

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**ESTUDIO DE LA ENTOMOFAUNA ASOCIADA A LAS ARVENSES  
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA**

Trabajo Final presentado a la Escuela de Agronomía como requisito  
parcial para optar al grado de  
LICENCIATURA en INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**ESTEBAN GARRO MONGE**

**SANTA CLARA, SAN CARLOS, 2022**



Carrera de Ingeniería en Agronomía  
Tecnológico de Costa Rica  
Campus Tecnológico Local San Carlos  
2019-2023

DERECHOS RESERVADOS © 2022 Esteban Garro Monge

ESTUDIO DE LA ENTOMOFAUNA ASOCIADA A LAS ARVENSES EN  
SISTEMAS DE PRODUCCION DE CAÑA DE AZÚCAR EN PÉREZ ZELEDÓN,  
COSTA RICA

ESTEBAN GARRO MONGE

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, PhD.

---

Asesor principal

Ing. Agr. José Daniel Salazar Blanco, Lic.

---

Co-asesor

Ing. Fo. Marlen Camacho Calvo, M.Sc.

---

Jurado

Ing. Agr. Eduardo Cadet Piedra, Lic.

---

Jurado

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, PhD.

---

Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, PhD.

---

Director  
Escuela de Agronomía

2022

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme llegar a este momento.

A mis padres Marcos Joaquín Garro Hidalgo e Isabel Monge Camacho, y a mis hermanos por siempre apoyarme en todos mis proyectos.

A mis amigos Juan Diego, Valery Corella, Erika Campos, Gloriana Monge, Valery Jiménez, Alejandra Soto, Alison Venegas, Pablo Mora, David Campos, Oscar Solera y Paula Chacón por hacer de la etapa universitaria la mejor etapa de mi vida.

A Andrea Pacheco y Julio Rodríguez que me inspiraron a ser una mejor persona en medio de mi proceso de formación profesional.

A mi padrino en el campo agronómico Israel Garita por su apoyo en mi proceso de formación universitaria.

## CONTRIBUYENTES Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este proyecto fue financiado por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), por medio de Ingeniero Agrónomo José Daniel Salazar Blanco, coordinador del Programa Fitosanidad y Manejo de Plagas del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) y el Ingeniero Agrónomo Eduardo Cadet Piedra (DIECA).

Ing. Willy Valverde, gerente técnico de la división agrícola de la Corporación CoopeAgri, apoyó el proyecto facilitando el ingreso a las fincas e información de estas.

Ing. Agr. Jeudy Mora Robles (Cámara de Cañeros), Julio Cesar Barrantes (LAICA), Srta. Valery Jimenez (Estudiante del Tecnológico de Costa Rica), Srta. Carolina Quirós (Estudiante de la Universidad de Costa Rica) y Srta. Argerie Oviedo (LAICA) por su apoyo en las giras de campo.

Ing. Agr. Israel Garita (M.Sc), expresidente de la Asociación Costarricenses para el Estudio de las Malezas y Dr. Fernando Ramírez, profesor de la Universidad Nacional por su contribución en la identificación de arvenses.

Dr. Manuel Solís, profesor de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, por su aporte en la identificación de dípteros e himenópteros, además, por proporcionar las instalación y equipos del Laboratorio de Entomología de esta escuela por la identificación de insectos.

Dr. Humberto Lezama, profesor y encargado del Laboratorio de Entomología de Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica en la identificación de orden Coleoptera.

## NOMENCLATURA

| <b>SIGLAS</b> | <b>Definición</b>  |
|---------------|--|
| LAICA         | Liga Agrícola de la Caña de Azúcar                             |
| DIECA         | Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar |
| ha            | Hectárea   |
| dds           | Días después de la siembra                                     |
| ddc           | Días después de cosecha  |
| UCR           | Universidad de Costa Rica                                      |
| UNA           | Universidad Nacional de Costa Rica                             |
| AE            | Área experimental  |
| UM            | Unidad muestral  |

## TABLA DE CONTENIDOS

Página

|  |             |
|--|-------------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>   | <b>II</b>   |
| <b>CONTRIBUYENTES Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....</b>                | <b>III</b>  |
| <b>NOMENCLATURA.....</b>   | <b>IV</b>   |
| <b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>                                       | <b>V</b>    |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>   | <b>VII</b>  |
| <b>RESUMEN .....</b>   | <b>XI</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>XIII</b> |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>1.1. Antecedentes .....</b>   | <b>1</b>    |
| <b>1.2. Justificación .....</b>  | <b>3</b>    |
| <b>1.3. Objetivo general.....</b>                                      | <b>4</b>    |
| <b>1.4. Objetivos específicos .....</b>                                | <b>4</b>    |
| <b>1.5. Hipótesis.....</b>   | <b>4</b>    |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                                  | <b>5</b>    |
| <b>2.1. Cultivo de caña de azúcar .....</b>                            | <b>5</b>    |
| 2.1.1 Generalidades del cultivo .....                                  | 5           |
| 2.1.2 Características botánicas y morfológicas .....                   | 6           |
| 2.1.3 Exigencias climáticas del cultivo .....                          | 6           |
| <b>2.2. Arvenses asociadas a la caña de azúcar en Costa Rica .....</b> | <b>8</b>    |
| <b>2.3. Insectos asociados a la caña de azúcar en Costa Rica.....</b>  | <b>8</b>    |

|      |  |           |
|------|--|-----------|
| 2.4. | Servicios ecosistémicos de los insectos.....   | 9         |
| 2.5. | Servicios ecosistémicos de las arvenses.....   | 11        |
| 2.6. | Índices utilizados .....   | 13        |
| 3.   | <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>  | <b>14</b> |
| 3.1. | Descripción del sitio de estudio .....   | 14        |
| 3.2. | Período de estudio.....  | 16        |
| 3.3. | Material experimental .....  | 16        |
| 3.4. | Unidad muestral y área experimental.....   | 19        |
| 3.5. | Grupos y repeticiones .....  | 20        |
| 3.6. | VARIABLES DE RESPUESTA.....  | 20        |
| 3.7. | Análisis estadístico .....   | 21        |
| 4.   | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>22</b> |
| 4.1. | Caracterización de las fincas según las arvenses encontradas... ..   | 22        |
| 4.2. | Comparación de las fincas de acuerdo con abundancia y diversidad biológica de arvenses a través del tiempo. .... | 22        |
| 4.3. | Caracterización de las fincas según los insectos encontrados ... ..  | 31        |
| 4.4. | Comparación de las fincas de acuerdo con abundancia y diversidad biológica de insectos a través del tiempo ..... | 32        |
| 4.5. | Asociaciones entre arvenses e insectos benéficos .....   | 40        |
| 5.   | <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>42</b> |
| 6.   | <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>43</b> |
| 7.   | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>44</b> |
| 8.   | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>49</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Cuadro 1.</b> Variables de respuesta para el estudio de asociación entre insectos arvenses en sistemas de producción de caña de azúcar de la Región Sur de Costa Rica. ....     | 20     |
| <b>Cuadro 2.</b> Cantidad de familias, géneros y especies de arvenses identificadas en las fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón entre febrero y noviembre del 2021. ....     | 22     |
| <b>Cuadro 3.</b> Comparación de fincas de acuerdo con la abundancia e índice de Shannon de arvenses de fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica, 2021. ....          | 24     |
| <b>Cuadro 4.</b> Cantidad de órdenes, familias e individuos de insectos identificados en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021. ....                  | 31     |
| <b>Cuadro 5.</b> Comparación de fincas de acuerdo con abundancia e índice de Shannon de familias de insectos de fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica, 2021. .... | 32     |
| <b>Cuadro 6.</b> Lista de familias de insectos identificadas por Soto (2019) en las zonas de Puntarenas y Turrialba entre abril y diciembre del 2018. ....                         | 49     |
| <b>Cuadro 7.</b> Arvenses encontradas Puntarenas y Turrialba según Soto (2019). ....   | 60     |
| <b>Cuadro 8.</b> Insectos benéficos asociados a la caña de azúcar según Bustillo (2011). ....  | 65     |
| <b>Cuadro 9.</b> Plagas actuales y plagas potenciales de la caña de azúcar en Costa Rica según Salazar et al. (2016). ....   | 70     |
| <b>Cuadro 10.</b> Plantas arvenses y su asociación son insectos benéficos. ....  | 72     |
| <b>Cuadro 11.</b> Métodos de control que ofrece LAICA para el manejo de poblaciones de plaga en el cultivo de caña de azúcar según Salazar <i>et al.</i> (2016). ....              | 75     |
| <b>Cuadro 12.</b> Lista de especies de arvenses identificadas en las fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón entre febrero y noviembre del 2021. ....                           | 76     |



**Cuadro 13.** Lista de familias de insectos identificadas en las fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón entre febrero y noviembre del 2021..... 79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Página

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Rangos óptimos de temperatura en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Fuente: Elaboración propia adaptado de Aguilar 2011 y Duarte y González 2019).....   | 7  |
| <b>Figura 2.</b> Dinámica de variables climáticas en las fincas de estudio entre febrero y noviembre del 2021.....  | 15 |
| <b>Figura 3.</b> Imagen satelital de la finca El Porvenir. (Fuente: Satellite Pro) .....  | 16 |
| <b>Figura 4.</b> Imagen satelital de la finca San Pedro. (Fuente: Satellite Pro) .....  | 18 |
| <b>Figura 5.</b> Instrumentos utilizados para la colecta de los insectos. A) Cuboide metálico cubierto por una malla antiáfidos adyacente al cañal; B) Equipo de aspirado de insectos, aspiradora de gasolina y bolsa confeccionada de malla anti-áfidos; C) Bolsa de malla dentro de la bolsa hermética..... | 19 |
| <b>Figura 6.</b> Abundancia de arvenses encontrados en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.....   | 25 |
| <b>Figura 7.</b> Índice de diversidad de Shannon-Weiner de arvenses de fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica, 2021.....  | 26 |
| <b>Figura 8.</b> Dominancia de familias de arvenses encontradas en la finca Porvenir entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.....   | 28 |
| <b>Figura 9.</b> Dominancia acumulada arvenses encontradas en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.....  | 30 |
| <b>Figura 10.</b> Abundancia de individuos encontrados en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.....  | 33 |
| <b>Figura 11.</b> Índice de Shannon-Weiner de familias de insectos calculado para las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre de 2021.....  | 34 |
| <b>Figura 12.</b> Dominancia acumulada de familias de insectos encontradas en la finca Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.....  | 36 |
| <b>Figura 13.</b> Dominancia de familias de insectos encontradas en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.....  | 38 |

**Figura 14.** Órdenes de insectos encontrados en la finca Porvenir entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica. .... 39

## RESUMEN

La caña de azúcar es cultivada en 130 países del mundo, Costa Rica produce 4 194 596,7 toneladas métricas de caña de azúcar, de la cual se exporta cerca de un 46,1%, se consumió a nivel interno un 52,1% y se usó como semilla un 1,8%, sin embargo, múltiples plagas hacen que el rendimiento disminuya. La Liga Agrícola de la Caña de Azúcar (LAICA) ha descrito al menos 37 especie de plagas en el cultivo de la caña de azúcar, de estas se resalta en la zona de estudio el Complejo Barrenador-Picudo-Comején (BPC); para enfrentar cada una de estas plagas esta institución ha desarrollado múltiples estrategias centradas en un Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Este estudio amplía la investigación de nuevas formas de manejo de plagas, considerando las arvenses como reservorios de insectos benéficos que mantienen un equilibrio dentro del agroecosistema. El estudio surge en respuesta a las restricciones del glifosato en 2019, principal herbicida para el manejo de arvenses en bordes y caminos, sin embargo, busca fomentar la producción de azúcar en agroecosistemas más sostenibles. El objetivo general fue analizar las asociaciones entre la entomofauna y las arvenses presentes en los bordes adyacentes y caminos de sistemas de producción de caña de azúcar en Pérez Zeledón, Costa Rica.

Los muestreos se realizaron en la finca Porvenir y San Pedro localizadas respectivamente en las comunidades de El Porvenir y San Rafael del distrito de San Pedro, Pérez Zeledón. Se aspiraron insectos presentes en arvenses de bordes y camino, que se almacenaron y transportaron a un laboratorio para su respectiva clasificación taxonómica; una vez tomada la muestra de insectos se clasificaron *in situ* las arvenses del sitio de muestreo. Se calculó la abundancia, índice de diversidad de Shannon y dominancia de arvenses y familias de insectos.

Se encontró una mayor abundancia y diversidad de arvenses en El Porvenir. En ambas fincas fue más frecuente la familia Poaceae, sin embargo, en San Pedro, fue más frecuente que en Porvenir. Las arvenses *Acalypha arvensis*, *Bidens pilosa*, *Commelina difusa*, *Commelina erecta*, *Croton trinitatis*, *Cyathula prostrata*, *Kyllinga*

*brevifolia*, *Momordica charantia*, *Sida rhombifolia* y arvenses de los géneros *Cyperus*, *Digitaria*, *Hyptis*, *Paspalum* y *Desmodium* albergan insectos de depredadores y parasitoides que ejercen un control biológico sobre plagas en el cultivo.

En cuanto a familias de insectos, no se encontró diferencias significativas en abundancia e índice de diversidad entre fincas. Las familias de mayor Dominancia fueron Cicadellidae, Chloropidae, Cecidomyiidae y Ceratopogonidae que a excepción de la primera presentan variedad de insectos benéficos.

Se concluye que algunas de las arvenses encontradas son huéspedes de insectos benéficos; que la familia Poaceae dominó en ambas fincas; además, que estas fincas hay menor diversidad de arvenses e insectos que en otras regiones del país.

**Palabras clave:** arvenses, insectos, diversidad, asociaciones, caña de azúcar, ecología, agricultura orgánica.

## ABSTRACT

Sugarcane is cultivated in 130 countries of the world, Costa Rica produces 4 194 596,7 metric tons of sugarcane, of which about 46.1% is exported, 52.1% is consumed domestically and 1.8% was used as seed, however, multiple pests cause the yield to decrease. The Liga Agrícola de la Caña de Azúcar (LAICA) has described at least 37 species of pests in sugarcane cultivation, of which the Barrenador-Picudo-Comején Complex (BPC) stands out in the study area; To deal with each of these pests, this institution has developed multiple strategies focused on Integrated Pest Management (IPM).

This study covers the investigation of new forms of pest management, considering weeds as reservoirs of beneficial insects, which maintain a balance within the agroecosystem. The study takes relevant in response to the restrictions of glyphosate in 2019, the main herbicide for the management of weeds on edges and roads, however, therefore it promote the production of sugar in the country more sustainable agroecosystems. The general objective was to analyze the associations between the insects and the weeds present in the adjacent borders and roads of sugarcane production systems in Pérez Zeledón, Costa Rica.

The sampling was carried out at the Porvenir and San Pedro farms, located respectively in the communities of El Porvenir and San Rafael in the district of San Pedro, Pérez Zeledón. Insects present in border and path weeds were aspirated, which were stored and transported to a laboratory for their respective taxonomic classification; Once the insect sample was taken, the weeds of the sampling site were classified in situ. Richness, Shannon diversity index, evenness and frequency of weeds and insect families were calculated.

A greater richness and diversity of weeds was found in El Porvenir, there were no significant differences for evenness. In both farms, the Poaceae family was more frequent, however, in San Pedro, it was more frequent than in Porvenir. The weeds *Acalypha arvensis*, *Bidens pilosa*, *Commelina diffusa*, *Commelina erecta*, *Croton*

*trinitatis*, *Cyathula prostrata*, *Kyllinga brevifolia*, *Momordica charantia*, *Sida rhombifolia* and weeds of the genera *Cyperus*, *Digitaria*, *Hyptis*, *Paspalum* and *Desmodium* harbor predatory insects and parasitoids that exert biological control over pests in the crop.

Regarding insect families, no significant differences were found in richness and diversity index between farms. The families with the highest frequency were Cicadellidae, Chloropidae, Cecidomyiidae and Ceratopogonidae, which, except for the first, present a variety of beneficial insects.

It is concluded that some of the weeds found are hosts of beneficial insects; that the Poaceae family dominated in both farms; In addition, these farms have less diversity of weeds and insects than in other regions of the country.

**Key words:** weeds, insects, diversity, associations, sugar cane, ecology, organic farming.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

La caña de azúcar provee el 75% del azúcar mundial, se cultiva en 130 países los cuales suman 14 517,88 millones de hectáreas cultivadas (León y Arroyo, 2012). La actividad cañera no solo es importante por su contribución a la economía, sino también por su aporte en la cultura e historia de estas naciones. En Costa Rica su historia se remonta desde la época colonial, donde inicialmente se consideraba un sector industrial-artesanal, no fue hasta 1900 que pasó a ser mayormente industrial, debido a la implementación de los ingenios para la producción de azúcar blanco (León y Arroyo, 2012).

A partir 1950 se comenzó a aplicar plaguicidas y fertilizantes en el cultivo, el resultado fue el incremento en el rendimiento; además, se practicaba la quema controlada con fines fitosanitarios y facilitar la cosecha, ya que aumentaba la eficiencia del trabajador, indirectamente también se redujeron los materiales extraños en el proceso industrial; sin embargo, esta práctica junto al factor clima y variedades susceptibles desencadenó un desbalance ecológico que llevó al aumento de plagas; por ejemplo, el perforador de tallo (*Diatraea saccharalis*), plaga muy importante en todas las zonas cañeras del país (León y Arroyo 2012). Atencio et al. (2018) reportan que efectivamente, este tipo de práctica afecta negativamente las poblaciones naturales de depredadores y parasitoides que ejercen un control biológico sobre las plagas.

Hoy día, en Costa Rica la producción se encuentra dividida en seis regiones cañeras del país: Guanacaste, que se divide en Este y Oeste, Puntarenas, Valle Central, Región Norte, dividida en San Carlos y Los Chiles, Turrialba, seccionada en Zona Media y Juan Viñas; y finalmente, Región Sur (Chaves y Bermúdez, 2020). En el 2019 se produjeron 4 009 954,3 toneladas métricas de caña de azúcar; 53,7% se consumió en el país, 43,9% se exportó y 2,4% se utilizó como semilla para la renovación de los cañales (INEC, 2020). Para el 2020 las cifras cambiaron, habían sembradas 60 750 hectáreas con las cuales se produjo alrededor de 4 194 596,7



toneladas métricas de caña de azúcar , de estas se exportó un 46,1%, se consumió a nivel interno un 52,1% y se usó como semilla un 1,8% (INEC, 2021), esta producción puede ser afectada por muchos factores, las plagas juegan un papel importante.

Salazar et al. (2016) mencionan que actualmente se consideran significativas alrededor de 37 especie de plagas en el cultivo de la caña de azúcar, las cuales están clasificadas en cinco órdenes distintos contemplando insectos, ácaros y roedores. Destacan por nivel de daño económico el barrenador de tallo (*Diatraea* spp.), barrenador gigante (*Telchin atymnius futilis*, *T. atymnius drucei*), salivazo o baba de culebra (*Aeneolamia* spp., *Prosapia* spp., *Zulia vilior*), chinche de encaje (*Lectodutia tabida*), jobotos (*Phyllophaga* spp.), y la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*). No obstante, la fauna asociada al cultivo de caña también incluye parasitoides, depredadores, saprófitos y otros insectos benéficos (Atencio et al. 2018).

Al respecto, León y Arroyo (2011) señalan que las tres primeras plagas son las más persistentes a nivel regional, por su lado, Cadet et al. (2016) colocarían a *Diatraea* como el que desencadena el Complejo Barrenador-Picudo-Comején (BPC) en la Región Sur, importante ya que aumenta el contenido de miel y torta residual y reduce los grados Brix y pureza del jugo; lo que resulta en pérdidas económicas al sector.

Para enfrentar estas plagas se ha implementado un Manejo Integrado de Plagas (MIP), que a *grosso modo* significa que para una sola plaga se utilizan distintas estrategias de control. LAICA por medio de su división de investigación, ha puesto en marcha métodos de control diversos. El control biológico, trampas, uso de feromonas, control físico, tolerancia varietal, prácticas culturales, labranza del suelo y control químico son las principales estrategias que ofrecer esta organización a los productores de este cultivo (Salazar et al. 2016) y recientemente la investigación de arvenses como potenciales hospederas de insectos benéficos (Soto, 2019), lo que desmiente que a nivel global el atraso en investigación científica en la caña de azúcar con respecto a otros cultivos (Marín et al. 2018).

Asociado a lo anterior, se ha asumido que tanto las arvenses como los insectos están asociados a pérdida de rendimiento del cultivo. Si bien es cierto, algunos generan daños importantes al cultivo, solo un bajo porcentaje de insectos (3% de todas las especies descritas) genera serios problemas (Zumbado y Azofeifa 2018), lo que significa que es necesario conocer los servicios ecosistémicos del 97% de insectos restantes. De igual manera, muchas de las arvenses presentes dentro y en los alrededores del cultivo sirven de barrera natural para evitar la erosión, como hospederos de insectos, aportan materia orgánica al suelo, por lo que no solamente tienen efectos negativos sobre las plantaciones.

## **1.2. Justificación**

El presente estudio responde al decimoquinto objetivo de desarrollo sostenible de las Organización de las Naciones Unidad el cual vela por reducir la pérdida de biodiversidad, considerando clave los servicios ecosistémicos de los invertebrados y que en la mayoría de los casos son desconocidos y rara vez reconocidos (ONU 2022).

Este estudio se suma al de Soto (2019) con el objetivo de cubrir todas las zonas productoras de caña de azúcar en el país, formará parte de las estrategias que tiene LAICA para el manejo de plagas en el cultivo. Además, genera investigación de nuevas formas de manejo de arvenses, ya que por medio de un decreto ejecutivo se restringió el uso del glifosato (principal ingrediente activo para el control de arvenses en bordes y caminos en cañales) en varias instituciones públicas y su prohibición en áreas protegidas (Forbes Staff 2019).

Aunque recientemente se firmó el decreto N°42769-MAG-S-MINAE donde se oficializó el Reglamento Técnico 504:2021: Registro de Insumos Agrícolas. Plaguicidas Sintéticos Formulados, Ingrediente Activo Grado Técnico, Coadyuvantes, Sustancias afines y Vehículos Físicos de Uso Agrícola, que hará más seguro y rápido los registros de plaguicidas, el estudio de recursos que se tienen en las fincas (arvenses e insectos benéficos) nunca está demás, ya que cada vez los sistemas productivos agrícolas tienden a ser más sostenibles.

Considerando que se exploran nuevas y novedosas tecnología en un camino hacia sistemas más sustentables se debe cambiar el paradigma de que las arvenses e insectos solamente generan daños dentro de los sistemas productivos. Este estudio surgió como respuesta ante la necesidad de fomentar sistemas productivos más sostenibles, viendo el agroecosistema “como un todo”, donde cada uno de los componentes cumple una función específica e importante.

