

**ENSAMBLAJES DE DÍPTEROS (BRACHYCERA) ASOCIADOS A ARVENSES EN DOS  
FINCAS AGROECOLÓGICAS DE TENJO, CUNDINAMARCA.**

**JUAN MANUEL IZQUIERDO AGUDELO**

**TRABAJO DE GRADO**  
**Presentado como requisito parcial**  
**Para optar al título de**

**BIÓLOGO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**BOGOTÁ, D. C.**

**ENSAMBLAJES DE DÍPTEROS (BRACHYCERA) ASOCIADOS A ARVENSES EN DOS  
FINCAS AGROECOLÓGICAS DE TENJO, CUNDINAMARCA.**

**JUAN MANUEL IZQUIERDO AGUDELO**

---

**INGRID SCHULLER, Ph. D.**  
**DECANA ACADÉMICA**

---

**ANDREA FORERO**  
**DIRECTORA CARRERA**

**ENSAMBLAJES DE DÍPTEROS (BRACHYCERA) ASOCIADOS A ARVENSES EN DOS  
FINCAS AGROECOLÓGICAS DE TENJO, CUNDINAMARCA.**

**JUAN MANUEL IZQUIERDO AGUDELO**

**APROBADO**

---

**ALEXANDER SABOGAL GONZÁLEZ, M.Sc.**  
**DIRECTOR**

---

**ANDREA FORERO**  
**DIRECTORA CARRERA**

---

**ADRIANA SÁENZ, M.Sc.**  
**JURADO**

"La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado. Solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ella el anhelo de buscar la verdad y la justicia".

**Artículo 23 de la Resolución No. 13 de Julio de 1946.**

## **Dedicatoria**

A mis padres Abraham y Carmenza, mi hermana Carmen Elisa y mi abuela Carmen por su apoyo, paciencia y ayuda en todo este tiempo.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi director, Alexander Sabogal, por depositar su confianza en mí, su apoyo y compromiso durante la realización de este proyecto.

Milton Bastidas, Stephany Mendoza y Eduardo Amat por su colaboración y asesoría.

Al Centro Internacional de Física y el Laboratorio de Artrópodos, por facilitarme sus instalaciones y brindarme las herramientas necesarias para la elaboración de esta investigación.

A mis amigos y amigas, por ser un gran apoyo durante mi carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción .....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
2. Hipótesis.....	15
3. Justificación.....	15
4. Marco teórico .....	16
4.1 Agroecología .....	16
4.2 Manejo Agroecológico .....	16
4.3 Arvenses.....	17
4.4 Corredores de Arvenses .....	17
4.5 Relaciones Insecto-Planta .....	18
4.6 Efecto de las plantas sobre la diversidad de artrópodos.....	18
4.7 Díptera.....	19
4.8 Diversidad .....	20
5. Antecedentes .....	20
6. Objetivos .....	21
6.1 Objetivo general .....	21
6.2. Objetivos específicos.....	21
7. Materiales y Métodos .....	22
7.1 Zona de estudio. ....	22
7.2 Cultivos presentes en cada finca. ....	22
7.3 Arvenses presentes en cada finca.....	22
7.4 Fase de campo.....	23
7.5 Fase de Laboratorio.....	23
7.6 Análisis de datos.....	24

7.7 Evaluación diversidad alfa ( $\alpha$ ).	24
Curvas de acumulación de especies	24
Índices de diversidad	25
Índice de Shannon-Wiener	25
Índice de dominancia de Simpson (D)	25
Índice de especies dominantes de Simpson (Recíproco) (1/D)	25
Índice de Berger-Parker	25
7. 8 Evaluación diversidad beta ( $\beta$ ).	26
Índice de similitud de Chao-Jaccard	26
8. Resultados	26
8.1 Evaluación diversidad alfa ( $\alpha$ ).	28
Curva de acumulación de especies.	28
Índices de diversidad.	29
8.2 Evaluación diversidad beta ( $\beta$ ).	32
Índice de similitud de Chao-Jaccard:	32
9. Discusión	32
10. Conclusiones	36
11. Recomendaciones	36
12. Bibliografía.	37
Anexos.	42

## **Listado de figuras**

Fig. 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio, Municipio de Tenjo (Departamento de Cundinamarca).

Fig. 2. Familias más abundantes de dípteros (Brachycera) en las dos fincas.

Fig. 3. Familias más abundantes de dípteros (Brachycera) en las dos temporadas.

Fig. 4. Curva de acumulación de morfoespecies de Dípteros (Brachycera).

Fig. 5. Número de morfoespecies únicas de dípteros (Brachycera).

## **Listado de Tablas**

Tabla 1. Lista de familias, morfoespecies e individuos colectados.

Tabla 2. Índices de diversidad ( $\alpha$ ) para braquíceros en las dos fincas.

Tabla 3. Índices de diversidad ( $\alpha$ ) para braquíceros entre dos temporadas (Lluviosa y seca).

## **Listado de Anexos**

Anexos 1. Familia, nombre científico y nombre común de arvenses en cada finca.

Anexos 2. Listado total colectados Díptera (Braquícera) individuos, familias-morfoespecies, fincas-épocas.

Anexos 3. Valores eficiencia de muestreo.

## **Resumen**

Las arvenses son plantas sin valor económico, que crecen espontáneamente alrededor de los cultivos debido a semillas dispersadas por el viento y animales. Dentro del agroecosistema, tienen un papel mucho más importante de lo que hasta hoy se conoce. Se sabe que conservan la biodiversidad, contribuyendo a mantener la complejidad trófica y propiedades del ecosistema como la estabilidad y resiliencia. Sirven también como reservorios (fuentes de alimento y refugio) para otros organismos como los dípteros braquíceros, que cumplen funciones en el ecosistema como la polinización, depredación y fitofagia. Debido a esta relación tan estrecha, cualquier cambio en las arvenses tendrá un efecto sobre la diversidad de las comunidades de braquíceros. Es por esto que se evaluó la diversidad de dípteros (Brachycera) asociados a arvenses en dos fincas agroecológicas de Tenjo, Cundinamarca. Para ello se hizo un muestreo empleando red entomológica y trampas Pitfall en dos temporadas climáticas contrastantes. Se recolectaron en total 8202 individuos, distribuidos en 20 familias y 50 morfoespecies. La finca Gabeno y la temporada seca presentaron la mayor diversidad y menor dominancia de braquíceros. Las familias más abundantes fueron Sphaeroceridae, Chloropidae y Drosophilidae. La composición entre fincas y temporadas fue muy similar, debido a la composición y oferta de recursos de las arvenses y al manejo agroecológico similar en las dos fincas.

Palabras clave: Brachycera, arvenses, Tenjo, diversidad, agroecología.

## **Abstract**

The weeds are plants without economic value, which grows wild around the crop because seeds dispersed by wind and animals. Within the agroecosystem, weeds have a much more important role than it is known today. It is known they conserve biodiversity, helping to maintain the trophic complexity and ecosystem properties such as stability and resilience. Serve also as reservoirs (sources of food and shelter) for other organisms such as brachycera flies, that play ecosystem functions such as pollination and phytophagy. Due to being so closely connected, any change in the weeds will have an effect on the diversity of Brachycera communities. That is why the objective was to evaluate the diversity of Diptera (Brachycera) associated with weeds in two agro-ecological farms in Tenjo, Cundinamarca. This sampling was done using sweep net and

pitfall traps in two contrasting climatic seasons. It was collected a total of 8202 individuals, distributed in 20 families and 50 morphospecies. The farm Gabeno and the dry season, presented more diversity and less dominance of Brachycera. The most abundant families were Sphaeroceridae, Chloropidae and Drosophilidae. The composition between farms and seasons were very similar, due to the composition and supply of resources by weeds and the agroecological managing similar in the two farms.

Key words: Brachycera, weeds, Tenjo, diversity, agroecology.

## **1. Introducción**

### **1.1. Planteamiento del problema**

La agroecología es una ciencia fundamental que promueve un conjunto de opciones con el fin de reducir los costos, proteger el medio ambiente, así como intensificar las interacciones biológicas y los procesos naturales benéficos (Calderón 2004). Su objetivo, es la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes, mediante la aplicación de principios ecológicos, favoreciendo procesos naturales que optimicen sinergias de forma que la agrobiodiversidad sea capaz de subsidiar por sí misma procesos claves tales como la acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de los cultivos (Altieri & Nicholls 2007).

En fincas que cuentan con un manejo agroecológico, se emplean diversas prácticas; entre las más comunes está la rotación de cultivos, siembra de policultivos, manejo de abonos verdes y control biológico, entre otros (Altieri & Nicholls 2004). Así mismo, es común encontrar alrededor de los cultivos o el área de producción, corredores con diversas plantas sin un manejo o propósito aparente, las cuales se denominan arvenses (Monge *et al* 2010).

Las arvenses o también llamadas “malezas”, en el sentido agronómico, son plantas sin valor económico, que crecen espontáneamente alrededor de los cultivos debido a semillas dispersadas por el viento y animales (Zalazar & Salvo 2007). Su presencia interfiere en la actividad de los cultivos, afectando su capacidad de producción y desarrollo normal por la competencia de agua,

luz, nutrientes y espacio físico (Gallego & Cardona 2002). Debido a esto, las arvenses representan un problema para la agricultura mundial, ya que su acción invasora facilita su competencia con los cultivos, a la vez que pueden comportarse como hospederas de plagas y enfermedades (Camargo 2002).

