



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Acarapis*
sp., *Braula sp.* Y *Varroa sp.*, EN APIARIOS LOCALIZADOS EN LAS
PROVINCIAS DE CARCHI, IMBABURA Y PICHINCHA.**

AUTOR: VÁSQUEZ MUÑOZ, JORGE ALBERTO

DIRECTOR: DR. RON ROMÁN, JORGE WASHINGTON Ph.D.

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *“PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE Acarapis sp., Braula sp. y Varroa sp., EN APIARIOS LOCALIZADOS EN LAS PROVINCIAS DE CARCHI, IMBABURA Y PICHINCHA”* realizado por el señor *Vásquez Muñoz Jorge Alberto*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor *Vásquez Muñoz Jorge Alberto* para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 18 de Mayo del 2018

Dr. JORGE WASHINGTON RON ROMÁN Ph.D.

C.C. 1709505125



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Vásquez Muñoz Jorge Alberto*, con cédula de identidad N° 171766958-2, declaro que este trabajo de titulación "*Presencia y distribución geográfica de Acarapis sp., Braula sp. y Varroa sp. en apiarios localizados en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha*" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 18 de Mayo del 2018

VÁSQUEZ MUÑOZ JORGE ALBERTO

C.C 171766958-2



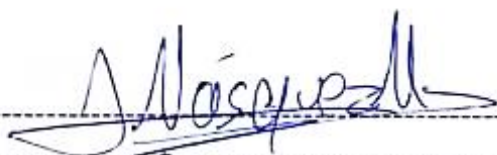
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, *Vásquez Muñoz Jorge Alberto*, autorizo a la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE, publicar en la biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación "*Presencia y distribución geográfica de Acarapis sp., Braula sp. y Varroa sp. en apiarios localizados en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha*" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 18 de Mayo del 2018



VÁSQUEZ MUÑOZ JORGE ALBERTO
C.C 171766958-2

DEDICATORIA

Al Señor mi Dios, quien ha sido mi apoyo y mi Roca en todo momento, siendo que lo debo todo a Él desde el inicio de mi existencia hasta el viaje a la eternidad.

A mis padres Jorge y Marcia, quienes han hecho todo lo que ha sido necesario para convertirme un una persona honrada y honorable, y que me han enseñado el valor de la familia y el esfuerzo. Gracias por que sus consejos han calado en lo profundo de mí ser y me han hecho obrar para el bienestar de los que me rodean.

A mis hermanos Nelly, Daniel, José Andrés por ser mis hermanos y poder compartir tantos viajes, aventuras y experiencias con ustedes. Su presencia ha sido importante aún si no lo hayan notado, espero ser un buen ejemplo para ustedes siempre.

A Mamá Nellyta y Papá Cesítar, mis abuelos que me han apoyado en todo, desde el día en que aprendí a caminar hasta los días presentes y por venir, y me enseñaron su sabiduría y el valor de compartir el conocimiento para todos. Ha valido la pena todos sus consejos desde el día en que supe escuchar. Gracias.

A todos aquellos que se atreven a conocer el mundo y correr riesgos. A menos que alguien como ustedes se interesen de verdad, absolutamente nada cambiará.

Jorge Alberto Vásquez Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A mi Señor, por haberme dado la existencia, restaurado mi historia y por todas las bendiciones otorgadas a mi familia y a mí mismo.

A mis padres Jorge y Marcia, mis hermanos Nelly, Daniel, José Andrés, gracias por permitirme conocer el valor de la familia y el trabajo.

A mis abuelos, tíos y primos, quienes también pusieron su mano en el arado en todas las etapas de mi vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y su Carrera de Ingeniería Agropecuaria y por sobre todo a su personal docente, de quienes aprendí el conocimiento necesario para desarrollarme tanto en el área académica y en mis valores y principios morales.

Al Dr. Jorge Ron Román, por ser mi guía y mi maestro para realizar este trabajo y quien ha cuidado como un papá en todo este trayecto.

A Luis, Kathy, Cristian y Karo, su apoyo en los muestreos y en el laboratorio fue fundamental. Sin su ayuda este trabajo no estaría bien realizado. Gracias.

A todos mis amigos en especial Kevin, José Andrés y todo el Gran Consejo, Darío, gracias por mostrarme su amistad desinteresada, mandarme de paseo cuando ha sido necesario y apoyarme cuando he estado caído. Gracias totales!

A todas las personas que directa o indirectamente han estado involucradas en la realización de este proyecto, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Justificación.....	3
1.2	Objetivos	4
1.2.1	Objetivo General	4
1.2.2	Objetivos Específicos	5
1.3	Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	La relevancia de la apicultura en la alimentación humana.....	6
2.2	Apicultura en el Ecuador.....	7
2.2.1	Reseña histórica	7
2.2.2	Panorama actual de explotaciones apícolas en el Ecuador	8
2.3	Disminución de población mundial de abejas.....	9
2.4	Enfermedades de importancia en apicultura	10
2.4.1	Enfermedades bacterianas	11
2.4.2	Enfermedades víricas	13
2.4.3	Enfermedades fúngicas	14

2.4.4	Enfermedades parasitarias.....	15
2.5	Situación epidemiológica	35
2.5.1	Estatus mundial	35
2.5.2	Estatus regional	36
2.5.3	Estatus nacional.....	37
2.6	Factores de riesgo.....	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Ubicación del lugar de investigación	40
3.1.1	Ubicación política	40
3.1.2	Ubicación geográfica	40
3.1.3	Ubicación ecológica	41
3.2	Materiales	41
3.2.1	Geo-referenciación de apiarios y factores de riesgo	41
3.2.2	Materiales de campo	41
3.2.3	Materiales de laboratorio.....	42
3.2.4	Reactivos	42
3.2.5	Equipos.....	43
3.3	Métodos.....	43
3.3.1	Metodología para el muestreo de colmenas	43
3.3.2	Colecta de las muestras	50
3.3.3	Fase de laboratorio	51
3.3.4	Análisis estadístico.....	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción de la muestra de acuerdo a la localización geográfica.....	59
4.2	Descripción de la muestra en base al tipo de colmena.....	60
4.3	Distribución de apicultores que intervinieron en el muestreo de acuerdo a cada provincia.....	62
4.4	Número de apiarios de productores apícolas de mayor muestreo por provincia	64

4.5	Número de abejas analizadas en función de la provincia.....	64
4.6	Presencia de Varroasis	65
4.6.1	Presencia de Varroasis de acuerdo a la provincia	66
4.6.2	Presencia de Varroasis en función del cantón.....	67
4.6.3	Presencia de Varroasis en función del tipo de colmena.....	73
4.6.4	Presencia de Varroasis en función del apicultor	74
4.6.5	Estadística en función del número de ácaros de <i>Varroa</i> sp. encontradas	75
4.7	Presencia de Braulosis.....	78
4.7.1	Presencia de Braulosis en función de la provincia.....	79
4.7.2	Presencia de Braulosis en función del cantón.....	81
4.7.3	Presencia de Braulosis en función del tipo de colmena	85
4.7.4	Estadística en función del número de dípteros encontrados de <i>Braula</i> sp.....	86
4.7.5	Identificación de especímenes de <i>Braula</i> sp.	87
4.8	Factores de riesgo.....	89
4.8.1	Factor de riesgo de presencia de <i>Varroa</i> sp. en función a trashumancia	89
4.8.2	Factor de riesgo de presencia de <i>Varroa</i> sp., con respecto a aplicación de tratamiento... ..	90
4.8.3	Factor de riesgo de presencia de <i>Varroa</i> sp. con respecto a la presencia de <i>Braula</i> sp....	92
4.8.4	Factor de riesgo de presencia de <i>Varroa</i> sp. en función de la presencia de <i>Nosema</i> sp. ..	94
4.8.5	Factor de riesgo de presencia de <i>Varroa</i> sp., en función a la captura de enjambres.....	95
4.8.6	Factor de riesgo de presencia de <i>Braula</i> sp. en función a trashumancia.....	96
4.8.7	Factor de riesgo de presencia de <i>Braula</i> sp. en función de la aplicación de tratamiento.....	97
4.8.8	Factor de riesgo de presencia de <i>Braula</i> sp. en función a la captura de enjambres	99
4.9	Elaboración de manual técnico	100

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	101
5.2	Recomendaciones.....	102
5.3	Bibliografía	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Detalle del estatus de Acarapisosis utilizado en la Figura 1</i>	17
Tabla 2	<i>Detalle del estatus de Braulosis utilizado en la Figura 4.....</i>	23
Tabla 3	<i>Detalle del estatus de Varroasis utilizado en la Figura 6</i>	28
Tabla 4	<i>Número de apiarios y colmenas calculados para muestreo de acuerdo al cálculo de la muestra y a la proporción de colmenas en la provincia de Pichincha.</i>	49
Tabla 5	<i>Número de apiarios y colmenas calculados para muestreo de acuerdo al cálculo de la muestra y a la proporción de colmenas en la provincia de Imbabura</i>	49
Tabla 6	<i>Número de apiarios y colmenas calculadas para muestreo de acuerdo al cálculo de la muestra y a la proporción de colmenas en la provincia de Carchi.....</i>	49
Tabla 7	<i>Tabla de 2 x 2 en los estudios de tipo Cohorte</i>	57
Tabla 8	<i>Distribución de apiarios y colmenas muestreadas por provincia y por cantón</i>	59
Tabla 9	<i>Distribución general de la muestra de acuerdo al tipo de colmena.....</i>	60
Tabla 10	<i>Distribución de los tipos de colmenas muestreadas en la provincia de Carchi.....</i>	61
Tabla 11	<i>Distribución de los tipos de colmenas muestreadas en la provincia de Pichincha....</i>	62
Tabla 12	<i>Distribución de colmenas muestreadas en la provincia de Imbabura</i>	62
Tabla 13	<i>Distribución de apicultores por provincia.....</i>	63
Tabla 14	<i>Detalle estadístico del número de abejas analizadas por provincia</i>	65
Tabla 15	<i>Distribución de presencia de Varroasis por provincias</i>	67

Tabla 16	<i>Distribución de presencia de Varroasis por cantón</i>	69
Tabla 17	<i>Distribución de la presencia de Varroasis por tipo de colmena</i>	73
Tabla 18	<i>Distribución de la presencia de Varroasis en función del apicultor</i>	76
Tabla 19	<i>Tasas de parasitación de Varroa sp en abejas</i>	77
Tabla 20	<i>Distribución de presencia de Braula sp. en función de la provincia</i>	80
Tabla 21	<i>Distribución de presencia de Braula sp. en función del cantón</i>	82
Tabla 22	<i>Presencia de Braula sp., en función del tipo de colmena</i>	86
Tabla 23	<i>Análisis de factor de riesgo de aplicación de trashumancia vs presencia de Varroa sp.</i>	90
Tabla 24	<i>Análisis de Factor de riesgo de aplicación de tratamiento vs presencia de Varroa sp</i>	92
Tabla 25	<i>Análisis de Factor de riesgo de presencia de Varroa sp. vs presencia de Braula sp.</i>	93
Tabla 26	<i>Análisis de Factor de riesgo de presencia de Varroa sp. vs presencia de Nosema sp</i>	94
Tabla 27	<i>Análisis de Factor de riesgo de presencia de Varroa sp., vs captura de enjambres</i>	96
Tabla 28	<i>Análisis de Factor de riesgo de aplicación de trashumancia vs presencia de Braula sp.</i>	97