### **1.3. Objetivo general**

Analizar las asociaciones entre la entomofauna y las arvenses presentes en los bordes adyacentes de dos sistemas de producción al cultivo de caña de azúcar, uno orgánico y otro convencional.

### **1.4. Objetivos específicos**

1. Comparar la diversidad poblacional de arvenses presentes en bordes adyacentes de un sistema de producción de caña de azúcar convencional contra un sistema de producción orgánico a través del tiempo.
2. Contrastar la diversidad poblacional de insectos asociados a las arvenses presentes en los bordes adyacentes de los dos sistemas de producción de caña de azúcar a través del tiempo.
3. Investigar las asociaciones entre las arvenses e insectos presentes en el cultivo de caña de azúcar.

### **1.5. Hipótesis**

Las arvenses establecidas en los bordes y caminos del cultivo de caña de azúcar albergan insectos benéficos que ejercen un control natural sobre plagas del cultivo.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de caña de azúcar

#### 2.1.1 Generalidades del cultivo

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es un cultivo que está ligado directamente a procesos industriales. De los tallos de la caña se extrae el jugo que contiene de un 16 a un 20% de materia seca que contiene principalmente sacarosa, glucosa y fructosa. Artesanalmente este jugo se extrae con un trapiche y de manera tecnificada con un ingenio, a partir de este se obtienen azúcar, mieles y derivados para diferentes usos. No obstante, la mayor parte de la producción se destina a la elaboración de azúcar de mesa y melaza, de la cual se obtienen alcoholes (Aguilar 2011).

En el año 2011 habían alrededor de 130 países productores de caña de azúcar, los cuales cultivan cerca de 14 517 millones de hectáreas, 7 638 millones de hectáreas en Asia (53%), 3 519 millones en América del Sur (24%), 2 300 millones en Centroamérica (16%), 1 060 millones en África (7%), 0.489 millones en Oceanía y 0.393 millones en América del Norte (menos del 1% entre estas dos últimas) (Aguilar 2011).

La producción de caña de azúcar en Costa Rica está dividida en seis regiones cañeras según el Reglamento Ejecutivo de LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar). La Zona A comprende las provincias de Cartago y Limón; la Zona B abarca las provincias de Heredia y de Alajuela, con excepción de Orotina, San Mateo, San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso; la Zona C comprende los cantones de San Carlos, Los Chiles, Guatuso y Upala de la provincia de Alajuela; la Zona D percibe los cantones de Puntarenas, Esparza, Montes de Oro y Aguirre de la provincia de Puntarenas y los cantones Orotina y San Mateo de la provincia de Alajuela; la zona E comprende a la provincia de Guanacaste.

Finalmente, la zona donde se llevó a cabo el estudio es la Zona F, también llamada Región Sur, que es la más reciente; comenzó a operar alrededor de 1974 con la instalación del Ingenio CoopeAgri que se mantiene en la actualidad. Integra

en la producción: cuatro distritos del cantón de Buenos Aires de Puntarenas y seis distritos del cantón de Pérez Zeledón de la provincia de San José; los distritos Volcán, Cajón, San Isidro y San Pedro abarcan el 65% de área sembrada (Chávez y Chavarría 2013).

### **2.1.2 Características botánicas y morfológicas**

La caña de azúcar es una planta perenne de metabolismo C4 que pertenece al género *Saccharum*, familia Poaceae, orden Glumiflorales, clase Monocotiledónea y división Embriofita. Dentro de este género hay especies silvestres como *S. barberi*, *S. sinensi*, *S. robustum* y *S. edule*, y además hay variedades comerciales derivadas de cruces interespecíficos de *S. officinarum*, *S. spontaneum* y *S. robustum* (Duarte y González 2019).

Morfológicamente, la planta presenta hojas con una lámina foliar unida a una vaina abierta que rodea al tallo (Duarte y González 2019). Estas hojas son largas y sin tricomas, aunque algunas variedades si los tienen (Valverde 2010); estas se distribuyen a través del tallo de forma alternada y opuesta. Los tallos de esta planta son cilíndricos, erectos, fibrosos; estos están formados por nudos y entrenudos, su altura varía entre uno y cinco metros y su diámetro entre un centímetro y cinco centímetros (Duarte y González 2019); además, son leñosos, esponjoso y dulces; una vez alcanzada cierta edad forma una panícula piramidal (Valverde 2010).

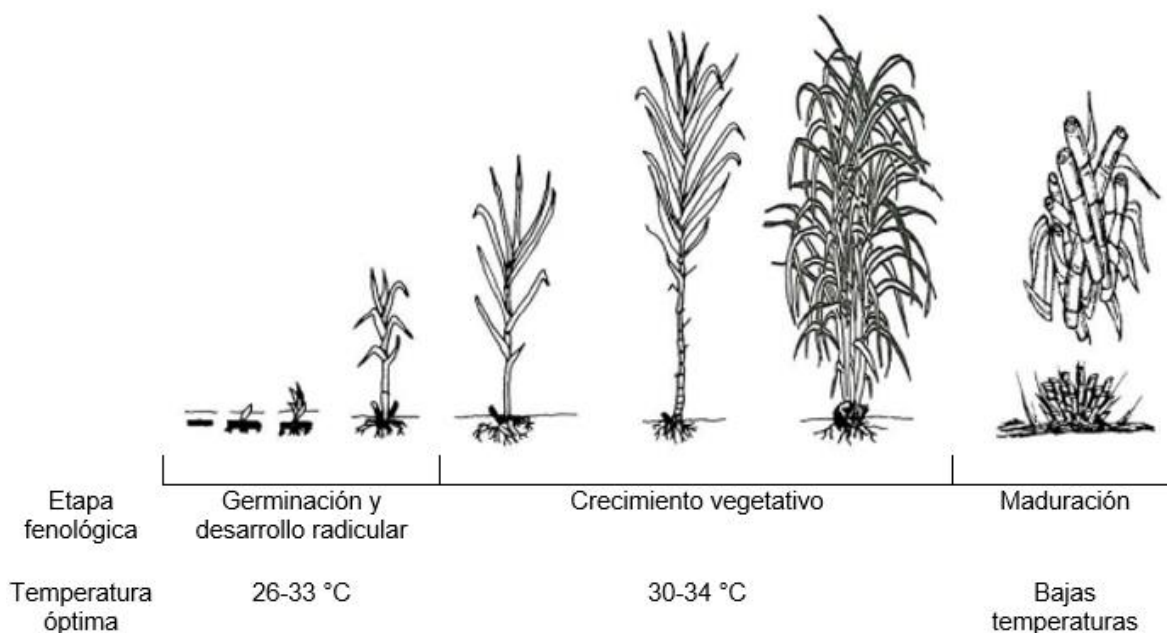
Los tallos están sujetos por las raíces, el 65% de estas se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad y el 80% en un radio de 60 cm. Esta planta presenta brotes secundarios que se forman a partir de las yemas axilares presentes en los nudos. Su propagación para siembra comercial se da de forma asexual, por medio tallos o esquejes que brotan de las yemas, que más tarde formaran tallos principales, secundarios y hasta terciarios (Duarte y González 2019).

### **2.1.3 Exigencias climáticas del cultivo**

Las condiciones climáticas inciden de manera importante en la germinación y desarrollo radicular, crecimiento vegetativo y maduración de las plantas. La

temperatura, la radiación solar y la humedad son factores determinantes en el crecimiento, rendimiento y calidad de la caña de azúcar (Duarte y González 2019).

La temperatura puede influir en el óptimo desarrollo de la planta en sus diferentes etapas fenológicas (Figura 1). Por debajo de los 20°C, la germinación y desarrollo radicular será lento; arriba de los 38°C y debajo de los 15°C, el crecimiento vegetativo se detiene. En la etapa de maduración cuando las temperaturas son bajas, aumenta la producción y almacenaje de sacarosa (Duarte y González 2019).



**Figura 1.** Rangos óptimos de temperatura en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Fuente: Elaboración propia adaptado de Aguilar 2011 y Duarte y González 2019).

En cuanto a la precipitación, el cultivo necesita en promedio 1350 mm por año, distribuida de manera desigual en las etapas de desarrollo. Para el desarrollo de raíces debe haber suficiente agua de lo contrario estas mueren; en la etapa de crecimiento vegetativo es donde se acumula mayor cantidad de biomasa, el agua es esencial, deficiencias de esta causan una detención del crecimiento y bajos rendimientos. Finalmente, en el periodo de maduración las necesidades de agua se reducen, ya que se necesita que la caña cese de crecer para que concentre sacarosa (Duarte y González 2019).

El macollamiento y crecimiento de los tallos son estimulados por la intensidad luminosa y la cantidad de horas luz. Cuando la planta recibe alta intensidad y larga duración de luz solar se favorece el macollamiento, cuando la luz solar se extiende entre 10 y 14 horas, los tallos aumentan de tamaño (Duarte y González 2019).

## **2.2. Arvenses asociadas a la caña de azúcar en Costa Rica**

Rojas et al. (2003) en un estudio hecho en la Región Norte, encontraron arvenses en los bordes de los cañales con una dominancia mayor al 5% de: *Ischaemum indicum*, *Rottboellia cochinchinensis*, *Paspalum notatum*, *Paspalum conjugatum*, *Paspalum fasciculatum*, *Mimosa pudica*, *Ipomoea* sp., *Paspalum virgatum*, *Xanthosoma* sp., *Digitaria* sp., *Brachiaria mutica*, *Hipobroma longiflora*, *Achyranthes aspera*, *Cynodon dactylon*, *Pennisetum purpureum* presentes; no obstante, hay más de 50 especies asociadas a este cultivo. Por su lado Soto (2019) encontró 157 especies de arvenses, 83 especies en Puntarenas y 120 en Turrialba (Cuadro 7, Anexos).

## **2.3. Insectos asociados a la caña de azúcar en Costa Rica**

En el país se reportan alrededor de 25 plagas insectiles (Cuadro 9, Anexos), todas ellas de alta importancia por su distribución e impacto al cultivo, se reconocen el barrenador gigante (*Telchin atymnius futilis*, *T. atymnius drucei*), barrenador común de tallo (*Diatraea guatemalaella*, *D. tabernella*, *D. saccharalis*), jobotos (*Phyllophaga* spp., *Anomala* spp., *Cyclocephala* spp.), salivazo (*Aeneolamia* spp., *Prosapia* spp., *Zulia vilior*) y el chinche de encaje (*Leptodictya tabida*) (Salazar et al. 2016).

No todas las plagas tienen el mismo grado de importancia, se dividen según su estatus: plaga de alta importancia, plaga de alta importancia en condiciones específicas y plaga potencial (Salazar et al. 2016). Las poblaciones de las estas se pueden manejar por medio de diferentes estrategias de control (

**Cuadro 11**, Anexos) para evitar daños importantes en el cultivo; el manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas son determinantes para el establecimiento y proliferación de dichas poblaciones. Pero no todos los insectos son plaga, Soto (2019) realizó un estudio de insectos asociados a arvenses en el cultivo, encontró diferentes insectos asociados a estas (Cuadro 6, Anexos) dentro de los cuales hay saprófitos, parasitoides, depredadores, omnívoros y polinizadores, cuya función es importante para mantener un equilibrio dentro del agroecosistema.

#### **2.4. Servicios ecosistémicos de los insectos**

Los insectos son el grupo de organismos más diverso del planeta: corresponden al 54% del total de organismos descritos y 75% de las especies del reino animal. Generalmente, pasan desapercibidos debido a su tamaño: la mayoría miden tan solo unos milímetros. Ocupan múltiples ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, donde en ocasiones pueden alcanzar altas poblaciones (Zumbado y Azofeifa 2018).

La palabra insecto en muchas ocasiones se asocia con organismos dañinos o molestos, debido a sus hábitos alimenticios o comportamiento. Ciertamente, pueden ocasionar daños en los cultivos, algunos afectan específicamente el cultivo de la caña de azúcar (Cuadro 9) o ser vectores de enfermedades en organismo animales y vegetales; sin embargo, estos insectos solo representan el 3% del total de insectos descritos, lo que quiere decir que 97% de los insectos descubiertos hasta la actualidad, cumplen un rol importante dentro del agroecosistema (Zumbado y Azofeifa 2018). Por ejemplo, de este alto porcentaje de individuos se puede obtener miel, polen, seda, cera, pegamentos, laca, aceites, tintes, colorantes, medicamentos, alimento para animales. Además, en el ámbito agrícola pueden ofrecer servicios de polinización, descomposición de materia orgánica y reciclaje de nutrientes.

En esta misma línea, Zumbado y Azofeifa (2018) indican que cerca del 25% son depredadores o parasitoides de otros insectos que son perjudiciales para los



cultivos, lo que podría verse como un servicio ecosistémico dentro del agroecosistema. El

Cuadro 8 muestra algunos de los insectos que son considerados benéficos dentro del sistema de producción de caña de azúcar, por su servicio ecosistémico de control natural de plagas del cultivo.

Bustillo (2011) menciona que existen una gama importante de insectos que causan daños en el cultivo de caña de azúcar. A pesar de lo anterior, muchos mantienen bajas poblaciones por lo que no repercuten considerablemente en el rendimiento del cultivo, debido a un control natural que ofrecen diversos insectos que se alojan en el agroecosistema. Este equilibrio se da integrando diferentes estrategias que fomentan la producción amigable con el ambiente. Fomentar y usar enemigos naturales de las plagas, introducir enemigos exóticos, utilizar control etológico, promover un manejo selectivo de arvenses nativas de los bordes aledaños a los cañales con el objetivo de proporcionar el alojamiento de enemigos naturales de los insectos plaga, sembrar variedades de caña con resistencia o tolerancia a plagas y usar organismos benéficos, son las estrategias más utilizadas para lograr una producción más ecológica (Bustillo 2011).

## **2.5. Servicios ecosistémicos de las arvenses**

Es sabido que las malezas compiten con el cultivo por luz, agua, nutrientes y CO<sub>2</sub>, esto podría generar pérdidas importantes en el rendimiento, además de que serían un potencial reservorio de enfermedades y plagas. No solo es necesario conocer las especies de arvenses de mayor Dominancia y con ello diseñar estrategias para evitar una reducción en el rendimiento, sino también para usar los servicios ecosistémicos que estas ofrecen al agroecosistema (Blanco y Leyva 2010); ya que estas tienen múltiples los beneficios (Pérez et al. 2016). No obstante, el productor por practicidad lleva a cabo un control total de las arvenses sin considerar estos beneficios (Blanco y Leyva 2010).

La diversidad de arvenses presentes el cultivo tiene un importante aporte en la composición y las interacciones de la entomofauna asociada a los cultivos. Los insectos benéficos en un hábitat diverso tienen más posibilidades para alimentarse, reproducirse y encontrar refugio (Blanco y Leyva 2009).

León y colaboradores (2019) mencionan que algunos años atrás se consideraba que las arvenses representan el principal problema de algunos cultivos, debido a su competencia con el cultivo, esto no va a variar. No obstante, el conocimiento generado hasta el momento señala que la contribución de estas coberturas vegetales en el equilibrio del agroecosistema por las relaciones que tienen con insectos benéficos es importante. Morales y colaboradores (2007) encontraron huevos parasitados de *Mocis* spp. (plaga en caña de azúcar), por *Trichogramma pretiosum* en plantas arvenses del género *Digitaria*. Por otro lado, hay reportes de asteráceas en general albergando insectos benéficos de varias familias (Alonso *et al.* 2019). En el

**Cuadro 10** se detallan más asociaciones de arvenses con insectos benéficos.

Entre los beneficios de las arvenses están el aumentar la cantidad de material genético del agroecosistema y su estabilidad, funcionan como abono verde, control de erosión (Blanco y Leyva 2007), algunas incrementan la fertilidad por medio de la fijación de nutrientes, regulación de plagas, refugio de organismos de control natural y control biológico, reservorio de depredadores y parasitoides de insectos (Alonso 2019), aporte de materia orgánica, retención de humedad en el suelo (Izquierdo 2012; lo que mantiene cierto equilibrio ecológico en el agroecosistema (León-Burgos, Murillo-Pacheco, Bautista-Zamora, & Quinto, 2019).

La FAO (2015) recomienda mantener niveles tolerables de arvenses para favorecer las poblaciones de insectos benéficos, por ejemplo, dentro (camino) y en los alrededores de las fincas; tal y como lo plantea DIECA por medio de este estudio.

Dentro del marco agroecológico a esto se le llaman coberturas cuyos aportes coinciden con los anteriores mencionado (Izquierdo, 2012). Muchas de estas arvenses son nectaríferas (productoras de polen y de jugos ricos en azúcar), lo que sirve para que los insectos benéficos se alimenten; por ejemplo, hay un control natural de salivazo (*Aeneolamia varia*) por parte de insectos benéficos *Salpingogaster nigra*, este obtiene alimento de arvenses nectaríferas, por lo tanto, se recomienda permitir el crecimiento controlado de estas con el objetivo de aumentar las poblaciones de estos insectos (Bustillo 2013).

## **2.6. Índices utilizados**

Se utilizaron tres indicadores para describir las poblaciones y comunidades de las fincas: abundancia e Índice de diversidad de Shannon-Weiner. La abundancia se mide con el número de especies presentes en la comunidad (Soler et al. 2012) para el caso de este estudio la abundancia de arvenses se medirá con el número de especies para las arvenses y abundancia de insectos cantidad de individuos por familia taxonómica.

Índice de Shannon-Weiner se obtienen valores entre 0 y 5; cuando se acercan a 5 indica que la diversidad es alta, si por el contrario los valores son cercanos a 0

revela una diversidad baja (Soler et al. 2012, Soto, 2019). Se calcula tanto para las arvenses como para los insectos, con la siguiente ecuación:

$$H = - \sum_{i=1}^{S_{abs}} P_i \text{Ln}_e P_i$$

$$P_i = n_i/N$$

Donde:

H = Índice de Shannon-Weiner

S = Abundancia (número de morfoespecies para los insectos y número de especies para las arvenses)

$n_i$  = Porcentaje de cobertura  $i$  para el caso de arvenses; número de individuos de la familia  $i$  para el caso de insectos.

N = Abundancia total de las especies, para el caso de arvenses; abundancia total de las familias para el caso de insectos.

$P_i$  = Abundancia proporcional de la  $i$ ésima especie. Se utilizará el porcentaje de cobertura de cada especie para el caso de las arvenses y el número de individuos de cada morfoespecie para los insectos.

La dominancia es el porcentaje del total de veces que se identificó la especie o familia en cada finca.

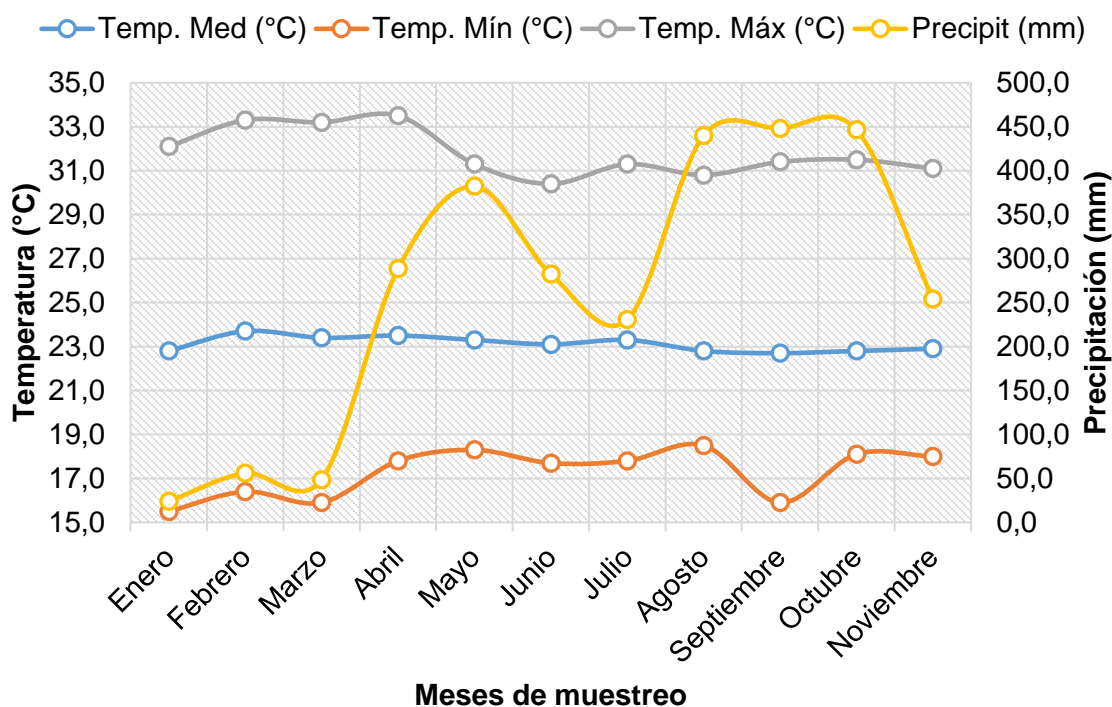
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del sitio de estudio

Se analizaron dos fincas del distrito de San Pedro de Pérez Zeledón, las cuales pertenecen a la zona de vida de bosque húmedo premontano, y presentan suelos ultisoles de estructura franco-arcillosa y un pH cercano a 4,7; cuentan con un relieve moderadamente ondulado y una altura promedio de entre 553 y 557 msnm (CIA, s.

f). La finca El Porvenir se sitúa en El Porvenir, San Pedro, Pérez Zeledón, específicamente en las coordenadas 548749 E y 1022961 N. La finca San Pedro se ubica en la Comunidad de San Rafael, San Pedro, Pérez Zeledón; en las coordenadas 548724 E y 1025652 N.

Según los datos de una estación meteorológica marca Davis ubicada en la Finca El Porvenir, se reportó que los meses más secos son enero, febrero y marzo y julio con menos de 75 mm mensuales de precipitación, abril, junio, julio y noviembre presentaron entre 200 y 300 mm mensuales. Los demás meses acumularon mensualmente más de 375 mm de lluvia (Figura 2). Por otro lado, la temperatura media anual tiene valores cercanos a 23°C, en los primeros meses del año se pueden alcanzar temperaturas máximas cercanas a 33°C por la noche temperaturas mínimas cercanas a 16°C.



**Figura 2.** Dinámica de variables climáticas en las fincas de estudio entre febrero y noviembre del 2021.

### 3.2. Período de estudio

El estudio se llevó a cabo en febrero, marzo, abril, mayo, agosto y noviembre del 2021.

### 3.3. Material experimental

La finca El Porvenir (Figura 3) se manejó bajo un sistema convencional. La finca se divide en dos sectores: A y B; las muestras se tomaron del sector B que tiene una extensión de 73,71 hectáreas (ha). Estos tenían sembradas las variedades RB 98-710, RB 99-381, LAICA 04-825, LAICA 05-805, LAICA 04-44, LAICA 04-809, Q 96, B 76-259, LAICA 05-802 y SP 78-4764, las cuales están segregadas en diferentes lotes de la finca<sup>1</sup>.



