

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**



**“SUSTENTABILIDAD DE FINCAS PRODUCTORAS DE LIMÓN  
(*Citrus aurantifolia* (Christm) S.) EN EL CANTÓN PORTOVIEJO,  
ECUADOR”**

**Presentada por:**

**CARLOS OSWALDO VALAREZO BELTRÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
*DOCTORIS PHILOSOPHIAE* EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

**Lima - Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO  
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

**"SUSTENTABILIDAD DE FINCAS PRODUCTORAS DE LIMÓN  
(*Citrus aurantifolia* (Christm) S.) EN EL CANTÓN PORTOVIEJO,  
ECUADOR"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
*Doctoris Philosophiae* (Ph.D.)**

**Presentada por:**

**CARLOS OSWALDO VALAREZO BELTRÓN**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Walter Apaza Tapia  
**PRESIDENTE**

Dr. Alberto Julca Otiniano  
**ASESOR**

Dr. Alexander Rodríguez Berrío  
**CO-ASESOR**

Dr. Oscar Loli Figueroa  
**MIEMBRO**

Dr. Jorge Jiménez Dávalos  
**MIEMBRO**

Ph.D. Hanna Cáceres Yparraguirre  
**MIEMBRO EXTERNO**

*A todas las personas que dedican su vida a sus estudios, a pesar de las limitaciones de tiempo, distancia y fuentes de financiamiento.*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Asesor de tesis, Dr. Alberto Julca Otiniano, así como a mi Co-Asesor I Al Dr. Alexander Rodríguez Berrio, co-asesor, por su valiosa contribución al trabajo de investigación y por su acompañamiento en el proceso de desarrollo del presente trabajo.

A los miembros de mi Comité Consejero, Dr. Oscar Loli Figueroa, Dr. Walter Apaza Tapia, Dr. Jorge Jiménez Dávalos y Dra. Hanna Cáceres Yparraguirre, por los aportes hechos al presente trabajo.

A Rebeca Ordoñez Sacsara, Bertha Paullo Cabezas, Delia Aguilar Benavente y Marcial Enciso Ojeda, quienes forman parte del personal administrativo de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por su apoyo incondicional durante todo mi proceso de estudios.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Caracterización de fincas .....	4
2.2. Agricultura Sustentable .....	5
2.3. El limón .....	8
2.4. Insectos plaga del limón .....	10
2.5. Control biológico y parasitoides .....	13
2.6. Dinámica poblacional de insectos .....	14
2.7. Biocidas .....	16
2.8. Biodiversidad de insectos .....	17
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1. Área de estudio .....	20
3.2. Metodología experimental.....	21
3.2.1. Caracterización de fincas productoras de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador.....	22
3.2.2. Evaluación de la sustentabilidad de las fincas tipo productoras de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador.....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Caracterización de fincas productoras de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> ) en Portoviejo, Ecuador.....	31
4.2. Sustentabilidad de las fincas tipo productoras de limón sutil en Portoviejo, Ecuador .....	39
4.3. Desarrollar experiencias agroecológicas para la mejora tecnológica del cultivo de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador.....	45
4.3.1. Experimento uno: dinámica poblacional de los insectos plaga del limón sutil en dos zonas agroecológicas pertenecientes al cantón Portoviejo, Ecuador .....	46
4.3.2. Experimento dos: variación poblacional de los insectos plaga del limón sutil y sus parasitoides en dos localidades de Portoviejo, Ecuador .....	56
4.3.3. Experimento tres: efecto del Neem ( <i>Azadirachta indica</i> ) sobre <i>Phyllocnistis citrella</i> y su parasitoidismo a nivel de invernadero en Portoviejo, Ecuador .....	68

4.3.4. Experimento 4: Diversidad de la población de insectos en el cultivo de <i>Citrus aurantifolia</i> (Christm) Swingle y vegetación aledaña en dos zonas agro ecológicas de Portoviejo, Ecuador .....	75
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar sustentabilidad ambiental de fincas productoras de limón sutil en Portoviejo, una adaptación de la metodología de Sarandón (2002).....	23
Cuadro 2: Sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar sustentabilidad económica de fincas productoras de limón sutil en Portoviejo, una adaptación de la metodología de Sarandón (2002).....	23
Cuadro 3: Sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar sustentabilidad social de fincas productoras de limón sutil en Portoviejo, una adaptación de la metodología de Sarandón (2002).....	24
Cuadro 4: Fórmulas para el cálculo de indicadores e índice de sustentabilidad. ....	24
Cuadro 5: Características de los productores y de la finca limonera en Portoviejo, Ecuador. ....	31
Cuadro 6: Características de la producción limonera en Portoviejo, Ecuador .....	35
Cuadro 7: Estado fenológico y labores culturales del cultivo de limón en las localidades de Riochico y Colón (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	48
Cuadro 8: Fluctuación poblacional de <i>Aleurotrixus floccosus</i> (Af), <i>Toxoptera aurantii</i> (Ta), <i>Phyllocnistis citrella</i> (Phc) localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	49
Cuadro 9: Correlación entre las variables climatológicas y la población de insectos plaga, Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019. ....	51
Cuadro 10: Correlación entre las variables climatológicas y la población de insectos plaga en Riochico, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.....	52
Cuadro 11: Fluctuación poblacional de <i>Aleurotrixus floccosus</i> (Af) y sus parasitoides <i>Eretmocerus sp.</i> (Er) y <i>Encarsia nigricephala</i> (En) en cultivo de limón, localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	58
Cuadro 12: Fluctuación poblacional de <i>Toxoptera aurantii</i> (Ta) y sus parasitoides <i>Aphidius sp.</i> (A) y <i>Diaretus sp.</i> (D) en cultivo de limón, localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	61
Cuadro 13: Fluctuación poblacional de <i>Phyllocnistis citrella</i> (Phc) y su parasitoide <i>Ageniaspis citrícola</i> (Ac) en cultivo de limón, localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	63

Cuadro 14: Efecto de los tratamientos sobre <i>P. citrella</i> y su parasitoidismo en estación seca, Colón, Portoviejo, Ecuador.....	70
Cuadro 15: Efecto de los tratamientos sobre <i>P. citrella</i> y su parasitoidismo en estación lluviosa, Colón, Portoviejo, Ecuador.....	72
Cuadro 16: Información meteorológica, evolución fenológico y principales labores del cultivo de limón en las localidades de Riochico (R) y Colón (C), Manabí, Ecuador (08/2018 – 07/2019). ....	75
Cuadro 17: Principales especies vegetales en las localidades de Colón y Riochico. ....	76
Cuadro 18: Clasificación taxonómica y gremio trófico de los insectos capturados las localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	77
Cuadro 19: Agrupación por gremio trófico de número de insectos y especies en cultivo de limón Vs. zona aledaña. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	78
Cuadro 20: Especies de insectos benéficos presentes por localidad y zona en la finca correspondiente a las localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	81
Cuadro 21: Especies de insectos fitófagos presentes por localidad y zona en la finca correspondiente a las localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).....	83
Cuadro 22: Análisis estadístico del número de insectos por zona según localidad.....	85



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de Manabí y Portoviejo en Ecuador .....	20
Figura 2 Mapa de Portoviejo .....	21
Figura 3: Conglomerados de las fincas productoras de limón en el cantón Portoviejo, Ecuador. ....	37
Figura 4: Dendrograma basado en análisis clúster. ....	38
Figura 5: Evaluación de la sustentabilidad (lado izquierdo) y puntos críticos de la sustentabilidad ambiental (lado derecho).....	40
Figura 6: Evaluación de la sustentabilidad (lado izquierdo) y puntos críticos de la sustentabilidad económica (lado derecho) .....	41
Figura 7: Evaluación de la sustentabilidad (lado izquierdo) y puntos críticos de la sustentabilidad social (lado derecho) .....	43
Figura 8: Información climatológica en la localidad de Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	46
Figura 9: Información climatológica en la localidad de Colón (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	47
Figura 10: Correlación entre precipitación y total <i>Toxoptera aurantii</i> , Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.....	51
Figura 11: Correlación entre humedad y total <i>Toxoptera aurantii</i> , Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019. ....	51
Figura 12: Correlación entre temperatura y total <i>Toxoptera aurantii</i> , Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019. ....	52
Figura 13: A) <i>Aleurothrixus floccosus</i> . B) <i>Toxoptera aurantii</i> . C) Pupa y daño de <i>Phyllocnistis citrella</i> . ....	56
Figura 14: Parasitoides de <i>Aleurothrixus floccosus</i> : A) <i>Encarsia nigricephala</i> . B) <i>Eretmocerus</i> sp.....	56
Figura 15: Parasitoides de <i>Toxoptera aurantii</i> : A) <i>Aphidius</i> sp. B) <i>Diaretus</i> sp. ....	57
Figura 16: Pupa de <i>Phyllocnistis citrella</i> parasitada por <i>Ageniaspis citricola</i> .....	57
Figura 17: Correlación entre población de <i>Aleurothrixus floccosus</i> (Af) y sus parasitoides <i>Eretmocerus</i> sp (Er) y <i>Encarsia nigricephala</i> (En). ....	60
Figura 18: Correlación entre población de <i>Toxoptera aurantii</i> (Ta) y sus parasitoides <i>Aphidius</i> sp. (A) y <i>Diaretus</i> sp. (D). ....	62

Figura 19: Correlación entre población de <i>Phyllocnistis citrella</i> (Phc) y su parasitoide <i>Ageniaspis citrícola</i> (Ac). .....	64
Figura 20: Comparación de infestación, mortalidad y parasitoidismo para <i>P. citrella</i> en estación seca y lluviosa, Colón, Portoviejo, Ecuador. ....	69
Figura 21: A: Número de insectos capturados por localidad. B: Insectos capturados en cultivo de limón Vs. zona aledaña. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	78
Figura 22: Agrupación de insectos capturados por localidad y zona en finca. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	80
Figura 23: A: Número de insectos benéficos por localidad. B: Número de insectos benéficos en el cultivo de limón Vs. vegetación en zona aledaña del limón. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	81
Figura 24: Agrupación de insectos benéficos por localidad y zona en finca. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	82
Figura 25: A: Número de insectos fitófagos por localidad. B: Número de insectos fitófagos en el cultivo de limón Vs. vegetación en zona aledaña. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	84
Figura 26: Agrupación de insectos fitófagos por localidad y zona en finca. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019). ....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para evaluación de sustentabilidad.....	107
--	-----

## RESUMEN

El limón es un cultivo muy importante para Portoviejo debido a su extensión; gran parte de este frutal en Ecuador se produce en dicha jurisdicción que cuenta con escasa información sobre la sustentabilidad del cultivo, por lo cual el objetivo general fue evaluar la sustentabilidad de fincas productoras de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en el cantón Portoviejo, Ecuador durante los años 2018 y 2019. En cuanto a la metodología se emplearon al análisis de conglomerados, método de sustentabilidad correspondiente a Sarandón adaptado a fincas productoras de limón, análisis de controladores biológicos (parasitoides, neem) e insectos plaga, y, muestreo en transecto lineal de la diversidad total de insectos. Con base en el análisis de conglomerados se establecieron tres grupos de fincas tipo, el más numeroso fue el grupo dos que reúne al 56 %, mostrando diferencias estadísticas entre los grupos para siete variables. Respecto a la sustentabilidad solamente el 12 % de las fincas productoras de limón sutil fueron sustentables, las principales debilidades correspondieron a la dimensión ambiental. En este estudio, se encontraron tres especies plagas y cinco especies de parasitoides, para el insecto plaga *Aleurotrixus floccosus* se identificaron los parasitoides *Encarsia nigricephala* y *Eretmocerus* sp, en el caso del fitófago *Phyllocnistis citrella* se encontró al parasitoide *Ageniaspis citrícola*, para el áfido plaga *Toxoptera aurantii* se identificaron *Aphidius* sp. y *Diaretus* sp. En lo referente a la relación parasitoidismo-aplicaciones con neem se observó que las poblaciones de *Phyllocnistis citrella* y *Ageniaspis citrícola* no se vieron afectadas por los tratamientos con neem, la tasa de mortalidad del fitófago es atribuible a la acción del parasitoide. Finalmente, en lo concerniente a diversidad total de insectos se estableció que los fitófagos y especímenes colectados en la vegetación aledaña fueron superiores en cantidad comparados con los benéficos y hallados dentro del área cultivada.

**Palabras clave:** Dimensiones de sustentabilidad, diversidad de insectos, insectos plaga, insectos parasitoides, insecticida botánico.

## ABSTRACT

Lemon is a very important crop for Portoviejo; a lot this fruit tree in Ecuador is produced in that jurisdiction, which has little information about the its sustainability, for which the general aim was to evaluate the sustainability of lemon farms (*Citrus aurantifolia*) in Portoviejo, Ecuador during the years 2018 and 2019. Regarding the methodology were used the clusters analysis, the sustainability method corresponding to Sarandón adapted to lemon-farms, analysis of biological controllers (parasitoids, neem) and pest insects, and linear transect sampling to the insect diversity. Based on the cluster analysis, three groups of type farms were established, the most numerous was group two, which includes 56 %, showing statistical differences between the groups for seven variables. Regarding sustainability, only 12 % of the subtle lemon farms were sustainable, the main weaknesses corresponded to the environmental dimension. In this study were found three pest species and five parasitoid species, for the pest insect *Aleurotrixus floccosus* the parasitoids *Encarsia nigricephala* and *Eretmocerus* sp. were identified, in the case of phytophage *Phyllocnistis citrella* the parasitoid *Ageniaspis citricola* was found, for the pest aphid *Toxoptera aurantii* were identified *Aphidius* sp. and *Diaretus* sp. Regarding the parasitoidism-applications with neem relationship, it was observed that the populations from *Phyllocnistis citrella* and *Ageniaspis citricola* were not affected by the treatments with neem, the mortality rate of the phytophage is attributable to the parasitoid action. Finally, with regard to total insect diversity, it was established that the phytophagous and specimens collected in the surrounding vegetation were higher in quantity compared to the beneficial and they found within the crop.

**Keywords:** Sustainability dimensions, insect diversity, pest insects, parasitoid insects, botanical insecticide.

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador se cultiva el limón sutil (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) para el consumo local y de exportación, entre ambos destinos existían 3846 unidades de producción agropecuarias. En el año 2016, existían 4 377 hectáreas (ha); distribuidas en las provincias de Manabí (32 %), Pichincha (21 %), Guayas (13 %), Loja (9 %), El Oro (9 %), Imbabura (4 %) y en otras provincias (12 %). Se calcula que se producen unas 23 805 toneladas (t) al año y su rendimiento llega a 4718 kilogramos (kg) por ha.

Se afirma que la provincia de Manabí es una de las zonas agrícolas de mayor potencialidad en este país, cuenta con una extensión de 19 878 km<sup>2</sup> y una población de 1 369 780 habitantes (hab), siendo el cantón Portoviejo el más importante por su amplia disponibilidad de recursos productivos que van desde el ciclo corto y perenne, siendo el limón uno de los más relevantes. El limón es un producto representativo de Portoviejo con 1 200 ha y su producción ha sido durante años la fuente de ingresos para muchas familias manabitas (INEC 2016; Agronegocios 2010).

En la producción agrícola es necesaria la caracterización y tipificación de fincas, como paso previo, para el desarrollo de programas de mejora tecnológica. La caracterización describe aspectos sociales, productivos, económicos y ambientales que ocurren en una finca, mientras que la tipificación se refiere al establecimiento y construcción de grupos posibles basados en las características observadas. Un estudio de caracterización y tipificación es de gran utilidad para proponer estrategias de mejoras de los aspectos más críticos en el manejo de las fincas (Criollo *et al.* 2016; Rocha *et al.* 2016; Borja *et al.* 2018).

La agricultura sustentable implica, entre otras cosas, conservación de los sistemas naturales a largo plazo, producción óptima con reducidos costos de producción, adecuado nivel de ingreso y beneficio por unidad de producción, satisfacción de las necesidades alimentarias básicas, y suficiente abastecimiento para cubrir las demandas y necesidades de las familias y comunidades rurales (Liverman *et al.* 1988; Calvente 2007).

Por la premisa anterior, es necesario evaluar el sector limonero bajo criterios e indicadores de sustentabilidad ya que las fincas agropecuarias no sólo deben generar una renta económica, sino también mantener las condiciones apropiadas del ambiente para que el cultivo se desarrolle satisfactoriamente, minimizando las perturbaciones del entorno natural, pero, sobre todo, mejorar la calidad de vida de los productores (Holt 2008).

Beingolea (1984), señala que como unidad ecobiológica el cultivo de limón nos ofrece una planta cuyo desarrollo es determinado y sostenido por condiciones edáficas y climáticas, la cual mantiene a su vez una fauna de invertebrados fitófagos y ciertas especies de microorganismos causantes de problemas; sobre la fauna de fitófagos viven un número de especies de invertebrados que actúan como depredadores propiamente dicho o como parasitoides y también algunos microorganismos causantes de epizootias tanto en los fitófagos como en los benéficos.

La tendencia moderna de alcanzar mejores rendimientos y productos libres de sustancias contaminantes son una exigencia de los consumidores, que requiere de la regulación de plagas mediante estrategias concebidas en el manejo integrado que contempla alternativas con claro predominio conservacionista de los componentes medio ambientales y de preservación de la salud humana (Nicholls 2008). Por lo anterior, el conocimiento de las plagas y controladores biológicos es un tema fundamental para la agroexportación y agricultura sustentable.

El concepto de control biológico es la acción de organismos benéficos sobre organismos plaga o también o también se le define como el uso de enemigos naturales para disminuir la población de uno o más organismos plaga a densidades menores ya sea de forma temporal o permanente. El término control biológico enfatiza el uso de enemigos naturales para el control de insectos plaga (Gutiérrez 2013; Rodríguez y Arredondo 2007).

Por lo expuesto, este trabajo de tesis tuvo como objetivo general: Evaluar la sustentabilidad de fincas productoras de limón sutil (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) en el cantón Portoviejo, Ecuador.

Asimismo, se consideró los siguientes objetivos específicos fueron los siguientes:

- Caracterizar las fincas productoras del cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) en el cantón Portoviejo, Ecuador.
- Determinar la sustentabilidad de las fincas productoras del cultivo de limón Sutil (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) en el cantón Portoviejo, Ecuador.
- Desarrollar experiencias agroecológicas para la mejora tecnológica del cultivo de limón Sutil (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) en el cantón Portoviejo, Ecuador.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS

La caracterización es una descripción u ordenamiento conceptual hecho desde la perspectiva del investigador. Puede ser la primera fase en la sistematización de experiencias, partiendo de un trabajo de indagación documental del pasado y presente del fenómeno, exenta de interpretaciones por ser descriptiva (Strauss y Corbin 2002; Sánchez 2011).

En la producción agrícola es necesaria la caracterización y tipificación de fincas, como paso previo, para el desarrollo de programas de mejora tecnológica. La caracterización describe aspectos sociales, productivos, económicos y ambientales que ocurren en una finca. La tipificación se refiere al establecimiento y construcción de grupos posibles basados en las características observadas. Un estudio de caracterización y tipificación es de gran utilidad para proponer estrategias de mejoras de los aspectos más críticos en el manejo de las fincas (Criollo *et al.* 2016; Rocha *et al.* 2016; Borja *et al.* 2018).

De acuerdo con Fuente (2011), el Análisis Clúster (conglomerados), es una técnica estadística multivariante que agrupa elementos (o variables), procurando la máxima homogeneidad dentro de cada grupo y la mayor diferenciación entre grupos. Asimismo, indicó que las soluciones dependen de muchos elementos del procedimiento elegido, pero principalmente de las variables utilizadas, por lo cual la adición o destrucción de variables relevantes tiene impacto directo sobre la solución resultante.

Los algoritmos de formación de conglomerados se agrupan en dos categorías:

- Algoritmos de partición: Método de dividir el conjunto de observaciones en k conglomerados (clusters), en donde k lo define inicialmente el usuario.
- Algoritmos jerárquicos: Método que entrega una jerarquía de divisiones del conjunto de elementos en conglomerados.

El análisis anterior ha sido empleado por Tuesta *et al.* (2014), para la tipificación de fincas cacaoteras en San Martín, Perú, con resultados interesantes. Sin embargo, pese a sus beneficios, existen limitantes, ya que es una técnica descriptiva, exploratoria, teórica, no inferencial y no explicativa. El uso de conglomerados se ha reportado en Perú, para el análisis de fincas productoras de mandarinas (*Citrus reticulata*) en Cañete (Collantes *et al.* 2016), donde también se empleó el Método de Ward con una Distancia Euclídea al Cuadrado (Juárez *et al.* 2015).

## **2.2. AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Según Guadynas (2003) durante los años 70 y 80, en el Informe Brundtland, se introdujo el término “agricultura sostenible”, el cual surge a partir de los estudios de las Naciones Unidas sobre los cambios climáticos. Siguiendo con los antecedentes, en 1992 ocurrió otro evento importante para el desarrollo sostenible: la Conferencia de la Comisión Mundial sobre el Ambiente y Desarrollo, en donde se convocaba a un esfuerzo masivo por conciliar el impacto de las actividades socioeconómicas humanas en el medio ambiente y viceversa (ONU 1987). Durante la Cumbre de Johannesburgo en 2002, la comunidad internacional se percató que era necesario retomar el plan de sostenibilidad que complementara los intereses del medio ambiente con los económico-sociales (Recio 2010). Sarandón y Flores (2009), por su parte afirman que, a finales de los noventa, una vez que se establecieron los pilares sociales, económicos y ambientales del desarrollo sustentable, comenzaron a elaborarse las diferentes metodologías con indicadores para la agricultura sustentable, tanto en el ámbito regional como en finca, entre los cuales se pueden citar como principales a FESLM, MESMIS, y el de Camino y Müller.

La agricultura sustentable es toda actividad agropecuaria que implica conservación de los sistemas naturales a largo plazo, producción óptima con reducidos costos de producción, adecuado nivel de ingreso y beneficio por unidad de producción, satisfacción de las necesidades alimentarias básicas y suficiente abastecimiento para cubrir las demandas y necesidades de las familias y comunidades rurales (FAO 1997; Lescano *et al.* 2015; Liverman *et al.* 1988).

La agricultura sustentable implica, entre otras cosas, conservación de los sistemas naturales a largo plazo, producción óptima con reducidos costos de producción, adecuado nivel de ingreso y beneficio por unidad de producción, satisfacción de las necesidades alimentarias

básicas, y suficiente abastecimiento para cubrir las demandas y necesidades de las familias y comunidades rurales (Liverman *et al.* 1988). Calvente (2007), establece que la sustentabilidad es la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo, protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas. Para la sostenibilidad en las zonas rurales Núñez (2000) establece que se debe garantizar a la población la equidad de acceso a alimentos y a los recursos necesarios para producirlos.

Badgley (2007), afirma que existen controversias respecto a los rendimientos de la agricultura sustentable, siendo demasiado bajos. González de Molina (2010), establece que para alimentar a la creciente población mundial los cultivos sostenibles dependen de muchos elementos, entre ellos genéticos, ambientales e incluso culturales que complican más los factores de la producción. Halweil (2006), señala que no hay suficiente financiamiento para diseñar políticas sustentables, agroecológicas y orgánicas de largo plazo en el mundo. Holt (2008), indica que la agricultura sustentable será totalmente funcional cuando se realicen ajustes profundos en el modelo de comercialización, se arreglen las disparidades en la nutrición humana, se cambien los patrones de alimentación y se desperdicien menos alimentos: es decir, reparar las debilidades del sistema agroalimentario actual.

Según Zamilpa (2016), los productos sustentables suelen ser más caros que los convencionales; sin embargo, Pimentel (2005) asevera que los analistas de la agricultura sustentable identifican aún pocas evidencias que respalden un juicio negativo, dado que estas son respondidas de manera satisfactoria, aunque, si no se continúa trabajando al respecto, existe el riesgo de que en un futuro la agricultura sustentable pudiera perder completamente sus principios fundamentales que le rigen, y ser secuestrada por las grandes corporaciones.

Evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas requiere simplificar y definir variables que permitan elaborar indicadores operativos, pertinentes, adecuados, sin sesgo, capaces de determinar umbrales, robustos, integradores y universales pero adaptables a cada caso particular (Maser *et al.* 1999; López *et al.* 2001; Sarandón *et al.* 2006; Astier *et al.* 2008).

Para lograr que la evaluación de la sustentabilidad agropecuaria sea un punto de apoyo, esta debe tener una estructura cíclica y flexible, adaptada a diferentes niveles de información y capacidades técnicas. También debe contar con una orientación práctica que se base en un

enfoque participativo mediante el cual se promueve la discusión y retroalimentación entre evaluadores y evaluados. Además, brinda una visión interdisciplinaria que permita entender de manera integral las limitantes y posibilidades para la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico. Finalmente, propone la comparación entre los sistemas de manejo vigentes y sistemas alternativos, procedimiento que permite: (i) examinar en qué medida estos últimos sistemas son efectivamente más sustentables y (ii) identificar los puntos críticos para la sustentabilidad a fin de impulsar cambios (Astier *et al.* 2000).

La sustentabilidad debe ser vista como una búsqueda permanente de nuevos puntos de equilibrio entre las dimensiones sociocultural, ambiental y económica, que pueden ser conflictivas entre sí en realidades concretas. La dimensión sociocultural define una distribución más equitativa (tanto de la producción como de los costos), donde además se entiende que la intervención sobre los agroecosistemas debe considerar los valores y saberes locales de las poblaciones rurales. También existe un alcance ambiental el cual busca la conservación y rehabilitación de los recursos naturales a nivel local, regional y global utilizando una perspectiva holística y un enfoque sistémico y finalmente una magnitud económica la cual busca el logro de un beneficio que permita cubrir las necesidades económicas del productor y su familia (Núñez 2000; Calvente 2007; Holt 2008; Halweil 2006).

Se pueden citar algunas experiencias exitosas de agricultura sustentable como en Colombia, donde mesas técnicas agroclimáticas permitieron que un gremio bananero en Magdalena y La Guajira redujera en 15 % sus pérdidas por efectos climáticos y un 25 % en su uso de fertilizantes por ha (Holt 2008). En Colombia, Nescafé promociona sistemas de silvo-pastoreo en la lechería tropical, para mantener o restaurar la biodiversidad, sembrando pastos y arbustos que hacen una simbiosis donde se fija nitrógeno y otros nutrientes de manera natural (Halweil 2006).

En el modelo de la Patagonia Argentina, después de 40 a 50 años de investigación sistemática, se logró determinar un método de manejo del pastizal natural para evitar que se expanda el desierto (Pimentel 2005).

En Ecuador, el proyecto de ganadería climáticamente inteligente evitó la emisión de 24 mil t de gases de efecto invernadero gracias a técnicas como el pastoreo rotativo y la producción de compost para pastos (Liverman *et al.* 1988).

En México, un proyecto de fomento de tecnologías eficientes y bajas en emisiones en la agricultura y la agroindustria permitió que 1 842 agronegocios redujeran sus emisiones netas de GEI en 6 millones de t de CO<sub>2</sub> (Núñez 2000).

En Guatemala y Colombia, un proyecto de manejo forestal comunitario permitió impulsar la conservación de los bosques, generar empleo y aumentar la inversión en desarrollo social y productivo (González de Molina 2010). En Uruguay, un proyecto de buenas prácticas y alternativas al uso de plaguicidas trabajó con más de 2 000 técnicos y productores, y demostró que es posible reducir hasta en un 70 % el uso de herbicidas en un ciclo de producción de soja (Calvente 2007). En Chile, los Acuerdos de Producción Limpia permitieron a 340 miembros de la agricultura familiar de la región de El Maule aumentar en 15 % sus beneficios económicos, reduciendo su uso de energía, sus emisiones de GEI, sus residuos y uso de plaguicidas, además de mejorar el uso del agua y del suelo (Badgley 2007).

### **2.3. EL LIMÓN**

Whiteside (2009), señala que el limón sutil está identificado taxonómicamente con el nombre de *Citrus aurantifolia*. En el argot popular se lo denomina también limón criollo el cual tiene propiedades similares a *Citrus limon* o limón verdadero debido a su alto contenido de ácidos.

A continuación, se presenta su clasificación taxonómica:

División: Embryophyta sinophonogama

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Geraniales

Familia: Rutaceae

Subfamilia: Aurantioideae

Género: *Citrus*

Especies principales: *aurantifolia*.

Avilán y Rengifo (1987), indican que esta especie es nativa del Asia, pero crece muy bien en las tierras bajas del trópico pues necesita altas temperaturas para un buen desarrollo. Es un árbol pequeño, muy ramificado, con espinas axilares cortas y puntiagudas, con follaje claro y más pálido en el envés, de base redondeada y de ápice recortado, con bordes crenulados y peciolo alado muy pequeño. Las flores son solitarias o en inflorescencia de dos a siete flores pequeñas, de pétalos blancos con tintes color púrpura, estambres numerosos (20-25) y pueden ser pistiladas o estaminadas. Los frutos son pequeños, ovales o globosos, de ápice deprimido, de color verde oscuro cuando inmaduros y amarillos al madurar. Su cáscara es lisa, frecuentemente adherido a la pulpa, la cual es de color verde amarillento, jugosa, fragante y muy ácida. Tiene semillas en número variable, altamente poliembriónica, de cotiledones blancos o ligeramente verdosos.

Según UTEPI (2006), en el mundo existen algunas variedades de limón (*Citrus limón*), entre las que destacan las siguientes: Verna, Fino o Primofiori, Eureka y Lisbon, que se diferencian entre sí por su contenido de zumo, la textura y grosor de su corteza, su color y la presencia o no de semillas. Sin embargo, las variedades más comercializadas en el mundo son conocidas como limas ácidas, éstas son: el limón Tahití o persa (*Citrus latifolia*) y el limón agrio o mexicano (*Citrus aurantifolia*). La diferencia entre los dos es que el primero no tiene semillas y es menos ácido que el segundo.

Según CORPEI (2008) y SICA (2016), afirman que Brasil es el principal proveedor de limón verde a Europa, llegando a realizar el 49 % de su abastecimiento en 1991 con un porcentaje de crecimiento de 21.3 % entre (1988 y 1991), seguido por México como segundo proveedor exportador hacia Europa, esencialmente desde julio hasta enero de cada año. La producción mundial de limas y limones en el año 2001 fue de 10.9 millones de t, los principales productores fueron México (14 %), India (13 %), Argentina (11 %), España (9 %), Estados Unidos (8 %), Irán (8 %), e Italia (5 %). En Ecuador, se cultivan básicamente el limón sutil para el consumo local y el limón "Tahití" para la exportación entre ambas había 4 405 ha en monocultivo y 3 257 unidades de producción agropecuarias (UPA's), principalmente en las provincias de Pichincha, Manabí y Guayas; en las dos últimas se concentra la producción de limón.

En Ecuador se cultivan el limón sutil (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) para el consumo local y la exportación, entre ambos destinos existían 3 846 unidades de producción agropecuarias. En el año 2016, existían 4 377 ha distribuidas en Manabí (32 %), Pichincha (21 %), Guayas (13 %), Loja (9 %), El Oro (9 %), Imbabura (4 %) y en otras provincias (12 %). Se calcula que se producen unas 23 805 t al año y el rendimiento llega a 4 718 kg por ha. Se afirma que la provincia de Manabí, en Ecuador, es uno de las zonas agrícolas de mayor potencialidad en este país, tiene una extensión de 19 878 km<sup>2</sup> y una población de 1 369 780 hab y el cantón Portoviejo es importante por su amplia disponibilidad de recursos productivos, que van desde el ciclo corto y perenne, siendo el limón uno de los más relevantes. El limón es un producto representativo de Portoviejo y su producción ha sido durante años la fuente de ingresos para muchas familias manabitas (INEC 2016; Agronegocios 2010).

#### **2.4. INSECTOS PLAGA DEL LIMÓN**

Beingolea (1984), señala que como unidad ecobiológica el sistema de los cítricos nos ofrece una planta cuyo desarrollo es determinado y sostenido por condiciones edáficas y climáticas, la cual mantiene a su vez una fauna de invertebrados fitófagos y ciertas especies de microorganismos causantes de enfermedades; sobre la fauna de fitófagos viven un número de especies de invertebrados carnívoros , actuando como predadores propiamente dicho o como parasitoides y también algunos microorganismos causantes de epizootias tanto en los fitófagos como en los carnívoros.

De acuerdo al inventario realizado por el Programa Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2008) se ha determinado la presencia de varias especies atacando al limón las cuales se indican a continuación: *Unaspis citri*, *Aleurothrixus floccosus*, *Aphis spiraecola*, *Icerya purchasi*, *Coccus viridis*, *Toxoptera aurantii*, *Phyllocnistis citrella*.

