizaba en cada parcela de este grupo fuese variable, por compartir las características antes mencionadas, hipotetizamos que estas constituirían una categoría ecológicamente similar. Al segundo grupo lo llamamos “industrializado” y estaría constituido por parcelas con un mayor uso de maquinaria, un alto consumo de agroquímicos y que sembraran semillas híbridas comerciales. Así, quedaron definidas las dos categorías que pondríamos a prueba.

3. Seleccionar las variables que caracterizan la tipología. Debido a que la hipótesis de la tipología se pone a prueba mediante un análisis estadístico multivariado, se deben elegir variables cuantificables mediante las cuales se puedan agrupar las muestras. Aquí, de nuevo, entra en juego la combinación del conocimiento campesino con el conocimiento científico ecológico, pues el resultado dependerá de la elección de variables relevantes para el objetivo que se persigue.

Como hemos dicho, las variables que responden al objetivo de nuestra tipología son aquellas relacionadas con los aspectos ecológicos de las parcelas, como la calidad de su suelo, la diversidad de cultivos, la disponibilidad de agua y la presencia o ausencia de sustancias tóxicas para la diversidad. Por eso, se seleccionaron las 22 variables de manejo que se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables utilizadas para la constitución de la tipología.

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Significado</b>	<b>Escala de medición</b>
Núm. cultivos	La riqueza de especies sembradas	conteo
Núm. variedades	La riqueza de variedades sembradas	conteo
Criollo	Uso de maíz criollo	presencia/ausencia
Monocultivo	Uso de un esquema de monocultivo	presencia/ausencia
Rotación	Uso de rotación espacial o temporal	presencia/ausencia
Descanso	Práctica de dejar descansar la tierra un tiempo	presencia/ausencia
Yunta	Uso de yunta para cualquiera de las labores de la tierra	presencia/ausencia
Riego	Uso de riego de cualquier tipo	presencia/ausencia
Quelites	Práctica de permitir crecer quelites que espontáneamente se encuentran en la parcela	presencia/ausencia
Borde planeado	Práctica de sembrar ciertas plantas en el borde de la parcela	presencia/ausencia
Árboles	Presencia de árboles dentro o en el borde de la parcela	presencia/ausencia
Abono verde	Uso de abono verde como complemento nutricional para la tierra	presencia/ausencia
Rastrojo	Práctica de dejar el rastrojo en la parcela al terminar el periodo de cosecha	presencia/ausencia
Composta	Práctica de aplicar composta de cualquier tipo al suelo	presencia/ausencia
Estiércol	Práctica de aplicar estiércol de cualquier tipo al suelo	presencia/ausencia
Autoconsumo	Uso de cualquier proporción de la cosecha para el consumo	presencia/ausencia

	familiar de los campesinos	
Venta	Uso de cualquier proporción de la cosecha para la venta a cualquier escala	presencia/ausencia
Fertilizante quím.	Uso de algún fertilizante convencional	presencia/ausencia
Plaguicida quím.	Uso de algún plaguicida convencional	presencia/ausencia
Herbicida quím.	Uso de algún herbicida convencional	presencia/ausencia
Fertilizante org.	Uso de fertilizante orgánico	presencia/ausencia
Plaguicida org.	Uso de plaguicida orgánico	presencia/ausencia

Para la recopilación de los datos correspondientes a estas variables, los autores recomiendan el uso de entrevistas, cuestionarios o revisiones en campo. En este trabajo realizamos las tres cosas. Las entrevistas semiestructuradas fueron hechas en pareja, por la autora de esta tesis y una compañera del grupo extendido de trabajo (véase sección de agradecimientos). Tuvieron lugar en campo o en casa de los campesinos dueños de las parcelas elegidas, algunas veces en presencia sólo del padre de familia y otras (de preferencia) también con la madre, hijos u otros miembros de la familia. Las entrevistas fueron grabadas en su totalidad por la persona que dirigía la entrevista, mientras que la otra, vertía por escrito los datos más importantes en el cuestionario. Posteriormente algunas de las variables, como la presencia de árboles o bordes planeados, se corroboraron en campo. En los anexos de esta tesis se pueden encontrar la entrevista y el cuestionario completos, así como las cartas de consentimiento informado que se extendieron a los entrevistados.

Tras curar la información recabada, los datos se vertieron en una tabla cuantitativa. Las primeras dos variables (número de cultivos y número de variedades), se registraron como valores de riqueza absolutos, mientras que las otras veinte variables se registraron con valores de presencia o ausencia (1 ó 0) para cada una de las parcelas muestreadas. Este procedimiento implicó una condensación muy fuerte de la información, proceso en el cual se perdieron detalles, pero que fue necesario para contar con datos comparables y de una calidad homogénea para todas las parcelas.

4. Diseñar un método de muestreo para la recolección de los datos. De nuevo, éste depende del objetivo de la tipología y puede ser desde aleatorio, en cuyo caso los autores recomiendan un tamaño de muestra grande, de alrededor de cincuenta, hasta dirigido, con métodos que buscan capturar la diversidad a lo largo de algún gradiente (Álvarez et al. 2014).

En este trabajo el muestreo fue dirigido a 16 parcelas, las cuales se buscó que estuvieran distribuidas en las zonas Norte, Sur, Este y Oeste de la localidad, para abarcar la heterogeneidad geográfica que pudiera haber en la zona. El número de parcelas muestreadas fue relativamente bajo (los autores reportan que el tamaño de muestra de los estudios de tipología publicados oscila entre 18 y 2646), debido principalmente a dos razones: las limitaciones de tiempo inherentes a un trabajo de maestría y el hecho de que se buscó realizar el trabajo en conjunto con los campesinos con quienes ya teníamos una relación de confianza, los cuales eran pocos. Fueron ellos quienes nos condujeron primero a 8 parcelas que según su conocimiento experto estaban bajo un manejo que caería en la categoría de “agroecológico”. Una vez hecho esto, se buscó para cada parcela de tipo agroecológico una parcela cercana, en la medida de lo posible, que se encontrara bajo un manejo que correspondiera a nuestra categoría “industrializada”. Para esto, los mismos campesinos nos refirieron con aquellos vecinos de parcela que según su conocimiento llevaran a cabo un manejo contrastante, como lo describimos en la sección de hipótesis. Así, se trabajó con 16 parcelas distribuidas en los cuatro puntos cardinales de la localidad y entre las cuales se buscaría identificar dos categorías de manejo contrastantes (Figura 7).



Figura 7. Las 16 parcelas muestreadas.



5. Agrupar los sistemas agrícolas usando estadística multivariada. Los métodos multivariados sirven para identificar variables que permiten agrupar las parcelas en conjuntos internamente homogéneos. Dependiendo del tipo de variables que se tengan (cuantitativas y/o categóricas), los autores proponen distintos análisis, como el análisis de componentes principales (cuantitativas continuas o discretas), análisis de correspondencias múltiples (categóricas), análisis factorial múltiple (categóricas organizadas en conjuntos multitabla o multibloque), análisis de Hill-Smith (cuantitativas y cualitativas mezcladas), o análisis de escalamiento multidimensional (clasificación en una dimensión específica) (Álvarez et al. 2014).

En general, los métodos de ordenación sirven para agrupar objetos (en este caso parcelas) con base en los valores de las variables que se miden en dichos objetos (Goodall 1954). Son algoritmos que buscan los principales gradientes de variación a lo largo de un espacio multidimensional y que después reorganizan los objetos en un nuevo sistema de coordenadas con cada componente principal como eje. Como resultado, los nuevos componentes explican la mayor parte de la variación entre los objetos, así que éstos pueden representarse en solo 2 ó 3 dimensiones donde sus posiciones relativas representan las relaciones entre las variables medidas a los objetos. Así, los objetos cercanos en el nuevo plano tienen valores similares para las variables, mientras que los distantes tienen valores diferentes. El análisis de los grupos revela qué objetos son similares y qué variables son más relevantes para este gradiente de variación (Paily & Shankar 2016).

Debido a la naturaleza de las variables en el estudio (cuantitativas discretas y categóricas), se utilizaron dos análisis diferentes: análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) y análisis factorial de datos mixtos (FAMD por sus siglas en inglés). En el PCA las variables categóricas se trataron con un código de unos y ceros, sin embargo, debido a que el PCA utiliza distancias euclidianas para medir la similitud entre objetos, se recomienda precaución cuando los datos contienen una gran cantidad de ceros (ter Braak & Smilauer 2015). Por esta razón se realizó también el FAMD, que permite utilizar una mezcla de variables categóricas y cuantitativas. Una vez hechos ambos análisis con las 22 variables antes mencionadas, se corroboró que los resultados fueran iguales. Ambos análisis se realizaron con el lenguaje de programación de *R* (versión 1.1.383; bibliotecas usadas: FactoMineR, corrplot y RColorBrewer. Scripts a disposición pública en: <https://github.com/laparcela/Coleoptera>).

Con el uso de esta metodología, se corroboró que las 16 parcelas muestreadas en efecto pudieran separarse, con base en las variables elegidas, en dos grupos distintos. Estos grupos se utilizaron posteriormente como tratamientos para medir las diferencias en la biodiversidad de coleópteros encontrada.

## 2. Muestreo de coleópteros

Para cada una de las 16 parcelas seleccionadas, se realizó un muestreo de la diversidad de coleópteros mediante dos métodos de colecta, trampas Pitfall y redes de golpeo. El muestreo se realizó durante el mes de septiembre del 2016, hacia el final de la época de lluvias, cuando el maíz estaba pronto a ser cosechado. Todas las actividades de muestreo se hicieron por las mañanas, a partir de las 07:00 horas y hasta terminar dos parcelas, alrededor de las 11:00 horas, con el objetivo de que las variaciones normales en la temperatura a lo largo del día no agregaran variación a la colecta.

En cada parcela de aproximadamente 50 x 200 m, se establecieron cinco cuadrantes de 1.5 x 1.5 m, de la siguiente manera: primero se fijaron puntos al azar en cada uno de los lados largos de la parcela, y se trazó una línea imaginaria entre ellos. En el centro de esa línea, se ubicó el primer cuadrante. Después, a la mitad de camino entre dicho centro y cada extremo de la línea, se colocaron otros dos cuadrantes. Después se trazó una segunda línea imaginaria que atravesara perpendicularmente a la primera y pasara por su centro. En cada extremo de esa línea se ubicaron el cuarto y quinto cuadrante. Así, se contó con cinco cuadrantes, tres en el interior de las parcelas y dos en sus bordes (Figura 8).

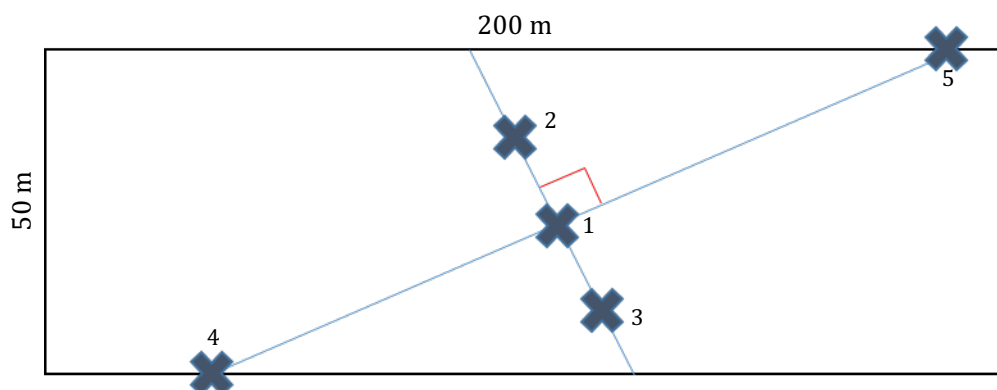


Figura 8. Ubicación de los cinco cuadrantes en cada parcela.

En cada cuadrante se realizó primero el golpeo con red. Éste se llevó a cabo dando tres vueltas alrededor del cuadrante, mientras se golpeaba con las redes la vegetación. Se realizó lo mismo al interior del cuadrante. Los insectos recolectados en la red se trasladaron continuamente a una cámara letal construida con una cubeta con tapa de plástico y papel absorbente empapado en acetato de etilo.

Una vez concluido el golpeo con red, se enterró una trampa pitfall en el centro de cada cuadrante. Las trampas se elaboraron con vasos de plástico de un litro a los cuales se les hizo cinco orificios de aproximadamente 3 x 5 cm en la parte superior, por donde los insectos podían caer al interior. Posteriormente se les puso una tapa de plástico para evitar que cayeran en la trampa otro tipo de animales como

mamíferos pequeños, y se atoró en la parte interior de la tapa una carnada con ayuda de un trozo de tela. La carnada fue de dos tipos: dos con pescado y tres con fruta en proceso de descomposición. Las trampas con pescado se colocaron una en el cuadrante del centro y otra en alguno de los cuadrantes del borde. El resto de los cuadrantes llevaron carnada frutal. Las trampas se enterraron de manera que los orificios recortados quedaran a ras del suelo y su ubicación se marcó con GPS y con una marca de color llamativo (Figura 9). Las pitfalls se llenaron con alcohol al 75% y se dejaron en el sitio durante 72 horas para ser posteriormente recuperadas.



Figura 9. Trampas Pitfall.

### 3. Identificación en laboratorio

Tras concluir la colecta en campo, todo el material fue trasladado a la Ciudad de México para su identificación en el Taller de Animales I de la Facultad de Ciencias, UNAM (véase sección de agradecimientos). Las cinco muestras de golpeo con red de una parcela se agregaron en un sólo frasco con alcohol, y lo mismo se hizo para las cinco muestras de pitfall. Así, se identificaron treinta y dos muestras en total, dos por cada una de las dieciséis parcelas.



El proceso inició con la limpieza de las muestras. Para esto fue necesario decantar los restos de tierra, rocas o vegetación que hubiera en los frascos. Hecho esto, se procedió a separar los individuos recolectados por orden y después por familia y morfos, contando su abundancia. Para la identificación se utilizó principalmente la guía de White (1983), con apoyo de las claves de Tripplehorn y Johnson (2005). Cada morfo fue numerado y fotografiado ventral y dorsalmente en un microscopio estereoscópico. El proceso fue realizado principalmente por la autora de esta tesis, bajo la supervisión de la M. en C. Alicia Rojas Ascencio y en ocasiones con la ayuda de otros miembros del Taller de Animales I.

Con esto se obtuvo un listado con abundancias de familias y de morfos de todos los coleópteros colectados en el sitio de estudio, el cual se utilizó para comparar su diversidad en relación a los dos tratamientos de interés, así como para buscar posibles grupos indicadores de los tipos de manejo agrícola.

## Resultados

### 1. Organización de las parcelas en dos tipos de manejo contrastantes

Se siguió el procedimiento de definición de tipologías presentado en la sección anterior (Álvarez et al. 2014). Para la realización del PCA que sirvió como base para el agrupamiento de las parcelas primero se hizo un estudio de correlación entre las 22 variables elegidas. En la Figura 10 se puede observar una representación gráfica de los coeficientes de correlación de Spearman entre las mismas. Podemos observar una correlación positiva grande entre variables asociadas al manejo tradicional, como el borde planeado, la composta, la yunta y el número de cultivos; los quelites, la yunta y el número de variedades; o los árboles y los fertilizantes orgánicos. Igualmente se observa una fuerte correlación positiva entre prácticas asociadas a la industrialización del manejo, como el uso de fertilizantes y herbicidas inorgánicos; o el riego, los plaguicidas inorgánicos y el monocultivo. Por otro lado, hay una fuerte correlación negativa entre el uso de riego y el descanso de la tierra, así como entre el autoconsumo y el monocultivo, dejando de lado correlaciones negativas obvias como el número de variedades y el monocultivo.

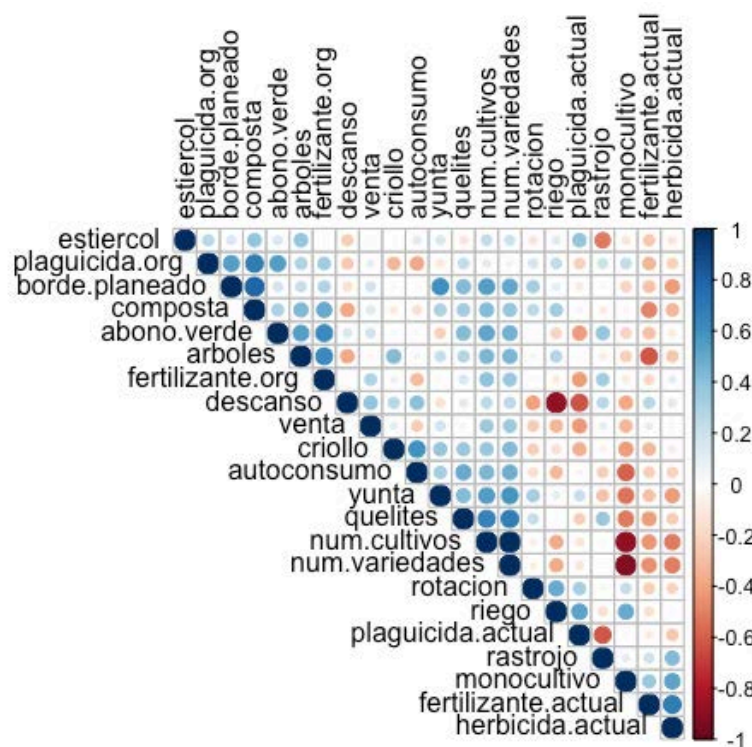


Figura 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables analizadas.

Después se realizó el PCA y se trabajó con los dos primeros componentes principales, los cuales en conjunto sumaron el 46.2% de la varianza total (27.4% y 18.8% respectivamente). Los coeficientes asociados a cada variable en dichos

componentes se muestran en la Tabla 4. Como se puede observar, las variables con mayor peso en el primer componente principal fueron el número de cultivos (0.35), el número de variedades (0.36) y la presencia de monocultivo (-0.29); mientras que en segundo componente principal fueron el descanso (0.44), el riego (-0.41) y el uso de plaguicidas agroindustriales (-0.30). También podemos observar que además de la mayor diversidad de cultivos, todas las variables positivamente relacionadas con el primer componente principal son prácticas asociadas a un manejo agroecológico, a saber: uso de semilla criolla, rotación de cultivos, descanso de la tierra, uso de yunta, mantenimiento de quelites, vegetación planeada en el borde de las parcelas, árboles, uso de abono verde, composta, estiércol e insumos orgánicos (Altieri et al. 1997). Por otro lado, las variables negativamente asociadas a este mismo componente son aquellas propias de la agricultura industrializada: presencia de monocultivo, riego y uso de insumos agroindustriales (fertilizante, plaguicida y herbicida) (Perfecto et al. 2009). Quizá la única variable negativamente asociada al componente y que no necesariamente implica una agricultura industrializada es “rastrajo”, es decir, la práctica de dejar el rastrojo en la parcela para abonar el suelo. Sin embargo, esto puede deberse a que varios de los agricultores más tradicionales también crían animales y aprovechan el rastrojo de sus parcelas para alimentarlos, mientras que los campesinos más industrializados no. Por otro lado, en el segundo componente principal las muestras se separan básicamente por el uso de riego, el cual implica la falta de descanso de la tierra, mientras que el resto de las variables no muestran un patrón claro. Por estas razones, podemos identificar al primer componente como el eje de la “industrialización agrícola” y al segundo como el eje del “riego”.

Tabla 4. Coeficientes asociados a cada variable en los componentes principales 1 y 2.

variable	PC1	PC2
núm. cultivos	<u>0.35526</u>	0.03119
núm. variedades	<u>0.36513</u>	0.14995
criollo	0.18822	0.21075
monocultivo	<u>-0.29423</u>	-0.22688
rotación	0.04391	-0.27582
descanso	0.00339	<u>0.44498</u>
yunta	0.25747	-0.05448
riego	-0.03875	<u>-0.41349</u>
quelites	0.28085	0.07898
borde planeado	0.26967	-0.14613
árboles	0.25811	-0.13914
abono verde	0.19192	0.05589
rastrajo	-0.0313	0.16241
composta	0.25642	-0.26518
estiércol	0.1206	-0.17066

autoconsumo	0.1601	0.21065
venta	0.10229	0.17717
fertilizante quím.	-0.27311	0.14991
plaguicida quím.	-0.03932	<b>-0.30526</b>
herbicida quím.	-0.23455	0.11371
fertilizante org.	0.18201	0.00705
plaguicida org.	0.10971	-0.22873

Finalmente, en la representación gráfica del PCA (Figura 11), sobre la dimensión del primer componente (horizontal), se puede separar las muestras trazando una división entre el lado positivo (a la derecha del cero) y el lado negativo (a la izquierda del cero). Recordando que las tres variables de mayor peso en este componente están relacionadas al número de cultivos presentes y que el signo (positivo o negativo) del coeficiente de las variables tienen que ver con la industrialización del manejo, esta separación entre los cuadrantes negativos y positivos debería reflejar el tipo de manejo llevado a cabo en las parcelas muestreadas. Haciendo esta división, encontramos que todas las parcelas que quedan del lado negativo son aquellas correspondientes a nuestra hipótesis del tratamiento agroecológico, mientras que las que quedan del lado positivo corresponden a nuestra hipótesis del tratamiento industrializado. La única parcela que no corresponde a la hipótesis es aquella del campesino llamado Hilarión, quien se había hipotetizado como miembro del tratamiento agroecológico pero el análisis de PCA lo coloca del lado positivo del eje, junto con los del tratamiento industrializado (Tabla 5).