Sin embargo, las arvenses juegan dentro del agroecosistema, un papel mucho más importante de lo que hasta hoy se conoce (Blanco & Leyva 2007). Se ha demostrado que contribuyen a la producción de biomasa y formación de materia orgánica, previenen la erosión del suelo y reciclan sus nutrientes y minerales (Sans 2007). También se ha comprobado que sirven de reservorio de organismos benéficos para el control general de plagas; proporcionando posibilidades de encontrar presas alternativas, abrigo, sitios para reproducción y refugio. Además de conservar la biodiversidad, las arvenses contribuyen a mantener la complejidad trófica y propiedades del ecosistema como la estabilidad y resiliencia (Blanco & Leyva 2009). Por ello el concepto perjudicial de las arvenses es relativo y actualmente motivo de discusión.

Las arvenses y en general las plantas, han estado involucradas con los insectos de diversas formas mutualistas, definidas como interacciones cooperativas entre especies, las cuales tienen un rol central en la generación y mantenimiento de vida en la tierra (Begon *et al* 2006), permitiéndoles sobrevivir y coevolucionar (Bronstein *et al* 2006). Así, mecanismos como la fitofagia y la polinización, han sido claves para las dinámicas del ecosistema y beneficio mutuo (Montesinos 1996).

Por esto, se puede afirmar que las plantas ejercen una marcada influencia sobre la dinámica y estructura de comunidades de insectos (Nicholls 2008). Así mismo, las modificaciones en el hábitat y las prácticas de manejo que alteran las comunidades de plantas pueden tener un gran impacto en los procesos ecológicos que en ellos ocurren (Fernández *et al* 2001).

Dentro del grupo de insectos se encuentra el orden Díptera, que en la actualidad comprende alrededor de 158.000 especies descritas ((Niño *et al* 2005). Es el tercer orden más diverso de insectos, posee una amplia distribución mundial y está subdividido en dos subórdenes: Nematocera (mosquitos) y Brachycera (moscas) (McAlpine *et al* 1981). El suborden Brachycera, está representado por 120 familias en todo el mundo y reviste de importancia económica (Triplehorn *et al* 2004). Estos insectos poseen hábitos alimentarios muy diversos, puesto que

incluyen especies fitófagas relacionadas con muchas plantas; degradadores de restos vegetales y animales; depredadores y parasitoides, que funcionan como controladores naturales de otros artrópodos; en tanto que otras especies actúan como polinizadores o incluso como vectores de enfermedades (Skevington & Dang 2002).

Teniendo en cuenta que el departamento de Cundinamarca es una de los sectores más importantes en cuanto a producción agrícola del país y se han realizado muy pocos estudios sobre diversidad de dípteros en la zona, se planteó como objetivo evaluar el afecto de arvenses sobre la diversidad de dípteros (Brachycera) en dos fincas agroecológicas de Tenjo, Cundinamarca.

## **2. Hipótesis**

La diversidad de los dípteros (Brachycera) asociados a arvenses varía entre las dos fincas.

La diversidad de los dípteros (Brachycera) asociados a arvenses varía entre temporadas.

## **3. Justificación**

La conservación de la biodiversidad y de sus funciones ha sido uno de los temas centrales de la ecología en los últimos años (Altieri 1999). Las especies proveen bienes y servicios a la agricultura y a otras actividades humanas, y la diversidad resulta una manera de mantener el funcionamiento de los ecosistemas y su resiliencia (Swift *et al* 2004). De acuerdo con esto, los cambios que presentan los dípteros en su diversidad, revisten de importancia ya que permiten indagar sobre el estado de sus comunidades en el agroecosistema (Vega 2003).

Con los resultados de este trabajo y su análisis, se indaga si las arvenses promueven una mayor diversidad de braquíceros en sistemas con manejo agroecológico, viendo a las arvenses como reservorios fundamentales para los braquíceros en cuanto a la oferta de recursos, no sólo en cuanto al alimento sino también como sitios de refugio, reproducción o de presas alternativas (Zalazar & Salvo 2007).

También permitirá enriquecer y mejorar la forma en que se gestiona en las fincas agroecológicas, por medio de la construcción de esquemas de manejo (Gallego & Cardona 2002).

Así mismo permitirá a trabajos posteriores, evaluar la importancia de implementar corredores de arvenses y si es apropiado promover su uso, de acuerdo a los beneficios que trae esto para el cultivo y las mejoras en la producción y regulación dentro del agroecosistema (Masalles 2004).

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Agroecología**

La agroecología se perfila hoy como la disciplina fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes (Calderón 2004). Para esto, la agroecología utiliza principios ecológicos que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias de modo tal que la agrobiodiversidad sea capaz de subsidiar por sí misma procesos claves tales como la acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de los cultivos. Estos procesos son cruciales pues condicionan la sustentabilidad de los agroecosistemas (Calderón 2004). La mayoría de estos procesos se optimizan mediante interacciones que emergen de combinaciones específicas espaciales y temporales de cultivos, animales y árboles, complementados por manejos orgánicos del suelo (Altieri & Nicholls 2007).

### **4.2 Manejo Agroecológico**

Dentro de la agroecología se implementa una amplia variedad de prácticas como el uso de policultivos, sistemas agroforestales, rotaciones, cultivos de cobertura, cero labranza, compostaje, abono verde, trasplante, aplicación de biofertilizantes y Mulch, asociaciones alelopáticas, densidad de siembra, agregados de materia orgánica y corta vientos entre otros, que contribuyen a la sustentabilidad del agroecosistema (Altieri & Nicholls 2004).

### **4.3. Arvenses**

Desde el punto de vista ecológico, las especies de vegetación nativa o silvestre que conviven con los cultivos, los pastos o prados artificiales, se denominan arvenses (Zalazar & Salvo 2007). Las arvenses, interfieren en diferente grado con las especies cultivadas afectando su producción en cantidad y calidad, ya que compiten por agua, nutrientes, luz y espacio vital o por los efectos negativos alelopáticos que provocan (Zalazar & Salvo 2007).

Estas especies han sido llamadas tradicionalmente "malezas", término mal interpretado desde el punto de vista de su manejo, por ello, el hombre las está destruyendo indiscriminadamente con el criterio de control total, sin pensar en su valor para el medio ambiente y para el hombre (Zalazar & Salvo 2007). El estudio de las arvenses está avanzando actualmente hacia una era de cambio, la cual ha sido estimulada por una serie de presiones económicas, ambientales y sociales, que tienen origen en la presencia de la competencia mundial por los costos de producción y los factores ambientales tales como: la erosión de los suelos, la degradación de la calidad del agua y la calidad de la vida rural (Gallego & Cardona 2002).

Hay un número considerable de arvenses que poseen características que las hacen útiles por su uso económico, alimenticio, forrajero, medicinal y apícola (Gallego & Cardona 2002). Juegan también un papel ecológico importante como protectoras del suelo contra la erosión, ya que facilitan el manejo y la conservación del agua al hacer parte de la cubierta vegetativa protectora y favorecen los nichos ecológicos de organismos benéficos (Gallego & Cardona 2002).

Aunque existe otro tipo de especies de arvenses que sirven de hospedantes de insectos plagas, hongos, bacterias, virus y nemátodos, que causan daños a plantaciones cultivadas (Gallego & Cardona 2002).

### **4.4 Corredores de Arvenses**

Los corredores de arvenses hacen referencia a agrupaciones de especies de plantas que crecen espontáneamente en franjas, parches, hileras o superficies aleatorias al lado o entre los cultivos, y que son consideradas por algunos sectores de la agroecología como una práctica no intencionada de manejo (Zalazar & Salvo 2007). Dentro de la flora Colombiana, las siguientes familias son

consideradas del grupo de las arvenses: Amaranthaceae, Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Oxalidaceae, Poaceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae y Cyperaceae (Rodríguez *et al* 2008).

#### **4.5 Relaciones Insecto-Planta**

Las relaciones entre las plantas y los insectos son tan antiguas, como variadas, su intensidad y complejidad confieren un enorme interés en el campo de ecología evolutiva (Bronstein *et al* 2006). Entre las múltiples relaciones entre plantas e insectos, se puede destacar dos: la fitofagia y la polinización variadas (Bronstein *et al* 2006). La fitofagia es el régimen alimenticio que tienen los animales que ingieren únicamente materia vegetal variado (Bronstein *et al* 2006). La diversidad de insectos fitófagos es asombrosa; del millón de especies de insectos que se conocen, cerca de 400.000 son fitófagos variadas (Bronstein *et al* 2006). De los grupos existentes, sobresalen los coleópteros con mayor número, luego los himenópteros, lepidópteros y dípteros variados (Bronstein *et al* 2006). La polinización es la transferencia del polen desde las anteras a los estigmas en las angiospermas o al micrópilo en las gimnospermas, con el propósito de fertilizar la flor (Montesinos 1996). Los agentes polinizadores son de tres tipos: el aire (viento), el agua y los animales (Montesinos 1996). Dentro de los animales, el efecto de polinizar viene acompañado de una oferta ofrecida por la planta; si bien el alimento (néctar, polen u otros) es la recompensa más importante, los insectos, pueden ir a buscar otras ventajas a las flores, como protección, calor o un lugar donde aparearse o poner los huevos (Montesinos 1996).