El cultivo de limón puede ser atacados por varias especies de insectos, que afectan el desarrollo de los árboles, limitan su producción y disminuyen la calidad de la fruta. Los principales fitófagos reportados en el mundo son los pulgones (Hemiptera) dentro de los cuales se encuentra *Toxoptera aurantii*, moscas blancas (Hemiptera) donde destaca *Aleurothrixus floccosus*, trips (Thysanoptera), comedores de hojas (Lepidoptera) con su especie más conocida *Phyllocnistis citrella* y hormigas pertenecientes al orden Hymenoptera

(León 2012; INIA 2014). Se conoce que en Ecuador actualmente 15 % del costo de producción del limón es dedicado al control de insectos plaga, una de las causas que inciden es el desconocimiento de enemigos naturales que contribuyan su control y por lo tanto reducción de costos (INIAP 2000; Espinoza 2004). En el territorio ecuatoriano el problema se concentra en la diversidad de artrópodos plaga que afectan al limón tales como: *Phyllocnistis citrella*, *Aleurothrixus floccosus*, *Toxoptera aurantii* entre los principales, pudiendo causar bajas en la producción hasta un 48 % (Cañarte 1998).

Según Fernández (2009) y Davies y Albrigo (1999), las hembras de *Phyllocnistis citrella* durante la noche ovipositan de uno a siete huevecillos en los dos lados de las hojas jóvenes que al cabo de 2 a 10 días dan lugar a la emergencia de diminutas larvas, las cuales conforme se desarrolla su coloración cambia de verde amarillento a amarillento, formando galerías sinuosas, su cuerpo, en el tercer ínstar, es visiblemente segmentado. Se ha determinado que el 70 % del daño en la hoja ocurre en este ínstar.

Hoy (1995), señala que el minador de las hojas de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* es un microlepidóptero, es una de las pocas plagas han tenido una expansión tan grande y han creado tanto desconcierto en un periodo de tiempo tan corto. La utilización de barreras de cuarentena tuvo muy poco efecto en la disminución de la propagación de esta plaga a nivel mundial, todavía es un misterio el porqué de la rápida expansión de esta plaga en tan breve espacio de tiempo; varias razones que pueden haber permitido a *P. citrella* esta amplia colonización: posee tasas altas de reproducción, es polivoltina; puede haber sido fácilmente transportado tanto en material de vivero como en planta adulta; es capaz de desarrollarse perfectamente en una amplia diversidad de climas y microclimas (Mediterráneo, Tropical y Subtropical); y posiblemente los adultos de minador tengan una alta facilidad de dispersión. Hoy en día, nadie puede dudar de la gran movilidad y de adaptación a situaciones climáticas distintas que posee el minador de las hojas de los cítricos.

El minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* es una plaga habitual en los cítricos cultivados en Asia que en los años 90 protagonizó una rapidísima expansión por los países mediterráneos y por todo el continente americano, en esas zonas fue detectado por vez primera en 1993 casi simultáneamente en Florida y en Málaga, en 1994 se dispersó en todas las zonas cítricas de la Península Ibérica y en 1995 llega a Canarias (Bautista *et al.* 1997; Cañarte 2005; INIAP 2011; Medina 1995).



Según lo establecido por Cañarte (2001), desde febrero de 1995 un nuevo problema entomológico se reportó en la citricultura ecuatoriana, el minador de la hoja de los cítricos (MHC) *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), que se detectó inicialmente en Manabí en viveros; seis meses después se descubrió que el minador se encontraba en casi todo el Litoral ecuatoriano (Manabí, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas) y, posteriormente, se lo detectó también en la región Sierra (Bolívar, Tungurahua, Imbabura, Pichincha, Azuay y Loja) y Oriente (Napo), reportándose infestaciones hasta 97.14 % en Manabí.

El género *Aleurothrixus* está muy bien representado en el nuevo mundo, 15 de las 18 especies descritas son de origen americano incluyendo *A. floccosus* conocida vulgarmente como “mosquita blanca de los cítricos”, la cual también es reportada en Ecuador dentro de los cultivos frutales (Nell 1976; Soto 2001; INIAP 2011). Esta especie es conocida a nivel mundial como una seria plaga que daña los cítricos; en la década del 60 invadió el sur de Europa, área mediterránea, Islas Canarias y otros sitios del viejo mundo (Van Driesche 1996). Además, *Aleurothrixus floccosus* conocida como mosca blanca provoca dos tipos de daños en los cítricos: uno directo, ocasionado por la absorción de savia por parte de las ninfas y adultos, y un daño indirecto originado por el taponamiento de las estomas a causa de la mielecilla que segregan las ninfas y adultos y que taponan las estomas de las hojas, interrumpiendo el proceso respiratorio de las plantas (Planes y Carrero 2015).

Salazar (2011), manifiesta que *Toxoptera aurantii* es un insecto de tamaño pequeño, de cuerpo blando y forma de pera, de consistencia frágil, que se alimenta de la savia de las hojas jóvenes y segregan sustancias azucaradas o cerosas, que atraen a las hormigas y permiten la proliferación del hongo causante de la fumagina, que cubre la superficie de las hojas en forma de película de color negro reduciendo la función clorofílica de la planta y a su vez la producción. El pulgón *Toxoptera aurantii* presenta un área de difusión que abarca las regiones tropicales y subtropicales, es polífago, principalmente sobre árboles y arbustos de los géneros *Citrus*, *Pittosporum*, *Coffea*, *Thea*, *Theobroma*, *Visnea*, *Camellia*, *Rhamnus*, en Ecuador el hospedante principal está representado por varias especies de *Citrus* en las provincias de Santa Elena, Guayas, Manabí, Los Ríos (McClure 2015; Sampaio 2008; Ode 2005; Flint 1985; Van Driesche 2008; INIAP 2011).

## 2.5. CONTROL BIOLÓGICO Y PARASITOIDES

El concepto de control biológico es la acción de organismos benéficos sobre organismos plaga. Se define al control biológico como el uso de enemigos naturales, con el objetivo de disminuir la población de uno o más organismos plaga a densidades menores ya sea de forma temporal o permanente; el término control biológico, enfatiza el uso de enemigos naturales para el control de insectos plaga (Gutiérrez 2013; Rodríguez y Arredondo 2007).

Los parasitoides son insectos que en su estado inmaduro son parasíticos, generalmente monófagos y que se desarrollan sobre o dentro de un individuo huésped se alimentan de sus fluidos corporales, órganos y ocasionan la muerte. El conocimiento de los procesos biológicos de insectos plaga y enemigos naturales representan una alternativa para el manejo adecuado de las plantaciones, ya que no provocan riesgos para el ambiente ni para la salud humana o animal, facilitando la conversión de las mismas a la agricultura orgánica certificada, pudiéndose constituir en una mejora de vida para los agricultores de la zona tanto en el aspecto social, económica y ambiental (Nicholls 2008).

Serrano (2008), menciona que los parasitoides se desarrollan en un solo hospedante el cual generalmente matan, por lo tanto, un parasitoide sólo consume una presa (hospedante) durante su ciclo de vida. Esta manera especial de vivir existe en unas 300 000 especies de pequeñas avispas y moscas que comprenden alrededor de 1/10 de todas las especies de organismos multicelulares.

Según hallazgos de INIAP (2011), para el cultivo de limón en Portoviejo se han reportado la presencia de *Encarsia nigricephala* y *Eretmocerus* sp. como parasitoides de *Aleurothrixus floccosus*. Además, en larvas y pupas de *Phyllocnistis citrella* se ha encontrado un parasitoide muy eficiente llamado *Agonaspis citricola*. Finalmente, dentro de individuos de *Toxoptera aurantii* se hallaron controladores biológicos identificados como *Aphidius* sp. y *Diaretus* sp.

Respecto a los parasitoides de *A. floccosus* se encontró que *Eretmocerus* sp. parasitó esta plaga en los cultivos hortícolas (tomate, pimiento, fréjol, melón) alrededor del mar Mediterráneo, en Argentina ataca de forma natural en tomate, pimiento, melón, en Ecuador se ha reportado desde los años noventa en la Costa y Sierra del país en cítricos (INIAP 2000; Van Leteren 1987). En Colombia se ha empleado con éxito a *Encarsia nigricephala* en

tomate bajo invernadero para manejar poblaciones de *A. floccosus*, de igual manera en Argentina se lo ha liberado bajo condiciones controladas en plantaciones hortícolas, para Ecuador ha sido reportado en cultivos hortícolas y frutales en las provincias de Guayas, Manabí y Pichincha (Van Driesche 1996; Myartseva 2012; Polaszek *et al.* 1992; INIAP 2011).

Por su parte *P. citrella* en cuanto a su control biológico se ha reportado con éxito a *Ageniaspis citricola* en cítricos de Australia, Tailandia, Estados Unidos, Israel, España, Colombia, en Ecuador existen registros en casi todas las provincias desde principios de la primera década de los años dosmil (Bautista *et al.* 1997; Cañarte 2005; INIAP 2011; Medina 1995).

El insecto plaga *Toxoptera aurantii*. ha sido controlado por el parasitoide *Aphidius* sp., originario del Norte de la India o Pakistán y que actualmente se encuentra en Norte y Sur de América, Europa y Australia. En Argentina ha sido reportado dentro de plantaciones de alfalfa, avena, trigo y colza, mientras que en Ecuador fue reportado en plantaciones de naranja y limón. El género *Diaretus* fue reportado durante el año 2002 en Brasil dentro plantaciones de pino, en cambio en México se le encontró parasitando a *Spodoptera frugiperda* en maíz, en Ecuador se ha reportado su presencia dentro de plantaciones de limón para Pichincha y Manabí (McClure 2015; Sampaio 2008; Ode 2005; Flint 1985; Van Driesche 2008; INIAP 2011).

## **2.6. DINÁMICA POBLACIONAL DE INSECTOS**

Agila (2009), determina que el término dinámica poblacional es aplicado a las fuerzas que originan cambios en la densidad de población. La dinámica de las poblaciones abarca el desarrollo de la plaga en el tiempo y ambiente en relación a factores que la regulan; es una parte importante de la ecología. La habilidad de pronosticar los daños que puedan ser causados por una plaga en un futuro cercano con base a una estimación de la cantidad de individuos y su correspondiente relación con el nivel de daño, depende de una mejor comprensión de la dinámica poblacional de la plaga. Los factores externos que influyen sobre la dinámica poblacional de insectos son temperatura, humedad relativa y precipitación (Morales 2000).

Cañarte (2001), afirma que la población varía únicamente su intensidad en el tiempo, lo cual es influenciado directamente por las precipitaciones y las labores de riego, hallazgo coincidente con Farías (2002) investigador que corrobora lo anterior agregando también la influencia de las actividades de fertilización y podas. Según Díez (2006), el manejo fitosanitario es una labor que tiene una notable regulación en poblaciones.

La fluctuación poblacional de insectos se afecta por factores bióticos y abióticos, el conocimiento de la respuesta de esos individuos a estos factores ofrece una visión amplia del funcionamiento de una comunidad constituida por varias especies, que ocurren juntas en el espacio y en el tiempo (Begon 1996). De manera general las poblaciones de insectos están directamente relacionadas con los factores abióticos (Ruiz 2005). La elevación de la temperatura permite el incremento de insectos, suceso respaldado por Rose (1994), quien indica que en el verano se elevan las temperaturas y las densidades poblacionales.

El conocimiento de los factores que afectan la fluctuación poblacional de un insecto es importante para preverse la tendencia de la misma, ya que, durante ese tiempo, estos insectos se dispersan, localizan y atacan sus hospederos. La selección de los hospederos es un factor crítico en la sobrevivencia y en el incremento del número de estos individuos. Así, los cambios en los factores climáticos influyen directa o indirectamente en la fluctuación poblacional de los insectos (Saunders 1967; Beckwith 1972).

La disponibilidad de alimento para los insectos se considera uno de los factores bióticos más importantes en la fluctuación de los insectos (House 1977) y entre los factores abióticos, los componentes del clima determinan los límites de la distribución y abundancia de los mismos (Andrewartha 1970). El tamaño de una población y sus variaciones a lo largo del tiempo pueden ser representadas por curvas, indicando la densidad de las especies en función del tiempo. Estas variables son importantes para la ecología, pues posibilitan la determinación de las épocas de aumento o disminución poblacional, indispensables para el éxito del manejo integrado de plagas (Silveira 1972; Rabinovich 1978).

Según Romero (2004), los factores responsables del crecimiento o decrecimiento poblacional de insectos plaga, es decir de las fluctuaciones de una población pueden depender de su densidad (número de individuos por área, por volumen, o por unidad habitable) o ser independientes de ella. Entre los independientes (los que manifiestan su

efecto en la población independientemente del tamaño de ésta) tenemos el clima y el tiempo (temperatura, humedad, luminosidad, pluviosidad, granizo, sequía, y demás factores abióticos de control natural), los ciclos temporales y los siniestros (incendios, inundaciones, control químico de artrópodos). Estos factores modifican a las poblaciones de cualquier tamaño, sin que el tamaño influya en la probabilidad de aparición del factor. Igual sucede con la migración, los periodos de hibernación y diapausa que estén genéticamente programados en una especie, independientemente del tamaño de su población.

## **2.7. BIOCIDAS**

Un biocida puede ser una sustancia química sintética, natural, de origen biológico o de origen físico que está destinado a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre. Según DGSPV (2008), de acuerdo a su origen se dividen en físicos, biológicos y químicos (son sintéticos y pueden ser a su vez de origen orgánico e inorgánico). De acuerdo a su acción se dividen en microbicidas (bactericidas y fungicidas) o inhibidores del crecimiento y plaguicidas (insecticidas y/o repelentes, acaricidas, nematicidas, avicidas, rodenticidas, piscicidas, molusquicidas, etc.).

El estudio de nuevos bioplaguicidas es muy importante ya que son eficaces en el control de plagas agrícolas sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación del medio ambiente. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura. El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos (Leng 2011).

Cázares *et al.* (2014), evaluaron las especies vegetales como repelentes o insecticidas las cuales fueron: Nim (*Azadirachta indica* A. Juss), orégano (*Lippia graveolens*) guayaba (*Psidium* sp.), mandarina cleopatra (*Citrus reshni*) y ajo (*Allium sativum* L.). Los extractos etanólicos del neem, orégano, guayaba y mandarina cleopatra fueron obtenidos de las hojas, y del bulbo en el caso del ajo. Se evaluaron las variables: repelencia y mortalidad de los psílidos. Para tal efecto, se realizaron conteos de los insectos que se encontraban sobre las plantas a uno y dos Días Después de la Aplicación (DDA), el conteo de insectos muertos se realizó únicamente a los dos DDA.

Un biocida conocido en todo el mundo es el derivado de las partes del árbol del Nim (Gómez y García 2011; Vaillant 2013). Una de las ventajas del uso del Nim en el control de plagas, es que posee varios mecanismos de acción como regulador del crecimiento, antialimentario, repelente, antiovipositor, reductor de la fecundidad e interruptor de la comunicación sexual (Cañarte 2001). Los componentes químicos del Nim han probado su eficacia contra al menos 106 especies de insectos-plaga (Cañarte 2002). Navarrete (2017), afirma que las aplicaciones de Nim disminuyeron las poblaciones de huevos, ninfas y adultos de los insectos plaga.

De manera general, existe un bajo efecto negativo del nim sobre organismos benéficos, existen experiencias tal es el caso de estudios realizados por Schmutterer (1990) y Brechelt y Fernández (1995), quienes coinciden en manifestar que si un parasitoide, especialmente de larvas, absorbe gran cantidad de azadiractina de su hospedante, también será afectado. Cañarte (2001), demostró a nivel de campo, en Ecuador, que la efectividad biológica mostrada por el Nim, sea como extracto acuoso o aceite formulado, sobre las larvas del minador es óptima, pero interfiere significativamente y de manera negativa en la población de parasitoides de este insecto-plaga.

## **2.8. BIODIVERSIDAD DE INSECTOS**

Con frecuencia, el término biodiversidad es interpretado como la riqueza, variedad, y variabilidad de los organismos (Jeffries 1997); además, Takacs (1996) argumenta que diversidad biológica es toda la vida sobre la Tierra en sus múltiples manifestaciones e interacciones y los procesos que intervienen en diferentes lugares y tiempos. La biodiversidad es a menudo asumida como la riqueza de especies; es decir, solo como el número de especies presentes en un área (Hamilton 2005).

Nicholls (2008), sugiere clasificar la biodiversidad de la siguiente manera:

- Biodiversidad productiva. Cultivos, árboles y animales cultivados o criados. Constituyen el nivel básico de diversidad útil del sistema.
- Biota funcional. Organismos que contribuyen a la productividad del agroecosistema mediante polinización, control biológico, descomposición, etc.
- Biota destructiva. Plagas que reducen la productividad al tener poblaciones altas.

Al añadir o reemplazar biodiversidad funcional, con poca intervención, se subvenciona la sustentabilidad del agroecosistema mediante servicios ecológicos como el control biológico de plagas (abundancia y eficacia) y el reciclaje de nutrientes, basado en conocimiento ecológico profundo y un diseño de agroecosistema adecuado (Gliessman 2002; Quispe 2012).

Los insectos son un grupo diverso y complejo de organismos que superan el millón de especies descritas y representa el 66 % del reino animal. Su éxito radica en la capacidad de ocupar nichos en el suelo, agua y aire, así como el aporte sustancial que brindan a la biodiversidad y los múltiples roles ecológicos que desempeñan, influyendo en la agricultura, la salud humana y los recursos naturales (Scudder 2009; Zhang 2011).

Guzmán (2016), establece que los insectos han sido un elemento importante no sólo por su función en los ecosistemas terrestres, sino también por su influencia en las sociedades humanas. Desde los albores de la humanidad estos organismos han sido parte de la alimentación, la salud, la cultura y de los agroecosistemas no sólo como competidores, sino también como elementos pronosticadores y promotores de servicios ecosistémicos.

Letourneau (2001), en sus estudios afirma que las fincas con poca intervención tienen una mayor riqueza de artrópodos que las convencionales. Al respecto, Menalled (1999) complementa lo anterior estableciendo que los fundos mejor conservados agroecológicamente lo logran a través de un manejo adecuado del barbecho y hábitat circundante.

Klein (2002), señala que en la vegetación variada aumenta la abundancia de insectos, debido a que encuentran más fuentes alimenticias, lo mencionado es confirmado por Langhof (2003) y Symington (2003). Asimismo, Asteraki (2004) y Wackers (2004) acotan que los rastrojos en cultivos perennes ayudan al control de malezas y a la vez contribuyen a la estabilidad del agroecosistema, contrario a lo que ocurre con herbicidas utilizados para proteger los cultivos de malezas en campos con prácticas de manejo convencional los mismos que disminuyen la diversidad de plantas contribuyendo a la pérdida del número de refugios, hospedantes alternativos y recursos alimenticios.

Koricheva (2000), señala que los insectos plaga se desarrollan mejor en lugares donde encuentran alimentos en sembríos extensos. Además, Asteraki (2004) aporta que existe una relación inversa entre la abundancia de fitófagos y la riqueza de especies vegetales del agroecosistema y lo adjudica al mejor desempeño de estos fitófagos ante la concentración de los recursos que explotan. Feber (1997), complementa lo dicho indicando que una vez determinado que la vegetación ha sido sometida a prácticas convencionales como la aplicación de insecticidas, éstas extinguen localmente a las especies más sensibles y propician el aumento de las resistentes, conformando un conjunto más homogéneo de especímenes.

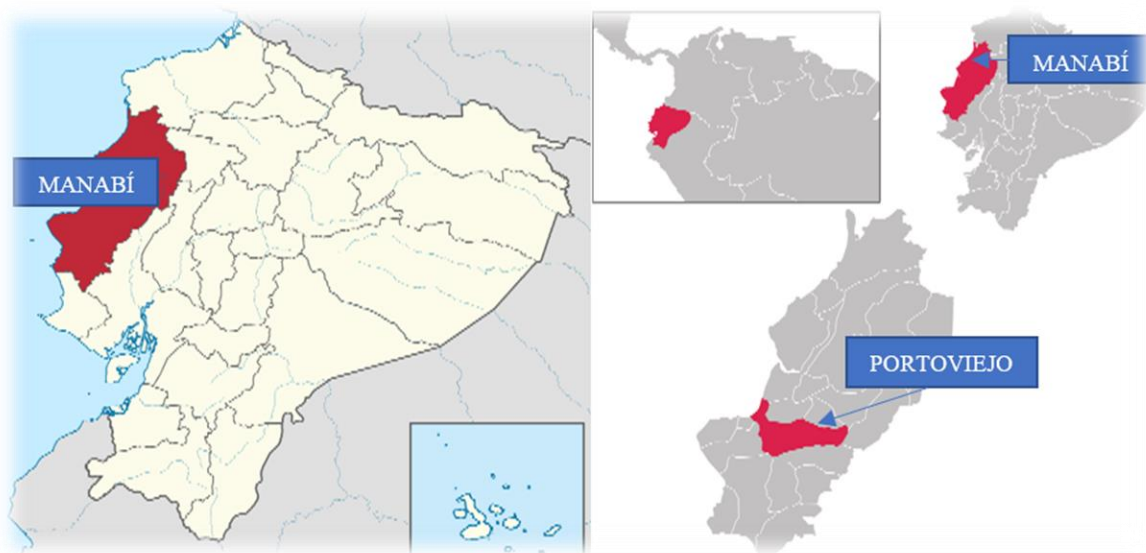
Según registros del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA (1976) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica (1997), en Colombia hay más de 100 especies de insectos y ácaros dañinos asociados al cultivo de limón, pero menos del 20 % de ellas llegan a considerarse plagas de importancia económica, porque la diversidad ecológica permite la supervivencia de gran cantidad de insectos y ácaros benéficos que mantienen controladas las poblaciones de las especies dañinas.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó entre agosto 2018 y julio 2019, en una finca ubicada en la localidad de Colón (Longitud: O80°24'47", Latitud: S1°6'47") y en una finca ubicada en la localidad de Riochico (Longitud: O80°24'59", Latitud: S0°59'42), ambas pertenecientes al cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. La zona se caracteriza por tener una precipitación promedio de 450 milímetros al año y una temperatura promedio anual de 25.5 °C (INAMHI 2019). La información climatológica fue generada en la estación de INAMHI en Portoviejo colindante con Riochico y estación de MAG en Lodana cercana a Colón. En ambos sitios se cultiva limón sutil con plantaciones de manejo convencional, de ocho años de edad. Alrededor de la plantación de Colón se encontraron cacao, pastizales y árboles nativos. Alrededor de la plantación de Riochico se sembraron cultivos de maíz, coco y cilantro, también se hallaron algunas viviendas (**Figuras 1 y 2**).



**Figura 1.** Ubicación de Manabí y Portoviejo en Ecuador

Fuente: Google Maps



**Figura 2.** Mapa de Portoviejo

Fuente: Gobierno Provincial de Manabí

Riochico se caracteriza por contar con un bosque decíduo de la costa. Esta región natural tiene un rango de 50 a 300 m. de elevación. Las condiciones son más secas y el terreno tiene densidades de árboles más bajas que los bosques siempre-verdes. Los árboles generalmente son menores a 20 m de alto y hay un sotobosque que puede ser denso y con plantas herbáceas abundantes. Algunas especies de árboles pierden sus hojas durante la época seca. El impacto humano en esta región ha sido severo. De acuerdo con estimados recientes, más del 60 % de su área ha sido destruida por actividades humanas, especialmente agricultura, ganadería y vivienda. Colón se caracteriza por tener un bosque húmedo tropical. Su elevación tiene un rango de 0 a 300 m y las condiciones son cálidas y húmedas. Tiene un dosel cerrado con árboles que pueden alcanzar los 30 m de altura. La diversidad de árboles es alta pero menor que en el bosque húmedo tropical amazónico (Sierra 1999).

### **3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

Como estructura principal la investigación tuvo las siguientes etapas:

- Caracterización de fincas productoras de limón Sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador.
- Evaluación de la sustentabilidad de las fincas productoras del cultivo de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador.
- Desarrollar experiencias agroecológicas para la mejora tecnológica del cultivo de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador.

Los detalles de cada fase, se describen a continuación:

### **3.2.1. Caracterización de fincas productoras de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador**

Se trabajó con una población de 604 productores de limón, de la que se tomó una muestra irrestricta aleatoria ( $n=102$ ) usando la fórmula de Scheaffer (1987). Se empleó una encuesta estructurada con 20 variables (cualitativas y cuantitativas) que permitió obtener la información sociocultural, económica y ambiental. Los datos de la encuesta fueron procesados con el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Para el análisis de conglomerados, previamente se seleccionaron las variables con mayor poder discriminante en función del coeficiente de variabilidad, luego, se usó el método de Ward con una distancia Euclidiana al cuadrado para construir los grupos, que fueron sometidos a un análisis de varianza para conocer si existían diferencias entre los mismos.

### **3.2.2. Evaluación de la sustentabilidad de las fincas tipo productoras de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador**

Para evaluar la sustentabilidad se usó la metodología propuesta por Sarandón (2002), pero adaptada para las fincas productoras de limón, la cual considera las tres dimensiones de la sustentabilidad (económica, ambiental y social), el procedimiento fue el siguiente:

- a. Selección y construcción de subindicadores:** Los subindicadores se seleccionaron y construyeron de acuerdo a la metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón (2002), pero adaptada para el cultivo de limón, ya que se considera que la propuesta original está diseñada para fincas que trabajan con cultivos anuales y no para aquellas que tienen cultivos permanentes.
- b. Estandarización y ponderación de los indicadores:** Para las comparaciones entre fincas, los datos obtenidos para cada variable fueron estandarizados a una escala sencilla de 0 a 4. El valor 4 representa la mayor sustentabilidad y 0 la más baja. Los valores obtenidos para cada una se ponderaron multiplicándolos por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad.

A continuación, los **Cuadros 1, 2 y 3** muestran los sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar la sustentabilidad.

**Cuadro 1:** Sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar sustentabilidad ambiental de fincas productoras de limón sutil en Portoviejo.

Clave	Subindicadores	Escala de estandarización				
		0	1	2	3	4
<b>Indicador Ambiental (A) Conservación de la vida del suelo, (B) Riesgo de erosión, (C) Manejo de la biodiversidad.</b>						
A1	Cobertura vegetal	< 25%	25% - 50%	50% - 75%	75% -99%	100%
A2	Diversificación de cultivos	Monocultivo	Poca diversidad	Diversidad Media	Alta diversificación	Totalmente diverso
B1	Pendiente predominante	> 20%	16% - 20%	11% - 15%	6% - 10%	0% - 5%
B2	Conservación del suelo (prácticas)	Hileras de plantas paralelas a la pendiente	Hileras en tres bolillos orientadas a la pendiente	Barreras muertas	Barreras vivas	Curvas de nivel o terrazas
C1	Áreas de zonas conservación	<1%	1%-3%	3%-6%	6%-10%	> 10%

**Cuadro 2:** Sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar sustentabilidad económica de fincas productoras de limón sutil en Portoviejo.

Clave	Subindicadores	Escala de estandarización				
		0	1	2	3	4
<b>Indicador Económica (A) Rentabilidad de la Finca, (B) Ingreso neto mensual, (C) Riesgo Económico.</b>						
A1	Productividad	< 5 t/ha	5 a 9 t/ha	10 a 20 t/ha	21 a 30 t/ha	> 30 t/ha
A2	Calidad de fruta	Muy pequeño	Pequeño	Mediano	Grande	Muy grande
A3	Incidencia de insectos plaga	> 20%	16 a 20 %	11 a 15 %	6 a 10%	< 5%
A4	Incidencia de enfermedades	> 20%	16 a 20 %	11 a 15 %	6 a 10%	< 5%
A5	Uso del patrón	> 25%	25 a 49 %	50 a 74%	75 a 99%	100%
A6	Densidad de plantación (plantas/ha)	<200	200-214	215-235	236-256	277-257
B1	Ingreso mensual (\$)	<500	500-999	1000-1499	1500-1999	>2000
C1	Diversificación de producción	1 producto	2 productos	3 productos	4 productos	> 4 productos
C2	Dependencia de insumos externos	81 a 100%	61 a 80%	41 a 60%	21 a 40%	0 a 20%
C3	N° vías de comercialización	1 vía de comercialización	2 vías de comercialización	2 a 3 vías de comercialización	3 a 4 vías de comercialización	> 4 vías de comercialización

**Cuadro 3:** Sub-indicadores y valores estandarizados para evaluar sustentabilidad social de fincas productoras de limón sutil en Portoviejo.

Clave	Subindicadores	Escala de estandarización				
		0	1	2	3	4
<b>Indicador Social (A) Satisfacción de las necesidades básicas, (B) Integración Social, (C) Conocimiento y conciencia ecológica.</b>						
A1	Vivienda	No posee casa	Casa de caña	Casa de madera	Casa de hormigón y madera	Casa de hormigón
A2	Acceso a educación	Si acceso	Acceso a primaria	Acceso primaria y secundaria con restricciones	Acceso a secundaria	Educación superior y capacitación
A3	Acceso a salud y cobertura sanitaria	> a 10 km	De 5,1 a 10 km	De 3,1 a 5 km	de 1 a 3 km	< 1 km
A4	Servicios básicos	Sin luz y agua	sin luz y con agua entubada	Con luz y agua entubada	Con agua y desagüe	Con agua potable, luz y desagüe
B1	Integración social	Nula	Baja	Media	Alta	Muy alta
C1	Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica	Nula	Baja	Media	Alta	Muy alta

En el **Cuadro 4** se observan las fórmulas para el cálculo de indicadores e índices de sustentabilidad.

**Cuadro 4:** Fórmulas para el cálculo de indicadores e índice de sustentabilidad.

Indicador	Fórmulas
Sustentabilidad ambiental (IA)	$\frac{(A1 + A2) / 2 + (B1 + B2) / 2 + (C1) / 1}{3}$
Sustentabilidad económica (IK)	$\frac{2 ((A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6) / 6) + B + (C1 + C2 + C3) / 3}{3}$
Sustentabilidad sociocultural (ISC)	$\frac{2 ((A1 + A2 + A3 + A4) / 4) + B + C}{3}$
Índice	Fórmula
Sustentabilidad general (ISG)	$\frac{(IK + IA + ISC)}{3}$

### **3.3.3. Desarrollar experiencias agroecológicas para la mejora tecnológica del cultivo de limón sutil en el cantón Portoviejo, Ecuador**

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron cuatro experimentos cuyos resultados ayudaron a sentar las bases para una mejora tecnológica del cultivo de limón Sutil en la zona de estudio, éstos fueron:

#### **Experimento 1: dinámica poblacional de los insectos plaga del limón sutil en dos zonas agroecológicas pertenecientes al cantón Portoviejo, Ecuador**

El estudio se realizó entre agosto del 2018 y julio del 2019, en una finca para la localidad de Colón (Longitud: O80°24'47", Latitud: S1°6'47") y en una finca para la localidad de Riochico (Longitud: O80°24'59", Latitud: S0°59'42), pertenecientes al cantón Portoviejo que se caracteriza por tener una precipitación promedio de 450 milímetros al año y una temperatura promedio anual de 25.5 °C (INAMHI 2019).

La información climatológica se recopiló de la estación INAMHI en Portoviejo colindante con Riochico y estación de MAG en Lodana cercana a Colón. Se determinó la dinámica poblacional de insectos plaga por un año durante el periodo agosto de 2018 a julio de 2019 en una finca productora de limón de ocho años de edad, para los distritos de Colón y Riochico donde se realizaron evaluaciones una vez al mes.

La metodología empleada fue la de seleccionar 10 árboles al azar, de cada árbol se evaluaron 50 hojas, lo cual permitió establecer las poblaciones de cada una de estas plagas (Castaño 1996; Cañarte 2001). Se estudió la población de los insectos plaga *Phyllocnistis citrella*, *Aleurothrixus floccosus*, *Toxoptera aurantii* y factores climatológicos (temperatura, humedad relativa y precipitación) de las zonas analizadas.

La presencia de larvas y pupas pertenecientes a *Phyllocnistis citrella* se estableció revisando mensualmente 50 hojas de diez brotes con longitud de 15 a 20 cm y ubicados en el tercio medio de diez árboles elegidos al azar por cada localidad. Finalmente, en el laboratorio con ayuda del estereomicroscopio se evaluó número total de larvas y pupas halladas en las hojas.

Las poblaciones de *Aleurothrixus floccosus* y *Toxoptera aurantii* se registraron colectando en cada localidad y fecha 50 hojas en 10 árboles, se escogió al azar y zigzag del tercio medio e inferior, parte interna y externa de brotes desarrollados de 15 a 20 cm. contabilizando en

laboratorio con la ayuda del estereomicroscopio todos los estados biológicos-ninfas, adultos de mosca blanca y pulgón negro.