Tabla 29	<i>Análisis de Factor de riesgo de aplicación de tratamiento vs presencia de Braula sp.</i>	98
Tabla 30	<i>Análisis del Factor de riesgo de la presencia de Braula sp. vs la captura de enjambres</i>	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Distribución mundial del Acaro traqueal (<i>Acarapis woodi</i>) de las abeja	16
Figura 2	Ácaro traqueal de las abejas (<i>Acarapis woodi</i>).....	18
Figura 3	Ciclo de vida de <i>Acarapis</i> sp.	20
Figura 4	Distribución mundial de Braulosis	22
Figura 5	Fotografía de <i>Braula coeca</i>	25
Figura 6	Distribución mundial de Varroasis	28
Figura 7	Ciclo de vida de <i>Varroa destructor</i>	31
Figura 8	Método estándar de disección traqueal para acarapisosis.....	53
Figura 9	Mapa de distribución de <i>Varroa</i> sp. por cantón de la provincia de Pichincha	70
Figura 10	Mapa de distribución de <i>Varroa</i> sp. por cantón de la provincia de Imbabura.....	71
Figura 11	Mapa de distribución de <i>Varroa</i> sp. por cantón de la provincia de Carchi	72
Figura 12	Mapa de distribución de presencia de <i>Braula</i> sp. por cantón de la provincia de Pichincha.....	83
Figura 13	Mapa de distribución de presencia de <i>Braula</i> sp. por cantón de la provincia de Imbabura	84
Figura 14	Especímenes de <i>Braula schmitzi</i> recolectados.....	88
Figura 15	Portada del manual técnico elaborado	100

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el diagnóstico de presencia de *Acarapis* sp., *Varroa* sp., y *Braula* sp., organismos parásitos cuyo huésped principal es la abeja *Apis mellifera*. Se determinaron parámetros como: porcentajes de presencia a nivel provincial, cantonal, por tipo de colmena y por productor; determinación de factores de riesgo e índices de infestación en 278 colmenas distribuidas en 30 apiarios localizadas en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Entre los meses de abril y junio del 2017 se recolectaron las muestras de abejas pecoreadoras y jóvenes procedentes del interior de la colmena. El muestreo fue estratificado al tamaño de los apiarios (pequeño, mediano, grande, industrial), tomando en cuenta una confianza del 95% y un error del muestreo del 5%. Para determinación de *Acarapis* sp., se utilizaron dos técnicas: disección y observación traqueal. Se determinó la presencia de *Varroa* sp. nivel de: provincia 100% (3/3), apiario 100% (30/30) y colmena 83.81% (233/278). Se determinó la presencia de *Braula schmitzi* a nivel de: provincia 66.67% (2/3), apiario 20% (6/30) y colmena 8.63% (24/278). La inadecuada aplicación de tratamiento para control de *Varroa* sp. sensibiliza a las colmenas generando debilidad y permitiendo la infestación del ácaro al interior de la colmenas. No se determinó la presencia de *Acarapis* sp. en ninguna colmena, sin embargo se observaron lesiones internas en las tráqueas, características de *Acarapis* sp., lo cual se considera de importancia para determinación del ácaro traqueal mediante técnicas moleculares en estudios complementarios.

Palabras clave:

- APICULTURA
- VARROASIS
- ACAROS TRAQUEALES
- BRAULOSIS

ABSTRACT

The diagnosis of the presence of *Acarapis* sp, *Braula* sp and *Varroa* sp, parasites of honey bee (*Apis mellifera*) was made in the present investigation. In addition, parameters were determined as: percentages of parasites's presence per province, cantonal, existing hive and producer, evaluation of its prevalence, determination of risk factors and indices of infestation in 278 beehives distributed in 30 apiaries located in the provinces of Carchi, Imbabura and Pichincha. Between the months of April and June of 2017, samples of adults bees and young bees from the interior of the hive were collected. The sampling was stratified according to the size of the apiaries (small, medium, large, industrial), taking into account a confidence of 95% and a sampling error of 5%. The presence of *Varroa* sp was determined at the level of: province 100% (3/3), apiary 100% (30/30) and hive 83.81% (233/278). The presence of *Braula schmitzi* was determined at the level of: province 66.67% (2/3), apiary 20% (6/30) and hive 8.63% (24/278). Inadequate application of treatment for control of *Varroa* sp sensitizes the hives generating weakness and allowing the infestation of the mite inside the hives. In the case of *Acarapis* sp. its presence was not determined by the techniques used in this investigation, except to highlight the presence of lesions inside the tracheae, which is considered important for determination of the tracheal mite by molecular techniques in complementary studies.

Keywords:

- **APICULTURE**
- **VARROASIS**
- **TRAQUEAL MITE**
- **BRAULOSIS**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las sociedades humanas se ha basado y sustentado en el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en el entorno de los asentamientos, tal es así, que la miel es uno de estos recursos que surgieron aún antes del apareamiento del ser humano como tal y es considerado hasta hoy un valioso producto del cual se pueden obtener diversos beneficios (Ulloa, Mondragón, Rodríguez, Vázquez, & Ulloa, 2010).

La abeja doméstico (*Apis mellifera*) es uno de los insectos que ha adquirido importancia y aportado beneficios en la vida del ser humano y en la naturaleza. La relación entre el ser humano y la abeja empezó debido a la producción de miel, ya que es uno de los alimentos más primitivos de la humanidad, además de otros productos como: propóleo, polen, jalea real y apitoxina, que con el avance del tiempo han resultado en productos beneficiosos en forma nutricional, medicinal y económica.

Las principales líneas productivas de la apicultura aún siguen siendo la producción de miel y de cera de abeja. Siendo la miel utilizada como alimento de consumo directo con importantes componentes nutricionales como carbohidratos, hormonas, enzimas y vitaminas. En tanto la cera de abeja es útil para la elaboración de artesanías, cosméticos y productos para el cuidado personal (Ulloa et al., 2010)

De la colmena también se obtienen otros productos tales como: el polen, considerado un alimento completo, que contiene alto contenido de vitaminas, ácidos grasos esenciales y minerales. El propóleo posee propiedades bactericidas, fungicidas y antivirales por ende es usado en forma terapéutica; la jalea real, que a pesar de que no se produce en abundante cantidad,

presenta propiedades antiinflamatorias, vasodilatadoras y reconstituyentes; y por último la apitoxina, el veneno presente en el aguijón de la abeja, es empleada en la apiterapia como un alivio sintomático de afecciones reumáticas y articulares (Becerril, 2006)

Además de la producción de miel, las abejas tienen una función importante dentro del ciclo natural de diversas plantas como es la polinización. Varias especies vegetales se han servido de las abejas, como agentes polinizadores, para asegurar la fertilización de sus flores y de esta forma su reproducción y propagación por diversos lugares, un ejemplo de esto son los frutales como el aguacate y la chirimoya. De acuerdo a la ubicación de la colmena, las abejas dominan una zona promedio de dos a tres kilómetros de radio, de esta forma el sabor de la miel resultará de la flora circundante a la colmena (Kremen, Williams, & Thorp, 2002; Ulloa et al., 2010)

Un gran problema en la producción apícola es la reducción de la población dentro de la colmena por la presencia de parásitos y enfermedades, en algunos casos, provocando la destrucción total de la colmena y formación de enjambres. A nivel mundial se han identificado las principales enfermedades que causan daños considerables a las producciones apícolas tales como: loque europeo, loque americano, acarapisosis, varroosis, ascophaerosis y nosemosis (OIE, 2017).

En concreto varroosis, provocada por los ácaros del género *Varroa*, y acarapisosis, causada por ácaros del género *Acarapis*; pueden ser causantes del colapso total de la colonia sin la presencia de signos clínicos aparentes de una infestación, de esta forma, afectando la rentabilidad de las explotaciones y la calidad de los productos de la colmena (Arechavaleta & Novoa, 2000).

Al existir un debilitamiento parcial de la colmena, también aparecen insectos oportunistas, que si bien, no son parásitos propios de la abeja si se consideran comensales en la colmena, tal es el caso de *Braula* sp., un díptero que se encuentra en colmenas débiles y enfermas, afectando la

disponibilidad de alimento, como la miel, y por ende la sobrevivencia de la colmena en general (Zapata-Carvajal et al., 2017).

Debido a estos antecedentes y tomando en cuenta las condiciones ambientales favorables para la producción apícola que presenta el Ecuador, así como la gran diversidad de especies vegetales permiten el desarrollo de la actividad apícola como fuente de ingresos económicos al país. Por ende, es primordial desarrollar estudios acerca de parásitos nocivos a las abejas como varroosis, acarapisosis y braulosis, cuyo conocimiento dentro del país aún es deficiente y escaso, así como también la necesidad de generar reportes acerca del estado sanitario de las colmenas que permitan un manejo óptimo por parte del apicultor.

1.1 Justificación

Las abejas son agentes naturales de polinización de diversas plantas, sean estas comerciales o silvestres, por ende, tienen un papel importante en la reproducción vegetal de especies, entre ellos especies comerciales que necesitan de polinizadores y que representan el 35% de la producción mundial de comida, además de estar involucradas en mantener la biodiversidad de variados ecosistemas (Genersch, 2010). Sin embargo, al ser uno de los organismos que tiene gran capacidad de adaptación a climas y ambientes extremos, también suelen ser hospederos idóneos de patógenos (Ellis & Munn, 2005).

Alrededor del mundo, la desaparición de colmenas puede darse debido a varios factores tales como: cambio climático, contaminación, uso de pesticidas, expansión de áreas urbanas, proliferación de enfermedades víricas, fúngicas y bacterianas, así como, la acción de parásitos internos como externos (Alvarez, 2016).

La colmena de abejas es un lugar idóneo para cualquier agente patógeno. En su interior habitan aproximadamente 10 mil a 50 mil insectos, entre ellos la reina, miles de obreras y cientos de zánganos; este es un factor determinante en cuanto a la aparición del Síndrome de Despoblamiento de Colmenas (Colony Collapse Disorder), en el cual, la principal sintomatología es una pérdida alta y progresiva de individuos sin que se pueda atribuir a la acción de un determinado agente patógeno (Padilla & Flores, 2012).

Por ello, es importante divulgar entre las y los dueños de explotaciones apícolas y apicultores la información correspondiente a las enfermedades que atacan a las abejas para constituir y poner en práctica las normas correctas y necesarias para el manejo de las colmenas y producción de miel y sus derivados. Es considerable la aplicación de dichas normas, pues, es indispensable alcanzar niveles de producción adecuados que permitan un aseguramiento del estado sanitario y desarrollo normal de las colmenas.

También es importante destacar la escasez de investigaciones referentes a la presencia y distribución geográfica de acarapisosis, varroosis y braulosis dentro del Ecuador. La información generada por el presente estudio permitirá a los apicultores conocer el estado de prevalencia de estas enfermedades así como la generación de nuevas investigaciones que involucren el tratamiento y control sanitario en las colmenas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Identificar la presencia de los organismos *Acarapis* sp., *Braula* sp. y *Varroa* sp. y su distribución geográfica en apiarios localizados en las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer el índice de infestación de cada organismo a nivel de: provincia, apiario y colmena, mediante el conteo de organismos encontrados en muestras de la zona de estudio.
- Determinar los posibles factores de riesgo implicados en la introducción y/o persistencia de *Acarapis* sp., *Braula* sp. y *Varroa* sp. en los apiarios de provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi, y elaborar un mapa de distribución de los organismos.
- Elaboración de un manual técnico para el diagnóstico, prevención y control de los organismos *Acarapis* sp., *Varroa* sp. y *Braula* sp.

1.3 Hipótesis

Ho: En los apiarios localizados en las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi – Ecuador, no existe presencia de los organismos *Acarapis* sp., *Braula* sp. y *Varroa* sp. que afectan a *Apis mellifera*.