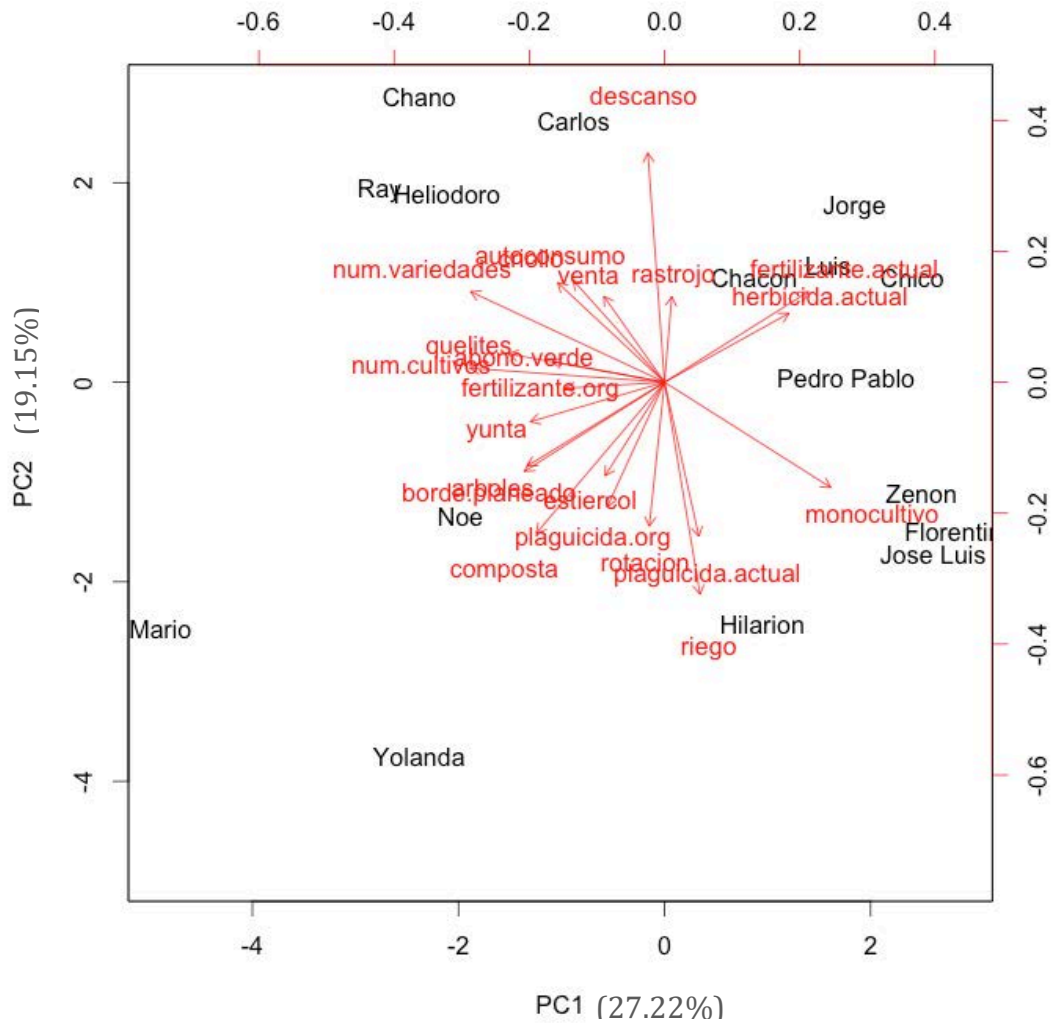


Figura 11. Análisis de componentes principales. Las muestras al lado derecho del cero corresponden al tratamiento industrializado, mientras que las muestras al lado izquierdo corresponden al tratamiento agroecológico.

Tabla 5. Comparación de la hipótesis y los resultados del agrupamiento de las muestras en las dos categorías definidas. Solamente la parcela de Hilarión difirió de la hipótesis.

Hipótesis		Resultados	
agroecológico	industrializado	agroecológico	industrializado
Chano	Jorge	Chano	Jorge
Carlos	Luis	Carlos	Luis
Ray	Chico	Ray	Chico
Heliodoro	Chacón	Heliodoro	Chacón
Noé	Pedro Pablo	Noé	Pedro Pablo
Mario	Zenón	Mario	Zenón
Yolanda	Florentino	Yolanda	Florentino
<b>Hilarión</b>	José Luis		José Luis
			<b>Hilarión</b>

Cabe resaltar que aunque se hizo el mencionado corte alrededor del cero en el primer componente principal para separar los dos tipos de manejo, la ubicación de las muestras refleja más un gradiente que dos grupos bien definidos. Dicho de otro modo, las dos categorías de manejo aquí empleadas presentan una alta variabilidad interna, como era de esperarse por la combinación heterogénea de prácticas que cada campesino llevaba a cabo. Así pues, la tipología presentada puede pensarse como una discretización de lo que en la realidad es un continuo, y como tal conlleva una pérdida de información. Por esto, se espera que el análisis de la diversidad de coleópteros en una y otra categoría exhiba una alta varianza intra-tratamiento y que las tendencias, si las hay, se vean debilitadas.

Por último, como se había dicho, se realizó un análisis FAMD para corroborar los resultados del PCA. Este análisis arrojó los mismos resultados, que pueden apreciarse en la Figura 12. De nuevo, los ejes principales suman el 46.2% de la varianza total y las muestras se ubican en idénticas coordenadas de su representación gráfica bidimensional. De nuevo, la muestra de Hilarión es la única que no corresponde a la hipótesis de agrupamiento original. Por esta razón, los datos de Hilarión fueron excluidos del análisis comparativo entre tratamientos. Para los demás casos, se corroboró la hipótesis y de este modo quedaron definidas las muestras que corresponderían a cada categoría de manejo.

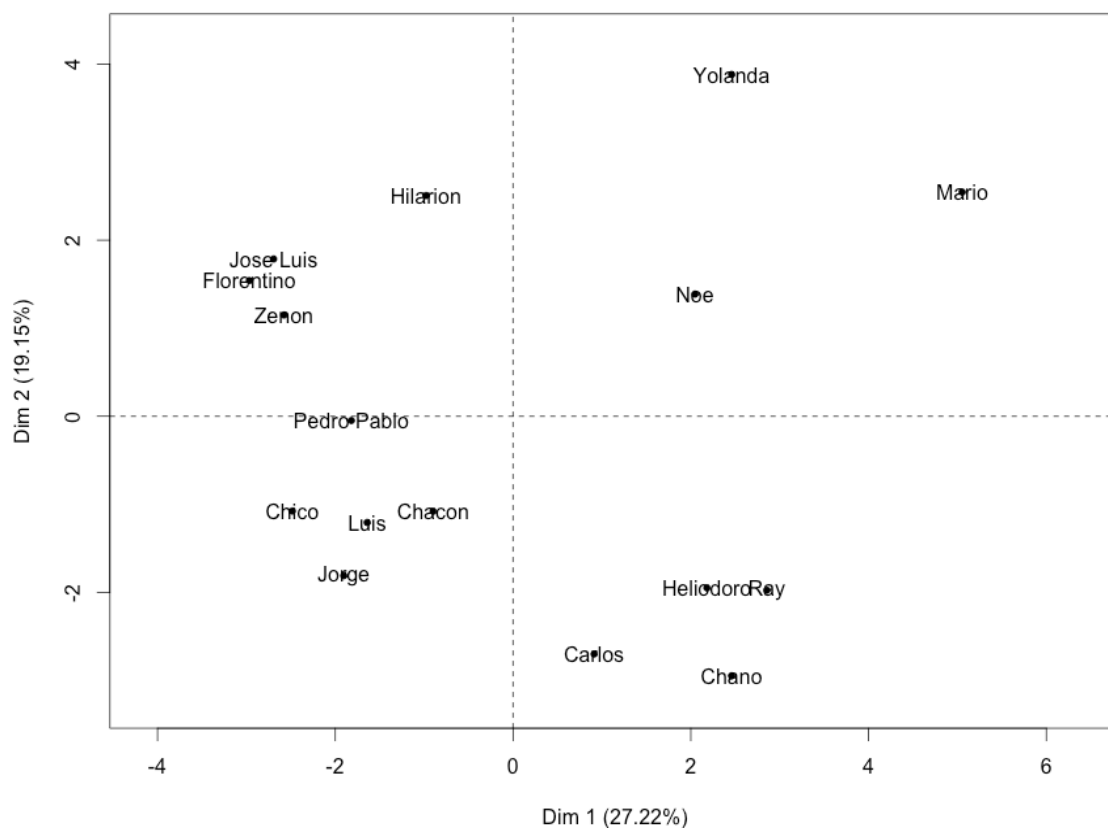


Figura 12. El análisis factorial de datos mixtos arroja los mismos resultados que el PCA.

## 2. Diversidad taxonómica total de la comunidad de coleópteros

En total, se recuperaron 6694 individuos pertenecientes al Orden Coleoptera, distribuidos en 32 familias y 121 morfoespecies. De éstos, en el muestreo mediante golpeo con red se encontraron 1168 individuos (17.45%) de 25 familias (78.12%) y 80 morfoespecies (66.11%), mientras que en las pitfalls se encontraron 5526 individuos (82.55%) de 24 familias (75%) y 60 morfoespecies (49.59%). La Tabla 6 muestra la abundancia de individuos encontrada para cada familia.

Tabla 6. Abundancia total de individuos para cada familia de Coleoptera.

Staphylinidae	Scolytidae	Nitidulidae	Chrysomelidae	Cantharidae	Curculionidae	Mycetophagidae
3041	1276	937	816	140	82	50
Carabidae	Meloidae	Histeridae	Anthicidae	Scarabaeidae	Cleridae	Coccinellidae
41	41	34	33	31	29	24
Phalacridae	Cucujidae	Lampyridae	Bruchidae	Aderidae	Anobiidae	Lycidae
25	22	20	13	6	6	5
Mordellidae	Buprestidae	Elateridae	Tenebrionidae	Bostrichidae	Monotomidae	Cryptophagidae
4	3	3	3	2	2	1
Languriidae	Leiodidae	Platypodidae	Trogositidae			
1	1	1	1			

Los distintos tipos de muestreo reflejan componentes diferentes de la comunidad de coleópteros. De las 32 familias encontradas en total, se comparte entre ambos muestreos el 53.1% (17 familias), mientras que en las pitfalls hay un 21.9% más (7 familias) y en redes hay un 25% adicional (8 familias). A nivel de morfoespecie, de las 121 identificadas, los dos tipos de muestreo comparten tan solo el 15.7 % (19 morfos), las pitfalls tienen un 33.9% más (41 morfos) y las redes tienen un 50.4% adicional (61 morfos). El muestreo con red refleja marcadamente aquellas especies con actividad en la parte aérea del agroecosistema, por ejemplo, sobre los tallos, hojas, flores o frutos de las plantas o bien, volando en el aire. Por otro lado, el muestreo con pitfalls refleja la parte de la comunidad que realiza su actividad primordialmente en el suelo de las parcelas. Esto se puede observar en las Tablas 7 y 8, que muestran la abundancia de cada familia encontrada en redes de golpeo por un lado y en trampas pitfall por otro. De las familias más abundantes en el muestreo con red, Chrysomelidae, Cantharidae, Curculionidae y Coccinellidae se encuentran generalmente sobre la vegetación en general, mientras que Cleridae y Phalacridae se suelen encontrar en flores, árboles y arbustos. Por otro lado, las familias más abundantes en el muestreo con pitfalls pasan la mayor parte de su vida en el humus del suelo, pues se alimentan principalmente de hongos, hojarasca o madera en

descomposición (Tripplehorn & Johnson 2005). Por esta razón, en las comparaciones entre tipos de manejo se expondrán los resultados de estos dos tipos de muestro de manera separada.

Tabla 7. Abundancia de individuos para cada una de las 25 familias de Coleoptera colectadas en el muestreo con redes.

Chrysomelidae	Cantharidae	Curculionidae	Cleridae	Phalacridae	Coccinellidae
788	139	68	28	25	24
Meloidae	Bruchidae	Anthicidae	Nitidulidae	Carabidae	Anobiidae
13	12	10	9	8	6
Staphylinidae	Aderidae	Lycidae	Mordellidae	Mycetophagidae	Buprestidae
6	5	5	4	4	3
Cucujidae	Elateridae	Lampyridae	Tenebrionidae	Bostrichidae	Languriidae
2	2	2	2	1	1
Trogositidae					
1					

Tabla 8. Abundancia de individuos para cada una de las 24 familias de Coleoptera colectadas en el muestreo con pitfalls.

Staphylinidae	Scolytidae	Nitidulidae	Mycetophagidae	Histeridae	Carabidae
3035	1276	928	46	34	33
Scarabaeidae	Chrysomelidae	Meloidae	Anthicidae	Cucujidae	Lampyridae
31	28	28	23	20	18
Curculionidae	Monotomidae	Aderidae	Bostrichidae	Bruchidae	Cantharidae
14	2	1	1	1	1
Cleridae	Cryptophagidae	Elateridae	Leiodidae	Platypodidae	Tenebrionidae
1	1	1	1	1	1

### 3. Comparación de la diversidad taxonómica y funcional de coleópteros encontrada en las categorías de manejo contrastantes

A continuación se muestran los resultados de la comparación entre las dos categorías de manejo trabajadas. En primer lugar se realizaron pruebas de ANOVA para comparar la 1) abundancia de individuos, 2) la riqueza de familias y 3) la riqueza de morfoespecies en cada categoría.

Como lo muestran las Figuras 13 y 14, no se encontraron diferencias significativas para la abundancia de individuos entre los tratamientos, ni en el muestreo con redes ni en el muestreo con pitfalls. En el siguiente recuadro se muestran los valores de la media, desviación estándar, error estándar y significancia del ANOVA para todos los casos (Tabla 9).



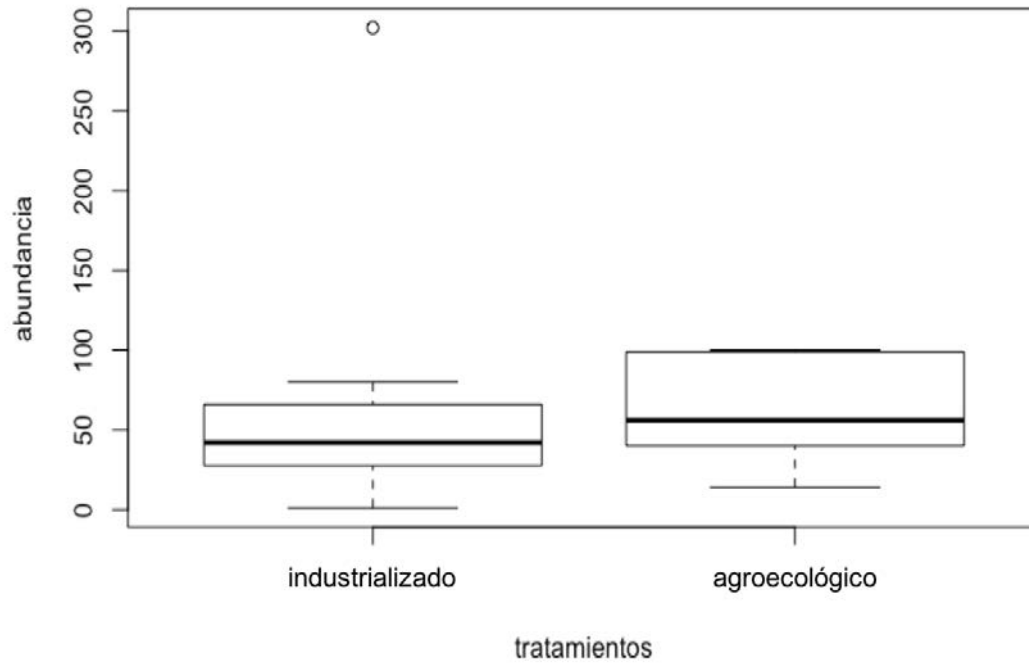


Figura 13. Abundancia de individuos en el muestreo con redes para ambas categorías de manejo. \*El punto más elevado en el tratamiento industrializado se debió a la abundancia particularmente elevada de la familia Chrysomelidae en una de las parcela.

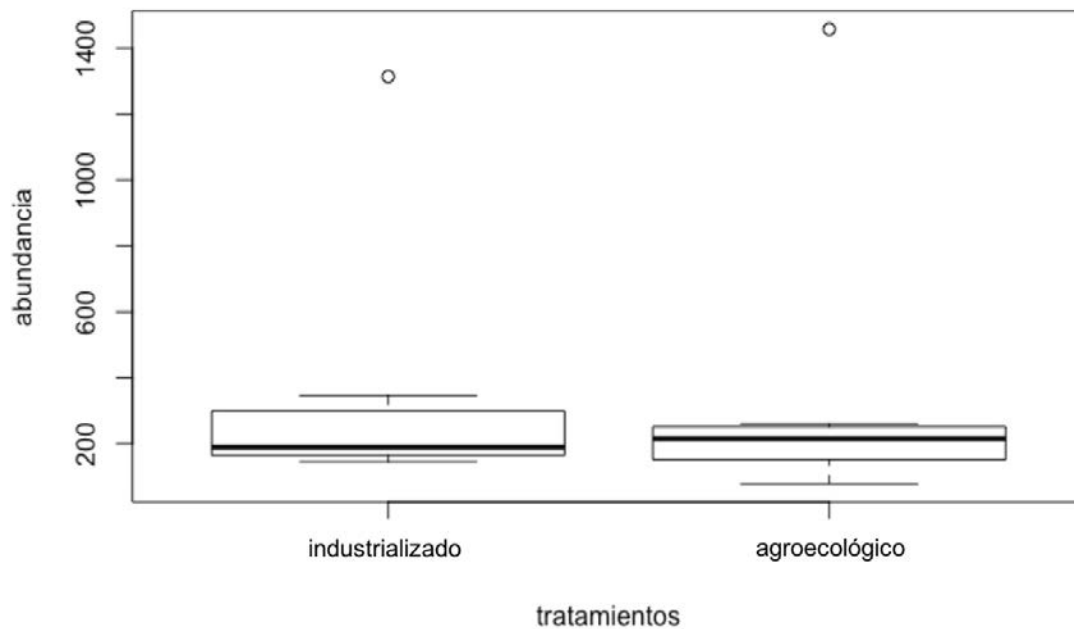


Figura 14. Abundancia de individuos en el muestreo con pitfalls para ambas categorías de manejo. \*Los puntos más elevados en cada tratamiento se deben a la abundancia particularmente elevada de las familias Staphylinidae y Scolytidae en una de las parcelas de cada tratamiento.

Tabla 9. Media, desviación estándar, error estándar y significancia del ANOVA para la abundancia de individuos en ambos tipos de manejo y de muestreo. No se encuentran diferencias significativas.

Abundancia de individuos				
	redes		pitfalls	
	industrializado	agroecológico	industrializado	agroecológico
media (individuos)	71.75	64	345.5	365.4
desv. est.	95.76	35.27	396.7	486.4
error est.	33.85	13.33	140.3	183.8
ANOVA	p=0.84		p=0.93	

Sin embargo, la tendencia cambió para los resultados de riqueza. Como lo muestran las figuras 15 y 16, sí se encontraron diferencias entre tratamientos tanto para la riqueza de familias como para la riqueza de morfoespecies en el muestreo con redes de golpeo, pero no para el muestreo con trampas pitfall. En el siguiente recuadro se muestran los valores de la media, desviación estándar, error estándar y significancia del ANOVA para todos los casos (Tabla 10). Para los casos donde el ANOVA fue significativo, es decir, en las comparaciones del muestreo con red, de nuevo se probó que los datos cumplieran con los requerimientos de igualdad de varianzas y normalidad de los residuales. Ambos casos cumplieron las pruebas (Bartlett con  $p=0.1551$  y Shapiro con  $p=0.4861$  para el caso de la riqueza de familias y Bartlett con  $p=0.6805$  y Shapiro con  $p=0.9387$  para la riqueza de morfoespecies).

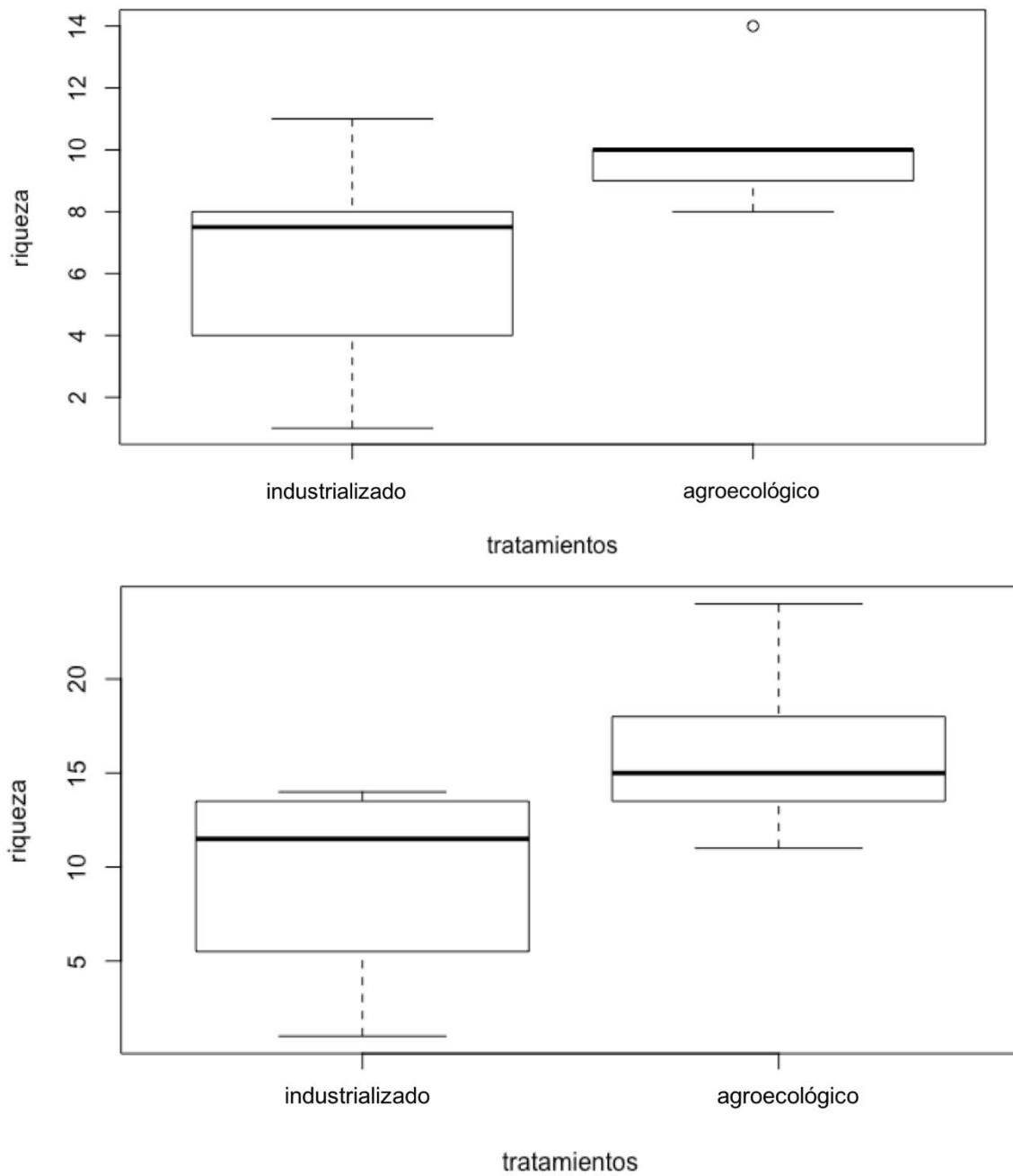


Figura 15. Riqueza de familias (arriba) y de morfoespecies (abajo) en el muestreo con red para ambas categorías de manejo.