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables biológicas y las variables climatológicas (humedad relativa, temperatura y precipitación). Los niveles de significancia usados fueron de 95 % y 99 %. Los análisis se realizaron con software IBM SPSS versión 25. Restrepo y González (2007) establecen que el coeficiente de correlación de Pearson es ampliamente utilizado en las ciencias agropecuarias con el fin de establecer relaciones entre variables generalmente de índole cuantitativo.

### **Experimento 2: variación poblacional de los insectos plaga del limón sutil y sus parasitoides en dos localidades de Portoviejo, Ecuador**

El estudio se realizó entre agosto del 2018 y julio del 2019, en una finca para la localidad de Colón (Longitud: O80°24'47", Latitud: S1°6'47") y en una finca para la localidad de Riochico (Longitud: O80°24'59", Latitud: S0°59'42), pertenecientes al cantón Portoviejo que se caracteriza por tener una precipitación promedio de 450 milímetros al año y una temperatura promedio anual de 25.5 °C (INAMHI 2019). La información climatológica se generó en la estación de INAMHI en Portoviejo colindante con Riochico y estación de MAG en Lodana cercana a Colón. Se evaluó las tres principales plagas del cultivo de limón: *Aleurothrixus floccosus*, *Toxoptera aurantii*, *Phyllocnistis citrella* con sus parasitoides en dos zonas agroecológicas durante 12 meses, una vez al mes.

La presencia de parasitoides de *Phyllocnistis citrella* se estableció colectando en cada localidad y fecha 50 hojas en 10 árboles, se escogió al azar y zigzag del tercio medio e inferior de brotes desarrollados, (15 a 20 cm), parte externa con larvas del III instar y cámaras pupales de *P. citrella*. Asimismo, se empleó la metodología de colecta y conservación de las muestras en el insectario recomendada por Núñez y Canales (1999) por medio de la cual las hojas se colocaron en bolsas plásticas transparentes infladas de 30.4 x 25.2 cm, con papel toalla en su interior con la finalidad de regular la humedad necesaria para la emergencia del minador o sus parasitoides. Se distribuyeron aproximadamente 25 hojas por bolsa y para evitar la contaminación de hojas diariamente se cambió el papel toalla. Finalmente, las bolsas fueron infladas y cerradas con liga para ser colgadas en cordeles en el área más iluminada del insectario hasta la recuperación de parasitoides. Las evaluaciones de emergencia del minador o parasitoides, se realizaron diariamente durante 22 días, después de este tiempo se

revisaron en laboratorio las minas por si quedaran aún pupas de parasitoides que no lograron emerger por efecto de manejo o por deshidratación prematura de las hojas debido a factores abióticos (temperatura y humedad relativa). Las pupas de los parasitoides recuperados fueron confinadas en bandejas con algodón humedecido hasta su emergencia.

El parasitoidismo para *Aleurothrixus floccosus* y *Toxoptera aurantii* se estableció colectando en cada localidad y fecha 50 hojas en 10 árboles, se escogió al azar y zigzag del tercio medio e inferior, parte interna y externa de brotes desarrollados de 15 a 20 cm. Se tomaron muestras de brotes con presencia de mosca blanca y de áfidos en sus distintos estados de desarrollo, las cuales fueron llevadas a laboratorio y bajo el estereomicroscopio se contó el número total de estadios del insecto plaga y parasitoides, las hojas que presentaron evidencia de parasitoides fueron colocadas en recipientes plásticos transparentes cuyas medidas fueron de 8 cm de alto y 10 cm de diámetro, para continuar su desarrollo y obtener de esta manera adultos parasitoides. A partir de esta fecha se realizaron evaluaciones diarias hasta los 22 días posteriores. La identificación de especímenes se realizó en el laboratorio de Entomología perteneciente a la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, para calcular el porcentaje de parasitoidismo, se aplicó la fórmula de Castaño (1996):

$$\text{Porcentaje de parasitoidismo} = \frac{\# \text{ de estados biológicos del parasitoide}}{\# \text{ total de estados biológicos (parasitoide+plaga)}} \times 100$$

Una vez colectados los datos y levantada la información, se procedió a realizar el análisis estadístico, a través del *software* R library (dplyr), library (haven), library (ggplot2), library (GGally), library (ggstatsplot)). En estadística inferencial se realizaron análisis bivariantes para comparar la población de plagas y sus parasitoides por localidades de Colón y Riochico. Se verificó el supuesto de normalidad mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para el total de individuos de poblaciones de plagas y el porcentaje de parasitoides, estas variables presentaron normalidad por lo que se empleó la prueba t de muestras independientes para comparar entre las localidades. Se realizó análisis de correlación de Pearson para las poblaciones de plagas y sus parasitoides. La significancia estadística se estableció para p-valor < 0,05.



### **Experimento 3: Efecto del Neem (*Azadirachta indica*) sobre *Phyllocnistis citrella* y su parasitoidismo a nivel de invernadero en Portoviejo, Ecuador**

El estudio se realizó entre octubre del 2018 y abril del 2019, en una finca de la localidad de Colón (Longitud: O80°24'47", Latitud: S1°6'47") perteneciente al cantón Portoviejo que se caracteriza por tener una precipitación promedio de 450 milímetros al año y una temperatura promedio anual de 25.5 °C (INAMHI 2019).

En cuanto a los procedimientos se señala que en un invernadero se construyó una jaula entomológica de 8 m<sup>3</sup> (2x2x2) cubierta de tela con orificios de ventilación extremadamente estrechas que no permitieron entrada y salida de organismos, en su interior se colocaron 150 plantas de limón sutil compradas en un vivero del sector, inmediatamente se realizó el corte apical en todas a una altura de 50 cm, con la finalidad de estimular la emisión uniforme de brotes nuevos libres de *P. citrella* (Bautista *et al.* 1997). Se estableció que 15 días después del corte apical las plantas presentaban brotes ideales de cinco a ocho cm para la infestación natural del minador, cumplido este periodo se aplicaron los tres tratamientos empleando una aspersora de mochila con boquilla de cono. Inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos las plantas fueron llevadas a la plantación donde se distribuyeron en repeticiones con sus tratamientos por espacio de ocho días, periodo necesario para permitir la oviposición y desarrollo larval del minador. Concluido este tiempo en campo se trasladaron las plantas a la jaula para realizar las evaluaciones finales y suprimir el riesgo de depredación de larvas de minador.

El ensayo se realizó en dos épocas, la primera fue en época lluviosa (marzo – abril) y la segunda en época seca (octubre – noviembre). En cada caso, se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos [T1: Extracto acuoso de Neem (50 g/l de agua), T2: Aceite de neem (10 ml/l de agua), T3: Testigo (sin aplicación)] y cinco repeticiones. Para el tratamiento con extracto acuoso se colectaron y molieron 50 gramos de hojas del árbol de neem en un molino artesanal, después se las puso en reposo con agua por 24 horas previo a la aplicación del tratamiento, luego la solución fue cernida por tres ocasiones para evitar el taponamiento de la aspersora de mochila. Respecto al tratamiento dos se empleó el insecticida comercial Neem-X (concentrado emulsionable) cuyo ingrediente activo es la azadirachtina obtenida del aceite de las semillas de neem.

Las evaluaciones se realizaron a los 10, 15 y 20 días, después de la aplicación de los tratamientos, las mismas que se efectuaron sobre 10 plantas/tratamiento, considerando un brote tierno por planta. Siguiendo las recomendaciones de Cañarte (2001), se analizaron estadísticamente las variables infestación, mortalidad y parasitoidismo en *P. citrella*, con los datos, se hizo la Prueba de Dunnet con nivel de confianza de 95 % y 99 %. A continuación, se detallan las fórmulas para cada una de las mismas:

$$\%Infestación = \frac{\text{hojas minadas con larvas vivas}}{\text{total de hojas}} \times 100$$

$$\%Mortalidad = \frac{\# \text{ de insectos muertos}}{\text{Población total del insecto}} \times 100$$

$$\%Parasitoidismo = \frac{\# \text{ de estados biológicos del parasitoide}}{\# \text{ total de estados biológicos (parasitoide + plaga)}} \times 100$$

#### **Experimento 4: Diversidad de la población de insectos en el cultivo de *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle y vegetación aledaña en dos zonas agro ecológicas de Portoviejo, Ecuador**

El estudio se realizó entre agosto del 2018 y julio del 2019, en una finca para la localidad de Colón (Longitud: O80°24'47", Latitud: S1°6'47") y en una finca para la localidad de Riochico (Longitud: O80°24'59", Latitud: S0°59'42), pertenecientes al cantón Portoviejo que se caracteriza por tener una precipitación promedio de 450 milímetros al año y una temperatura promedio anual de 25.5 °C (INAMHI 2019). La información meteorológica se la obtuvo de la estación de INAMHI en Portoviejo colindante con Riochico y estación de MAG en Lodana cercana a Colón. En ambos sitios se cultivó limón sutil con plantaciones de manejo convencional, de ocho años de edad. Alrededor de la plantación de Colón se encontraron cacao, pastizales y árboles nativos. Alrededor de la plantación de Riochico se sembraron cultivos de maíz, coco y cilantro, también se hallaron algunas viviendas.

Riochico se caracteriza por contar con un bosque deciduo de la costa, esta región natural tiene un rango de 50 a 300 m. de elevación, las condiciones son más secas y el terreno tiene densidades de árboles más bajas que los bosques siempre-verdes, los árboles generalmente son menores a 20 m de alto y hay un sotobosque que puede ser denso y con plantas herbáceas

abundantes, algunas especies de árboles pierden sus hojas durante la época seca, el impacto humano en esta región ha sido severo de acuerdo con estimados recientes, más del 60 % de su área ha sido destruida por actividades humanas, especialmente agricultura, ganadería y vivienda. Colón se caracteriza por tener un bosque húmedo tropical, sus elevaciones tienen un rango de 0 a 300 m y las condiciones son cálidas y húmedas, tiene un dosel cerrado con árboles que pueden alcanzar los 30 m de altura, la diversidad de árboles es alta pero menor que en el bosque húmedo tropical amazónico (Sierra 1999).

Se utilizó un muestreo con transecto lineal con un eje de 100 m. de longitud, cinco unidades de captura (cuadrante) ubicadas sobre el eje distanciadas cada 20 metros y replicadas tres veces. Las unidades de captura fueron de un metro por un metro. En la vegetación rastrera dentro del cultivo las réplicas se distribuyeron en la zona izquierda, derecha y central. En la vegetación rastrera aledaña al cultivo se realizó su distribución en el borde exterior izquierdo, derecho y superior, con una separación del cultivo de 20 m. Además, se identificaron las especies vegetales predominantes en el laboratorio de Botánica del Jardín Botánico de Portoviejo.

Se empleó la red entomológica en el cultivo de limón y en la vegetación aledaña, que consistió una bolsa de tul sostenida por un aro de alambre acerado, de 30 cm de diámetro y unida a un mango metálico de unos 70 cm, se la utilizó para coleccionar insectos en plantas bajas, realizando un pase de la misma en cada unidad de captura.

Se analizó la diversidad de insectos en vegetación de plantaciones de limón y vegetación de áreas aledañas al cultivo en dos zonas agroecológicas. Se contabilizó la cantidad de insectos encontrados en plantas espontáneas, luego se los clasificó según su especie y gremio trófico en el laboratorio de Entomología de Agencia Ecuatoriana para Aseguramiento de la Calidad del Agro.

Los análisis se realizaron con *software* IBM SPSS versión 25, para lo cual se empleó estadística descriptiva utilizando tablas representando medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas. Se verificó el supuesto de normalidad para el número de insectos mediante la prueba de Shapiro, la cual no presentó normalidad, por lo que las comparaciones del número de insectos por localidad y zona se realizó mediante la prueba de Mann Whitney. La significancia estadística se estableció para p-valor < 0,05.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE LIMÓN (*Citrus aurantifolia*) EN PORTOVIEJO, ECUADOR

La investigación se realizó en Portoviejo, provincia de Manabí, Litoral de Ecuador. Se trabajó con una población de 604 productores de limón, de la que se tomó una muestra irrestricta aleatoria (n=102) usando la fórmula de Scheaffer (1987) para obtener un número predeterminado de individuos con las características de interés (**Cuadro 5**). Como los sistemas agrícolas presentaron recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares, se empleó una encuesta estructurada con variables cualitativas y cuantitativas que permitió obtener la información sociocultural, económica y ambiental.

**Cuadro 5:** Características de los productores y de la finca limonera en Portoviejo, Ecuador.

PRODUCTOR		FINCA	
Género de responsable de finca (%)		Servicios básicos (%)	
Masculino	96,08	Agua entubada (sin potabilizar)	82,35
Femenino	3,92	Agua potable	15,69
Nivel de instrucción (%)		Luz	99,02
Primaria	37,25	Desagüe	1,96
Secundaria	34,31	Celular	71,57
Universitario	17,65	Teléfono fijo	6,86
Posgrado	7,85	Tipo de organización a la que pertenece (%)	
Sin estudios	2,94	Asociación productiva	56,86
Ingreso (dólares x ha)		Asociación estatal	33,33
Menos de 250	41,18	Asociaciones deportivas y/o religiosas	5,88
250-500	38,25	No pertenece	3,93
500-750	12,73	Crianza de animales (%)	
750-1000	6,86	Sí	39,22
1000-1500	0,98	No	60,78
Número de personas por familia (%)		Lugar de comercialización (%)	
1-2	24,51	Mercado de Portoviejo	78,43
3-5	69,61	En finca	8,82
6-7	4,9	Ambas	12,75
Más de 7	0,98		

Los datos de la encuesta fueron procesados con el programa estadístico: *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) por su capacidad para trabajar con bases de datos complejos. Para el Análisis de Conglomerados, previamente se seleccionaron las variables con mayor poder discriminante en función del coeficiente de variabilidad, luego, se usó el Método de Ward con una Distancia Euclídea al Cuadrado para construir los grupos, que fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para conocer si existían diferencias entre los mismos. El periodo de evaluación fue desde julio hasta noviembre del 2018. Se agrupó a la información en características del productor y de la finca, características de la producción limonera y tipología de fincas.

Características del productor y de la finca: El Cuadro 5, muestra que las personas responsables de la finca son mayormente varones (96,08 %), solamente el 3,92 % de las fincas fueron mujeres. Estos resultados difieren de IICA (2006) donde se estableció que en América Latina y el Caribe aún puede considerarse como países rurales a Bolivia, las naciones de América Central y Paraguay, en los cuales la población femenina rural es más del 50 % o muy cercana al 50 %, lo que indica un desbalance en la equidad de género ya que la cifra de mujeres soporte de familia debería estar alrededor del 50% como lo establece IICA. Según Deere y Twyman (2010) en el Ecuador rural, solamente en el 22 % de las fincas, las mujeres son las encargadas de la administración.

El nivel de instrucción (Cuadro 5), entre los encuestados es variable, ya que el 37,25 % sólo tiene instrucción primaria, otro grupo posee educación secundaria (34,31 %), un grupo reducido no tiene estudios (2,94 %), pero existe un grupo pequeño de agricultores que poseen título universitario y representa el 17,65 %, una minoría señaló que concluyó estudios de postgrado (7,85 %). Los productores limoneros tienen indicadores desfavorables en relación a agricultores de la provincia de Tucumán, Argentina en donde Natera (2014) indicó que 54,31 % de la población rural provincial tiene como nivel máximo de instrucción la primaria, el mismo autor señaló que el 2,92 % ha terminado sus estudios universitarios. Corvalán (2006) afirma que en Brasil el grupo de edad de 15 a 17 años tiene una tasa de asistencia a la escuela de 80,7 % en el medio urbano y de 66 % en el medio rural.

También se encontró que el mayor porcentaje de agricultores (41,18 %), tienen un ingreso mensual neto (Cuadro 5) menor a los USD250, seguido un grupo (38,25 %) que tiene un ingreso entre 250 a 500 USD, pero hay un grupo menor que tiene un ingreso de 500 a 750

USD (12,73 %); solamente el 6,86 % dice tener ingresos mensuales desde USD 750 a 1000, además hay un pequeño grupo (0,98 %) que sus ingresos van desde USD 1000 a 1500. El Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos - INEC (2017) estableció que en un hogar típico en Ecuador tiene cuatro miembros y más de uno gana el salario básico, el cual está en USD 375 mensuales para este año.

Si se consideran los dos sobresueldos que reciben los trabajadores en el país, los ingresos de esa familia llegan a USD 700 mensuales. En el caso del sector limonero analizado la mayoría de productores se encuentran por debajo de este nivel de ingresos, lo que genera un desbalance económico y un empobrecimiento ya que en la mayoría de hogares sólo sobreviven y no pueden crecer sosteniblemente. En Santa Elena, otra zona productora de limón en el Ecuador, la mayor parte de los productores reportaron ingresos entre USD 200 a USD 300 mensuales (Santistevan *et al.* 2015).

El promedio de personas que habitan en un hogar (Cuadro 5) fueron 24,51 % con un rango entre una a dos personas; el segundo grupo es de tres a cinco personas (69,91 %); en otro grupo de seis a siete personas (4,9 %) y el último grupo más de siete individuos (0,98 %). El ministerio de Economía y Finanzas (2011) en Panamá determinó que el promedio de personas que integran el hogar ha disminuido en veinte años (de 4,4 a 3,7), tanto en las áreas urbanas (de 4,2 a 3,5) como en las rurales (de 4,7 a 4), incluso en las comarcas indígenas Kuna Yala (de 7,9 a 6,4), Emberá (de 5,7 a 5) y Ngöbe Buglé (de 6,8 a 5,9). Con lo relacionado en la zona limonera en estudio se puede apreciar una similitud con la mayoría que comprende un rango de tres a cinco personas comparado con el promedio panameño en la zona rural (4-4,7). Castro (2012) encontró que en la región rural de Maule las extensas familias de los abuelos alcanzaban desde 23, 13, 11 y 8 hijos, con la de los padres que ya disminuyen a 5, 4 y 3, las generaciones más jóvenes piensan en 2 o 3 hijos como máximo.

Con respecto a los servicios básicos en las fincas limoneras de la zona se tuvo que el 99,02 % posee luz, agua potable 15,69 %, agua entubada (sin potabilizar) 82,35 %, desagüe 1,96%, celular 71,57% y teléfono fijo 6,86 % (Cuadro 5). La Secretaría Nacional para la Planificación y Desarrollo - SENPLADES (2014) afirma que el acceso de la población rural a los servicios de agua potable (38,8 %) es muy bajo, por lo que el gran desafío del país es reducir las brechas existentes entre las áreas urbanas y las áreas rurales en la dotación de estos servicios. Esta característica se confirma en la zona rural del cantón Portoviejo al tener

un acceso limitado al agua potable predominando la disponibilidad de agua entubada. Cordero (2011) señala que la prestación de los servicios públicos, es una tarea del municipio, no hacerlo es una violación a los derechos humanos de los individuos y de las comunidades.

La mayor parte de agricultores pertenecen a asociaciones de productores 56,86 % y 33,33 % pertenecen a una asociación estatal y 5,88 % está incluido en asociaciones deportivas y religiosas, pero 3,93 % no se encuentran federados a ninguna agrupación (Cuadro 5). Ferrando (2015) señala que la asociatividad de los pequeños productores agrícolas posibilita mejorar competitividad. Las formas más predominantes son la asociación, la cooperativa y las comunidades campesinas y nativas.

En la zona de estudio el 39,22 % crían animales además de su actividad agrícola, predominando las aves de corral, 78,43 % de los productores realizan la comercialización del limón en el mercado de la ciudad de Portoviejo; el 8,82 % vende a los intermediarios en finca; otro grupo 12,75 % vende en la finca y el mercado en Portoviejo (Cuadro 5).

Características de la producción limonera: El 5,88 % de los agricultores tienen fincas con un tamaño promedio menor a una hectárea; el 66,67 % tienen desde 1 a 5 ha; existe un grupo 10,78 % que señalaron tener predios de 6 a 10 ha; otro grupo 5,88 % tiene entre 11 a 15 ha y el 8,83 %, posee fincas mayores a las 20 ha (**Cuadro 6**). Santistevan (2016) en un trabajo realizado en Santa Elena, encontró que el 71 % de los encuestados tienen fincas con un tamaño promedio de 1 a 3 ha; el 12 % tienen desde 3 a 5 ha; hay un grupo que tienen menos de 1 ha esto representa el 10 %; existe también un grupo 6 % que dijeron tener entre 5 a 6 ha; y un grupo minoritario 1 % tiene finca mayor a las 10 ha.

En la presente investigación se registraron resultados parecidos a los señalados por Santistevan (2016) puesto que los fundos que tienen menos de cinco hectáreas son la mayoría llegando a representar porcentajes superiores al 65 % para ambos casos. En Portoviejo, a diferencia de Santa Elena, se registraron una mayor cantidad de predios entre 6 y 20 ha.

En cuanto al área sembrada con limón dentro de la finca se encontró que 83,33 % tuvieron de 1 a 5 ha con limón, seguido por 8,82 % con propiedades menores a una ha, 4,91 % correspondieron a plantaciones con un rango de 5,1-10 ha y sólo 2,94 % fueron mayores a 10 ha sembradas con dicho frutal (Cuadro 6).

**Cuadro 6:** Características de la producción limonera en Portoviejo, Ecuador

Tamaño de finca (ha)	
	%
Menos de 1	5,88
1—5	66,67
6—10	10,78
11—15	5,88
16—20	1,96
Más de 20	8,83
Área cultivada con limón (ha)	
	%
Menos de 1	8,82
1-5	83,33
5,1-10	4,91
Más de 10	2,94
Rendimiento (t/ha/año)	
(Toneladas)	%
Menos de 5	5,88
5-9	17,65
10-20	35,29
21-30	11,67
Más de 30	29,41

El rendimiento de la finca (Cuadro 6) de limón, está entre 10 a 20 t (35,29 %); un grupo (29,41 %) más de 30 t; otro grupo (17,65 %) obtiene un rendimiento que va desde 5 a 9 t; otro grupo (11,77 %) que produce un rango de 21-30 t; también existe un grupo (5,88 %) que obtiene un rendimiento menor de 5 t. Santistevan (2016), indicó que la mayoría de agricultores alcanzaron un rendimiento entre 16 y 25 Tm/ha, mientras que en el cantón Portoviejo el grupo más representativo promedió rendimientos de 10 a 20 Tm/ha, colocando a Portoviejo en una situación inferior. En Santa Elena, otra zona productora de limón en el Ecuador, la mayor parte de los productores reportaron un rendimiento entre 16 a 25 Tm/ha (Santistevan *et al.* 2015).

El precio de los limones fue variable, oscilando entre US \$ 15 a US \$ 35 el saco de 35 kg, con un precio promedio de US \$29,02. La mayoría de encuestados también manifestaron que para la época de julio a noviembre del 2018 el precio presentó los valores más altos. En Santa Elena (Ecuador), la mayor parte de los productores de limón reportaron un precio de USD 10 a USD 12 por malla o saco de 35 kg (Santistevan *et al.* 2015).

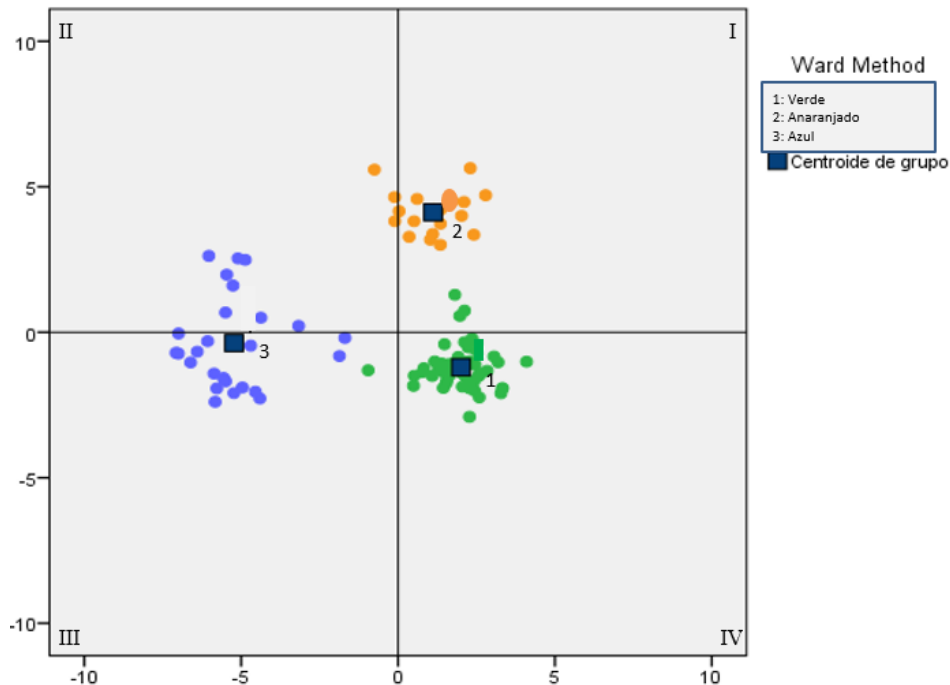


El Ministerio Agricultura y Ganadería (2018), señaló que el precio del limón durante los meses de agosto a noviembre del año 2018, osciló entre \$ 0,49 a \$ 0,93 el kilo, multiplicado por 35 kg (peso del saco) llega a un valor entre 17,15 a 32,55 dólares. Molina (2017), afirma que vender los productos agrícolas a un precio adecuado es importante para que el agricultor tenga una actividad rentable. Por tanto, la actividad agropecuaria debe tratarse como un negocio, cuyo objetivo es la obtención del éxito y la maximización de beneficios medidos sobre la base de términos económicos cuantificables y no cuantificables.

Tipología de fincas: El gráfico bidimensional (**Figura 3**) de grupos combinados muestra las fincas de limón con su discriminación, dando como resultado los tres grupos (conglomerados) caracterizados con base a las variables establecidas en el cuestionario realizado a los agricultores. El grupo más numeroso fue el uno, que abarcó el 56 % y caracterizado por tener fincas con riego en topografía plana, el conglomerado tres, 26 % contó con extensiones más grandes de limón, con tendencia al monocultivo, y el conglomerado dos alcanzó el 16 % abarcando a fundos con propiedades menores a una hectárea. Todos los grupos tuvieron en común que su principal problema eran los insectos plaga *Aleurothrixus floccosus*, *Phyllocnistis citrella* y *Toxoptera aurantii*. La presencia de la “mosca blanca” y “pulgonos”, también ha sido reportada en Santa Elena, otra zona productora de limón en el Ecuador, especialmente en la localidad de Manglaralto, donde la incidencia fue mayor que en la localidad de Colonche, además no se ha reportado a *Phyllocnistis citrella* como una plaga relevante (Santistevan *et al.* 2016).

Se encontraron diferencias estadísticas para las variables densidad de plantación, número de vías de comercialización, pendiente predominante, áreas de zonas de conservación, servicios básicos, integración social, conocimiento tecnológico-conciencia ecológica. Rivera (2016), en un estudio de tipificación de unidades pecuarias, encontró que estas pueden agruparse en función de sus características diferenciadoras entre sí. En cuanto a densidad de plantación se distinguieron 76,92 % conglomerado-2 y 85,96 % conglomerado-1 con < 200 plantas/ha respecto a 73,68 % conglomerado-3 con 257-277 plantas/ha. La variable número de vías de comercialización mostró predominio de una vía en conglomerado-2 mientras que en conglomerado-1 y conglomerado-3 sobresalió la opción dos vías.

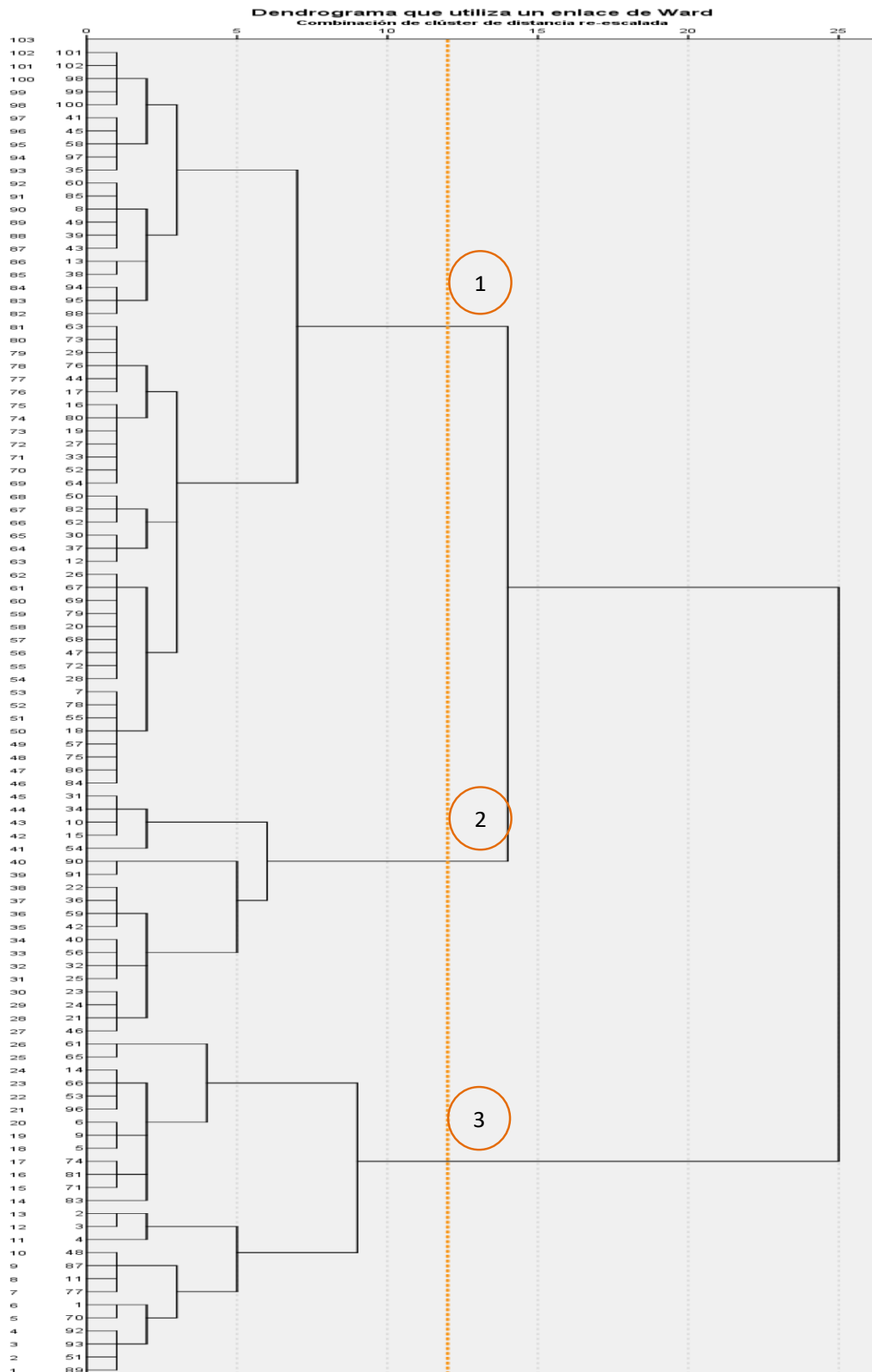
En pendiente predominante, los conglomerados-1 y 3 tuvieron una inclinación en el terreno menor al 5 % mientras que en conglomerado-2 la pendiente superó el 16 %. Las proporciones para las áreas de zonas de conservación <1 % del predio dominaron en conglomerado-1 y conglomerado-3 pero en conglomerado-2 dominaron áreas >10% del predio.



**Figura 3:** Conglomerados de las fincas productoras de limón en el cantón Portoviejo, Ecuador.

Azul: Conglomerado 1; Verde: Conglomerado 2; Naranja: Conglomerado 3.

En la variable vivienda para conglomerado-2 y conglomerado-1 sobresalió la casa de hormigón y en conglomerado-3 destacó la vivienda mixta con hormigón y madera. Respecto a acceso a educación la opción superior destacó para los tres conglomerados sobre la primaria y secundaria. En cuanto a la variable servicios básicos todos los conglomerados contaron con agua entubada con altos porcentajes, pero carecieron abrumadoramente de agua potable. La integración social para conglomerado-2 y conglomerado-1 resultó muy alta y superó ligeramente al conglomerado-3 la cual solo fue alta. Finalmente, en conocimiento tecnológico y conciencia ecológica el conglomerado-3 aplicó mayoritariamente esta variable mientras que conglomerado-2 y conglomerado-1 la aplicaron medianamente (**Figura 4**).