**Figura 3.** Imagen satelital de la finca El Porvenir. (Fuente: Satellite Pro)

---

<sup>1</sup> Valverde, W. 20 may. 2020. Manejo agronómico de la caña de azúcar en las fincas (entrevista). Pérez Zeledón, Costa Rica. Corporación Coopeagri.

En ambas fincas el primer semestre se utiliza para las labores de fertilización, aplicación de herbicidas dentro del cultivo, ya que una vez que crece es difícil realizarla, en el segundo semestre realizan control de arvenses en bordes y caminos y otras labores de menor urgencia.

La fertilización se realizó a los 45 días y a los 90 días después de la siembra (dds) o días después de la cosecha (ddc), en cada aplicación se utilizaron 7 sacos/ha de la fórmula química completa 17-0-25-5-1,4; la única diferencia en la aplicación del fertilizante es que después de la siembra el fertilizante se coloca en el fondo del surco y después de la cosecha al voleo. Se realizó una quema controlada antes de la cosecha. El control de arvenses en el cañal se realizó por medio de herbicidas, para hoja ancha se utilizó Triclopyr, Metsulfuron metil, 2-4 D, para hoja angosta Hexazinona, Diuron y los preemergentes Pendimetalina, Terbutilazina; el manejo en bordes y callejones se hizo con Glifosato y Metsulfuron metil. Las principales plagas fueron los jobotos (*Phyllophaga* spp.), áfidos (*Rhopalosiphum* sp., *Melanaphis* sp., *Sipha* sp.), comején (*Heterotermes* sp.), picudo (*Metamasius hemipterus* y *M. dimidiatipennis*) y barrenador común del tallo (*Diatraea* spp.) para los cuales solamente se realizó control varietal<sup>1</sup> y contra este último liberaciones del parasitoide *Cotesia flavipes*<sup>2</sup>.

Por su parte, la Finca San Pedro (Figura 4) tiene una extensión de 51,14 ha dividida en lotes sembrados con las variedades LAICA 04-809, CP 87-248, RB 98-710 y RB 86-7515. Esta estuvo en una transición a orgánica del 2016 hasta 2020, por razones de costos la corporación decidió seguirle dando un manejo convencional igual al de la finca Porvenir a partir del 2021.

---

<sup>2</sup> Salazar, J. D. 29 may. 2022. Manejo de *Diatraea* en fincas de caña de azúcar (entrevista). Grecia, Costa Rica. LAICA.





**Figura 4.** Imagen satelital de la finca San Pedro. (Fuente: Satellite Pro)

En los años en los que estuvo con un manejo orgánico se abonó con 100 sacos de una mezcla de 92% abono orgánico “El Sembrador”, 4% harina de sangre y 4% de cal dolomita a los 45 días dds o ddc y siete sacos/ha de K-Mag 30 días después del abonado. No se realizó quema antes o después de la cosecha. El control de arvenses en el cañal, bordes y caminos se realizó con motoguadaña. Las principales plagas fueron los jobotos (*Phyllophaga* spp.), áfidos (*Rhopalosiphum* sp., *Melanaphis* sp., *Sipha* sp.), comején (*Heterotermes* sp.), picudo (*Metamasius hemipterus* y *M. dimidiatipennis*) y barrenador común de tallo (*Diatraea* spp.) para los cuales solamente se realiza control varietal, control biológico con parasitoides (*Cotesia flavipes*) y hongos entomopatógenos<sup>1</sup>.

Los resultados que este estudio arroje son válidos únicamente en las condiciones específicas del sitio donde se ubican los cultivos, debido a que las interacciones entre los organismos no dependen de su presencia, sino que también de los factores ambientales.

### 3.4. Unidad muestral y área experimental

El área experimental (AE) fueron los bordes adyacentes y caminos de los cañales, estos no debían estar perturbados por el control de arvenses manual o químico. En cada visita mensual se aspiraron 10 muestras completamente al azar estratificado, cada muestra se colocó en una bolsa plástica de cierre hermético y se situó en una hielera para bajar el metabolismo de los insectos y así evitar la depredación; de cada sitio de muestreo se tomó una breve descripción.

La unidad muestral (UM) para el reconocimiento de las arvenses fue una cuadrícula de 0,25 m<sup>2</sup> y la UM de los insectos fue un cuboide metálico de 0,25 m<sup>3</sup> cubierto de malla antiáfidos (Figura 5) el cual se revisó después de cada muestreo para asegurarse que no hubiesen quedado insectos dentro este.



**Figura 5.** Instrumentos utilizados para la colecta de los insectos. A) Cuboide metálico cubierto por una malla antiáfidos adyacente al cañal; B) Equipo de aspirado

de insectos, aspiradora de gasolina y bolsa confeccionada de malla anti-áfidos; C) Bolsa de malla dentro de la bolsa hermética.

### 3.5. Grupos y repeticiones

Los grupos para este estudio fueron las fincas con su respectivo manejo, el cual se detalló anteriormente; estas se evaluaron en febrero, marzo, abril, mayo, agosto y noviembre del 2021.

### 3.6. Variables de respuesta

Las variables de respuesta para arvenses se tomaron en campo, las de insectos se completaron en laboratorio (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Variables de respuesta para el estudio de asociación entre insectos arvenses en sistemas de producción de caña de azúcar de la Región Sur de Costa Rica.

| <b>Variables</b>                     | <b>Descripción</b>   | <b>Abreviatura</b> | <b>Unidad de medición</b>               | <b>Equipo de medición</b>       |
|--------------------------------------|--|--------------------|---|---------------------------------|
| Cobertura de arvenses                | Porcentaje que ocupa cada especie de arvenses en 0,25 m <sup>2</sup>                     | %Cob               | Porcentaje                              | Cuadrícula, observación         |
| Fenología del arvense                | Se obtiene al determinar si la arvense tenía flores o estaban ausentes.                  | Fenología          | No tiene                                | Observación                     |
| Abundancia de arvenses               | Cantidad total de géneros de arvenses encontradas en las fincas, es un promedio mensual. | Ra                 | No tiene                                | No tiene                        |
| Número de insectos por morfoespecies | Clasificar las morfoespecies y contar el número de insectos que tuvo.                    | InMorf             | Cantidad de individuos por morfoespecie | Cuboide, aspirador, microscopio |
| Abundancia de insectos               | Total de insectos por muestra de 0,25 m <sup>3</sup> , es un promedio mensual.           | Ri                 | Cantidad de insectos totales            | Cuboide, aspirador, microscopio |

|                          |   |    |          |                                 |
|--------------------------|---|----|----------|---------------------------------|
| Índice de Shannon-Weiner | Estima la diversidad de especies tanto de las arvenses como de los insectos, es un promedio mensual. Porcentaje del total | H  | No tiene | Programa estadístico Infostat/P |
| Dominancia               | de veces que se identificó la especie/familia en cada finca.  | Fr | No tiene | Microsoft Excel                 |

---

### 3.7. Análisis estadístico

Una vez identificadas las muestras tanto de insectos como de arvenses se calculó las Dominancias relativas de arvenses e insectos por mes para cada una de las fincas en el programa Microsoft Excel 365.

Para la comparación de la diversidad de ambas fincas y tiempos de medición se utilizó la técnica de modelos lineales generales y mixtos y la prueba de comparación DGC para encontrar diferencias significativas entre meses y entre fincas. Estos análisis se ejecutaron con el programa estadístico InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2019), con un nivel de confiabilidad del 0,95.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización de las fincas según las arvenses encontradas

Se identificaron un total de 64 especies y 57 géneros pertenecientes a 24 familias (Cuadro 2). En finca Porvenir se clasificaron 43 especies y 37 géneros de 17 familias; mientras que en finca San Pedro se contabilizaron 44 especies y 41 géneros de 20 familias; en el Cuadro 12 se muestran las especies de arvenses encontradas en cada finca. Soto (2019) en su estudio encontró 157 especies (83 en El Palmar y 120 en Turrialba), 105 géneros (58 en El Palmar y 86 en Turrialba) y 41 familias (33 en cada zona), no obstante, realizó tres muestreos más que en este estudio; Vera et al. (2018) por su lado, encontraron 22 familias y 55 especies de arvenses en musáceas.

**Cuadro 2.** Cantidad de familias, géneros y especies de arvenses identificadas en las fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón entre febrero y noviembre del 2021.

| <b>Finca</b> | <b>Familia</b> | <b>Género</b> | <b>Especie</b> |
|--------------|----------------|---------------|----------------|
| Porvenir     | 17             | 37            | 43             |
| San Pedro    | 20             | 41            | 44             |
| <b>TOTAL</b> | 23             | 57            | 64             |

### 4.2. Comparación de las fincas de acuerdo con abundancia y diversidad biológica de arvenses a través del tiempo.

Ambas fincas presentaron valores de abundancia y diversidad de Shannon de arvenses similares (

Cuadro 3). Al comparar estadísticamente los índices se encontró diferencias significativas entre fincas para la abundancia y diversidad de arvenses. Los valores de diversidad son más bajos con respecto a los encontrados por Soto (2019) en caña de azúcar.

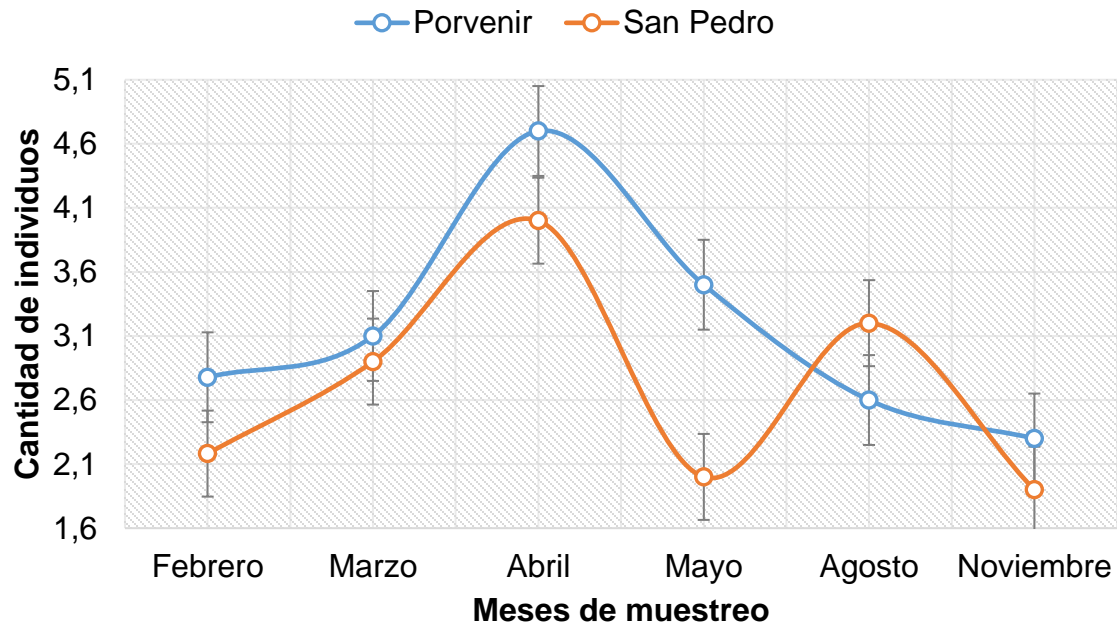
**Cuadro 3.** Comparación de fincas de acuerdo con la abundancia e índice de Shannon de arvenses de fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica, 2021.

| <b>Finca</b>   | <b>Abundancia</b> | <b>Índice de Shannon</b> |
|----------------|-------------------|--------------------------|
| Porvenir       | 3,17              | 1,62                     |
| San Pedro      | 2,69              | 1,65                     |
| <b>Valor P</b> | 0,0371            | 0,0446                   |

La gráfica abundancia de especies de arvenses mantuvo un comportamiento similar a la de diversidad en ambas fincas (Figura 6). Del mes de febrero a abril la abundancia de ambas fincas aumentó; la precipitación también aumentó en este periodo (Figura 2), Murillo et al. (2020) señalan al aumentar las lluvias, la vegetación también lo hace.

En la finca Porvenir la abundancia descendió paulatinamente hasta alcanzar en noviembre valores similares a los de febrero; la finca San Pedro por su lado, obtuvo valores bajos en febrero, mayo y noviembre, en abril y agosto alcanzó los valores más altos de la finca, solo en agosto superó a la finca Porvenir. No se encontró diferencias significativas entre fincas en ninguno de los meses.

Los valores de abundancia de arvenses decrecen en el tiempo, tendencia contraria a la que Soto (2019) encontró en Puntarenas y Turrialba. En la finca San Pedro los valores del mes de mayo y noviembre cayeron debido a la aplicación de herbicidas días antes del muestreo, misma razón por la cual los valores en la finca Porvenir decrecen gradualmente en el tiempo, sin embargo, la curva varía debido a que las aplicaciones de estos no fueron en las mismas fechas.

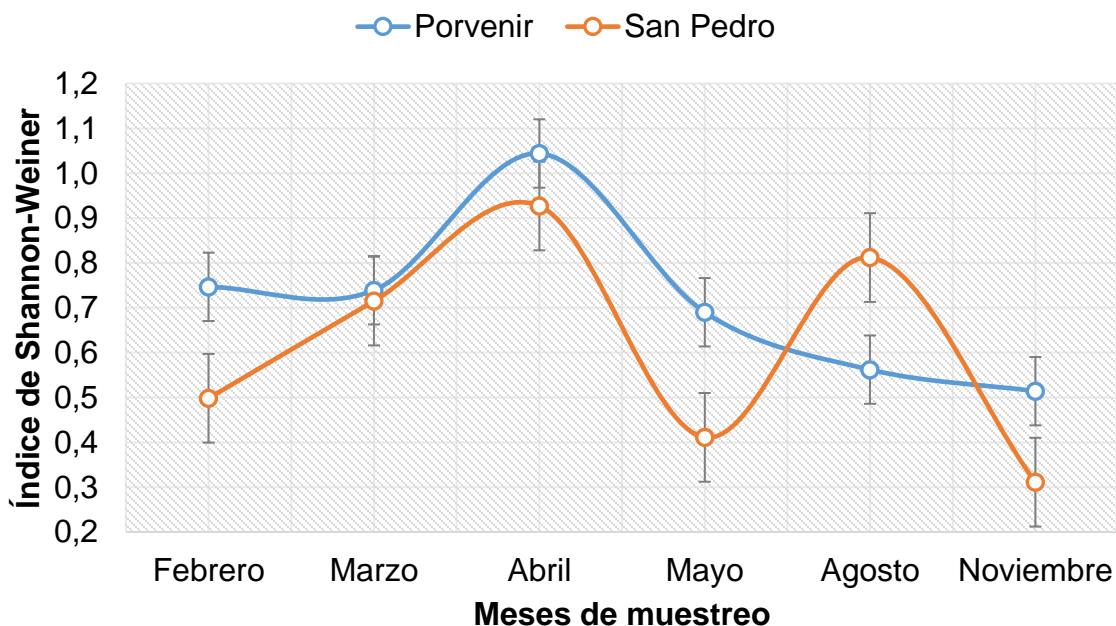


**Figura 6.** Abundancia de arvenses encontrados en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

El índice de diversidad de Shannon en el tiempo mostró fluctuaciones a través del tiempo (Figura 7), tuvo un comportamiento similar al de abundancia. Ambas fincas tuvieron una curva creciente de febrero a abril; en Porvenir a partir de mayo los valores decrecen paulatinamente, mientras que San Pedro en los valores caen en mayo drásticamente en mayo, incrementan en agosto y decrecen nuevamente en noviembre. Este comportamiento fue distinto al encontrado por Soto (2019), tanto en Turrialba como Puntarenas la diversidad aumentó en el tiempo.

Los valores se mantuvieron entre 0,3 y 1,0 valores similares a los encontrados por Rojas (2011) en el cultivo de banano, no obstante, menores a los que mostró Soto (2019) en caña de azúcar.





**Figura 7.** Índice de diversidad de Shannon-Weiner de arvenses de fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica, 2021.

El comportamiento de la curva en ambas fincas es explicado por el manejo de arvenses, en ambas fincas se aplicó Metsulfuron metil y Glifosato para el control de estas. En Porvenir estos herbicidas son parte del manejo, mientras que en San Pedro estas no se habían aplicado en cuatro años, por lo cual puede explicar el decrecimiento en mayo y noviembre. Arizaleta et al. (2008) demostraron que la mezcla de estos dos herbicidas puede modificar significativamente tanto la cantidad como la diversidad de especies de arvenses.

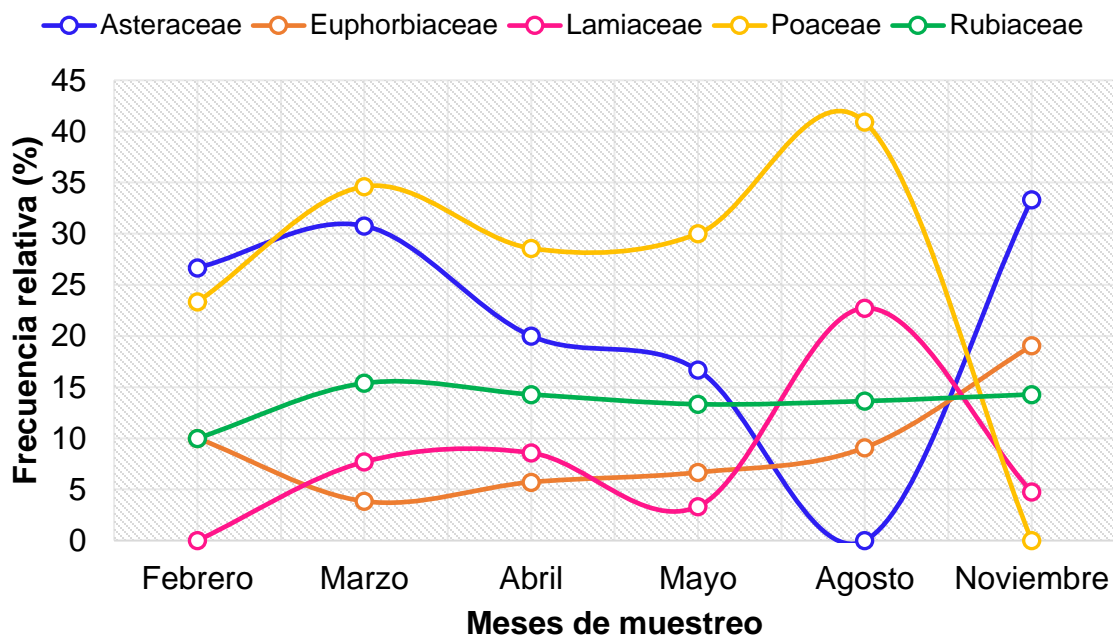
En la finca Porvenir las familias de mayor Dominancia fueron Poaceae y Asteraceae (Figura 8), aunque ambas no se presentaron en noviembre y agosto respectivamente. La curva de las familias Rubiaceae y Euphobiaceae fue relativamente estable en el tiempo, por su parte, la familia Lamiaceae no presentó individuos en febrero, sin embargo, tuvo una tendencia similar a la familia Poaceae en el tiempo; las familias Lamiaceae y Euphorbiaceae no fueron frecuentes en San Pedro.

Por su lado en la finca San Pedro, la familia Poaceae en el tiempo obtuvo mayor Dominancia con respecto a las demás familias (Figura 8), a excepción de agosto que fue superada por la familia Asteraceae y en noviembre por Asteraceae y Rubiaceae. Las asteráceas tuvieron un alza importante en agosto y noviembre. En mayo todas las familias descendieron a excepción de las ciperáceas y poáceas, esto podría indicar que estas familias fueron menos susceptibles a la aplicación de herbicida que se hizo entre abril y mayo; cabe resaltar que en el mes de noviembre el muestreo lo realizó una estudiante junto al asesor, lo que también pudo influir en la muestra. Resaltar un crecimiento rápido de la familia Rubiaceae en agosto y noviembre; finalmente, las familias Araceae y Cyperaceae no fueron frecuentes en Porvenir.

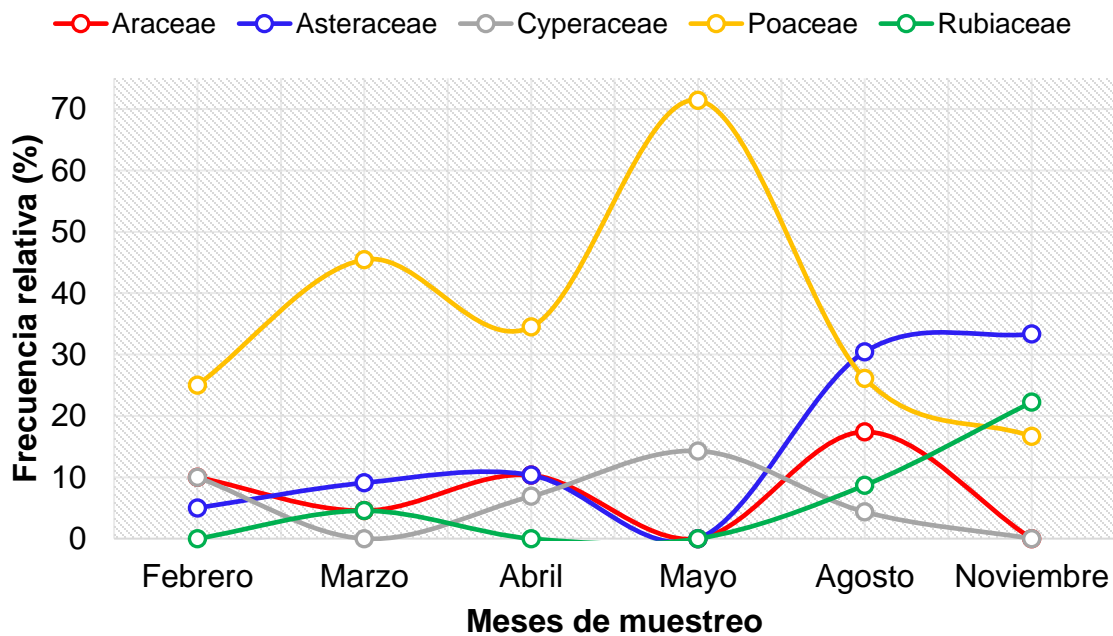
Soto (2019) también encontró que Poaceae fue la familia más frecuente, aunque no reporta a la familia Rubiaceae, Lamiaceae, si encontró a las familias Cleomaceae y Scrophulariaceae en Puntarenas y a Commelinaceae, Cyperaceae y Fabaceae en Turrialba.

La alta Dominancia de la familia Poaceae en ambas fincas coincide con los resultados de Rojas et al. (2003), Soto (2019), Barrera et al. (2019) y Naranjo et al. (2020) para el cultivo de caña de azúcar. En finca San Pedro donde se realizó entre 2016 y 2020 chapias para el control de arvenses fue aún más frecuente esta familia; Agüero et al. (2018) explican que las chapias hacen que se establezca una jerarquía de solo unas cuantas especies dominantes, ya que las otras especies están menos adaptadas a esta condición.