#### **4.6 Efecto de las plantas sobre la diversidad de artrópodos.**

Los artrópodos constituyen uno de los grupos más dominantes en los ecosistemas terrestres, en los que sin duda alguna, la diversidad de plantas ejerce una marcada influencia sobre la dinámica y estructura de sus comunidades (Nicholls 2008). Así, las modificaciones en el hábitat y las prácticas de manejo que alteren la comunidad de plantas pueden tener un gran impacto en los procesos ecológicos que en ellos ocurren (Nicholls 2008). En los sistemas agrícolas la simplificación de la diversidad de plantas restringe los sitios de oviposición y las fuentes

alternativas de alimento para numerosos organismos que desempeñan importantes funciones (Vázquez *et al* 2008). De manera que el aumento de la diversidad florística podría favorecer el incremento de los niveles tróficos superiores, al proveer de recursos florales a especies que se manifiestan como parasitoides, depredadores y polinizadores (Brito *et al* 2011).

#### **4.7 Díptera**

Las moscas, mosquitos y zancudos comprenden el orden Díptera (Moscas verdaderas), uno de los órdenes más diversificados de la clase Hexapoda (Amat *et al* 2009). Este grupo se caracteriza por ser uno de los que cuentan con mayor riqueza de especies, variedad anatómica y diversidad ecológica. Se conocen aproximadamente 158.000 especies de dípteros en el mundo y 24.000 para la región neotropical (Niño *et al* 2005).

Los dípteros son insectos holometábolos o de metamorfosis completa, es decir que su ciclo de vida involucra cambios morfológicos sustanciales desde el estado larval áptero, de cuerpo blando hasta el adulto endurecido y alado (Yeates & Wiegman 1999). Los adultos son casi siempre de vida libre y vuelan durante el día en búsqueda de alimento líquido como néctar o materia en descomposición, que sorben gracias a su aparato bucal característicamente chupador (Niño *et al* 2005).

La característica morfológica que distingue los dípteros de los demás insectos es su par de alas posteriores reducidas, denominadas halterios; los dípteros se dividen en dos subórdenes Nematocera y Brachycera (McAlpine *et al* 1981).

El suborden Brachycera, está representado por 120 familias en todo el mundo (Amat *et al* 2009). Su disparidad, variabilidad morfológica y ecológica es apreciablemente alta. Su complejo ciclo de vida holometábolo hace que sus estados inmaduros (larvas) y los adultos posean anatomía y comportamiento diferenciado, ocupando nichos diferentes y en algunos casos contrastantes (Amat *et al* 2009). En el ecosistema juegan un papel fundamental como descomponedores de materia orgánica, también como polinizadores, depredadores, parásitos y parasitoides (Skevington & Dang 2002).

Los grupos mejor conocidos por su impacto negativo son los zancudos o mosquitos, tábanos, jejenes, moscas de la fruta y moscas domésticas, debido a que constituyen plagas de muchos cultivos (Martínez 2000). Algunos grupos parasitoides han sido utilizados de manera benéfica para el controlar plagas en cultivos, ya que forman parte de la fauna auxiliar asociada. Un alto porcentaje de especies es desconocido para la región Neotropical y particularmente para Colombia (Martinez 2000).

#### **4.8 Diversidad**

La diversidad, está definida como la variabilidad de organismos que habitan un ecosistema y los complejos ecológicos de los que forman parte. Se puede hablar de la diversidad en cada especie, entre las especies y entre ecosistemas (UN, 1992).

Whittaker (1972) identificó varios niveles de la diversidad a escala espacial, entre ellos la diversidad  $\alpha$ , que se refiere al conjunto de especies que coexisten en un área homogénea del paisaje y la diversidad  $\beta$  o grado de recambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades de un paisaje (Moreno 2001). Dentro de la diversidad  $\alpha$ , se encuentran atributos como la dominancia, abundancia, riqueza, equidad entre otros, los cuales cuentan con sus respectivos índices y funcionan como estimadores (Moreno 2001). Para evaluar diferencias entre los valores de diversidad  $\alpha$ , son aplicados métodos estadísticos como el Bootstrapping. Para evaluar la diversidad  $\beta$ , se utiliza el índice de Chao-Jaccard, entre otros (Hammer & Harper 2006).

#### **5. Antecedentes**

A pesar de la relevancia de los Braquíceros en términos agroecológicos, son pocos los estudios realizados para analizar el efecto de las arvenses sobre su diversidad. En Colombia, se han realizado estudios sobre dípteros tocando diversos aspectos, entre ellos cabe citar estudios sobre su importancia en el campo forense, como el de Buenaventura y colaboradores en el 2009, donde además de presentar una clave para la familia Sarcophagidae, se consignan comentarios sobre su biología y distribución. También se registran trabajos que construyen listados; Moscas de las

flores (Syrphidae) de Colombia (Gutiérrez *et al* 2005) y Listado preliminar de la mosca de la fruta (Tephritidae) en el departamento del Valle del Cauca (Carrejo & González 1994), que aportan datos importantes también sobre su biología y distribución, este último agregando sus plantas hospederas.

Por otra parte, se cuenta con estudios relacionados con el manejo integrado de plagas, en donde se trabaja con dípteros depredadores, que gracias a sus hábitos alimenticios actúan como controladores biológicos de poblaciones de plagas. Es el caso de Bueno y colaboradores en el 2004 con Tephritidae específicamente, y Nicholls en el 2008, desde una perspectiva más general, teniendo en cuenta los dípteros y otros insectos, así como con un enfoque agroecológico.

Por último, se cuenta con un trabajo titulado “Determinación de la estructura y composición de la comunidad de insectos, asociados a arvenses adyacentes a cultivos de coliflor en el oriente antioqueño”, realizado por Castaño en el 2003, donde se comprueba la utilidad de los corredores de arvenses frente a un cultivo, concluyendo que los niveles poblacionales de insectos benéficos aumentaron.

## **6. Objetivos**

### **6.1 Objetivo general**

Evaluar los ensamblajes de dípteros (Brachycera) asociados a arvenses en dos fincas agroecológicas de Tenjo, Cundinamarca.

### **6.2. Objetivos específicos**

Estimar la diversidad de dípteros (Brachycera) asociados a arvenses de dos fincas agroecológicas de Tenjo, Cundinamarca.

Comparar la composición de dípteros (Brachycera) asociados a arvenses entre las dos fincas.

Comparar la composición de dípteros (Brachycera) asociados a arvenses entre dos temporadas.

## 7. Materiales y Métodos

### 7.1 Zona de estudio.

El estudio se realizó en dos fincas agroecológicas: Gabeno y Cuatro vientos, ubicadas en el municipio de Tenjo (Cundinamarca), localizado a 30 km al noroccidente de Bogotá. Geográficamente es una zona plana (2.650 msnm) correspondiente al valle del río Chicú, encerrado al este y al oeste por las serranías Majui y Juaica, en donde se alcanzan elevaciones de 3.300 msnm (Pradilla 2009). Tenjo cuenta con clima frío y semihúmedo; 13.3 °C y 764 mm/año<sup>-1</sup>; con humedad relativa entre 60 y 80 % (IGAC 2000).

**Fig 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio, Municipio de Tenjo (Departamento de Cundinamarca).** (Municipio de Tenjo, Cundinamarca)



Las dos fincas se caracterizan porque cuentan con manejo agroecológico, se destaca el uso de policultivos, trasplante, asociaciones alelopáticas, laboreo, aplicación de biofertilizantes, compost, aplicación de Mulch, rotación de cultivos y densidad de siembra. Junto a los cultivos de cada finca creció espontáneamente vegetación arvense en dos corredores de 10 x 0.90 m. El presente estudio está enmarcado en un proyecto a mayor escala, que incluye a otros grupos de insectos en las mismas fincas. Hasta ahora se ha llevado a cabo el trabajo con himenópteros y en

proceso se encuentra el de coleópteros, buscando también hacer una comparación en aspectos relacionados con su diversidad y que finalmente abarque todo el componente de la entomofauna en los dos sitios.

## **7.2 Cultivos presentes en cada finca.**

En la finca Gabeno se cultiva lechuga, espinaca, puerro, guisante, haba, quinua, papa, maíz, aromáticas (manzanilla, hierbabuena, caléndula), acelgas, brócoli, rábano, rábano, yacón, perejil, alcachofas, guisantes, frijol, nira, cebollín, calabacín, auyama, remolacha, rúgula, hinojo, apio, cubios, tomillo. En Cuatro Vientos se cultiva cebolla, zanahoria, rábano, apio, puerros, espinaca, variedad de lechugas, calabacín, papa, caléndula, feijoa, manzanilla y albahaca.

## **7.3 Arvenses presentes en cada finca.**

(Anexos 1).

## **7.4 Fase de campo.**

Los muestreos se realizaron a lo largo del año 2009. En cada finca se realizaron sobre cada corredor mediante la implementación de dos técnicas: red entomológica (20 pases dobles por corredor, 40 por finca, por época) y trampas Pitfall (cada 2 metros por 5 días, en total 10 trampas por finca, por épocas) dispuestas en un transecto a lo largo de cada corredor. Para cada técnica se hicieron 2 repeticiones, una en temporada seca (Octubre-Noviembre) y otra en temporada lluviosa (Febrero-Marzo). Los especímenes colectados fueron almacenados y preservados en frascos plásticos de alcohol al 70 % y etiquetados con su respectivo código que incluía finca, época de muestreo y técnica. El material se mantuvo en la colección del laboratorio de Artrópodos del Centro Internacional de Física (CIF).