Hi: En los apiarios localizados en las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi – Ecuador, existe presencia de los organismos *Acarapis* sp., *Braula* sp. y *Varroa* sp. que afectan a *Apis mellifera*

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La relevancia de la apicultura en la alimentación humana

Desde el inicio de su historia, la humanidad ha buscado siempre medios para poder subsistir y desarrollarse, y entre ellos el principal siempre ha sido la alimentación. Un lugar geográfico se establece como comunidad humana en base a la capacidad del mismo lugar para obtener alimentos (sean estos obtenidos de la caza o mediante técnicas de agricultura o ganadería). Entre estas actividades se ha visto de alta utilidad la miel generada por las abejas, siendo este un alimento altamente nutritivo (Becerril, 2006).

La miel es uno de los primeros alimentos del hombre. Debido a su composición en proteínas, vitaminas y carbohidratos, permitió ser considerado un sustento de alto valor para las primeras comunidades primitivas humanas en el periodo Mesolítico (7000 a.C. aproximadamente). Entre los años 2100-2000 a.C ya empieza a mencionarse sobre las propiedades medicinales y psicotrópicas de la miel entre la cultura sumeria (Ulloa et al., 2010).

Es así que con la necesidad de obtención de miel a partir de colmenas silvestres ubicadas en cuevas y árboles de bosques, nace la apicultura. Las culturas europeas empezaron la crianza y domesticación de la abeja *Apis mellifera*, a partir de la cual obtenían miel para alimentación, cera que servía para la fabricación de velas, antorchas y cerámica, y propóleo utilizado con fines medicinales. En el continente americano, las tribus prehispánicas conocían la existencia de abejas del género *Trigona* y *Melipona*, distintas de sus pares europeas y asiáticas debido a la ausencia

del aguijón, y que además producían miel, si bien diferente en apariencia y sabor con respecto a la producida por la abeja europea, pero alta en calidad nutritiva y medicinal (Ulloa et al., 2010).

La apicultura adquiere también importancia debido a que las abejas son uno de los insectos que cumplen un rol de polinizadores naturales de diversas especies vegetales, la mayoría de interés alimentario; siendo que de las 100 especies vegetales utilizadas para producción de alimentos en 146 países, al menos el 71% de las mismas son polinizadas por las abejas. También existe un beneficio ambiental al promover el crecimiento de la población de estos relevantes polinizadores (Bradbear, 2005).

Sin embargo esta actividad, no ha sido exenta de problemas, principalmente de índole sanitario, ya que, las abejas como otros insectos y animales de producción, tienen parásitos y agentes patógenos que afectan a su población en general, disminuyendo así el rendimiento productivo de miel en colmenas comerciales.

2.2 Apicultura en el Ecuador

2.2.1 Reseña histórica

La introducción de la abeja *Apis mellifera* en el Ecuador se dio por obra del Dr. Luis Cordero, quien siendo embajador en Chile, vino trayendo unas cuantas colmenas a su regreso al Ecuador. Pero la apicultura como tal se inició a partir de 1870 cuando los hermanos cristianos de La Salle trajeron consigo colmenas procedentes de Francia a la ciudad de Cuenca.

Ya en el siglo XX, a partir de la década de los 70 se realizó la introducción de la abeja africanizada, ya que anteriormente se manejaba abejas de procedencia europea, especie que compone la mayoría de colmenas actuales presentes en el país.

En el año de 1974, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), actualmente Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), crea el Programa de Apicultura, cuya ardua labor para el impulso del sector apícola en el país permitió la entrada del Ecuador a la Federación Internacional de Asociaciones de Apicultura (APIMONDIA) en el año de 1977. Por iniciativa de los apicultores se realiza el Primer Congreso de Apicultores en el año de 1983 con apoyo del MAG, la cual sería un antecedente para la formación de asociaciones de apicultores a nivel provincial. Ya para el año 1995, dichas asociaciones responden al llamado de la Asociación de Apicultores de Pichincha (ADAP) para un nuevo Congreso en donde se conformó la Federación Nacional de Apicultores del Ecuador (FENADE) (Cabrera, 2012).

En la actualidad, la Agencia de Aseguramiento de Calidad del Agro (AGROCALIDAD) se encarga del control y monitoreo sanitario así como la inocuidad y calidad de alimentos en varios sectores, incluyendo el sector apícola. Esta misma entidad realizó el primer Catastro Nacional de Explotaciones Apícolas entre los años 2013 y 2014 (AGROCALIDAD, 2016a).

2.2.2 Panorama actual de explotaciones apícolas en el Ecuador

Con los resultados obtenidos del primer Catastro Nacional de Explotaciones Apícolas, se registró una cantidad total de 902 explotaciones apícolas, de las mismas 568 explotaciones se encuentra en la región Sierra, 244 explotaciones en la región Costa y 90 explotaciones en la región Amazónica. Un número total de 12188 colmenas existentes fueron registradas, de las cuales el 23% (2778) se encuentra en la provincia de Pichincha, el 18% (2146) se encuentran en la provincia de Loja, el 12% (1418) se encuentra en la provincia de Manabí y el 8% (1025) se encuentran en la provincia de Imbabura, con lo cual estas cuatro provincias poseen el mayor número de colmenas en comparación al resto del país (AGROCALIDAD, 2016b).

Así mismo, más de la mitad de las explotaciones se encuentran dedicadas a la producción de miel. Mientras que otras dedican a otros productos como la jalea real y el polen, aunque son menores las explotaciones que se dedican a esto. En el caso del polen la producción se encuentra en alza debido a una mayor demanda internacional (AGROCALIDAD, 2016b; Cabrera, 2012).

La producción promedio de miel por colmena es de 10.2 kilogramos al año. La demanda interna del Ecuador para el año 2015 fue de 601 toneladas métricas anuales de miel, sin embargo la producción de la miel nacional no superó las 200 toneladas. Desde el año 2000 se ha realizado la importación promedio de 134.5 toneladas métricas anuales, con lo cual existe una demanda insatisfecha que se soluciona parcialmente con la importación de miel, cuyos precios se encontraron entre \$4500 y \$5030 por toneladas, procedente de Colombia y Perú respectivamente (El Telégrafo, 2016).

2.3 Disminución de población mundial de abejas

Alrededor del mundo se ha reportado la disminución de la población de abejas. El Síndrome del Colapso de Colmenas es el termino dado para las causas de la desaparición de las colmenas en aparente buen estado sanitario (Krieger, 2015).

Debe considerarse los diversos factores que impactan en la vida de las abejas tales como la presencia de patógenos y parásitos, pérdida de hábitat natural, condiciones ambientales, actividades agrícolas, nutrición deficiente y prácticas de apicultura, con lo cual se deprime la acción del sistema inmunitario de los miembros de la colmena (Krieger, 2015).

Se han visto casos en donde se evidencia la progresiva disminución de población adulta de abejas al finalizar la temporada invernal, aun así la ausencia de un caso obvio dificulta encontrar

la explicación a la pérdida de colonias de abejas, con lo cual se extiende a la combinación de los factores anteriormente mencionados. Para ello, se han realizado investigaciones para determinar las relaciones entre enfermedades de abejas, el papel de vectores de enfermedades y el sistema inmune de la abeja, manejo de prácticas apícolas y agrícolas, diversidad genética y uso de pesticidas. Esto con el fin de estudiar la influencia de los factores sobre el comportamiento de las colonias, la disponibilidad y calidad de miel producida (Castle, 2013).

2.4 Enfermedades de importancia en apicultura

La productividad de una colonia de abejas y su capacidad para resistir y recuperarse de factores que pueden afectar su integridad, depende de varios factores internos y externos que se encuentran altamente relacionados.

Entre estos factores se consideran las condiciones climáticas, manejo técnico de la explotación, disponibilidad de alimentación y vegetación alrededor de la zona de pecoreo, ubicación de la explotación entre otros. Sin embargo, el desbalance o la no consideración de alguno de estos factores ocasiona la aparición de enfermedades dentro de la explotación (Moreno, 2013).

La proliferación de enfermedades en el apiario es provocada por una disminución en los mecanismos de resistencia de la abeja, lo cual, es aprovechado por agentes patógenos que ocasionan cambios fisiológicos y conductuales al interior de los individuos y la colmena que desencadena en una disminución del ciclo de vida de las abejas y la destrucción de la colmena en su totalidad (Gómez, 2007).

Es pues que existen enfermedades que son de consideración, no solo por el alto daño ocasionado a las colmenas de abejas sino también por las pérdidas económicas generadas por su accionar a nivel mundial. La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), ha clasificado a las principales enfermedades de las abejas de acuerdo al impacto socio económico causado por su acción respectiva, conociéndose su relevancia son: Varroasis, Loque Europeo, Loque Americano, Nosemosis y Acariosis (OIE, 2016). Es así que la categorización de las enfermedades presentes en las abejas se basa en el tipo del agente biológico causante.

2.4.1 Enfermedades bacterianas

2.4.1.1 Loque Americano

El Loque Americano es una enfermedad que ataca a la crías de las abejas, es causada por la bacteria *Paenibacillus larvae*, que provoca la muerte y pudrición de las crías en las celdas de cría, formando costras adheridas a las paredes de las celdas. Las crías se ven salteadas y los opérculos se observan hundidos y roídos, con un color castaño oscuro y desprende un olor putrefacto y desagradable (Demedio, 2010).

Para el diagnóstico de esta enfermedad se toma en cuenta la edad de la cría que se encuentra infectada, ya que Loque Americano afecta a la cría operculada mientras que el Loque Europeo afecta a la cría sin opercular. La prueba del palillo, que consiste en introducir un palillo delgado y retirarlo, es una buena forma de identificación en campo. Se sugiere el corte de pedazo de panal de 10 cm x 8 cm con cría muerta para enviarla al laboratorio para un diagnóstico certificado (SAGARPA, 2011).

Su propagación se ve facilitada por la migración de abejas contaminadas a otras colmenas, además de la reutilización de material contaminado como la cera proveniente de marcos de cría infectados con Loque Americano (FAO, 2016a).

2.4.1.2 Loque Europeo

El Loque Europeo es una enfermedad causada por la bacteria *Melissococcus pluton* principalmente, pero también se encuentra asociada a la presencia de *Acromobacter euridyce*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus laterosporus* y *Bacillus orpheus* (Moreno, 2013).

Infectan principalmente a la cría, matándola y causando pudrición en la celda de cría. Las crías se infectan debido al alimento que ha sido contaminado por el material del marco (cera) o por la misma abeja nodriza, siendo aprovechado por la bacteria para reproducirse dentro del intestino de la cría, que en cuestión de 3-5 días muere debido a la infección interna, provocando su pudrición y formando una escama desprendible. A diferencia de Loque Americana, su versión Europea afecta a la cría no operculada en la mayoría de situaciones (SAGARPA, 2011).

En la actualidad es fácil su diagnóstico mediante técnicas de laboratorio tales como ELISA (Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas) y también con técnicas moleculares más avanzadas como PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) (Shimanuki & Knox, 2000).

Su dispersión se debe al contacto con material apícola previamente contaminado, además de la contaminación por heces de abejas que han logrado sobrevivir a infecciones previas. Se ha determinado su presencia en Norteamérica, Sudamérica, Oriente Medio y Asia, además de algunos países de Centroamérica como México y Panamá (OIE, 2008).

2.4.2 Enfermedades víricas

2.4.2.1 Parálisis

La parálisis, también conocida como Síndrome de la Abeja Negra, es causada por dos tipos de virus: el virus que causa parálisis aguda y el virus de la parálisis crónica. Afecta principalmente a las abejas en estadio adulto. Su presencia ha sido reportada en países de Europa, Asia, México, Australia, Nueva Zelanda, China y Escandinavia (SAGARPA, 2011).