**Figura 4:** Dendrograma basado en análisis clúster.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2. SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS TIPO PRODUCTORAS DE LIMÓN SUTIL EN PORTOVIEJO, ECUADOR**

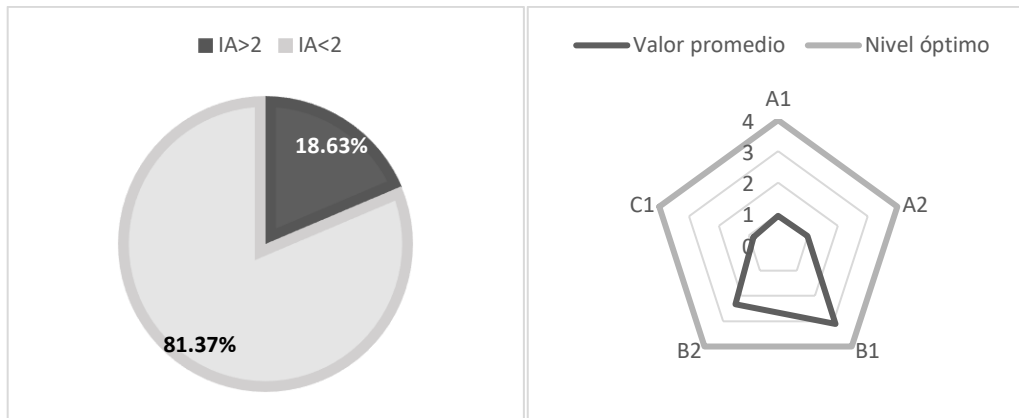
La medición de la sustentabilidad permite establecer qué tan lejos se está en la práctica de ese esquema idealista de desarrollo; además, los indicadores de sustentabilidad constituyen herramientas de decisión que simplifican a multicriterios cualitativos. También estos indicadores permiten conocer de manera particularizada las necesidades de manejo de cada sistema, con miras a mantener o mejorar la productividad, reducir riesgos e incertidumbre, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos, proteger la base de recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y biodiversidad, sin disminuir la viabilidad económica del sistema.

La investigación se realizó en Portoviejo, provincia de Manabí, Litoral de Ecuador. Se trabajó con una población de 604 productores de limón, de la que se tomó una muestra irrestricta aleatoria ( $n=102$ ) usando la fórmula de Scheaffer (1987). Para la recolección de la información cuantitativa se contactó a los agricultores líderes de la zona, los cuales acompañaron en los recorridos por las plantaciones donde se ejecutaron las encuestas sobre sustentabilidad. Para evaluar la sustentabilidad se usó la metodología propuesta por Sarandón (2002) pero adaptada para las fincas productoras de limón (FPL), que considera los tres criterios, indicadores o dimensiones de la sustentabilidad (económica, ambiental y social).

**Sustentabilidad ambiental.** Al evaluar la sustentabilidad ambiental, se encontró que el 81.37% de las fincas evaluadas tuvieron un Indicador Ambiental (IA) menor a dos, es decir más de 3/4 del total de fincas productoras de limón son ambientalmente no sustentables debido a que presentaron valores cercanos a cero en A1, A2 y C1 (**Figura 5**). En cuanto a los subindicadores con baja puntuación A1-Cobertura vegetal arrojó una cifra menor a uno debido a que la mayoría de productores solo tienen una cobertura temporal con malezas porque aplican herbicidas o utilizan desbrozadoras tipo motoguadaña que son accionadas por una persona; dichas malas hierbas permanecen por menos de dos meses en campo.

Respecto a A2-Diversificación de cultivos su valor fue preocupante, debido a que apenas siembran en promedio dos cultivos que generalmente son limón y coco —este último estuvo presente en menor proporción ya que lo ubicaron en los alrededores de los límites de los fundos—. El subindicador C1-Áreas de zonas de conservación resultó inadecuado, debido a

que la zona se sitúa cerca de algunos centros urbanos, por lo tanto, los propietarios de las fincas se ven obligados a ocupar casi la totalidad del área con sus cultivos y viviendas (Figura 5).



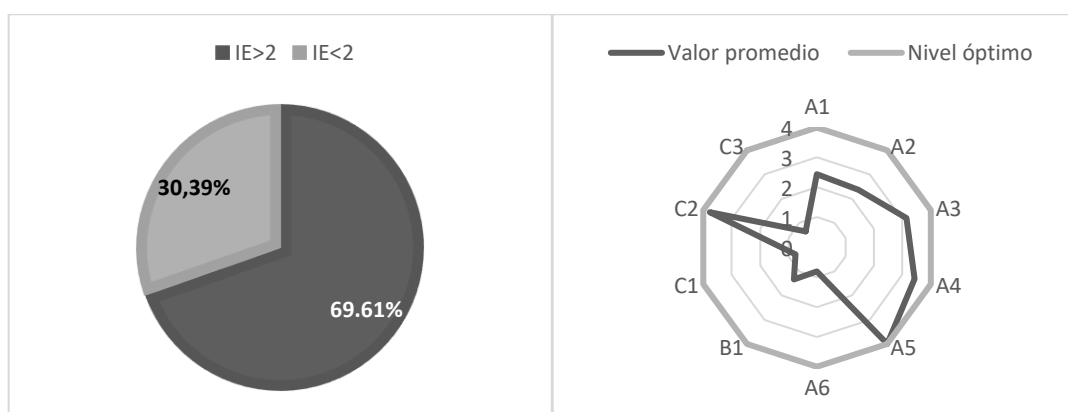
**Figura 5:** Evaluación de la sustentabilidad (lado izquierdo) y puntos críticos de la sustentabilidad ambiental (lado derecho)

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los aspectos positivos se estableció que B1-Pendiente predominante logró una puntuación cercana a cuatro, ya que los terrenos de las plantaciones casi en su totalidad eran planos o con poca inclinación. En tanto que B2-Coservación de suelo se lo catalogó como aceptable debido al uso de barreras vivas (palmeras) y muertas (cercas) alrededor de la plantación (Figura 5).

En síntesis, las fincas en la zona tuvieron falencias en su componente ambiental debido a un manejo inadecuado en sus labores agronómicas que se contraponen a Haydee (2011), quien afirma que para conseguir una disminución de los impactos negativos a los que se expone el ecosistema y lograr un sistema eficiente y estable en el tiempo, es fundamental buscar las alternativas de producción correspondientes, teniendo en cuenta aspectos ambientales como clima y suelo. En la localidad de Portoviejo los productores mostraron poco interés por sembrar más cultivos ya que se les dificulta por los bajos volúmenes para comercializar, situación que se contraponen a Silva y Ramírez (2016), al señalar que en la dimensión ambiental se observa el interés de las familias productoras por buscar, mediante la diversidad de especies, su transformación hacia la sostenibilidad.

**Sustentabilidad económica.** Los resultados de la presente investigación, muestran que el 69.61 % de las fincas evaluadas tuvieron un Indicador económico (IK) mayor a dos, lo que significó que económicamente son sustentables en una gran proporción, situación acorde a Sarandón y Flores (2009), quienes estipulan que una finca es sustentable si en los agroecosistemas de las mismas existen valores iguales o superiores a dos (**Figura 6**). Es importante subrayar que seis de los diez subindicadores alcanzaron estándares altamente positivos con valores superiores en su mayoría a tres, situación que influyó notablemente para puntuar e inclinar la balanza hacia la sustentabilidad a pesar que A6-Densidad de plantación, B1-Ingreso mensual, C1-Diversificación de la producción y C3-Número de vías de comercialización fueron notablemente insostenibles.



**Figura 6:** Evaluación de la sustentabilidad (lado izquierdo) y puntos críticos de la sustentabilidad económica (lado derecho)

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los aspectos negativos, se estableció que A6-Densidad de plantación obtuvo una puntuación cercana a cero, ya que los agricultores prefieren sembrar sus árboles a distancias espaciadas (ocho metros por ocho metros), contrario a lo aconsejable que oscila entre seis metros por seis metros. En tanto que B1-Ingreso mensual se catalogó como negativo debido a que no superó los mil dólares, que es la base para mantener a la familia con seis integrantes que predomina en la zona. A su vez C1-Diversificación de producción resultó notoriamente contraria a lo sostenible ya que solo se siembra un tipo de especie vegetal por lo general, situación que es contraria a la diversidad de plantaciones que es lo óptimo. Un aspecto extremadamente negativo es C3-Número de vías de comercialización, ya que los productores limoneros casi siempre venden al mismo comprador, es decir que el intermediario le pone precio a sus cosechas y los agricultores no pueden negociar de una mejor manera.

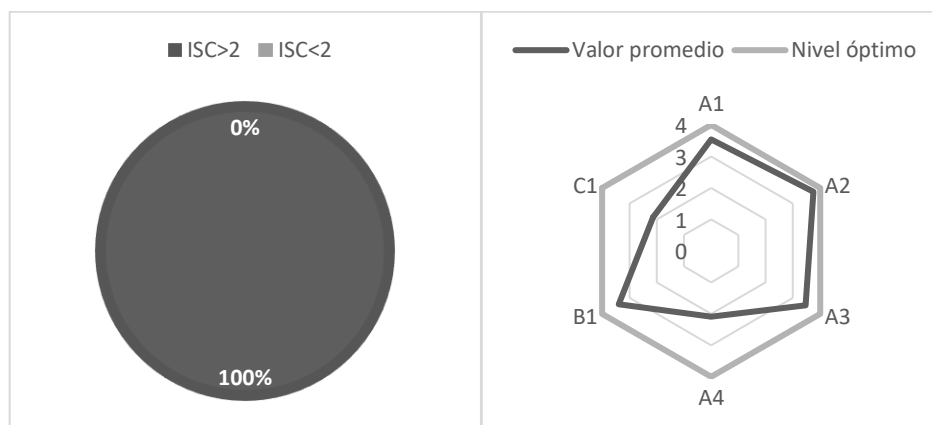
Al referir los subindicadores con alta puntuación, A3-Incidencia de insectos plaga y A4-Incidencia de enfermedades, se reportaron cifras superiores a tres debido a que la mayoría de productores realizan oportunamente las aplicaciones de insecticidas y fungicidas en las plantaciones, imposibilitando la continuidad del ciclo de agentes biológicos nocivos. Respecto a A5-Uso de patrón, su valor fue excelente, gracias a que todos emplean una planta base (patrón), como la mandarina Cleopatra, tolerante a pestes donde se injertan yemas de limón que reúnen las características adecuadas para los consumidores.

El subindicador C2-Dependencia de insumos externos resultó adecuado debido a que en la zona se emplean por pequeñas cantidades plaguicidas y fertilizantes para el manejo del cultivo, lo que radica en escasas compras de agroquímicos. Además, los indicadores A1-Productividad y A2-Calidad del fruto fueron aceptables con valores levemente superiores a dos, aunque, sino se mejora la densidad de plantación a mediano plazo, caerán en su puntuación (Figura 6).

**Sustentabilidad social.** El 100 % de las fincas evaluadas tuvo un Indicador Sociocultural (ISC) mayor a dos, lo que significa que el sistema de producción es socialmente sustentable, respaldado en Sarandón *et al.* (2006), quienes señalan que la dimensión social está estrechamente ligada al grado de aceptación del sistema productivo mencionando, donde los productores realizan sus labores porque es el único medio que tienen para sobrevivir y alimentar a su familia. Además, Candelaria *et al.* (2014) confirma lo anterior al considerar que la dimensión social es prioritaria en el desarrollo de alternativas de sustentabilidad, con particular importancia en el proceso de organización de los productores como mecanismo para innovar los sistemas de producción, mediante la adopción, implementación y adecuación de tecnologías generadas en el enfoque agroecológico (**Figura 7**).

Se reportaron cifras superiores a tres al analizar la alta puntuación del subindicador A1-Vivienda, debido a que la mayoría de productores en sus fincas contaban con viviendas de hormigón y no de madera, como se estilaba en el pasado. El subindicador A2-Acceso a educación resultó adecuado, debido a que en la zona se encuentran tres universidades privadas y públicas a diez kilómetros de distancia, a las cuales los jóvenes principalmente asisten una vez terminados sus estudios de secundaria. Respecto a A3-Acceso a cobertura sanitaria, su valor fue excelente debido a que en el sector se encuentran centros de salud en diferentes puntos, reduciendo la movilidad a un kilómetro para llegar hasta ellos; un dato

importante es que existen tres hospitales en la ciudad más cercana, ubicada a diez kilómetros de distancia en promedio de los predios limoneros. Es importante resaltar que en la localidad entidades gubernamentales y no gubernamentales realizan capacitaciones constantemente en temas productivos y socioeconómicos. Por su parte, el subindicador B1-Integración social fue sobresaliente, alcanzando valores levemente superiores a tres gracias a que en el área de influencia se encuentran presentes desde hace cuarenta años atrás asociaciones públicas y privadas relacionadas con temas productivos y de manejo del agua (Figura 7).



**Figura 7:** Evaluación de la sustentabilidad (lado izquierdo) y puntos críticos de la sustentabilidad social (lado derecho)

Fuente: elaboración propia.

El indicador A4-Servicios básicos alcanzó un valor cercano a dos, pero es una situación preocupante ya que el sistema municipal de abastecimiento de agua potable es limitado, tanto en la parte urbana y rural, por lo que no se avizora una solución a mediano plazo. También C1-Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica, pese a tener un promedio de dos en la escala, presentó limitaciones más que todo en capacitaciones sobre el manejo ambiental de la una plantación (Figura 7).

**Sustentabilidad general.** Los resultados muestran que solamente el 12 % de las fincas productoras de limón son sustentables, por presentar indicadores superiores a dos en las tres dimensiones; mientras que 88 % no son sustentables (<2). El índice de sustentabilidad general (ISG) promedio de las 102 fincas fue 2.2. El manejo de las fincas satisfizo en mayor grado los objetivos sociales (2.99) que los objetivos económicos (2.12), siendo insostenibles los ambientales (1.51), pero a pesar que el ISG es mayor a dos no se cumple la premisa de que todos los indicadores deben ser iguales o mayores a dos, ya que el indicador ambiental



es inferior; dichos resultados son respaldados en la premisa de Sarandón (2002), al señalar que una finca es considerada sustentable si el índice general (IGen.) es mayor a dos y, además, ninguno de los tres indicadores (IA, IK e IS) tiene un valor menor a dos. Con estos mismos criterios, Santistevan *et al.* (2018) encontraron en Santa Elena, otra zona productora de limón en el Ecuador, que solamente el 25.3 % de las fincas eran sustentables.

Es importante recalcar que los sistemas agroproductivos relacionados con el limón se mantienen en producción a pesar de que no son considerados sustentables; al ser una plantación cultivada tradicionalmente desde hace cincuenta años por mano de obra capacitada en las labores agronómicas. También influye directamente la presencia constante de agua de riego, ya sea del río, canales y subterránea. Comercialmente el limón goza de alta demanda a nivel nacional por su uso en comidas preparadas en base a productos marinos, y se vende en fruto maduro (amarillo) o inmaduro (verde). Además, en la localidad es escasa la agroindustria y agroexportación, actividades que podrían suplantar al cultivo del limón.

Para que un sistema agrícola de producción sea considerado interesante para los agricultores primero debe ser rentable. Una vez que los agricultores crean en ese sistema al ver mejoras en sus condiciones sociales de vida, se esmerarán por hacerlo perenne en el tiempo mediante un correcto manejo ambiental y técnico en el campo, cumpliéndose así con el fundamento de la sustentabilidad. Gracias a la información obtenida se corrobora que lo que se busca es un equilibrio en la plantación y si una dimensión de la sustentabilidad flaquea no se puede lograr los objetivos, situación corroborada por Calvente (2007) al establecer que la sustentabilidad es la habilidad de lograr prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas.

**Puntos críticos de sustentabilidad.** Cada dimensión cuenta con “cuellos de botella” que limitan el equilibrio de las dimensiones, hecho afirmado por Mazabel *et al.* (2010) al establecer que los puntos críticos en sustentabilidad se requieren para una transformación estructural, que podrá provenir desde varios frentes: uno de ellos, es la participación de la sociedad civil, y que desde los escenarios locales y comunitarios actúen y se manifiesten. En este sentido la búsqueda de metodologías para evaluar la sustentabilidad contribuirá de manera decisiva a la comprensión de las fortalezas y debilidades de los sistemas, para a partir de ello tomar acciones que provengan de los propios actores y comunidades.

En la dimensión ambiental se encontraron tres puntos críticos: uno referido a la cobertura vegetal, otro respecto a la diversificación de cultivos y un tercero denominado zonas de conservación. Cada uno de ellos se encuentra relacionado por la presión de vender más y en menor tiempo, por lo cual los terrenos deben permanecer libres de vegetación y con predominio del cultivo de limón, y por lo tanto toda forma de vida que no cumpla con producir será eliminada o relegada (Figura 5).

Ya en la dimensión económica, se dilucidó cuatro aspectos críticos en el sistema de producción: inadecuada densidad de plantación, baja diversificación de producción, inadecuado número de vías de comercialización e ingreso mensual bajo; y todos los aspectos atentan contra la rentabilidad de las fincas. Sin embargo, un “inadecuado número de vías de comercialización” es crucial para mejorar los ingresos; es importante resaltar que en la zona casi siempre un productor le vende al mismo comprador, relación que se convierte en una “esclavitud comercial”, pues el agricultor prácticamente no puede obtener un mejor precio. Así, si se mejorase esa relación, los demás puntos débiles cambiarían también (Figura 6).

La dimensión social se mostró robusta en sus subindicadores, pero existió un aspecto, “servicios básicos”, que pese a ser levemente superior a dos no permite vislumbrar a mediano y largo plazo una solución al abastecimiento de agua potable constante y de calidad en la localidad. El porqué, radica en que la empresa municipal de agua potable no cuenta con estudio para ampliar su cobertura en la zona rural, es decir, dicha institución prioriza a la población urbana sobre la rural (Figura 7).

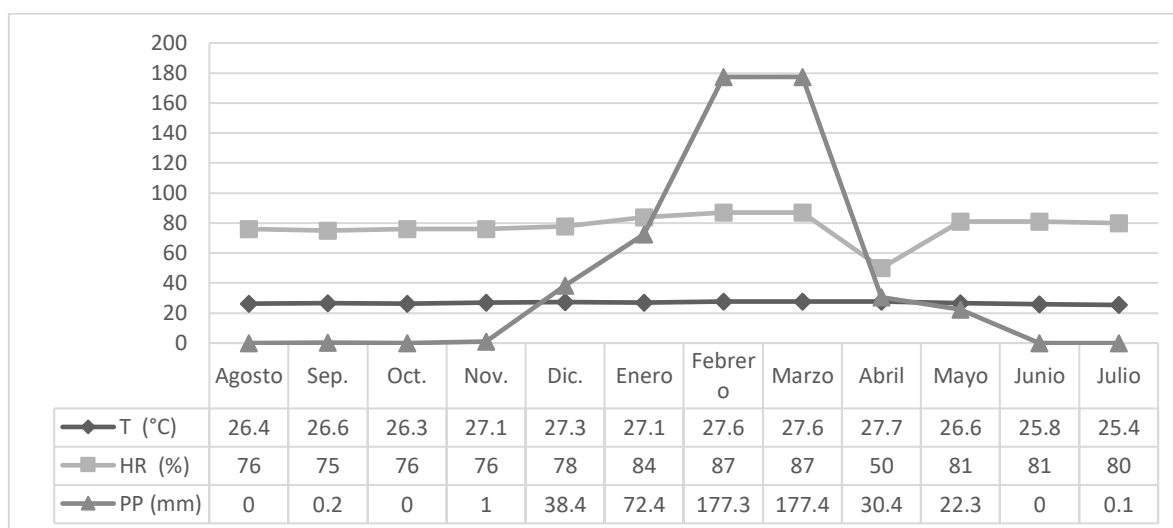
#### **4.3. DESARROLLAR EXPERIENCIAS AGROECOLÓGICAS PARA LA MEJORA TECNOLÓGICA DEL CULTIVO DE LIMÓN SUTIL EN EL CANTÓN PORTOVIEJO, ECUADOR**

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron cuatro experimentos cuyos resultados ayudaron a sentar las bases para una mejora tecnológica del cultivo de limón sutil en la zona de estudio, éstos fueron:

### 4.3.1. Experimento uno: dinámica poblacional de los insectos plaga del limón sutil en dos zonas agroecológicas pertenecientes al cantón Portoviejo, Ecuador

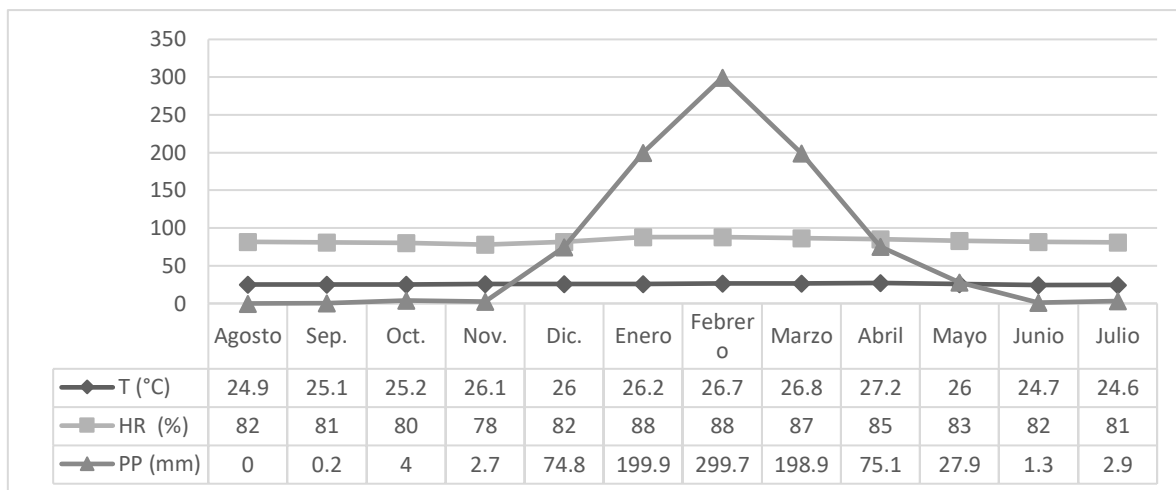
Las principales plagas del cultivo de limón encontradas en este estudio fueron *Toxoptera aurantii* (Hemiptera: Aphididae), *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) y *Aleurotrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae) tanto para la localidad de Colón como en Riochico.

A continuación, en las **Figuras 8 y 9** se detallan las características del clima, estado fenológico y labores culturales del cultivo de limón en las localidades de Riochico y Colón de la provincia de Manabí durante un año. Al respecto, se puede notar que, en el caso de la temperatura, desde el mes de agosto hasta el mes de noviembre, se puede verificar que la temperatura, prácticamente no varió, pues de 26°C, aumentó a 27°C a favor de la localidad de Riochico es decir varió en un grado centígrado; mientras que, desde diciembre del año 2018 hasta abril del 2019, este factor volvió a incrementarse en un grado centígrado a favor de las dos localidades en estudio; ya a partir de mayo hasta julio de 2019 se observa una disminución leve de temperatura, de 26,6-25,4°C en el caso de Riochico, mientras en Colón, fue de 26-24,6°C.



**Figura 8:** Información climatológica en la localidad de Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9:** Información climatológica en la localidad de Colón (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la humedad relativa (HR), desde agosto de 2018 hasta marzo de 2019, se nota un incremento en un 11 %, en Riochico, con una HR que fluctúa de 76-87 %; mientras en Colón en esos mismos meses, la HR, se incrementa de 82-88%, con una leve disminución de 78 % en el mes de noviembre de 2018, ya a partir abril en ambos casos la HR se mantiene alrededor del 80 %. Con respecto a la precipitación, en los gráficos anteriores, se puede apreciar que, desde agosto de 2018 hasta noviembre del mismo año, se observa una sequía notable con precipitaciones que varían de 0-1mm de lluvia en la localidad de Riochico en cambio en Colón, llovió un poco más en este período con un valor de 0-4mm hasta octubre y disminuyó a 2,7 mm de lluvia en noviembre.

A partir del mes de diciembre de 2018, se inician las primeras lloviznas y se incrementan paulatinamente hasta el mes de marzo, en Riochico con valores de 38,4-177,4mm de lluvia, pero disminuyen significativamente desde abril hasta julio con valores de 30,4; 22,3; hasta llegar a 0,0 y 0,1mm de lluvia, respectivamente. Así mismo, en la localidad de Colón a partir de diciembre, también se observa un incremento, que va aumentando hasta el mes de marzo con valores de 74,8; 199,9; 199,7 y 198,9 mm en su orden, pero ya entre los meses de abril hasta julio, la situación cambia y se inicia el descenso de las lluvias con valores de 75,1; 27,9; 1,3 y 2,9 mm, respectivamente.

En cuanto al estado fenológico del cultivo, el **Cuadro 7**, menciona que, en el período 2018-2019, en las dos localidades, los estados del cultivo fueron en agosto de 2018 estado vegetativo, desde septiembre a diciembre del mismo año se observó el de floración y desde enero de 2019 se inicia el estado de fructificación hasta abril, con una pequeña variación en Colón que este estado se extiende hasta mayo; en los siguientes meses es decir junio y julio se inicia nuevamente el estado vegetativo. Los estados mencionados, están estrechamente relacionados con la sensibilidad del cultivo a plagas y enfermedades, contribuyendo a determinar los momentos más oportunos, para realizar los tratamientos y poder controlar los daños de numerosos patógenos.

**Cuadro 7:** Estado fenológico y labores culturales del cultivo de limón en las localidades de Riochico y Colón (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019)

Mes	Riochico		Colón	
	Estado Fenológico	Labores Culturales	Estado Fenológico	Labores Culturales
<b>Agosto</b>	Vegetativo	R, CP	Vegetativo	R
<b>Septiembre</b>	Floración	R, CP	Floración	R,CM,CP, C
<b>Octubre</b>	Floración	R, CP, CM	Floración	R, CM, C
<b>Noviembre</b>	Floración	R, CP, C	Floración	CP, R, C
<b>Diciembre</b>	Floración	R, CM, CP, C	Floración	R,CM,CP, C
<b>Enero</b>	Fructificación	CM, F	Fructificación	F
<b>Febrero</b>	Fructificación	C	Fructificación	CM, C
<b>Marzo</b>	Fructificación	CM, C	Fructificación	C
<b>Abril</b>	Fructificación	C	Fructificación	CM, C
<b>Mayo</b>	Vegetativo	CM,CP,F	Fructificación	C
<b>Junio</b>	Vegetativo	P,CP, R	Vegetativo	CM,CP,R,F
<b>Julio</b>	Vegetativo	CM,CP,R	Vegetativo	CP,R

Leyenda: Control de plagas (CP), Control de malezas (CM), Fertilización (F), Riego (R), Cosecha (C).

Así también, las labores culturales se realizaron periódicamente en ambas localidades, durante los años 2018-2019 y las actividades que se efectuaron, fueron de acuerdo al estado fenológico de la planta; así se tiene que, en agosto de 2018, solamente se realizaron Riegos (R) y Control de plagas (CP) y desde los meses; septiembre hasta julio, además de las mencionadas, también se efectuaron las labores de Control de malezas (CM), Fertilización (F) y Cosecha (C).

El **Cuadro 8**, muestra el registro de individuos encontrados del insecto plaga *Aleurotrixus floccosus* en la localidad de Colón con un número significativo que fluctúa de 600-1000 individuos entre agosto y octubre de 2018; en cambio en Riochico, se encontró un mayor número de ellos con valores que varían de 800-1000 individuos entre noviembre – diciembre del mismo año; mientras que, entre los meses de enero a julio de 2019, el número de individuos disminuye en gran medida en comparación con el 2018 con valores que varían de 300 a 700 individuos en Colón, en cambio en Riochico, la disminución fue más radical, pues el número de ellos, disminuye en este mismo año, con valores que fluctúan alrededor de 300 en el mes de enero a 200 individuos en el mes de julio.

**Cuadro 8:** Fluctuación poblacional de *Aleurotrixus floccosus* (Af), *Toxoptera aurantii* (Ta), *Phyllocnistis citrella* (Phc) localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Mes	Colón	Riochico	p--valor	Colón	Riochico	p--valor	Colón	Riochico	p--valor
	Af (N° individuos)	Af (N° individuos)		Ta (N° individuos)	Ta (N° individuos)		Phc (N° individuos)	Phc (N° individuos)	
Agosto	635	128	p--valor	459	186	p--valor	32	5	p--valor
Septiembre	857	307		371	147		24	8	
Octubre	975	548		372	218		26	6	
Noviembre	717	801		203	133		21	12	
Diciembre	524	1002		189	59		19	11	
Enero	379	305		292	101		37	18	
Febrero	277	156		103	80		41	24	
Marzo	403	259		182	106		32	20	
Abril	544	351		220	191		21	23	
Mayo	548	159		267	95		34	15	
Junio	635	172		374	124		26	25	
Julio	704	207		306	117		28	18	
<b>Promedio</b>	<b>599,8</b>	<b>366,3</b>	<b>0,027*</b>	<b>278.2</b>	<b>129,7</b>	<b>0,000*</b>	<b>28,4</b>	<b>15,4</b>	<b>0,000*</b>

Leyenda: Total de individuos por especie correspondientes a 50 hojas de 10 plantas. \* diferencias significativas, basada en la prueba t.

En el mismo Cuadro 8, se presentan los resultados obtenidos del número de individuos de la plaga *Toxoptera aurantii* (Ta) en las dos localidades de la provincia de Manabí, durante el período de agosto de 2018 a julio de 2019; en donde se puede mencionar que, se incrementa el número de individuos, entre los meses de agosto a octubre de 2018 en la localidad de Colón con valores de 459, 371 y 372 en su orden, pero el número de ella, se disminuye en los meses de noviembre y diciembre del mismo año de esta localidad con valores de 203 y

189 individuos; mientras que en Riochico, la misma plaga se presenta con poblaciones bajas de 186, 147, 218 y 133 individuos entre los meses de agosto a noviembre de 2018, pero en diciembre del mismo año, la disminución de la población es significativa, llegando a un número de 59 individuos en la misma localidad y se mantiene esta disminución con valores de 101, 80 y 106, entre enero y marzo de 2019, mientras que en Colón se incrementa a 292 individuos en enero de 2019 y se disminuye de manera sorprendente en febrero con un valor de 103 individuos en febrero, pero comienza a incrementarse la población a partir de marzo y se prolonga hasta julio con un valor máximo de 374 individuos en junio. En cambio, en Riochico, la población de esta plaga disminuyó en los meses de junio y julio con valores de 124 y 117 individuos en su orden para el año 2019.

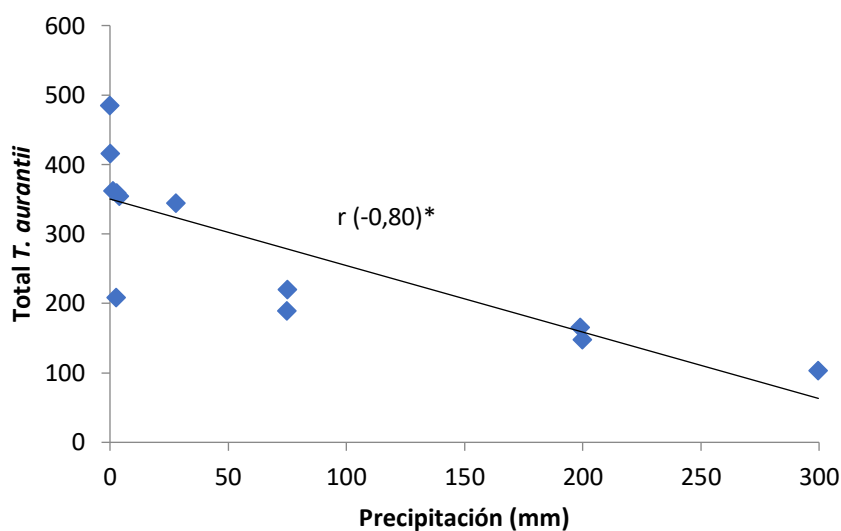
Asimismo, se pudo verificar los resultados del número de individuos de la plaga *Phyllocnistis citrella* (Phc), que fueron encontrados en las dos localidades del estudio, así se puede notar que en Colón, la fluctuación de esta plaga es similar desde agosto hasta noviembre de 2018, con valores de 32, 24, 26 y 21 individuos y tiene una leve disminución en diciembre con 19 individuos; pero desde enero de 2019, vuelve a incrementarse el número de ella hasta julio del mismo año y en la misma localidad. En cambio, en Riochico la plaga, desde agosto hasta diciembre de 2018, presentó muy poca población de individuos entre 5 y 12 de ellos; mientras que, de enero a julio de 2019, la población de esta plaga se incrementó con valores comprendidos entre 18 y 25 para número de individuos.