### Porvenir



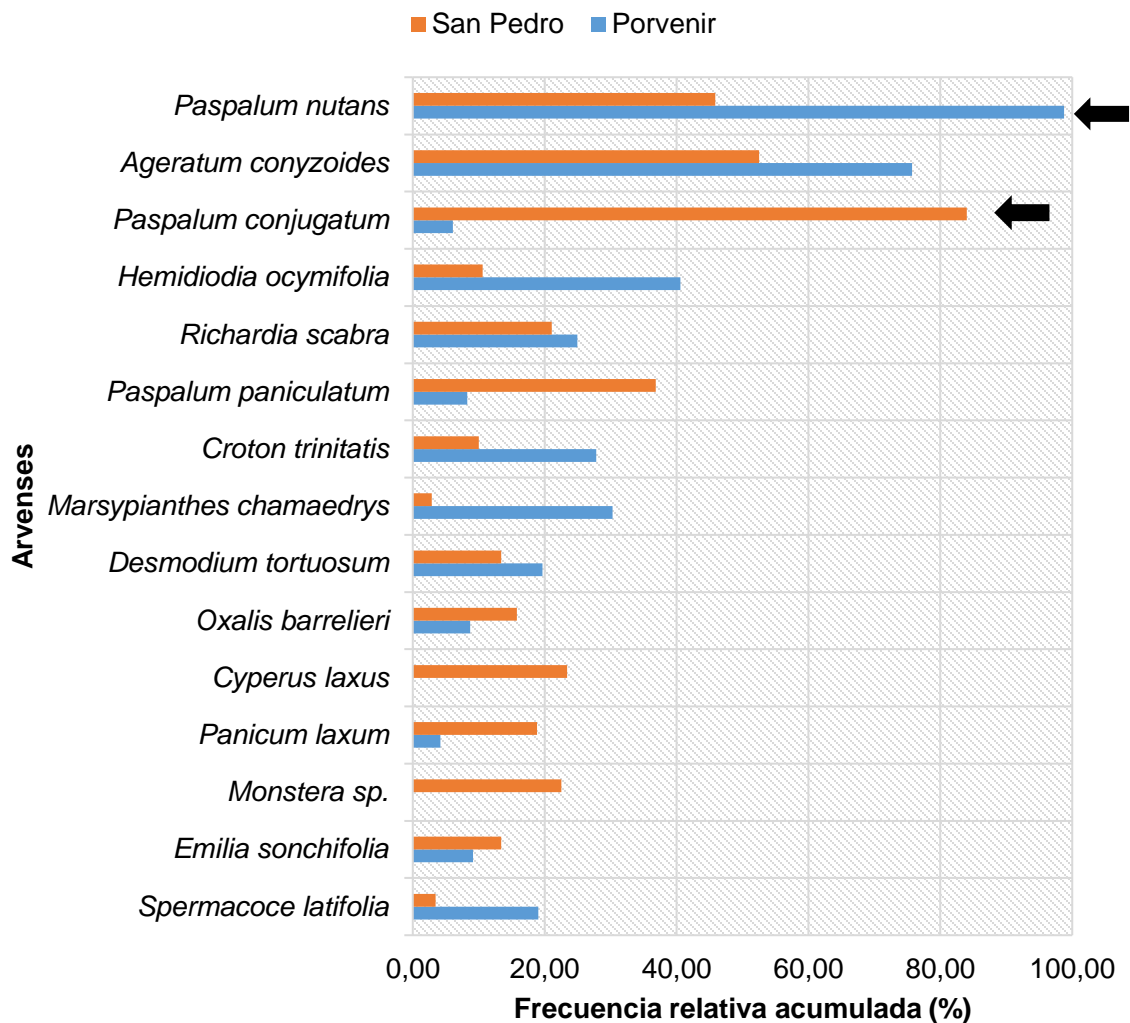
### San Pedro



**Figura 8.** Dominancia de familias de arvenses encontradas en la finca Porvenir entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Al calcular la Dominancia acumulada se observó que *Paspalum nutans* fue la arvense más frecuente en la finca Porvenir, con 98,8%, mientras que en finca San Pedro más la habitual fue *Paspalum conjugatum*, con 84,0% (Figura 9), ambas de la familia Poaceae. Soto (2019), Rojas et al. (2003), Barrera et al. (2019) y Naranjo et al. (2020) mencionan que las arvenses de mayor dominancia en el cultivo de caña de azúcar pertenecen a la familia Poaceae. Además, en ambas fincas dominó un arvense del género *Paspalum*, este es uno de los más diversos de esta familia, con cerca de 310 especies (Sánchez 2019); *P. nutans* no se había reportado este en caña de azúcar.

En la finca Porvenir también se encontró a *Ageratum conyzoides* (75,7%), *Hemidiodia ocymifolia* (40,6%), *Marsypianthes chamaedrys* (30,3%), *Croton trinitatis* (27,8%), *Richardia scabra* (24,9%), *Desmodium tortuosum* (19,7%), *Spermacoce latifolia* (19,0%), *Emilia sonchifolia* (14,1%). En fincas San Pedro también se clasificó a *Ageratum conyzoides* (52,5%), *Paspalum nutans* (45,9%), *Paspalum paniculatum* (36,8%), *Cyperus laxus* (23,4%), *Monstera* sp. (22,5%), *Richardia scabra* (21,1%), *Panicum laxum* (18,8%), *Oxalis barrelieri* (15,8%), *Desmodium tortuosum* (13,4%) de las cuales *C. laxus* y *Monstera* sp. no fueron dominante en finca Porvenir.



**Figura 9.** Dominancia acumulada arvenses encontradas en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Rojas et al. (2003) realizaron un estudio en tres zonas cañeras de San Carlos: Cutris, Quebrada Azul y Santa Fe; encontraron a *Spermacoce latifolia* en Cutris y Quebrada Azul, varios géneros de *Cyperus*, no obstante, no precisamente a la especie *laxus*; además, clasificaron al género *Emilia*, aunque no la especie *sonchifolia*, al género *Croton*, sin embargo, no a la especie *trinitatis*. Soto (2019) por su lado, no encontró a *Paspalum nutans*, *Hemidiodia ocymifolia* y a pesar de que encontró varias especies de *Cyperus* no encontró a *C. laxus*, halló dos especies de *Croton*, pero no a *C. trinitatis*. A *Ageratum conyzoides* y *Marsypianthes chamaedrys*

las localizó en Turrialba, a *Paspalum conjugatum*, *Paspalum paniculatum* las encontró en Turrialba y Puntarenas.

#### 4.3. Caracterización de las fincas según los insectos encontrados

Entre los meses febrero y noviembre se identificó un total de 2053 insectos de nueve órdenes y 75 familias ( Soto (2019) por su parte encontró 13026 insectos en nueve meses, 137 familias y 22 órdenes; alrededor de 76,4% más de insectos, 17,8% más familias y 59,1% más órdenes. Pudo incidir la baja cantidad y diversidad de arvenses, condiciones específicas de las fincas, el manejo y variación del tiempo atmosférico (Murillo et al. 2020).

**Cuadro 4).** En la finca Porvenir se encontró siete órdenes y 61 familias mientras que en San Pedro se clasificó nueve órdenes y 58 familias. Del total de individuos clasificados, 1305 de halló en finca Porvenir y 1448 en finca San Pedro; en el Cuadro 12 (anexos) se realizó una clasificación de los individuos por familia y su hábito alimenticio. Soto (2019) por su parte encontró 13026 insectos en nueve meses, 137 familias y 22 órdenes; alrededor de 76,4% más de insectos, 17,8% más familias y 59,1% más órdenes. Pudo incidir la baja cantidad y diversidad de arvenses, condiciones específicas de las fincas, el manejo y variación del tiempo atmosférico (Murillo et al. 2020).

**Cuadro 4.** Cantidad de órdenes, familias e individuos de insectos identificados en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021.

| Finca     | Ordenes | Familias | Individuos |
|-----------|---------|----------|------------|
| Porvenir  | 7       | 61       | 999        |
| San Pedro | 9       | 58       | 1054       |
| TOTAL     | 9       | 75       | 2053       |

#### 4.4. Comparación de las fincas de acuerdo con abundancia y diversidad biológica de insectos a través del tiempo

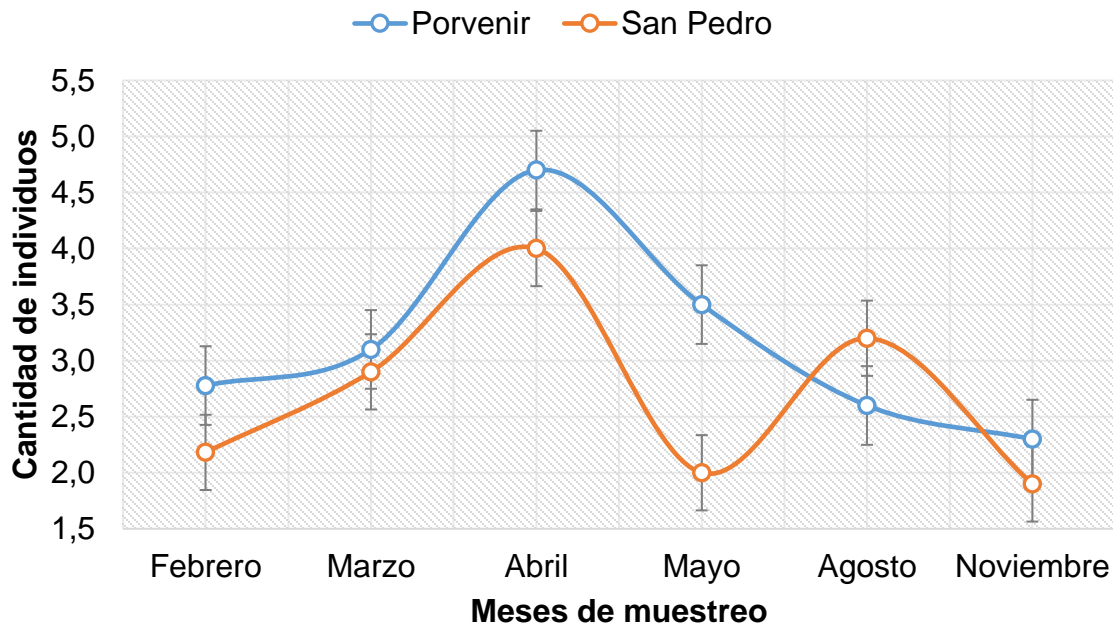
Ambas fincas presentaron valores de abundancia y diversidad de familias de insectos similares (Cuadro 5). Al comparar estadísticamente las fincas la abundancia, índice de diversidad de Shannon-Weiner a nivel de familias no se encontró diferencias significativas entre las fincas. Los valores de diversidad son más bajos que los de Soto (2019) en caña de azúcar, aunque son similares a los encontrados Murillo et al. (2020) en cítricos. Hidalgo y Acevedo (2012) explican que los valores bajos de diversidad familias de insectos, están asociados con la simplificación de la diversidad de los agroecosistemas.

**Cuadro 5.** Comparación de fincas de acuerdo con abundancia e índice de Shannon de familias de insectos de fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica, 2021.

| <b>Finca</b>   | <b>Abundancia</b> | <b>Índice de Shannon</b> |
|----------------|-------------------|--------------------------|
| Porvenir       | 7,17              | 1,53                     |
| San Pedro      | 7,25              | 1,65                     |
| <b>Valor P</b> | 0,9169            | 0,3847                   |

La curva de abundancia de individuos se comportó estable en la finca Porvenir, sin embargo, bajo paulatinamente de 220 individuos en febrero a 97 en noviembre (Figura 10), comportamiento que Soto (2019) encontró en Puntarenas. En la finca San Pedro inicio en 140 y terminó en 186 en noviembre; sin embargo, en marzo alcanzó 421 individuos, después descendió drásticamente hasta alcanzar en mayo el número más bajo (69 individuos), concluyó con 186 individuos en noviembre. En San Pedro como se dijo anteriormente se aplicó herbicida entre abril y mayo lo que repercutió indirectamente sobre las poblaciones de insectos.

Nicholls (2008) explica que las poblaciones de insectos pueden fluctuar por factores independientes de la densidad, las labores de manejo en combinación con la época seca hacen que las poblaciones de insectos disminuyan; Bustillo (2013) por su parte, contradice esta afirmación. Por otro lado, los factores dependientes de la densidad como competencia, depredación y parasitismo también hacen que las poblaciones de artrópodos cambien en el tiempo (Nicholls 2008).

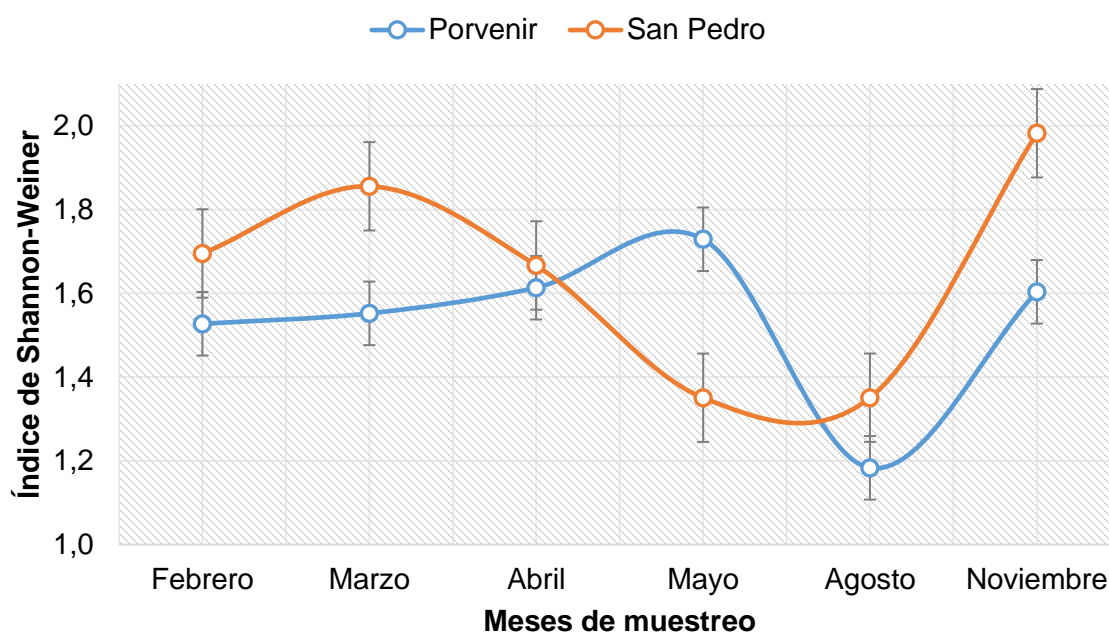


**Figura 10.** Abundancia de individuos encontrados en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

La diversidad de familias tuvo un comportamiento distinto a través del tiempo en ambas fincas (Figura 11), la finca Porvenir inició con un valor de diversidad de 1,53 y mantuvo un crecimiento constante hasta mayo y en agosto bajó drásticamente a 1,18. Por su lado, la curva de la finca San Pedro inició en 1,69, ascendió levemente hasta mayo, hasta que bajó agosto 1,10. Los valores más altos los obtuvo Porvenir en el mes de noviembre. Aunque la finca San Pedro obtuvo mayores valores en los índices, excepto en el mes de mayo; este comportamiento es diferente al encontrado por Soto (2019) en las dos zonas analizadas. No hubo diferencias significativas entre finca en ninguno de los meses.



Es importante destacar que a pesar de que en ambas fincas la abundancia de insectos fue menor en noviembre (Figura 10) y la diversidad aumentó de agosto a noviembre (Figura 11), una de las razones pudo ser la reducción de las arvenses de la familia Poaceae y el aumento de la familia Asteraceae (Figura 8) en especial *Ageratum conyzoides* (Figura 9) que fue la de mayor dominancia. Altieri et al. (2015) menciona que a mayor diversidad de arvenses de la familia Asteraceae aumentan los polinizadores a insectos benéficos, ya que las flores ofrecen alimento a estos.



**Figura 11.** Índice de Shannon-Weiner de familias de insectos calculado para las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre de 2021.

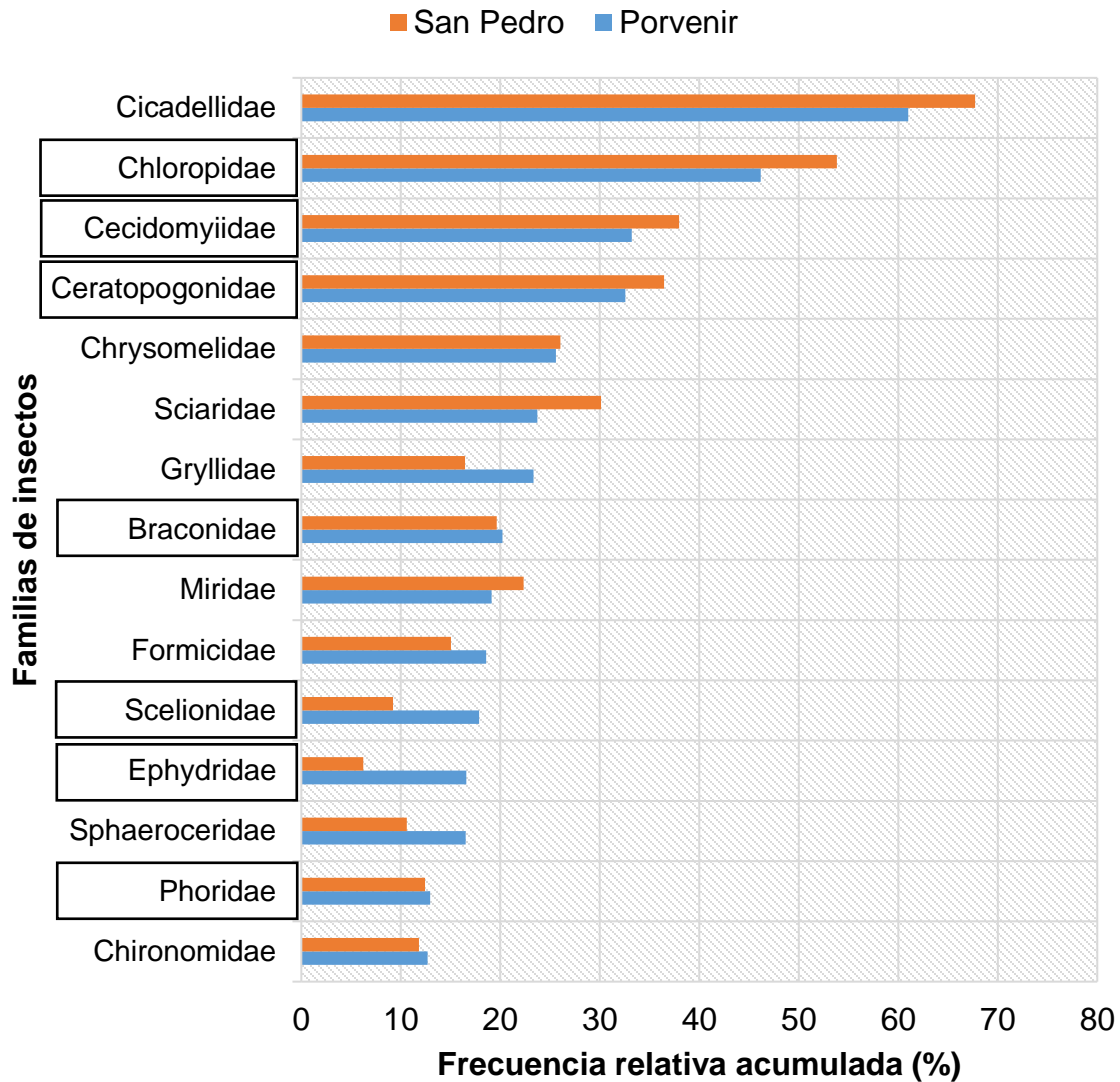
Y en la finca San Pedro donde fue significativamente mayor, con la dominancia de la familia Poaceae donde se realizaron chapias para el control de arvenses, actividad que hace que dominen solo unas cuantas especies (Agüero 2018).

Al calcular la dominancia acumulada de insectos se encontró que en ambas fincas la familia de mayor dominancia fue la Cicadellidae (fitófagos), seguido de

Chloropidae, Cecidomyiidae que cuentan con individuos depredadores, parasitoides, saprófitos y fitófagos y Ceratopogonidae que presenta parasitoides, depredadores y hematófagos (Figura 12); estas familias fueron encontrados con la misma dominancia en Puntarenas y Turrialba por Soto (2019).

Resaltar las familias de insectos parasitoides Braconidae y Scelionidae; las familias Chloropidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Phoridae y Ephydriidae dentro de los cuales hay individuos depredadores y parasitoides; y Chironomidae que presenta algunas especies con hábito alimenticio de depredador. Cerca del 60% de estas familias de estos insectos benéficos tuvo una mayor frecuencia en San Pedro con respecto a Porvenir, de cierta manera el manejo orgánico y condiciones de la finca pudo tener influencia en la creación de condiciones favorables para conservar las poblaciones de insectos benéficos (León et al. 2019), por otro lado, a pesar de que las fincas están relativamente cerca las condiciones de suelo, cercanía a bosques, altura, no se encontraron evidencias de que los herbicidas aplicados en los bordes y caminos de la finca San Pedro en esos años tengan efecto directo sobre las poblaciones de insectos, aunque hay un efecto indirecto ya que afecta las arvenses, lugar de reposo, reproducción y alimentación de estos (Blanco y Leyva 2007).

En esta línea, la finca San Pedro ofreció un hábitat adecuado para la flora y fauna de la zona, lo que incluye a los insectos; esto por medio de la incorporación de residuos de cosecha, labranza mínima, incorporación de abono orgánico, uso de coberturas vegetales, eliminación de fertilización nitrogenada y quemadas de rastrojos y eliminación de plaguicidas que propició en esos cuatro años la llegada de nuevas especies de insectos benéficos (FAO 2022). En contraste, monocultivos convencionales reduce la biodiversidad por el uso continuo de pesticidas, simplifican la vegetación y rompen el equilibrio del agroecosistema (Blanco y Leyva 2007).