Se reproduce principalmente en climas cálidos y colmenas que tengan alto grado de consanguinidad. Su propagación se facilita por la ingesta de alimentos contaminados. Una vez adentro del cuerpo de la abeja, introducido por ingesta, migra desde el tracto digestivo al tejido nervioso, principalmente a la cabeza, produciendo la muerte del individuo a partir del tercer o séptimo día después de la infección (IICA, 2009).

2.4.2.2 Cría ensacada

La cría ensacada, también conocida como “sacbrood”, es una enfermedad de naturaleza viral que provoca la muerte de la cría en estado de pupa y pre pupa. Se puede presentar durante todo el año sin embargo su presencia suele ser más frecuente en el periodo de la prefloración y en épocas de alta precipitación. Ataca a colmenas con síntomas de debilitamiento o que presentan signos de exposición a estrés (IICA, 2009)

Suele permanecer dentro de los panales de miel, en los cuales puede persistir su presencia hasta un mes. Es latente en el organismo de las abejas adultas sin embargo se vuelve activo cuando ingresa al tracto digestivo de las larvas (FAO, 2016b).

La muerte de la cría ocurre cuando se inicia el proceso de operculación de la celda, y el proceso de muda de cutícula es interrumpido, con lo cual la larva no logra salir y muere dentro de su anterior cutícula, de esta manera convirtiéndose en almacenamiento de fluidos con alta carga viral. Al secarse forma una costra de difícil desprendimiento en la celda (IICA, 2009).

2.4.3 Enfermedades fúngicas

2.4.3.1 Ascosferosis

La ascosferosis, llamada también cría yesificada, es una enfermedad que afecta directamente a las larvas en estadio de desarrollo. Se produce por la acción del hongo *Ascosphaera apis*. Se encuentra distribuida por Europa, Asia, África, América Central, América del Norte y algunos países de América del Sur, presentando descenso de producción y calidad de miel en colmenas altamente infectadas (Moreno, 2013).

El desarrollo de ascosferosis se ve favorecido por la presencia de alta humedad, mala ventilación y bajas temperaturas, además del uso excesivo de antibióticos que destruyen la flora microbiana del tracto digestivo de las abejas. El hongo se introduce a la larva por el tracto digestivo a través del alimento, o también a través de la piel en caso de que se encuentre en la celda de cría. A partir de la infección, el hongo crecerá llegando a atravesar tejidos corporales, envolviendo a la cría. La cría muere y al secarse, se endurece adquiriendo el color y consistencia del yeso (SAGARPA, 2011).

2.4.3.2 Nosemosis

La nosemosis es una enfermedad causada por el protozoario *Nosema* sp. afecta al tracto digestivo de las abejas provocando lesiones en el intestino, con lo cual, impide su adecuada alimentación y absorción de nutrientes, de esta forma, afectando el estado sanitario de la abeja y

elevando su mortalidad. Es de fácil propagación y se encuentra presente a nivel mundial en la mayoría de países sin embargo no hay información contundente sobre su distribución (IICA, 2009).

Además del descenso de población adulta dentro de la colmena infectada, también provoca la disminución de la producción de miel en un 25%, se anula la producción de jalea real y por ende disminución de la postura y posible colapso de la colmena. En caso de afectar a la reina, esta se vuelve estéril debido al atrofiamiento de las ovariolas (Moreno, 2013).

No existe una sintomatología específica, siendo que se debe tomar en cuenta la presencia de diarreas, medio principal de propagación de nosemosis, en las afueras y al interior de la colmena ya que puede contaminar el alimento e iniciar un nuevo ciclo de infección (SAGARPA, 2011).

2.4.4 Enfermedades parasitarias

2.4.4.1 Acarapisosis

La acarapisosis es una enfermedad de las abejas en etapa adulta provocada por el ácaro tarsonómide, *Acarapis woodi* (Rennie). En casos de alta infestación del ácaro, se observa una elevada mortalidad de la población de la colmena, especialmente entre los periodos de transición de invierno a primavera, disminución de la sobrevivencia en épocas invernales y dificultad para volar y caminar, sin embargo, no son signos únicos que determinen la presencia de la enfermedad en la colmena (Garrido-Bailón et al., 2012). Esta enfermedad adquiere importancia económica debido al descenso de producción de miel por la alta mortalidad ocurrida en colmenas e irregularidades negativas en la polinización, lo cual es un efecto adverso a las actividades de producción apícola.

Los efectos patogénicos parasitarios afectan a todas las clases de abejas en estadio adulto y depende principalmente del número de ácaros presentes al interior de la tráquea, produciendo disminución de hemolinfa y daño traqueal en abejas. Algunos síntomas clínicos suele incluir dificultad de respiración y asfixia, poblaciones pequeñas en colmenas debido a disminución del área de cría y frecuencia de postura de la reina que resulta en la reducción de la eficacia del apiario para producción de miel (Sammataro et al., 2013).

Debido a que esta enfermedad ha sido reportada a nivel mundial (Figura 1 y Tabla 1) se considera importante el estudio realizado en zonas con climas templados, dado que la presencia del parásito se encuentra altamente relacionada con variaciones de humedad relativa, disminución de temperatura ambiental y aumento de precipitación que, por lo general, estos factores suelen ocasionarse en etapas invernales (Otis, Otis, Bath, Randall, & Grant, 2011).

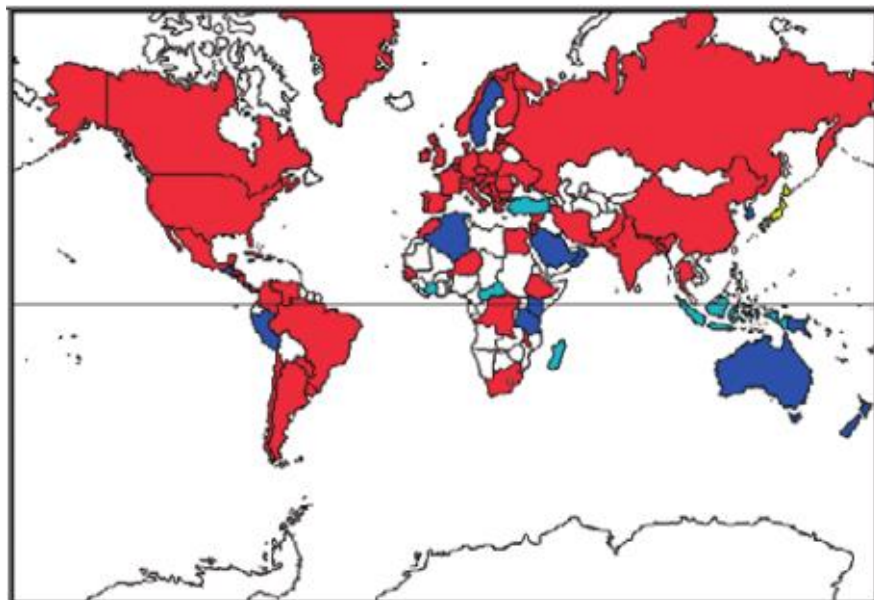


Figura 1. Distribución mundial del Acaro traqueal (*Acarapis woodi*) de las abejas.

Fuente: Ellis & Munn (2005).

Tabla 1
Detalle del estatus de Acarapisosis utilizado en la Figura 1

Descripción del estatus	Color del país	Criterio empleado
Presente	Rojo	Reportado en un artículo revisado por pares, o en revisión o investigación autorizada. Informe de un testigo de confianza mediante síntomas reconocibles en campo o usando técnicas de laboratorio
Presencia en sospecha	Amarillo	Informe anecdótico o testimonial. Diagnóstico de condición sin síntomas concretos.
Ausencia en sospecha	Azul claro	Resultados negativos de una investigación limitada. Informes anecdóticos acerca de la ausencia de la enfermedad con síntomas en campo
Ausente	Azul	Vigilancia sanitaria rigurosa. Análisis de laboratorio hechos de la forma apropiada
Sin Información	Blanco	Información no disponible. Informes anecdóticos de la ausencia en condiciones asintomáticas

Fuente: Ellis & Munn (2005).

2.4.4.1.1 Agente etiológico y patogénesis

Los ácaros del Orden Acariformes son una subclase de arácnidos que pueden habitar diversos hábitats bióticos y abióticos. Debido a su capacidad de sobrevivencia, algunos géneros suelen preferir como hospederos a insectos, otros invertebrados e inclusive a vertebrados como el ser humano. Se han reportado más de 300 familias y 30 mil especies descritas en la literatura lo que permite denotar la diversidad de morfología y adaptaciones de su ciclo de vida (Proctor, 1998).

Estos parásitos suele ocasionar daños fisiológicos a los hospederos tal es el caso de los ácaros del género *Acarapis*, parásitos de la abeja que se encuentran distribuidos a escala mundial (Sammataro et al., 2013).

Los ácaros traqueales adultos (Figura 2) presentan un cuerpo con forma piriforme con un tamaño de 120-190 μm y con pelos largos presentes tanto en el cuerpo como en las patas, sin embargo, *Acarapis* sp., presenta dimorfismo sexual de forma que el macho es más pequeño que la hembra. Presentan pelos olfativos, que se encuentran en los extremos de los dos primeros pares de patas, mientras que en el macho estos se encuentran en el cuarto par, siendo más evolucionados en el macho para la búsqueda de las hembras al interior de las tráqueas (Fernández, 1999).

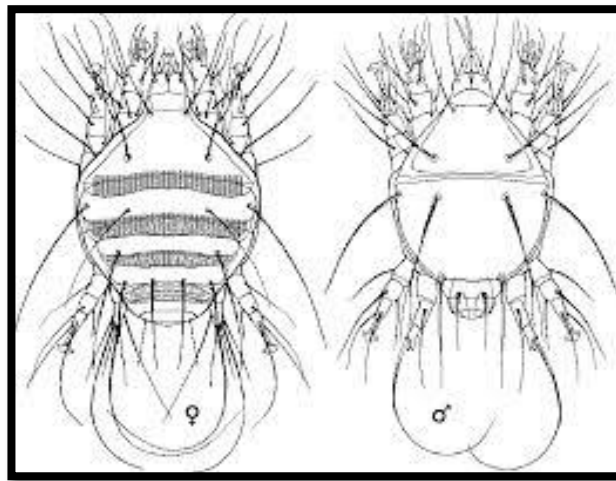


Figura 2. Ácaro traqueal de las abejas

(*Acarapis woodi*).

De izquierda a derecha: hembra y macho

Fuente: Morse & Nowogrodzki (1990)

La principal forma de transmisión del ácaro en la colmena es por el contacto físico entre abejas, por abejas migratorias contaminadas o abejas reinas comerciales que sean portadoras del

ácaro; una vez encontrado un hospedero, sea este reina, obrera o zángano, el ácaro hembra entra a la tráquea por el espiráculo y deposita los huevos al interior de la tráquea (Sammataro et al., 2013).

El ciclo de vida de *Acarapis* sp., (Figura 3) consta de: huevo, con una duración de 3 a 4 días; larva, que dura de 6 a 7 días; para luego terminar con el estado ninfal. Los machos maduran por completo a los 11 o 12 días después de la eclosión de los huevos mientras que las hembras maduran después de 15 días de la eclosión (Fernández, 1999). En todos los estadios del ácaro, tanto de larva como adulto, se alimenta de la hemolinfa de la abeja, que consiguen por medio de la perforación y succión de la pared traqueal y sacos aéreos mediante el aparato bucal picador succionador presente en el gnatosoma del ácaro (Sammataro et al., 2013). Los ácaros, en especial las hembras, son atraídos hacia el exterior del espiráculo por la atracción química de hidrocarburos expelidos de la cutícula de la abeja, de esta forma localizándose en la zona externa del espiráculo respiratorio y reiniciando el ciclo mediante la transmisión por contacto físico con otra abeja (Ochoa, Pettis, Erbe, & Wergin, 2005).