## **7.5 Fase de Laboratorio.**

En el laboratorio, se procedió a separar el material, tomando exclusivamente los dípteros del suborden Brachycera. Luego de esto, fueron cuantificados e identificados hasta el nivel taxonómico de familia, mediante las claves de Triplehorn & Johnson (2004) y McAlpine (1981), basándose principalmente en caracteres diagnósticos como venación alar, presencia-ausencia de

setas, tipo de antena. Seguido, se organizaron por morfoespecies de acuerdo con el patrón corporal (forma y tamaño del cuerpo), presencia-ausencia de manchas, bandas, así como la coloración en general.

## **7.6 Análisis de datos.**

A continuación se describirán las diferentes herramientas de análisis de datos que fueron empleadas para el desarrollo del presente trabajo. Se discriminarán en dos grupos; las relacionadas con el cálculo de la diversidad alfa ( $\alpha$ ) y las relacionadas con la diversidad beta ( $\beta$ ).

## **7.7 Evaluación diversidad alfa ( $\alpha$ ).**

**Curvas de acumulación de especies:** este es un método que se utiliza para estimar el número de especies que se encuentran en una determinada área, a partir de los resultados obtenidos en un ejercicio de muestreo para dicha área, por lo tanto, este procedimiento permite valorar la calidad del inventario teniendo en cuenta el esfuerzo de muestreo (Jiménez-Valverde & Hortal 2003). Las curvas de acumulación permiten validar la confiabilidad de los inventarios biológicos y posibilitar su comparación, facilitan la planificación del trabajo de muestreo tras calcular el esfuerzo requerido para estimar el total de especies presentes en una zona determinada (Villarreal *et al* 2006).

Para la construcción de la curva se empleó el programa el programa EstimateS 8.0 y con el propósito de facilitar la interpretación de las curvas de acumulación de especies, dado que convencionalmente se grafica independientemente cada uno de los estimadores de riqueza seleccionados, se calculó un promedio general con los siguientes estimadores: basados en la abundancia ACE y Chao1, basados en presencia/ausencia ICE, Chao2, Jackknife1, Jackknife2 y Bootstrapping (Sabogal 2011); estos son los estimadores no paramétricos más usados en la literatura.

### **Índices de diversidad.**

Los índices de diversidad alfa tenidos en cuenta en el presente trabajo son algunos de los más utilizados en este tipo de evaluaciones ecológicas, y fueron calculados con el programa PAST 1.89 (Hammer *et al* 2001). Este programa, realiza también procedimientos estadísticos, entre ellos el Bootstrapping, que permite evaluar si las diferencias entre los valores de estos índices son significativas, para cada una de las fincas y temporadas estudiadas (Hammer & Harper 2006).

**Índice de Shannon-Wiener:** Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en las muestras y de acuerdo con Magurran (2004), los valores de este índice generalmente se encuentran entre 1,5 y 3,5. Si el valor se encuentra por debajo de 1,5 son considerados sitios con baja diversidad, si se encuentran entre 1,5 y 3,5, son sitios con diversidad media y si superan los 3,5 son sitios con alta diversidad.

**Índice de dominancia de Simpson (D):** tiene en cuenta las especies mejor representadas o dominantes sin tener en cuenta las demás. Según Simpson esta dominancia muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie (Villarreal *et al* 2006). El valor máximo que puede tomar este índice es uno, si la dominancia es alta la diversidad será baja por eso al restarle a uno la dominancia da el valor de la diversidad (Fernández & Leiva 2002).

**Índice de especies dominantes de Simpson (Recíproco) (1/D):** este índice permite calcular a partir del índice anterior, el número de especies dominantes en cada uno de las fincas (Magurran 2004), y con este, se calculó el porcentaje de especies dominantes, que resultó ser un buen parámetro de comparación para la evaluación.

**Índice de Berger-Parker:** este índice calcula la frecuencia relativa de la especie más abundante (Moreno 2001) y un incremento en el valor de este índice se interpreta como una disminución en la equidad y un aumento de la dominancia (Magurran 2004).

## 7.8 Evaluación diversidad beta ( $\beta$ ).

Para calcular las relaciones existentes entre las fincas y temporadas evaluadas, en cuanto a la composición de especies, se utilizó el índice de similitud de Chao-Jaccard (Chao *et al* 2005).

**Índice de similitud de Chao-Jaccard:** este índice fue propuesto por Chao y colaboradores en el 2005 y surgió por la necesidad de contar con un procedimiento matemático que permitiera evaluar la composición de especies sin tener el problema del tamaño de la muestra; además, porque independientemente de contar con índices de similitud basados en las abundancias (Bray-Curtis o Morisita-Horn) o en la presencia/ausencia (Jaccard o Sørensen), ninguno de ellos involucra características diferentes al número de especies exclusivas y el número de especies compartidas en cada sitio a comparar. Para el cálculo de este índice se incluyen los valores esperados de cada uno de ellos, principalmente el del número de especies compartidas no colectadas, incrementando la exactitud y por lo tanto la interpretación de los resultados. El cálculo del índice se realizó con ayuda del programa estadístico EstimateS 8.0 (Colwell 2008).

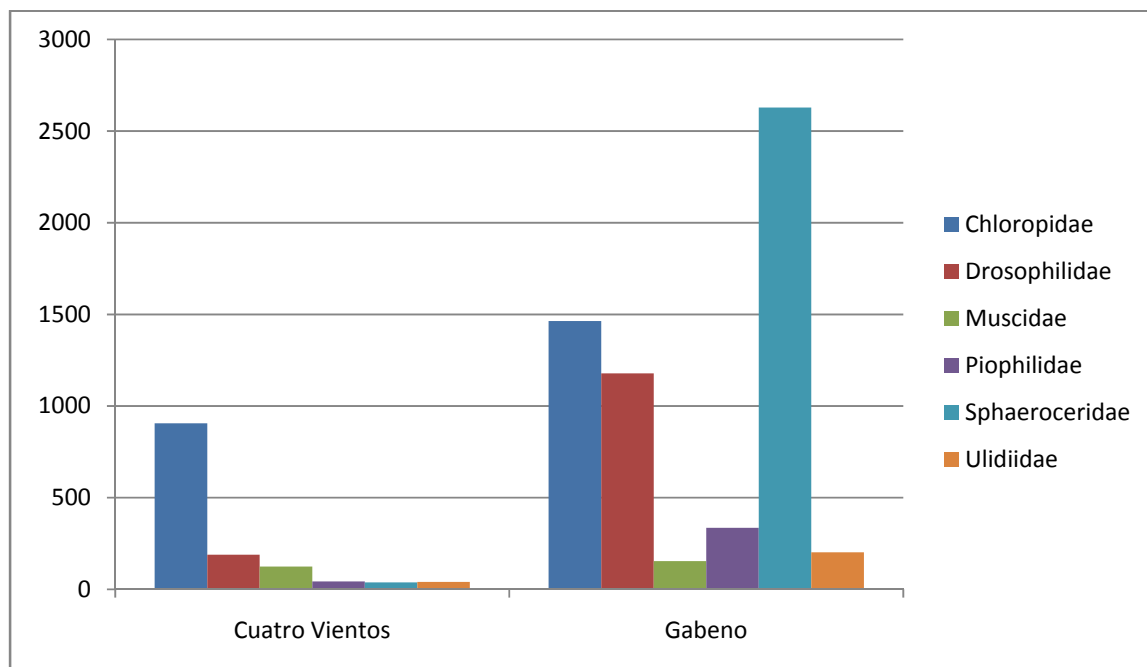
## 8. Resultados

Se colectaron en total 8202 individuos, distribuidos en 20 familias y 50 morfoespecies (Tabla 1). (Anexos 1).

**Tabla 1. Lista de familias, morfoespecies e individuos colectados.**

N°	Familia	Mfsp	Ind	N°	Familia	Mfsp	Ind
1	Sphaeroceridae	4	2666	11	Syrphidae	6	95
2	Chloropidae	3	2370	12	Dolichopodidae	4	82
3	Drosophilidae	4	1368	13	Agromyzidae	1	58
4	Piophilidae	3	378	14	Lonchopteridae	1	43
5	Muscidae	7	278	15	Phoridae	5	32
6	Ulidiidae	1	243	16	Camillidae	1	18
7	Lauxaniidae	1	149	17	Fanniidae	1	18
8	Anthomyzidae	2	136	18	Ephydriidae	1	7
9	Sepsidae	1	130	19	Pipunculidae	1	3
10	Sarcophagidae	2	127	20	Rhagionidae	1	1