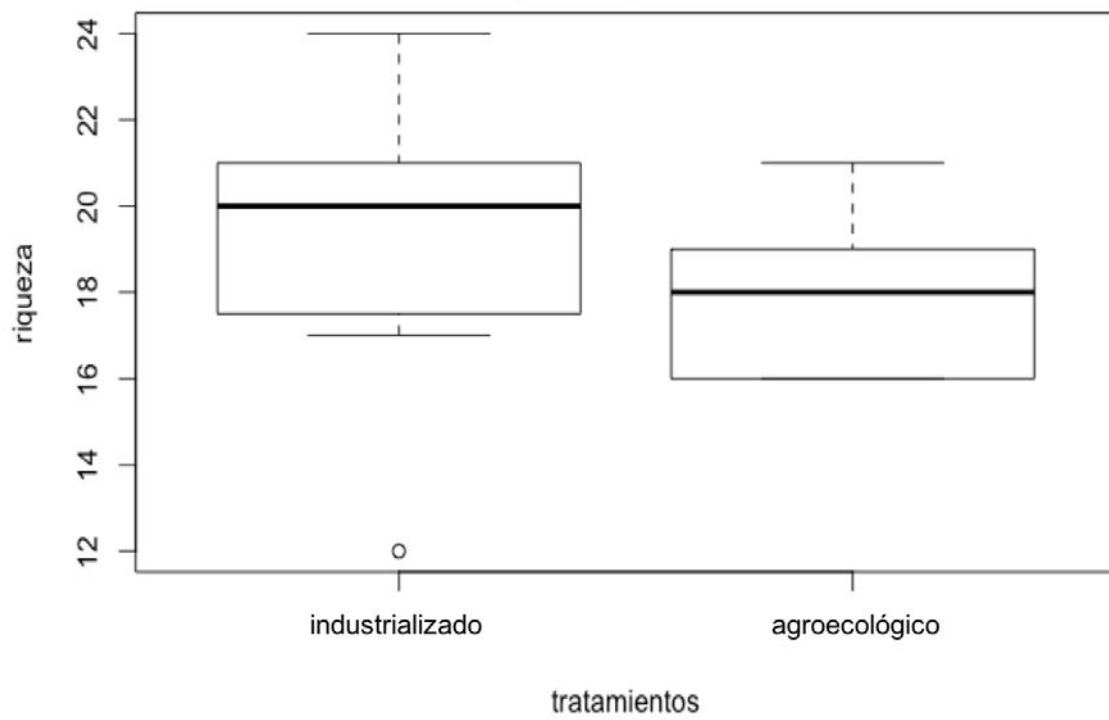
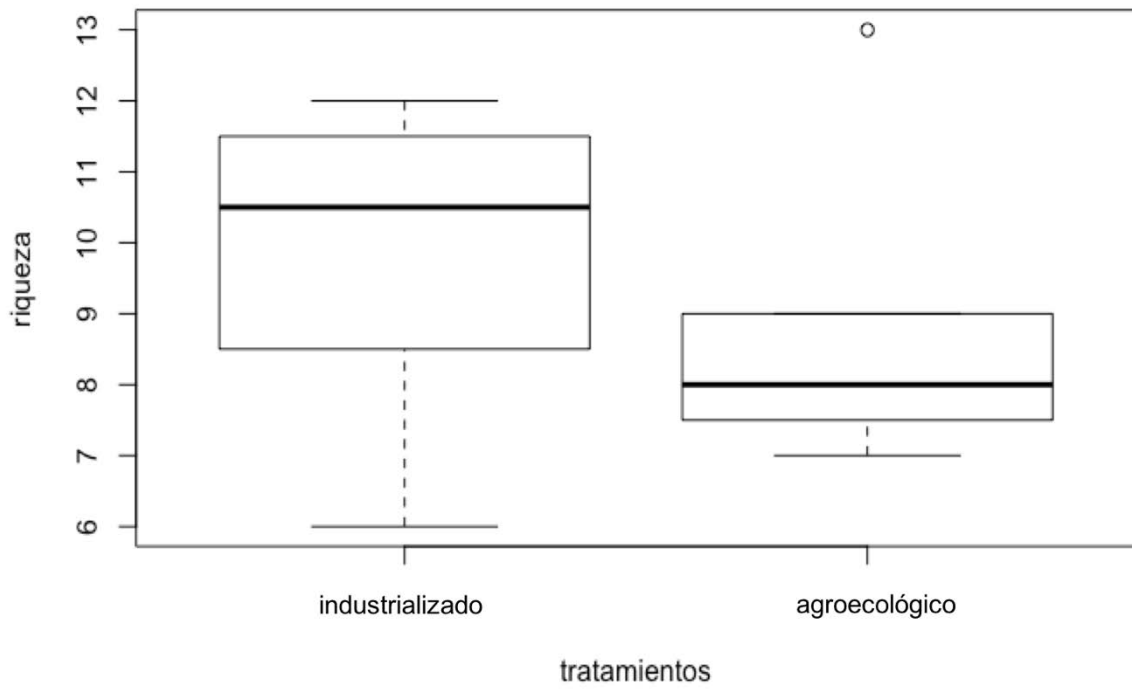


Figura 16. Riqueza de familias (arriba) y de morfoespecies (abajo) en el muestreo con pitfalls para ambas categorías de manejo.

Tabla 10. Valores de la media, desviación estándar, error estándar y significancia del ANOVA para la riqueza de especies y morfoespecies entre los tratamientos.

Medidas de riqueza entre categorías de manejo								
tipo de muestreo	redes				pitfalls			
nivel taxonómico	familia		morfoespecie		familia		morfoespecie	
categoría de manejo	industrializado	agroecológico	industrializado	agroecológico	industrializado	agroecológico	industrializado	agroecológico
media	6.38	10	9.5	16.14	9.88	8.71	19.13	17.86
desviación estándar	3.33	2	5.04	4.63	2.1	2.05	3.60	2.04
error estándar	1.18	0.75	1.78	1.75	0.742	0.778	1.27	0.77
ANOVA	p=0.0265		p=0.0203		p=0.301		p=0.426	

Posteriormente se buscó hallar aquellos grupos cuyas abundancias o riqueza variaron más marcadamente entre los tratamientos. Para ello, se hizo una muestra conjunta con los datos de las parcelas de tipo agroecológico y otra con los datos de las parcelas de tipo industrializado, manteniendo la separación por tipo de muestreo. Esto se hizo con el objetivo de comparar globalmente la riqueza por tratamiento y por tipo de colecta. Sin embargo, no es posible extraer conclusiones estadísticas de esta comparación pues las muestras por parcela no son réplicas reales y no se conoció su varianza interna, debido a la naturaleza de campo del experimento realizado. Como tal, no se tuvo control sobre una gran cantidad de variables. Sin embargo, la agrupación de estas pseudoréplicas arroja resultados cualitativos destacables, los cuales para fines ilustrativos se presentan a continuación.

En los anexos A.5 se muestran curvas de rango-abundancia a nivel de morfoespecie para cada tipo de manejo. Se puede observar que tienen una estructura similar, pues ambas se ajustan a una ley de potencias donde las parcelas de tipo industrializado se ajustan a la ecuación  $y=2600.3x^{-1.833}$  y las de tipo agroecológico a  $y=1590.6x^{-1.68}$ . Además, la identidad de los morfos más abundantes es similar, pero la cantidad de morfos poco abundantes es más elevado en en las parcelas de tipo agroecológico (42 morfos con abundancia=1 en el manejo agroecológico contra 21 en el manejo industrializado).

En las figuras 17 y 18 se muestra la abundancia de cada familia por tratamiento, en el muestreo con redes y en el muestreo con pitfalls, respectivamente. La mayor abundancia en el tratamiento industrializado se explica por la diferencia en el número de muestras de cada uno. Recordando que la muestra correspondiente al agricultor Hilarión fue descartada, se contó con 8 muestras de tratamiento industrializado y 7 del tratamiento agroecológico. En la Figura 17 se puede observar que las familias Chrysomelidae y Cantharidae son más abundantes en el tratamiento industrializado, mientras que Curculionidae, Cleridae y Bruchidae son más abundantes en el agroecológico. Por otro lado, en la Figura 28 se puede

observar que en el muestreo con pitfalls las familias Staphylinidae, Scolytidae y Nitidulidae son preponderantes y similares entre los tratamientos, además de que su gran magnitud no permite observar las diferencias en familias menos abundantes.

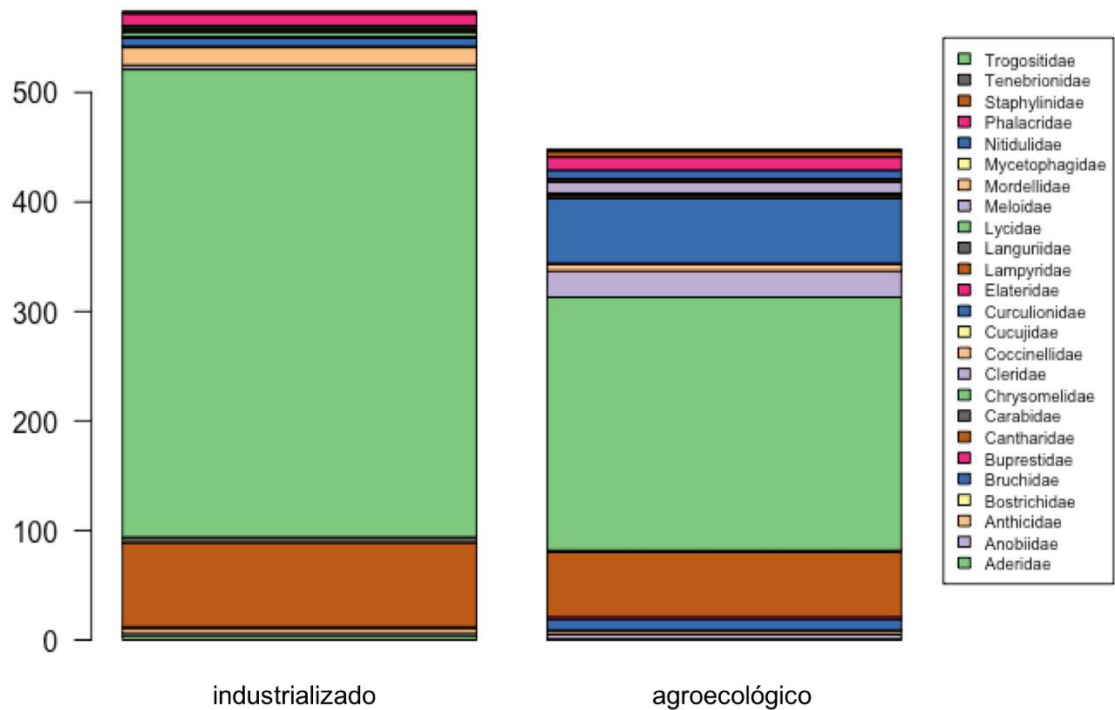


Figura 17. Abundancia de familias por tratamiento en el muestreo con redes. Las familias Chrysomelidae y Cantharidae son más abundantes en el tratamiento industrializado, mientras que Curculionidae, Cleridae y Bruchidae son más abundantes en el agroecológico.

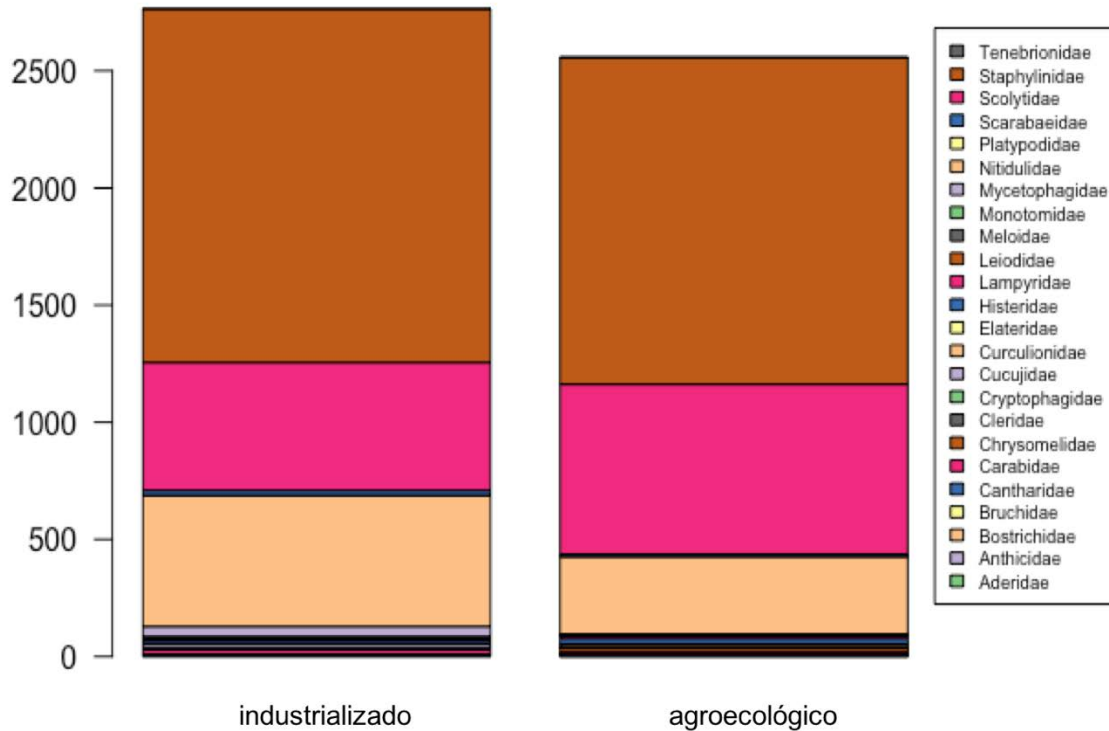


Figura 18. Abundancia de familias por tratamiento en el muestreo con pitfalls. La magnitud de las abundancias de Staphylinidae, Scolytidae y Nitidulidae es preponderante en los dos tipos de manejo y no permite observar las diferencias en familias con magnitudes menores.

Para observarlas más detalladamente, en las figuras 19 y 20 se presentan estos mismos resultados pero distribuyendo a las familias en el eje horizontal, y eliminando aquellas cuyas abundancias fueron tan grandes que no permiten observar las abundancias del resto. Se puede observar que para el muestreo con redes la familia Trogoitidae fue exclusiva del tratamiento industrializado, mientras que 5 familias, Bostrichidae, Buprestidae, Lampyridae, Languriidae y Tenebrionidae fueron exclusivas del tratamiento agroecológico. Por otro lado, en el muestreo con pitfalls hubo 5 familias exclusivas del tratamiento industrializado, Aderidae, Bruchidae, Elateridae, Leiodidae y Monotomidae; mientras que 6 fueron exclusivas del tratamiento agroecológico, Bostrichidae, Cantharidae, Cleridae, Cryptophagidae, Platypodidae y Tenebrionidae. En resumen, en la Tabla 11 se muestran las familias exclusivas de cada tipo de manejo una vez que se toman en cuenta los resultados de los dos tipos de muestreo realizados. Nótese que la lista se vuelve más corta debido a las familias que si bien fueron exclusivas de un manejo en cierto tipo de muestreo, dejaron de serlo al tomar en cuenta el otro tipo de muestreo.

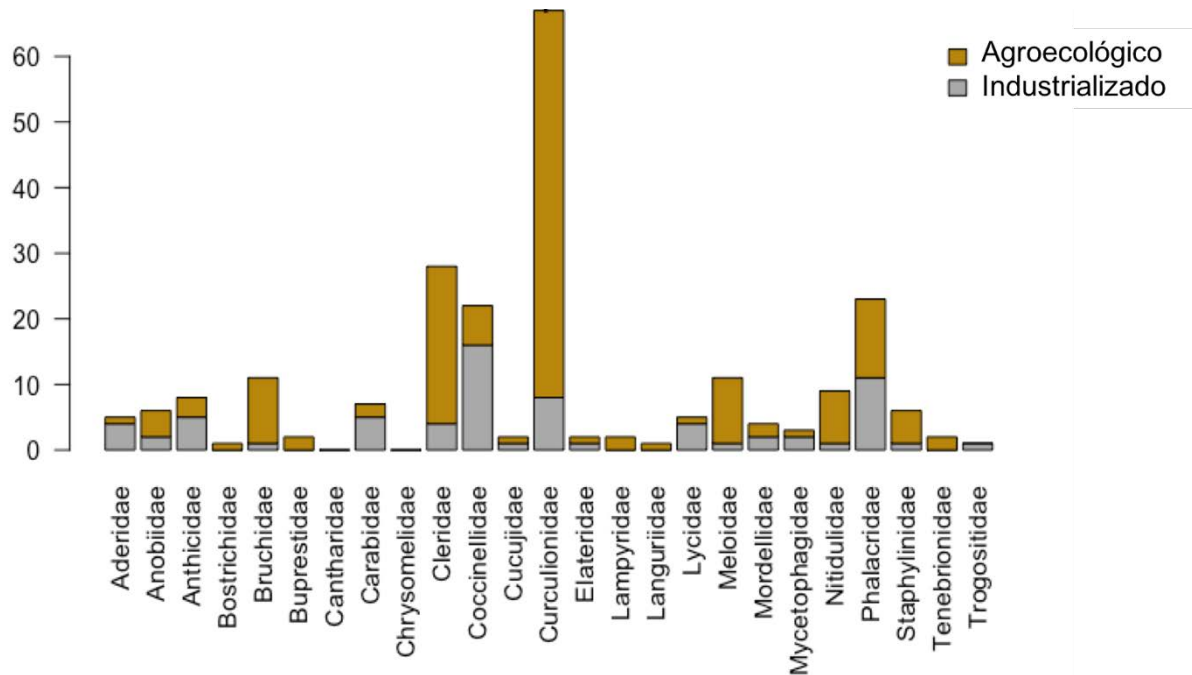


Figura 19. Abundancia de familias por tratamiento en el muestreo con redes. La familia Trogositidae es exclusiva del tratamiento industrializado; mientras que Bostrichidae, Buprestidae, Lampyridae, Languriidae y Tenebrionidae son exclusivas del tratamiento agroecológico.

\*Se eliminaron las familias Chrysomelidae y Cantharidae debido a que su gran abundancia no permite visualizar al resto en los gráficos.

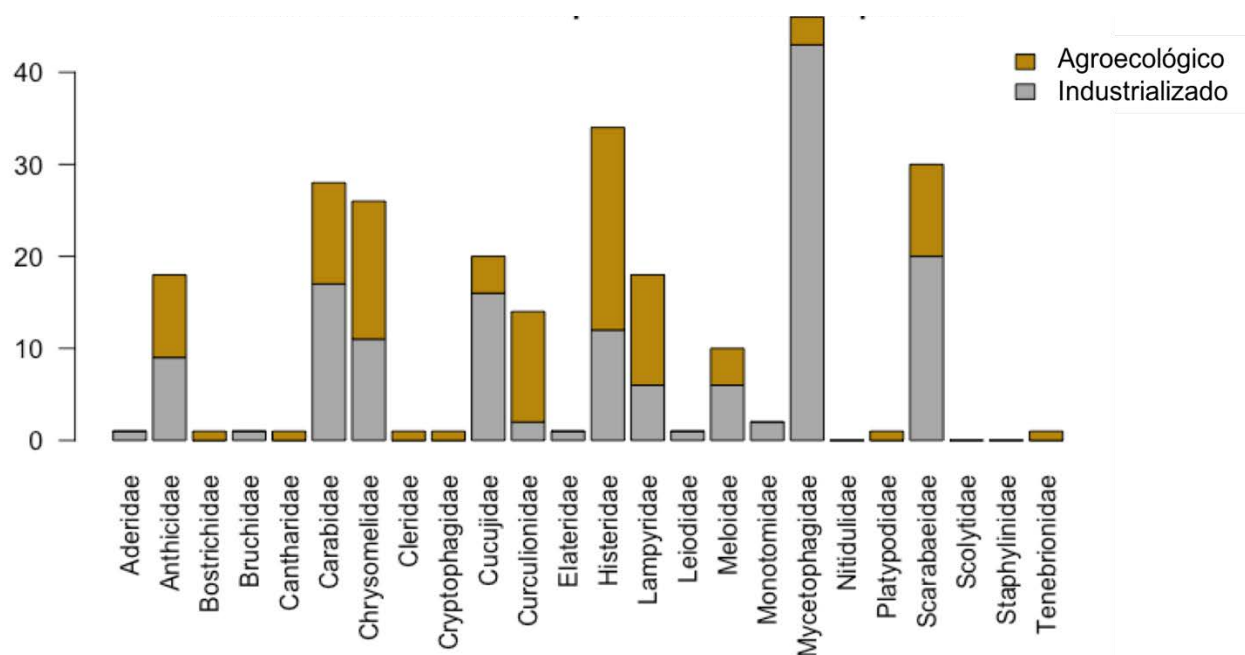


Figura 20. Abundancia de familias por tratamiento en el muestreo con pitfalls. Las familias Aderidae, Bruchidae, Elateridae, Leiodidae y Monotomidae son específicas del tratamiento industrializado. Bostrichidae, Cantharidae, Cleridae, Cryptophagidae, Platypodidae y Tenebrionidae son exclusivas del tratamiento agroecológico.