El ácaro *Acarapis* sp., es vector tanto de virus como de bacterias, es así, que abejas parasitadas suelen ser más susceptibles a infecciones de septicemia (*Pseudomonas apisepctica*) y Virus de Parálisis Crónica de la abeja (Bailey, 1965).

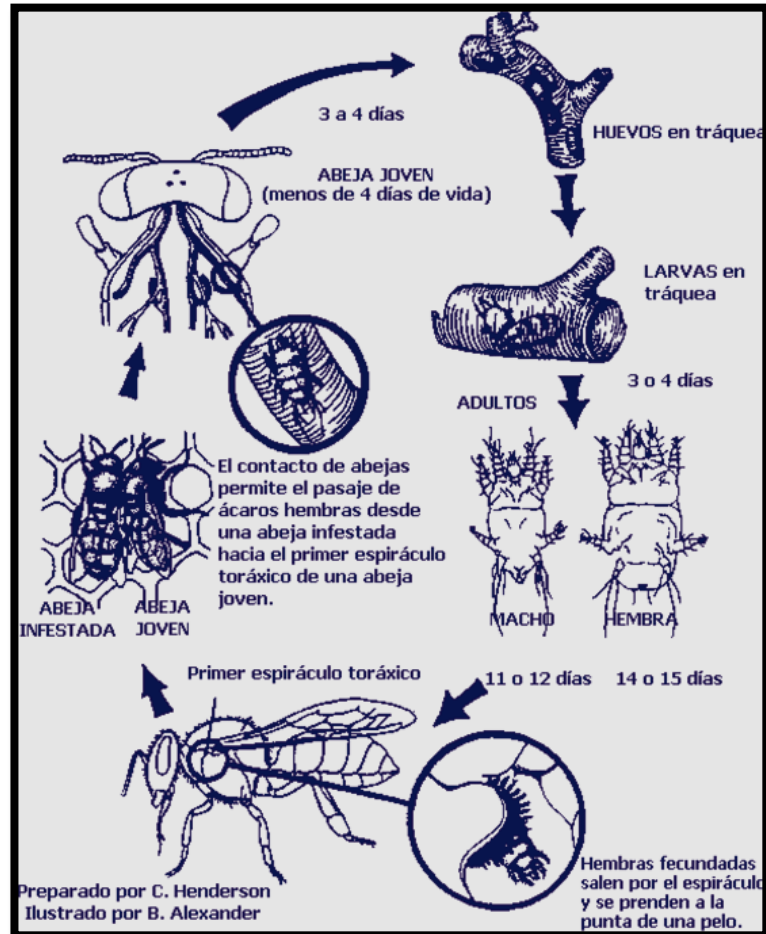


Figura 3. Ciclo de vida de *Acarapis sp.*

Fuente : Morse & Nowogrodzki (1990)

2.4.4.1.2 Diagnóstico

Dado que la acarapisosis no presenta síntomas específicos de infección, existe una tendencia a equivocarse en tratar de relacionar ciertas manifestaciones del insecto como incapacidad de volar, caminar irregular, aletargamiento de movimiento y muerte súbita de individuos que también pueden ser producidas por virus, de los cuales los ácaros suelen ser vectores de infección (Kojima, Toki, & Morimoto, 2011).

Los métodos tradicionales para un diagnóstico preciso del ácaro traqueal *Acarapsis* sp. son la visualización directa de los ácaros traqueales y de las lesiones producidas por estos en la tráquea (Garrido-Bailón et al., 2012), de esta forma también se determina la diferenciación morfométrica de los ácaros encontrándose únicamente tres especies: *Acarapis dorsalis*, *Acarapis externus* y *Acarapis woodi* (Sammataro et al., 2013).

También se han desarrollado otros métodos de diagnóstico con el uso del Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas (ELISA), sin embargo, debido a que existe reacción cruzada del antígeno con una proteína propia de la hemolinfa, este método ya no es ampliamente utilizado (Sammataro, 2006). Con el avance de la ciencia, las técnicas de diagnóstico han evolucionado hacia el campo de biología molecular. La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que han permitido determinar la presencia y caracterización molecular de las especies de *Acarapis* en apiarios, pero debido al alto costo económico de la prueba solo se considera como una prueba confirmatoria de los resultados de la identificación morfológica (Ahn et al., 2015).

2.4.4.1.3 Control

Se indica que los mismos procedimientos utilizados para varroasis también tienen un efecto positivo en el control de acarapisosis sin embargo, se prefiere más los tratamientos que contengan productos orgánicos debido a que estos no son residuales en elementos de la colmena tales como los cuadros y la cera de los marcos (Sammataro & Gerson, 2000).

La acción de cristales de mentol en dosis de 50 gramos por colmena y colocándolos en mallas ubicadas en los cabezales de los cuadros de las cámaras de cría permite una disminución drástica de acarapisosis, controlando hasta un 98% de la población adulta del ácaro en la tráquea en las primeras dos semanas de tratamiento (Demedio, 2010).

2.4.4.2 Braulosis

El piojo de la abeja, *Braula* sp., es un díptero catalogado como una plaga que afecta a las actividades apícolas principalmente por ser un parásito de las abejas domésticas (*Apis mellifera*) en estadio adulto (Ellis & Munn, 2005).

El género *Braula* consta de cinco especies: *Braula coeca* y *Braula schmitzi* que se encuentran distribuidas por Europa, Norteamérica, Centroamérica y Latinoamérica, *Braula orientalis* de la cual se asume su presencia en países de la región Este del Mediterráneo y finalmente *Braula pretoriensis* y *Braula kohli* ambas originarias de África (Figura 4 y Tabla 2) (Örösi-Pal, 1938).

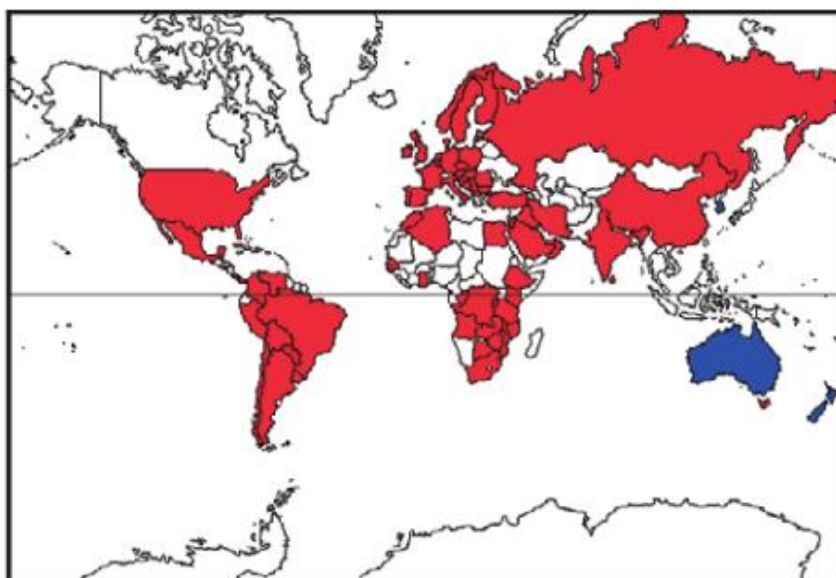


Figura 4. Distribución mundial de Braulosis.

Fuente: Ellis & Munn, (2005)

Tabla 2
Detalle del estatus de Braulosis utilizado en la Figura 4

Descripción del estatus	Color del país	Criterio empleado
Presente	Rojo	Reportado en un artículo revisado por pares, o en revisión o investigación autorizada. Informe de un testigo de confianza mediante síntomas reconocibles en campo o usando técnicas de laboratorio
Ausente	Azul	Vigilancia sanitaria rigurosa. Análisis de laboratorio hechos de la forma apropiada
Sin Información	Blanco	Información no disponible. Informes anecdóticos de la ausencia en condiciones asintomáticas

Fuente: Ellis & Munn (2005).

El principal efecto que *Braula* sp., tiene sobre la colmena es causar un impacto negativo en la sobrevivencia de las abejas (Zapata-Carvajal et al., 2017), además de ser un factor que contribuye al debilitamiento de la colmena, ya que, el hospedero principal de *Braula* sp., suele ser la abeja reina, con ello disminuye la actividad de crianza de pupas y la población de abejas adultas se reduce (Zaitoun & Al-Ghzawi, 2008). También se ha reportado un cambio en la calidad de la miel debido a daños ocasionados por larvas de *Braula* sp., en las células de depósito de la miel (Shimanuki & Knox, 2000).

2.4.4.2.1 Agente etiológico y patogénesis

Los insectos del Orden Díptera, tienen una característica en particular, y es que únicamente estos insectos poseen dos alas en lugar de cuatro como el resto de insectos. Por lo general dentro de este Orden hay especies plaga y controladores biológicos. Además, se han descrito como 150 mil especies, lo que resalta la capacidad de adaptación a varios ambientes y la diversidad de la morfología (Wiegmann & Yeates, 2007).

Sin embargo dentro de este Orden, también existe el caso de insectos desprovistos de ala, como *Braula* sp. que debido en parte a este detalle, ha evolucionado como comensal dentro de las colmenas, robando el néctar y polen que toma de la proboscis de las abejas (SAGARPA, 2011).

El cuerpo de *Braula* tiende a confundirse en primera instancia con el de *Varroa* sin embargo es diferente, con un cuerpo en contorno oval (Figura 5), 1.5 mm de largo por 0.9 mm de ancho presenta coloración blanco amarillento en estadio larvario y rojizo caoba en estadio adulto (Zapata , 2016). No perfora la capa quitinosa de la abeja debido a que su órgano bucal es chupador por ende solo es apta para robar parte del alimento que ingresa a través del aparato bucal de succión o proboscis de las abejas (Alvarez, 2016).

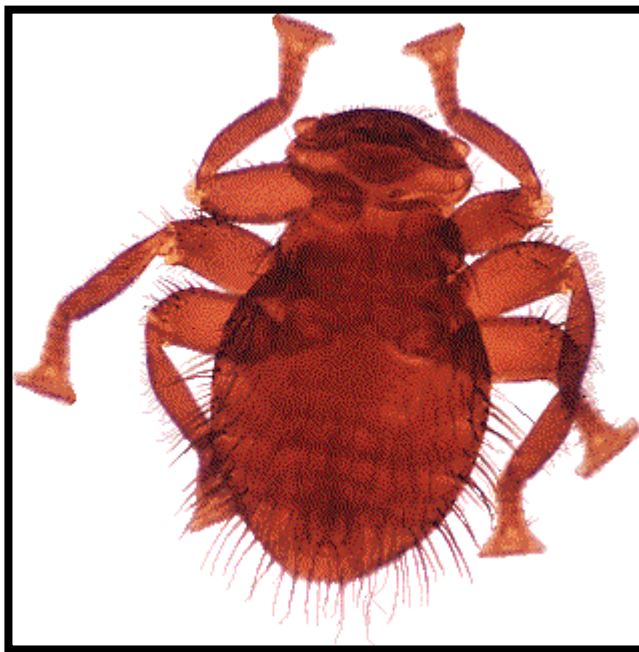


Figura 5. Fotografía de *Braula coeca*.

Fuente: Peldoza (2002)

Braula se suele transmitir por medio de abejas migratorias o al momento de limpieza de colmenas, debido a que la hembra deposita los huevos cerca de las celdas de almacenamiento de miel, aun así, no es considerada una plaga que afecte de forma económica a las explotaciones apícolas (Zapata-Carvajal et al., 2017).

El ciclo de vida de *Braula* sp. empieza con la postura de los huevos por parte de la hembra y atraviesa las etapas de: huevo, que eclosionan a 2 o 7 días después de la postura, dependiendo de la temperatura; larva, que se caracteriza por durar de 2 a 7 días y en esta etapa se general los túneles bajo las celdas de miel; pupa, que dura de 1 a 3 días siendo la pupa de color blanco cremoso.