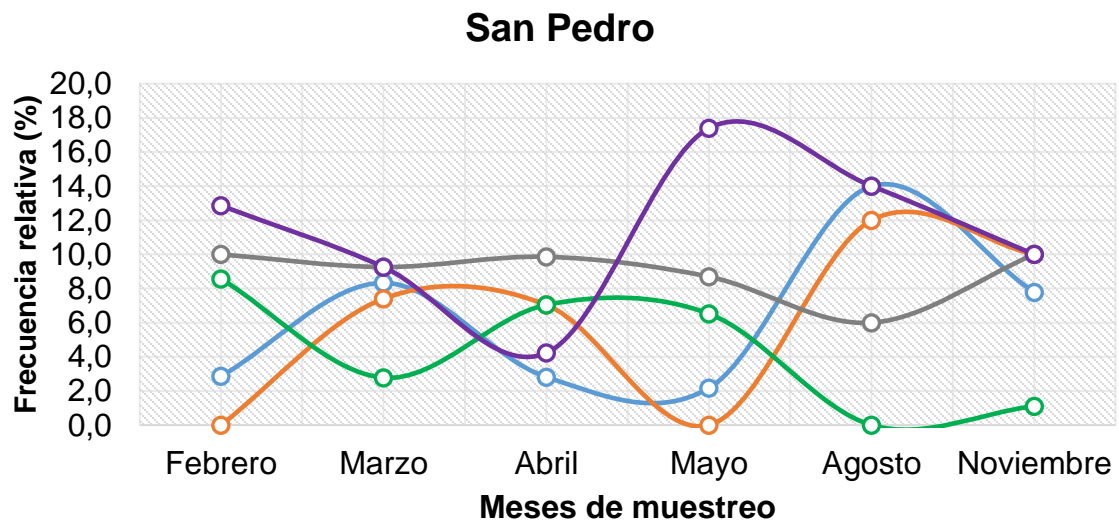
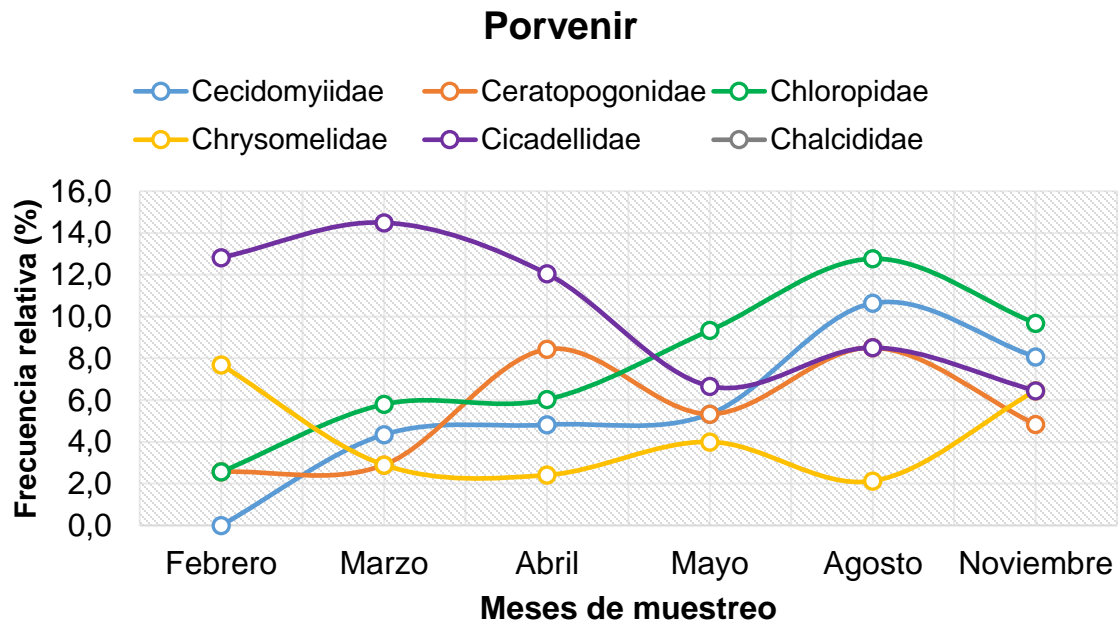
**Figura 12.** Dominancia acumulada de familias de insectos encontradas en la finca Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

La familia de mayor dominancia en ambas fincas fue Cicadellidae, aunque el comportamiento en el tiempo de sus poblaciones fue distinto entre fincas (Figura 13). La familia Chrysomelidae solamente estuvo presente en Porvenir mientras que Chalcididae lo fue únicamente en San Pedro. En esta última finca las familias Cicadellidae, Cecidomyiidae y Ceratopogonidae tuvieron un comportamiento similar

y en Porvenir todas las familias tuvieron una tendencia creciente, no así en caso de Chloropidae y Chalcididae en San Pedro.

El comportamiento de las poblaciones de Cicadellidae en Porvenir fue diferente a las encontradas por (Soto 2019), tanto en Puntarenas como Turrialba la tendencia fue creciente en el tiempo; la familia Sciaridae no estuvo entre las seis familias más frecuente de su estudio. Los crisomélidos estuvieron frecuentes solamente en Puntarenas; las demás familias experimentaron un comportamiento diferente a Puntarenas y Turrialba. Resaltar que las dominancias de este estudio fueron menores a las que encontró esta autora.

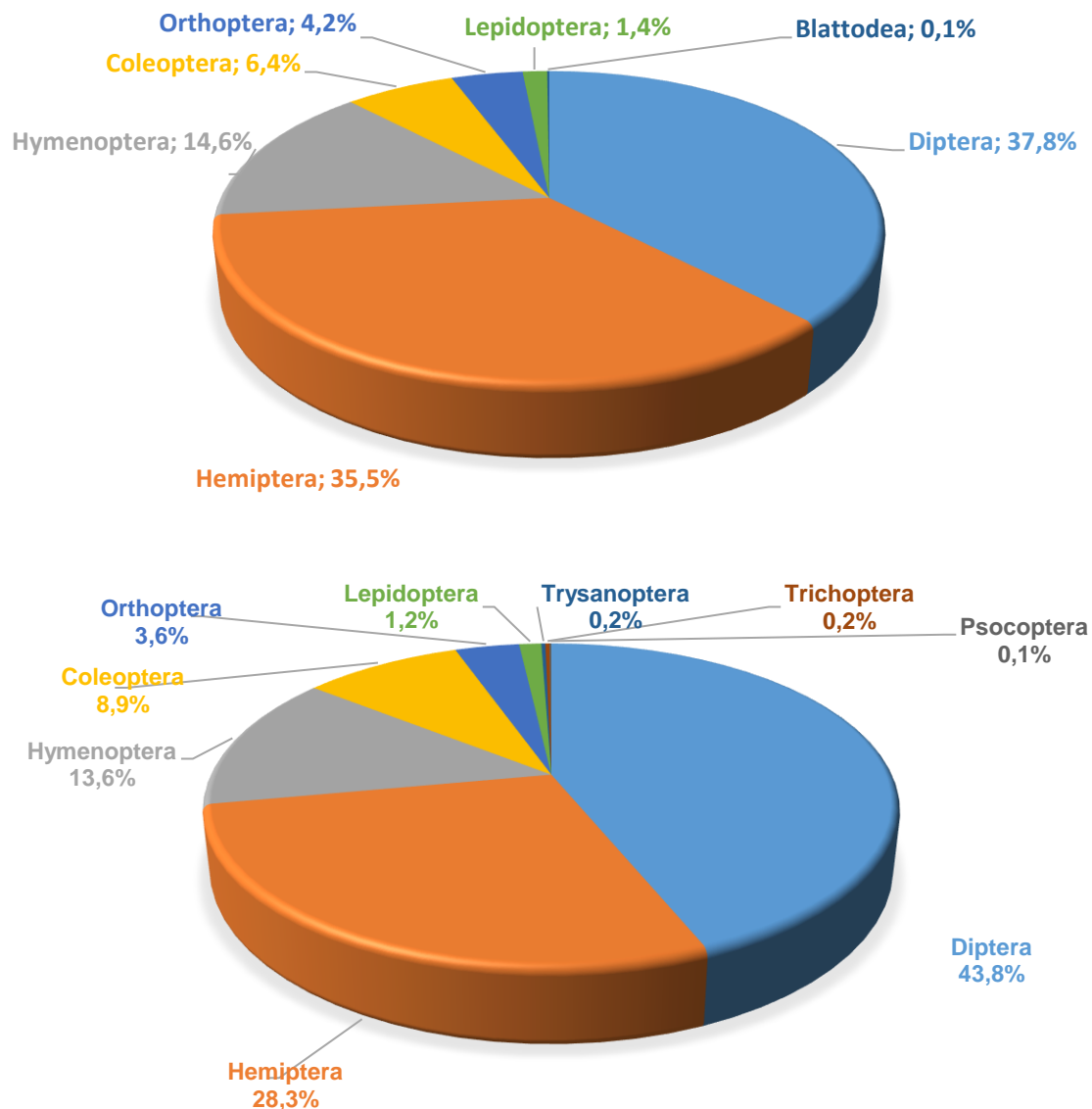
Nicholls (2008) explica que las labores de manejo del cultivo (cosecha, control de arvenses, fertilización, etc.) que en esta finca se realizan entre enero hasta abril, podría explicar porque en la mayoría de los casos las poblaciones inician bajas y aumentan en el tiempo; agrega que es posible que las poblaciones de la familia Cicadellidae del Porvenir estén adaptados a los cambios que se producen en el hábitat y que una vez que las labores de manejo acaban las poblaciones aumentan y las de cicadélidos bajan. Esto podría ser explicado por dos razones: 1) los individuos de las familias parasitoides y depredadores podrían estar ejerciendo cierto control sobre los cicadélidos (Blanco y Leyva 2007), (Nicholls 2008), (Bustillo 2011) y 2) estos solo estaban usando las arvenses como hospedero alternativo (Blanco 2016), una vez que la caña vuelve a crecer migra a esta.



**Figura 13.** Dominancia de familias de insectos encontradas en las fincas Porvenir y San Pedro entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

El orden más frecuente en ambas fincas fue el Díptera (Figura 14) se encontró en 37,8% y 43,8% en Porvenir y San Pedro respectivamente. Le siguen los órdenes Hemíptera, Hymenoptera, Coleóptera, Orthoptera y Lepidóptera. En Porvenir se clasificaron individuos del orden Blattodea, mientras que en San Pedro

se clasificó los órdenes Trysanoptera, Trichoptera y Psocoptera. Soto (2019) encontró el mismo orden de dominancia de los primeros cuatro ordenes, aunque no mostró en los gráficos los órdenes Blattodea, Trysanoptera, Trichoptera y Psocoptera. Resaltar que estos taxones de insectos no son perjudiciales en el cultivo, por el contrario, se podrían usar como indicadores rápidos de salud del agroecosistema Guzmán et al. (2016).



**Figura 14.** Órdenes de insectos encontrados en la finca Porvenir entre febrero y noviembre del 2021, Pérez Zeledón, Costa Rica.

#### 4.5. Asociaciones entre arvenses e insectos benéficos

De las arvenses encontradas (Cuadro 12, Anexos), *Acalypha arvensis* alberga arácnidos depredadores (Rojas 2011) y al polinizador *Apis mellifera* L. (Carabalí et al. 2021); *Ageratum conyzoides* está relacionado con depredadores de la familia Syrphidae y con parasitoides de la familia Mymaridae (Soto 2019); *Bidens pilosa* está asociada con *Orius pumilio* (Anthocoridae) (Alonso et al. 2019), polinizadores como *Apis mellifera*, *Partamona* cf. *aequatoriana*, *Scaptotrigona barrocoloradensis*, *Tetragonisca angustula* (Carabalí et al. 2021)., además, alberga tachínidos que atacan barrenadores en caña de azúcar (Bustillo, 2013); en *Clidemia hirta* se han encontrado depredadores de las familia Tettigoniidae y Mantidae, también hormigas (Formicidae) (Rojas, 2011).

*Commelina diffusa* se pueden encontrar el bracónido *Rogas* sp., y los polinizadores *Apis mellifera* L., *Exomalopsis pulchella* de la familia Apidae (Alonso et al. 2019); *Commelina erecta* se puede encontrar insectos benéficos de las familias Diapriidae, Braconidae, Coccinellidae, Formicidae y Miridae (Rojas, 2011); en *Croton trinitatis*, una arvense de olor atrayente alberga los depredadores de las familias Braconidae (*Cotesia* sp., *Formicia clathrata*), Chalcididae (*Brachymeria* sp., *Spilochalcis* sp., *Conura immaculata*), e Ichneomoniae (*Cassinaria* sp.) (Aldaba et al. 1997).

También, *Cyathula prostrata* hospeda parasitoides de las familias Eulophidae y Tachinidae y depredadores de los taxones Aracnidae, Formicidae, Miridae, y Dolichopodidae; arvenses del género *Cyperus* sp., sirve como huésped de *Apis mellifera* L. (Carabalí et al. 2021).; *Desmodium* sp. alberga depredadores de la familia Tettigoniidae (Rojas 2011); planta del género *Digitaria* sp., está asociado con *Trichogramma pretiosum* de la familia Chalcididae (Morales et al. 2007), parasitoide del falso medidor *Mocis latipes* (Bustillo 2011); arvenses del género *Hyptis* spp., hospedan al parasitoide *Rhysipolis* spp. (Braconidae) y específicamente *Hyptis capitata* está asociado con *Brachymeria* sp. (Chalcididae) y *Telenomus* sp. (Scelionidae) (Aldaba et al. 1997), la especie *T. alecto* es parasitoide de *Diatraea* spp. Rojas (2011) menciona que *Kyllinga brevifolia* es huésped de hormigas

(Formicidae), *Panicum laxum* de depredadores (Tettigoniidae), *Paspalum* sp. de depredadores de la familia Coccinellidae, Platygasteridae, Tettigoniidae y Formicidae.

Además, *Momordica charantia* es hospedero de polinizadores (*Halictus* sp., *Ceratina* sp., *Pelopidas* sp., *Hylephila* sp., *Mesembrius bengalensis*, *Episyrphus* sp., *Camponotus* sp., *Stomorhina obsolete*, *Trigona* spp., abejas escarabajos pequeños (Kyam 2019); *Sida rhombifolia* alberga al chalcídido *Spilochalcis* sp. y a los braconidos *Rhysipolis* sp y *Cotesia* sp. (Aldaba et al. 1997), este último es parasitoide de *Diatraea* spp. (Bustillo 2011); una de las razones por las cuales LAICA creó un Laboratorio de Control Biológico en 1984, con el objetivo de criar diferentes organismos para el control de plagas en plantaciones de productores de caña<sup>3</sup>. Finalmente, algunas especies de *Solanum* spp., sirven de huésped para el polinizador *Apis mellifera* L. (Carabalí et al. 2021); *Spermacoce latifolia* está asociada con insectos depredadores de la familia Dolichopodidae (Soto 2019).

---

<sup>3</sup> Salazar, J. D 26 may. 2022. Creación del Laboratorio de entomología, una iniciativa de DIECA (entrevista). Grecia, Costa Rica. DIECA.



## 5. CONCLUSIONES

- Se encontró una baja abundancia y diversidad tanto de arvenses como de insectos.
- Cuando la abundancia y diversidad de arvenses decrece, la abundancia y diversidad de insectos disminuye.
- La familia de arvenses que predominó en los sistemas de producción de caña de azúcar fue la Poaceae.
- Las familias de insectos en el cultivo de caña de azúcar son Cicadellidae, Chloropidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, de las cuales las tres últimas albergan insectos benéficos.
- La presencia de la arvense *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) aumentó la diversidad de insectos.
- Las arvenses *Bidens pilosa*, *Croton trinitatis* y *Sida rhombifolia* tienen potencial para formar parte de las estrategias de MIC y MIP que promueve de LAICA en el sector cañero, ya que albergan insectos que ejercen un control natural de plagas del cultivo.

## 6. RECOMENDACIONES

- Aumentar el número de muestras por fecha de muestreo y reducir la cantidad de meses de muestreo.
- Realizar una visita previa a los sitios de muestreo, con el objetivo de identificar las arvenses más comunes y con ello elaborar un catálogo que facilite la identificación en campo.
- Realizar este tipo de estudios en las regiones productoras de caña de azúcar faltantes.
- Proponer estudios más específicos de arvenses hospederas de *Cotesia flavipes*, enemigo natural de *Diatraea*, plaga importante en casi todas las regiones productoras de caña en el país.
- Hacer un estudio más profundo de *Ageratum conyzoides*, ya que se evidenció un gran potencial como huésped de insectos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, N. 2011. Competitividad de la agroindustria azucarera de la huasteca México. Tesis PhD. Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis, 502.
- Abouhamad, SDL. 2017. Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis*, 31:80–92.
- Alonso, O; Lezcano, C. 2019. Relación ecológica plantas arvenses-entomofauna beneficiosa en sistemas silvopastoriles del occidente de Cuba Weeds-beneficial entomofauna ecological relation in silvopastoral systems of western Cuba. *Pastos y Forrajes*, 42(1): 48–56.
- Altieri, M. 1999. AGROECOLOGÍA. Bases científicas para una agricultura sustentable. Hecht, S, Liebman, M, Magdoff, F, Norgaard, Sikor, TO. Montevideo, Argentina. Editorial Nordan–Comunidad, 325p.
- Altieri, MA; Nicholls, Clara; Gillespie, M; Waterhouse, B; Wratten, S; Gbehounou, G; Gemmill, B. 2015. Crops, weeds and pollinators. Understanding ecological interaction for better management (en línea). Roma, Italia. 95p. Consultado 14 jul. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3821e/i3821e.pdf>
- Arizaleta, M; Anzalone, A; Silva, A. Efecto del uso de Metsulfuron-metil y Glifosato sobre malezas asociadas a cafetales en Venezuela. *Bioagro* 20(2): 79-88.
- Blanco, Y; Leyva, Á. 2009. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) Posterior al periodo crítico de competencia. *Cultivos Tropicales*, 30(1):11-17
- Blanco, Y. 2013. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3):51–65.
- Blanco, Y., y Leyva, Á. 2010. Riqueza y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 31(2):12-16.

- Bustillo P, AE. 2011. Parasitoides, depredadores y entomopatógenos que afectan las Plagas de la Caña de Azúcar en Colombia. CENICAÑA. 16p.
- Chaves, MA; Bermúdez, AZ. 2020. 80 años de vida institucional del sector cañero-azucarero costarricense: breve recorrido por su historia. Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. (16):1-69. <https://laica.cr/wp-content/uploads/2020/08/revista-entre-cancc83eros-no16.pdf>
- Chávez, M, Chavarría, E. 2012. ¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica? (en línea). Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Memoria. Heredia, Costa Rica. ATACA, ATACORI. Consultado 4 jul. 22. Disponible en [https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/wEIIIMwEJoViCoEDklhoXHwSVoVdvTVz#:~:text=La%20provincia%20de%20Guanacaste%20es,%25\)%3B%20y%20Heredia%20con%20apenas](https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/wEIIIMwEJoViCoEDklhoXHwSVoVdvTVz#:~:text=La%20provincia%20de%20Guanacaste%20es,%25)%3B%20y%20Heredia%20con%20apenas)
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- Duarte, OJ, González, JD. 2019. Guía técnica cultivo de caña de azúcar.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2022. Organic Agriculture. (en línea, sitio web). Consultado el 14 jul. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>
- Gómez, LA., y Lastra, LA. 1995. Insectos Asociados con la Caña de Azúcar en Colombia. Cenicaña, El Cultivo de La Caña En La Zona Azucarera de Colombia, 237–264.

- Guzmán, R., Calzontzi, J., Salas, M. D., & Martínez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 370-379.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Resultados Generales de la Actividad Agrícola y Forestal. (ISSN: 2215-552X). Recuperado de <https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/reena-cultivos2019.pdf>
- León, AF., Murillo, JI., Bautista, D., y Quinto, J. 2019. Insectos benéficos asociados a plantas arvenses atrayentes en agroecosistemas del Piedemonte de la Orinoquia Colombiana. *Cuadernos de Biodiversidad*, 56(56), 1. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2019.56.01>
- Marín, FR.; Moreno, MA.; Farías, A., Villegas, F.; Rodríguez, JM.; van den Berg, M. 2018. Modelación de la caña de azúcar en Latinoamérica: Estado del arte y base de datos para parametrización, Luxemburgo, UE, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 59 p. EUR 29018 ES
- Montero, GA. 2014. Ecología de las interacciones entre malezas y artrópodos. Capítulo X. Malezas e Invasoras de La Argentina: Ecología y Manejo. Tomo I, (March), 267–305.
- Morales, J., Vásquez, C., Pérez B., NL., Valera, N., Ríos, Y., Arrieche, N., Querino, R. B. 2007. Especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitoides de huevos de lepidópteros en el Estado Lara, Venezuela. *Neotropical Entomology*, 36(4), 542–546.
- Murillo, FD., Adame, J., Cabrera, H., Villegas, J., Rivera, AE. 2020. Fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en limón persa, monocultivo y policultivo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 7(2): e2508. DOI: 10.19136/era.a7n2.2508
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2016. ONU: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras,

- detener la pérdida de biodiversidad. (en línea, sitio web). Consultado el 14 jul. 2022. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Pérez Iglesias, Hl., Santana Aguilar, I., Rodríguez Delgado, I. 2016. Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar, Tomo I. UTMACH. 196 p.
- Rodríguez, D., Barbosa, RN., y Rodríguez, E. 2019. Manejo de arvenses en caña de azúcar, impacto ambiental, efectividad económica y de control. Centro Agrícola, 46(2), 64–71.
- Rojas, L., Rodríguez, J., Villalobos, H., Arias, M., y Méndez, E. 2003. Malezas asociadas al cultivo de la caña de azúcar. Tecnología En Marcha, 16(1), 66–79.
- Salazar Blanco, JD. n.d.. Situación actual de las plagas de la caña de azúcar en Costa Rica. 18 p.
- Salazar Blanco, JD., Oviedo Alfaro, R., Cadet Piedra, E., Sáenz Acosta, C. 2016. Control Biológico y otras estrategias de manejo de plagas implementadas en el cultivo de la caña de azúcar, 17 p.
- Sánchez, JG. 2019. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. Acta Botánica Mexicana 126(1379):1-73.
- Soto Sáenz, ÁE. 2019. Estudio de la asociación de entomofauna y arvenses acompañantes del cultivo de caña de azúcar en dos regiones productoras de Costa Rica. Tesis Lic. San José, Costa Rica, UCR. 221 p.
- Valverde Rojas, O. 2010. Propuesta de Mejora del Clima Organizacional del Departamento de Producción de la Empresa ASSUKKAR S.A. Tesis M.Sc. San José, Costa Rica, UCR. 163 p.
- Washington, J., Lucio, A., Valverde, H., Quijije, R., Bayas, F., y Merino, O. 2016. Evaluación de la fauna insectil en tres Sistemas Agroforestales Utilizando Como base el cultivo de Cacao. Revista Enlace Universitario, 42–46.