\*Se eliminaron las familias Staphylinidae, Scolytidae y Nitidulidae debido a que su gran abundancia no permite visualizar al resto en los gráficos.



Tabla 11. Las familias Leiodidae, Monotomidae y Trogositidae únicamente fueron encontradas en el tipo de manejo industrializado. Por otro lado, las familias Bostrichidae, Buprestidae, Cryptophagidae, Languriidae, Platypodidae y Tenebrionidae sólo se encontraron en el tratamiento agroecológico. Entre paréntesis se indica el tipo de muestreo en que fueron encontradas.

Familias exclusivas para cada tipo de manejo	
industrializado	agroecológico
Leiodidae (pitfalls)	Bostrichidae (pitfalls y redes)
Monotomidae (pitfalls)	Buprestidae (redes)
Trogositidae (redes)	Cryptophagidae (pitfalls)
	Languriidae (redes)
	Platypodidae (pitfalls)
	Tenebrionidae (pitfalls y redes)

Otro aspecto a observar fue la diferencia entre tratamientos, ya no en la abundancia de cada familia, sino en la riqueza de morfoespecies contenida en cada una. En las Figuras 21 y 22 se presentan estos resultados. Se observa que en el muestreo con redes la riqueza de morfoespecies es claramente mayor para el manejo agroecológico, en casi todas las familias. Sin embargo, para el muestreo con pitfalls, aunque la riqueza de morfoespecies total también es mayor en manejo agroecológico, la riqueza al interior de cada familia es variable: para algunas familias es mayor en uno u otro tipo de manejo.

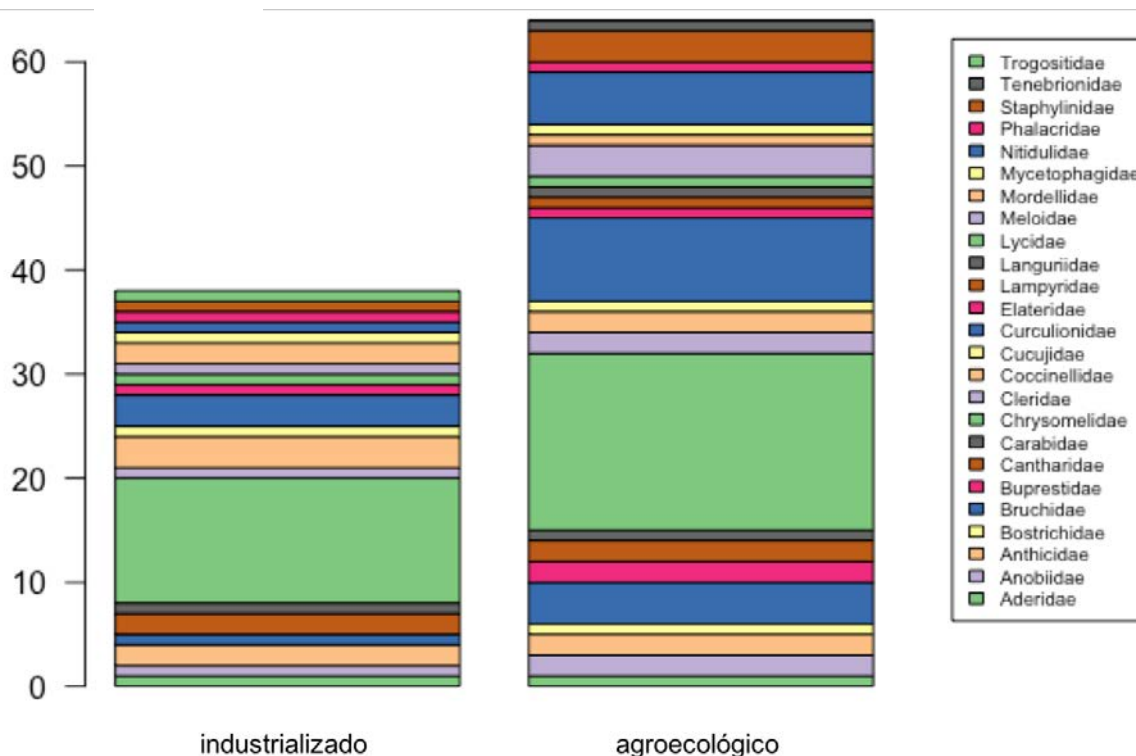


Figura 21. Riqueza de morfoespecies contenida en cada familia, por tratamiento, en el muestreo con redes. Se observa que en general, el tratamiento agroecológico tiene una mayor riqueza de morfoespecies dentro de cada familia.

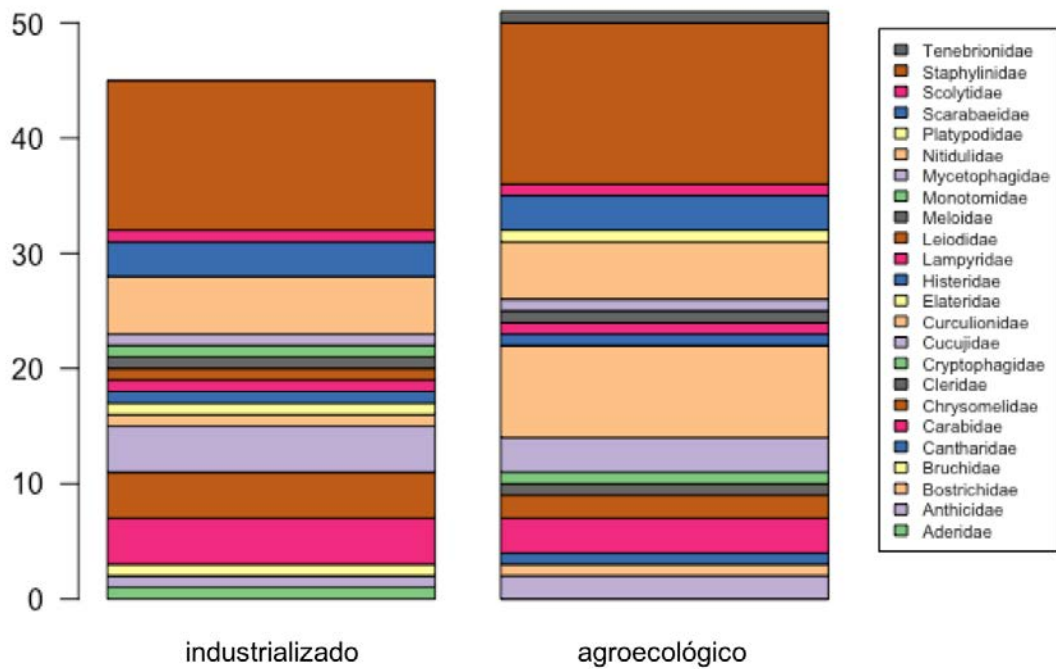


Figura 22. Riqueza de morfoespecies contenida en cada familia, por tratamiento, en el muestreo con pitfalls. Se observa una mayor cantidad total de morfoespecies en el tratamiento agroecológico.

Con el fin de cuantificar las diferencias anteriormente presentadas, a continuación se presenta el cálculo de la riqueza y los índices de Chao 1 (Chao 1984, Chao & Chiu 2016), Shannon, Equidad de Shannon y Número efectivo de especies (también llamados números de Hill (Jost 2006)) (Tabla 12).

Tabla 12. Varias medidas de biodiversidad calculadas por tratamiento y tipo de muestreo.

Medidas de biodiversidad								
	Redes				Pitfalls			
	familias		morfoespecies		familias		morfoespecies	
	manejo industrializado	manejo agroecológico	manejo industrializado	manejo agroecológico	manejo industrializado	manejo agroecológico	manejo industrializado	manejo agroecológico
Shannon	1.05	1.77	1.45	2.56	1.25	1.18	2.01	1.85
Equidad (Shannon/ ln(num. Fams.))	0.35	0.56	0.40	0.61	0.43	0.40	0.53	0.48
Número efectivo	2.85	5.87	4.25	12.9	3.49	3.27	7.47	6.39
Riqueza observada	20	24	38	64	18	19	45	49
Chao 1	28.17	28.9	57.60	128.22	22	34	57.1	70.33

Así mismo, se calculó la Diversidad de Renyi para ambos tratamientos y tipos de muestreo, a nivel de morfoespecies. Este es un análisis que relaciona de manera gráfica el índice de Shannon-Wiener, la riqueza de especies y el índice de Simpson. En este método se ubican en el eje horizontal los distintos índices de diversidad, mientras que en el eje vertical se muestra el valor del índice correspondiente<sup>5</sup>.  $Alpha=0$  equivale a la riqueza,  $Alpha=1$  es el índice de Shannon-Wiener,  $alpha=2$  el el logaritmo del recíproco del índice de Simpson y  $alpha=Inf$  equivale al índice de Berger-Parker (Tóthmérész, 1995). En la Figura 23 se observa que para el manejo agroecológico todos los índices de diversidad son mayores que para el manejo industrializado. Por otro lado, en la Figura 24 se observa que para el muestreo con pitfalls los resultados cambian: en este caso las curvas se sobrelapan, señalando que ambos tipos de manejo tienen valores similares en todos los índices de la diversidad de Renyi.

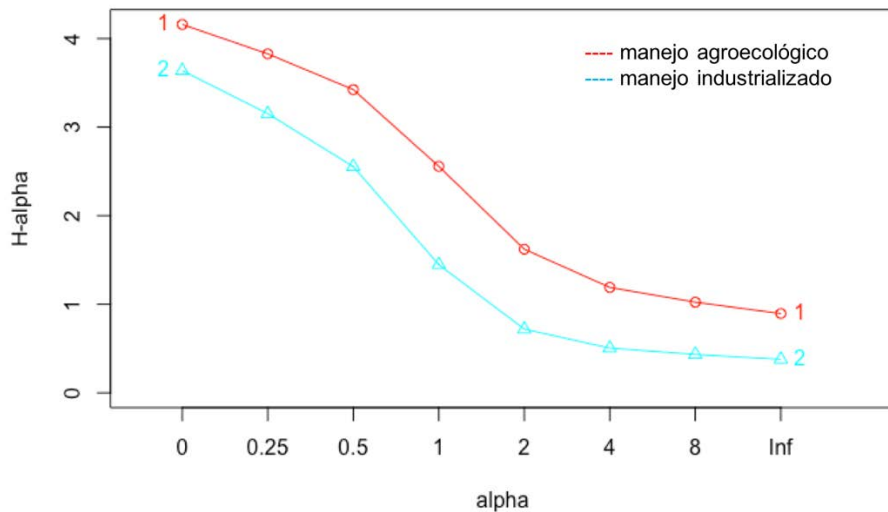


Figura 23. Diversidad de Renyi entre tipos de manejo en el muestreo con redes de golpeo.

<sup>5</sup> La ecuación que relaciona el valor alpha con H-alpha es  $H-alpha = 1 / ((1-alpha) * \log(\sum(p_i^a)))$ . Para mayor detalle consultar el artículo de Tóthmérész (1995).

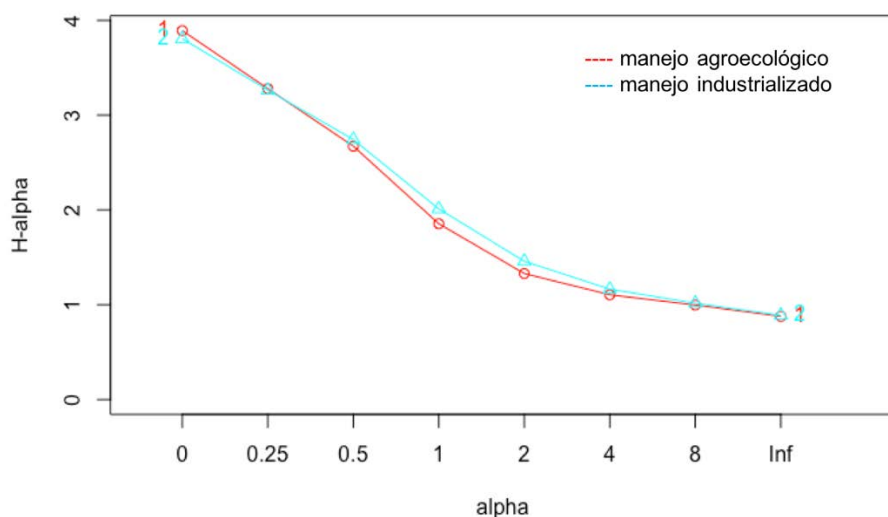


Figura 24. Diversidad de Renyi entre tipos de manejo en el muestreo con pitfalls.

Por último, se comparó la diversidad funcional de la comunidad de coleópteros. Para esto se asignó a cada familia una función ecológica de acuerdo a las siguientes seis categorías: depredador, herbívoro, saprófago, xilófago, polífago, polinizador y las diferentes combinaciones de éstas. A continuación (Tabla 13) se muestra la categoría funcional en que cada familia del estudio quedó asignada. Cabe notar que la categoría “depredador” incluye también a los parasitoides (debido a que tanto la depredación en sentido estricto como el parasitoidismo son interacciones +/- donde la especie receptora muere) , la categoría “saprófago” incluye fungívoros y la categoría “polífago” es muy heterogénea, pues incluye familias que pueden ser depredadoras, saprófagas, herbívoras, etc. en diferentes etapas de su desarrollo (ver discusión).

Tabla 13. Categorías funcionales para cada familia.

depredador	depredador y polinizador	depredador y herbívoro	herbívoro	herbívoro y polinizador	xilófago y herbívoro	xylófago y saprófago	saprófago	polífago
Carabidae	Cantharidae	Meloidae	Bruchidae	Mordellidae	Buprestidae	Anobiidae	Aderidae	Anthicidae
Cleridae	Lampyridae		Chrysomelidae		Bostrichidae	Platypodidae	Cryptophagidae	Languriidae
Coccinellidae	Lycidae		Curculionidae			Scolytidae	Leiodidae	Monotomidae
Cucujidae			Elateridae				Mycetophagidae	Phalacridae
Histeridae							Nitidulidae	Staphylinidae
							Scarabaeidae	Trogositidae
							Tenebrionidae	

Con estas categorías, las Figuras 25 y 26 muestran la comparación de la abundancia de individuos dentro de cada categoría funcional, para cada tipo de manejo, en el muestreo con redes y con pitfalls, respectivamente. Como puede

observarse, no se aprecian diferencias cualitativas muy importantes entre las dos categorías de manejo analizadas. En las figuras 27 y 28 se eliminaron las categorías de mayor abundancia para visualizar mejor las menos representadas, en ambos casos (muestreo con redes y con pitfalls), sin embargo siguen sin observarse diferencias importantes entre los tipos de manejo.

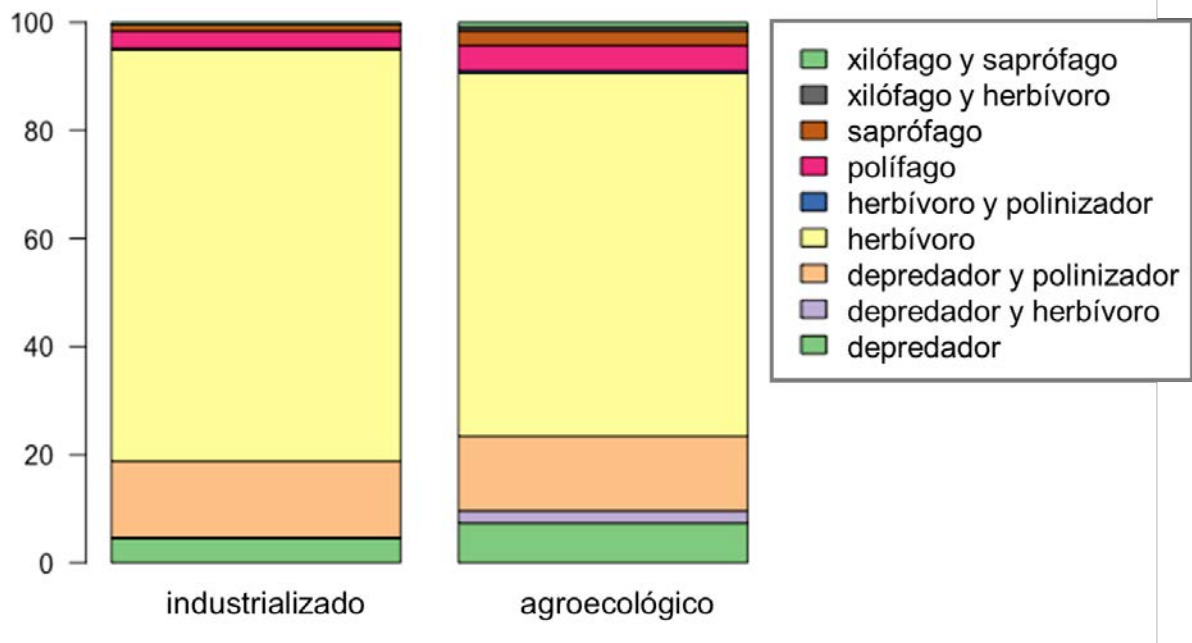


Figura 25. Abundancia de individuos dentro de cada categoría funcional, para cada tipo de manejo, en el muestreo con redes.

\*La abundancia está dada en porcentaje del total de individuos en cada categoría de manejo.

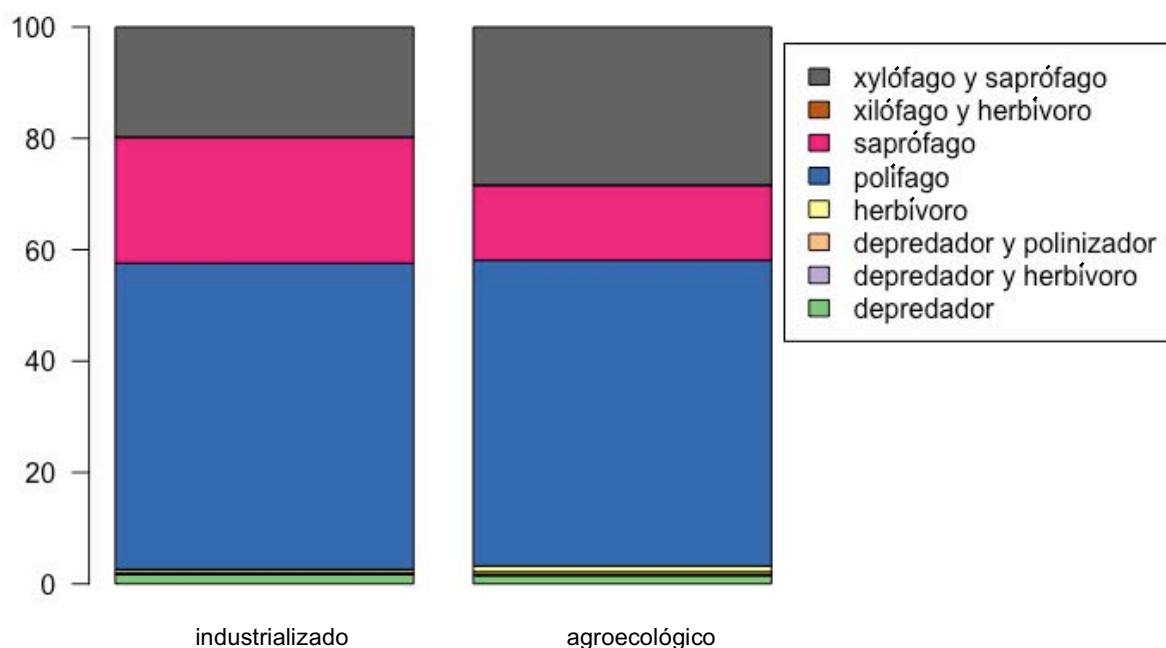


Figura 26. Abundancia de individuos dentro de cada categoría funcional, para cada tipo de manejo, en el muestreo con redes.

\*La abundancia está dada en porcentaje del total de individuos en cada categoría de manejo.