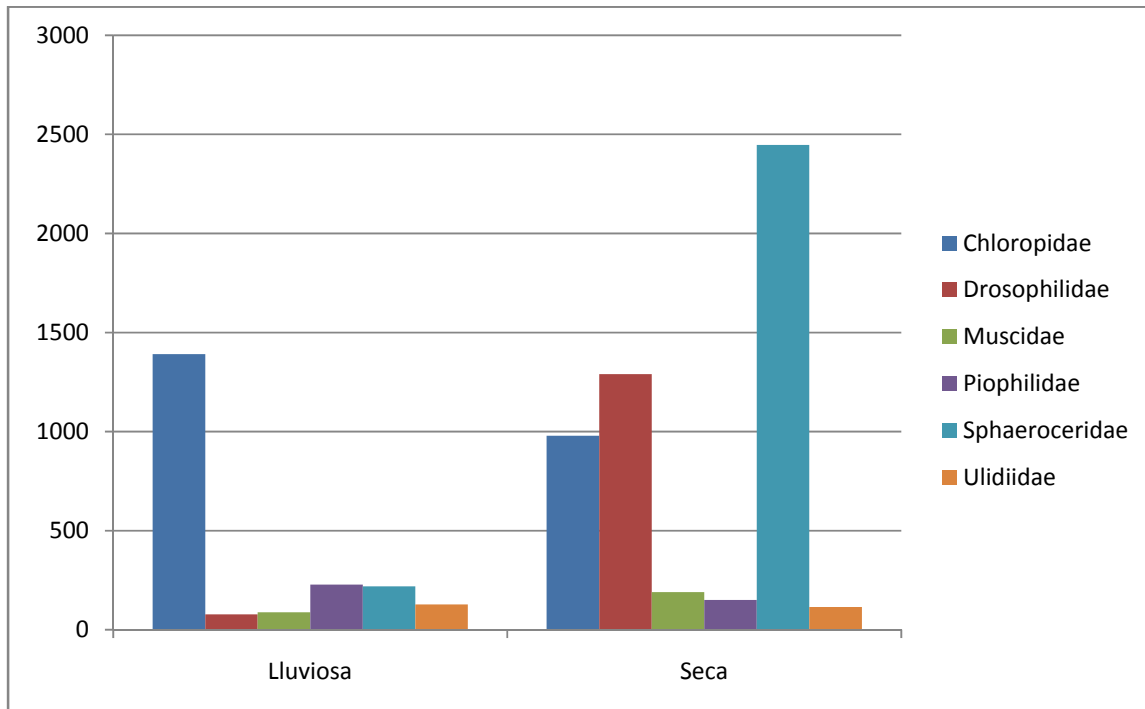
Del total de individuos, 1795 fueron colectados en la finca Cuatro Vientos y estuvieron representadas 42 morfoespecies. En Gabeno se obtuvieron 6407 individuos y se alcanzaron 49 morfoespecies. Así mismo, del listado total de familias, en Cuatro vientos no se colectaron individuos de la familia Agromyzidae y Ephydriidae, y en Gabeno, individuos de la familia Rhagionidae. La familia con mayor número de individuos en Cuatro Vientos fue Chloropidae, con 906, después Drosophilidae con 189 y Muscidae con 124, para Gabeno; Sphaeroceridae con 2628 individuos, Chloropidae con 1464 y Drosophilidae con 1179 (Fig. 2).



**Fig. 2. Familias más abundantes de dípteros (Brachycera) en las dos fincas.**

Del total de individuos, 2478 fueron colectados en la temporada lluviosa y estuvieron representadas 42 morfoespecies. En la temporada seca se obtuvieron 5724 individuos y se alcanzaron 48 morfoespecies. Así mismo, del listado total de familias, en temporada lluviosa no se colectaron individuos de la familia Ephydriidae y Rhagionidae, a diferencia de la temporada seca, donde hubo individuos de todas las familias. La familia con mayor número de individuos temporada lluviosa fue Chloropidae con 1391, después Piophilidae con 228 y Sphaeroceridae con

219, para la temporada seca Sphaeroceridae con 2447 individuos, Drosophilidae con 1290 y Chloropidae con 979 (Fig. 3).



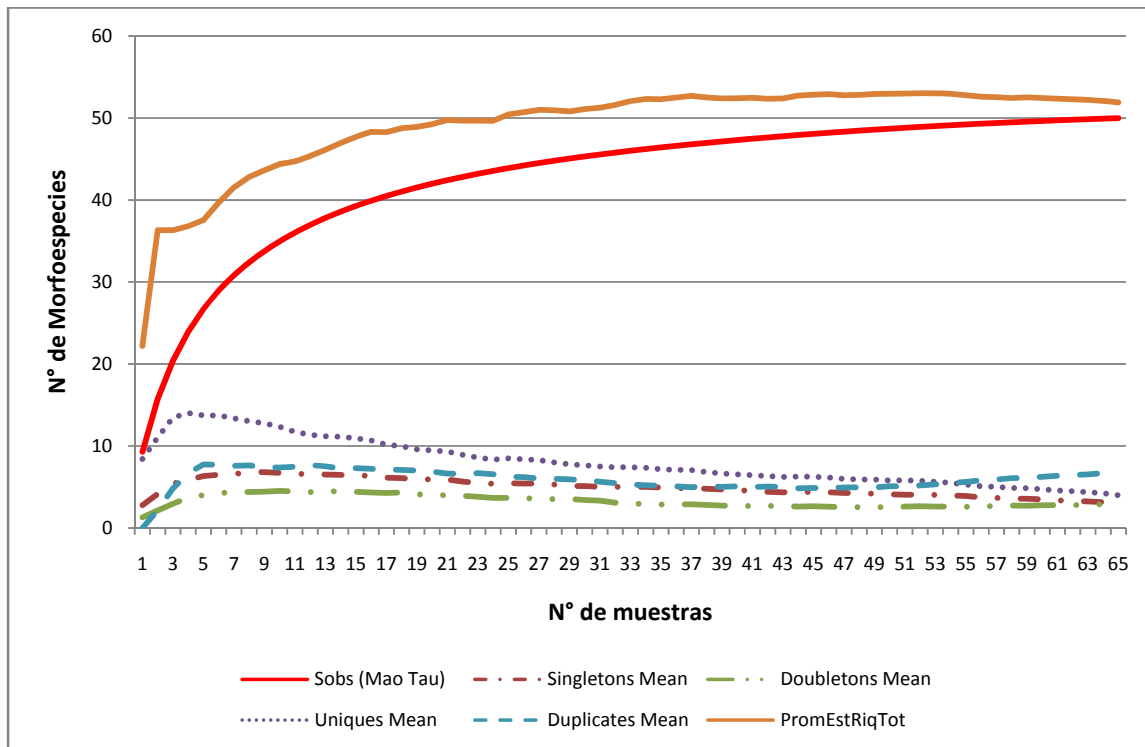
**Fig. 3. Familias más abundantes de dípteros (Brachycera) entre las dos temporadas.**

### 8.1 Evaluación diversidad alfa ( $\alpha$ ).

#### Curva de acumulación de especies.

De acuerdo a la curva, el muestreo total (línea roja) comparado con la curva de estimadores promedio (línea café), arrojó una eficiencia del 97 % (Fig. 4). Adicionalmente se observa que las especies raras, tanto las basadas en la abundancia: singulares y dobles (línea verde), como las basadas en la presencia/ausencia: únicos y duplicados (línea azul punteada), muestran una pendiente negativa, indicando que al aumentar el número de muestras se fueron adicionando ejemplares a las especies menos comunes (Fig. 4). En total las primeras alcanzaron un 6 % y las segundas 8 %, estos porcentajes se encuentran dentro del rango de aceptación de especies raras, pues estas no deben superar el 30 % del total colectado (Sabogal 2011) (Anexos 2). Dado que los

resultados de la curva de acumulación superan el valor teórico de eficiencia del 85 %, es posible asegurar que se tiene una buena representación de braquíceros de la zona y por lo tanto los análisis a realizar con los datos colectados son confiables para caracterizar el ensamblaje de especies del lugar (Sabogal 2011).



**Fig. 4. Curva de acumulación de morfoespecies de dípteros (Brachycera).**

### Índices de diversidad.

En este componente se discriminarán las evaluaciones de la diversidad alfa ( $\alpha$ ) entre las fincas y épocas de muestreo (Lluviosa y seca).

Según los datos obtenidos, la finca Cuatro Vientos presentó un índice de Dominancia mayor (0,264) que en Gabeno (0,1497). Al relacionarlo con el índice de diversidad de Shannon, se evidenció que la finca Cuatro vientos (2,18) es menos diversa que Gabeno (2,31). Estos valores se encuentran en un rango de diversidad media (1,5-3,5). El índice de Berger-Parker mostró la

frecuencia de la morfoespecie dominante en cada finca, 50 % Chloropidae (morfoespecie 38) en Cuatro Vientos y 24 % Sphaeroceridae (morfoespecie 40) en Gabeno, respectivamente. El Recíproco de Simpson mostró el número de morfoespecies dominantes en cada finca, 3 en Cuatro Vientos: Chloropidae (morfoespecie 38), Drosophilidae (morfoespecie 42) y Muscidae (morfoespecie 28) y 6 en Gabeno: Chloropidae (morfoespecie 38), Drosophilidae (morfoespecie 42), Sphaeroceridae (morfoespecie 40), Muscidae (morfoespecie 28), Piophilidae (morfoespecie 23) y Ulidiidae (morfoespecie 22). Por último, el porcentaje de cada morfoespecie dominante fue tan solo 9 % en Cuatro Vientos y 14 % en Gabeno. Al corroborar con el Bootstrapping y la permutación, la probabilidad de las pruebas fue menor al nivel de significancia (0,05) confirmando diferencias significativas entre los valores de los índices para cada finca.