Zumbado, M. y Azofeifa, D. 2018. Insectos de importancia agrícola. Guía práctica de entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

## 8. ANEXOS

**Cuadro 6.** Lista de familias de insectos identificadas por Soto (2019) en las zonas de Puntarenas y Turrialba entre abril y diciembre del 2018.

| Orden          | Familia         | Hábito alimenticio   | Cantidad   | Zona       |
|----------------|-----------------|----------------------|------------|------------|
| Acari          | Ácaro           | Depredado,           | 111        | Puntarenas |
|                |                 | saprófito y fitófago | 46         | Turrialba  |
| Arachnida      | Indeterminada   | Depredador           | 165        | Puntarenas |
|                |                 |                      | 107        | Turrialba  |
|                | Achilidae       | Fitófago             | 1          | Turrialba  |
|                | Cercopidae      | Fitófago             | 32         | Puntarenas |
|                |                 |                      | 19         | Turrialba  |
|                | Cicadellidae    | Fitófago             | 919        | Puntarenas |
|                |                 |                      | 1204       | Turrialba  |
|                | Cicadidae       | Fitófago             | 10         | Puntarenas |
|                |                 |                      | 7          | Turrialba  |
|                | Auchenorrhyncha | Cixiidae             | Fitófago   | 8          |
| 11             |                 |                      |            | Turrialba  |
| Delphacidae    |                 | Fitófago             | 164        | Puntarenas |
|                |                 |                      | 59         | Turrialba  |
| Dictyopharidae |                 | Fitófago             | 152        | Puntarenas |
|                |                 |                      | 22         | Turrialba  |
| Issidae        | Fitófago        | 2                    | Turrialba  |            |
| Membracidae    | Fitófago        | 9                    | Puntarenas |            |



| <b>Orden</b>  | <b>Familia</b>         | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Zona</b> |
|---------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------|
|               |                        |                           | 39                     | Turrialba   |
| Blattodea     | Blattidae              | Saprófito                 | 2                      | Puntarenas  |
|               |                        |                           | 4                      | Turrialba   |
|               | Anthicidae             | Omnívoro                  | 15                     | Puntarenas  |
|               |                        |                           | 2                      | Turrialba   |
|               | Bostrichidae           | Fitófago                  | 1                      | Puntarenas  |
|               | Buprestidae            | Saprófito                 | 1                      | Puntarenas  |
|               | Coleoptera             | Cantharidae               | Depredador y saprófito | 3           |
| 24            |                        |                           |                        | Puntarenas  |
| Cerambycidae  |                        | Depredador y saprófito    | 4                      | Turrialba   |
|               |                        |                           | 2                      | Puntarenas  |
| Carabidae     |                        | y parasitoide             | 2                      | Turrialba   |
|               |                        |                           | 2                      | Turrialba   |
| Chrysomelidae |                        | Fitófago y saprófito      | 170                    | Puntarenas  |
|               |                        |                           | 134                    | Turrialba   |
| Cicindelidae  |                        | Depredador                | 12                     | Turrialba   |
| Cleridae      |                        | Depredador                | 10                     | Puntarenas  |
|               | 3                      |                           | Turrialba              |             |
| Coccinellidae | Depredador y fitófago  | 82                        | Puntarenas             |             |
|               |                        | 61                        | Turrialba              |             |
| Cucujidae     | Depredador y saprófito | 1                         | Turrialba              |             |
| Curculionidae |                        | 12                        | Puntarenas             |             |

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b>     | <b>Hábito alimenticio</b>                          | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|--------------|--------------------|--|-----------------|-------------|
|              |                    | Fitófago y<br>saprófito                            | 24              | Turrialba   |
|              | Dermestidae        | Saprófito  | 5               | Puntarenas  |
|              |                    |  | 1               | Turrialba   |
|              | Elateridae         | Depredado,<br>saprófito y<br>fitófago              | 13              | Puntarenas  |
|              | Languriidae        | Fitófago,<br>Depredado,<br>saprófito y<br>fitófago | 1               | Puntarenas  |
|              | Mordellidae        |  | 11              | Puntarenas  |
|              |                    |  | 9               | Turrialba   |
|              | Nitidulidae        | Depredador<br>y saprófito                          | 2               | Turrialba   |
|              | Ostomidae          | Depredador<br>y saprófito                          | 2               | Puntarenas  |
|              | Phalacridae        | Fitófago y<br>saprófito                            | 2               | Puntarenas  |
|              | Staphylinidae      | Depredador   | 2               | Puntarenas  |
|              |                    | y saprófito  | 4               | Turrialba   |
|              | Tenebrionidae      | Depredador   | 4               | Puntarenas  |
|              |                    | y saprófito  | 3               | Turrialba   |
|              | Sin identificación |  | 1               | Puntarenas  |
| Collembola   | Collembola         | Saprófito  | 47              | Puntarenas  |

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b>  | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|--------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-------------|
|              |                 |                           | 59              | Turrialba   |
| Diplura      | Diplura         | Saprófito                 | 2               | Puntarenas  |
|              | Anisopodidae    | Saprófito                 | 4               | Puntarenas  |
|              |                 |                           | 3               | Turrialba   |
|              | Anthomyzidae    | Saprófito                 | 12              | Puntarenas  |
|              |                 |                           | 6               | Turrialba   |
|              | Asilidae        | Depredador                | 37              | Puntarenas  |
|              |                 |                           | 1               | Turrialba   |
|              | Bibionidae      | Saprófito                 | 1               | Turrialba   |
|              | Calliphoridae   | Saprófito                 | 11              | Puntarenas  |
|              |                 |                           | 2               | Turrialba   |
|              |                 | Depredado,                | 635             | Puntarenas  |
|              | Cecidomyiidae   | parasitoide,              |                 |             |
|              |                 | saprófito y               | 604             | Turrialba   |
|              |                 | fitófago                  |                 |             |
|              |                 | Parasitoide,              | 452             | Puntarenas  |
|              | Ceratopogonidae | depredador                |                 |             |
|              |                 | y                         | 590             | Turrialba   |
|              |                 | hematófago                |                 |             |
|              | Chamaemyiidae   | Depredador                | 29              | Puntarenas  |
|              | Chironomidae    | Depredador                | 17              | Turrialba   |
|              |                 | y saprófito               |                 |             |
|              |                 | Depredado,                | 1019            | Puntarenas  |
|              | Chloropidae     | parasitoide,              |                 |             |
|              |                 | saprófito y               | 651             | Turrialba   |
|              |                 | fitófago                  |                 |             |

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Hábito alimenticio</b>                    | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|--------------|----------------|--|-----------------|-------------|
|              | Clusiidae      | Saprófito                                    | 1               | Turrialba   |
|              | Conopidae      | Parasitoide                                  | 3               | Puntarenas  |
|              | Culicidae      | Depredador                                   | 9               | Puntarenas  |
|              |                | y saprófito                                  | 11              | Turrialba   |
|              | Diopsidae      | Saprófito                                    | 1               | Puntarenas  |
|              | Dixidae        | Saprófito                                    | 1               | Puntarenas  |
|              |                |  | 6               | Turrialba   |
|              | Dolichopodidae | Depredador                                   | 70              | Puntarenas  |
|              |                |  | 111             | Turrialba   |
|              | Drosophilidae  | Depredado, saprófito y fitófago              | 148             | Puntarenas  |
|              |                |  | 218             | Turrialba   |
|              | Empididae      | Depredador                                   | 63              | Puntarenas  |
|              |                |  | 48              | Turrialba   |
|              | Ephydriidae    | Depredado, parasitoide, saprófito y fitófago | 15              | Puntarenas  |
|              |                |  | 101             | Turrialba   |
|              | Lauxaniidae    | Saprófito                                    | 57              | Puntarenas  |
|              | Lonchaeidae    | Fitófago y saprófito                         | 82              | Puntarenas  |
|              |                |  | 50              | Turrialba   |
|              | Micropezidae   | Saprófito                                    | 1               | Puntarenas  |
|              |                |  | 1               | Turrialba   |
|              | Milichiidae    | Depredador y saprófito                       | 1               | Turrialba   |

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Hábito alimenticio</b>                | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|--------------|----------------|--|-----------------|-------------|
|              | Mycetophilidae | Saprófito                                | 31              | Puntarenas  |
|              |                |  | 15              | Turrialba   |
|              | Opomyzidae     | Fitófago y<br>saprófito                  | 1               | Puntarenas  |
|              |                |  | 52              | Puntarenas  |
|              | Phoridae       | Depredado,<br>parasitoide<br>y saprófito | 24              | Turrialba   |
|              |                |  | 5               | Puntarenas  |
|              | Psychodidae    | Saprófito y<br>hematófago                | 30              | Turrialba   |
|              |                |  | 25              | Puntarenas  |
|              | Richardiidae   | Saprófito                                | 64              | Turrialba   |
|              |                |  | 4               | Puntarenas  |
|              | Sarcophagidae  | Parasitoide<br>y saprófito               |                 | Puntarenas  |
|              |                |  | 8               | Puntarenas  |
|              | Scatopsidae    | Saprófito                                | 130             | Turrialba   |
|              |                |  | 54              | Puntarenas  |
|              | Sciaridae      | Saprófito                                | 59              | Turrialba   |
|              |                |  | 2               | Puntarenas  |
|              | Sciomyzidae    | Depredado,<br>parasitoide<br>y saprófito | 5               | Turrialba   |
|              |                |  | 2               | Turrialba   |
|              | Sepsidae       | Saprófito                                |                 | Turrialba   |
|              |                |  | 13              | Puntarenas  |
|              | Simuliidae     | Saprófito y<br>hematófago                | 16              | Turrialba   |
|              |                |  | 2               | Turrialba   |
|              | Stratiomyidae  | Depredador<br>y saprófito                |                 | Turrialba   |

| <b>Orden</b>  | <b>Familia</b>     | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|---------------|--------------------|---------------------------|-----------------|-------------|
|               | Syrphidae          | Depredador y fitófago     | 20              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 24              | Turrialba   |
|               | Tachinidae         | Parasitoide               | 6               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 5               | Turrialba   |
|               | Tephritidae        | Fitófago                  | 3               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 6               | Turrialba   |
|               | Tipulidae          | Depredador y fitófago     | 12              | Puntarenas  |
|               | Ulidiidae          | Fitófago y saprófito      | 2               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 4               | Turrialba   |
|               | Sin identificación |                           | 33              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 20              | Turrialba   |
| Ephemeroptera | Indeterminado      | Fitófago y saprófito      | 3               | Turrialba   |
|               | Alydidae           | Fitófago                  | 32              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 41              | Turrialba   |
|               | Anthocoridae       | Depredador                | 24              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 1               | Turrialba   |
| Heteroptera   | Berytidae          | Fitófago                  | 2               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 2               | Turrialba   |
|               | Coreidae           | Fitófago                  | 7               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 6               | Turrialba   |
|               | Lygaeidae          | Depredador y fitófago     | 47              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 6               | Turrialba   |

| <b>Orden</b>  | <b>Familia</b>     | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|---------------|--------------------|---------------------------|-----------------|-------------|
| Hymenoptera   | Miridae            | Depredador                | 274             | Puntarenas  |
|               |                    | y fitófago                | 135             | Turrialba   |
|               | Pentatomidae       | Depredador                | 59              | Puntarenas  |
|               |                    | y fitófago                | 26              | Turrialba   |
|               | Pyrrhocoridae      | Fitófago                  | 15              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 3               | Turrialba   |
|               | Rhyparochromidae   | Fitófago                  | 164             | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 40              | Turrialba   |
|               | Reduviidae         | Depredador                | 21              | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 22              | Turrialba   |
|               | Rophalidae         | Fitófago                  | 1               | Puntarenas  |
|               | Schizopteridae     | Fitófago                  | 1               | Turrialba   |
|               | Tingidae           | Fitófago                  | 5               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 2               | Turrialba   |
|               | Sin identificación |                           | 2               | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 2               | Turrialba   |
|               | Apidae             | Polinizador               | 23              | Puntarenas  |
|               | Bethylidae         | Parasitoide               | 2               | Puntarenas  |
|               | Braconidae         | Parasitoide               | 132             | Puntarenas  |
|               |                    |                           | 86              | Turrialba   |
| Ceraphronidae | Parasitoide        | 1                         | Turrialba       |             |
| Chalcididae   | Parasitoide        | 27                        | Puntarenas      |             |
|               |                    | 17                        | Turrialba       |             |
| Diapriidae    | Parasitoide        | 5                         | Puntarenas      |             |

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|--------------|----------------|---------------------------|-----------------|-------------|
|              |                |                           | 16              | Turrialba   |
|              | Dryinidae      | Parasitoide               | 1               | Turrialba   |
|              | Encyrtidae     | Parasitoide               | 3               | Puntarenas  |
|              |                |                           | 5               | Turrialba   |
|              | Eucharitidae   | Parasitoide               | 2               | Puntarenas  |
|              |                |                           | 1               | Turrialba   |
|              | Eulophidae     | Parasitoide               | 74              | Puntarenas  |
|              |                |                           | 78              | Turrialba   |
|              | Eurytomidae    | Parasitoide               | 3               | Puntarenas  |
|              |                |                           | 3               | Turrialba   |
|              | Evaniidae      | Parasitoide               | 8               | Puntarenas  |
|              |                |                           | 2               | Turrialba   |
|              | Figitidae      | Parasitoide               | 23              | Puntarenas  |
|              |                |                           | 27              | Turrialba   |
|              | Formicidae     | Omnívoro                  | 83              | Puntarenas  |
|              |                |                           | 797             | Turrialba   |
|              | Ichneumonidae  | Parasitoide               | 6               | Puntarenas  |
|              |                |                           | 12              | Turrialba   |
|              | Mymaridae      | Parasitoide               | 21              | Puntarenas  |
|              |                |                           | 39              | Turrialba   |
|              | Perilampidae   | Parasitoide               | 1               | Turrialba   |
|              | Platygastridae | Parasitoide               | 1               | Puntarenas  |
|              |                |                           | 2               | Turrialba   |
|              | Pompilidae     | Parasitoide               | 3               | Puntarenas  |



| <b>Orden</b> | <b>Familia</b>     | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Zona</b> |
|--------------|--------------------|---------------------------|-----------------|-------------|
|              | Pteromalidae       | Parasitoide               | 8               | Puntarenas  |
|              | Ropronidae         | Parasitoide               | 1               | Puntarenas  |
|              | Scelionidae        | Parasitoide               | 7               | Puntarenas  |
|              |                    |                           | 14              | Turrialba   |
|              | Sphecidae          | Parasitoide               | 5               | Turrialba   |
|              | Tenthredinidae     | Parasitoide               | 1               | Turrialba   |
|              | Trichogrammatidae  | Parasitoide               | 2               | Puntarenas  |
|              |                    |                           | 1               | Turrialba   |
|              | Vespidae           | Depredador y fitófago     | 6               | Puntarenas  |
|              |                    |                           | 1               | Turrialba   |
|              | Sin identificación |                           | 1               | Puntarenas  |
|              |                    |                           | 1               | Turrialba   |
| Lepidoptera  | Indeterminado      | Fitófago                  | 57              | Puntarenas  |
|              |                    |                           | 50              | Turrialba   |
| Neuroptera   | Hemerobiidae       | Depredador                | 3               | Turrialba   |
|              | Libelluloidea      | Depredador                | 2               | Turrialba   |
| Odonata      | Odonata            | Depredador                | 1               | Puntarenas  |
|              | Zygoptera          | Depredador                | 1               | Puntarenas  |
| Orthoptera   | Acrididae          | Fitófago                  | 181             | Puntarenas  |
|              |                    |                           | 118             | Turrialba   |
|              |                    |                           | 1               | Turrialba   |
|              | Mantodea           | Depredador                | 2               | Puntarenas  |
| Protura      | Indeterminado      | Saprófito                 | 7               | Puntarenas  |
| Psocoptera   | Psocidae           | Saprófito                 | 1               | Turrialba   |

| <b>Orden</b>                 | <b>Familia</b>     | <b>Hábito alimenticio</b> | <b>Cantidad</b>       | <b>Zona</b> |
|------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|
|                              | Indeterminado      | Saprófito                 | 1                     | Puntarenas  |
|                              | Aleyrodidae        | Fitófago                  | 15                    | Puntarenas  |
|                              |                    |                           | 10                    | Turrialba   |
| Sternorrhyncha               | Aphididae          | Fitófago                  | 74                    | Puntarenas  |
|                              |                    |                           | 74                    | Turrialba   |
|                              | Coccidae           | Fitófago                  | 1                     | Puntarenas  |
|                              | Sin identificación |                           | 1                     | Puntarenas  |
|                              | Thysanoptera       | Trips                     | Depredador y fitófago | 30          |
|                              |                    |                           | 23                    | Turrialba   |
| Zoraptera                    | Indeterminado      | Saprófito                 | 1                     | Turrialba   |
| Zygentoma                    | Indeterminado      | Saprófito                 | 1                     | Turrialba   |
| Cantidad total de individuos |                    |                           | 13 026                |             |

**Cuadro 7.** Arvenses encontradas Puntarenas y Turrialba según Soto (2019).

| <b>Familia</b>              | <b>Especie</b>                     | <b>Zona en la que se encontró</b> |            |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|
| Aizoaceae                   | <i>Trianthema portulacastrum</i>   | Puntarenas                        |            |
| Apiaceae                    | <i>Eryngium foetidum</i>           | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Spananthe paniculata</i>        | Turrialba                         |            |
| Araceae                     | <i>Dieffenbachia</i> sp.           | Turrialba                         |            |
| Araliaceae                  | <i>Hydrocotyle bowlesiioides</i>   | Puntarenas                        |            |
|                             | <i>Acmella radicans</i>            | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Ageratum conyzoides</i>         | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Baltimora germinata</i>         | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Bidens pilosa</i>               | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Conyza bonariensis</i>          | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Crassocephalum crepidioides</i> | Puntarenas y Turrialba            |            |
|                             | <i>Eclipta alba</i>                | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Eclipta postrata</i>            | Puntarenas                        |            |
|                             | <i>Elvira biflora</i>              | Turrialba                         |            |
|                             | Asteraceae                         | <i>Emilia fosbergii</i>           | Turrialba  |
|                             |                                    | <i>Erechtites hieraciifolius</i>  | Turrialba  |
|                             |                                    | <i>Melampodium divaricatum</i>    | Puntarenas |
|                             |                                    | <i>Mikania micrantha</i>          | Turrialba  |
| <i>Mikania</i> sp.          |                                    | Turrialba                         |            |
| <i>Synedrella nodiflora</i> |                                    | Turrialba                         |            |
| <i>Tridax procumbens</i>    |                                    | Puntarenas                        |            |
| <i>Vernonia cinerea</i>     |                                    | Puntarenas                        |            |
| <i>Wedelia</i> sp.          |                                    | Turrialba                         |            |
| <i>Youngia japonica</i>     |                                    | Turrialba                         |            |
| Begoniaceae                 | <i>Begonia semiovata</i>           | Turrialba                         |            |
| Boraginaceae                | <i>Heliotropium indicum</i>        | Puntarenas y Turrialba            |            |
|                             | <i>Heliotropium procumbens</i>     | Puntarenas                        |            |
| Brassicaceae                | <i>Cardamine bonariensis</i>       | Turrialba                         |            |
| Campanulaceae               | <i>Hippobroma longiflora</i>       | Turrialba                         |            |
|                             | <i>Lobelia xalapensis</i>          | Turrialba                         |            |
| Caryophyllaceae             | <i>Drymaria cordata</i>            | Puntarenas y Turrialba            |            |
|                             | <i>Moehringia pentandra</i>        | Turrialba                         |            |
| Cleomaceae                  | <i>Cleome viscosa</i>              | Puntarenas                        |            |

| <b>Familia</b> | <b>Especie</b>                 | <b>Zona en la que se encontró</b> |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------------|
|                | <i>Commelina diffusa</i>       | Turrialba                         |
| Commelinaceae  | <i>Commelina</i> sp.           | Turrialba                         |
|                | <i>Murdannia nudiflora</i>     | Turrialba                         |
| Convulvulaceae | <i>Ipomoea alba</i>            | Turrialba                         |
|                | <i>Ipomoea grandifolia</i>     | Turrialba                         |
|                | <i>Cucumis melo</i>            | Puntarenas                        |
| Cucurbitaceae  | <i>Melotria pendula</i>        | Puntarenas                        |
|                | <i>Momordica charantia</i>     | Puntarenas                        |
|                | <i>Cyperus diffusus</i>        | Turrialba                         |
|                | <i>Cyperus esculentus</i>      | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Cyperus ferax</i>           | Turrialba                         |
|                | <i>Cyperus iria</i>            | Puntarenas                        |
|                | <i>Cyperus lazulae</i>         | Turrialba                         |
|                | <i>Cyperus odoratus</i>        | Puntarenas y Turrialba            |
| Cyperaceae     | <i>Cyperus rotundus</i>        | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Cyperus</i> sp.             | Turrialba                         |
|                | <i>Fimbristylis annua</i>      | Turrialba                         |
|                | <i>Fimbristylis miliacea</i>   | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Juncus dudleyi</i>          | Turrialba                         |
|                | <i>Kyllinga brevifolia</i>     | Turrialba                         |
|                | <i>Kyllinga sesquiflora</i>    | Turrialba                         |
|                | <i>Rhynchospora nervosa</i>    | Turrialba                         |
|                | <i>Acalypha alopecuroides</i>  | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Caperonia palustris</i>     | Puntarenas                        |
|                | <i>Croton hirtus</i>           | Turrialba                         |
|                | <i>Croton lobatus</i>          | Puntarenas                        |
| Euphorbiaceae  | <i>Euphorbia heterophylla</i>  | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Euphorbia hirta</i>         | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Euphorbia hypericifolia</i> | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Euphorbia postrata</i>      | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Hypericum gnidioides</i>    | Puntarenas                        |
|                | <i>Indigofera hirsuta</i>      | Turrialba                         |
| Fabaceae       | <i>Aeschynomene sensitiva</i>  | Turrialba                         |
|                | <i>Centrosema</i> sp.          | Turrialba                         |

| <b>Familia</b> | <b>Especie</b>                  | <b>Zona en la que se encontró</b> |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                | <i>Desmodium heterocarpon</i>   | Turrialba                         |
|                | <i>Desmodium sp.</i>            | Turrialba                         |
|                | <i>Erythrina poeppigiana</i>    | Turrialba                         |
|                | <i>Hypericum gnidioides</i>     | Turrialba                         |
|                | <i>Mimosa púdica</i>            | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Mimosa sp.</i>               | Turrialba                         |
|                | <i>Pueraria phaseoloides</i>    | Turrialba                         |
|                | <i>Hyptis brevipes</i>          | Puntarenas                        |
| Lamiaceae      | <i>Hyptis suaveolens</i>        | Turrialba                         |
|                | <i>Marsypianthes chamaedrys</i> | Turrialba                         |
| Loganiaceae    | <i>Spigelia anthelmia</i>       | Puntarenas                        |
| Lythraceae     | <i>Cuphea carthagenensis</i>    | Turrialba                         |
|                | <i>Malachra alceifolia</i>      | Puntarenas                        |
| Malvaceae      | <i>Sida rhombifolia</i>         | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Sida sp.</i>                 | Puntarenas                        |
| Molluginaceae  | <i>Mollugo verticillata</i>     | Puntarenas                        |
| Nyctaginaceae  | <i>Boerhavia erecta</i>         | Puntarenas y Turrialba            |
| Onagraceae     | <i>Ludwigia octovalvis</i>      | Turrialba                         |
|                | <i>Ludwigia sp.</i>             | Turrialba                         |
| Oxalidaceae    | <i>Oxalis barrelieri</i>        | Turrialba                         |
|                | <i>Oxalis corniculata</i>       | Turrialba                         |
|                | <i>Phyllanthus amarus</i>       | Puntarenas                        |
| Phyllanthaceae | <i>Phyllanthus niruri</i>       | Turrialba                         |
|                | <i>Phyllanthus sp.</i>          | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Phyllanthus urinaria</i>     | Turrialba                         |
| Piperaceae     | <i>Peperomia pellucida</i>      | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Piper umbellatum</i>         | Turrialba                         |
| Plantaginaceae | <i>Mecardonia procumbens</i>    | Puntarenas                        |
|                | <i>Scoparia dulcis</i>          | Puntarenas                        |
|                | <i>Arthraxon hispidus</i>       | Puntarenas                        |
|                | <i>Chloris radiata</i>          | Turrialba                         |
| Poaceae        | <i>Coix lacryma-jobi</i>        | Turrialba                         |
|                | <i>Cynodon dactylon</i>         | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Cynodon nlemfuensis</i>      | Turrialba                         |