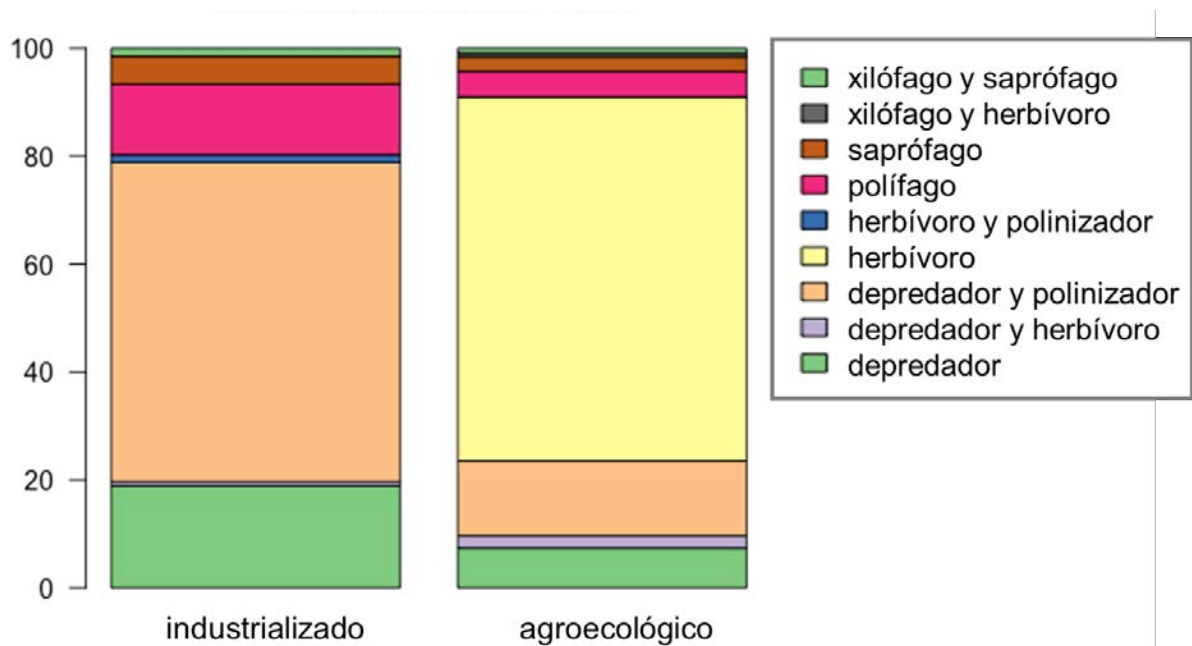


Figura 27. Abundancia de individuos dentro de cada categoría funcional, para cada tipo de manejo, en el muestreo con redes; eliminando la categoría de "herbívoro" para una mejor visualización.

\*La abundancia está dada en porcentaje del total de individuos en cada categoría de manejo.

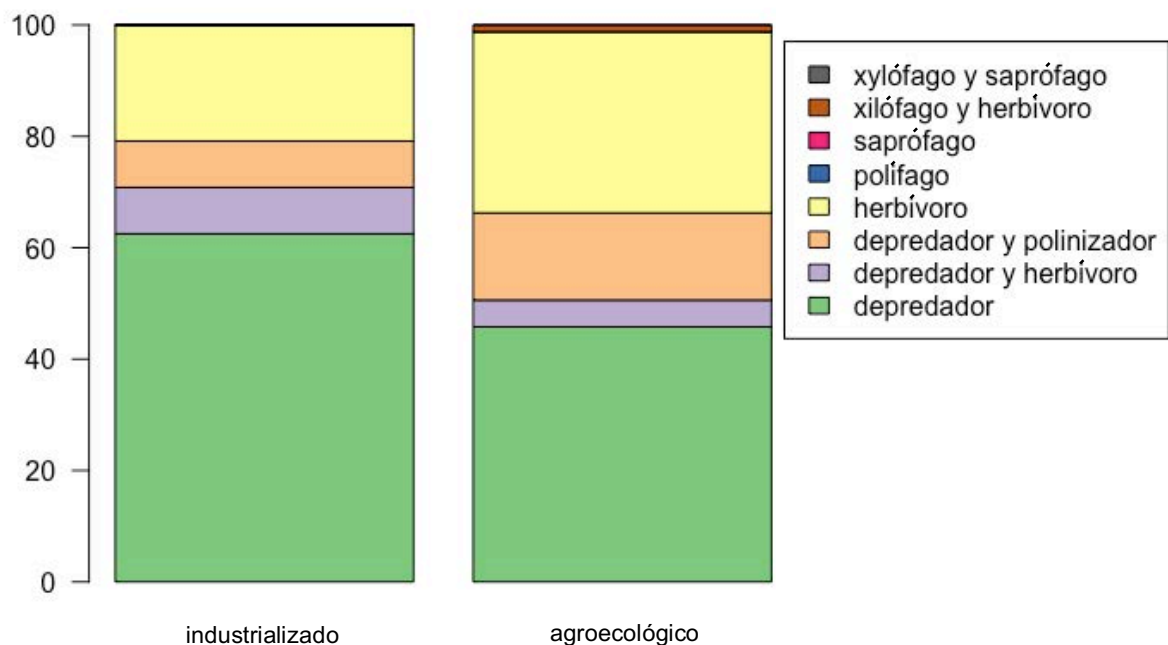


Figura 28. Abundancia de individuos dentro de cada categoría funcional, para cada tipo de manejo, en el muestreo con redes; eliminando las categorías de “polífago”, “saprófago” y “xilófago y saprófago” para una mejor visualización.

\*La abundancia está dada en porcentaje del total de individuos en cada categoría de manejo.

#### 4. Exploración de posibles grupos indicadores

Dada la diversidad de coleópteros encontrada en uno y otro tipo de manejo, se trató de identificar familias potencialmente útiles como indicadoras del tipo de manejo agrícola. Para ello, se siguieron dos vías. En primer lugar, retomando la Tabla 11, se observó que hubo tres familias exclusivas del tipo de manejo industrializado (Leiodidae, Monotomidae y Trogositidae); mientras que otras seis se encontraron únicamente en el tipo de manejo agroecológico (Bostrichidae, Buprestidae, Cryptophagidae, Languriidae, Platypodidae y Tenebrionidae). Por su carácter exclusivo, se pensó que estas familias podrían servir como indicadoras de uno y otro tipo de manejo, respectivamente. Sin embargo se encontró que sus abundancias fueron extremadamente bajas. La Tabla 14 muestra el número de individuos encontrado de cada familia, así como el número de parcelas en que se hallaron.

Tabla 14. Abundancias de las familias exclusivas de cada tipo de manejo y número de parcelas en que fueron encontradas.

Abundancia de las familias exclusivas de cada tipo de manejo					
industrializado			agroecológico		
familia	num. individuos	num. parcelas	familia	num. individuos	num. parcelas
Leiodidae	1	1	Bostrichidae	2	1
Monotomidae	2	2	Buprestidae	2	2
Trogositidae	1	1	Cryptophagidae	1	1
			Languriidae	1	1
			Platypodidae	1	1
			Tenebrionidae	3	2

Es notorio que se trata de familias raras, demasiado escasas para servir como indicadoras, pues un indicador sólo es útil si se puede observar con relativa facilidad. Holt y Miller (2011) discuten que los grupos indicadores reflejan los cambios en el ambiente debido a que presentan una tolerancia moderada a la variabilidad ambiental, en oposición a los grupos raros, que suelen ser demasiado vulnerables al cambio ambiental para reflejar la respuesta biótica general y además son difíciles de hallar. Del mismo modo, dicen los autores, los grupos ubicuos tienen espectros de tolerancia demasiado amplios, es decir, que son poco sensibles a aquellos cambios en el ambiente que sí perturban al resto de la

comunidad. Por estas razones se tomó una segunda vía de análisis, tornando el enfoque hacia las familias medianamente abundantes. Retomando las figuras 19 y 20, se puede observar que la familia Curculionidae resulta óptima para el análisis, pues tanto en el muestreo con redes de golpeo (Figura 19) como en el muestreo con Pitfalls (Figura 20) muestra un clara respuesta al tipo de manejo, además de que fue encontrada en una abundancia media (hay que recordar que las especies más abundantes fueron eliminadas de ambas gráficas pues sus magnitudes hacían muy difícil observar al resto de las especies, además de que no mostraron ninguna tendencia respecto a los tipos de manejo).

Así pues, primero se utilizó la abundancia de Curculionidae en cada parcela para compararla con la posición que éstas mismas ocuparon en el primer componente principal del análisis de manejo (coordenada en el eje horizontal de la Figura 12), con el objetivo de observar si la distribución de las parcelas en el gradiente de manejo se veía relacionada con su diversidad de Curculionidae. Esto se realizó mediante una regresión lineal mostrada a continuación en la Figura 29.

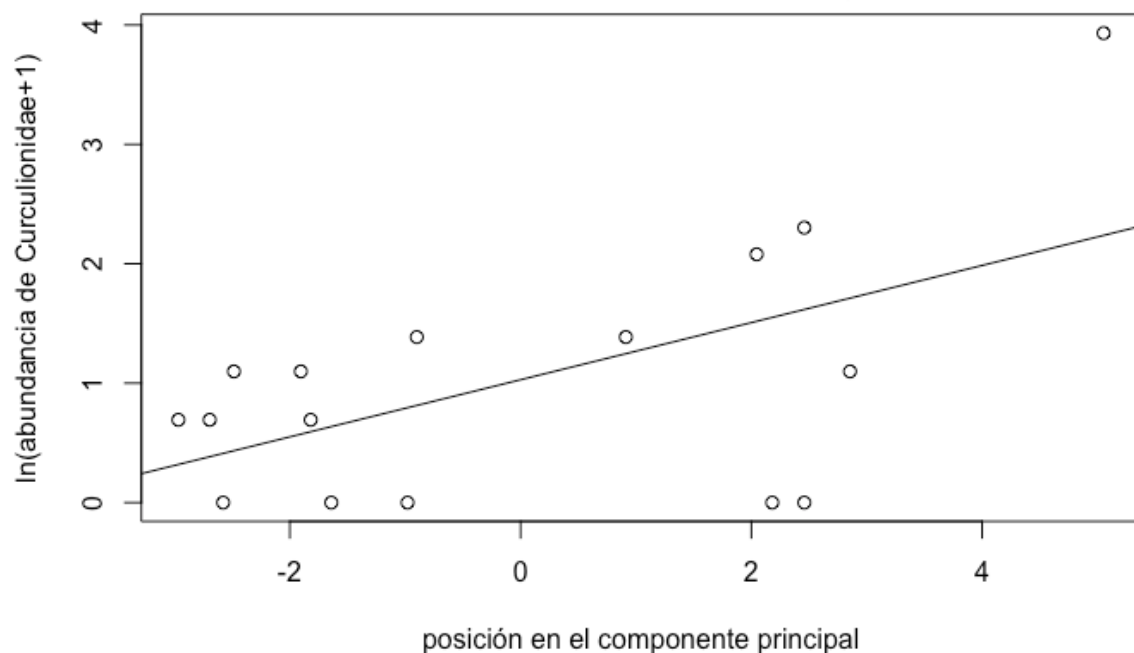


Figura 29. Ajuste lineal de la abundancia de Curculionidae en cada parcela contra su distribución en el primer componente principal del análisis de tipo de manejo agrícola.

El ajuste lineal sigue la ecuación:  $y = 0.24x + 1.03$  ( $p < 0.05$ ) y tiene una  $R^2 = 0.32$ .

A los datos de abundancia de Curculionidae se les realizó una transformación logarítmica para cumplir el supuestos de normalidad de los residuales de la regresión lineal. Además del ajuste lineal se realizó un ajuste polinómico de segundo grado, el cual se muestra en la Figura 30.



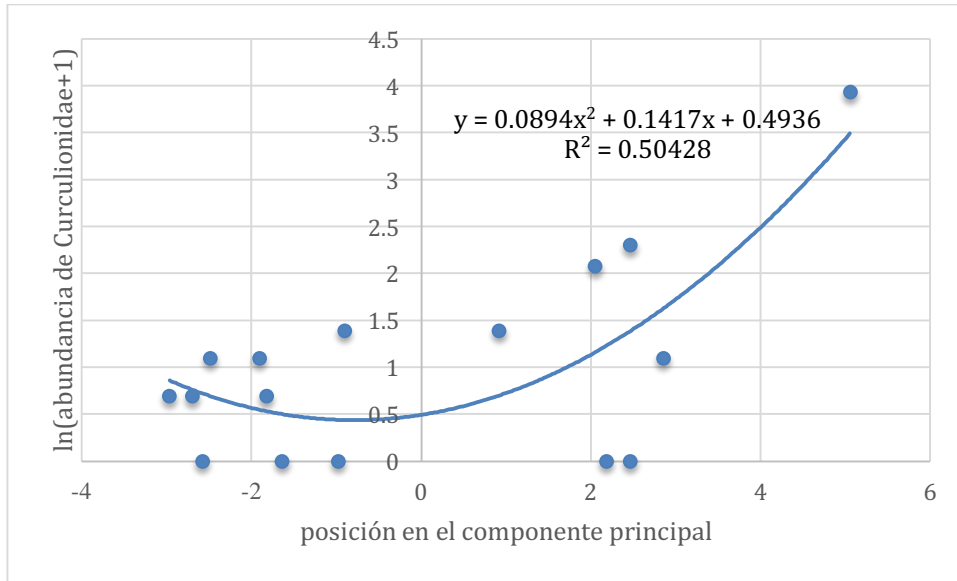


Figura 30. Ajuste polinómico de segundo grado de la abundancia de Curculionidae en cada parcela contra su distribución en el primer componente principal del análisis de tipo de manejo agrícola.

En este caso se obtuvo la curva con ecuación:  $y=0.089x^2+0.142x+0.494$  ( $p<0.05$ ) con una  $R^2=0.504$ . El modelo polinómico se ajusta mejor a los datos, lo cual sugiere una relación positiva no lineal entre la abundancia de curculiónidos y la posición en el gradiente de manejo de las parcelas.

Estos resultados se consideran favorables, pues sí se encontró una relación entre la abundancia de curculiónidos y la distribución de las parcelas por tipos de manejo agrícola, donde aquellas con un manejo más agroecológico según nuestra tipología tuvieron mayores abundancias de este grupo. A continuación, se buscó una relación entre la abundancia de Curculionidae y la riqueza total de coleópteros encontrada en cada parcela. Esto se hizo tomando primero la riqueza a nivel de familias, pero no se encontró un ajuste lineal ni polinómico significativo. Sin embargo, al realizar la misma comparación contra la riqueza a nivel de morfoespecies, sí se encontraron ajustes significativos. A continuación, las Figuras 31 y 32 muestran dichos ajustes.

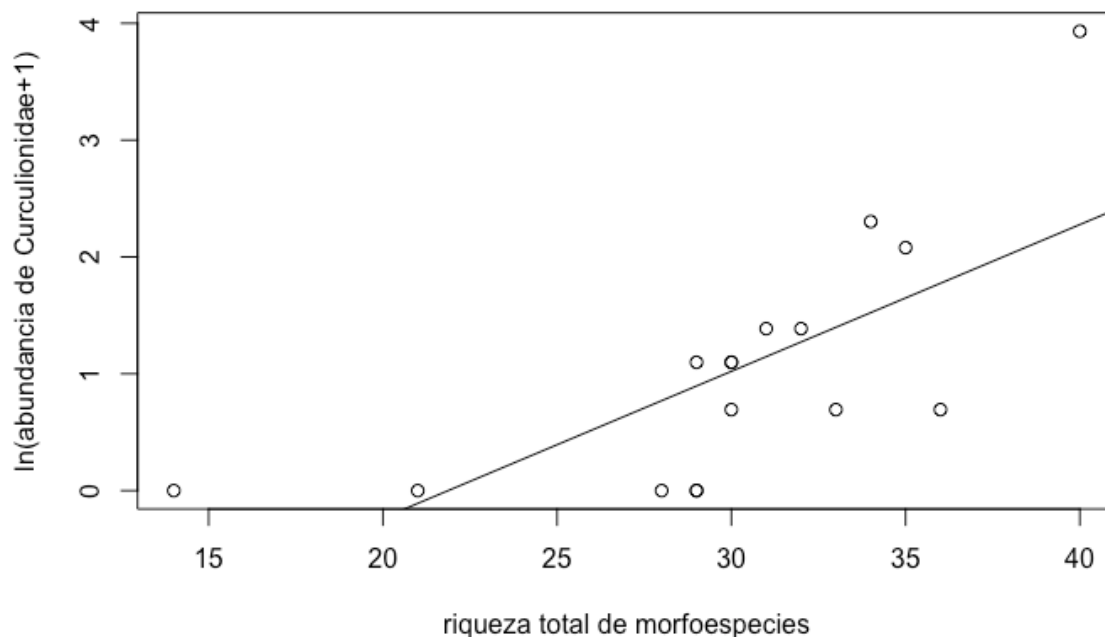


Figura 31. Ajuste lineal de la abundancia de Curculionidae contra la riqueza de morfoespecies total en cada parcela.

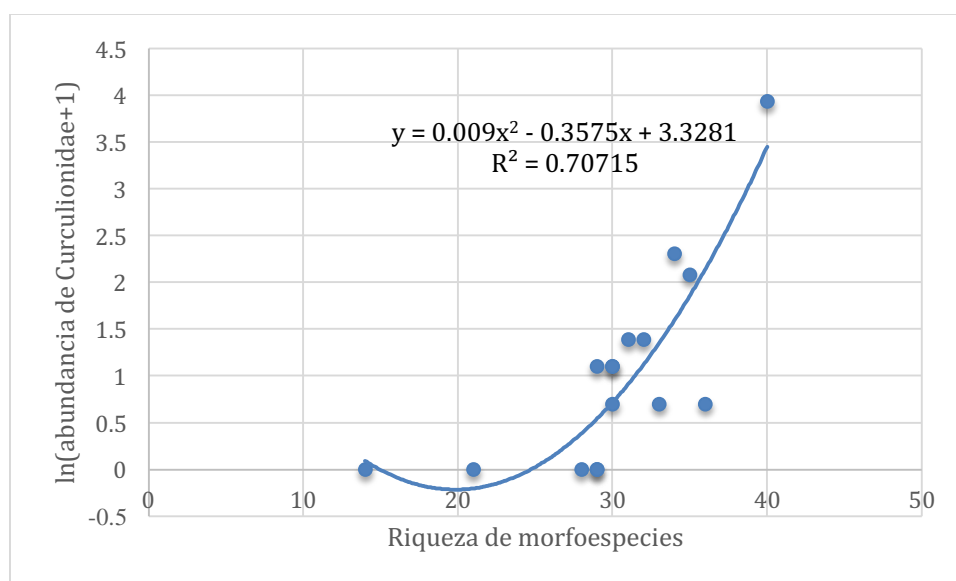


Figura 32. Ajuste polinómico de segundo grado de la abundancia de Curculionidae contra la riqueza de morfoespecies total en cada parcela.

El ajuste lineal sigue la ecuación:  $y=0.126x-2.75$  ( $p<0.05$ ) con una  $R^2=0.49$ ; mientras que el ajuste polinómico sigue la ecuación:  $y=0.009x^2-0.3575x+3.3281$  ( $p<0.05$ ) con una  $R^2=0.707$ . De nuevo, estos resultados son favorables para la postulación del grupo de los curculiónidos como indicadores de manejo, pues indican que la abundancia de este grupo está positivamente correlacionada con la riqueza general de morfoespecies en las parcelas. Además, el modelo polinómico es de nuevo el que mejor se ajusta a los datos, lo cual sugiere que la relación entre curculiónidos y el resto de los coleópteros es no lineal.

Adicionalmente se hizo la comparación de la abundancia de Curculionidae contra los índices de Shannon, Equidad y Número Efectivo en cada parcela, pero ninguna arrojó ajustes estadísticamente significativos. Los tres índices reflejan la diversidad entendida como una función tanto de la riqueza como de la abundancia relativa de los grupos estudiados (Jost 2006). Por lo tanto, mientras que la abundancia de curculiónidos está significativamente relacionada con una mayor riqueza de morfoespecies de Coleoptera en las parcelas, no se ve relacionada con las relaciones de proporción (equidad o dominancia) entre ellas. Sus gráficas pueden encontrarse en los anexos de esta tesis. Finalmente, se hizo el análisis de valor indicador (*IndVal*) desarrollado por Dufrene y Legendre (1997), el cual asigna un valor entre cero y uno a cada taxón en función de la proporción de hábitats de cierto tipo en los que se encuentra y su abundancia proporcional en cada uno. Con este cálculo, un taxón predominantemente encontrado en cierto tipo de hábitat y a la vez abundante en el mismo, obtendrá un *IndVal* cercano a uno. Con este análisis se obtuvo un resultado significativo para la familia Mycetophagidae, la cual obtuvo un *IndVal*=0.79 con  $p=0.016$  para el tratamiento industrializado. Sin embargo, los individuos de esta familia son muy pequeños y tienden a encontrarse dentro de madera en descomposición, lo cual los hace difíciles de observar. Por esta razón, se descartó su utilidad como indicadores para los objetivos de este estudio.

## Discusión

En este trabajo se estudió la diversidad del orden Coleoptera en parcelas con tipos de manejo agrícola contrastantes, y se trató de encontrar uno o varios grupos que sirvieran como indicadores biológicos de cada uno. Se encontró que la abundancia de la familia Curculionidae estuvo positivamente relacionada con un manejo más agroecológico. Además, la abundancia de esta misma familia correlacionó positivamente con la riqueza general de morfoespecies de coleópteros, lo cual nos lleva a postularla como un indicador tanto de tipo manejo como de diversidad, entendida como riqueza, en las parcelas.

El primer objetivo particular de este trabajo fue poner a prueba la existencia de dos categorías de manejo contrastantes y encontrar las variables que las definen con base en un conjunto heterogéneo de prácticas agrícolas. En este aspecto, la tipología obtenida con la metodología de Álvarez y colaboradores (2014) posicionó las parcelas a lo largo de un gradiente de manejo en el cual se pudo discernir a grandes rasgos dos zonas importantes a partir del carácter positivo o negativo de sus coordenada en el primer componente principal. Con esto se corroboró la información obtenida a partir de los informantes locales sobre el tipo de manejo en las parcelas muestreadas, a excepción de una. También, se observaron las variables de más peso en este componente: el número de cultivos y el número de variedades sembradas.