**Tabla 2. Índices de diversidad ( $\alpha$ ) para braquíceros en las dos fincas.**

Índices	Cuatro Vientos	Gabeno	Boot p(eq)	Perm p(eq)
Dominance	0,264	0,1497	0,001	0,001
Shannon H	2,18	2,311	0,001	0,002
Berger-Parker	0,4925	0,2407	0,001	0,001
Recíproco de Simpson (1/D)	3,79	6,68		
% Spp dominantes	9%	14%		

En cuanto a temporadas, se observa que el índice de Dominancia es mayor en la temporada lluviosa (0,2764) comparado a la seca (0,1538). El Índice de diversidad de Shannon mostró que

hay mayor diversidad en la temporada seca (2,31), lo cual concuerda con los resultados del índice anterior. Los valores se mantuvieron en un rango de diversidad media. Para Berger-Parker, en la época lluviosa la morfoespecie dominante fue Chloropidae (morfoespecie 38) y aportó el 51 % de la dominancia, mientras que en la seca fue Sphaeroceridae (morfoespecie 40) con el 24 %. Para la época lluviosa el número de morfoespecies dominantes fue 4 (representando un 9%): Chloropidae (morfoespecie 38), Piophilidae (morfoespecie 23), Sphaeroceridae (morfoespecie 40), Ulidiidae (22), mientras que en la temporada seca hubo 7 (equivalente al 14%): Sphaeroceridae (morfoespecie40), Drosophilidae (morfoespecie 42), Chloropidae (morfoespecie38), Piophilidae (morfoespecie 15), Muscidae (morfoespecie 28), Ulidiidae (morfoespecie 22), y Sepsidae (morfoespecie 31). Al corroborar con el Bootstrapping y la permutación, la probabilidad de las pruebas fue menor al nivel de significancia (0,05) confirmando diferencias significativas entre los valores de los índices para cada época. Todos estos valores en la Tabla 3.

**Tabla 3. Índices de diversidad ( $\alpha$ ) para braquíceros entre dos temporadas (Lluviosa y seca).**

Índices	Lluviosa	Seca	Boot p(eq)	Perm p(eq)
Dominance	0,2764	0,1538	0,001	0,001
Shannon H	2,1360	2,3130	0,001	0,001
Berger-Parker	51%	24%	0,001	0,001
Recíproco de Simpson (1/D)	3,62	6,50		
% Spp dominantes		14%		

## **8.2 Evaluación diversidad beta ( $\beta$ ).**

Los resultados arrojaron que la finca Cuatro vientos presentó 42 morfoespecies, mientras Gabeno 49, de las cuales 41 fueron compartidas. En temporada lluviosa hubo 42 morfoespecies y en la seca 48, donde se compartieron 40.

### **Índice de similitud de Chao-Jaccard:**

En el primer análisis se organizó la información de la composición de morfoespecies de braquíceros entre fincas. De acuerdo a los valores estimados por el índice, las dos fincas comparten la mayoría de morfoespecies, pues la similitud es del 99 %.

En el segundo análisis se tuvo en cuenta la información de la composición de morfoespecies de braquíceros entre las dos temporadas (lluviosa y seca) con un resultado similar al anterior, porque entre épocas no se presentan cambios en la composición de morfoespecies (99 %).

## **9. Discusión**

La abundancia y riqueza de especies de la comunidad de braquíceros estuvieron dominadas por las familias Sphaeroceridae, Chloropidae y Drosophilidae, las cuales se encontraron en Cuatro Vientos y Gabeno, en temporada lluviosa y seca.

La familia más abundante fue Sphaeroceridae, también llamadas “moscas de las heces”, y pueden ser indirectamente importantes en la composición del suelo, ya que son parte significativa de las comunidades de organismos presentes en el estiércol (Wolff 2006). A pesar de esta denominación, el estiércol es apenas uno de los muchos hábitats ocupados por este grupo de moscas (McAlpine *et al* 1981). Los Sphaeroceridae están comúnmente asociados con todos los tipos de descomposición orgánica, incluyendo carroña, hongos, compost, nidos de mamíferos, ciertas coníferas, restos de la cueva, y depósitos pequeños de vegetación muerta (McAlpine *et al* 1981). Se registró el mayor número de individuos en la finca Gabeno y en la temporada seca. Esto se puede explicar teniendo en cuenta que es un grupo muy abundante (Triplehorn & Johnson 2004) y a que en las fincas, debido a su manejo, cuentan con cantidades considerables de materia orgánica vegetal y animal en descomposición (Pradilla 2009).

La segunda familia fue Chloropidae o “mosca de los pastos”, la cual se caracteriza por encontrarse en pastos, gramas y vegetación baja o visitando flores (Triplehorn & Johnson 2004). La mayoría de las larvas son fitófagas, alimentándose de tallos y raíces (Triplehorn & Johnson 2004). Además de estar presente en las dos fincas, cabe anotar que en la finca Cuatro Vientos y en la temporada lluviosa, se registraron el mayor número de individuos. Esto se debe posiblemente a dos razones: la primera a que es una familia muy numerosa (McAlpine *et al* 1981) y la segunda, que en las dos fincas hay una oferta alta de recursos ofrecidos por las arvenses, hablando en términos de alimento para larvas (tallos y raíces) y adultos (néctar) (Pradilla 2009). Dentro de las fincas la mayoría de las arvenses son antófitas, es decir plantas con flores, entre ellas *Brassicarapa* (Brassicaceae), *Pennisetum clandestinum* (Poaceae) y *Galinsoga quadriradiata* (Asteraceae), por mencionar algunas especies (Pradilla 2009). Así mismo, esta familia sobresale en otras zonas del país como la Orinoquía (Meta), con datos de amplia distribución, alta riqueza y abundancia (Niño *et al* 2005).

La tercera familia más abundante, fue Drosophilidae, un grupo de moscas conocido como las “Moscas del vinagre” o “Mosca frutera pequeña”, donde los adultos se encuentran alrededor de áreas donde hay material vegetativo en descomposición, savia de plantas, hongos y frutas maduras (Triplehorn & Johnson 2004). La mayoría se alimenta de levaduras y otros organismos en un substrato en descomposición, otros son minadores de hojas, mientras que algunos son parasitoides de homópteros (McAlpine *et al* 1981). Al igual que las familias mencionadas anteriormente, se evidenció un gran número de individuos, debido a que es un grupo grande y muchas de sus especies son comunes (Vela & Rafael 2003). También se puede atribuir su alta abundancia a zonas con coberturas vegetales de heterogeneidad estructural (Delgado & Sáenz 2011), lo cual coincide con las fincas donde se manejan muchas especies de plantas tanto cultivadas como arvenses (Pradilla 2009). A pesar de que esta familia es de las más comunes y abundantes, siguen siendo insuficientes los estudios realizados para la sabana de Bogotá (Villamizar 2009).

Con respecto a la curva de acumulación, Rico *et al* 2005, afirma que un estimador confiable debe alcanzar o aproximarse a la estabilidad con menor cantidad de muestras que la curva de especies observadas y su estimación debe ser similar a los valores arrojados por los otros estimadores. Con base en estas afirmaciones, todos los estimadores tuvieron comportamientos similares, mostrando

un desempeño efectivo (Anexos 2). La eficiencia de muestreo alcanzó un valor alto por un lado, posiblemente debido a las técnicas de colecta empleadas, Jameo y Pitfall. La primera técnica es muy recomendada para coleccionar insectos voladores y la segunda, aunque es el método más comúnmente usado para la captura de invertebrados terrestres, provee una cantidad considerable de moscas, siendo las dos una forma fácil y rápida de capturar grandes cantidades de organismos con mínimo esfuerzo (Ausden 1996). Por otro lado, el tiempo de muestreo (5 días por temporada) también contribuyó a obtener unos buenos resultados, esto a pesar de que algunos protocolos para la colecta de artrópodos proponen hasta 8 días para mayor eficiencia (Villamizar 2009).

Según los estimadores de riqueza, cuyo criterio compara las especies raras (baja frecuencia), los indicadores de abundancia singulares presentaron 3 morfoespecies con 1 individuo y en los dobles se encontraron 3 morfoespecies con 2 individuos. Con indicadores de presencia/ausencia: se encontró en únicos 4 morfoespecies que cayeron en una sola muestra y duplicados, 7 morfoespecies en dos muestras (Anexos 2). Estos resultados se pueden explicar en base a tres circunstancias, primero que la morfoespecie por naturaleza tenga una abundancia baja y sus individuos no frecuenten grandes grupos, o que por otro lado la morfoespecie sean del sitio aunque colectado en otro sustrato (ya sea que se cayó de un árbol por ejemplo) o que la morfoespecie no sea del lugar y algún agente extraño lo haya transportado, que en general es raro que eso suceda (Villareal *et al* 2006).

En cuanto a los valores de diversidad alfa, para la comparación entre fincas, la finca Gabeno presentó la mayor diversidad y menor dominancia de braquíceros. La razón de esto recae sobre el hecho de que esta finca posee una oferta mayor de recursos ofrecidos por las arvenses: según la valoración hecha por Pradilla en el 2009, donde categorizó la oferta de recursos de arvenses de las fincas para los insectos en tres categorías: alta, media y baja, los resultados arrojaron que las plantas de categoría alta constituyeron cerca del 70 % de total para Gabeno, mientras que en Cuatro Vientos entre el 35-50 %.