A partir de la pupa, emerge el adulto volviendo a reiniciar el ciclo, que también depende, en parte, de la temperatura interna de la colmena y de la disponibilidad de miel en los panales de almacenamiento de la colmena (Alvarez, 2016).

2.4.4.2.2 Diagnóstico

Se utiliza el mismo protocolo utilizado para recolectar *Varroa* sp. en el cual la abejas deben ser sumergidas en un frasco que contiene una solución de agua con jabón neutro y agitadas por cinco minutos, para utilizar un tamiz con dos tamaños distintos de malla y hacer pasar las abejas, de modo que los dípteros queden retenidos en la malla de menor tamaño, los mismo que serán recogidos en una caja Petri adicional para contabilizar el número de abejas y el número de *Braula* encontradas (Dietemann et al., 2013).

2.4.4.2.3 Control

El uso de tabaco en el ahumador para generar nube de humo y controlar la población adulta de *Braula* sp. es una práctica artesanal y de bajo costo que los productores utilizan como tratamiento, aplicándose cada 7 días. Sin embargo la exposición prolongada al humo de tabaco puede afectar y llegar a estresar con mayor facilidad a la colmena (Somerville, 2007).

Por otra parte, para el control de *Braula* en estadio de larva, lo que suele realizarse de forma práctica es dejar el desoperculador en la refrigeradora por 48 horas después de su utilización, de esta manera se corta el ciclo de vida de *Braula* sp. (Somerville, 2007).

Además los tratamientos aplicados para control de *Varroa* sp. también pueden causar un efecto de control sobre la población de *Braula* sp. en especial si se utiliza ácidos orgánicos como

el ácido oxálico o los aceites esenciales de plantas aromáticas como el mentol y el eucaliptol (Vandame, 2000).

2.4.4.3 Varroasis

La varroasis es considerada la principal plaga que afecta a la actividad apícola a nivel mundial (Figura 6; Tabla 3), ya que se ha observado la pérdida total de colonias a partir de los dos a cuatro años de haberse reportado la infestación y que no se haya llevado tratamiento alguno (Puca, Medina, & Ventura, 2011). Es causado por el ácaro *Varroa* sp., y afecta tanto a las abejas en estadio adulto como en las celdas de las crías. Esta enfermedad afecta la rentabilidad de las explotaciones apícolas y la calidad de los productos derivados de la miel ya que una colmena infestada produce un menor rendimiento en miel que una colmena sana (Arechavaleta & Novoa, 2000).

Se han descrito cuatro especies de *Varroa*: *V. jacobsoni*, *V. destructor*, *V. underwoodi* y *V. rinderi* de los cuales la especie que afecta de mayor forma a las abejas *Apis mellifera* es *V. destructor*. Se encuentra distribuida en la mayoría de países que realizan apicultura alrededor del mundo (OIE, 2008).

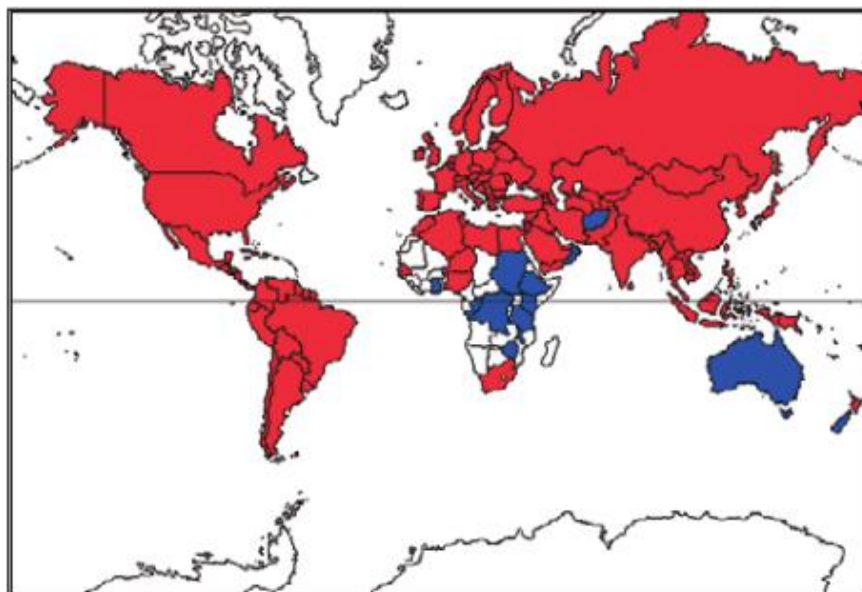


Figura 6. Distribución mundial de Varroasis.

Fuente: Ellis & Munn (2005)

Tabla 3

Detalle del estatus de Varroasis utilizado en la Figura 6

Descripción del estatus	Color del país	Criterio empleado
Presente	Rojo	Reportado en un artículo revisado por pares, o en revisión o investigación autorizada. Informe de un testigo de confianza mediante síntomas reconocibles en campo o usando técnicas de laboratorio
Ausente	Azul	Vigilancia sanitaria rigurosa. Análisis de laboratorio hechos de la forma apropiada
Sin Información	Blanco	Información no disponible. Informes anecdóticos de la ausencia en condiciones asintomáticas

Fuente: Ellis & Munn (2005).

El ácaro ocasiona daños a las abejas debido a que se inserta entre las placas abdominales de las abejas adultas para penetrar las membranas intersegmentales con el fin de succionar hemolinfa (OIE, 2008). En severas infestaciones, las pupas no se desarrollan a estadio adulto, los adultos que logran desarrollarse tienen abdómenes cortos, alas y patas deformes además de un menor peso corporal con respecto a abejas sanas (Shimanuki & Knox, 2000).

2.4.4.3.1 Agente etiológico y patogénesis

Los ácaros pertenecientes al Orden Mesostigmata son fácilmente reconocibles debido al par de espiráculos posicionados a los lados del cuerpo y por los quelíceros del gnatosoma. Muchos ácaros son considerados predadores y ectoparásitos de insectos y otros invertebrados. En la actualidad se ha reportado 887 géneros y 8280 especies además de dos géneros y cinco especies fósiles, sin embargo el catálogo reportado está incompleto lo que permite indicar la gran variabilidad en morfología y la capacidad de adaptación al medio ambiente (Moraza & Balanzategui, 2015).

Estos ectoparásitos ocasionan graves daños a los hospederos, en algunas circunstancias, provocan la muerte del individuo. Tal es el caso de *Varroa* sp., el principal ácaro ectoparásito que produce una alta mortalidad en colmenas y es considerada el principal problema sanitario en producción apícola a nivel mundial (Vandame, 2000).

Varroa sp., presenta dimorfismo sexual, es decir en este caso, la hembra adulta es más grande (1.1 x 1.6 mm), presenta un cuerpo duro de color rojizo-marrón y de forma oval, posee cuatro pares de patas con garras que le permiten sostenerse del hospedero respectivo (Sammataro & Gerson, 2000). El macho es más pequeño (aproximado de 0.7 mm) y de coloración blanquecina

pálida, suele permanecer dentro de las celdas de cría de la abeja y sus quelíceros son modificados para permitir la transferencia de esperma (Shimanuki & Knox, 2000).

Al igual que otros ácaros parásitos, *Varroa* sp., se transmite por medio del contacto físico entre abejas dentro de la colmena, fijándose a los esternitos de abejas adultas y perforando la cutícula, de esta manera, debilitando el sistema nervioso (Vandame, 2000).

El ciclo biológico de *Varroa* sp. (Figura 7) , consta de dos fases: reproductiva, en donde el ácaro se reproduce dentro de las celdas operculadas de las crías de las abejas obreras o zánganos y pasa por los estadios de: huevo, protoninfa, deuteroninfa y adulto, antes de salir al exterior mediante la fijación a la abeja que sale de la celda de cría (Shimanuki & Knox, 2000); y forética donde el ácaro vive sobre la abeja adulta, siendo más fácil la identificación visual del ácaro sobre las abejas en fase de pupa que en abejas de estadio adulto (Martínez, Rosas, & Prieto, 2016).

2.4.4.3.2 Diagnóstico

La eliminación de esta parasitosis no ha resultado posible, por ende, es recomendable mantener la población del ácaro en bajas densidades dentro de la colmena lo que afectaría en mínima forma a los sistemas de producción de los apicultores (Puca et al., 2011).

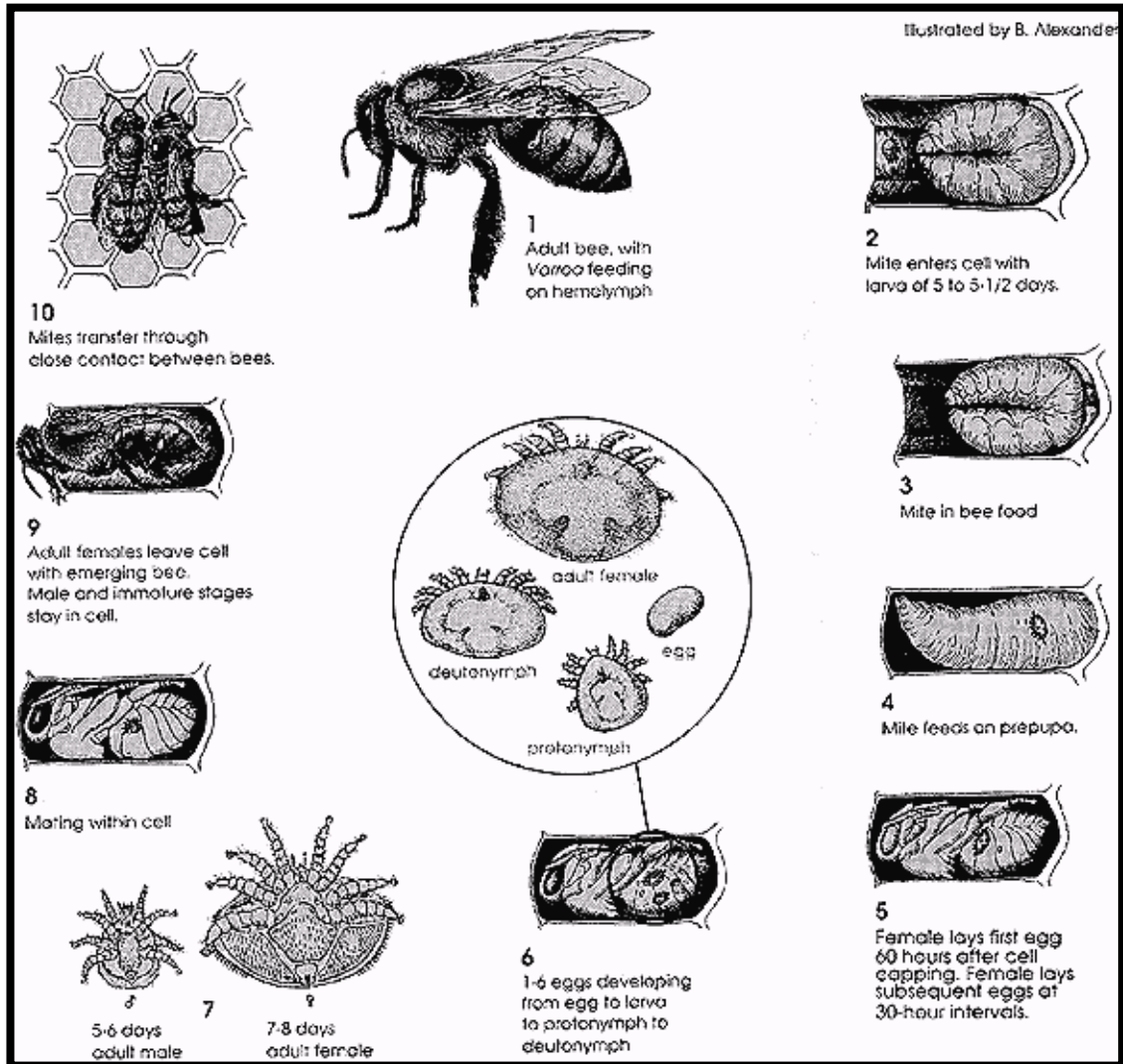


Figura 7. Ciclo de vida de *Varroa destructor*

Fuente: Galeana (2016).