La prueba estadística de t para la especie Af mostró diferencias significativas con p-valor 0,027, la media de individuos fue 599,83 para Colón vs 366,25 para Riochico; asimismo se establecieron diferencias para Ta con p-valor 0,000, siendo el promedio de individuos 278,17 para Colón vs 129,17 para Riochico; por último se obtuvieron diferencias para Phc con p-valor 0,000, las medias de individuos fueron 28,42 para Colón vs 15,42 para Riochico.

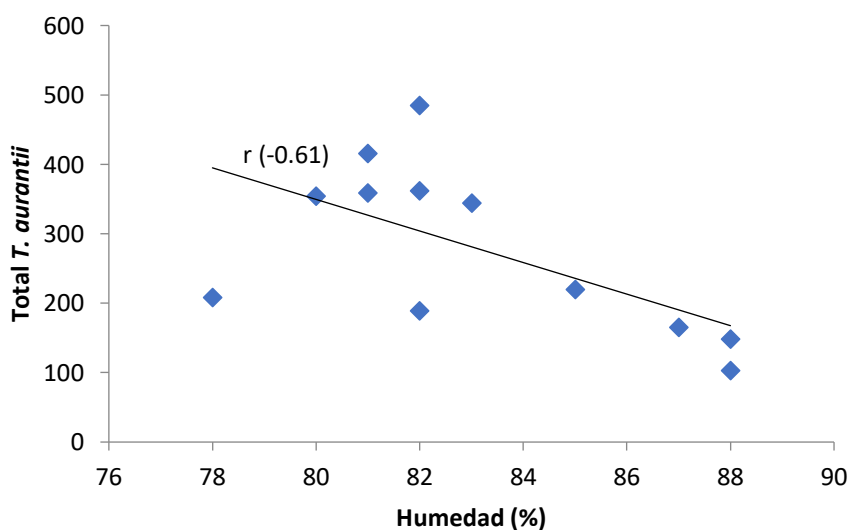
Los resultados obtenidos al comparar clima con número de individuos para Colón mostraron significancia entre el total de individuos *T. aurantii* con respecto a la precipitación p-valor 0,001, humedad relativa p-valor 0,037 y temperatura p-valor 0,001 y coeficiente de Pearson de -0,80 en precipitación, -0,61 para humedad relativa y -0,81 para temperatura lo que indicó una relación lineal inversa o negativa entre las variables, es decir, cuando las variables climatológicas se incrementan el total pulgón disminuye. El resto de variables al correlacionarlas no alcanzaron significancia estadística (**Cuadro 9; Figuras 10, 11 y 12**).

**Cuadro 9:** Correlación entre las variables climatológicas y la población de insectos plaga, Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	Total individuos de <i>Aleurothrixus floccosus</i>	Total individuos de <i>Phyllocnistis citrella</i>	Total individuos de <i>Toxoptera aurantii</i>
Precipitación	r(-0,55) NS	r(0,32) NS	r(-0,80) p-valor(0,001)**
Humedad relativa	r(-0,49) NS	r(0,50) NS	r(-0,61) p-valor(0,037)*
Temperatura	r(-0,43) NS	r(0,24) NS	r(-0,81) p-valor(0,001)**

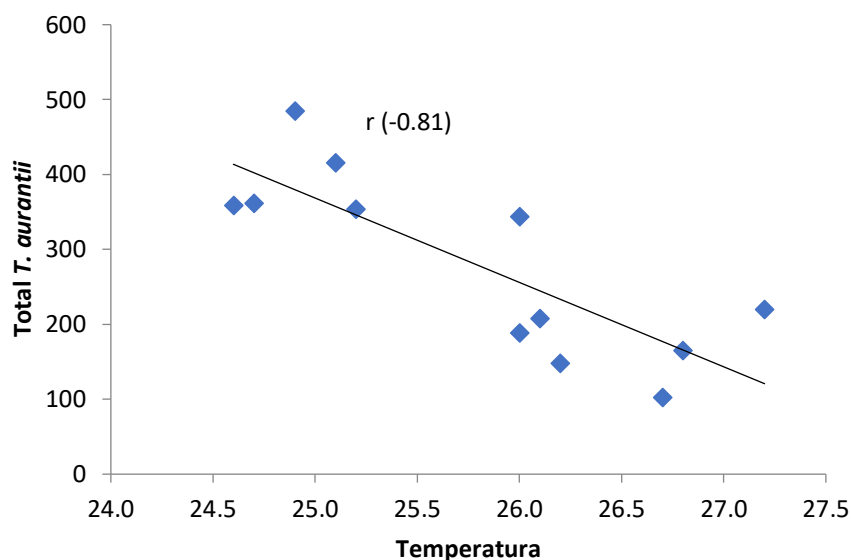


**Figura 10:** Correlación entre precipitación y total *Toxoptera aurantii*, Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.



**Figura 11:** Correlación entre humedad y total *Toxoptera aurantii*, Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.





**Figura 12:** Correlación entre temperatura y total *Toxoptera aurantii*, Colón, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.

Para Riochico no se obtuvo significancia estadística, pero se registraron en su mayoría correlaciones muy bajas entre las variables climatológicas y las variables biológicas. Solo se contabilizaron coeficientes positivos entre temperatura con individuos de *Aleurothrixus floccosus* y temperatura con total individuos de *Phyllocnistis citrella*, lo que se interpretó que cuando aumenta un rubro aumenta el otro (**Cuadro 10**).

**Cuadro 10:** Correlación entre las variables climatológicas y la población de insectos plaga en Riochico, Manabí. Periodo agosto 2018 a julio 2019.

<b>Variables climatológicas</b>	<b>Total individuos de <i>Aleurothrixus floccosus</i></b>	<b>Total individuos de <i>Phyllocnistis citrella</i></b>	<b>Total individuos de <i>Toxoptera aurantii</i></b>
Precipitación	r(-0,33) NS	r(0,34) NS	r(-0,49) NS
Humedad relativa	r(-0,14) NS	r(-0,29) NS	r(-0,40) NS
Temperatura	r(0,06) NS	r(0,42) NS	r(-0,51) NS

El cultivo de limón conforma un agroecosistema complejo relativamente estable, que presenta una gran cantidad de insectos fitófagos que afectan directamente la producción, la calidad del producto obtenido o son transmisores de enfermedades. Algunas de las especies son plagas primarias como *Aleurothrixus floccosus*, *Toxoptera aurantii* y *Phyllocnistis*

*citrella* que provocan daños serios y necesitan un control frecuente de sus poblaciones, otras son consideradas ocasionales o esporádicas. El género *Aleurothrixus* está muy bien representado en el nuevo mundo, 15 de las 18 especies descritas son de origen americano incluyendo *A. floccosus* conocida vulgarmente como “mosquita blanca de los cítricos”, la cual también es reportada en Ecuador dentro de los cultivos frutales (Nell 1976; Soto 2001; INIAP 2011). Esta especie es conocida a nivel mundial como una seria plaga que daña los cítricos; en la década del 60 invadió el sur de Europa, área mediterránea, Islas Canarias y otros sitios del viejo mundo (Van Driesche 1996).

El minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* es una plaga habitual en los cítricos cultivados en Asia que en los años 90 protagonizó una rapidísima expansión por los países mediterráneos y por todo el continente americano, en esas zonas fue detectado por vez primera en 1993 casi simultáneamente en Florida y en Málaga, en 1994 se dispersó en todas las zonas citrícolas de la Península Ibérica y en 1995 llega a Canarias. El pulgón *Toxoptera aurantii* presenta un área de difusión que abarca las regiones tropicales y subtropicales, es polífago, principalmente sobre árboles y arbustos de los géneros *Citrus*, *Pittosporum*, *Coffea*, *Thea*, *Theobroma*, *Visnea*, *Camellia*, *Rhamnus*, en Ecuador el hospedante principal está representado por varias especies de *Citrus* en las provincias de Santa Elena, Guayas, Manabí, Los Ríos Manabí (McClure 2015; Sampaio 2008; Ode 2005; Flint 1985; Van Driesche 2008; INIAP 2011).

Se observó una homogeneidad en el ritmo poblacional de *P. citrella* en las dos localidades, coincidiendo el periodo lluvioso desde enero a mayo como los de mayor infestación, lo cual se explica por el hecho de que las plagas entre ellas tiene plenamente determinado su ritmo poblacional, aspecto que coincidió con Cañarte (2001) donde afirma que la población varía únicamente su intensidad en el tiempo, lo cual es influenciado directamente por las precipitaciones y las labores de riego, hallazgo coincidente con Farías (2002) investigador que corrobora lo anterior agregando también la influencia de las actividades de fertilización y podas. Según Díez (2006) el manejo fitosanitario es una labor que tiene una notable regulación en poblaciones de *P. citrella*, afirmación confirmada en las jurisdicciones analizadas en donde las aspersiones aplicadas también influyeron sobre la infestación de minador, que en promedio fue menor en Riochico donde se realizaron controles con más constancia, no sucediendo lo mismo en Colón donde se aplicaron menos veces insecticidas, permitiendo el incremento de la infestación.

De manera general las poblaciones de *A. floccosus* siempre se mantuvieron altas durante el periodo seco comprendido entre junio y diciembre, lo cual está directamente relacionado con los factores abióticos (Ruiz 2005) como temperatura, humedad relativa y las precipitaciones que influyeron sobre las poblaciones de esta plaga, igual como lo sostiene Navarrete (1999). La elevación de la temperatura permitió el incremento de las moscas blancas, suceso respaldado por Rose (1994) al indicar que en el verano se elevan las temperaturas y las densidades poblacionales. Otro factor que influyó fue la humedad relativa, que cuando se incrementó bajo las poblaciones de mosca blanca.

La homogeneidad en el movimiento poblacional del pulgón de los cítricos *T. aurantii* en las dos localidades confirma que esta plaga alcanzó las mayores poblaciones en la época seca, realidad compartida con Tremblay (1984) al establecer que el verano con baja humedad relativa brinda las condiciones climáticas favorables para su óptimo desarrollo, la ausencia de lluvias y una disminución de la temperatura también influyen (Melia 1982); no así la época lluviosa donde la presencia de las precipitaciones y el incremento de la temperatura provocó un descenso en las poblaciones del áfido estudiado como lo confirman Planes y Carrero (1995) en sus estudios de dinámica realizados en condiciones de humedad en el ambiente.

Al comparar los promedios de los tres insectos plagas se pudo establecer que existieron diferencias significativas entre las dos localidades analizadas estableciéndose una proporción 2 (Colón):1(Riochico) debido principalmente a un mejor manejo de la poda en Ricochico y a una mayor cantidad de aplicaciones de agroquímicos, realidad corroborada por Fernández (2009) e INIA (2014) quienes señalan que realizar podas por los menos dos veces al año disminuyen considerablemente la masa vegetal que puede hospedar y alimentar a las plagas en mención, y en caso que sea necesario previo monitoreo recomendaron realizar aplicaciones de insecticidas con bajo toxicidad y selectivos. Los autores CORPOICA (1997) e INIAP (2011) complementan que la población de estas plagas aumenta en climas secos y con escaso manejo como el valle del Chota, Ecuador donde llueve menos de 300 mm y existen cultivos de limón de subsistencia, a diferencia de de las plantaciones ubicadas en Santo Domingo donde las precipitaciones son mayores a 1500 mm y además se les da un mejor manejo ya que son destinadas a mercados internos exigentes.

En cuanto a la correlación entre las variables biológicas y climatológicas es importante resaltar que *T. aurantii* popularmente conocido como pulgón negro alcanzó significancia estadística en sus observaciones quedando demostrado debido a que sus poblaciones en Colón obtuvieron coeficientes de Pearson inversos con respecto a las tres variables climatológicas ratificando lo encontrado por Espinoza (2004) y (Atlihan y Chi 2008) donde el número de ejemplares capturados de *T. aurantii* mostraron correlación negativa y significativa para temperatura, alta precipitación y humedad elevada durante el primer cuatrimestre del año, con base en Kozak *et al.* (2012) y Rigby (2000) donde la correlación de Pearson señala la dirección de la asociación lineal entre las variables, el coeficiente de correlación de Pearson es un indicador de la fuerza con que éstas se vinculan; la correlación directa se da cuando al aumentar una de las variables la otra aumenta, la correlación inversa se da cuando al aumentar una de las variables la otra disminuye.

Una situación relevante a señalar fue que Riochico no tuvo correlaciones estadísticamente significativas para *T. aurantii* pese a presentar condiciones climáticas similares a Colón aunque siendo levemente menor la precipitación, este suceso es respaldado por Farías (2002) y Cañarte (2001) que en sus investigaciones no obtuvieron correlaciones significativas entre clima y poblaciones de pulgón negro del limonero, en condiciones de trópico seco y con poda de brotes en el tallo. Al realizar la comparación entre Riochico y Colón durante los cuatro primeros meses del año 2019 se puede señalar que las actividades para el manejo de esta plaga variará durante este periodo, tomando como premisa que para Colón debido a su mayor población se tendrá que tomar medidas más fuertes que en Riochico como la eliminación de brotes del tallo de una manera intensa, hecho respaldado por Espinoza (2004) e INIA (2014) donde afirman que como estrategias de manejo de *T. aurantii* aplicaron la evasión, exclusión y erradicación a través de labores culturales dentro del cultivo de limón.

Además, en Riochico no se encontró significancia estadística correspondiente a la correlación entre las variables meteorológicas con los insectos plaga *P. citrella* y *A. floccosus* demostrando que no hubo una fuerte cohesión e interrelación para cada caso, ratificado por Dallas (2000) y Dawin (1996) fundamentando que en una correlación sin relevancia estadística no se puede manifestar una distribución lineal sino un conjunto de puntos dispersos entre sí con baja cohesión.

#### 4.3.2. Experimento dos: variación poblacional de los insectos plaga del limón sutil y sus parasitoides en dos localidades de Portoviejo, Ecuador

Las principales plagas del cultivo de limón, encontradas en este estudio fueron *Toxoptera aurantii*, *Phyllocnistis citrella* y *Aleurothrixus floccosus*. Para *T. aurantii* se identificaron dos especies de parasitoides *Aphidius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) y *Diaretus* sp. (Hymenoptera: Braconidae), para *P. citrella* a *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) y para *A. floccosus* se identificaron las especies *Encarsia nigricephala*. (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) (**Figuras 13, 14, 15, 16**).



**Figura 13:** A) *Aleurothrixus floccosus*. B) *Toxoptera aurantii*. C) Pupa y daño de *Phyllocnistis citrella*.



**Figura 14:** Parasitoides de *Aleurothrixus floccosus*: A) *Encarsia nigricephala*. B) *Eretmocerus* sp.



A

B

**Figura 15:** Parasitoides de *Toxoptera aurantii*: A) *Aphidius* sp. B) *Diaretus* sp.



**Figura 16:** Pupa de *Phyllocnistis citrella* parasitada por *Ageniaspis citricola*.

El **Cuadro 11**, muestra el registro de individuos encontrados del insecto plaga *Aleurotrixus floccosus* en la localidad de Colón con un número significativo que fluctúa de 600-1000 individuos entre agosto y octubre de 2018; en cambio en Riochico, se encontró un mayor número de ellos con valores que varían de 800-1000 individuos entre noviembre – diciembre del mismo año; mientras que, entre los meses de enero a julio de 2019, el número de individuos disminuye en gran medida en comparación con el 2018 con valores que varían de 300 a 700 individuos en Colón, en cambio en Riochico, la disminución fue más radical, pues el número de ellos, disminuye en este mismo año, con valores que fluctúan alrededor de 300 en el mes de enero a 200 individuos en el mes de julio.

**Cuadro 11:** Fluctuación poblacional de *Aleurotrixus floccosus* (Af) y sus parasitoides *Eretmocerus sp.* (Er) y *Encarsia nigricephala* (En) en cultivo de limón, localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Mes	Colón			Riochico		
	Af (N° individuos)	En (%)	Er (%)	Af (N° individuos)	En (%)	Er (%)
Agosto	635	3,5	2,7	128	15,70	11,2
Septiembre	857	3,8	2,6	307	7,50	9,7
Octubre	975	3,2	5,0	548	2,70	1,3
Noviembre	717	2,9	4,1	801	2,60	1,4
Diciembre	524	10,3	4,7	1002	1,50	3,0
Enero	379	4,7	14,8	305	13,90	7,9
Febrero	277	13,4	18,3	156	30,50	16,4
Marzo	403	3,8	5,1	259	12,80	20,9
Abril	544	2,9	1,6	351	11,50	30,7
Mayo	548	4,6	3,1	159	23,60	15,7
Junio	635	8,1	7,3	172	6,50	12,2
Julio	704	8,5	10,3	207	25,30	10,1
<b>Promedio</b>	<b>599,8</b>	<b>5,8</b>	<b>6,6</b>	<b>366,3</b>	<b>12,8</b>	<b>11,7</b>

El mismo cuadro también muestra que, durante los meses de agosto a diciembre del año 2018, en las localidades de Colón y Riochico, se encontró *Encarsia nigricephala*, en el cultivo de limón y los resultados demuestran que, en Colón se encontró un porcentaje muy bajo de este parasitoide con valores de 3 a 10 % de su presencia, desde agosto a diciembre de 2018; mientras en la localidad de Riochico, a partir del mes de enero de 2019, este parasitoide se reduce con un valor de 4,7% y se vuelve a incrementar durante los meses de febrero a mayo con valores de 13,9 a 23,6 % en su orden, pero disminuyen nuevamente a partir de junio, encontrándose un porcentaje de 6,5 % del parasitoide; pero se recupera el porcentaje de su presencia en el mes de julio con un valor de 25,3 % en este cultivo.

Asimismo, el cuadro muestra la presencia que tuvo *Eretmocerus sp.* (Er) durante el período de agosto del 2018 a julio del 2019; en la Localidad de Colón desde agosto hasta diciembre de 2018, la presencia de este parasitoide en el cultivo de limón, fue reducida y fluctuó de 2,7 a 4,7 %, mientras que desde enero a febrero de 2019, se incrementa la presencia del parasitoide con valores de 14,8 y 18,3 % respectivamente; mientras que desde marzo a junio, descende su presencia con valores que varían entre 5,1 a 7,3 % y finalmente en el mes de julio, este parasitoide se incrementa a 10,3 %.

En lo que respecta a Riochico, este controlador biológico hace su presencia en el cultivo, con un valor de 11,2 % en agosto de 2018 y comienza a disminuir desde septiembre hasta diciembre del mismo año, con valores que varían de 9,7 a 3. A partir del mes de enero de 2019, se vuelve a incrementar su presencia con un valor mínimo 7,9 % y paulatinamente va en aumento, hasta llegar a un valor máximo de 30,7 % en el mes de abril y a partir de mayo comienza el descenso hasta llegar a julio con un porcentaje de 10,1 % de su presencia.

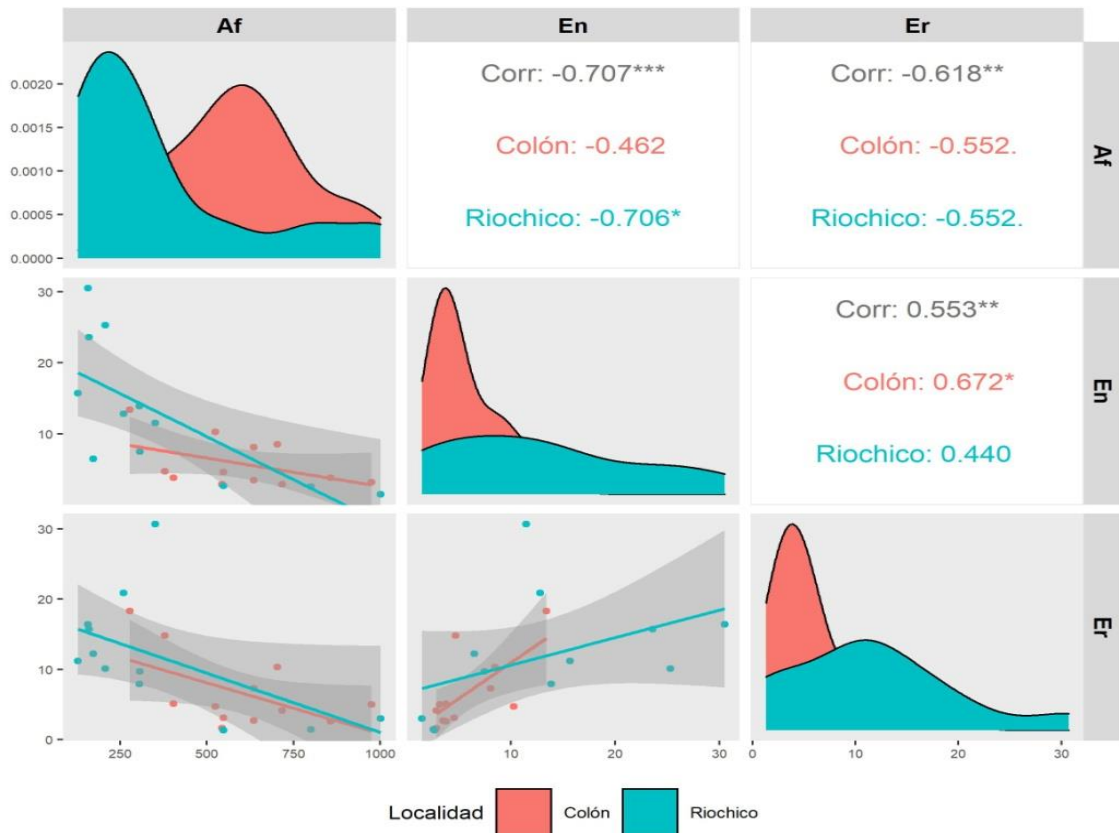
A nivel general *Aleurothrixus floccosus* presentó correlación significativa con *Encarsia nigricephala* (En) p-valor<0,001 y *Eretmocerus* sp. (Er) p-valor<0,010, donde los coeficientes de correlación fueron -0,707 y -0,618, es decir, existe una correlación lineal inversa entre *Aleurothrixus floccosus* y sus parasitoides, a medida que la población se incrementa el porcentaje de parasitoides disminuye. Por localidad, se observó para Riochico correlación entre *Aleurothrixus floccosus* y *Encarsia nigricephala* (En) p-valor<0,05, con coeficiente de correlación -0,706, para esta localidad a medida que la población de *Aleurothrixus floccosus* se incrementa disminuye el porcentaje de *Encarsia nigricephala*.

Por último, para la localidad de Colón, se observó correlación significativa entre los parasitoides *Encarsia nigricephala* (En) y *Eretmocerus* sp. (Er) con p-valor <0,05, donde el coeficiente de correlación fue de 0,672 lo que indica correlación lineal directa entre los parasitoides, es decir, si se incrementa *Encarsia nigricephala* también se incrementa *Eretmocerus* sp. (**Figura 17**).

En el **Cuadro 12**, se presentan los resultados obtenidos del número de individuos de la plaga *Toxoptera aurantii* (Ta) en las dos localidades de la provincia de Manabí, durante el período de agosto de 2018 a julio de 2019; en donde se puede mencionar que, se incrementa el número de individuos, entre los meses de agosto a octubre de 2018 en la localidad de Colón con valores de 459, 371 y 372 en su orden, pero el número de ella, se disminuye en los meses de noviembre y diciembre del mismo año de esta localidad con valores de 203 y 189 individuos; mientras que en Riochico, la misma plaga se presenta con poblaciones bajas de 186, 147, 218 y 133 individuos entre los meses de agosto a noviembre de 2018, pero en diciembre del mismo año, la disminución de la población es significativa, llegando a un número de 59 individuos en la misma localidad y se mantiene esta disminución con valores de 101, 80 y 106, entre enero y marzo de 2019, mientras que en Colón se incrementa a 292 individuos en enero de 2019 y se disminuye de manera sorprendente en febrero con un valor



de 103 individuos en febrero, pero comienza a incrementarse la población a partir de marzo y se prolonga hasta julio con un valor máximo de 374 individuos en junio. En cambio, en Riochico, la población de esta plaga disminuyó en los meses de junio y julio con valores de 124 y 117 individuos en su orden para el año 2019.



**Figura 17:** Correlación entre población de *Aleurothrixus floccosus* (Af) y sus parasitoides *Eretmocerus sp* (Er) y *Encarsia nigricephala* (En).

En el mismo cuadro, se encuentran los resultados de la presencia del parasitoide *Aphidius sp.* (A), el cual, en la localidad de Colón, presentó el siguiente comportamiento, se incrementa el porcentaje a 10,5 % en el mes de agosto de 2018, disminuye en el mes de septiembre a 8,5 % y desciende completamente su porcentaje en el mes de octubre con un valor de 3,4 %, pero el parasitoide se vuelve a incrementar en el mes de noviembre y diciembre con valores de 11,8 % y 14,9 % del mismo año, respectivamente; mientras en la localidad de Riochico, de ese mismo año, presenta un porcentaje de 7,8 % en el mes de agosto y se incrementa significativamente a 15,4 en el mes de septiembre, pero desciende de manera notable en el mes de octubre y noviembre con valores de 4,4 y 3,6 en su orden y vuelve a incrementarse de manera significativa en el mes de diciembre con 11,9 %.

**Cuadro 12:** Fluctuación poblacional de *Toxoptera aurantii* (Ta) y sus parasitoides *Aphidius* sp. (A) y *Diaretus* sp. (D) en cultivo de limón, localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

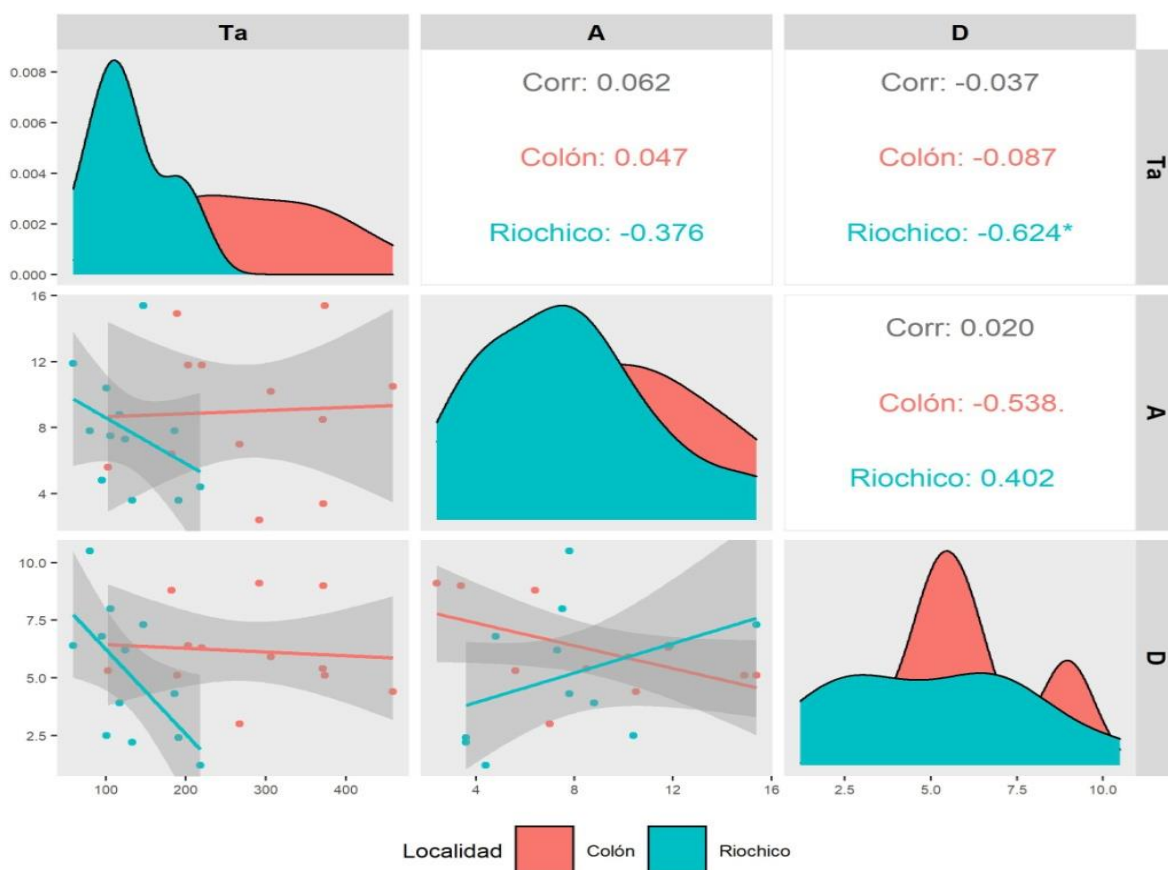
Mes	Colón			Riochico		
	Ta (N° individuos)	A (%)	D (%)	Ta (N° individuos)	A (%)	D (%)
Agosto	459	10,5	4,4	186	7,8	4,3
Septiembre	371	8,5	5,4	147	15,4	7,3
Octubre	372	3,4	9	218	4,4	1,2
Noviembre	203	11,8	6,4	133	3,6	2,2
Diciembre	189	14,9	5,1	59	11,9	6,4
Enero	292	2,4	9,1	101	10,4	2,5
Febrero	103	5,6	5,3	80	7,8	10,5
Marzo	182	6,4	8,8	106	7,5	8
Abril	220	11,8	6,3	191	3,6	2,4
Mayo	267	7,0	3,0	95	4,8	6,8
Junio	374	15,4	5,1	124	7,3	6,2
Julio	306	10,2	5,9	117	8,8	3,9
<b>Promedio</b>	<b>278.2</b>	<b>8,9</b>	<b>6,2</b>	<b>129,7</b>	<b>7,8</b>	<b>5,1</b>

Asimismo, se puede apreciar que, de enero a marzo de 2019 en Riochico, se vuelve a incrementar el parasitoide con un valor de 10,4; 7,8 y 7,5 % respectivamente y desciende en abril y mayo del mismo año, con valores de 3,6 y 4,8 %; pero su porcentaje tiene un repunte en junio y julio con valores de 7,3 y 8,8 % en su orden; mientras en Colón el porcentaje desciende significativamente en enero del mismo año, con un valor de 2,4 % y se recupera brevemente en febrero, marzo y mayo con porcentajes de 5,6; 6,4 y 7 % en su orden, pero el incremento más significativo de este parasitoide en Colón, se observa en el mes de junio con un valor de 15,4 %.

El Cuadro 12 presenta los resultados del porcentaje de parasitoide *Diaretus* sp. (D), durante el período agosto 2018 a julio 2019 en dos localidades de la provincia de Manabí; así se puede verificar que tanto en Colón como en Riochico el porcentaje de este parasitoide en agosto de 2018 fue similar con valores de 4,4 y 4,3 % en su orden; pero en septiembre y octubre se observan diferencias significativas para Colón durante los mismos meses (5,4 a 9 %; en su orden); mientras en Riochico disminuye de manera drástica entre los dos meses mencionados (7,3 a 1,2 %). En noviembre y diciembre, en Colón el parasitoide disminuye su porcentaje de 6,4 a 5,1 en su orden; pero en Riochico durante los mismos meses, el porcentaje se incrementa con valores de 2,2 a 6,4 %, respectivamente.

En el mes de enero de 2019, el parasitoide vuelve a incrementar su porcentaje en Colón pero lo disminuye en Riochico con valores de 9,1 y 2,5 % en su orden; así mismo, en los meses de febrero y marzo, en ambas localidades se incrementa su porcentaje con valores de 5,3 a 8,8 % en Colón, pero en Riochico se observa una disminución con valores de 10,5 a 8 % en su orden y el parasitoide, continúa teniendo el mismo comportamiento, desde abril hasta julio de 2019, ya que en Colón presenta valores que fluctúan de 6,6 a 5,9; entre esos meses; mientras que en Riochico, en abril disminuye a 2,4 % y se incrementa en mayo y junio con valores de 6,8 y 6,2 % en su orden y vuelve a disminuir en julio con un valor de 3,9 %.

Para la localidad e Riochico se observó correlación entre la población de *Toxoptera aurantii* y el parasitoide *Diaretus* sp (D) con p-valor <0,05, el coeficiente de correlación fue de -0,624, lo que indica correlación lineal inversa, es decir a medida que la población de *Toxoptera aurantii* se incrementa disminuye el porcentaje de *Diaretus* sp (D) (**Figura 18**).



**Figura 18:** Correlación entre población de *Toxoptera aurantii* (Ta) y sus parasitoides *Aphidius* sp. (A) y *Diaretus* sp. (D).