| <b>Familia</b> | <b>Especie</b>                     | <b>Zona en la que se encontró</b> |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                | <i>Dactyloctenium aegyptium</i>    | Puntarenas                        |
|                | <i>Digitaria sanguinalis</i>       | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Digitaria</i> sp.               | Puntarenas                        |
|                | <i>Echinochloa colona</i>          | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Echinochloa crus-galli</i>      | Puntarenas                        |
|                | <i>Eleusine indica</i>             | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Fimbristylis annua</i>          | Turrialba                         |
|                | <i>Fimbristylis miliacea</i>       | Turrialba                         |
|                | <i>Ixophorus unisetus</i>          | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Leptochloa filiformis</i>       | Puntarenas                        |
|                | <i>Leptochloa panicea</i>          | Puntarenas                        |
|                | <i>Leptochloa uninervia</i>        | Puntarenas                        |
|                | <i>Oplismenus burmannii</i>        | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Oryza latifolia</i>             | Puntarenas                        |
|                | <i>Oryza sativa</i>                | Puntarenas                        |
|                | <i>Panicum capillare</i>           | Turrialba                         |
|                | <i>Panicum fasciculatum</i>        | Puntarenas                        |
|                | <i>Panicum trichoides</i>          | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Paspalum conjugatum</i>         | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Paspalum fasciculatum</i>       | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Paspalum paniculatum</i>        | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Paspalum squamulatum</i>        | Turrialba                         |
|                | <i>Poa annua</i>                   | Turrialba                         |
|                | <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | Puntarenas y Turrialba            |
|                | <i>Rottboellia exaltata</i>        | Puntarenas                        |
|                | <i>Saccharum officinarum</i>       | Turrialba                         |
|                | <i>Polygala dactylon</i>           | Turrialba                         |
| Polygalaceae   | <i>Polygala paniculata</i>         | Turrialba                         |
|                | <i>Polygonum persicaria</i>        | Puntarenas                        |
| Pontederiaceae | <i>Heteranthera reniformis</i>     | Puntarenas y Turrialba            |
| Portulacaceae  | <i>Portulaca oleracea</i>          | Turrialba                         |
|                | <i>Spermacoce hirta</i>            | Turrialba                         |
| Rubiaceae      | <i>Spermacoce alata</i>            | Puntarenas                        |
|                | <i>Spermacoce laevis</i>           | Turrialba                         |

| <b>Familia</b>   | <b>Especie</b>               | <b>Zona en la que se encontró</b> |
|------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                  | <i>Spermacoce latifolia</i>  | Turrialba                         |
| Sapindaceae      | <i>Paullinia alata</i>       | Puntarenas                        |
|                  | <i>Lindernia crustacea</i>   | Puntarenas y Turrialba            |
| Scrophulariaceae | <i>Lindernia dubia</i>       | Puntarenas y Turrialba            |
|                  | <i>Mecardonia procumbens</i> | Turrialba                         |
|                  | <i>Stemodia durantifolia</i> | Puntarenas                        |
|                  | <i>Browalia americana</i>    | Turrialba                         |
| Solanaceae       | <i>Physalis peruviana</i>    | Turrialba                         |
|                  | <i>Physalis</i> sp.          | Puntarenas y Turrialba            |
|                  | <i>Solanum viarum</i>        | Turrialba                         |
| Tiliaceae        | <i>Corchorus orinocensis</i> | Puntarenas                        |
|                  | <i>Cecropia</i> sp.          | Turrialba                         |
| Urticaceae       | <i>Laportea aestuans</i>     | Turrialba                         |
|                  | <i>Phenax sonneratii</i>     | Turrialba                         |
|                  | <i>Pilea hyalina</i>         | Turrialba                         |
| Verbenaceae      | <i>Lantana camara</i>        | Turrialba                         |
|                  | <i>Lantana trifolia</i>      | Turrialba                         |
| Vitaceae         | <i>Cissus verticillata</i>   | Turrialba                         |
| Zygophyllaceae   | <i>Kallstroemia maxima</i>   | Puntarenas                        |

**Cuadro 8.** Insectos benéficos asociados a la caña de azúcar según Bustillo (2011).

| <b>Insecto benéfico</b>       | <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Plaga que controla</b>                           |
|-------------------------------|--------------|----------------|---|
| <i>Acerastes</i> sp.          | Hymenoptera  | Ichneumonidae  | <i>Elasmopalpus lignosellus</i>                     |
| <i>Achrysocharis</i> sp.      | Hymenoptera  | Eulophidae     | <i>Caligo illioneus oberon</i>                      |
| <i>Agathis stigmatus</i>      | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Diatraea saccharalis</i>                         |
| <i>Alcaerrhynchus grandis</i> | Hemiptera    | Pentatomidae   | <i>Caligo illioneus oberon</i>                      |
| <i>Anagrus</i> sp.            | Hymenoptera  | Mymaridae      | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                    |
| <i>Anicetus annulatus</i>     | Hymenoptera  | Encyrtidae     | <i>Pulvinaria elongata, Saccharicoccus sacchari</i> |
| <i>Apanteles diatraeae</i>    | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Diatraea saccharalis</i>                         |
| <i>Aphytis</i> sp.            | Hymenoptera  | Aphelinidae    | <i>Duplachionaspis divergens</i>                    |
| <i>Aphaereta</i> sp.          | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Caligo illioneus oberon</i>                      |
| <i>Aprostocetus</i> sp.       | Hymenoptera  | Eulophidae     | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                    |
| <i>Archytas marmoratus</i>    | Diptera      | Tachinidae     | <i>Spodoptera frugiperda</i>                        |
| <i>Billaea claripalpis</i>    | Diptera      | Tachinidae     | <i>Diatraea indigenella, Diatraea saccharalis</i>   |
| <i>Brachymeria comitator</i>  | Hymenoptera  | Chalcididae    | <i>Caligo illioneus oberon</i>                      |
| <i>Brachymeria orseis</i>     | Hymenoptera  | Chalcididae    | <i>Caligo illioneus oberon</i>                      |
| <i>Calosoma</i> sp.           | Coleoptera   | Carabidae      | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                    |
| <i>Ceraeochrysa claveri</i>   | Neuroptera   | Chrysopidae    | <i>Sipha flava</i>                                  |
| <i>Ceraeochrysa cubana</i>    | Neuroptera   | Chrysopidae    | <i>Sipha flava</i>                                  |
| <i>Camponotus blandus</i>     | Hymenoptera  | Formicidae     | <i>Aeneolamia varia</i>                             |
| <i>Carinodes</i> sp.          | Hymenoptera  | Ichneumonidae  | <i>Elasmopalpus lignosellus</i>                     |
| <i>Casitaria</i> sp.          | Hymenoptera  | Ichneumonidae  | <i>Spodoptera frugiperda</i>                        |
| <i>Chelonus insularis</i>     | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Spodoptera frugiperda</i>                        |
| <i>Chelonus texanus</i>       | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Spodoptera frugiperda</i>                        |



| <b>Insecto benéfico</b>        | <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Plaga que controla</b>   |
|--------------------------------|--------------|----------------|---|
| <i>Chrysoperla</i> sp.         | Neuroptera   | Chrysopidae    | <i>Melanaphis sacchari</i> ,<br><i>Perkinsiella saccharicida</i> ,<br><i>Sipha flava</i>  |
| <i>Cycloneda sanguinea</i>     | Coleoptera   | Coccinellidae  | <i>Melanaphis sacchari</i> ,<br><i>Perkinsiella saccharicida</i> ,<br><i>Sipha flava</i> ,<br><i>Saccharosydne saccharivora</i>         |
| <i>Cleothera</i> sp.           | Coleoptera   | Coccinellidae  | <i>Perkinsiella saccharicida</i>  |
| <i>Coleomegilla maculata</i>   | Coleoptera   | Coccinellidae  | <i>Diatraea saccharalis</i> ,<br><i>Leptodictya tabida</i> ,<br><i>Perkinsiella saccharicida</i> ,<br><i>Saccharosydne saccharivora</i> |
| <i>Conura</i> sp.              | Hymenoptera  | Chalcididae    | <i>Caligo illioneus</i><br><i>oberon</i>  |
| <i>Cotesia</i> sp.             | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Caligo illioneus</i><br><i>oberon</i>  |
| <i>Cotesia flavipes</i>        | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Diatraea saccharalis</i>   |
| <i>Diadoplosis coccidivora</i> | Diptera      | Syrphidae      | <i>Pulvinaria elongata</i> ,<br><i>Saccharicoccus sacchari</i>  |
| <i>Diapetimorpha</i> sp.       | Hymenoptera  | Ichneumonidae  | <i>Elasmopalpus lignosellus</i>   |
| <i>Ectatomma ruidum</i>        | Hymenoptera  | Formicidae     | <i>Aeneolamia varia</i>   |
| <i>Eiphosoma</i> sp.           | Hymenoptera  | Ichneumonidae  | <i>Spodoptera frugiperda</i>  |
| <i>Encarsia</i> sp.            | Hymenoptera  | Aphelinidae    | <i>Duplachionaspis divergens</i>  |
| <i>Erythmelus</i> sp.          | Hymenoptera  | Mymaridae      | <i>Leptodictya tabida</i>   |
| <i>Euphorocera floridenses</i> | Diptera      | Tachinidae     | <i>Spodoptera frugiperda</i>  |
| <i>Harmonia axyridis</i>       | Coleoptera   | Coccinellidae  | <i>Perkinsiella saccharicida</i>  |
| <i>Hippodamia convergens</i>   | Coleoptera   | Coccinellidae  | <i>Melanaphis sacchari</i> ,<br><i>Perkinsiella saccharicida</i> ,  |

| <b>Insecto benéfico</b>        | <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Plaga que controla</b>                                     |
|--------------------------------|--------------|----------------|---|
|                                |              |                | <i>Saccharosydne saccharivora</i>                             |
| <i>Iphiaulax rimac</i>         | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Diatraea saccharalis</i>                                   |
| <i>Jayneleskia jaynessi</i>    | Diptera      | Tachinidae     | <i>Diatraea indigenella</i> ,<br><i>Diatraea saccharalis</i>  |
| <i>Lespesia affinis</i>        | Diptera      | Tachinidae     | <i>Caligo illioneus</i><br><i>oberon</i>                      |
| <i>Leucochrysa</i> sp.         | Neuroptera   | Chrysopidae    | <i>Sipha flava</i>  |
| <i>Lydella minense</i>         | Diptera      | Tachinidae     | <i>Diatraea indigenella</i> ,<br><i>Diatraea saccharalis</i>  |
| <i>Lysiphlebus testaceipes</i> | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Melanaphis sacchari</i>                                    |
| <i>Meteorus laphygmae</i>      | Hymenoptera  | Braconidae     | <i>Spodoptera frugiperda</i>                                  |
| <i>Monomorium pharainis</i>    | Hymenoptera  | Formicidae     | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                              |
| <i>Paratrechina</i> sp.        | Hymenoptera  | Formicidae     | <i>Aeneolamia varia</i>                                       |
| <i>Patelloa tincta</i>         | Diptera      | Tachinidae     | <i>Caligo illioneus</i><br><i>oberon</i>                      |
| <i>Pepsis</i> sp.              | Hymenoptera  | Vespidae       | <i>Diatraea saccharalis</i>                                   |
| <i>Pheidole</i> sp.            | Hymenoptera  | Formicidae     | <i>Aeneolamia varia</i>                                       |
| <i>Phlugis poecila</i>         | Orthoptera   | Tettigoniidae  | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                              |
| <i>Phlugis teres</i>           | Orthoptera   | Tettigoniidae  | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                              |
| <i>Phytomyptera</i> sp.        | Diptera      | Tachinidae     | <i>Blastobasis graminea</i>                                   |
| <i>Podissus nigrispinus</i>    | Hemiptera    | Pentatomidae   | <i>Caligo illioneus</i><br><i>oberon</i>                      |
| <i>Polistes</i> sp.            | Hymenoptera  | Vespidae       | <i>Diatraea saccharalis</i> ,<br><i>Spodoptera frugiperda</i> |
| <i>Polybia</i> sp.             | Hymenoptera  | Vespidae       | <i>Caligo illioneus</i><br><i>oberon</i>                      |
| <i>Pseudogonatopus morenoi</i> | Hymenoptera  | Dryinidae      | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                              |
| <i>Repipta taurus</i>          | Hemiptera    | Reduviidae     | <i>Perkinsiella saccharicida</i>                              |
| <i>Solenopsis</i> sp.          | Hymenoptera  | Formicidae     | <i>Aeneolamia varia</i>                                       |

| <b>Insecto benéfico</b>           | <b>Orden</b> | <b>Familia</b>    | <b>Plaga que controla</b>  |
|-----------------------------------|--------------|-------------------|--|
| <i>Salpingogaster nigra</i>       | Diptera      | Syrphidae         | <i>Aeneolamia flavilatera</i> ,<br><i>Aeneolamia lepidior</i> ,<br><i>Aeneolamia reducta</i> ,<br><i>Aeneolamia varia</i> ,<br><i>Mahanarva andigena</i> ,<br><i>Mahanarva bipars</i> ,<br><i>Prosapia simulans</i> ,<br><i>Zulia carbonaria</i> |
| <i>Sarcodexia innota</i>          | Diptera      | Sarcophagidae     | <i>Rhynchophotus palmarum</i><br><i>Duplachionaspis divergens</i> ,<br><i>Perkinsiella saccharicida</i> ,  |
| <i>Scymnus</i> sp.                | Coleoptera   | Coccinellidae     | <i>Saccharosydne saccharivora</i> , <i>Sipha flava</i>   |
| <i>Spilochalcis femorat</i>       | Hymenoptera  | Chalcididae       | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Spilochalcis fulvomaculata</i> | Hymenoptera  | Chalcididae       | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Spilochalcis nigrifrons</i>    | Hymenoptera  | Chalcididae       | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Spilochalcis</i> sp.           | Hymenoptera  | Chalcididae       | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Telenomus alecto</i>           | Hymenoptera  | Scelionidae       | <i>Diatraea indigenella</i> ,<br><i>Diatraea saccharalis</i>   |
| <i>Telenomus remus</i>            | Hymenoptera  | Scelionidae       | <i>Spodoptera frugiperda</i>   |
| <i>Telenomus</i> sp.              | Hymenoptera  | Scelionidae       | <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Caligo illioneus oberon</i>  |
| <i>Tetrastichus hagemowii</i>     | Hymenoptera  | Eulophidae        | <i>Rhynchophotus palmarum</i>  |
| <i>Theronia (Neotheronia)</i>     | Hymenoptera  | Ichneumonidae     | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Trichogramma pretiosum</i>     | Hymenoptera  | Trichogrammatidae | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Trichogramma atopovirilia</i>  | Hymenoptera  | Trichogrammatidae | <i>Spodoptera frugiperda</i>   |

| <b>Insecto benéfico</b>      | <b>Orden</b> | <b>Familia</b>    | <b>Plaga que controla</b>  |
|------------------------------|--------------|-------------------|--|
| <i>Trichogramma exiguum</i>  | Hymenoptera  | Trichogrammatidae | <i>Diatraea indigenella</i> ,<br><i>Diatraea saccharalis</i> ,<br><i>Spodoptera frugiperda</i> |
| <i>Wasmannia</i> sp.         | Hymenoptera  | Formicidae        | <i>Aeneolamia varia</i>  |
| <i>Winthemia</i> sp.         | Diptera      | Tachinidae        | <i>Spodoptera frugiperda</i> ,<br><i>Caligo illioneus oberon</i>                               |
| <i>Xanthozona melanopyga</i> | Diptera      | Tachinidae        | <i>Caligo illioneus oberon</i>   |
| <i>Zelus errans</i>          | Hemiptera    | Reduviidae        | <i>Perkinsiella saccharicida</i>   |
| <i>Zelus rubidus</i>         | Hemiptera    | Reduviidae        | <i>Perkinsiella saccharicida</i>   |

**Cuadro 9.** Plagas actuales y plagas potenciales de la caña de azúcar en Costa Rica según Salazar et al. (2016).

| Orden              | Familia                     | Especie                           | Nombre común                      |                       |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Lepidoptera        | Crambidae                   | <i>Diatraea guatemalaella</i>     | Barrenador común del tallo        |                       |
|                    |                             | <i>Diatraea tabernella</i>        |                                   |                       |
|                    |                             | <i>Diatraea saccharalis</i>       |                                   |                       |
|                    | Castniidae                  | <i>Eoreuma loftini</i>            | Barrenador mexicano               |                       |
|                    |                             | <i>Telchin atymnius futilis</i>   | Barrenador gigante                |                       |
|                    |                             | <i>Telchin atymnius drucei</i>    |                                   |                       |
|                    |                             | Pyralidae                         | <i>Elasmopalpus lignosellus</i>   | Barrenador coralillo  |
|                    | Noctuidae                   | <i>Mocis latipes</i>              | Falso medidor                     |                       |
|                    |                             | <i>Spodoptera frugiperda</i>      | Cogollero                         |                       |
|                    | Coleoptera                  | Coleophoridae                     | <i>Blastobasis graminea</i>       | Barrenador menor      |
| Crambidae          |                             | <i>Eoreuma loftini</i>            | Barrenador mexicano               |                       |
|                    |                             | <i>Phyllophaga elenans</i>        | Joboto, Gallina ciega             |                       |
|                    |                             | <i>Phyllophaga menetries</i>      |                                   |                       |
| Scarabaeidae       |                             | <i>Anomala</i> spp.               | Escarabajo                        |                       |
|                    |                             | <i>Cyclocephala</i> spp.          |                                   |                       |
|                    |                             | <i>Tomarus bituberculatus</i>     |                                   |                       |
|                    |                             | <i>Euetheola humilis rugiceps</i> |                                   | Escarabajo de la caña |
| Hemiptera          |                             | Curculionidae                     | <i>Metamasius hemipterus</i>      | Picudo de la caña     |
|                    |                             |                                   | <i>Metamasius dimidiatipennis</i> |                       |
|                    | Tingidae                    | <i>Apinocis saccharidis</i>       | Gorgojo de la caña                |                       |
|                    |                             | <i>Leptodictya tabida</i>         | Chinche de encaje                 |                       |
|                    | Pseudococcidae              | <i>Saccharicoccus sacchari</i>    | Cochinilla harinosa               |                       |
|                    | Ortheziidae                 | <i>Insignorthezia insignis</i>    | Escama acanalada                  |                       |
|                    | Aclerdidae                  | <i>Aclerda sacchari</i>           | Escama                            |                       |
|                    |                             | Diaspididae                       | <i>Dupalchionaspis divergens</i>  | Escama blanca         |
|                    | <i>Rhopalosiphum maidis</i> |                                   |                                   |                       |
|                    | Homóptero                   | Afididae                          | <i>Melanaphis sacchari</i>        | Áfidos, pulgones      |
| <i>Sipha flava</i> |                             |                                   |                                   |                       |
| Delphacidae        |                             | <i>Saccharosydne saccharivora</i> | Cigarrita antillana               |                       |
|                    |                             | <i>Perkinsiella saccharicida</i>  | Saltahojas hawaiano               |                       |
| Cercopidae         |                             | <i>Aeneolamia</i> spp.            | Baba                              |                       |
|                    |                             | <i>Prosapia</i> spp.              | culebra, salivazo                 |                       |

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b>  | <b>Especie</b>          | <b>Nombre común</b>                           |
|--------------|-----------------|-------------------------|---|
|              |                 | <i>Zulia vilior</i>     |   |
|              | Cicadidae       | <i>Proarna invaria</i>  | Chicharra                                     |
| Isoptera     | Rhinotermitidae | <i>Heterotermes</i> sp. | Comején                                       |
| Orthoptera   | Acrididae       | <i>Shistocerca</i> sp.  | Langosta voladora                             |
| Acari        | Eriophyidae     | <i>Abacarus doctus</i>  | Acaro de la herrumbre<br>de la caña de azúcar |