Para estimar el nivel de infestación del ácaro *Varroa* sp., se realizan pruebas dependiendo el estadio de la abeja. En el caso de estudiar la infestación en la cría de abejas en el apiario se colectan muestras de los paneles de cría operculada en un área de 10 cm², las que posteriormente se procederá a sacar las crías con una aguja de disección y realizar el conteo de ácaros por cada celda (Vandame, 2000).

Para el caso de abejas adultas se utiliza un tamiz con dos distintos tamaños de malla por donde se hace pasar las abejas, que han sido muestreadas de un apiario, sumergidas y agitadas por cinco minutos en una solución de agua con jabón neutro, a continuación el ácaro *Varroa* quedará detenida en la malla de menor tamaño, los ácaros son recogidos en una caja Petri adicional y preservados en alcohol metílico al 70%, luego se contabilizará el número de abejas y el número de *Varroa* encontradas para encontrar el índice de infestación en la colmena, siempre considerando que a partir del 5% de infestación encontrando, se considera moderado a grave (Dietemann et al., 2013).

Varroa sp., también ha sido identificado mediante métodos moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que ha caracterizado molecularmente las especies de los ácaros, de los cuales se han extraído secuencias genéticas para realizar nuevos estudios moleculares en ácaros de *Varroa* sp., (Dietemann et al., 2013).

2.4.4.3.3 Control

Para el control de esta enfermedad tradicionalmente se ha utilizado acaricidas como el amitraz, sin embargo, este tipo de productos químicos son residuales en sustancias orgánicas como la miel, el polen y la cera de abeja, con lo cual, puede repercutir en la salud de los consumidores (Moreno, 2013).

Por ende se ha investigado otros productos, de preferencia de origen orgánico, que permitan el control de esta enfermedad, entre ellos destacan:

- **Timol:** es un principio activo extraído de la planta de tomillo (*Thymus vulgaris*), que resulta económico y de manejo seguro. Su aplicación puede realizarse a través de cristales en dosis de 4 gramos, utilizando una tapa plástica pequeña y colocando sobre los marcos de la cámara de cría a 2 tapas por cada cámara (IICA, 2002).

Así mismo se puede diluir en alcohol, siendo la proporción 1:1, utilizándose de preferencia la dosis de 4 gramos, y empapando la solución en cuadros de espuma utilizada para las preparación de arreglos florales. Para ello la espuma es recortada en rebanada de molde y cada rebanada es dividida en cuadrantes, con la ayuda de una jeringa se añade la dosis de timol antes descrita y se coloca dos cuadrantes por cámara de cría. El tratamiento debe hacerse dos veces con un intervalo de 8 días entre aplicaciones (IICA, 2002).

- **Acido fórmico:** este producto ofrece mejores resultados de control cuando su aplicación se realiza en temporadas cálidas, por ende, no es de uso regular.

También presenta inconvenientes por su acción, ya que a pesar de ser orgánico y no ser tóxico para el consumo humano, puede presentar alteraciones en la calidad de la miel, como el descenso del pH, alterar el sistema de reconocimiento de la abeja reina y por ende termine expulsada o muerta, es tóxico para las abejas si la dosis es en alta concentración y además debe ser manipulado con guantes y mascarilla debido a su relevante peligrosidad (Moreno, 2013).

Existe una relación entre la concentración del ácido y los resultados que se desean alcanzar, que además debe considerar la temperatura del lugar donde se realizará la aplicación. En zonas geográficas cuya temperatura sea superior a los 30°C, el ácido fórmico debe utilizarse en una concentración del 50%, si la temperatura se encuentra entre 25 y 30°C, la concentración debe ser del 60%, y si la temperatura es menor a 24°C, la concentración será del 70%. Se debe realizar una solución de 60ml con las concentraciones antes mencionadas con respecto a la temperatura, de esta manera se impregna una mota de algodón doblado y se coloca en una funda plástica para ser cerrada, se realizan aberturas para permitir que el ácido, por evaporación, se transforme en gas. Se debe aplicar cuatro veces este procedimiento, tomando en cuenta un intervalo de 4 días entre tratamiento (IICA, 2002).

- **Acido oxálico:** se encuentra en bajas proporciones en la miel, por ende no es de peligrosa manipulación, Suele ser utilizado como aspersión o en jarabe, siendo también una forma de control no solo para *Varroa* sp, sino también para septicemia (IICA, 2002).

Para realizar el jarabe se elabora con medio litro de agua y medio kilo de azúcar, adicionando 50 gramos de ácido oxálico. Se aplican 5 ml de jarabe entre cada marco de la colmena. De preferencia se aplica en invierno cuando hay mayor contacto entre abejas. Se administra cuatro veces con un intervalo de 4 días entre aplicación (IICA, 2002)

2.5 Situación epidemiológica

2.5.1 Estatus mundial

Debido a los procesos migratorios naturales propios de las abejas y también a la constante migración humana a través del planeta, posibilitó la dispersión de agentes patógenos y microorganismos que han afectado a colonias de abejas en distintas zonas geográficas. El principal organismo patógeno ampliamente distribuido en colonias alrededor del planeta es *Varroa* sp. reportándose casos en la mayoría de países del mundo además de grandes pérdidas de colmenas en lugares donde ha sido reportado (Dietemann et al., 2013).

Para el caso de acaroposisis provocado por *Acarapis* sp., también conocida como la enfermedad de isla de Wright, ha sido reportado en la mayoría de países excepto en países como Suecia, Noruega, Dinamarca, Nueva Zelanda, Australia y el estado de Hawái en Estados Unidos (Garrido-Bailón et al., 2012). A pesar de ser ampliamente distribuida, no suele provocar daños considerables con respecto a los causado a *Varroa* sp., sin embargo su presencia es un fuerte indicativo del debilitamiento general de la colmena además de generar una alarma sanitaria, ya que, incrementa la mortalidad de las colonias, en la mayoría de casos con la pérdida total de la colmena, y disminuye la postura de huevos en colmenas que han sido infectadas por primera vez (Fernández, 1999).

Braula sp., se encuentra distribuido alrededor del mundo, tomando como información los países que han reportado su presencia excepto en Canadá, ciertos lugares de África central y algunos países de Medio Oriente, lugares que han descartado la presencia de *Braula* sp. o no hay información sobre su existencia (Ellis & Munn, 2005).

Suele presentarse frecuentemente en colmenas que ya presenten signo de debilitamiento (Zaitoun & Al-Ghzawi, 2008), como las que han sido atacadas por *Varroa* sp.

2.5.2 Estatus regional

En América Latina, las enfermedades que afectan la apicultura han realizado su aparición a finales del siglo XX, esto debido a la migración e introducción de especie de abejas africanizadas, ya sea en forma natural o por acción humana, sin las debidas precauciones sanitarias del debido proceso.

El primer indicio de varroasis se dio en el año de 1971 con la introducción a Paraguay de abejas procedentes de Japón. A partir de allí en Argentina se detectó la presencia de *Varroa* sp. en el año de 1976. En 1992 se dio el reporte en Chile, causando grandes pérdidas de colmenas en ese país (Moreno, 2013). En 1994 se reportó en Colombia y en 1997 en Perú, afectando la producción de miel de esos países. En la actualidad no se considera a ninguna zona libre de varroasis, sin embargo algunos países no han reportado su presencia o a su vez la falta de investigación acerca de la misma (CPAA, 2015)

En el caso de *Acarapis* sp. el primer reporte de existencia en América Latina fue dado en 1968 en Argentina, por colonias de abejas europeas importadas, a partir de allí se ha dado el reporte en Colombia y México en el invierno de 1980, siendo que también ha sido reportada en Costa Rica en 1993 (Calderón, Fallas, & Sánchez, 2007; Fernández, 1999). En Chile ha sido reportada como enfermedad endémica presente.

Hasta el año 2005 se ha reportado la presencia de *Braula* sp. en la mayoría de países de América del Sur y América Central, exceptuando los territorios de Surinam, Guyana Francesa Honduras y Guatemala, países en los cuales no había información que avale la presencia de *Braula* sp. en apiarios comerciales o silvestres (Ellis & Munn, 2005)

2.5.3 Estatus nacional

En Ecuador, el ente oficial AGROCALIDAD ha reportado la presencia de varroasis, loque americano y loque europeo en el año del 2015. Siendo los primeros brotes de *Varroa* sp. en enjambres silvestres ubicados en la provincia de Chimborazo. A partir de allí también se han encontrado focos de varroasis en la zona sur del país. En un estudio realizado en colmenas ubicadas en la provincia de Loja donde se determinó un 99,13% (228/230) de prevalencia de *Varroa destructor* y 100% (25/25 colmenas) en la provincia de El Oro, y actualmente AGROCALIDAD se encuentra implementando un Programa Nacional de Sanidad Apícola , para contrarrestar la acción de estas enfermedad en colmenas del país (AGROCALIDAD, 2016; Alvarez, 2016).

Un estudio realizado entre septiembre del 2012 y a febrero del 2013 en los sectores de Nayón y Guayllabamba, pertenecientes a la provincia de Pichincha, se determinó la prevalencia del 100% en las colmenas tomadas en cuenta en la investigación (n=24), concluyendo, de acuerdo al estudio, la resistencia a ácaros de *Varroa* por parte de abejas *Apis mellifera* africanizadas además de la disminución de parásitos en los periodos invernales y lluviosos, sugiriendo una posible influencia de factores climáticos y ambientales en la presencia de *Varroa* sp. en las colmenas (Subía-Valdez, 2013).

Así mismo una investigación realizada en el año 2013 por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en colmenas (n=15) ubicadas en una localidad perteneciente al Valle de los Chillos, se determinó una prevalencia de *Varroa* sp. del 66% (10/15) y un porcentaje promedio de infestación de la cría del 12%, considerado de alta infestación. En este mismo estudio se realizó el tratamiento contra *Varroa* para lo cual utilizaron solución de Amitraz al 12% en dosis de 1 gramo por colmena obteniendo alta eficacia del tratamiento, encontrándose además el enjambración de colmenas que no fueron aplicadas al tratamiento (Ron-Román & Martin, 2014).

Para el año 2015 también se reportó la presencia de *Braula shimitz* en colmenas localizadas en la zona geográfica del Valle de los Chillos, ubicada en la provincia de Pichincha, siendo este el primer reporte de la presencia de una especie de *Braula* en el país (Zapata-Carvajal et al., 2017). De acuerdo a las encuestas realizadas por AGROCALIDAD, existe una prevalencia del 5% para la especie de *Braula coeca* en el país para el año 2016 (AGROCALIDAD, 2016). Sin embargo para el caso de acarapisosis no se ha reportado su presencia en colmenas, debido a la falta de investigación en el tema y además la aparente ausencia de sintomatología propia de la enfermedad.

Es así que aún existe cierto desconocimiento en lo que se refiere al monitoreo sanitario de las colmenas por parte de apicultores comerciales y artesanales.