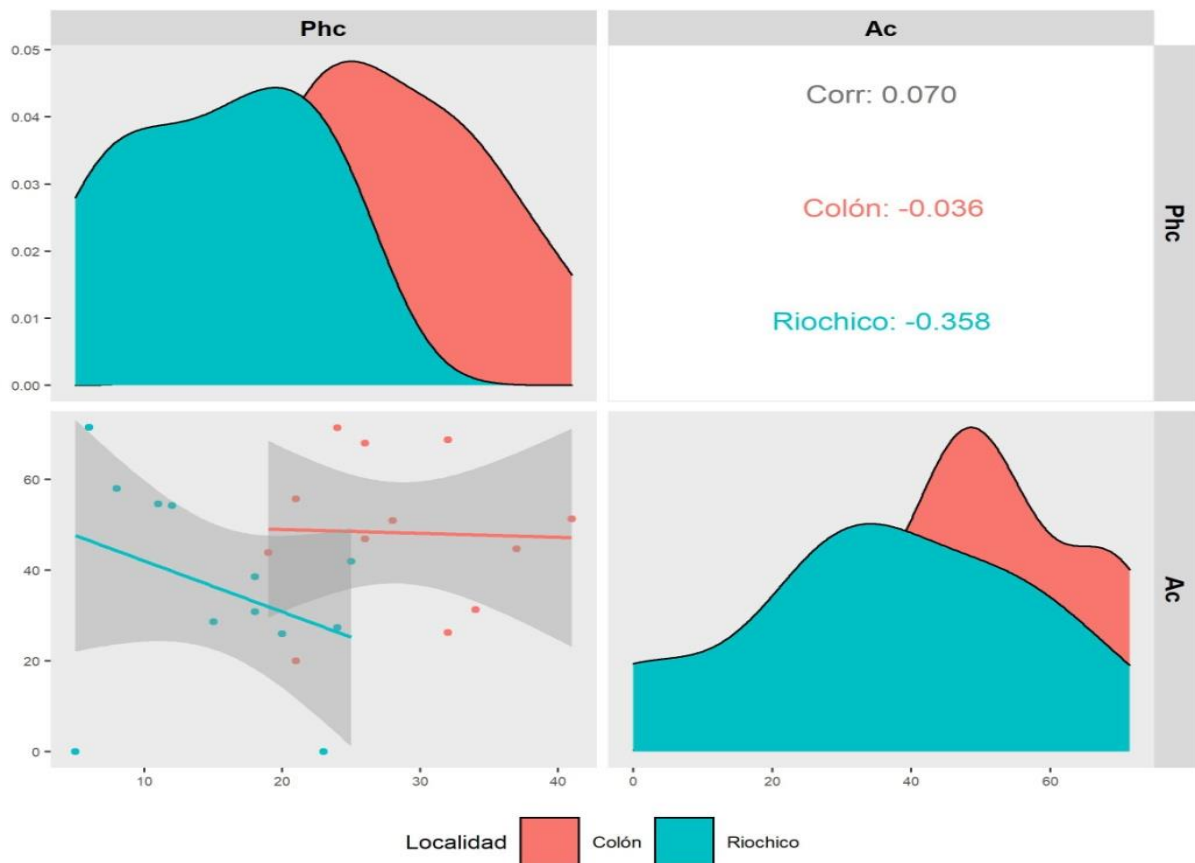
En el **Cuadro 13**, se puede verificar los resultados del número de individuos de la plaga *Phyllocnistis citrella* (Phc), que fueron encontrados en las dos localidades del estudio, así se puede notar que en Colón, la fluctuación de esta plaga es similar desde agosto hasta noviembre de 2018, con valores de 32, 24, 26 y 21 individuos y tiene una leve disminución en diciembre con 19 individuos; pero desde enero de 2019, vuelve a incrementarse el número de ella hasta julio del mismo año y en la misma localidad. En cambio, en Riochico la situación fue diferente puesto que, la plaga desde agosto hasta diciembre de 2018, presenta muy poca población de individuos entre 5 y 12 de ellos; mientras que, de enero a julio de 2019, la población de esta plaga se incrementa con valores comprendidos entre 18 y 25 para número de individuos.

**Cuadro 13:** Fluctuación poblacional de *Phyllocnistis citrella* (Phc) y su parasitoide *Ageniaspis citrícola* (Ac) en cultivo de limón, localidades de Colón y Riochico, (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Mes	Colón		Riochico	
	Phc (N° individuos)	Ac (%)	Phc (N° individuos)	Ac (%)
Agosto	32	68,7	5	0,0
Septiembre	24	71,3	8	57,9
Octubre	26	67,9	6	71,4
Noviembre	21	55,6	12	54,2
Diciembre	19	43,8	11	54,5
Enero	37	44,6	18	38,5
Febrero	41	51,2	24	27,3
Marzo	32	26,2	20	25,9
Abril	21	20,0	23	0,0
Mayo	34	31,3	15	28,6
Junio	26	46,8	25	41,9
Julio	28	50,9	18	30,8
<b>Promedio</b>	<b>28,4</b>	<b>48,2</b>	<b>15,4</b>	<b>35,9</b>

En el mismo cuadro se puede verificar los resultados del porcentaje de parasitoide *Ageniaspis citrícola* (Ac) encontrado en las localidades del presente estudio. Al respecto, se puede mencionar que, en Colón, entre agosto a octubre de 2018 el porcentaje de este parasitoide se mantuvo en 60 %; pero entre noviembre y diciembre del mismo año, su porcentaje se disminuye de 55,6 a 43,8 % en su orden; pero se nota que, en el año 2019, el parasitoide continúa disminuyendo hasta llegar a abril, donde baja drásticamente hasta llegar al 20 % y aumenta un mínimo su porcentaje a partir de mayo hasta llegar a un valor de 50,9 % en julio.

En cambio, en Riochico el comportamiento del mismo parasitoide, fue totalmente diferente, desde agosto de 2018, pues inicia con 0 % y se incrementa significativamente a partir de septiembre con 57,9 % y se mantiene el incremento hasta llegar a diciembre; mientras desde enero de 2019 hasta marzo del mismo año, se mantiene el incremento, pero ya en el mes de abril, se ausenta nuevamente el parasitoide y vuelve hacer presencia a partir de mayo y se mantiene hasta julio con valores entre 28,6; 41,9 y 30,8 %, respectivamente. Además, no se observó correlación con significancia estadística entre *Phyllocnistis citrella* y su parasitoide *Ageniaspis citricola* (Figura 19).



**Figura 19:** Correlación entre población de *Phyllocnistis citrella* (Phc) y su parasitoide *Ageniaspis citricola* (Ac).

A manera de síntesis se pudo establecer en la relación de los tres insectos plaga con sus parasitoides que cuando se reprodujeron con una mayor intensidad los insectos dañinos disminuyó hasta cierto punto la tasa de parasitoidismo de sus controladores debido a que fueron más prolíficos e influenciados por condiciones climáticas favorables como escasa precipitación durante los meses de junio a diciembre permitiendo que las partes de la planta

donde se albergaron los insectos plaga tuvieron mayor estabilidad para su desarrollo, cabe recalcar que el agua de lluvia constituye un medio natural para controlar poblaciones de insectos. La labor de poda se la realizó en el periodo mayo-junio y fue otro factor que influyó ya que después de este periodo los insectos nocivos gozaron de mayores refugios en el área foliar ya que el estado vegetativo de los árboles se desarrolló sin interrupción por el riego por gravedad que se realizó durante el periodo de sequía comprendido entre mayo y diciembre.

En general se observaron que pocas especies sobresalieron por su capacidad de parasitar en las jurisdicciones estudiadas cumpliéndose con la premisa de la especificidad del parasitoidismo de que cada fitófago tiene su insecto que lo controla. La comparación de los resultados hallados en este trabajo con los reportados en la bibliografía es dificultosa, debido a que los distintos autores realizaron la evaluación biológica trabajando con diferentes especies del parasitoides, plantas hospedantes y condiciones ambientales, sin embargo pese a lo anterior se encontró información donde se señala que el género *Aleurothrixus* está muy bien representado en el nuevo mundo, 15 de las 18 especies descritas son de origen americano incluyendo *A. floccosus* conocida vulgarmente como “mosquita blanca de los cítricos”, la cual también es reportada en Ecuador dentro de los cultivos frutales (Nell 1976; Soto 2001; INIAP 2011).

Esta especie es conocida a nivel mundial como una seria plaga que daña los cítricos; en la década del 60 invadió el sur de Europa, área mediterránea, Islas Canarias y otros sitios del viejo mundo (Van Driesche 1996), respecto a los parasitoides de *A. floccosus* se encontró que *Eretmocerus* sp. parasitó esta plaga en los cultivos hortícolas (tomate, pimiento, fréjol, melón) alrededor del mar Mediterráneo, en Argentina ataca de forma natural en tomate, pimiento, melón, en Ecuador se ha reportado desde los años noventa en la Costa y Sierra del país en cítricos (INIAP 2000; Van Leteren 1987). En Colombia se ha empleado con éxito a *Encarsia nigricephala* en tomate bajo invernadero para manejar poblaciones de *A. floccosus*, de igual manera en Argentina se lo ha liberado bajo condiciones controladas en plantaciones hortícolas, para Ecuador ha sido reportado en cultivos hortícolas y frutales en las provincias de Guayas, Manabí y Pichincha (Van Driesche 1996; Myartseva 2012; Polaszek *et al.* 1992; INIAP 2011).

El minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* es una plaga habitual en los cítricos cultivados en Asia que en los años 90 protagonizó una rapidísima expansión por los países mediterráneos y por todo el continente americano, en esas zonas fue detectado por vez primera en 1993 casi simultáneamente en Florida y en Málaga, en 1994 se dispersó en todas las zonas cítricas de la Península Ibérica y en 1995 llega a Canarias, en cuanto a su control biológico se ha reportado con éxito a *Ageniaspis citricola* en cítricos de Australia, Tailandia, Estados Unidos, Israel, España, Colombia, en Ecuador existen registros en casi todas las provincias desde principios de la primera década de los años dosmil (Bautista *et al.* 1997; Cañarte 2005; INIAP 2011; Medina 1995).

El pulgón *Toxoptera aurantii* presenta un área de difusión que abarca las regiones tropicales y subtropicales, es polífago, principalmente sobre árboles y arbustos de los géneros *Citrus*, *Pittosporum*, *Coffea*, *Thea*, *Theobroma*, *Visnea*, *Camellia*, *Rhamnus*, en Ecuador el hospedante principal está representado por varias especies de *Citrus* en las provincias de Santa Elena, Guayas, Manabí, Los Ríos. El parasitoide *Aphidius* sp. es originario del Norte de la India o Pakistán y actualmente se encuentra en Norte y Sur de América, Europa y Australia, en Argentina ha sido reportado dentro de plantaciones de alfalfa, avena, trigo y colza, en Ecuador fue reportado en plantaciones de naranja y limón. El género *Diaretus* fue reportado durante el año 2002 en Brasil dentro plantaciones de pino, en cambio en México se lo encontró parasitando a *Spodoptera frugiperda* en maíz, en Ecuador se ha reportado su presencia dentro de plantaciones de limón para Pichincha y Manabí (McClure 2015; Sampaio 2008; Ode 2005; Flint 1985; Van Driesche 2008; INIAP 2011).

La cercanía al mar en las localidades de Colón y Riochico influyó en el aumento de las precipitaciones, Riochico se encuentra a 25 km del océano Pacífico mientras que Colón a 46 km., lo que significó en la investigación que a mayor distancia del mar mayores serán las precipitaciones, además el entorno en Colón estuvo rodeado de pequeñas elevaciones con ciertos remanentes de bosque que inducen a las lluvias con mayor frecuencia. Otro dato relevante es que la jurisdicción de Riochico se situó en un ambiente más urbanizado con bosque deciduo de la costa mientras que el distrito Colón fue un entorno agrícola y con bosque húmedo tropical, tal como lo respalda Escribano (2016) al establecer que en un bosque seco tropical condiciones son más secas y el terreno tiene densidades de árboles más bajas que la vegetación siempre-verde de un bosque húmedo tropical.

El parasitoidismo correspondiente a *Eretmocerus* sp. perteneciente a Riochico y Colón resultó inferior comparado al rango entre 37 % y 73 %, con un promedio de 56,8 % (Van Driesche 1996; Myartseva 2012). En lugares donde los muestreos se realizaron en patios y traspatios con menos actividad humana, el promedio de parasitoidismo alcanzó 65,8 % situación que se contrapone a lo hallado en la localidad de Colón con características similares donde el parasitoidismo obtuvo valores inferiores a 20 % (Polaszek *et al.* 1992). Otra realidad ocurrió donde el parasitoidismo alcanzó 45,7 % en campos con mucha actividad humana, temperaturas tropicales y manejo técnico de diferentes cultivos, incluyendo aplicación de plaguicidas, características parecidas a la localidad de Riochico y donde se registraron promedios mensuales más elevados en comparación con el distrito de Colón (Myartseva y Evans 2008).

El parasitoide *Encarsia nigricephala* registró porcentajes menores a investigaciones donde en promedio alcanzaron 64,7 % y 71,1 % (Nell 1976). La posible razón a esta situación según Nechols y Tauber (1977) podría ser que no se encontraron instares ninfales iniciales sino finales de *A. floccosus*. En los instares tempranos se han hallado parasitoidismo entre 24,5 % y 37,4 % que se aproximaron medianamente a la estadística tabulada en los distritos de Colón y Riochico (Soto 2001). Un aspecto a resaltar fue que *Encarsia nigricephala* se desarrolló en bajas temperaturas en algunas etapas de su ciclo biológico, situación que se contrapone a las de la investigación ya que se caracterizaron por temperaturas elevadas durante todo el año (Van Lenteren 1987).

El parasitoidismo correspondiente a *Ageniaspis citricola* perteneciente a Riochico y Colón resultó superior comparado un promedio nacional de 28,42 % reportado por Cañarte (2005). En lugares tropicales se reportaron valores de hasta 79,31 % que coinciden con lo registrado en Colón (Medina 1995). Definitivamente *A. citricola* es la especie parasitoide predominante y responsable del mayor parasitoidismo con relación a otras especies, situación coincidente a lo alcanzado en otros lugares con reportes de 79.31 % de en Florida, EEUU y hasta de 100 % en Australia (Peña, 1997). Las barreras geográficas no impidieron que esta especie se disperse en varias partes del mundo y las jurisdicciones analizadas no fueron la excepción, hecho respaldado por Cañarte (1998).



El éxito de *A. citricola* como parasitoide de *P. citrella*, se puede explicar por ser ésta una especie poliembriónica, específica de este minador y gregaria, lo cual les confiere mayor eficacia frente a las especies generalistas nativas (Hoy y Nguyen 1994), demostrando su gran competitividad. Mientras que otros parasitoides son desplazados, teniendo que sobrevivir utilizando hospedantes alternos de plantas cultivadas o malezas (Mendoza 1995; Bautista *et al.* 1997; Cañarte 1998).

El parasitoidismo de *Aphidius* sp. registró porcentajes muy por debajo de ensayos donde en promedio alcanzaron 78 % y 93 % (McClure 2015). La posible razón a esta situación según Sampaio (2008) podría ser que *T. aurantii* no es un fitófago favorito para *Aphidius* sp. Según Ode (2005) Las tasas altas de parasitoidismo se encuentran relacionadas con las poblaciones de insectos plaga, es decir a mayor presencia mayor parasitación, situación que no se cumplió totalmente tanto para la jurisdicción de Colón como Riochico, donde se reportó el áfido fitófago, pero no de una manera abundante.

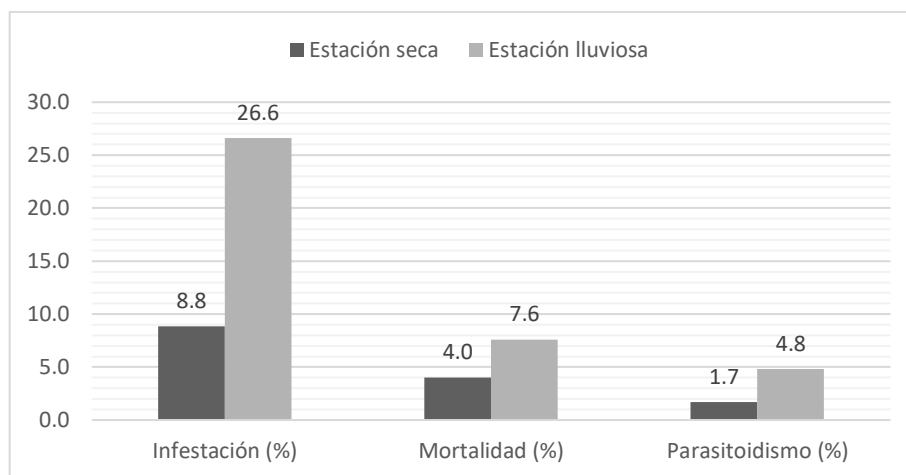
Van Riesche (2008) estableció que la presencia de plantas hospedantes pertenecientes a la familia Brassicaceae aumentó los registros de *Aphidius* sp., hecho que se contrapuso a la ausencia de dicho taxón vegetal en los distritos analizados. A pesar que *Diaretus* sp. registró valores no tan halagadores como otras especies de parasitoides existen reportes según Flint (1985) que en Hawaii en cultivos de lechuga orgánica se ha tenido éxito en control de especies fitófagos como *Myzus persicae* y *T. aurantii*.

#### **4.3.3. Experimento tres: efecto del Neem (*Azadirachta indica*) sobre *Phyllocnistis citrella* y su parasitoidismo a nivel de invernadero en Portoviejo, Ecuador**

A continuación, se detallan los principales hallazgos en Portoviejo, Ecuador donde se evaluó la influencia de insecticidas botánicos a base del árbol de neem sobre el minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton y el efecto en sus parasitoides bajo condiciones contraladas empleando una jaula entomológica durante las época seca y lluviosa.

Analizando de manera global todos los tratamientos utilizados dentro de la **Figura 20** se pudo establecer que la infestación de *P. citrella* durante la estación lluviosa (26,6) triplicó a la tasa correspondiente a la estación seca (8,8). En lo concerniente a mortalidad se observó que la época de lluvias (7,6) casi duplicó a época de sequía (4). Además, dentro de parasitoidismo estación lluviosa con 4,8 % dominó de manera categórica a estación seca con

1,7 %. Finalmente se puede enriquecer el análisis acotando que existió un amplio dominio de los valores correspondientes a la época lluviosa para todas las tasas atribuida en gran parte a que el insecto plaga y sus parasitoides se reprodujeron con mayor intensidad.



**Figura 20:** Comparación de infestación, mortalidad y parasitoidismo para *P. citrella* en estación seca y lluviosa, Colón, Portoviejo, Ecuador.

El **Cuadro 14**, muestra que con el extracto acuoso de neem, la infestación, alcanzó su valor más alto (7,11 %), a los 10 DDA. La mortalidad de *P. citrella* con 6 % fue la media con mejores resultados a los 10 DDA, el parasitoidismo en general resultó bajo sobresaliendo la evaluación 20 DDA con 2 %. Siguiendo el orden, se sitúa el T2 (aceite de nim), que obtuvo 21,86 % a los 10 DDA como tasa de infestación más elevada, a los 15 DDA la mortalidad alcanzó su tope con 9,14 %, el parasitoide *A. citricola* tuvo mayor actividad a los 20 DDA registrando 9,5 %. También, para testigo absoluto sobresalió 10,71 % de infestación a los 15 DDA; sin embargo, la tasa de mortalidad llegó a su pico con 2,5 % durante el registro de 20 DDA, la media de parasitoidismo presentó registros extremadamente bajos con promedios menores a cero para todas las fechas después de la aplicación.

Al comparar las variables biológicas en la estación de sequía en los distintos tiempos de evaluación, se observó diferencias significativas para el porcentaje de infestación de *Phyllocnistis citrella* a los 10 días después de la aplicación en al menos dos de las medias con p-valor 0,030. En la comparación múltiple se observó que a pesar que existió la aplicación con el plaguicida botánico aceite de Nim, éste presentó una mayor infestación con 21,86 % con respecto al testigo absoluto cuyo promedio fue de 8,66 % (Cuadro 14).

**Cuadro 14:** Efecto de los tratamientos sobre *P. citrella* y su parasitoidismo en estación seca, Colón, Portoviejo, Ecuador.

Variables biológicas	Tratamientos			p-valor
	T1 (Extracto acuoso de nim)	T2 (Aceite de nim)	T3 (Testigo)	
<b>10 días d.d.a.</b>				
Infestación (%)	7,11	21,86a	8,66	0,030*
Mortalidad (%)	6,00	0,85	0,90	0,123
Parasitoidismo (%)	0,00	0,57	0,33	0,404
<b>15 días d.d.a.</b>				
Infestación (%)	2,45a	18,35	10,71	0,030*
Mortalidad (%)	4,00	9,14	2,00	0,200
Parasitoidismo (%)	1,00	1,62	0,57	0,716
<b>20 días d.d.a.</b>				
Infestación (%)	2,83	1,75	5,82	0,374
Mortalidad (%)	4,00	6,8	2,5	0,523
Parasitoidismo (%)	2,00	9,5a	0,00	0,029*

Nota: Letras diferentes, dentro de las filas, señala diferencias estadísticas entre tratamientos

Para la misma variable – porcentaje de infestación- a los 15 DDA también se evidenció diferencias significativas en al menos dos medias con p-valor 0,030, en este caso las comparaciones múltiples mostraron diferencias entre el extracto acuoso de Nim con promedio 2,45 % con relación al testigo absoluto cuyo promedio fue 10,71 % y aceite de Nim con 18,35 %; lo que quiere decir que dicho extracto erradicó más cantidad de especímenes de *P. citrella* (Cuadro 14).

En relación al parasitoidismo de *P. citrella*, solamente se reportó la presencia de *Agéniaspis citricola*, tanto en época seca como en la estación lluviosa. Los resultados, a los 20 días de evaluación, mostraron diferencias significativas para al menos dos medias con p-valor 0,029, donde en la comparación múltiple se observó que las diferencias eran entre en aceite de Nim con 28,07 % y el testigo absoluto con promedio de 0,00 estableciendo que el insecticida natural no interfirió en el ciclo biológico de los parasitoides al presentar mayor actividad de los mismos (Cuadro 14).

Un hecho importante por resaltar correspondiente al Cuadro 14 fue que T2 (21,86 y 18,35) presentó una infestación más alta que T1 y T3 a los 10 y 15 DDA debido a que el brote evaluado presentó un área foliar extensa, lo que se tradujo en mayor cantidad de área para

ovipositar por parte del adulto de *P. citrella* desencadenando luego de la eclosión de más larvas pertenecientes al minador, pero en la evaluación 20 d.d.a. la situación cambia y T2 (1,75) sobresalió por una menor infestación que el resto de tratamientos debido a que los parasitoides al encontrar hospedantes en las primeras evaluaciones correspondientes a porcentaje de parasitoidismo (0,57 y 1,62) se reprodujeron y se alimentaron de las larvas de *P. citrella* provocando su muerte y por consiguiente reduciendo la infestación del insecto plaga en mención y elevando la tasa de parasitoidismo (9,5) a los 20 DDA.

En cuanto a las medias de las variables analizadas de la Tabla 3 se estableció que el extracto acuoso alcanzó 32,76 %; es decir, el valor más alto de infestación a los 20 DDA, la mortalidad de *P. citrella* con 18,87 % fue la media con mejores resultados a los 15 DDA, el parasitoidismo en general resultó bajo sobresaliendo la evaluación 20 DDA con 10,29 %. Siguiendo el orden si sitúa el tratamiento aceite de Nim que obtuvo 41,08 % a los 20 DDA como tasa de infestación más elevada, a los 20 DDA la mortalidad alcanzó su tope con 13,5 %, el parasitoide *A. citricola* tuvo mayor actividad a los 20 DDA registrando 7,65 %. También, para testigo absoluto sobresalió 38,15 % de infestación a los 15 DDA; sin embargo, la tasa de mortalidad llegó a su pico con 4 % durante el registro de 20 DDA, la media de parasitoidismo presentó registros promedio con rango de 2-7 % distinguiéndose 20 DDA con 7,52 %.

Para la estación de lluvia, se observó a los 15 días de evaluación diferencias significativas para al menos dos medias del porcentaje de infestación con p-valor 0,027, donde las pruebas múltiples mostraron la diferencia entre aceite de Nim 15,66 % con respecto al testigo absoluto 38,15 %; es decir, que existió un mejor control sobre la población de *P. citrella* por parte del aceite (**Cuadro 15**).

Asimismo, en la anterior evaluación se observó diferencias en el promedio de mortalidad con p-valor 0,004, las mismas se dieron entre el extracto acuoso de nim 18,87 % comparado con el testigo absoluto 2,40 % y aceite de Nim, dicha situación sirvió para establecer que los individuos de *P. citrella* resultaron más susceptibles a ese tipo de presentación botánica (Cuadro 15).

**Cuadro 15:** Efecto de los tratamientos sobre *P. citrella* y su parasitoidismo en estación lluviosa, Colón, Portoviejo, Ecuador.

Variables biológicas	Tratamientos			p-valor
	T1 (Extracto acuoso de nim)	T2 (Aceite de nim)	T3 (Testigo)	
<b>10 días d.d.a.</b>				
Infestación (%)	16,54	8,32	23,47	0,091
Mortalidad (%)	0,00	3,00	2,00	0,439
Parasitoidismo (%)	1,83	1,53	2,00	0,958
<b>15 Días d.d.a.</b>				
Infestación (%)	26,65	15,66a	38,15	0,027*
Mortalidad (%)	18,87a	5,5	2,4	0,004**
Parasitoidismo (%)	4,20	4,30	3,96	0,992
<b>20 Días d.d.a.</b>				
Infestación (%)	32,76	41,08	37,17	0,586
Mortalidad (%)	18,71a	13,5	4,00	0,048*
Parasitoidismo (%)	10,29	7,65	7,52	0,822

Nota: Letras diferentes, dentro de las filas, señala diferencias estadísticas entre tratamientos

Al efectuar a los 20 DDA las observaciones se determinó diferencias significativas para la mortalidad con p-valor 0,048, éstas fueron entre extracto acuoso de Nim 18,71 % y testigo absoluto 4,00 %, esta información valió para confirmar que la muerte de más especímenes de *P. citrella* tuvo más efectividad con el tratamiento del extracto acuoso. No se presentaron diferencias significativas en parasitoidismo en ninguna de las tres fechas de evaluación (Cuadro 15).

Un hallazgo interesante encontrado en el mismo cuadro fue que T2 (8,32 y 15,66) presentó una infestación menor que T1 y T3 a los 10 y 15 DDA debido a su formulación industrial mejorada con base en aceite de neem, pero en la evaluación 20 DDA la situación cambió y T2 (41,08) sobresalió por una mayor infestación que el resto de tratamientos debido a un leve incremento en el área foliar del brote evaluado lo que desencadenó en un aumento de larvas de *P. citrella*.

Además, para todos los tratamientos durante la evaluación de 20 DDA se notó un aumento importante entre un rango de dos a diez puntos porcentuales para la tasa de parasitoidismo debido a la facilidad para encontrar más hospedantes por haber desaparecido el efecto de los insecticidas botánicos y la consiguiente proliferación de larvas de minador.

En general, se observó que solo una especie llamada *Ageniaspis citricola* estuvo presente parasitando larvas *Phyllocnistis citrella* en la localidad de Colón, cumpliéndose con la premisa de la especificidad del parasitoidismo establecida por Schmutterer (1997) donde cada fitófago tiene su insecto que lo controla.

En la localidad de Colón donde se realizó el ensayo con los tratamientos del insecticida botánico se observó que se controló de una mejor manera al insecto plaga, pero en cambio la data del parasitoidismo no se manifestó tan contundente en su contabilización a pesar que se mostró levemente promisorio, aspecto respaldado por Mohamed (2014). Independientemente de la estación climática el extracto acuoso tuvo mayor influencia en las poblaciones de *P. citrella* a pesar de no tener una consistencia aceitosa que contribuye a disminuir la movilidad de los insectos, hallazgo respaldado por Fundación Natura (1992) donde se señala que en diferentes ensayos se ha usado con éxito la dosis empleada de aceite de Nim en la presente investigación. También se puede acotar que en un clima tropical siempre la actividad biológica del minador se intensifica más que en un clima templado hecho respaldado por Schumetterer (1990) el cual estableció que en presencia de calor constante en zonas ecuatoriales la reproducción del insecto plaga estudiado aumenta en conjunto con su parasitoidismo.

Cabe recalcar que el aceite de neem con sus dos tratamientos tuvo una leve influencia en la disminución de la infestación del minador en las hojas de limón debido a sus propiedades insecticidas, situación respalda por investigaciones en las cuales se afirma que una de las ventajas del uso del neem en el control de plagas es poseer varios mecanismos de acción como regulador del crecimiento, antialimentario, repelente, antiovipositor, reductor de la fecundidad e interruptor de la comunicación sexual comprobando su eficacia contra al menos 106 especies de insectos-plaga (Cañarte 2002; Cañarte 2001).

En lo concerniente a porcentaje de infestación a los 10 DDA (estación seca) existió significancia estadística de parte del aceite de Nim donde mostró la más alta infestación, hecho que contradice a Navarrete (2017) donde afirma que las aplicaciones de Nim disminuyeron las poblaciones de huevos, ninfas y adultos de los insectos plaga. En cambio durante la época lluviosa se reportó diferencia con baja infestación correspondiente a 15 DDA correspondiente a tratamiento con Nim en aceite, situación que respalda Cañarte (2001) al establecer que para porcentaje de infestación usando Nim sobre MHC se alcanzó con aceite de Nim 18,41 % comparado con 47,49 % del testigo, concordando con Zhang (1994) donde afirma que aplicando semanalmente aceite de Nim en concentración de 1,4 % obtuvo infestaciones inferiores al 10 % mientras que el testigo llegó hasta un 97 %.

Respecto a la mortalidad de *P. citrella* durante la época seca no se obtuvo significancia estadística en las tres evaluaciones, pero sí en los promedios quedando claro que los tratamientos con los bioplaguicidas en conjunto con el parasitoidismo sobresalieron por eliminar de mejor manera al fitófago minador. Por su parte durante la estación lluviosa se contabilizaron diferencias con alta mortalidad pertenecientes a 15 y 20 DDA cuando se aplicó extracto acuoso de neem, situación que respaldan (Bautista 1997; Cañarte 1998) afirmando tasas de mortalidad entre 70 % y 80 % en evaluaciones a los 3 y 12 DDA.

En lo concerniente a porcentaje de parasitoidismo a los 20 DDA (estación seca) existió significancia estadística de parte del aceite de Nim donde mostró la tasa más alta de parasitoidismo, hecho que se contrapone a Schumetterer (1990) y Brechelt y Fernández (1995) donde afirman que si el parasitoide absorbe azadirachtina de su hospedante también se verá afectado. En cambio durante la época lluviosa no se reportó diferencia estadística para ninguna de las evaluaciones después de la aplicación de tratamientos pero el testigo siempre fue menor que el extracto y aceite, hallazgo que es contrario a lo establecido por los profesionales Hoelmer (1990) y Cañarte (2001) donde se indica que el Nim interfiere con la longevidad parasítica y la emergencia de estos organismos al presentar el testigo sin aspersiones tasas más elevadas de actividad del insecto parasitoide (50-65 %).

#### 4.3.4. Experimento 4: Diversidad de la población de insectos en el cultivo de *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle y vegetación aledaña en dos zonas agro ecológicas de Portoviejo, Ecuador

En el Cuadro 16 respecto al clima se pudo apreciar que para Riochico el periodo seco abarcó desde junio a noviembre y el periodo lluvioso desde diciembre a mayo, se establecieron 26,8°C de temperatura media, 77,6 % de humedad relativa en promedio y 43,3 mm de precipitación como término medio al mes. Para Colón se observó que el periodo seco abarcó desde junio a noviembre y el periodo lluvioso desde diciembre a mayo, Se obtuvo 25,8°C de temperatura media, 83,1 % de humedad relativa en promedio y un ponderado mensual de 74 mm de precipitación.

**Cuadro 16:** Información meteorológica, evolución fenológico y principales labores del cultivo de limón en las localidades de Riochico (R) y Colón (C), Manabí, Ecuador (08/2018 – 07/2019).

Mes	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)		Precipitación (mm)		Evolución fenológica del cultivo		Principales labores de cultivo
	R	C	R	C	R	C	R	C	
Agosto	26,4	24,9	76	82	0	0	Vegetativo	Vegetativo	Riego, Control de plagas, Control de malezas, Cosecha
Septiembre	26,6	25,1	75	81	0,2	0,2	Floración	Floración	
Octubre	26,3	25,2	76	80	0	4	Floración	Floración	
Noviembre	27,1	26,1	76	78	1	2,7	Floración	Floración	
Diciembre	27,3	26	78	82	38,4	74,8	Floración	Floración	Control de malezas, Fertilización, Cosecha
Enero	27,1	26,2	84	88	72,4	199,9	Fructificación	Fructificación	
Febrero	27,6	26,7	87	88	177,3	299,7	Fructificación	Fructificación	
Marzo	27,6	26,8	87	87	177,4	198,9	Fructificación	Fructificación	
Abril	27,7	27,2	50	85	30,4	75,1	Fructificación	Fructificación	
Mayo	26,6	26	81	83	22,3	27,9	Vegetativo	Fructificación	
Junio	25,8	24,7	81	82	0	1,3	Vegetativo	Vegetativo	Riego, Control de plagas, Control de malezas, Cosecha
Julio	25,4	24,6	80	81	0,1	2,9	Vegetativo	Vegetativo	
Promedio	26,8	25,8	77,6	83,1	43,3	74			



Además, para las dos localidades la humedad relativa, temperatura y precipitación mostraron valores más elevados durante el periodo diciembre-mayo, que coincide con la época húmeda, las lluvias fueron muy escasas en el periodo junio-noviembre. Respecto a la fenología de la plantación se observó una fructificación y floración más prolongadas en Colón, con un mes de ventaja sobre Riochico. El periodo vegetativo resultó más corto en Colón con una duración de tres meses.