La importancia de estas variables para la ubicación de las parcelas en el gradiente de manejo tiene implicaciones interesantes desde varias perspectivas. En un sentido práctico, la diversidad de cultivos es fácilmente medible en campo, ya sea por miembros de la academia, técnicos o campesinos, lo cual implica la posibilidad de utilizarla como variable guía para futuros estudios que busquen considerar el tipo de manejo que se lleva a cabo en las parcelas. Los coeficientes de las distintas variables del componente principal indica que la mayor cantidad de especies y de variedades activamente cultivadas está asociada a prácticas propias de la agroecología, mientras que el monocultivo está asociado a otro conjunto de prácticas propio de la agricultura industrializada (Altieri et al. 1997; Perfecto 2009). También, esto corrobora la observación de que en la transición de una agricultura tradicional hacia una más industrializada, la diversidad de cultivos es una de las características más fuertemente afectadas (Brush et al. 2003).

Desde un punto de vista ecológico, la variedad de cultivos tiene implicaciones sobre numerosos procesos tanto en el suelo como en la parte aérea de las parcelas. Por ejemplo, la diversidad de plantas está asociada a la diversidad estructural (Del Río et al. 2003) y por lo tanto, a la diversidad de nichos disponibles para la biodiversidad. Las parcelas con una alta diversidad estructural ofrecen una mayor variedad de espacios de alimentación, refugio, reproducción, etc. para las especies que habiten o transiten a través de ellas. Desde el punto de vista biocultural, la agrobiodiversidad que caracteriza a los cultivos de Zaachila ha estado íntimamente ligada a la diversidad cultural que se manifiesta en prácticas como la plaza de los jueves o en elementos como los alimentos y bebidas que se elaboran específicamente con los distintos tipos de especies nativas (Mora 2017). Se aprecia entonces lo alarmante del hecho de que la agricultura industrializada en este estudio muestre como principal característica la disminución del número de especies cultivadas.

Otro aspecto notable de la tipología obtenida es la diferencia en el agrupamiento de las parcelas industrializadas y las agroecológicas. Si nos remitimos a la Figura 12, las muestras del tratamiento industrializado forman un cúmulo de puntos mucho más cercanos entre sí que las del manejo agroecológico. Cuantitativamente, las parcelas industrializadas se acumulan en el intervalo  $[-2.9, -0.9]$  del eje horizontal, mientras que las agroecológicas se extienden a lo largo del intervalo  $[0.9, 5]$ , y en el eje vertical ocurre algo similar. Esto quiere decir que, aunque ambas categorías de manejo tienen una alta variabilidad interna, las parcelas industrializadas son mucho más parecidas entre sí que las agroecológicas. Esto no es sorprendente, pues la industrialización agrícola busca homogeneizar, mientras que el manejo agroecológico es heterogéneo y contexto-específico (Gliessman 2015). Llama la atención que incluso en la escala de este trabajo se haya encontrado una heterogeneidad tal al interior del manejo agroecológico, pues muestra el nivel de variación que puede encontrarse entre los agricultores de una sola comunidad.

Así, la combinación de información local proveniente de los campesinos y los métodos de estadística multivariada aquí utilizados resultó en una metodología reproducible que arrojó luz sobre aspectos clave del manejo agrícola en la zona y que tiene el potencial de aplicarse en trabajos posteriores. Se advierte, sin embargo, que la relación de confianza previamente trabajada con los campesinos informantes fue de vital importancia para la calidad y confiabilidad de la información obtenida.

El segundo objetivo particular fue caracterizar la diversidad taxonómica y funcional de la comunidad de coleópteros, según los tipos de manejo definidos. El resultado más relevante en este aspecto fue que en el muestreo con redes de golpeo se encontró una mayor diversidad, tanto de familias como de morfoespecies, en el tipo de manejo agroecológico. Esto sin importar si la diversidad fue medida como riqueza o mediante índices de diversidad que incorporan cantidad y distribución de especies. Sin embargo, ninguno de estos resultados se mantuvo en el muestreo con pitfalls. En este caso, ninguna de las medidas arrojó diferencias entre los tipos de manejo. Este contraste entre los resultados con uno y otro tipo de muestreo puede deberse, a grandes rasgos, a dos factores: un error o limitación en el muestreo o diferencias reales en el impacto que el tipo de manejo tiene sobre la diversidad del suelo y de la parte aérea de las parcelas.

En el caso de un error o limitación de muestreo, éste podría atribuirse a que en las trampas pitfall se utilizaron anzuelos de carne y de fruta. Es posible que éstos hayan tenido la capacidad de atraer insectos más allá de las fronteras de la parcela en que se encontraban, resultando así en una contaminación de las muestras con coleópteros de las parcelas vecinas. Esto es probable debido a que dos de las cinco pitfalls colocadas en cada parcela se ubicaron siempre en los bordes, además de que la heterogeneidad en la zona permitía que parcelas con manejos contrastantes se ubicaran una al lado de otra. Para descartar este escenario, habría sido preferible no utilizar anzuelos, o bien, aislar las parcelas con alguna barrera física a nivel del suelo.

Por otro lado, en caso de que el muestreo con pitfalls en efecto haya reflejado la diversidad de las parcelas en que se encontraban, esto indicaría que el manejo agrícola impactó más fuertemente a la biota en la parte aérea de las parcelas. De ser así, es posible hipotetizar varias razones. Por ejemplo, dos componentes importantes y comunes en el manejo industrializado fueron el uso de herbicidas y de plaguicidas, los cuales suelen aplicarse de manera foliar, situación que podría ocasionar que la biota que generalmente se encuentra sobre los tallos y las hojas de las plantas se haya visto más afectada que la biota del suelo. Otra posible razón es que la diversidad de cultivos, variable determinante de la tipología usada en este trabajo, cree diferencias más marcadas en la parte aérea de las parcelas que a ras de suelo.

En cuanto a las diferencias de biodiversidad entre los tipos de manejo que arrojó este estudio, éstas indican una sensibilidad de la biota al tipo de manejo a escalas pequeñas. Se sabe que las comunidades locales se ven altamente influenciada por lo que ocurre a su alrededor, y que su diversidad depende en gran medida de la diversidad del paisaje en el que se encuentran inmersas (Duelli et al. 1999). Por ejemplo, en un estudio del impacto de la agricultura convencional vs. orgánica sobre distintos taxa y a distintas escalas, Gabriel y colaboradores (2010) encontraron que aunque varios componentes de la diversidad responden al manejo agrícola dentro de las granjas, esto interactúa fuertemente con variables del paisaje a una escala fina y media. Por lo tanto, una pregunta implícita en esta tesis era si en el paisaje altamente fragmentado de la Villa de Zaachila, y entre parcelas tan pequeñas como una hectárea, se alcanzarían a notar diferencias en respuesta al manejo agrícola. En efecto, sí se encontraron diferencias para la parte aérea de la comunidad de coleópteros, lo cual sugiere que aunque ésta se vea afectada por lo que ocurre en las parcelas vecinas, el tipo de manejo por sí solo es suficiente para causar diferencias en la biodiversidad.

Este resultado puede ligarse con la propuesta de la “matriz de la naturaleza”, que plantea que los distintos tipos de agricultura contribuyen de manera distinta a la conservación biológica en tanto que permiten en mayor o menor medida el establecimiento temporal o permanente de las especies locales. Esta permeabilidad a las especies locales, que a su vez repercute en la migración y posibilidad de recolonización entre parches de vegetación primaria, se conoce como calidad de la matriz (Perfecto et al. 2009). Así, en este estudio confirmamos que los dos tipos de agricultura aquí estudiados tienen diferente calidad y la aproximamos con la diversidad de coleópteros muestreada con redes. Esto puede retroalimentar otros proyectos de modelación y estudio de la matriz ecológica en la escala del paisaje que se llevan a cabo en nuestro grupo de trabajo (e.g. González-González 2016).

En cuanto al análisis de la diversidad funcional, se concluye que el nivel taxonómico de familia no fue suficiente para encontrar diferencias en la abundancia relativa de las distintas categorías funcionales entre los dos tipos de manejo. Esto se debió a que los coleópteros son tan diversos en cuanto a sus hábitos que no bastó con conocer a qué familia pertenecían para asignarles una función ecológica en particular. Esto fue posible para algunas familias, como Chrysomelidae, que en general está compuesta de herbívoros, pero fue insuficiente para muchas otras que incluyen especies con hábitos alimenticios variables o que además, presentan una fase larvaria con una función ecológica y una fase adulta con otra. Esta situación resultó en una gran cantidad de familias agrupadas bajo la categoría de “polífago”, lo cual pudo haber opacado diferencias observables con una categorización más fina. Sin embargo, debido al gran número de individuos colectados, una identificación a nivel de género o especie no fue posible.

El tercer objetivo de esta tesis fue encontrar grupos sensibles a cada uno de los dos tipos de manejo y explorar su utilidad como indicadores. Se encontró que las familias Bostrichidae, Buprestidae, Cryptophagidae, Languriidae, Platypodidae y Tenebrionidae fueron exclusivas del tratamiento agroecológico, es decir, que sólo se encontraron en éste y no en el industrializado. De igual modo, las familias Leiodidae, Monotomidae y Trogositidae fueron exclusivas del tratamiento industrializado. Dicha exclusividad es relevante pues indica que uno de los tipos de manejo definidos permite su existencia dentro de las parcelas mientras que el otro no. En un primer acercamiento, esto podría indicar el potencial de estas familias para ser utilizadas como indicadoras del tipo de manejo, pero como se señaló en la sección de resultados, la escasez de estas familias las vuelve difíciles de utilizar. También es posible que la baja abundancia en que fueron encontradas estas familias se debiera a un artefacto del muestreo, pero dado que se buscan indicadores fáciles de observar por los campesinos, el uso de grupos que requieran un muestreo más exhaustivo resulta poco viable. Así pues, aunque estos grupos no resultan útiles como indicadores, vale la pena señalar que el manejo agroecológico arrojó el doble de familias exclusivas, la cual apunta a que posee un mayor potencial como reservorio para la conservación de grupos raros o con espectros de tolerancia muy reducidos.

Posteriormente, se analizó el potencial de la familia Curculionidae como indicadora del tipo de manejo realizado en las parcelas. Se encontró una correlación significativa entre la posición de las mismas en el gradiente de manejo y la abundancia de individuos de dicha familia, lo cual sugiere su posible utilidad como grupo indicador. Además, se encontró una relación positiva entre su abundancia y la riqueza total de coleópteros en las parcelas. De estas dos asociaciones se puede extraer lo siguiente: la abundancia de curculiónidos en una parcela indica un tipo de manejo que tiende más a lo agroecológico, y que posee una mayor riqueza de morfoespecies dentro del orden Coleoptera. Sin embargo, hay que advertir que el enunciado anterior no es una regla, pues aunque refleja la tendencia general, no se cumple para todas las parcelas muestreadas.

Los Curculionidae (superfamilia Curculionoidea) son generalmente conocidos como gorgojos o picudos y se distinguen por una proyección anterior de la cabeza, denominada rostro, en cuyo ápice se localiza el aparato bucal masticador y que suele ser bastante larga y delgada. Esto es favorable para su uso como grupo indicador, pues son fácilmente distinguibles y relativamente comunes, razones por las cuales todos los agricultores que colaboraron en esta investigación (y probablemente todos los agricultores en general) están bien familiarizados con el grupo.

Esta familia se encuentra en casi todo el mundo, es mayoritariamente terrestre y su mayor diversidad se encuentra en las zonas tropicales. Se alimenta primordialmente de tejidos vegetales, aunque también llegan a comer líquenes, algas y hongos

(Morrone 2014). Según Zimmerman (1994), es probable que todas las especies de angiospermas sean consumidas por al menos una especie de curculiónido. Sin embargo, la interacción no es solamente depredadora, pues varias especies de plantas dependen de los gorgojos para su polinización (Morrone 2014).

En un estudio que buscó determinar familias indicadoras de la diversidad de coleópteros, Ohsawa (2010) reporta que la familia Curculionidae tuvo un alto coeficiente de correlación con la riqueza total de coleópteros, así como una fuerte similitud en su composición de especies con la composición del resto de las familias muestreadas. Así, concluye que junto con las familias Cerambycidae y Elateridae, los curculiónidos son un subgrupo apropiado para la diversidad de coleópteros. Además, dado que el orden Coleoptera es el más grande de todo el reino animal, incluye al 40% del total de insectos y el 25% de los animales y se ha visto correlacionado con la diversidad de otros grupos tanto de invertebrados como de vertebrados, encontrar un indicador de la diversidad de coleópteros es muy importante para tener un estimado de la biodiversidad general en un ecosistema (Pearson & Cassola 1992; Holland 2002; Ohsawa 2010). El autor discute la importancia de comparar indicadores en distintos tipos de ecosistemas, con el fin de encontrar indicadores generales, si es que estos existiesen. Dado que dicho trabajo fue realizado en una zona montañosa del centro de Japón, es interesante que los resultados de esta tesis también apunten a la familia Curculionidae como indicadora. Por el carácter cosmopolita de la familia, es posible que se trate de una familia apropiada como indicadora de la biodiversidad en una gran diversidad de ambientes.

Desde el punto de vista económico, muchas especies de curculiónidos pueden convertirse en plagas de cultivos. En México, los agaves, aguacates, alfalfa, algodón, arroz, cactus, caña de azúcar, chiles, crucíferas, frijoles y granos almacenados como el maíz son susceptibles a ser atacados por esta familia (Morrone 2014). En contraste, varias especies pueden utilizarse como control biológico por atacar pastos considerados como malezas (Morrone 2004).

Por la connotación negativa que suele darse a los curculiónidos en el contexto agrícola, resulta interesante que hayan sido precisamente éstos los que se encontraran con una abundancia más marcada en las parcelas con un manejo agroecológico. Vale la pena mencionar que a todos los campesinos entrevistados se les preguntó qué organismos les causaban pérdidas de cultivo y la respuesta más frecuente fue la llamada “gallina ciega” y el “alambrillo”, ambos coleópteros pero ninguno de los cuales pertenece a la familia Curculionidae. Sin embargo, los gorgojos sí fueron mencionados por algunos campesinos como problemáticos al momento de almacenar los granos de maíz, pues son los responsables de “picar” el grano, ocasionando que su valor de mercado disminuya considerablemente o que en ocasiones no pueda conservarse la semilla para la siembra del año siguiente. Nos encontramos así ante un grupo con un carácter bivalente, problemático al



momento post-cosecha pero positivamente relacionado con la conservación de la biodiversidad en las parcelas y posiblemente con el control de malezas. ¿Cuándo entonces, podemos decir que la presencia de Curculionidae en las parcelas es positiva y cuándo es negativa?

Morales y Perfecto (2000) exponen la experiencia que tuvieron con agricultores de Guatemala al investigar los métodos tradicionales de control de plagas realizados en la zona. En la búsqueda de posibles plagas, las autoras relatan como, aunque los campesinos estaban conscientes de la existencia de varias especies que podrían ser consideradas plaga, no las conceptualizaban como tales, debido a que el manejo que daban al agroecosistema mantenía el tamaño de sus poblaciones debajo de un nivel que pudiera considerarse problemático. De igual modo, Silva y colaboradores (2002) encontraron en un estudio hecho en Chiapas, México, que la familia Curculionidae, una de las dos más abundantes del lugar, no era considerada plaga por los campesinos de la región. En la Villa de Zaachila, como ya se dijo, ninguno de los entrevistados consideró a los gorgojos como una plaga en sus parcelas, aunque varios los reconocieron como problemáticos durante el almacenamiento de los granos. Para atajar este problema, los entrevistados llevaban a cabo una de tres estrategias: algunos utilizaban pastillas de pesticida, las cuales se colocan en los contenedores que almacenan el grano. Otros llevaban a cabo técnicas tradicionales para combatirlo, como el almacenaje del grano con polvo de flor de cempasúchil, chile u otras hierbas encontradas en la comunidad. Por último, había quienes no hacían nada, por considerar despreciable la proporción de daños causados por los gorgojos, o bien, porque usaban estos granos para consumo propio o de sus animales (hay que recordar que el daño más fuerte causado por los curculiónidos consiste en bajar el precio de mercado de los granos, problema que se evita si esos granos no se destinan a la venta).

Así, encontramos que la mayor abundancia de individuos de la familia Curculionidae en las parcelas está relacionada a un manejo agroecológico, y con una mayor diversidad de especies asociadas. Esto concuerda con los hallazgos de Silva y colaboradores (2002), que encontraron una mayor riqueza de familias, morfoespecies y diversidad en los campos de cultivo con un manejo que incluía arvenses, en oposición a los sistema con un manejo más simplificado; además, encontraron a la familia Curculionidae como la segunda más abundante en la zona. Si bien se trata de un grupo que puede llegar a ser problemático a corto plazo y en términos económicos, la información recabada en esta tesis indica que no representa problemas para todos los agricultores. Como parte del trabajo asociado a esta investigación, se han realizado varios talleres con los campesinos de la comunidad para abordar temas de biodiversidad y manejo agrícola (Figura 31). Esto debido a que forma parte de un proyecto transdisciplinario más amplio que se ha construido en la región desde hace varios años. Con base en los resultados aquí expuestos, el siguiente taller a realizar deberá discutir a la familia Curculionidae como representante de una alta diversidad en las parcelas, y analizar las razones

para considerarlos como algo benéfico o bien, analizar conjuntamente en qué condiciones puede convertirse en plaga. Igualmente, este taller irá acompañado del relato por parte de los campesinos que llevan a cabo un manejo tradicional de sus granos almacenados, con el objetivo de comunicar los métodos que utilizan e intercambiar experiencias entre los distintos agricultores. Con esto se espera abonar a la discusión sobre los efectos del manejo agrícola en términos de la conservación de la biodiversidad. Desde una perspectiva de paisaje, el uso de indicadores de biodiversidad puede resultar provechoso para encaminar los esfuerzos en el manejo agrícola, tanto a nivel individual como a nivel comunitario, para fomentar aquellas propiedades de los agroecosistemas que son de un alto interés tanto en términos de conservación, como de seguridad y soberanía alimentaria.



Figura 31. Taller sobre biodiversidad y manejo agrícola realizado en la Villa de Zaachila (2017).

Finalmente, es necesario advertir las limitaciones de este trabajo. Ante la alta variabilidad inter-anual, inter-geográfica e inter-cultivo que se ha encontrado para los coleópteros en sistemas silvestres y agrícolas (Finn et al. 1999; Andresen 2003), es importante recordar que para este estudio solamente se muestreó una vez, durante el mes de septiembre. Por lo tanto, la información recabada representa sólo una época del año, la época de lluvias, de un sólo año, así que los resultados aquí expuestos deben considerarse con precaución. Otra limitación importante fue el tamaño del muestreo realizado, que se limitó a 16 parcelas, y que probablemente no alcanza a cubrir la variación en la diversidad de la zona. Sin embargo, hay que recordar que se decidió trabajar así para poder construir una relación de confianza con los agricultores involucrados, cosa que fue de mucha importancia para la calidad de la información recabada en las entrevistas y porque en el tiempo de duración de una maestría no hubiera sido posible abarcar más. Por otro lado, la

naturaleza de campo del experimento realizado implicó poco control sobre muchas variables ambientales, lo cual volvió imposible tener réplicas de los tratamientos y limitó fuertemente el tipo de análisis que se pudo realizar. La contraparte de esta situación es que hay que considerar que aquellos resultados que fueron estadísticamente significativos, lo fueron aún ante la enorme cantidad de ruido ambiental del experimento, cosa que apunta a que las tendencias encontradas probablemente son más fuertes de lo que se pudo observar.

## **Conclusiones**

En conclusión, esta tesis aporta al conocimiento sobre la diversidad del orden Coleoptera en ambientes agrícolas donde las prácticas de manejo son heterogéneas. Si bien es difícil generalizar algunos de los resultados hacia otras áreas geográficas, creemos que la comparación entre la diversidad de una y otra categoría de manejo abona a la evidencia de que las prácticas agroecológicas permiten una mayor presencia temporal o permanente de las especies no sólo agrícolas sino silvestres dentro de los campos de cultivo. Esto es relevante para la conservación de la diversidad sobre todo en países como México donde una alta proporción de sus tierras está destinada al uso de suelo agropecuario (INEGI 2007). Además, se encontró que en la zona de estudio la abundancia de la familia Curculionidae puede utilizarse como indicadora de dos aspectos con importancia ecológica y productiva: el grado de industrialización del manejo agrícola en una parcela y la diversidad de coleópteros en la misma, la cual puede estar asociada además a otros componentes de la biodiversidad. Este resultado es importante en el marco del trabajo en temas de agroecología que se ha venido llevando a cabo con los campesinos de la Villa de Zaachila, pues puede servirles para evaluar sus prácticas de manejo además de contribuir a la discusión en conjunto sobre cómo producir alimentos de una manera ecológicamente sustentable y económicamente viable.

## Referencias

- Aguilar, F., & Huebe, L. (1979). Tipología agrícola del Valle Central de Oaxaca [producción, mercadeo, población, producción forestal, producción animal, Mexico]. *Boletín del Instituto de Geografía*. (9), 209-253.
- Altieri, M. A. (1995). El agroecosistema: Determinantes, Recursos, Procesos y Sustentabilidad. En *Agroecología: Bases Científicas para una agricultura sustentable*. 2da Ed, CLADES, 22-31.
- Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, R., Norgaard, R., Sikor, T. O. (1997). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* (No. F08 A48). Centro de Investigación, Educación y Desarrollo, Lima (Peru); Secretariado Rural Peru-Bolivia, La Paz (Bolivia).
- Álvarez, S., Paas, W., Descheemaeker, K., Tittonell, P., Groot, J.C.J. (2014). *Construcción de tipologías, una forma de manejar la diversidad de las fincas: directrices generales para Humidtropics*. Informe para el Programa de Investigación de CGIAR sobre Sistemas de los Trópicos Húmedos. Grupo de Ciencias de las Plantas, Universidad de Wageningen, Países Bajos.
- Andresen, E. (2003). Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, 26(1), 87-97.
- Andow, D. A., & Hidaka, K. (1989). Experimental natural history of sustainable agriculture: syndromes of production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27(1-4), 447-462.
- Attwood, S. J., Maron, M., House, A. P. N., & Zammit, C. (2008). Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management?. *Global Ecology and Biogeography*, 17(5), 585-599.
- Bambaradeniya, C. N. B. (2000). '*Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka*', PhD thesis, University of Peradeniya, Sri Lanka, p525
- Barbolla, L. J., & Benítez, M. (2016). La comunidad agroecológica como unidad ecológica, de domesticación y de conservación. *Naturaleza, Ciencia y Sociedad*, 77-89.
- Benítez, M., & Fornoni, J. (2014). La milpa como modelo en agroecología: nuevas perspectivas hacia la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. *Oikos*. Revisado en <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos-historico/numeros-anteriores/52-agroecologia> el 2 de abril de 2018.
- Boege, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*. INAH, México, 342 pp.
- Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H., ... Smith, A. B. (2011). Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, (88), 1-972.
- Brooks, D. R., J. E. Bajer, S. J. Clark, D. T. Monteith, C. Andrews, S. J. Corbett, D. A. Beaumont, and J. W. Chapman. (2012). Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 49:1009–1019.