**Cuadro 10.** Plantas arvenses y su asociación con insectos benéficos.

| Arvense                                     | Insecto benéfico                        | Familia       | Fuente              |
|---|---|---------------|---------------------|
| <i>Amaranthus dubius</i><br>Mart. ex Thell. | <i>Coleomegilla cubensis</i><br>Casey   | Coccinellidae | Blanco y Leyva 2013 |
|   | <i>Cycloneda sanguinea</i><br>Limbifer  | Coccinellidae |                     |
| <i>Bidens pilosa</i>                        | <i>Orius pumilio</i><br>(Champion)      | Anthocoridae  | Alonso et al. 2019  |
| <i>Borreria laevis</i>                      | <i>Cotesia</i> sp.                      | Braconidae    | Aldaba et al. 1997  |
|   | <i>Rogas</i> sp.                        | Braconidae    |                     |
| <i>Commelina diffusa</i>                    | <i>Exomalopsis pulchella</i><br>Cresson | Apidae        | Alonso et al. 2019  |
|   | <i>Apis mellifera</i> L.                | Apidae        |                     |
|   | <i>Apis mellifera</i> L.                | Apidae        |                     |
|   | <i>Coccinella maculata</i>              | -             |                     |
|   | <i>Brachymeria flavipes</i><br>(Fab.)   | -             |                     |
|   | <i>Brachymeria ovata</i><br>(Say)       | -             |                     |
|   | <i>Brachymeria incerta</i><br>(Cresson) | Chalcididae   |                     |
| <i>Cuphea hyssopifolia</i>                  | <i>Brachymeria hammari</i><br>(Cresson) | -             |                     |
|   | <i>Conura feromata</i><br>(Fabricius)   | -             |                     |
|   | <i>Conura</i> sp.                       |               |                     |
| <i>Cassia reticulata</i>                    | <i>Exomalopsis pulchella</i><br>Cresson | Apidae        |                     |
|   | <i>Conura immaculata</i>                | Chalcididae   |                     |
| <i>Cassia tora</i>                          | <i>Cotesia</i> sp.                      | Braconidae    | Aldaba et al. 1997  |
|   | <i>Telenomus</i> sp.                    | Scelionidae   |                     |
|   | <i>Cotesia</i> sp.                      | Braconidae    |                     |
| <i>Croton trinitatis</i>                    | <i>Formicia clathrata</i>               | Braconidae    |                     |
|   | <i>Cassinaria</i> sp.                   | Ichneomoniae  |                     |
|   | <i>Brachymeria</i> sp.                  | Chalcididae   |                     |
|   | <i>Spilochalcis</i> sp.                 | Chalcididae   |                     |

| Arvense                         | Insecto benéfico                                    | Familia       | Fuente                     |
|---------------------------------|---|---------------|----------------------------|
|                                 | <i>Conura immaculata</i>                            | Chalcididae   |                            |
| <i>Digitaria</i> sp.            | <i>Trichogramma pretiosum</i>                       | Chalcididae   | Morales <i>et al.</i> 2007 |
| <i>Hyptis atrorubens</i>        | <i>Rhysipolis</i> spp.                              | Braconidae    |                            |
|                                 | <i>Brachymeria</i> sp.                              | Chalcididae   | Aldaba <i>et al.</i> 1997  |
| <i>Hyptis capitata</i>          | <i>Telenomus</i> sp.                                | Scelionidae   |                            |
|                                 | <i>Bachyacantha decora</i><br>Casey                 | -             |                            |
|                                 | <i>Chilocorus cacti</i> L.                          | -             |                            |
|                                 | <i>Coccinella maculata</i><br>(De Geer)             | -             |                            |
|                                 | <i>Cycloneda sanguinea</i><br><i>limbifer</i> Casey | -             |                            |
|                                 | <i>Diomus ochroderus</i><br>(Mulsant)               | -             |                            |
|                                 | <i>Diomus roseicollis</i><br>(Mulsant)              | -             |                            |
|                                 | <i>Psyllobora</i> sp.                               | -             |                            |
|                                 | <i>Scymnus distinctus</i><br>Casey                  | Coccinellidae |                            |
|                                 | <i>Apanteles</i> sp.                                | Braconidae    |                            |
| <i>Parthenium hysterothorus</i> | <i>Lasioglossum</i> sp.                             | -             | Alonso <i>et al.</i> 2019  |
|                                 | <i>Campsomeris trifasciata</i> (Fab.)               | Scoliidae     |                            |
|                                 | <i>Zanysson armatus</i><br>(Cresson)                | Sphecidae     |                            |
|                                 | <i>Pachodynerus nasidens</i> (Latreille)            | Vespidae      |                            |
|                                 | <i>Apis mellifera</i> L.                            | Apidae        |                            |
|                                 | <i>Brachymeria flavipes</i><br>(Fab.)               | -             |                            |
|                                 | <i>Brachymeria ovata</i><br>(Say)                   | -             |                            |
|                                 | <i>Brachymeria incerta</i><br>(Cresson)             | Chalcididae   |                            |
|                                 | <i>Conura feromata</i><br>(Fabricius)               | -             |                            |
|                                 | <i>Conura</i> sp.                                   | -             |                            |



| Arvense                             | Insecto benéfico                        | Familia       | Fuente              |
|-------------------------------------|---|---------------|---------------------|
|                                     | <i>Brachymeria hammari</i><br>(Cresson) | -             |                     |
|                                     | <i>Coleomegilla cubensis</i><br>Casey   | Coccinellidae |                     |
|                                     | <i>Cycloneda sanguinea</i><br>Limbifer  | Coccinellidae |                     |
| <i>Parthenium<br/>hysterophorus</i> | <i>Orius insidiosus</i> Say             | Anthocoridae  | Blanco y Leyva 2013 |
|                                     | <i>Zelus longipes</i> (L.)              | Reduviidae    |                     |
|                                     | <i>Coleomegilla cubensis</i><br>Casey   | Coccinellidae |                     |
|                                     | <i>Cycloneda sanguinea</i><br>Limbifer  | Coccinellidae |                     |
|                                     | <i>Chysoperla</i> sp.                   | Chrysopidae   |                     |
| <i>Sida rhombifolia</i>             | <i>Rhysipolis</i> sp.                   | Braconidae    | Aldaba et al. 1997  |
|                                     | <i>Cotesia</i> sp.                      | Braconidae    |                     |
|                                     | <i>Spilochalcis</i> sp.                 | Chalcididae   |                     |
|                                     | <i>Zelus longipes</i> L.                | Reduviidae    |                     |
|                                     | <i>Calosoma</i> sp.                     | Carabidae     |                     |
|                                     | <i>Doru</i> sp.                         | Forficullidae | Blanco y Leyva 2009 |
| <i>Sorghum halepense</i><br>(L.)    | <i>Coleomegilla cubensis</i><br>Casey   | Coccinellidae | Blanco y Leyva 2013 |
|                                     | <i>Orius insidiosus</i> Say             | Anthocoridae  |                     |
|                                     | <i>Cycloneda sanguinea</i><br>Limbifer  | Coccinellidae |                     |
|                                     | <i>Zelus longipes</i> (L.)              | Reduviidae    |                     |
|                                     | <i>Eretmocerus</i> sp.                  | Chalcididae   |                     |
| <i>Zea mays</i>                     | <i>Trichogramma</i> sp.                 | Chalcididae   | Blanco y Leyva 2009 |
|                                     | <i>Eretmocerus</i> sp.                  | Chalcididae   |                     |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 11.** Métodos de control que ofrece LAICA para el manejo de poblaciones de plaga en el cultivo de caña de azúcar según Salazar *et al.* (2016).

| Plaga                 | Método de control |         |         |           |        |                     |                      |                   |
|-----------------------|-------------------|---------|---------|-----------|--------|---------------------|----------------------|-------------------|
|                       | Biológico         | Químico | Trampas | Feromonas | Físico | Tolerancia varietal | Prácticas culturales | Labranza de suelo |
| Ácaros                |                   | X       |         |           |        | X                   |                      |                   |
| Áfidos                | X                 | X       |         |           |        | X                   |                      |                   |
| Barrenador común      | X                 |         |         |           |        |                     | X                    |                   |
| Barrenador coralillo  |                   |         |         | X         |        |                     |                      |                   |
| Barrenador gigante    |                   |         | X       |           | X      |                     |                      | X                 |
| Chicharra             | X                 |         | X       |           |        |                     |                      | X                 |
| Chinche de encaje     | X                 | X       |         |           |        | X                   |                      |                   |
| Cigarrita antillana   | X                 |         |         |           |        | X                   |                      |                   |
| Cogollero             | X                 | X       |         | X         |        |                     | X                    |                   |
| Comején               | X                 | X       |         |           |        |                     | X                    | X                 |
| Escama                |                   |         |         |           |        | X                   |                      |                   |
| Escarabajo            |                   |         | X       |           |        |                     |                      | X                 |
| Escarabajo de la caña |                   |         | X       |           |        |                     |                      | X                 |
| Falso medidor         |                   | X       |         |           |        |                     | X                    |                   |
| Jobotos               | X                 | X       | X       | X         |        |                     | X                    | X                 |
| Picudos               | X                 |         | X       | X         |        |                     |                      |                   |
| Salivazo              | X                 | X       | X       |           |        | X                   | X                    | X                 |
| Saltamontes           | X                 | X       |         |           |        |                     | X                    |                   |

**Cuadro 12.** Lista de especies de arvenses identificadas en las fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón entre febrero y noviembre del 2021.

| Familia       | Nombre científico                  | Finca     |          |
|---------------|------------------------------------|-----------|----------|
|               |                                    | San Pedro | Porvenir |
| Acanthaceae   | <i>Blechnum pyramidatum</i>        | X         |          |
| Amaranthaceae | <i>Cyathula prostrata</i>          | X         |          |
|               | <i>Caladium bicolor</i>            | X         |          |
| Araceae       | <i>Monstera</i> sp.                | X         |          |
|               | <i>Xanthosoma</i> sp.              | X         |          |
| Asparagaceae  | <i>Dracaena trifasciata</i>        |           | X        |
|               | <i>Ageratum conyzoides</i>         | X         | X        |
|               | <i>Bidens pilosa</i>               |           | X        |
|               | <i>Chromolaena odorata</i>         | X         |          |
|               | <i>Conyza apurensis</i>            | X         |          |
|               | <i>Conyza</i> sp.                  | X         |          |
|               | <i>Crassocephalum crepidioides</i> |           | X        |
|               | <i>Elephantopus mollis</i>         | X         |          |
| Asteraceae    | <i>Emilia fosbergii</i>            | X         | X        |
|               | <i>Emilia sonchifolia</i>          | X         | X        |
|               | <i>Hyptis capitata</i>             |           | X        |
|               | <i>Isocarpha oppositifolia</i>     |           | X        |
|               | <i>Melanthera nivea</i>            | X         |          |
|               | <i>Spermacoce latifolia</i>        |           | X        |
|               | <i>Sphagneticola trilobata</i>     |           | X        |

| Familia        | Nombre científico                      | Finca     |          |
|----------------|--|-----------|----------|
|                |  | San Pedro | Porvenir |
| Commelinaceae  | <i>Commelina diffusa</i>               | X         | X        |
|                | <i>Commelina erecta</i>                | X         | X        |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea nil</i>                     | X         |          |
| Cucurbitaceae  | <i>Cayaponia racemosa</i>              |           | X        |
|                | <i>Momordica charantia</i>             | X         |          |
| Cyperaceae     | <i>Cyperus laxus</i>                   | X         |          |
|                | <i>Cyperus</i> sp.                     | X         | X        |
| Euphorbiaceae  | <i>Kyllinga brevifolia</i>             |           | X        |
|                | <i>Acalypha arvensis</i>               | X         |          |
|                | <i>Croton smithianus</i>               |           | X        |
|                | <i>Croton trinitatis</i>               | X         | X        |
|                | <i>Phyllanthus urinaria</i>            |           | X        |
|                | <i>Chamaecrista</i> sp.                |           | X        |
| Fabaceae       | <i>Desmodium abscends</i>              | X         | X        |
|                | <i>Desmodium tortuosum</i>             | X         | X        |
|                | <i>Xylopia annonaceae</i>              |           | X        |
|                | <i>Pueraria montana</i>                |           | X        |
| Gesneriaceae   | <i>Zornia reticulata</i>               |           | X        |
|                | <i>Chrysothemis friedrichsthaliana</i> | X         |          |
|                | <i>Hyptis brevipes</i>                 |           | X        |
| Lamiaceae      | <i>Hyptis capitata</i>                 | X         | X        |
|                | <i>Marsypianthes chamaedrys</i>        | X         | X        |
| Malvaceae      | <i>Sida rhombifolia</i>                |           | X        |

| Familia                     | Nombre científico                  | Finca                      |          |   |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------|---|
|                             |                                    | San Pedro                  | Porvenir |   |
|                             | <i>Sida</i> sp.                    |                            | X        |   |
| Marantaceae                 | <i>Calathea crotalifera</i>        | X                          |          |   |
|                             | <i>Calathea</i> sp.                |                            | X        |   |
|                             | <i>Clidemia hirta</i>              | X                          |          |   |
| Melastomataceae             | <i>Mitracarpus hirtus</i>          | X                          |          |   |
|                             | <i>Tibouchina urvilleana</i>       | X                          |          |   |
| Oxalidaceae                 | <i>Oxalis barrelieri</i>           | X                          | X        |   |
| Piperaceae                  | <i>Piper umbellatum</i>            |                            | X        |   |
|                             | <i>Brachiaria radicans</i>         | X                          |          |   |
|                             | <i>Digitaria decumbens</i>         |                            | X        |   |
|                             | <i>Digitaria pentzii</i>           |                            | X        |   |
|                             | <i>Digitaria sanguinalis</i>       | X                          | X        |   |
|                             | <i>Digitaria</i> sp.               | X                          | X        |   |
|                             | <i>Eriochloa mollis</i>            | X                          |          |   |
|                             | <i>Homolepsis aturensis</i>        | X                          |          |   |
|                             | Poaceae                            | <i>Panicum laxum</i>       | X        | X |
|                             |                                    | <i>Paspalum conjugatum</i> | X        | X |
| <i>Paspalum dilatatum</i>   |                                    | X                          |          |   |
| <i>Paspalum nutans</i>      |                                    | X                          | X        |   |
| <i>Paspalum paniculatum</i> |                                    | X                          | X        |   |
| <i>Paspalum</i> sp.         |                                    | X                          | X        |   |
| <i>Paspalum virgatum</i>    |                                    | X                          | X        |   |
| <i>Rhynchelytrum repens</i> |                                    | X                          |          |   |
|                             | <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | X                          |          |   |

| Familia          | Nombre científico            | Finca     |          |
|------------------|------------------------------|-----------|----------|
|                  |                              | San Pedro | Porvenir |
|                  | <i>Setaria parviflora</i>    |           | X        |
| Rhamnaceae       | <i>Gouania lupuloides</i>    | X         | X        |
|                  | <i>Hemidiodia ocymifolia</i> | X         | X        |
|                  | <i>Mitracarpus hirtus</i>    |           | X        |
| Rubiaceae        | <i>Oldenlandia corymbosa</i> |           | X        |
|                  | <i>Richardia scabra</i>      | X         | X        |
|                  | <i>Spermacoce latifolia</i>  | X         | X        |
| Scrophulariaceae | <i>Scoparia dulcis</i>       | X         | X        |
|                  | <i>Solanum americanum</i>    |           | X        |
| Solanaceae       | <i>Solanum torvum</i>        | X         |          |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 13.** Lista de familias de insectos identificadas en las fincas Porvenir y San Pedro, Pérez Zeledón entre febrero y noviembre del 2021.

| Orden      | Familia       | Hábito                | Número de individuos |           |
|------------|---------------|-----------------------|----------------------|-----------|
|            |               |                       | Porvenir             | San Pedro |
| Arachnida  | Indeterminada | Depredador            | 47                   | 24        |
| Blattodea  | Blatellidae   | Saprófito             | 1                    | -         |
|            | Chrysomelidae | Fitófago<br>saprófito | 7                    | 5         |
| Coleoptera | Meloidae      | Fitófago              | 1                    | -         |
|            | Anthicidae    | Omnívoro              | -                    | 1         |
|            | Bruchidae     | Fitófago              | 1                    | 1         |
|            | Buprestidae   | Fitófago              | 1                    | -         |

| Orden   | Familia         | Hábito   | Número de individuos |           |
|---------|-----------------|--|----------------------|-----------|
|         |                 |  | Porvenir             | San Pedro |
|         | Cantharidae     | Fitófago   | 3                    | 12        |
|         | Carabidae       | Depredador<br>parasitoide                            | y<br>1               | -         |
|         | Chrysomelidae   | Fitófago<br>saprófito                                | y<br>35              | 48        |
|         | Cleridae        | Depredador   | -                    | 1         |
|         | Coccinellidae   | Depredador   | 8                    | 10        |
|         | Cucujidae       | Depredador<br>saprófito                              | y<br>-               | 1         |
|         | Curculionidae   | Fitófago<br>saprófito                                | y<br>2               | 19        |
|         | Indeterminada   | Indeterminado  | 1                    | -         |
|         | Mordellidae     | Depredador,<br>saprófito<br>fitófago                 | y<br>1               | 3         |
|         | Silvanidae      | Saprófito  | -                    | 1         |
|         | Staphylinidae   | Saprófito  | 2                    | -         |
|         | Agromyzidae     | Fitófago   | -                    | 3         |
|         | Bibionidae      | Saprófito  | 2                    | -         |
|         | Cecidomyiidae   | Depredador,<br>parasitoide,<br>saprófito<br>fitófago | y<br>66              | 115       |
| Diptera | Ceratopogonidae | Parasitoide,<br>depredador<br>hematófago             | y<br>76              | 163       |

| Orden | Familia        | Hábito   | Número de individuos |           |
|-------|----------------|--|----------------------|-----------|
|       |                |  | Porvenir             | San Pedro |
|       | Chironomidae   | Depredador<br>saprófito                              | y<br>20              | 11        |
|       | Chloropidae    | Depredador,<br>parasitoide,<br>saprófito<br>fitófago | y<br>156             | 186       |
|       | Culicidae      | Depredador<br>saprófito                              | y<br>1               | -         |
|       | Dolichopodidae | Depredador   | 35                   | 18        |
|       | Drosophilidae  | Depredador,<br>saprófito<br>fitófago                 | y<br>3               | 7         |
|       | Empididae      | Depredador   | 9                    | 1         |
|       | Ephydriidae    | Depredador,<br>parasitoide,<br>saprófito<br>fitófago | y<br>14              | 8         |
|       | Indeterminada  | Indeterminado  | 1                    | 8         |
|       | Lauxaniidae    | Saprófito  | 4                    | 3         |
|       | Micropezidae   | Saprófito  | -                    | 1         |
|       | Mycetophilidae | Saprófito  | 1                    | 3         |
|       | Perisclididae  | Fitófago<br>saprófito                                | y<br>2               | 3         |
|       | Phoridae       | Depredador,<br>parasitoide,                          | 13                   | 22        |



| Orden     | Familia        | Hábito                  | Número de individuos |           |    |
|-----------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------|----|
|           |                |                         | Porvenir             | San Pedro |    |
|           |                | saprófito               | y                    |           |    |
|           |                | fitófago                |                      |           |    |
|           | Psychodidae    | Saprófito<br>hematófago | y                    | 1         | 6  |
|           | Richardidae    | Saprófito               |                      | 1         | 2  |
|           | Scatopsidae    | Saprófito               |                      | -         | 1  |
|           | Sciaridae      | Saprófito               |                      | 29        | 73 |
|           | Simuliidae     | Saprófito<br>hematófago | y                    | 2         | 1  |
|           | Sphaeroceridae | Saprófito               |                      | 19        | 16 |
|           | Syrphidae      | Polinizador             |                      | 2         | 2  |
|           | Tephritidae    | Fitófago                |                      | -         | 1  |
|           | Tipulidae      | Depredador<br>fitófago  | y                    | 2         | 15 |
|           | Delphacidae    | Fitófago                |                      | 1         | -  |
|           | Membracidae    | Fitófago                |                      | 2         | -  |
|           | Miridae        | Fitófago                |                      | 2         | 1  |
|           | Aetalionidae   | Fitófago                |                      | 1         | -  |
|           | Alydidae       | Fitófago                |                      | 3         | 3  |
| Hemiptera | Anthocoridae   | Depredador              |                      | 1         | 1  |
|           | Aphididae      | Fitófago                |                      | 4         | -  |
|           | Aradidae       | Fitófago                |                      | 1         | -  |
|           | Berytidae      | Fitófago                |                      | -         | 1  |
|           | Cercopidae     | Fitófago                |                      | 5         | 18 |
|           | Cercopidae     | Fitófago                |                      | 2         | -  |

| Orden       | Familia        | Hábito                   | Número de individuos |           |
|-------------|----------------|--------------------------|----------------------|-----------|
|             |                |                          | Porvenir             | San Pedro |
|             | Cicadellidae   | Fitófago                 | 315                  | 254       |
|             | Cicadellidae   | Fitófago                 | -                    | 1         |
|             | Coreidae       | Fitófago                 | 2                    | 1         |
|             | Curculionidae  | Fitófago y<br>saprófito  | -                    | 1         |
|             | Delphacidae    | Fitófago                 | 10                   | 12        |
|             | Dyctiopharidae | Fitófago                 | -                    | 3         |
|             | Indeterminada  | Fitófago                 | 82                   | 26        |
|             | Lygaeidae      | Depredador y<br>fitófago | 9                    | 6         |
|             | Membracidae    | Fitófago                 | 13                   | 17        |
|             | Miridae        | Fitófago                 | 46                   | 38        |
|             | Pentatomidae   | Fitófago                 | 16                   | 12        |
|             | Reduviidae     | Depredador               | 3                    | 8         |
|             | Braconidae     | Parasitoide              | 3                    | 3         |
|             | Apidae         | Polinizador              | 5                    | 1         |
|             | Braconidae     | Parasitoide              | 19                   | 29        |
|             | Chalcididae    | Parasitoide              | 4                    | 6         |
| Hymenoptera | Diapriidae     | Parasitoide              | 2                    | 7         |
|             | Dryinidae      | Parasitoide              | 1                    |           |
|             | Encyrtidae     | Parasitoide              | 3                    |           |
|             | Eulophidae     | Parasitoide              | 9                    | 9         |
|             | Eurytomidae    | Parasitoide              | 3                    |           |
|             | Figitidae      | Parasitoide              | 3                    | 15        |
|             |                |                          |                      |           |

| Orden        | Familia       | Hábito                                 | Número de individuos |           |
|--------------|---------------|--|----------------------|-----------|
|              |               |  | Porvenir             | San Pedro |
|              | Formicidae    | Omnívoro                               | 28                   | 25        |
|              | Halictidae    | Polinizador                            | 3                    | 1         |
|              | Ichneumonidae | Parasitoide                            | 3                    | 2         |
|              | Indeterminada | Indeterminado                          |                      | 1         |
|              | Mymaridae     | Parasitoide                            | 11                   | 6         |
|              | Perilampidae  | Parasitoide                            |                      | 1         |
|              | Pompilidae    | Depredador,<br>parasitoide             | 2                    | 1         |
|              | Pteromalidae  | Parasitoide                            | 11                   | 16        |
|              | Scelionidae   | Parasitoide                            | 23                   | 13        |
|              | Torymidae     | Parasitoide                            |                      | 1         |
|              | Vespidae      | Depredador y<br>fitófago               | 1                    |           |
| Lepidoptera  | Indeterminada | Fitófago                               | 13                   | 11        |
|              | Acrididae     | Fitófago                               | 1                    | 4         |
|              | Gryllidae     | Fitófago                               | 33                   | 26        |
| Orthoptera   | Indeterminada | Fitófago                               | 7                    | 10        |
|              | Tetrigidae    | Fitófago                               | 1                    | 2         |
|              | Tettigoniidae | Fitófago                               | 4                    |           |
| Psocoptera   | Indeterminada | Fitófago y<br>saprófito                |                      | 1         |
| Trichoptera  | Indeterminada | Saprófito                              |                      | 2         |
| Trypanoptera | Indeterminada | Depredador,<br>saprófito y<br>fitófago |                      | 2         |

| <b>Orden</b>  | <b>Familia</b> | <b>Hábito</b> | <b>Número de individuos</b> |                  |
|---------------|----------------|---------------|-----------------------------|------------------|
|               |                |               | <b>Porvenir</b>             | <b>San Pedro</b> |
| Indeterminado | Indeterminada  | Indeterminado | 24                          | 55               |
| Total         |                |               | 999                         | 1054             |

Fuente: elaboración propia