En cuanto a las labores de cultivo, la fertilización se realizó durante la época lluviosa por dos ocasiones en las localidades, antes de las lluvias y después de las mismas. Se observó una mayor cantidad de control de insectos en Riochico. El control de malezas resultó más intenso en la misma localidad. En los dos fundos se realizó el riego durante la estación seca, de manera constante, así como la cosecha a lo largo de 12 meses en ambas localidades.

En el **Cuadro 17**, se señaló un predominio de especies de hojas ancha sobre las de hoja angosta. En las dos localidades la diversidad vegetal resultó mayor en la vegetación aledaña al cultivo de limón. Alrededor del cultivo de limón en Colón estaban cultivados como especie comercial *Theobroma cacao* y como cerco vivo *Jatropha curcas*. Para la localidad de Riochico en el entorno se encontraron como cultivos a *Zea mays*, *Citrus sinensis*, *Coriandrum sativum* y *Cocos nucifera*.

**Cuadro 17:** Principales especies vegetales en las localidades de Colón y Riochico.

Cultivo de limón		Vegetación aledaña	
Colón	Riochico	Colón	Riochico
<b>Especies vegetales de hoja ancha</b>			
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	<i>Fleuria aestuans</i>	<i>Alternanthera pungens</i>	<i>Ipomoea nil</i>
<i>Ipomoea nil</i>	<i>Ipomoea nil</i>	<i>Ipomoea nil</i>	<i>Fleuria aestuans</i>
<i>Fleuria aestuans</i>		<i>Fleuria aestuans</i>	<i>Citrus sinensis</i>
		<i>Galinsoga quadriradiata</i>	<i>Coriandrum sativum</i>
		<i>Amaranthus blitoides</i>	
		<i>Theobroma cacao</i>	
		<i>Jatropha curcas</i>	
<b>Especies vegetales de hoja angosta</b>			
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Sorghum halepense</i>		<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Zea mays</i>
		<i>Sorghum halepense</i>	<i>Cocos nucifera</i>
<b>Ciperáceas</b>			
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Cyperus rotundus</i>

La clasificación taxonómica de la clase Insecta registró un total de nueve órdenes, 18 especies, ocho géneros y 15 familias. Las nueve órdenes se distribuyen entre Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Odonata, Orthoptera, Phasmatodea y Neuroptera. El orden más diverso fue Hemiptera con cinco especies que representan la cuarta parte del total de especies, los demás órdenes presentaron entre una y cuatro especies. La mayoría de familias estuvieron aglutinadas entre Hemiptera, Coleoptera y Diptera. La localidad de Colón presentó un total de 16 especies, 13 familias y siete órdenes mientras que Riochico registró 12 especies, diez familias y siete órdenes determinándose que la jurisdicción de Colón mostró superioridad al comparar los resultados para los rubros de especie y familia más no para orden donde existió paridad (**Cuadro 18**).

**Cuadro 18:** Clasificación taxonómica y gremio trófico de los insectos capturados las localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Orden y Nombre científico	Familia	Gremio Trófico	Localidad	
			Colón	Riochico
<b>Hemiptera</b>				
<i>Aphis gossypii</i>	Aphididae	Fitófago	X	
<i>Aphis spiraecola</i>	Aphididae	Fitófago	X	
<i>Monalonia dissimulatum</i>	Miridae	Fitófago	X	
<i>Empoasca</i> sp.	Cicadelidae	Fitófago	X	x
<i>Agallia</i> sp.	Cicadelidae	Fitófago	X	x
<b>Coleoptera</b>				
<i>Colaspis</i> sp.	Chrysomelidae	Fitófago	X	x
<i>Cerotoma facialis</i>	Chrysomelidae	Fitófago	X	x
<i>Coleomegilla maculata</i>	Coccinellidae	Predador	X	x
<i>Xyleborus ferrugineus</i>	Scolytidae	Fitófago	X	
<b>Diptera</b>				
<i>Prodiplosis longifila</i>	Cecidomyiidae	Fitófago	X	x
<i>Psichoda</i> sp.	Psychodidae	Fitófago	X	x
<i>Drosophila melanogaster</i>	Drosophilidae	Fitófago	X	x
<b>Hymenoptera</b>				
<i>Camponotus</i> sp.	Formicidae	Fitófago	X	x
<b>Lepidoptera</b>				
<i>Danaus eresimus</i>	Nymphalidae	Fitófago		x
<b>Odonata</b>				
<i>Leucorrhinia hudsonia</i>	Libellulidae	Predador	X	
<b>Orthoptera</b>				
<i>Schistocerca</i> sp.	Acrididae	Fitófago	X	x
<b>Phasmatodea</b>				
<i>Taxiarchus</i> sp.	Phasmatidae	Fitófago	X	
<b>Neuroptera</b>				
<i>Crysopa</i> sp.	Crysopidae	Predador		x
<b>Total de especies</b>			<b>16</b>	<b>12</b>

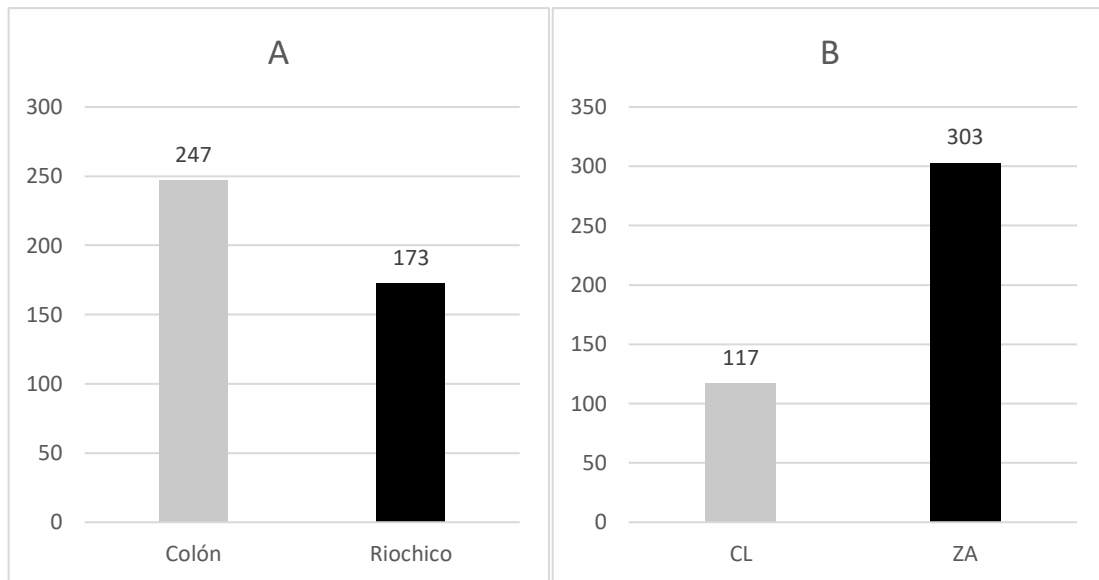
En cuanto a los gremios tróficos se estableció que los fitófagos alcanzaron 15 especies que corresponde a más de  $\frac{3}{4}$  partes del total y los depredadores con tres especies estuvieron presentes en baja proporción. Los órdenes con presencia benéfica fueron Coleoptera, Odonata y Neuroptera. Al comparar las localidades se puede observar que ambos sitios presentaron una alta presencia de fitófagos debido a que solo se reportaron dos especies depredadoras para cada una de las jurisdicciones. También se determinó que Colón (14) fue superior a Riochico (10) en especies fitófagas (Cuadro 18).

Como se puede observar en el **Cuadro 19**, existió una diferencia abrumadora según el gremio trófico para insectos fitófagos capturados más que todo en la zona aledaña alcanzando la misma 287 en contraste con cultivo de limón con tan solo 109, pero al comparar las especies identificadas por gremio trófico hubo poca distinción ya que tanto para depredadores como fitófagos solo se visualizó un saldo superior de dos especies para zona aledaña vs. cultivo de limón.

**Cuadro 19:** Agrupación por gremio trófico de número de insectos y especies en cultivo de limón Vs. zona aledaña. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

<b>Cultivo de limón</b>			<b>Zona aledaña</b>		
Número de insectos depredadores	Número de insectos fitófagos	<b>Total</b>	Número de insecto depredadores	Número de insectos fitófagos	<b>Total</b>
<b>8</b>	<b>109</b>	<b>117</b>	<b>16</b>	<b>287</b>	<b>303</b>
Número de especies depredadoras	Número de especies fitófagas	<b>Total</b>	Número de especies depredadoras	Número de especies fitófagas	<b>Total</b>
<b>1</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>12</b>

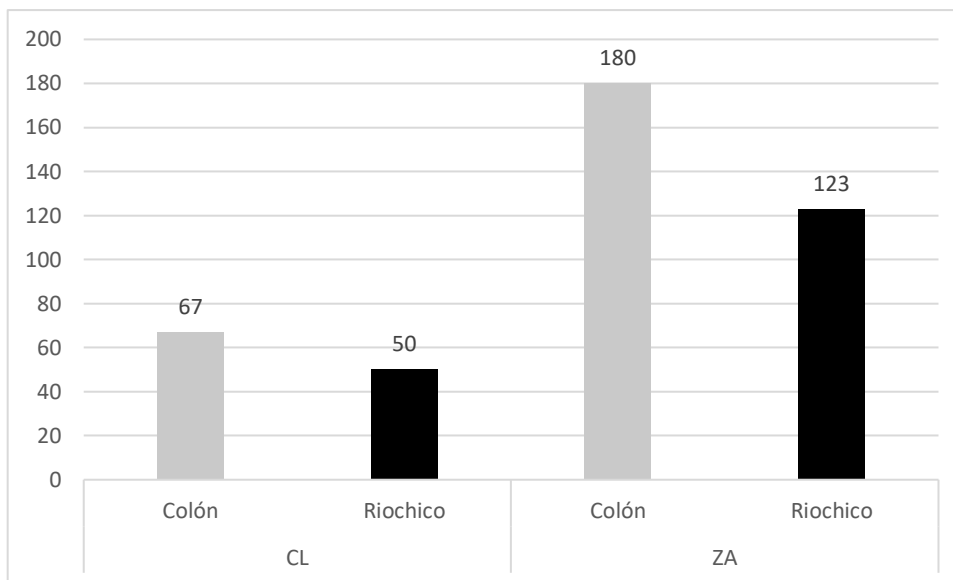
Como se puede observar en la **Figura 21**, literal A respecto a total de insectos por localidad se estableció que para la jurisdicción de Colón se capturaron 247 individuos y en Riochico en cambio fueron 173 insectos notándose claramente que Colón resultó superior con alrededor de una tercera parte más de especímenes recolectados con la red entomológica debido a la presencia del cultivo de cacao en la zona aledaña que brinda refugio para los insectos que deciden migrar hacia dicha área con agroecosistema estable y con baja alteración por el uso de agroquímicos. Además, en la misma figura literal B se detalla el total de especímenes de acuerdo a la zona de recolección independientemente de la localidad, es decir ya sea en Colón como en Riochico donde se establece que la cantidad de insectos capturados en ZA (303) fue muy superior a CL (117) por más del doble de individuos.



**Figura 21:** A: Número de insectos capturados por localidad. B: Insectos capturados en cultivo de limón Vs. zona aledaña. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Según la información mostrada por la **Figura 22** se detalla el total de especímenes de acuerdo a la localidad y zona de recolección (CL y ZA), en donde al comparar total de insectos solo en CL se determinó que para la jurisdicción de Colón se capturaron 67 individuos y en Riochico en cambio fueron 50 insectos estableciéndose poca variación entre ellas. Además, en la misma figura se detalla el total de especímenes en ZA estableciéndose que debido a agroecosistemas más estables la cantidad de insectos capturados en Colón (180) fue ligeramente superior a Riochico (123).

Por otro lado, en Colón al contraponer CL (67) Vs. ZA (180) se afirma que las capturas en vegetación en zona aledaña casi triplica a las logradas en vegetación dentro del cultivo de limón. También al confrontar para Riochico los 50 individuos colectados en CL con 123 capturas insectiles de ZA se señala que ésta última duplica a la vegetación del interior del cultivo cítrico en estudio. Finalmente, al analizar las barras se indica que Colón siempre resultó ligeramente superior a Riochico y que ZA fue ampliamente supremo con respecto a CL para hallazgos resultantes de las capturas.



**Figura 22:** Agrupación de insectos capturados por localidad y zona en finca. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Legenda: Cultivo de limón (CL); Zona aledaña (ZA).

Dentro del **Cuadro 20** se detalla en resumen que la cantidad de insectos benéficos fue tres conocidos con los nombres científicos de *Coleomegilla maculata*, *Leucorrhinia hudsonia* y *Crysopa* sp, pertenecientes al gremio trófico predador. En cuanto a la localidad de Colón se observa que se recogieron dos especies benéficas y en Riochico tres grupos de insectos provechosos para el ecosistema. Además, de acuerdo a la zona en finca se pudo detectar que CL resultó inferior con uno respecto a tres de ZA. También se puede destacar que *Coleomegilla macullata* estuvo presente en todas las localidades y zonas en finca. Es importante recalcar que *L. hudsonia* y *Crysopa* sp. se hallaron solo en la vegetación en zona aledaña, por otro lado, *Crysopa* sp. solo estuvo presente en la jurisdicción de Riochico. Finalmente se señala el número de especies benéficos resultó muy por debajo de lo que se esperaba en especial para ZA por mostrar mayor estabilidad.

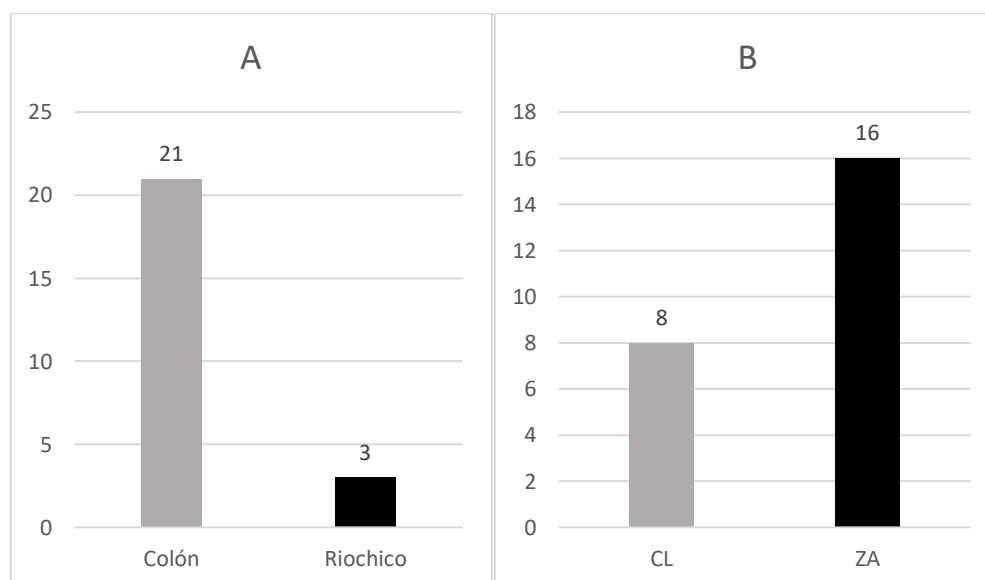
Por medio de las comparaciones realizadas en la **Figura 23**, literal A respecto a total de insectos benéficos por localidad se afirma que para la jurisdicción de Colón se capturaron 21 individuos y en Riochico en cambio fueron tres insectos notándose claramente que Colón resultó superior con siete veces más de especímenes recolectados con la red entomológica debido a la presencia del cultivo de cacao en la zona aledaña que brinda refugio para los insectos que deciden migrar hacia dicha área con agroecosistema estable y con baja alteración por el uso de agroquímicos.

**Cuadro 20:** Especies de insectos benéficos presentes por localidad y zona en la finca correspondiente a las localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Insecto Benéfico	Localidad		Zona de evaluación	
	Colón	Riochico	CL	ZA
	Presencia /Ausencia	Presencia /Ausencia	Presencia /Ausencia	Presencia /Ausencia
<i>Coleomegilla maculata</i>	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
<i>Leucorrhinia hudsonia</i>	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia
<i>Crysopa</i> sp.	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
<b>Total especies</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Leyenda: Cultivo de limón (CL); Zona aledaña (ZA).

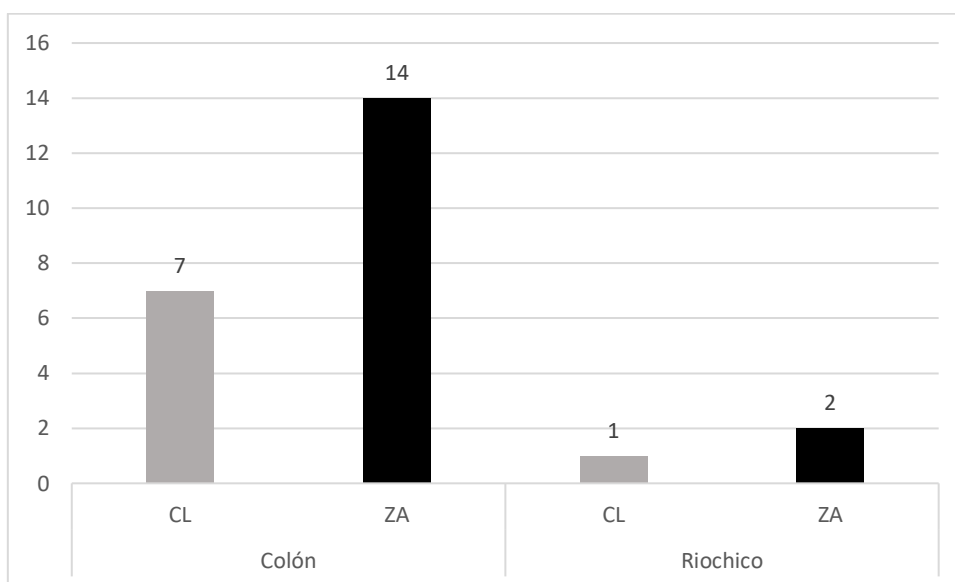
Por otro lado, en la misma figura, literal B se detalla el total de especímenes benéficos de acuerdo a la zona de recolección independientemente de la localidad, es decir ya sea en Colón como en Riochico, en donde se señala que la cantidad de insectos capturados en ZA (16) mostró superioridad a CL (8) duplicándole la población.



**Figura 22:** A: Número de insectos benéficos por localidad. B: Número de insectos benéficos en el cultivo de limón Vs. vegetación en zona aledaña del limón. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Leyenda: Cultivo de limón (CL); Zona aledaña (ZA).

A través de los datos analizados en la **Figura 24** correspondientes al total de especímenes benéficos de acuerdo a la localidad y zona de recolección (CL y ZA), se notó claramente una diferencia abismal al comparar total de insectos en CL de ambas localidades determinándose que para la jurisdicción de Colón se capturaron 7 individuos y en Riochico en cambio fue un insecto. También, en la misma figura se detalla el total de benéficos en ZA estableciéndose que debido a agroecosistemas más estables la cantidad de insectos capturados en Colón (14) fue muy superior a Riochico (2).



**Figura 23:** Agrupación de insectos benéficos por localidad y zona en finca. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Leyenda: Cultivo de limón (CL); Zona aledaña (ZA).

Por otro lado, en Colón al contraponer CL (7) Vs. ZA (14) se afirma que las capturas en vegetación en zona aledaña duplica a las logradas en vegetación dentro del cultivo de limón. Además, al confrontar para Riochico un individuo colectado en CL con dos capturas insectiles de ZA se señala que ésta última duplica a la vegetación del interior del cultivo cítrico en estudio. Finalmente, al analizar los gráficos se indica que Colón siempre resultó superior a Riochico y que ZA sobresalió con respecto a CL, no obstante, al analizar globalmente todos los casos las cifras resultaron bajas.

En el **Cuadro 21** se detalla en compendio que la cantidad total de insectos fitófagos identificados fueron 12. En cuanto a la localidad de Colón se afirma que se recolectaron 12 especies dañinas y en Riochico siete géneros de insectos nocivos para el agroecosistema.

Además, de acuerdo a la zona en finca se pudo detectar que para los géneros identificados CL resultó superior con 11 respecto a nueve de ZA.

**Cuadro 21:** Especies de insectos fitófagos presentes por localidad y zona en la finca correspondiente a las localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

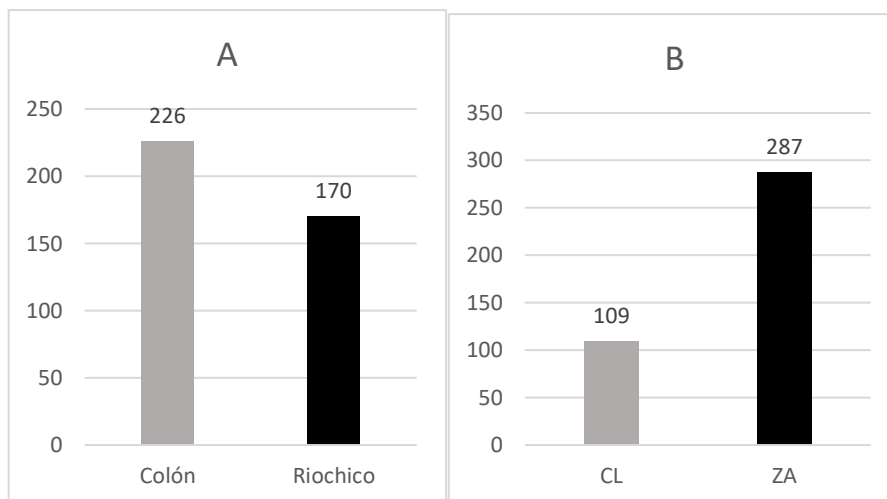
<b>Insecto Fitófago</b>	<b>Localidad</b>		<b>Zona de evaluación</b>	
	<b>Colón</b>	<b>Riochico</b>	<b>CL</b>	<b>ZA</b>
	<b>Presencia</b>	<b>Presencia</b>	<b>Presencia</b>	<b>Presencia</b>
<i>Psichoda</i> sp.	Si	Si	Si	Si
<i>Drosophila melanogaster</i>	Si	Si	Si	Si
<i>Empoasca</i> sp.	Si	Si	Si	Si
<i>Agallia</i> sp.	Si	Si	Si	Si
<i>Colaspis</i> sp.	Si	Si	Si	Si
<i>Cerotoma facialis</i>	Si	Si	Si	Si
<i>Prodiplosis longifila</i>	Si	Si	Si	Si
<i>Camponotus</i> sp.	Si	No	No	Si
<i>Xyleborus ferrugineus</i>	Si	No	Si	Si
<i>Aphis gossypii</i>	Si	No	Si	No
<i>Aphis spiraecola</i>	Si	No	Si	No
<i>Monalonion dissimulatum</i>	Si	No	Si	No
<b>Total especies</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>9</b>

Leyenda: Cultivo de limón (CL); Zona aledaña (ZA).

También se puede destacar que siete especies estuvieron presentes en todas las localidades y zonas en finca. Es importante resaltar que cinco géneros se hallaron solo en Colón. Finalmente se señala que el número de especies fitófagas resultó medianamente superior para Colón y ZA respecto a Riochico y CL, respectivamente.

Analizando los detalles en la **Figura 25**, literal A respecto a total de insectos fitófagos por localidad se estableció que para la jurisdicción de Colón se capturaron 226 individuos y en Riochico en cambio fueron 170 insectos notándose una ligera ventaja de Colón debido a que se realizaban deshierbas mecánicas durante la mayor parte del año por lo cual las arvenses rebrotan rápidamente, de esta manera los insectos nocivos fueron más diversos al contar con variedad de hospedantes vegetales.





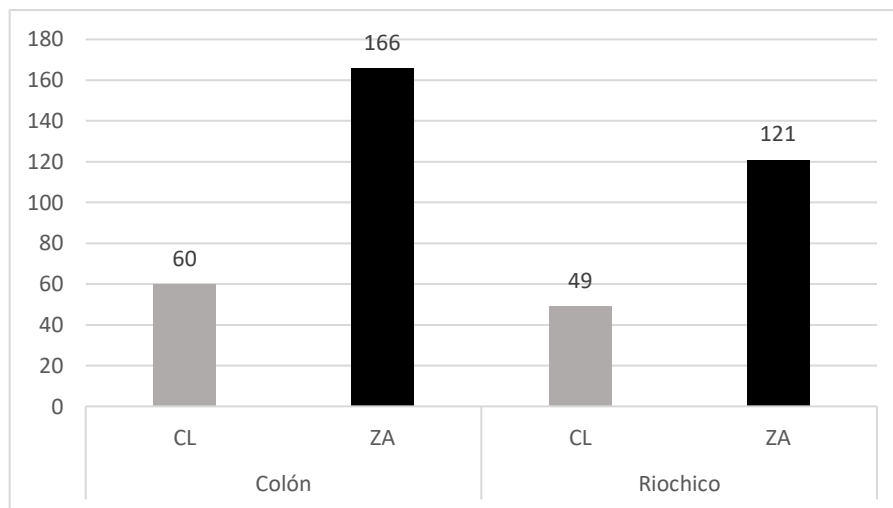
**Figura 24:** A: Número de insectos fitófagos por localidad. B: Número de insectos fitófagos en el cultivo de limón Vs. vegetación en zona aledaña. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Leyenda: Cultivo de limón (CL); Zona aledaña (ZA).

Además, en la misma figura literal B se detalla el total de especímenes de acuerdo a la zona de recolección independientemente de la localidad en donde se establece que la cantidad de insectos capturados en ZA (287) fue ampliamente superior a CL (109) casi triplicando la población. Finalmente se puede aseverar que Colón y ZA presentaron cantidades más elevadas en comparación a sus contrapartes.

Según la data analizada de la **Figura 26** en donde se agrupa el total de fitófagos de acuerdo a la localidad y zona de recolección (CL y ZA) se afirma que al comparar total de insectos fitófagos solo en CL se determinó una ventaja por parte de la jurisdicción de Colón al ser capturados 60 individuos versus 49 insectos correspondientes a Riochico. Además, en la misma figura se detalla el total de especímenes en ZA estableciéndose que la cantidad de insectos capturados en Colón (166) fue superior a Riochico (121).

Por otro lado, en Colón al contraponer CL (60) Vs. ZA (166) se afirma que las capturas en vegetación en zona aledaña casi triplica a las logradas en vegetación dentro del cultivo de limón. También al confrontar para Riochico los 49 individuos colectados en CL con 121 capturas insectiles de ZA se señala que ésta última duplica a la vegetación del interior del cultivo cítrico en estudio. Finalmente, al analizar las barras se indica que Colón siempre resultó ligeramente superior a Riochico y que ZA presentó valores mucho más altos con respecto a CL.



**Figura 25:** Agrupación de insectos fitófagos por localidad y zona en finca. Localidades de Colón y Riochico (Manabí, Ecuador: 08/2018 – 07/2019).

Legenda: Cultivo de limón (CL); Zona aleadaña (ZA).

Al analizar la información con la prueba de Mann y Whitney se compararon el número de insectos por zona, donde se observaron diferencias significativas para el total de insectos con p-valor 0,000, siendo la media de insectos de 4,88 para el cultivo de limón vs 12,63 para zonas aleadañas al cultivo; también se presentaron diferencias significativas en la media de insectos fitófagos con p-valor 0,000, donde la media de insectos fitófagos fue de 4,54 para el cultivo de limón vs 11,96 para zona aleadaña al cultivo (**Cuadro 22**).

**Cuadro 22:** Análisis estadístico del número de insectos por zona según localidad.

Localidad/Insectos	Zona de evaluación		p-valor
	Cultivo limón Media (DE)	Aleadaña al cultivo Media (DE)	
<b>General</b>			
Total insectos	4,88 (2,44)	12,63 (7,23)	0,000*
Fitófagos	4,54 (2,38)	11,96 (7,09)	0,000*
Benéficos	0,33 (0,56)	0,67 (1,01)	0,222
<b>Colón</b>			
Total insectos	5,58 (2,87)	15,00 (5,72)	0,000*
Fitófagos	5,00 (2,89)	13,83 (5,61)	0,000*
Benéficos	0,58 (0,67)	1,17 (1,19)	0,192
<b>Riochico</b>			
Total insectos	4,17 (1,75)	10,25 (8,02)	0,002*
Fitófagos	4,08 (1,73)	10,08 (8,13)	0,002*
Benéficos	0,08 (0,29)	0,17 (0,39)	0,546

Nota: DE=Desviación Estándar, \*diferencias significativas en las medias, basada en la prueba de Mann Whitney

Según la tabla enunciada en el párrafo anterior para la localidad de Colón, al comparar el número de insectos por zona se establecieron diferencias significativas para el total de insectos con p-valor 0,000, siendo la media de insectos de 5,58 para el cultivo de limón vs 15,00 para zonas aledañas al cultivo; también se muestran diferencias significativas en la media de insectos fitófagos con p-valor 0,000, donde el promedio de insectos fitófagos fue de 5,00 para el cultivo de limón vs 13,83 para zona aledaña al cultivo.

Por otra parte, la localidad de Riochico al comparar el número de insectos por zona se contabilizaron diferencias significativas para el total de insectos con p-valor 0,002, siendo la media de insectos de 4,17 para el cultivo de limón vs 10,25 para zonas aledañas al cultivo; también se observó diferencias significativas en la media de insectos fitófagos con p-valor 0,002, donde la media de insectos fitófagos fue de 4,08 para el cultivo de limón vs 10,08 para zona aledaña al cultivo (Cuadro 22).

La recolección de especímenes tanto en la vegetación rastrera dentro del cultivo como en la vegetación rastrera aledaña resultó fundamental para lograr una interpretación integral de la información ya que el clima no fue determinante al observar las poblaciones entre sitios pero sí lo fue el agroecosistema aledaño más estable en Colón lo que determinó el predominio de magnitud media de ésta sobre Riochico situación respaldada por Letourneau (2001) en sus estudios donde afirma que las fincas con poca intervención tienen una mayor riqueza de artrópodos que las convencionales, al respecto Menalled (1999) complementa lo anterior estableciendo que los fundos mejor conservados agroecológicamente lo logran a través de un manejo adecuado del barbecho y hábitat circundante.

La abundancia total de insectos fue superior en la vegetación aledaña para las dos localidades, independientemente de su agrupación como benéfico o insecto plaga coincidiendo con lo establecido por Klein (2002), quien señala que en la vegetación variada aumenta la abundancia de insectos, debido a que encuentran más fuentes alimenticias (Langhof 2003; Symington 2003); por lo tanto, Asteraki (2004) y Wackers (2004) acotan que los rastrojos en cultivos perennes ayudan al control de malezas y contribuyen a la estabilidad del agroecosistema, contrario a lo que ocurre con herbicidas utilizados para proteger los cultivos de malezas en campos con prácticas de manejo convencional los mismos que disminuyen la diversidad de plantas contribuyendo a la pérdida del número de refugios, hospedantes alternativos y recursos alimenticios. Es interesante acotar que la zona

aledaña en contraste con la vegetación en cultivo de limón fue considerada como refugio por los insectos en abundancia más no en especies benéficas y fitófagas, hallazgo confirmado por Woodcock (2003) y Menalled (1999) estableciendo que los agroecosistemas menos intervenidos que limitan con cultivos tienen una tendencia a duplicar la cantidad de artrópodos, aunque no tanto para la cantidad de especies identificadas ya que es un agroecosistema que tiene influencia cercana del manejo de una plantación convencional.

La localidad de Colón presentó una cantidad mayor de insectos benéficos en comparación con la jurisdicción de Riochico, en esta última se aplicaron con más frecuencia herbicidas e insecticidas respaldando lo establecido por los autores (Feber 1997; Kross 1998; Doles 2001) los cuales afirman que en áreas donde se aplican menos agroquímicos dentro y fuera del cultivo la abundancia de biodiversidad es más alta para los artrópodos. Además, Colón presentó mayor diversidad de especies vegetales las cuales según (Altieri 1992; Freeman 1998; Landis 2000) atraen y retienen una mayor diversidad de insectos al proporcionarles refugio, fuentes de alimento y mejores condiciones del ecosistema.