Lo cual significa que hay mayor disponibilidad en Gabeno de recursos en términos de alimento, refugio y sitios de reproducción para los braquíceros asociados (Pradilla 2009). En los sistemas agrícolas la simplificación de la diversidad de plantas restringe los sitios de oviposición y las fuentes alternativas de alimento para numerosos organismos que desempeñan importantes funciones (Brito *et al* 2011). De manera que el aumento de la diversidad florística podría

favorecer el incremento de los niveles tróficos superiores, al proveer de recursos florales a especies parasitoides, depredadores y polinizadores (Vega 2003). Bajo estas condiciones los braquíceros, que constituyen un componente esencial de la diversidad funcional, gracias a su rol como polinizadores, al buscar recursos nutricionales como proteínas, azúcares, vitaminas y minerales que obtienen a través de las flores de las plantas, se encontrarán en mayor proporción en lugares que cuenten con alta heterogeneidad de plantas y con alta disponibilidad de flores (Altieri & Nicholls 2007). Así mismo, revisando información suministrada por los agricultores asociados, el hecho de haber convertido la finca Gabeno de manejo convencional a agroecológico hace más de 20 años, a diferencia de Cuatro vientos, que cambió hace poco, implementando una variedad de prácticas que favorecen procesos naturales y descartando la aplicación de insumos químicos, es posible que la diversidad y abundancia de braquíceros y en general de la artropofauna asociada, sea mayor debido a la reducción de depresiones biológicas (Pradilla 2009).

Para la comparación entre temporadas, la mayor diversidad y menor dominancia de braquíceros fue para la temporada seca, aunque el número de morfoespecies no difirió significativamente (42 vs 48), las abundancias sí fueron contrastantes (2.478 vs 5.724), pues se duplicó el número de individuos a más del 100 %. A pesar de esta diferencia, ciertos estudios indican que para los dípteros en general, el efecto de las condiciones climáticas, especialmente la pluviosidad, no incrementa las capturas, la riqueza ni la diversidad (Nicholls 2008).

Para la diversidad beta, el índice de Chao-Jaccard mostró que existe una alta similitud entre la composición de las comunidades de braquíceros tanto entre fincas como entre temporadas, 99 % para los dos casos. Esto puede relacionarse con que las fincas están ubicadas en la misma zona y la composición de especies varía muy poco (Pradilla 2009), esto concuerda con French (1999) que encontró que la similitud de las comunidades de dípteros, decrece con la distancia entre sitios. Otro factor importante para tener en cuenta es que los dípteros cuentan con alas, característica particular, que les confiere una alta movilidad, realizando desplazamientos considerables, lo que puede explicar la conectividad entre comunidades y zonas relativamente cercanas, buscando recursos o zonas de reproducción (Zalazar & Salvo. 2007). A pesar de esto, en otros estudios han encontrado que las comunidades de Díptera están definidas más por la vegetación dominante que por la proximidad geográfica entre sitios (Delgado & Sáenz 2011).

## **10. Conclusiones**

Se recolectaron en total 8202 individuos, distribuidos en 20 familias y 50 morfoespecies. La finca Gabeno y la temporada seca presentaron la mayor diversidad y menor dominancia de braquíceros. Las familias más abundantes fueron Sphaeroceridae, Chloropidae y Drosophilidae. Esto se puede explicar de acuerdo los hábitos de cada familia de braquíceros, la alta oferta de recursos de las arvenses y el manejo agroecológico de las fincas.

El análisis de los estimadores de riqueza evidenció que el muestreo en general fue eficiente, debido a las técnicas empleadas y al tiempo de muestreo.

El índice de Chao-Jaccard mostró que existe una alta similitud en la composición de las comunidades de braquíceros tanto entre fincas como entre temporadas, ya que las fincas se encuentran en zonas muy cercanas, favoreciendo la movilidad de las moscas entre las dos fincas.

El entendimiento de los factores que influyen sobre la diversidad, abundancia y el comportamiento de braquíceros, puede ayudar a definir los requerimientos de conservación y manejo de sus comunidades.

## **11. Recomendaciones**

Seguir desarrollando trabajos que evalúen la diversidad de dípteros en fincas agroecológicas de la zona de Cundinamarca, que permitan construir una base más sólida en el conocimiento de las familias para la protección de sus comunidades, con el propósito de establecer futuros planes de conservación y manejo.

Es necesario procesar los individuos hasta el nivel de especie para contar con datos más precisos sobre la composición y estado de las comunidades de dípteros en Tenjo, Cundinamarca.

Realizar un análisis por grupos funcionales para identificar cómo interactúan estos organismos y poder discriminar si su función afecta positiva o negativamente a los cultivos establecidos en las fincas.

## 12. Bibliografía

- Altieri, M. A. & Nicholls, C. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas (España)*. 16 (1): 3-12.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. The Haworth Press. EE.UU. 45 (1): 56-67.
- Altieri, M. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74 (1):19-31.
- Amat, G. 2009. Biodiversidad Regional: Santa María, Boyacá. Guía de campo Artrópodos. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 1: 201.
- Ausden, M. 1996. Invertebrates. En W. J. Sutherland (ed.) *Ecological census techniques*: Avon Cambridge University Press. 139-177 p.
- Blanco, Y. & Leyva, A. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*. 28 (2): 28-40.
- Blanco, Y. & Leyva, A. 2009. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Cultivos Tropicales (Cuba)*. 30 (1): 11-17.
- Buenaventura, E. R., Camacho, G. C., García, A. G., Wolff, M. E. 2009. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: claves taxonómicas, notas sobre su biología y distribución. *Revista Colombiana de Entomología*. 35 (2): 189-196.
- Bueno, L. N., Gómez, R., Guarín, G., León, G. 2004. Moscas de las frutas (Díptera: Tephritidae) y parasitoides asociados con *Psidium guajava* L. y *Coffea arabica* L. en tres municipios de la Provincia de Vélez (Santander, Colombia). *Revista Corpoica*. 5 (1): 13-21.
- Bronstein, J. L., Alarcón, R., Geber, M. 2006. The evolution of plant-insect mutualisms. *New Phytologist (USA)*. 172 (3): 412-428.
- Begon, M., Townsend, C. R., Harper, J. L. 2006. *Ecology from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing (USA). 4th edition. 738 p.
- Brito, Y. M., Veitía, M. M., García, G. A. 2011. Composición y riqueza de insectos y arañas asociados a plantas florecidas en sistemas agrícolas urbanos. *Fitosanidad*. 15 (1): 25-29.

- Calderón, J. P. 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El cotidiano* (México). 20 (127): 95-100.
- Camargo, M. 2002. Relaciones agroecológicas entre las poblaciones de arvenses e insectos plaga dentro de una groecosistema de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona de Mosquera (Cundinamarca). Tesis de Pregrado. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia.
- Carrejo, E. N. & González, R. 1994. Lista preliminar de las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Dip: Tephritidae) en el departamento del Valle del Cauca, Cali-Colombia. *Bol. Mus. Ent. Univ. Valle*. 2(1,2): 85-93.
- Castaño, L. M. 2003. Determinación de la entomofauna asociada a arvenses adyacentes a cultivos de coliflor (*Brassica oleraceavar. botrytis*). *Revista Corpoica*. 7(2): 13-26.
- Chao, A., Chazdon, R., Colwell, R., Tsung-Jen, S. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. En: Halffter G, Soberón J, Koleff P, Melic A, editores. *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma* Zaragoza, España: Grupo Diversitas-México - Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). p 85-96.
- Colwell, R. K. 2008. Estimates Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from samples, Version 8.0. Available in: <http://viceroy.eed.uconn.edu/estimates>.
- Delgado-Ochica, C. & Sáenz-Aponte, A. 2011. Dípteros (Insecta: Diptera) asociados a sistemas productivos del Quindío y Valle del Cauca (Colombia). *Boletín de la sociedad Entomológica Aragonesa*. 48: 425-430.
- Fernández, R. & Leiva, M. 2002. *Ecología para la Agricultura*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Fernández, J. L., Garcés, G. G., Portuondo, E. F., Valdés, P. T., Expósito, I. E. 2001. Insectos asociados con flores de malezas del Jardín botánico de Santiago de Cuba. *Rev. Biol. Trop.* 49 (3-4):1013-1026.
- French, K. 1999. Spatial variability in species composition in birds and insects. *Journal of Insect Conservation*. 3:183-189.
- Gallego, C. & Cardona, J. 2002 Manejo integrado de arvenses en plantaciones. *Cultivos Tropicales*. 2(3): 12-23.

- Gutiérrez, C., Carrejo, N, S., Ruiz, C. 2005. Listado de géneros de Syrphidae (Diptera: Syrphoidea). *Biota Colombiana*. 6 (2): 173-180.
- Hammer, Ø, Harper, D., Ryan, P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): Available from: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hammer, Ø & Harper, D. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Oxford: United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd. 351 p.
- IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. 2000.
- Jiménez-Valverde A, Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8 (1):151-161.
- Magurran, A. 2004. *Measuring biological diversity*. UK: Blackwell Science Ltd. 256 p.
- Martínez, A. 2000. Sarcófagos necrófagos y coprófagos asociados a un agroecosistema de dehesa (Díptera, Sarcophagidae). *Bol. Asoc. Eso. Ent.* 24 (3): 180-185.
- McAlpine, J. F.; Peterson, B. V.; Shewell, G. E.; Teskey, H. J.; Vockeroth, J. R.; Wood, D. M. 1981. *Manual of Nearctic Díptera*. Volume I. Minister of Supply and Services Canada. Ottawa, Canada. 674 p.
- Masalles, R. 2004. Respuestas de la vegetación arvense a los tratamientos agrícolas. *Lazaroa*. 25(1): 35-41.
- Monge, J. 2010. Comunidad de arvenses en un cultivo de maní y su relación con la rata *Sigmodon hirsutus* en Alejuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 34 (1): 56-75.
- Montesinos, J. 1996. Coevolución de plantas e insectos. *Bol. Sea. Madrid*. 13 (1): 13-19.
- Moreno, C. E. 2001. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Veracruz. Zaragoza (España). 4(1): 84-122.
- Municipio de Tenjo, Cundinamarca. Mapas. (12 de abril de 2012). Disponible en la web: <http://www.tenjo-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mIxx-1-&m=m>
- Nicholls, C. I. 2008. *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Editorial Universidad de Antioquia (Colombia). 282 p.