- Brush, S. B., Tadesse, D., Van Dusen, E. (2003). Crop Diversity in Peasant and Industrialized Agriculture: Mexico and California. *Society & Natural Resources*, 16(2), 123-141.
- Burgio, G., Campanelli, G., Leteo, F., Ramilli, F., Depalo, L., Fabbri, R., Sgolastra, F. (2015). Ecological sustainability of an organic four-year vegetable rotation system: Carabids and other soil arthropods as bioindicators. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(3), 295-316.
- Campanelli, G., & Canali, S. (2012). Crop Production and environmental effects in conventional and organic vegetable farming systems: The case of a long-term experiment in Mediterranean conditions (Central Italy). *Journal of Sustainable Agriculture* 36:599–619.
- Carson, R. (2002). *Silent spring*. Houghton Mifflin Harcourt, USA.
- Casas, A., del Carmen Vázquez, M., Viveros, J. L., Caballero, J. (1996). Plant management among the Nahuatl and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: an ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology*, 24(4), 455-478.
- CEMDA. (2016). *Informe sobre la pertinencia biocultural de la legislación mexicana y su política pública para el campo. El caso del programa de "Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro)"*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A. C., México.
- Chao, A. (1984). Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11:265-270.
- Chao, A. & Chiu, C. H. (2016). Species richness: estimation and comparison. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. 1-26.
- Duelli, P., & Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:87–98.
- Duelli, P., Obrist, M. K., Schmatz, D. R. (1999). Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. En *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes* (pp. 33-64).
- Duffield, S.J. & Aebischer, N.J. (1994). The effect of spatial scale of treatment with dimethoate on invertebrate population recovery in winter wheat. *Journal of Applied Ecology* 31, 263–281.
- Dufrene, M., Baguette, M., Desender, K., Maelfait, J.P. (1990). Evaluation of carabids as bioindicators: a case study in Belgium. En *The Role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies*. Ed. N.E. Stork, pp. 377–382.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345-366.
- Ferraz, G., Russell, G. J., Stouffer, P. C., Bierregaard, R. O., Pimm, S. L., Lovejoy, T. E. (2003). Rates of species loss from Amazonian forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(24), 14069-14073.
- Finegan, B., & Nasi, R. (2004). The biodiversity and conservation potential of shifting cultivation landscapes. Pp 153–197. En G. Schroth, G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, and A. M. N. Izac, (eds.) *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington, D.C

- Finn, J., Gittings, T., Giller, P. (1999). Spatial and temporal variation in species composition of dung beetle assemblages in southern Ireland. *Ecological Entomology*, 24(1), 24-36.
- Foster, J. B., Clark, B., York, R. (2011). *The ecological rift: Capitalism's war on the earth*. NYU Press.
- Foufopoulos, J., & Ives, A. R. (1999). Reptile extinctions on land-bridge islands: life-history attributes and vulnerability to extinction. *The American Naturalist*, 153(1), 1-25.
- Gabriel, D., Sait, S. M., Hodgson, J. A., Schmutz, U., Kunin, W. E., Benton, T. G. (2010). Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology letters*, 13(7), 858-869.
- Gilpin, M. & Hanski, I. (Ed.) (2012). *Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations*. Academic Press.
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC Press.
- González-González, C., López-Martínez, R., Hernández-López, S., Benítez, M. (2016). A dynamical model to study the effect of landscape agricultural management on the conservation of native ecological networks. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(9), 922-940.
- Goodall D. W. (1954). Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay on the use of factor analysis. *Australian Journal of Botany*, 1, 39–63.
- Greenberg, R., Bichier, P., Angon, A. C., Reitsma, R. (1997). Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology*, 11(2), 448-459.
- Gupta, A. K. (2004). Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. *Current Science-Bangalore*, 87, 54-59.
- Hobbelink, H. (1991). *Biotechnology and the future of world agriculture: the fourth resource*. Zed books.
- Hole, D. G., A. J. Perkins, J. D. Wilson, I. H. Alexande, P. V. Grice, A. D. Evans. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122:113–130.
- Holland, J. M. (2002). *The agroecology of carabid beetles*. Intercept Limited.
- Holland, J. M. & Luff, M. L. (2000). The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews* 5, 109–129.
- Holland, J.M., Winder, L. and Perry, J.N. (2000). The impact of dimethoate on the spatial distribution of beneficial arthropods and their reinvasion in winter wheat. *Annals of Applied Biology*, 136, 93–105
- Holt, E. A., & Miller, S. W. (2011). Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 8.
- Hunt, T., Bergsten, J., Levkanicova, Z., Papadopoulou, A., John, O. S., Wild, R., ... Gómez-Zurita, J. (2007). A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation. *Science*, 318(5858), 1913-1916.

- INEGI, V. (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- Jonsson, B. G., & Jonsell, M. (1999). Exploring potential biodiversity indicators in boreal forests. *Biodiversity & Conservation*, 8(10), 1417-1433.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375.
- Kritzer, J. P., & Sale, P. F. (2004). Metapopulation ecology in the sea: from Levins' model to marine ecology and fisheries science. *Fish and Fisheries*, 5(2), 131-140.
- Kromp, B. (1999). Carabid beetle in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. En *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes*, ed. M. G. Paoletti, 187–228. Amsterdam: Elsevier.
- Lassau, S. A., Hochuli, D. F., Cassis, G., Reid, C. A. (2005). Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently?. *Diversity and Distributions*, 11(1), 73-82.
- Levins, R. (1969) Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control, *Bulletin of the Entomological Society of America*, vol 15, pp237–240
- Luff, M. L. (2002). Carabid assemblage organization and species composition. En *The agroecology of carabid beetles*, 41-80.
- Luff, M.L. & Rushton, S.P. (1989). The ground beetle and spider fauna of managed and unimproved pasture. *Agriculture Ecosystems and Environment* 25, 195–205
- McGeoch, M. A. (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73:181–201.
- Mora, E. (2017). *Diagnóstico del movimiento comercial del maíz y de las relaciones económicas y culturales-simbólicas para la siembra del maíz criollo en la Villa de Zaachila, Oaxaca. Un enfoque desde las familias campesinas*. (Tesis de maestría). Universidad Internacional de Andalucía, España.
- Morales, H., & Perfecto, I. (2000). Traditional knowledge and pest management in the Guatemalan highlands. *Agriculture and Human Values*, 17(1), 49-63.
- Morrone, J. J. (2004). Eriirhinidae (Coleoptera). En *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV, J. Llorente, J. J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). Facultad de Ciencias, UNAM/ CONABIO, México, D. F. p. 701-704.
- Morrone, J. J. (2014). Biodiversidad de Curculionoidea (Coleoptera) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 312-324.
- Newmark, W. D. (1995). Extinction of mammal populations in western North American national parks. *Conservation Biology*, 512-526.
- O'Rourke, M. E., Liebman, M., and Rice, M. E. (2014). Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in conventional and diversified crop rotation systems. *Environmental Entomology*, 37(1), 121-130.



OEIDRS. (2005). *Oficina Estatal De Información Para El Desarrollo Rural Sustentable*. Tarjeta distrital de La Villa de Zaachila.

Ohsawa, M. (2010). Beetle families as indicators of Coleopteran diversity in forests: a study using Malaise traps in the central mountainous region of Japan. *Journal of insect conservation*, 14(5), 479-484.

Olfert, O., G. D. Johnson, S. A. Brandt, A. G. Thomas. (2002). Use of arthropod diversity and abundance to evaluate cropping systems. *Agronomy Journal* 94:210–216.

Paliy, O., & Shankar, V. (2016). Application of multivariate statistical techniques in microbial ecology. *Molecular ecology*, 25(5), 1032-1057.

Paoletti, M. G. (1999). Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. En *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes*, ed. M. G. Paoletti, 1–18. Amsterdam: Elsevier.

Pearson, D. L., & Cassola, F. (1992). World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): indicator taxon for biodiversity and conservation studies. *Conservation Biology*, 6(3), 376-391.

Perfecto, I. (2003). Conservation Biology and Agroecology: De un Pájaro las dos Alas 1, 2. *Endangered Species Update*, 20(4-5).

Perfecto, I. & Armbrecht, I. (2003) The Coffee agroecosystem in the neotropics: combining ecological and economic goals.--p. 159-194 (No. Colección General/630.2745 T856t). En: Tropical agroecosystems.--Florida, US: CRC Press, 2003.

Perfecto, I., Armbrecht, I., Philpott, S. M., Soto Pinto, L., Dietsch, T. V. (2007) 'Shade coffee and the stability of forest margins in Northern Latin America', in T. Tschardt, M. Zeller and C. Leuschner (eds) *The Stability of Tropical Rainforest Margins: Linking Ecological, Economic and Social Constraints*, Springer, Berlin

Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., Van der Voort, M. E. (1996). Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598-608.

Perfecto, I., Vandermeer, J. H., Wright, A. L. (2009). *Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty*. Routledge.

Perfecto, I., Vandermeer, J., Hanson, P., Cartín, V. (1997). Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and conservation*, 6(7), 935-945.

Philpott, S. M., Arendt, W. J., Armbrecht, I., Bichier, P., Dietsch, T. V., Gordon, C., ... Tejeda-Cruz, C. (2008). Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093-1105.

Polanyi, K. (1944). *The great transformation: The political and economic origins of our time*.

Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 12(1), 159-176.

Robles, B. H. (2013). Los pequeños productores y la política pública. *Subsidios al campo en México. Fundar, México. www. Subsidios al campo. org. mx (consulta del 22/01/2018).*

SAGARPA. (2010). Acuerdo de colaboración celebrado entre la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Respuesta de solicitud de información con número de folio 00008000035714.

Disponible para consultar en:

<https://www.infomex.org.mx/gobiernofederal/moduloPublico/moduloPublico.action>

SAGARPA. (2011). Indicadores estatales agroeconómicos: Oaxaca. Subsecretaría de fomento a los agronegocios Revisado en:

[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/monitorestatal/Tabulador\\_por\\_estado/Monitores\\_Nuevos%20pdf/Oaxaca.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/monitorestatal/Tabulador_por_estado/Monitores_Nuevos%20pdf/Oaxaca.pdf) el 23 de enero 2018.

SAGARPA. (2014) PROAGRO: Antecedentes. Revisado en:

<http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/proagro/Paginas/Antecedentes.aspx>

Schulze, C. H., Waltert, M., Kessler, P. J., Pitopang, R., Veddeler, D., Mühlberg, M., ... Tschamtker, T. (2004). Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: Comparing plants, birds, and insects. *Ecological applications*, 14(5), 1321-1333.

Silva Aparicio, M., Castro Ramírez, A. E., León Cortés, J. L., Ishiki Ishihara, M. (2003). Entomofauna asociada a maíz de temporal con diferentes manejos de malezas en Chiapas, México.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2014). Global Biodiversity Outlook 4. Montréal, 155 pp.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Cierre de la producción agrícola, revisado en [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/) el 11 de enero del 2018.

Settle, W. H., H. Ariawan, E. T. Astuti, W. Cahyana, A. L. Hakim, D. Hindayana, A. S. Lestari, Pajarningsih. (1996). Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology* 77:1975–1988.

ter Braak, C. J., & Šmilauer, P. (2015). Topics in constrained & unconstrained ordination. *Plant Ecology*, 216(5), 683-696.

Tóthmérész, B. (1995). Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of vegetation Science*, 6(2), 283-290.

Tittonell, P. (2013). Hacia una intensificación ecológica de la agricultura para la seguridad y soberanía alimentaria mundial. *AE. Agricultura y ganadería ecológica*, (14), 10-12.

Toledo, V. M. (1990). Ecología e indianidad: dos frentes de resistencia al desarrollo del capitalismo en México. *México indígena*. (13), Octubre: 16-21

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales* (Vol. 3). Icaria Editor

Tripplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Borror and DeLong's introduction to the study of insects. *Thomson Brooks/Cole, Belmont, California*.

UN. (2011). Report of the Special Rapporteur on the right to food on his mission to Mexico (13-20 June). *United Nations, General Assembly*, 17 January 2012.

Vandermeer, J. H. (2011). *The ecology of agroecosystems*. Jones & Bartlett Learning.

White, R. E. (1983). *Field guide to the beetles of North America*. Houghton Mifflin Co..

WWF (2018). Farming: Habitat conversion & loss. Revisado en: [http://wwf.panda.org/what\\_we\\_do/footprint/agriculture/impacts/habitat\\_loss/](http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/agriculture/impacts/habitat_loss/) el 23 de enero de 2018.

Zaragoza-Caballero S, Navarrete-Heredia JL, Ramírez García E. (2017). *Temolines. Los coleópteros entre los antiguos mexicanos*. 1ª edición, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 222 pp.

Zimmerman, E. C. (1994). *Australian Weevils (Coleoptera: Curculionoidea) I: Anthribidae to Attelabidae: The Primitive Weevils*. CSIRO PUBLISHING.

## Anexos

### A. 1. Entrevista completa realizada a cada agricultor.

#### 1. Datos generales

Nombre:

Sexo:

Edad:

Fecha:

Nombre de la encuestadora:

N° parcela:

Además del español, ¿habla algún otro idioma?

Si fue a la escuela, ¿hasta qué año llegó?

¿A qué se dedica? ¿Dónde? ¿Cuánto tiempo?

¿Tiene hijos?

¿Cuántos y quiénes viven en su casa?

¿Está encargado(a) de mantener a su familia?

#### 2. Sobre las tierras

¿Cuántos terrenos tiene?

¿Cuántas hectáreas tiene su terreno?

¿Usted es dueño de su tierra?

¿Cómo obtuvo el terreno?

¿Su terreno es parte de un ejido o es pequeña propiedad?

Si es ejido, ¿cuál?

¿Usted es ejidatario?

¿En el ejido pasó el procede? ¿Cómo y por qué se tomó la decisión?

¿Usted tiene papeles del procede? ¿Por qué?

Si sí, ¿ve ventajas al respecto?

#### 3. Manejo

¿Qué cosas tiene sembradas ahorita?

¿Cuánto siembra de cada una? ¿De cuál siembra más?

¿Qué sembró en el ciclo pasado?

¿Cómo decide qué sembrar y cuándo hacerlo?

¿Qué es más importante cultivar para usted/ qué siempre tiene sembrado?

¿De dónde saca el dinero que se necesita para cada ciclo de cultivo? ¿Cuánto es?

¿Qué cualidades buscada en su maíz? (Y misma pregunta para las otras especies que siembre)

¿Cuántas variedades siembra (de cada especie)?

¿Las siembra juntas/intercaladas/separadas?

¿Hace rotación de cultivo? ¿Cómo es esta rotación?

¿Deja descansar la tierra? ¿Tiene todo su terreno sembrado?

¿Cómo prepara el suelo?

¿Qué máquina usa?

¿Con qué frecuencia usa la máquina?

¿De quién es la máquina?

¿Cuánto cuesta rentarla?

¿Yunta?

¿Con qué frecuencia usa la máquina?

¿De quién es la máquina?

¿Cuánto cuesta rentarla?

¿Cuándo siembra lo hace a mano, a yunta o con tractor?

¿Tiene riego en su parcela?  
Si sí ¿Tiene pozo individual o pertenece a alguna unidad de riego?  
¿Cuántas cosechas hace al año? ¿En qué meses?  
¿Usa algún fertilizante químico u orgánico en su parcela?  
¿Cuál?  
¿Usó en este ciclo?  
¿Usó en el ciclo anterior?  
¿Desde hace cuánto usa químicos?  
¿De qué depende si los usa o no?  
¿Cuánto le pone? ¿Cuántas veces le pone? ¿A qué cultivos?  
¿El municipio le da alguno?  
¿Dónde los compra/ Dónde la saca, de qué está hecha (composta)?  
¿Cuánto cuestan?

¿Cada cuánto y cómo deshierba?  
¿Usa algún herbicida químico u orgánico?  
(mismas preguntas que arriba)

¿Deja quelites u otras plantas crecer? ¿Cuándo las quita y cuándo no? ¿Qué hace con ellos?  
¿Tiene problemas de plagas u enfermedades en las plantas?  
¿Cuáles son las más comunes?  
¿Qué hace para prevenirlas o combatirlas?  
¿Usa algún pesticida químico u orgánico?  
(mismas preguntas que arriba)  
¿Qué tanto le dañan el cultivo?  
¿Han cambiado el tipo de plagas o enfermedades?  
¿Ha cambiado la frecuencia o la fuerza con que se presentan?  
¿Cómo ha sido este cambio?  
¿A qué cree que se deba?

¿Mantiene plantas en el borde de su parcela?  
¿Usted las siembra o deja que crezcan?  
¿Tiene árboles dentro o cerca de su parcela? ¿De cuáles?

¿Cómo cosecha (manual, maquina)?

¿Recolecta algún insecto comestible en su parcela?  
¿Mete ganado en algún momento del año a su parcela?  
¿Utiliza abonos verdes, deja el rastrojo o incorpora algo al suelo?  
¿Ha visto otro tipo de animales en su parcela? ¿Cuáles (aves, mamíferos, reptiles, etc.)?  
¿Ha recibido capacitaciones sobre alguna técnica agrícola? ¿Quién se la dio?  
¿Usted cultiva solo(a) o con ayuda de alguien?  
¿Quiénes?  
¿Contrata peones? ¿Cuántos y en qué punto del ciclo?

#### 4 Procedencia de semillas

¿Dónde obtiene sus semillas?  
Si no compra:  
¿Cómo elige las semillas que va a guardar para sembrar?  
¿Cómo las almacena?  
Si compra:  
¿Quién se las vende?  
¿Cuánto cuestan?  
¿Le compra algún otro producto?  
¿Desde hace cuánto tiempo?  
Si intercambia:  
¿Con quiénes intercambia?  
¿A dónde va para intercambiar?  
¿Desde hace cuánto tiempo?

¿Siempre ha obtenido las semillas de esta manera?  
¿De qué depende?  
¿Qué cualidades busca en sus semillas?

#### 5 Uso de la cosecha y economía

¿Vende, intercambia y/o consume las cosas que cultiva?  
Si las consume, ¿para cuántos meses le rinde? ¿De qué manera las consume? ¿Qué tanto aporta a su dieta y la de su familia? ¿Lo usa para alimento de animales? ¿Para cuántos animales le alcanza?  
¿Qué hace con esos animales?  
Si siembra distintas variedades (de maíz u otra especie), ¿los utiliza para cosas distintas? ¿Cuáles?  
Si vende su cosecha, ¿Cuáles? ¿Cuánto saca o qué parte de sus ingresos representa? ¿Con qué frecuencia los vende?  
¿Dónde vende o a quiénes les vende?  
¿Los que le compran lo utilizan para comer o ellos lo revenden?

¿Qué alimentos compra principalmente? ¿Dónde los compra? ¿Cuánto gasta en ellos?

#### 6. Apoyos al campo y otros

¿Recibe algún apoyo del gobierno?  
¿Cuál(es)?  
¿Desde hace cuánto?  
¿Ve algún beneficio de tenerlos?  
¿Hay problemas con estos programas?

Si no recibe, ¿le gustaría recibir algún apoyo?  
¿Por qué?

¿Recibe algún tipo de remesas? ¿De dónde? ¿Para qué las usa?

#### 7. Historia agrícola

¿Quién le enseñó a cultivar?  
¿Cultiva usted igual a como le enseñaron o ha adoptado nuevas técnicas? ¿Por qué?  
¿Le enseña a cultivar a sus hijos?  
¿A qué se dedican ellos?  
¿Le gustaría que ellos se dedicaran al campo?

## A. 2. Cuestionario llenado para cada entrevista

1.

Nombre:

Sexo:

Edad:

Fecha:

Nombre de la encuestadora:

N° parcela:

Lengua además del español:

Zapoteco

Inglés

Otra:

Escolaridad:

Primaria

Secundaria

Licenciatura

Otro:

Año completado:

Actividades económicas:

Tiempo que le dedica:

Campesino

Vende animales

Comerciante  
Jornalero  
Albañil  
Maestro  
Otro:

Dónde:  
Zaachila      Oaxaca      Otro estado:

Num. hijos:

Num de los que viven en casa:  
Fam. Nuclear:  
Abuelos:  
Nietos:  
Yernos:  
Otros:

Mantiene a la familia: Sí/No  
Ayuda alguien más a mantener:

2.

Num. terrenos:

Extensión muestreada:

¿Es dueño? Sí/no

Obtención:  
Herencia      Comprado      Prestado      Rentado      A medias      Otro:

Tenencia  
Ejido (nombre):                      Prop. Privada

¿Es ejidatario? Sí/No

¿Pasó Procede? Sí/No

¿Tiene papeles del Procede? Sí/No

3.