Por otra parte, la localidad de Colón presentó una ligera superioridad para fitófagos debido a que en su entorno se encontró más áreas sembradas con cultivos constantemente, hecho que respalda Koricheva (2000) señalando que los insectos plagas se desarrollan mejor en lugares donde encuentran alimentos en sembríos extensos. Además, Asteraki (2004) aporta que existe una relación inversa entre la abundancia de fitófagos y la riqueza de especies vegetales del agroecosistema y lo adjudica al mejor desempeño de estos fitófagos ante la concentración de los recursos que explotan, también al respecto complementa Feber (1997) determinando que la vegetación sometida a prácticas convencionales como la aplicación de insecticidas extinguen localmente a las especies más sensibles y propician el aumento de las resistentes, conformando un conjunto más homogéneo de especímenes.

Un hallazgo a resaltar fue la presencia del orden Diptera debido a que el cultivo del limón presenta cierta estabilidad al ser de ciclo perenne y por la presencia de vertientes de agua que pasan por los fundos. Frouz (1999) indica que esta orden se encuentra presente en lugares con prácticas menos agresivas al ambiente. Büchs (2003) y Woodcock (2003), señalan que la mayoría de las especies de este orden poseen larvas que se comportan como fitosaprófagas y necesitan de un ambiente húmedo. La presencia de dípteros indica escasos niveles de disturbio en los agroecosistemas (Rainio 2003).

## V. CONCLUSIONES

1. Las fincas productoras de limón en Portoviejo tienen características diferentes desde el punto de vista social, económico y ambiental. Con el análisis de conglomerados se estableció que existen tres grupos, el más numeroso fue el grupo 1 que reúne al 56 % de fincas estudiadas, seguido del grupo 3 (26 %) y el grupo 2 (18 %). El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas entre los grupos para las variables densidad de plantación, número de vías de comercialización, pendiente predominante, áreas de zonas de conservación, servicios básicos, integración social, conocimiento tecnológico-conciencia ecológica.
2. Solamente el 12 % de las fincas productoras de limón sutil fueron sustentables. Las principales debilidades correspondieron a la dimensión ambiental, por lo que el indicador obtuvo valores, mayormente menores a dos. Lo contrario se encontró en las dimensiones económica y especialmente la social, donde el indicador fue mayor a dos en todas las fincas evaluadas.
3. Se concluyó que existe una alternabilidad de dominio de las especies para la época seca y lluviosa puesto que las mayores poblaciones de los fitófagos *Toxoptera aurantii* y *Aleurothrixus floccosus* se concentraron entre los meses de junio a diciembre correspondientes a la estación seca. Caso contrario ocurrió con *Phyllocnistis citrella*, donde los meses de mayor captura comprendieron entre enero y mayo, es decir durante la estación lluviosa. Las condiciones climatológicas de baja humedad relativa, escasa precipitación y temperatura menos caliente favorecieron el desarrollo de *A. floccosus* y *T. aurantii*. Además, las condiciones meteorológicas de alta humedad relativa, abundante precipitación y temperatura cálida aportaron al desarrollo de *P. citrella*. Finalmente, se encontró una relación lineal inversa y significativa en la localidad de Colón entre el total de individuos de *T. aurantii* con respecto a la precipitación, humedad relativa y temperatura.

4. Se encontraron cinco especies de parasitoides en las tres especies de insectos plaga analizados. Para *Aleurotrixus floccosus* se identificaron los parasitoides *Encarsia nigricephala* y *Eretmocerus* sp. El nivel de parasitoidismo de *E. nigricephala* fue mayor en la localidad de Riochico y *Eretmocerus* sp. en Colón. En el caso de *Phyllocnistis citrella*, se encontró el parasitoide *Ageniaspis citricola*, en ambas localidades, las mismas que mostraron un comportamiento similar en cuanto a su nivel de parasitoidismo. Para *Toxoptera aurantii* se identificaron *Aphidius* sp. y *Diaretus* sp. *Aphidius* sp. estuvo en mayor proporción en ambas localidades.
  
5. Con base en las observaciones del efecto del neem (*Azadirachta indica*) sobre *Phyllocnistis citrella* y su parasitoide (*Ageniaspis citricola*), se pudo establecer que el insecticida botánico, con sus dos formulaciones, disminuyó en escasa proporción las poblaciones de la plaga, incluso en algunas ocasiones los resultados superaron al testigo absoluto. En lo referente a la relación parasitoidismo-aplicaciones con neem, se observó que las poblaciones de *Ageniaspis citricola* no se vieron afectadas por los tratamientos con neem ya que fueron en aumento en el transcurso del tiempo; por lo tanto, la tasa de mortalidad de minador es atribuible en mayor proporción a la acción del parasitoide. Finalmente, se afirmó que los promedios correspondientes a las variables analizadas alcanzaron valores más altos durante la estación lluviosa.
  
6. En este trabajo se encontró que la población total de insectos en el cultivo de limón (benéficos + fitófagos), fue mayor en la localidad de Colón, comparada con Riochico. También se estableció que, en ambas localidades, la cantidad de insectos colectados en la vegetación aledaña constituyó una zona de refugio ya que fue superior comparada con la hallada dentro del área cultivada. Además, los insectos fitófagos se encontraron en una proporción muy superior con respecto a los benéficos, que sólo correspondieron a especies predadoras.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Evaluar indicadores ambientales específicos en las zonas de conservación y zonas de cultivo comparando de esta manera información relacionada con diversidad de flora y fauna.
2. Muestrear en diferentes estratos medio y alto de las plantas del cultivo de limón y vegetación aledaña para analizar las especies de insectos plaga y benéficos que se encuentren en dichos estratos.
3. Analizar la acción de insecticidas botánicos a base de neem con evaluaciones de mortalidad y parasitoidismo de los principales insectos plaga en los cinco días posteriores a la aplicación de los tratamientos.
4. Considerar ensayos en campo donde se ejecute un control biológico aplicado con los parasitoides identificados para de esta manera observar su comportamiento y comparar con otros lugares donde no se han liberado estos organismos benéficos.
5. Realizar un estudio de la cadena agroproductiva de cada conglomerado para establecer de manera concreta las fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas y los principales actores de los mismos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agila, E. 2009. Dinámica poblacional, distribución espacial y control químico de *Prodiplosis longifila* en tomate riñón. Tesis de grafo. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 85 p.
- Agronegocios. 2010. El limón se adapta incluso a la altitud. Quito, Ecuador. 73 p.
- Altieri, M. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. CETAL Ediciones, Valparaíso, Chile. 162 p.
- Andrewartha, G. 1970. Introduction to the Study of Animal Populations. Methuen & Co., Londres. 332 p.
- Asteraki, E. 2004. Factors influencing the plants and invertebrate diversity of arable field margins. *Agric. Ecosyst. Environ.* 102: 219-231.
- Astier, M; Masera, O. y Galván, Y. 2008. Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidisciplinario. Primera edición. SEA, CIGA, ECOSUR, CIEco, UNAM, GIRA, Mundiprensa, Fundación Inst. de Agricultura Ecológica y Sustentable, ES. 200 p.
- Astier, M; López, S; Pérez, E; Masera, O. 2000. El marco de evaluación Mesmis y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región Purhépecha (en línea). México. Consultado 18 jun 2015. Disponible en <http://mesmis.gira.org.mx/es/products>.
- Avilán, L. y Rengifo, C. 1987. Los cítricos. Primera edición. Editorial América. Caracas-Venezuela. P. 44-45.



- Badgley, C. 2007. "Can Organic Agriculture Feed the World? Preface". *Renewable Agriculture and Food Systems*. 22 (2): 80-86. DOI <https://doi.org/10.1017/s1742170507001986>.
- Bautista M, N; Carrillo S, J; Bravo M, H. 1997. Enemigos naturales y uso del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) para el control del minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton) (Lepidoptera: Gracillariidae) en el estado de Veracruz. In *Simposium Internacional de control biológico del minador de la hoja de los cítricos* (1997, Guadalajara, MX). Memoria. Guadalajara MX, SAGAR. 33 p.
- Beckwith, C. 1972. Scolytid flight in white Spruce Stands in Alaska. *Can. Ent.* 104: 1977-1983.
- Begon, J. 1996. *Ecology*. Blackwel Science, Oxford. 1068 p.
- Beingolea, O. 1984. *Protección Vegetal*. Banco Agrario. Lima, Perú. 383 p.
- Borja, M; Vélez, A; Ramos, J. 2018. Differentiation and classification of guava (*Psidium guajava* l.) producers in Calvillo, Aguascalientes, Mexico. *Región y Sociedad*. 71(1):48-59.
- Brechelt, A. y Fernández, C. 1995. El nim, un árbol para la agricultura y el medio ambiente. Experiencia en la República Dominicana. *Fundación Agricultura y Medio Ambiente*. Instituto Politécnico Loyola. 123 p.
- Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98: 35-78.
- Calvente, A. 2007. El concepto moderno de sustentabilidad. *Socioecología y Desarrollo Sustentable*. 14 (2): 2-9.
- Candelaria, B., Ruiz, O., Pérez, P., Gallardo, F., Vargas, L., Martínez. A. y Flota, F. 2014. Sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1, Veracruz, México. *Revista Cuadernos de Desarrollo Rural*. 73 (11): 87-104.

- Cañarte, E. 2005. Control biológico del minador de la hoja de los cítricos. Portoviejo, EC. 58 p.
- Cañarte, E. 2002. El nim *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) y su rol en la agricultura rentable del Ecuador. Memorias XIX Reunión Latinoamericana de maíz. Portoviejo, EC. 1 disco compacto, 8 mm.
- Cañarte, E. 2001. El minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en Ecuador. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad, Especialidad de Entomología y Acarología. MX. 143 p.
- Cañarte, E. 1998. El minador de las hojas de los cítricos en el litoral ecuatoriano. Quito, EC. 73 p.
- Castaño, O. 1996. El minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*, Stainton) In XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. (1996, Cartagena de Indias, CO). 9-23.
- Castro, A. 2012. Familias rurales y sus procesos de transformación: Estudio de casos en un escenario de ruralidad en tensión. *Psicoperspectivas*. 11 (1): 180-203.
- Cázares, N; Verde, M; López, J; Almeyda, I. 2014. Evaluación de diferentes extractos vegetales contra el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. *Revista Colombiana de Entomología*. 40 (1): 67-73.
- Collantes, R; Rodríguez, A; Canto, M. 2016. Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*. 8 (1): 33-44.
- Cordero, J. 2011. Los servicios públicos como derecho de los individuos. *Ciencia y Sociedad*. 36 (4): 682-701.

- CORPEI (Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones). 2009. Centro de Inteligencia Comercial, Perfiles de Producto Perfil de Limones y Limas. Ecuador. 33 p.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 1997. Citricultura colombiana para los Llanos Orientales. Memorias de curso. Villavicencio, Meta. Diciembre de 1997.
- Corvalán, J. 2006. Educación para la población rural en siete países de América Latina. Revista Colombiana de Educación. 51 (1): 40-79.
- Criollo, H; Lagos, T; Bacca, T; Muñoz, J. 2016. Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. Actualidad & Divulgación Científica. 19 (1): 105-113.
- Dallas, E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. Mexico, D.F. 566 p.
- Davies, F; Albrigo, G. 1999. Cítricos. Editorial Acribia. Zaragoza, ES. 275 p.
- Dawin, B. 1996. Bioestadística Medica. 2da ed México, el Manual Moderno. 86 p.
- DGSPV (Dirección General de Salud Pública de Valencia). 2008. Vigilancia sanitaria de plaguicidas y biocidas. (Consultado: 21 de enero de 2021). Disponible en <http://www.sp.san.gva.es>.
- Deere, C; Twyman, J. 2010. ¿Quién toma las decisiones agrícolas? Mujeres propietarias en el Ecuador. ASYD. 11 (1): 425-440.
- Doles, J. 2001. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. Appl. Soil Ecol. 18: 83-96.
- Escribano, G. 2016. El bosque seco neotropical de la provincia ecuatoriana: un pequeño gran desconocido. Ecosistemas. 25 (2): 1-4. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-2.01.

- Espinoza, J. 2004. Plagas de los cítricos en Manabí. Portoviejo, EC. 82 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 1997. Zonificación agro-ecológica: Guía general. Boletín de Suelos de la FAO 73, Roma. 98 p.
- Farías, A. 2002. Factores que afectan el comportamiento de puesta en adultos de minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera, Gracillariidae). Bol. San.Veg. Plagas. 28: 493-503.
- Feber, R. 1997. The effects of organic farming on pest and non-pest butterfly abundance. Agric. Ecosyst. Environ. 64: 133-139.
- Fernández, F. 2009. Estudio de la dinámica y fluctuación poblacional del minador de la hoja de los cítricos. Tesis de grado. Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo-Ecuador. 58 p.
- Ferrando, A. 2015. Asociatividad para mejora de la competitividad de pequeños productores agrícolas. Anales Científicos. 76 (1):177-185.
- Flint, M. 1985. Green Peach Aphid, *Myzus persicae*. Integrated Pest management for Cole Crops and Lettuce. University of California Publication. 112 p.
- Freeman, R. 1998. Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. Calif. Agric. 52: 23-26.
- Frouz, J. 1999. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: A review of ecological requirements and response to disturbance. Agric. Ecosyst. Environ. 74: 167-186.
- Fuente, S. de la. 2011. Análisis de Conglomerados. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid. 57 p.
- Fundación Natura. 1992. Insecticidas naturales. Quito, EC. 11 p.

- Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Turrialba, CR. 359 p.
- Gómez A y García R. 2011. Conservación de bienes muebles. Ediciones Boloña, La Habana, CU. 251 p.
- González de Molina, M. (2010). "Crisis del modelo agroalimentario y alternativas". Revista de Economía Crítica. 10 (1): 28-31.
- Guadynas, E. (2003). Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible. Quito, Abyayala.
- Gutiérrez, A. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. Revista Bio Ciencias. 2 (3): 102-112.
- Guzmán, R. 2016. La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. Acta Zoológica Mexicana. 32 (3): 370-379.
- Halweil, B. (2006). Can Organic Farming Feed Us All?. World Watch Institute. 19 (3):1-5.
- Hamilton, A. 2005. Species Diversity or Biodiversity? Journal of Environmental Management. 75 (1): 89-92.
- Haydee, B. 2011. Metodología e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. Revista CICIAG. 8 (1): 1-18.
- Hoelmer, K. 1990. Effects of neem extracts on beneficial insects un greenhouse culture. Beltsville, MD. 105 p.
- Holt, E. (2008). "From Food Rebellions to Food Sovereignty: Urgent Call to fix a Broken Food System". Food First Backgrounder. 14 (1): 1-6.
- House, L. 1977. Nutrition of natural enemies, p.151-182. In R.L. Ridgway & S.B. Vinson (eds.). Biological control by augmentation of natural enemies. Insect and mites control with parasites and predators. Plenum Press, Nueva York.

- Hoy, R. 1995. Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: Current Status in Florida. Coop. Ext. Serv., IFAS, Univ. Florida, Gainesville. 26 p.
- Hoy, R. y Nguyen, R. 1994. Control biológico clásico del minador de la hoja de los cítricos en la Florida. Citrus Industry. 22-25.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1976. Lista de depredadores, parásitos y patógenos de insectos registrados en Colombia. 1 ed. Bogotá, CO, ICA. 90 p. (Boletín técnico no. 41).
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2006. Informe anual. San José, Costa Rica. 284 p.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2019. Generación de geoinformación para la gestión del territorio nacional. Quito, EC. 235 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2017. Ingreso de familias. Quito, Ecuador. 152 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2016. Resultados Nacionales y Provinciales. Quito, Ecuador. 255 p.
- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2014. Plagas de los cítricos: reconocimiento y manejo. Santiago, CH. 122 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2011. Plagas de los cítricos y su control biológico. Boletín divulgativo. Portoviejo, EC. 68 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2000. Manual de los cítricos para el litoral ecuatoriano. Quito, EC. 216 p.
- Jeffries, M. 1997. Biodiversity and Conservation. Londres, UK. Routledge. 140 p.

- Juárez, J; Herman, E; Soto, A; Ávalos, A; Vilaboa, J; Díaz, P. 2015. Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica FCVLUZ*. 25 (4): 317-323.
- Klein, A. 2002. Predator-prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. *Biodiv. Conserv.* 11: 683-693.
- Koricheva, J. 2000. Numerical responses of different trophic groups of invertebrates to manipulations of plant diversity in grasslands. *Oecologia*. 125: 271-282.
- Kozak, M; Krzanowski, W; Tartanus, M. 2012. Use of the correlation coefficient in agricultural sciences: problems, pitfalls and how to deal with them. *An Acad Bras Ciênc.* 84 (4): 1147-56.
- Kross, S. 1998. The effect of different farming systems on epigeic arthropods: A five-year study on the rove beetle fauna (Staphylinidae) of winter wheat. *Agric. Ecosyst. Environ.* 69: 121-133.
- Landis, D. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*. 45: 175-201. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>.
- Langhof, M. 2003. Impact of insecticide drift on aphids and their parasitoids: Residual toxicity, persistence and recolonisation. *Agric. Ecosyst. & Environ.* 94: 265-274.
- Leng, P. 2011. Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*. 10 (86): 19864-19873.
- León, G. 2012. *Insectos de los cítricos*. Bogotá, CO. 205 p.
- Lescano, J; Valdéz, L; Lescano, L; Reyes, C. y Belaúnde, M. 2015. *Manual del Desarrollo Sostenible: El futuro que queremos*. Primera Edición. Editorial Macro. PE. 687 p.

- Letourneau, D. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology*. 38: 557–570.
- Liverman, D., Hanson M., Brown, B. & Merideth, R. 1988. Global sustainability: toward measurement. *Environmental Management*. 12 (2):133-143.
- López, S; Masera, O. y Astier, M. 2001. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: el marco MESMIS. *Boletín de ILEIA*. Abr. 2001. 25-27.
- Masera, O; Astier, M. y López-Ridauro, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. *El Marco de Evaluación MESMIS*. GIRA.A.C. México. 109 p.
- Mazabel, D., Romero, M. y Hurtado, M. 2010. La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego. *Ra Ximhai*. 6 (2): 199-219. DOI <https://doi.org/10.35197/rx.06.02.2010.04.dm>
- McClure, T. 2015. Grain Diversity Effects on Banker Plant Growth and Parasitism by *Aphidius colemani*. *Insects*. 6: 772–791.
- Medina, V. 1995. Manejo Integrado del minador de la hoja en limón mexicano, avances preliminares. In *Simposium Internacional Control biológico del Minador de la Hoja de los Cítricos (1997, Guadalajara, MX)*. Guadalajara. ME, SAGAR. 33 p.
- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas). 2011. Situación social. Panamá, Panamá. 142 p.
- Melia, A. 1982. Prospección de pulgones (Homoptera, Aphidoidea) sobre cítricos en España. *Bol. Serv. Plagas*. 8: 159-168.
- Menalled, F. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecological Applications*. 9: 634–641.
- Mendoza, J. 1995. Nueva plaga de los cítricos en el Ecuador. El minador de la hoja. *Revista INIAP no. 5*: 29.



- Mohamed, H. 2014. Field evaluation of a newly introduced thiamethoxam insecticide and neem seed water extract against the predator *Hippodamia variegata* in Sudan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 3(3):931-935.
- Molina, O. 2017. Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales. *Visión Gerencial*. (2)1:58-69.
- Morales, N. 2000. Fluctuación poblacional en zonas reforestadas. *Revista de Biología Tropical*, 48(1):101-107.
- Myartseva, S. 2012. Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de importancia agrícola en México. México, MX. 413 pp.
- Myartseva, S. y Evans, G. 2008. Genus *Encarsia* Förster of Mexico (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae). A revisión, key and description of new species. Serie Avispas Parasíticas de Plagas y Otros Insectos. 3. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, MX. 320 pp.
- Natera, J. 2014. Nivel de instrucción de la población rural de la provincia de Tucumán. *Revista Educación*. 35 (1): 70-84.
- Navarrete, B. 2017. Efecto del nim (*Azadirachta indica* juss.) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y controladores biológicos en el cultivo del melón *Cucumis melo* L. *la Granja*. 25(1): 2-19.
- Navarrete, J. 1999. Caracterización epidemiológica y agronómica e impacto socioeconómico y medioambiental de las moscas blancas en el Ecuador. Utm. Portoviejo, EC. 121 p.
- Nechols, J. & Tauber, M. 1977. Age-specific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa*: influence of the parasite on host development. *Environ. Entomol.* 6: 207-210.

- Nell, H. 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomol.* 81: 372-376.
- Nicholls, A. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 124 p.
- Núñez, M. 2000. Manual de técnicas agroecológicas. México D.F., Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Núñez, E. y Canales, A. 1999. *Ageniaspis citricola*: Controlador del minador de la hoja de los cítricos. Lima, PE. 87 p.
- Ode, P. 2005. Oviposition vs. offspring fitness in *Aphidius colemani* parasitizing different aphid species. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 115: 303–310.
- ONU. 1987. Informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo. Roma, ONU.
- Peña, J. 1997. Estado actual del control biológico del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. Florida USA, University of Florida. Tropical Research and Education. Center Homestead. 6 p.
- Pimentel, D. 2005. “Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems”. *BioScience.* 55(7):573-582.
- Planes, S y Carrero, J. 1995. Plagas de campo. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. P 22-254.
- Polaszek, A., Evans, G. & Bennett, F. 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. *Bulletin of Entomological Research.* 82: 375-392.

- Quispe, R. 2012. Áreas de refugio para el mantenimiento de enemigos naturales en el fundo “La Molina”, de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis M. Sc. en Entomología, UNALM. 157 p.
- Rabinovich, E. 1978. Ecología de Poblaciones Animales. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.: O.E.A. 114p.
- Rainio, J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers. Conserv.* 12: 487-506.
- Recio, G. 2010. Desarrollo sustentable y neoliberalismo. Monterrey, México. UANL.
- Restrepo, B. y González, J. 2007. De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Agropecuarias.* 20 (2): 183-192.
- Rigby, A. 2000. Statistical methods in epidemiology. Correlation and regression: the same or different? *Disabil Rehabil.* 22 (18): 813-819.
- Rivera, S. 2016. Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios. *Revista Tumbaga.* 11 (1): 1-19.
- Rocha, C; Mora, J; Romero, J. 2016. Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. *Agronomía Mesoamericana.* 27(2):253-264.
- Rodríguez D. y Arredondo B. 2007. Teoría y aplicación del control biológico. *Sociedad Mexicana de Control Biológico.* 15(2): 2-67.
- Romero, R. 2004. Manejo integrado de plagas. Texcoco, México. 109 p.
- Rose, M. 1994. The woolly whitefly of citrus, *Aleurothrixus floccosus* (Homoptera: Aleyrodidae). *Vedalia.* 1 (1): 29-60.
- Ruiz, E. 2005. Plagas de cítricos y sus enemigos naturales en el estado de Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana.* 4: 931-936.

- Salazar, J. 2011. Control de plagas de los cítricos. 99 p.
- Sampaio, M. 2008. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *European Journal of Entomology*, 105: 489–494.
- Sánchez, A. 2011. Manual de Redacción Académica e Investigativa: Cómo escribir, evaluar y publicar artículos. Medellín: Católica del Norte Fundación Universitaria.
- Santistevan, M., Borjas, R., Alvarado, L., Anzules, V., Castro, V. y Julca, A. 2018. Sustainability of Lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) Farms in the Province of Santa Elena, Ecuador. *Peruvian Journal of Agronomy*. 2 (3): 44-53. DOI <https://doi.org/10.21704/pja.v2i3.1210>
- Santistevan, M. 2016. Sustentabilidad del cultivo de limón en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Tesis Doctoral. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 149 p.
- Santistevan, M; Helfgott, S; Loli, O; Julca, A. 2016. Comportamiento del cultivo del limón (*Citrus aurantifolia* swingle) en dos localidades de Santa Elena, Ecuador. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*. 3 (2): 15-20.
- Santistevan, M; Julca, A; Helfgott, S. 2015. Caracterización de las fincas productoras del cultivo limón en las localidades de Manglaralto y Colonche, (Santa Elena, Ecuador). *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*. 3 (1): 133-142.
- Sarandón, S. y Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología* 8 (1): 19-28.
- Sarandón, S. 2002. El desarrollo y usos de indicadores para evaluarla sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable*. Ed. Científicas Americanas. Capítulo 20. 393-414.

- Sarandón, S; Zuluaga, M; Cieza, R; Gómez, C; Janjetic, L. y Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*. 1: 19-28.
- Saunders, J. 1967. Diurnal emergence of *Xyleborus ferrugineus* (Coleoptera: Scolytidae) from cacao trunks in Ecuador and Costa Rica. *Ann. Entom. Soc. Am.* 60: 1094-1096.
- Scheaffer, R. 1987. Elementos de muestreo. Editorial Iberoamericana. México, MX. 335 p.
- Schmutterer, H. 1997. Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insects pathogens and natural enemies of spider, mites and insects. *Journal Appl. Entomol.* 121: 121-128.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree. *Annun. Rev. Entomol.* 35: 271-297.
- Scudder, G. 2009. The importance of insects. En R. Foottit y P. Adler (eds.), *Insect Biodiversity: Science and Society*. Primera Edición. 7-32.
- SENPLADES (Secretaría Nacional para la Planificación y Desarrollo). 2014. Realidad ecuatoriana. Quito, Ecuador. 282 p.
- Serrano, M. 2008. Control biológico de insectos plaga. Sociedad Colombiana de Entomología. 1-3.
- SICA (Sistema de Información Agropecuaria). 2016. Cultivo de cítricos. Quito, EC. 56 p.
- Sierra, R. 1999. Sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF Y Ecociencia. Quito, EC. 146 p.
- Silva, L. y Ramírez, O. 2016. Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Revista Luna Azul*. 44 (1): 2-33.

- Silveira, S. 1972. Levantamento de insetos e flutuação da população de pragas da ordem Lepidoptera, com o uso de armadilhas luminosas, em diversas regiões do Estado de São Paulo. Tesis (Docencia Libre). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.
- Soto, A. 2001. Requerimientos térmicos para el desarrollo de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) criado en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Ciencia e Investigación Agraria. 28(2):103-106.
- Strauss, A. y Corbin, J. 2002. Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Universidad de Antioquia, CO.
- Symington, S. 2003. Lethal and sublethal effects of pesticides on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its parasitoid *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae). Crop Prot. 22:513-519.
- Takacs, D. 1996. The Idea of Biodiversity: Philosophy of Paradise. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Tremblay, E. 1984. The parasitoid complex (Hym.: Ichneumonoidea) of *Toxoptera aurantii* (Horn.: Aphidoidea) in the Mediterranean area. Entomophaga. 29: 203-209.
- Tuesta, O; Julca, A; Borjas, R; Rodríguez, P. y Santistevan, M. 2014. Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del Río Huayabamba, Distrito de Huicungo (San Martín, Perú). Ecol. Apl. 13 (2): 71-78.
- UTEPI (Unidad Técnica de Estudios para la Industria). 2006. Lima y Limón, Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado. Ecuador. 91 p.
- Vaillant M. 2013. Biodeterioro del patrimonio histórico documental: alternativas para su erradicación y control. Museo de Astronomía y Ciencias Afines, Fundación Casa de Ruí Barbosa, Rio de Janeiro, BR. 139 p.

- Van Driesche, R. 2008. Greenhouse trails of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops. *Florida Entomologist*. 91(4):583-591.
- Van Driesche, R. 1996. *Biological control*. Chapman and Hall. New York, US. 539 p.
- Van Lenteren, J. 1987. *Encarsia formosa* can control greenhouse whitefly at low temperature regimes. *IOBCWPRS Bull*. 10: 87-91.
- Wackers, F. 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: Flower attractiveness and nectar accessibility. *Biol. Control*. 29: 307-314.
- Whiteside, J. 2009. *Compedium of citrus*. Aps Press. 80 p.
- Woodcock, B. 2003. Influence of management type on Diptera communities of coniferous plantations and deciduous woodlands. *Agric. Ecosyst. Environ*. 95:443-452.
- Zamilpa, J. (2016). “Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica”. *Acta Universitaria*. 26 (2):40-49.
- Zhang, A. 1994. Chinese for citrus leafminer. *IPM Practioner*. 16(8):10-13.
- Zhang, Z. 2011. *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*. 3148: 1-237. Wiley-Blackwell, UK

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Evaluación de sustentabilidad de fincas productoras de limón

DIMENSIÓN ECONÓMICA		
RENTABILIDAD DE LA FINCA		
a.1. Productividad	Más de 30 Tm/ha	4
	21-30 Tm/ha	3
	10-20 Tm/ha	2
	5-9 Tm/ha	1
	Menos de 5 Tm/ha	0
a.2. Calidad física del fruto	Muy grande	4
	Grande	3
	Mediano	2
	Pequeño	1
	Muy pequeño	0
a.3. Incidencia de insectos plaga	Menos de 5%	4
	6-10%	3
	11-15%	2
	16-20%	1
	Más de 20%	0
a.4. Incidencia de enfermedades	Menos de 5%	4
	6-10%	3
	11-15%	2
	16-20%	1
	Más de 20%	0
a.5. Uso del patrón	100%	4
	99-75%	3
	74-50%	2
	49-25%	1
	Menos del 25%	0
a.6. Densidad de plantación (Plantas por Hectárea)	277-257	4
	256-236	3
	235-215	2
	214-200	1
	200	0
B. INGRESO NETO MENSUAL (En dólares)	Más de 2000	4
	1999-1500	3
	1499-1000	2
	999-500	1
C. RIESGO ECONÓMICO		
c.1. Diversificación de la producción	Más de 4 productos	4
	4 productos	3
	3 productos	2
	2 productos	1
	Un producto	0



c.2. Dependencia de insumos externos	0-20%	4
	21-40%	3
	41-60%	2
	61-80%	1
	81-100%	0
c.3. Número de vías de comercialización (Destinos de los productos)	Más de 4	4
	4	3
	3	2
	2	1
	1	0
<b>DIMENSIÓN AMBIENTAL</b>		
<b>A. CONSERVACIÓN DE LA VIDA EN EL SUELO</b>		
a.1. Manejo de la cobertura vegetal	100%	4
	99-75%	3
	74-50%	2
	50-25%	1
	Menos del 25%	0
a.2. Diversificación de cultivos	Totalmente diversificado	4
	Alta diversificación	3
	Media diversificación	2
	Poca diversificación	1
	Monocultivo	0
<b>B. RIESGO DE EROSIÓN</b>		
b.1. Pendiente predominante	0-5%	4
	6-10%	3
	11-15%	2
	16-20%	1
	Más del 20%	0
b.2. Conservación del suelo (prácticas usadas)	Plantación en curvas de nivel o terrazas	4
	Barreras vivas	3
	Barreras muertas	2
	Plantación en tresbolillo	1
	Plantación en sentido de la pendiente	0
<b>C. MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD</b>		
Área de zonas de conservación	Mayor de 10%	4
	10-7%	3
	6-3%	2
	3-1%	1
	Menor a 1%	0
<b>DIMENSIÓN SOCIAL</b>		
<b>A. SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES BÁSICAS</b>		
a.1. Vivienda	Casa de hormigón	4
	Casa mixta	3
	Casa de madera	2
	Casa de caña	1
	No tiene casa propia	0
a.2. Acceso a la educación	Acceso a educación superior	4
	Acceso a educación secundaria	3
	Acceso a educación primaria y secundaria con restricciones	2
	Acceso a educación primaria	1
	Sin acceso a educación	0

a.3. Acceso a salud y cobertura sanitaria (Cercanía de la finca al centro de salud)	Menos de 1 Km	4
	1.1-3 Km	3
	3.1-5 Km	2
	5.1-10 Km	1
	Más de 10 Km	0
a.4. Servicios	Instalación completa de agua potable, desagüe y electricidad	4
	Instalación de agua potable y desagüe	3
	Instalación de electricidad y agua entubada	2
	Sin instalación de luz y agua entubada	1
	Sin luz y sin fuente de agua cercana	0
<b>B. INTEGRACIÓN SOCIAL</b>		
(Relación entre miembros)	Muy alta	4
	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
	Nula	0
<b>C. CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO Y CONCIENCIA ECOLÓGICA</b>		
	Aplica totalmente en su plantación un manejo integrado del cultivo	4
	Aplica mayoritariamente en su plantación un manejo integrado del cultivo	3
	Aplica medianamente en su plantación un manejo integrado del cultivo	2
	Aplica minoritariamente en su plantación un manejo integrado del cultivo	1
	No aplica en su plantación un manejo integrado del cultivo	0