- Niño, L., Amat, E., Aguilera, E. 2005. Características de las comunidades de Díptera (Arthropoda: Insecta) y su relación con el paisaje en la altillanura de Orinoquía (Meta, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*. 10 (1):79-86.
- Pradilla, G. 2009. Relación entre las comunidades de avispas y arvenses en dos fincas ecológicas en Tenjo, Cundinamarca (Colombia). Tesis de pregrado, Colombia. Universidad Nacional de Colombia- Facultad de Biología.
- Rico, A., Beltrán, J., Álvarez, A., Flórez, E. 2005. Diversidad de arañas (Arachnida: Aranae) en el Parque Natural Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Biota Neotropical*. 5:1-12
- Rodríguez, M., Plaza, G., Gil, R., Chaves, B., Jiménez, J. 2008. Reconocimiento y fluctuación poblacional arvense en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea L.*) para el municipio de Cota, Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*. 26 (1):87-96.
- Sabogal, A. 2011. Estudio comparativo de las comunidades de arañas asociadas a bosques conservados y áreas intervenidas en el santuario de flora y fauna Otún Quimbaya (Risaralda, Colombia). Tesis de maestría, Colombia. Universidad Nacional de Colombia- Facultad de Agronomía.
- Sans, F. X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*. 16 (1): 35-49.
- Skevington, J. & Dang, P. 2002. Intimate neighbours: Parasitoids and parasites. In *exploring the diversity of life: Diptera*. Biodiversity. Tropical Conservancy, Ottawa, Canada. 3(4): 5-12.
- Swiff, M. J., Izac, A. M., Van Noordwijk, M. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 104 (1): 113-134.
- Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. 2004. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Seventh Edition. Thomson Brooks Cole. Belmont, USA. 888 p.
- United Nations, Convention on Biological Diversity, 1992.
- Vázquez, L. L., Matienzo, Y., Veitía, M., Alfonso, J. 2008. Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. *Inisav (Cuba)*. 202 p.
- Vega, P. B. 2003. Dípteros de interés agronómico. Agromicidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. *Bol. S.E.A.* 33 (1): 293-307.
- Vela, D. & Rafael, V. 2003. Estudios sobre la diversidad del género *Drosophila* (Díptera,

- Drosophilidae) en el bosque Pasochoa de la provincia de Pichincha-Ecuador. Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 71 (1): 117-127.
- Villamizar, A. Estudio preliminar de la riqueza de *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) de la sabana de Bogotá. Tesis de pregrado, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana-Facultad de Biología.
  - Villarreal, H., Álvarez. M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A. 2006. Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad 2da ed. Bogotá, Colombia: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 227 p.
  - Wolff, M. E. 2006. Insectos de Colombia. Laboratorio de Colecciones Entomológicas-GIEM-Universidad de Antioquia. Primera Edición. 460 p.
  - Yeates, D. & Wiegman, B. 1999. Congruence and controversy: toward a higher-level phylogeny of Diptera. Annual Review of Entomology. 44: 397-428.
  - Zalazar, L & Salvo. 2007. Entomofauna asociada a cultivos hortícolas orgánicos y convencionales en Córdoba, Argentina. Neotropical Entomology. 36 (5): 765-773.

## Anexos

### Anexos 1. Familia, nombre científico y nombre común de arvenses en cada finca.

Finca	Familia	Nombre científico	Nombre común
Gabeno	Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Calzoncitos
	Asteraceae	<i>Chamaemelum nobile</i>	Manzanilla
	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	Cenizo
	Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	Cilantro
	Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Guasca
	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Poa
	Poaceae	<i>Lolium perenne</i>	Raigrás
	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	Acedera
	Poaceae	<i>Pennisetum</i>	Kikuyo
	Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i>	Gualola
	Polygonaceae	<i>Polygonum segetum</i>	Barbasco
	Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Rabanito
	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Sangre de toro
	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca
	Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i>	Cineraria
	Caryophyllaceae	<i>Silene gallica</i>	
	Caryophyllaceae	<i>Silene sp.</i>	
	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja lisa
	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus var.</i>	Cerraja áspera
	Caryophyllaceae	<i>Spergula arvensis</i>	Cilantrillo
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>		
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	Trébol	
Scrophulariaceae	<i>Veronica persica</i>	Azulita	
Cuatro Vientos	Amaranthaceae	<i>Amaranthus sp.</i>	Bledo
	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	Cenizo
	Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	Cilantro
	Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Guasca
	Asteraceae	<i>Gnaphalium graveolens</i>	
	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Poa
	Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i>	Yerbabuena
	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	Acedera
	Poaceae	<i>Pennisetum</i>	Kikuyo
	Apiaceae	<i>Pimpinella anisum</i>	Anis
	Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i>	Gualola
	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Sangre de toro
	Caryophyllaceae	<i>Silene gallica</i>	
	Caryophyllaceae	<i>Silene sp.</i>	
	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja lisa
	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus var.</i>	Cerraja áspera
	Caryophyllaceae	<i>Spergula arvensis</i>	Cilantrillo
	Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	
	Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	Trébol
	Scrophulariaceae	<i>Veronica persica</i>	Azulita

Anexos 2. Listado total colectados Diptera (Braquícera) individuos, familias-morfoespecies, fincas-épocas.

Suma de No. de Indiv		Temporada		Finca					
Familia	No. Morfo	Lluviosa		Total Lluviosa	Seca		Total Seca	Total general	
		Cuatro Vientos	Gabeno		Cuatro Vientos	Gabeno			
Agromyzidae	30	0	52	52	0	6	6	58	
Anthomyzidae	33	32	13	45	55	19	74	119	
	34	0	14	14	2	1	3	17	
Camiillidae	32	0	14	14	4	0	4	18	
Chloropidae	10	2	2	4	5	2	7	11	
	37	13	115	128	2	56	58	186	
	38	494	765	1259	390	524	914	2173	
Dolichopodidae	14	2	1	3	0	4	4	7	
	24	1	21	22	28	13	41	63	
	25	0	1	1	0	9	9	10	
	26	1	1	2	0	0	0	2	
Drosophilidae	9	2	1	3	3	11	14	17	
	42	29	37	66	149	1116	1265	1331	
	47	1	1	2	0	0	0	2	
	50	4	3	7	1	10	11	18	
Ephyridae	39	0	0	0	0	7	7	7	
Fanniidae	21	0	1	1	13	4	17	18	
Lauxaniidae	43	9	60	69	56	24	80	149	
Lonchopteridae	13	7	25	32	3	8	11	43	
Muscidae	6	0	0	0	0	1	1	1	
	7	1	0	1	5	3	8	9	
	12	2	5	7	11	9	20	27	
	28	2	27	29	46	46	92	121	
	45	21	27	48	19	30	49	97	
	48	1	2	3	14	3	17	20	
49	0	0	0	2	1	3	3		
Phoridae	15	0	0	0	4	5	9	9	
	16	5	1	6	7	1	8	14	
	17	0	2	2	0	4	4	6	
	18	0	0	0	0	2	2	2	
	19	0	0	0	0	1	1	1	
Piophilidae	23	14	155	169	8	97	105	274	
	35	1	36	37	11	16	27	64	
	36	0	22	22	9	9	18	40	
Pipunculidae	1	0	1	1	2	0	2	3	
Rhagionidae	8	0	0	0	1	0	1	1	
Sarcophagidae	44	19	9	28	63	18	81	109	
	46	0	2	2	8	8	16	18	
Sepsidae	31	3	22	25	94	11	105	130	
Sphaeroceridae	11	1	2	3	2	0	2	5	
	29	2	21	23	2	414	416	439	
	40	2	162	164	21	1380	1401	1565	
	41	0	29	29	8	620	628	657	
Syrphidae	2	6	4	10	8	32	40	50	
	3	2	8	10	2	6	8	18	
	4	3	0	3	10	1	11	14	
	5	1	1	2	0	4	4	6	
	20	2	0	2	1	1	2	4	
	27	0	0	0	0	3	3	3	
Ulidiidae	22	28	100	128	13	102	115	243	
<b>Total general</b>		<b>713</b>	<b>1765</b>	<b>2478</b>	<b>1082</b>	<b>4642</b>	<b>5724</b>	<b>8202</b>	

Anexos 3. Valores eficiencia de muestreo.

Samples	65
Individuals (computed)	8202
Sobs (Mao Tau)	50
Singletons Mean	3
Doubletons Mean	3
Uniques Mean	4
Duplicates Mean	7

ACE Mean	97,13	96,33	97,14
ICE Mean	96,58		
Chao 1 Mean	97,09		
Chao 2 Mean	97,77		
Jack 1 Mean	92,70		
Jack 2 Mean	97,77		
Bootstrap Mean	95,27		