                         Cultivos ahorita:      Proporción que ocupa:      Cultivos anteriores:  
Maíz  
Frijol  
Calabaza  
Alfalfa

Jícama  
Cacahuate  
Chile  
Frutal:  
Hortalizas:  
Otro:

Origen de la inversión:  
Siembra pasada  
Animales vendidos  
Remesas  
Programas a campo:  
Otro trabajo:

Núm. y nombre de variedades sembradas por cultivo:  
Maíz  
Frijol  
Calabaza  
Alfalfa  
Jícama  
Cacahuate  
Chile  
Frutal:  
Hortalizas:  
Otro:

Esquema de siembra:  
Monocultivo  
Policultivo mezclado:  
Policultivo separado:

Rotación:  
Ninguna      Por ciclo      Espacial

Descanso:  
Ninguno      Por pedazos      Algunos meses

                                 Arar      Sembrar      Barbechar      Deshierbar      Cosechar  
Máquina  
Yunta  
Mano  
Procedencia  
Precio

Riego:  
Ninguno      Pozo propio      Unidad de riego

Num. de cosechas al año:



Meses:

Quelites: s/n

Uso

Alimento      Ritual      Forraje Sombra      Otro

Plagas o enfermedades comunes

Proporción de daño

¿Cambios en su incidencia?

Borde vivo: s/n

Planeada      Asociada

Árboles dentro o cerca: s/n

Nombre y número:

Uso:

¿Recolecta insectos comestibles? s/n

Nombres:

¿Mete ganado a la parcela? s/n

Conservación de suelo

Abobo verde      Rastrojo      Composta      Estiércol      Terraza Otro

Animales asociados:

Gavilanes      Ratas      Tuzas      Pájaros      Ardillas      Conejos      Serpientes      Otros

Capacitación agrícola: s/n

De quién:

Cultiva con:

Solo      Con familia      Con mozos

Ocasiones en que contrata (¿cuántos?) mozos:

4.

Procedencia semillas

Propias      Compradas      Intercambiadas

Selección:

En campo    En casa    Otra

Almacenamiento:

A quién compra:

Cuánto cuestan:

¿Le compra otro producto?

¿Desde hace cuánto tiempo?

Intercambio:

Con quiénes:

Dónde:

¿Siempre obtiene así las semillas? s/n

¿Por qué?

Cualidades que busca:

5.

Uso de cosecha

Consumo humano    Consumo animal    Venta    Intercambio

¿Dura todo el año? s/n

Animales

Tipo:

Número:

Destino:

Variedad sembrada:    Uso:

Variedad vendida:    Cuánto saca:    Fechas de venta:    Lugar de venta:

Compradores:    Revendedor    Tortillería    Restaurante    Individual    Otro

Alimento comprado    Lugar    Frecuencia    Gasto

Apoyos: s/n

Nombre:

Tiempo:

Beneficio:

Problema:

Si no recibe:

¿Por qué?

¿Le gustaría?

Remesas: s/n

Procedencia:

Uso:

¿Quién le enseñó a cultivar?

¿Ha adoptado nuevas técnicas?

¿Le enseña a sus hijos?

¿A qué se dedican ellos?

¿Le gustaría que se dedicaran

### **A. 3. Carta de consentimiento informado extendido a todos los entrevistados**

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, a 10 de septiembre de 2016

A quien corresponda:

Por medio de esta carta agradecemos su apoyo para el desarrollo de los proyectos de tesis de Cecilia González González y Tania Lara García, ambas estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el área de biología. Los proyectos mencionados buscan estudiar la diversidad biológica en parcelas con distintas formas de producción agrícola.

Como parte del proyecto, planeamos compartir con usted el proceso de obtención de datos y los resultados que obtengamos. Estimamos que los primeros resultados estarán listos dentro de un año. Es importante resaltar que este proyecto no tiene fines de lucro, ni es parte de ningún programa político. También, nos comprometemos a hacer uso cuidadoso de sus datos y a mantenerlos confidenciales, si así lo prefiere. Para cualquier aclaración, puede contactarnos en los datos que aparecen abajo.

Agradecemos de antemano su disponibilidad y le enviamos un cordial saludo.

Atentamente,

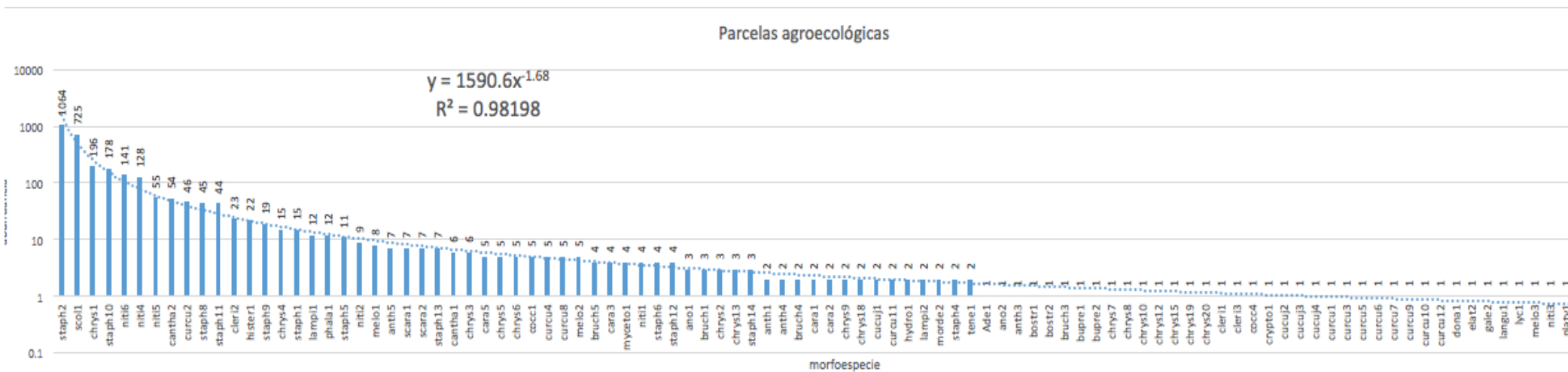
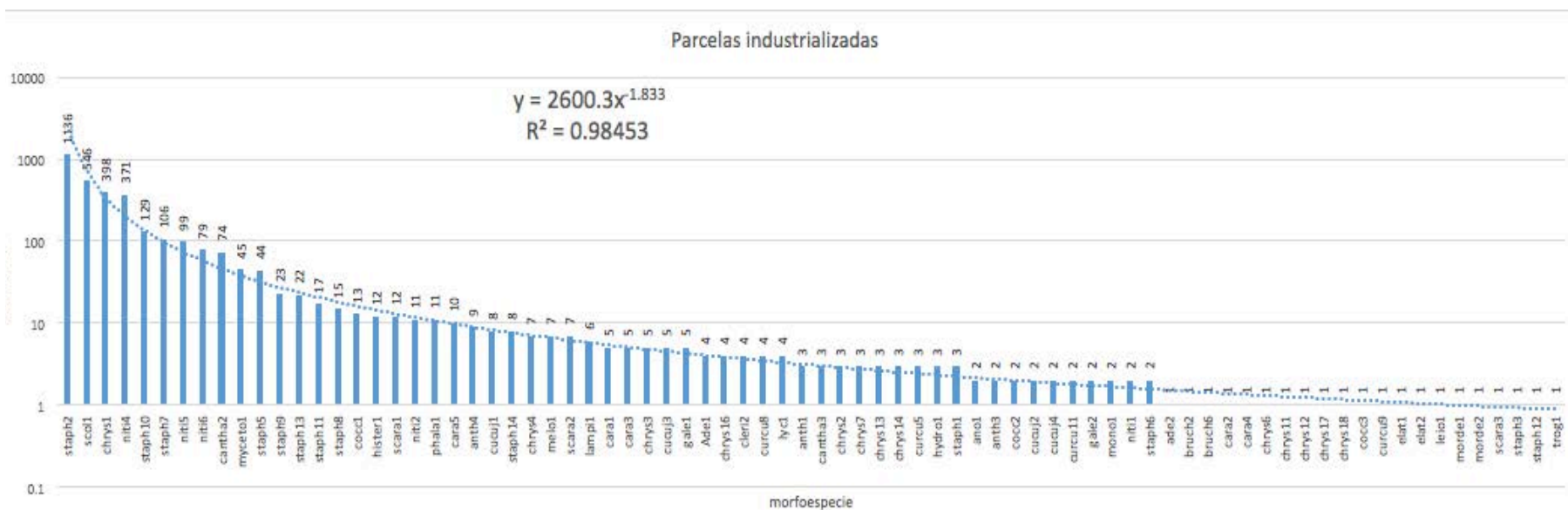
Dra. Mariana Benítez Keinrad  
Investigadora  
mbenitez@ieciologia.unam.mx  
55 56237712

Dr. Lev Jardón Barbolla  
Investigador  
55 56230222 ext. 42771

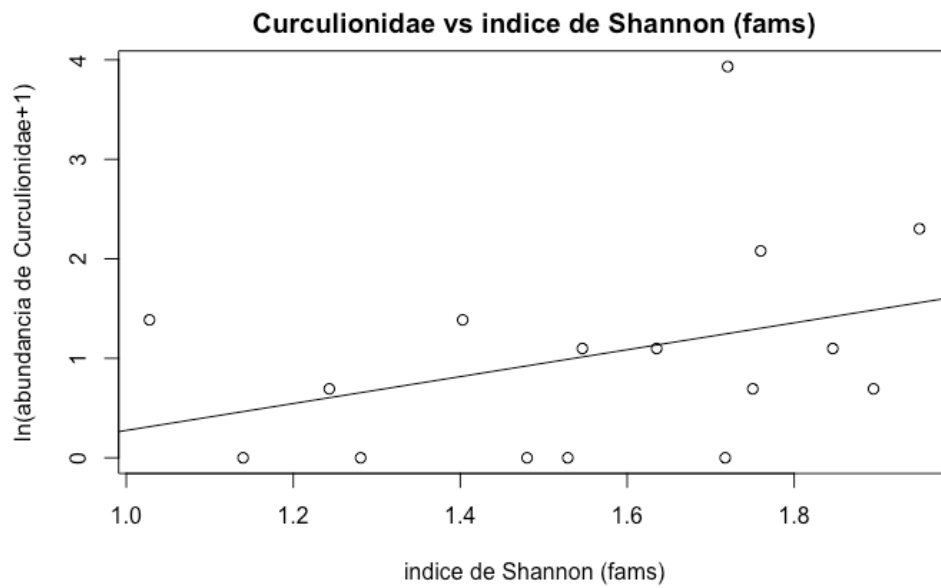
#### A. 4. Tabla de variables para el PCA de tipo de manejo

num cultivos	num variedades	criollo	monocultivo	rotacion	descanso	yunta	riego	quelites	borde planeado	arboles	abono verde	rastrajo	composta	estiercol	autoconsumo	venta	Fertilizante quim	plaguicida quim	herbicida qui	fertilizante org	plaguicida org
2	4	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
4	6	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
3	5	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
7	7	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
2	4	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
3	5	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
2	2	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0

## A.5 Curvas de rango-abundancia para las morfoespecies en cada tipo de manejo.



**A. 6. Abundancia de Curculionidae contra los índices de Shannon, Equidad y número efectivo de cada parcela**



Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.2445	-0.6888	-0.1774	0.6109	2.6834

Coefficients:

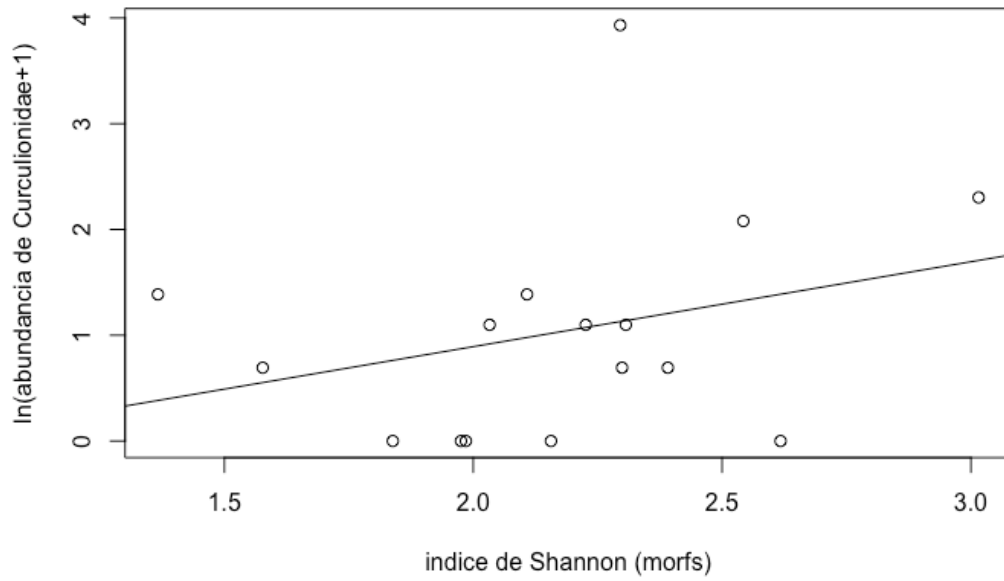
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.0754	1.5242	-0.706	0.492
regresiones\$ShannonFam	1.3508	0.9643	1.401	0.183

Residual standard error: 1.034 on 14 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1229, Adjusted R-squared: 0.06029

F-statistic: 1.962 on 1 and 14 DF, p-value: 0.183

**Curculionidae vs indice de Shannon (morfos)**



Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.38736	-0.78952	-0.00689	0.45482	2.80309

Coefficients:

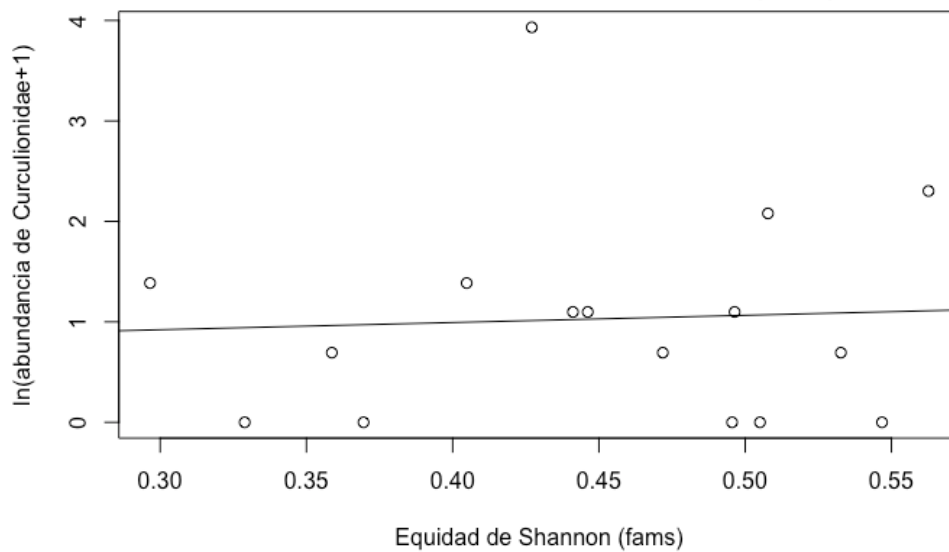
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-0.7134	1.5119	-0.472	0.644
regresiones\$ShannonMorf	0.8026	0.6858	1.170	0.261

Residual standard error: 1.053 on 14 degrees of freedom

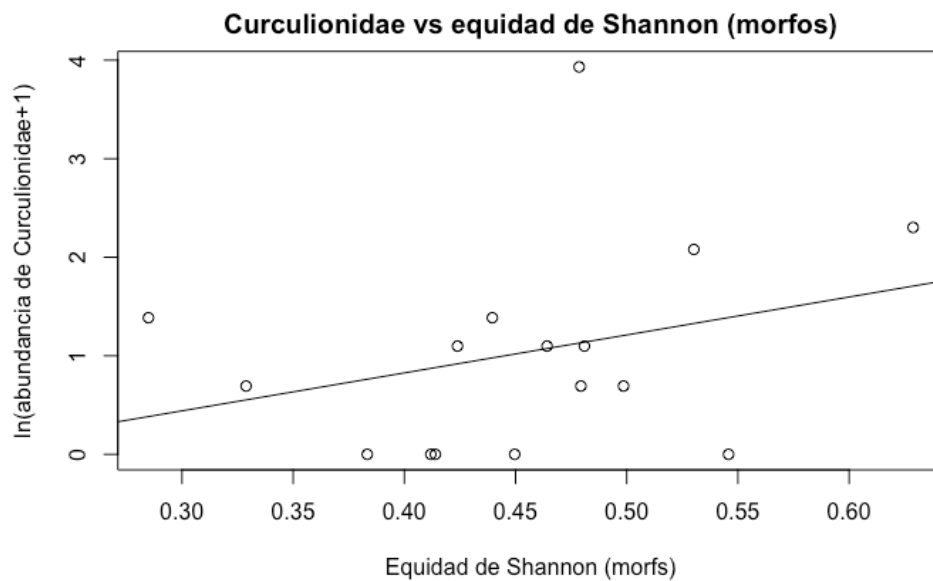
Multiple R-squared: 0.08911, Adjusted R-squared: 0.02405

F-statistic: 1.37 on 1 and 14 DF, p-value: 0.2614

**Curculionidae vs equidad de Shannon (fams)**







Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.38736	-0.78952	-0.00689	0.45482	2.80309

Coefficients:

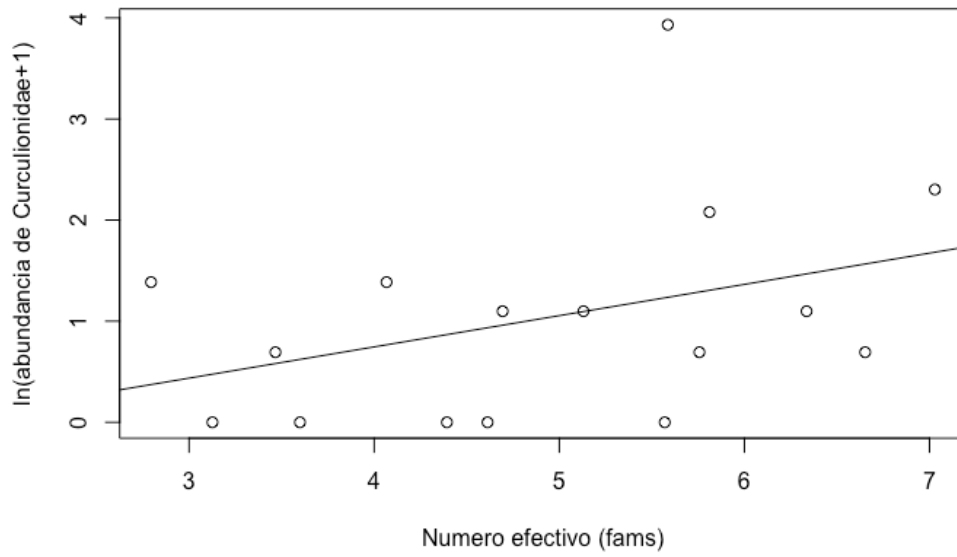
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-0.7134	1.5119	-0.472	0.644
regresiones\$EquidadMorf	3.8491	3.2890	1.170	0.261

Residual standard error: 1.053 on 14 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.08911, Adjusted R-squared: 0.02405

F-statistic: 1.37 on 1 and 14 DF, p-value: 0.2614

**Curculionidae vs numero efectivo (fams)**



Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.2317	-0.6835	-0.1836	0.6195	2.6951

Coefficients:

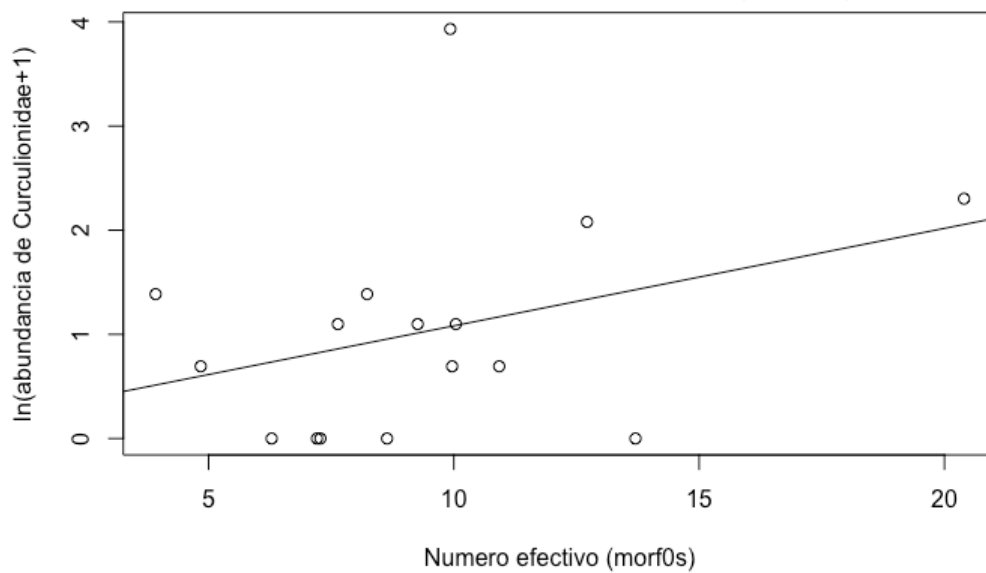
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-0.4912	1.0471	-0.469	0.646
regresiones\$NumEfectivoFam	0.3093	0.2066	1.497	0.157

Residual standard error: 1.025 on 14 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.138, Adjusted R-squared: 0.07645

F-statistic: 2.242 on 1 and 14 DF, p-value: 0.1565

**Curculionidae vs numero efectivo (morfos)**



Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.4278	-0.7559	0.0496	0.3038	2.8571

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.14637	0.69711	0.210	0.837
regresiones\$NumEfectivoMorf	0.09352	0.06858	1.364	0.194

Residual standard error: 1.037 on 14 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1173, Adjusted R-squared: 0.05421

F-statistic: 1.86 on 1 and 14 DF, p-value: 0.1942