2.6 Factores de riesgo

Los factores de riesgo condicionan la probabilidad de presentar una enfermedad determinada. Estos factores pueden presentarse en la población sana y aumentan el riesgo de tener la enfermedad, además debido al tipo de muestreo como de estudio (transversal), la medida epidemiológica utilizada para esta clase de estudios de caso control es el Odds Ratio (OR),

aunque dependiendo del nivel de prevalencia de la enfermedad se puede aplicar como un estudio de cohorte, este tipo de estudio permite determinar factores pronóstico. En el caso de estudios de tipo cohorte, el estadístico a tomar en cuenta es el Risk Ratio (RR) (Pita & Valdés, 2001).

El riesgo relativo o Risk Ratio (RR) es el consiente entre el factor de exposición o factor de riesgo en casos control y el riesgo en el grupo tomado como referencia (que no haya tenido exposición). Nos indica cuantas más ocasiones se puede desarrollar un evento en un grupo de individuos expuestos a un factor de exposición (Sócrates, Pavlov, & Clavero, 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación política

La investigación se realizó a cabo en las provincias de:

- **Carchi**

Cantones: Mira, Montufar, Tulcán

- **Imbabura**

Cantones: Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra.

- **Pichincha**

Cantones: Quito, Rumiñahui, Mejía, Pedro Moncayo, Cayambe

3.1.2 Ubicación geográfica

Los límites geográficos de las provincias asignadas a la investigación:

- **Carchi**

Norte: Colombia

Sur: Imbabura

Este: Sucumbíos

Oeste: Esmeraldas

- **Imbabura**

Norte: Carchi

Sur: Pichincha

Este: Sucumbíos

Oeste: Esmeraldas

- **Pichincha**

Norte: Imbabura

Sur: Cotopaxi

Este: Napo

Oeste: Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas

3.1.3 Ubicación ecológica

- **Carchi**

Altitud promedio: 3461 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 14.96 °C

Precipitación promedio: 1332.72 mm

- **Imbabura**

Altitud promedio: 3020 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 14.5 °C

Precipitación promedio: 1332.72 mm

- **Pichincha**

Altitud promedio: 2950 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 16.5 °C

Precipitación promedio: 1332.72 mm

3.2 Materiales

3.2.1 Geo-referenciación de apiarios y factores de riesgo

- Encuesta epidemiológica
- Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS), marca: Garmin, modelo: Map 60Cs.

3.2.2 Materiales de campo

- Equipo de apicultura (Overol, guantes, velo, botas, ahumador)
- Frascos plásticos de boca ancha

- Etiquetas adhesivas
- Marcadores permanentes
- Esferográficos
- Hojas de registro
- Papel periódico
- Caja térmica

3.2.3 Materiales de laboratorio

- Mandil blanco
- Cajas Petri de plástico sin división 100 x 15mm
- Pinzas entomológicas
- Hojas de bisturí
- Mango de bisturí N°4
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Tamiz
- Tubos de reacción de 2 ml, marca: Eppendorf.

3.2.4 Reactivos

- Etanol al 95%, marca: Merck
- Jabón neutro
- Solución de Azul de metileno al 1%, marca: Merck
- Agua destilada

3.2.5 Equipos

- Refrigerador vertical, marca: Indurama
- Microscopio óptico binocular, marca Olympus, modelo: CH20BIMF10
- Estereomicroscopio para disección marca: Leica, modelo: S4E

3.3 Métodos

Una vez identificada la zona a realizar el estudio, de acuerdo a la información base proporcionada por datos recolectados por AGROCALIDAD acerca de las Asociaciones de Apicultores localizadas en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha, se procedió a realizar el acercamiento a los dirigentes de cada asociación para presentar el objetivo del trabajo y la relevancia del mismo, y se planteó la idea de realizar un esfuerzo conjunto para el cumplimiento de la propuesta de investigación. En forma adicional también se realizó el levantamiento de información tipo base para identificación de sectores y condiciones ambientales que pudieron influenciar sobre la cantidad de apiarios presentes y su estado sanitario.

3.3.1 Metodología para el muestreo de colmenas

3.3.1.1 Geo-referenciación de apiarios junto con aplicación de encuesta epidemiológica y muestreo de colmenas.

Realizado el levantamiento de información base, a continuación, se diseñó un cronograma que describa, en forma detallada, todas las actividades desarrolladas y que fueron previamente planificadas.

Dentro del cronograma de trabajo se detallaron las fechas planificadas de visita al apiario, a su vez, se realizó el levantamiento de información geográfica mediante el uso de un equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que señala el emplazamiento exacto del lugar de

trabajo. Estos datos pueden fácilmente ser utilizados en otros estudios a realizarse en forma complementaria. A continuación se desarrolló la aplicación de la Encuesta Epidemiológica a cada apicultor del respectivo apiario en donde se realizó el trabajo de campo

3.3.1.2 Geo-referenciación mediante uso de software EpiCollect

A manera de respaldo de datos y uso complementario, se realizó la identificación del sitio geográfico de emplazamiento de los apiarios mediante la aplicación EpiCollect, la cual permite la obtención de coordenadas GPS además de la generación de cuestionarios para obtener información digital y en tiempo real de lo que el usuario necesita, en este caso sobre información del apiario visitado. Para el uso de esta aplicación se necesita de un artículo electrónico con conexión a Internet, ya sea Smartphone o Tablet. Los datos se cargan a una plataforma digital que, mediante el enlace con Google Maps, generan los mapas de los sitios visitados y registrados

3.3.1.3 Estimación y selección de la muestra

Para el proceso de muestreo, se realizó una clasificación en base a los datos provistos por AGROCALIDAD (2016b) sobre el número de colmenas presentes en un apiario, siendo que se asignó un código para cada apiario respectivamente, en forma interna del apiario también se codificaron las colmenas de cada apiario correspondiente. Terminado el proceso de reconocimiento, se utilizó la función de “Números al Azar” del programa Excel para escoger los apiarios en los que se realizó el estudio.

Los grupos de clasificación se formaron de acuerdo al número de colmenas que se encontraron presentes en el apiario. Es así que: apiarios cuyo número de colmenas integrantes fue menor a 10 colmenas se denominaron “apiarios pequeños”, apiarios cuyo número de colmenas integrantes se encontró entre 11 y 50 colmenas se denominaron “apiarios medianos”, apiarios

cuyo número de colmenas integrantes se encontró entre 51 y 150 colmenas se denominaron “apiarios grandes” y a los apiarios cuyo número de colmenas haya sobrepasado las 150 colmenas se denominaron “apiarios extra grandes”.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se consideró, en forma obligatoria, los siguientes aspectos estadísticos: a) Error estándar de muestreo (5%) y precisión absoluta de investigación del 5%, b) Nivel de confiabilidad de prueba diagnóstica del 95% (Mateu & Casal, 2003). La fórmula a utilizada para el cálculo de tamaño de la muestra necesaria para la aplicación de encuesta epidemiológica es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times (1 - p)}{d^2}$$

Donde:

n: Número de muestras

Z: Valor del intervalo de confianza (Coeficiente)

p: Frecuencia esperada del factor a estudiar

d: Precisión absoluta del estudio

De acuerdo al número de colmenas existentes en cada provincia, cuya información ha sido generada por AGROCALIDAD, se realizó la aplicación de un factor de corrección, en base a dicha información, con la utilización de la siguiente fórmula:

$$n_o = \frac{N \times n}{N + n}$$

Dónde:

N: Total de apiarios por provincia

n: Número de muestras (obtenido con la anterior fórmula)

n_0 : Número final de muestras corregido

3.3.1.4 Cálculos de obtención del número de muestras

$Z=1,96$ (95%)

$p= 0,5$ (porcentaje de prevalencia de *Acarapis* sp, *Braula* sp. y *Varroa* sp. esperado en los apiarios de la zona de estudio)

$d=0,05$ (precisión absoluta del estudio del 95%)

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(0,05)^2} = 384,16$$

La fórmula del tamaño de la muestra obtuvo como resultado un total de 384 muestras (apiarios) por provincia, sin embargo se debe considerar que la investigación considera el diagnóstico de tres organismos por ende se reduce la precisión del estudio al 90% (0.1). Así se determina que el número de muestras por provincia fue de 96.

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(0,1)^2} = 96,04$$

Al realizar la aplicación de la fórmula para corrección del número de muestras por provincia, en base a la información generada por AGROCALIDAD sobre la existencia de apiarios en cada provincia, se procedió al cálculo de muestras (apiarios) tomadas en cada provincia.

Pichincha:

N= 108 (total de apiarios en la provincia)

n= 96 (muestra calculada)

$$n_o = \frac{108 \times 96}{108 + 96} = 50,82$$

En la provincia de Pichincha, fueron 51 apiarios calculados para el muestreo en campo según el cálculo corregido del tamaño de la muestra.

Imbabura:

N=74 (total de apiarios en la provincia)

n=96 (muestra calculada)

$$n_o = \frac{74 \times 96}{74 + 96} = 41,79$$

En la provincia de Imbabura, fueron 42 apiarios calculados para el muestreo en campo según el cálculo corregido del tamaño de la muestra.

Carchi

N= 40 (total de apiarios en la provincia)

n=96 (muestra calculada)

$$n_o = \frac{40 \times 96}{40 + 96} = 28,23$$

En la provincia de Carchi, fueron 28 apiarios que debieron ser muestreados según el cálculo corregido del tamaño de la muestra.

Una vez realizado el cálculo del tamaño de la muestra y conseguido el número de apiarios a muestrear en cada provincia, se procedió a determinar el número de colmenas tomados en cuenta en la investigación, de acuerdo al número total de colmenas presentes en los apiarios. Dicha información permitió la asignación de una proporción adecuada del número de colmenas a incluir en el estudio, de esta manera elevando el nivel de precisión de la investigación. Para obtener el número máximo de colmenas muestreadas por provincia, se procedió al cálculo de la cantidad promedio por apiario.

Dicha proporción que, ya ha tenido alusión, fue:

- Apiarios pequeños (menos de 10 colmenas); representan la mitad de todos los apiarios por cada provincia. Se contempló un muestreo con un límite máximo de 5 colmenas en apiarios asignados a esta categoría.
- Apiarios medianos (entre 11 y 50 colmenas); representan la tercera parte de todos los apiarios por cada provincia. Se contempló un muestreo con un límite máximo de 16 colmenas en apiarios asignados a esta categoría.
- Apiarios grandes (51 a 150 apiarios); representan la cuarta parte de todos los apiarios por cada provincia. Se contempló un muestreo con un límite máximo de 37 colmenas en apiarios asignados a esta categoría.
- Apiarios extra grandes (más de 150 colmenas); representan la octava parte de todos los apiarios por cada provincia. Se contempló un muestreo con un límite máximo de 45 colmenas en apiarios asignados a esta categoría.

En base a lo expuesto anteriormente se obtuvo

Tabla 4

Número de apiarios y colmenas obtenidos para muestreo de acuerdo al cálculo de la muestra y a la proporción de colmenas en la provincia de Pichincha

Tamaño del apiario	Número de apiarios	Proporción	Número de apiarios a ser muestreados	Número de colmenas muestreadas
Pequeños	56	1/2	30	150
Medianos	45	1/3	16	256
Grandes	3	1/4	2	74
Extra grandes	4	1/8	2	100
Total	108		50	580

Tabla 5

Número de apiarios y colmenas obtenidos para muestreo de acuerdo al cálculo de la muestra y a la proporción de colmenas en la provincia de Imbabura

Tamaño del apiario	Número de apiarios	Proporción	Número de apiarios a ser muestreados	Número de colmenas a ser muestreadas
Pequeños	46	1/2	31	155
Medianos	25	1/3	10	160
Grandes	3	1/4	1	37
Extra grandes	0	1/8	0	0
Total	74		42	352

Tabla 6

Número de apiarios y colmenas obtenidos para muestreo de acuerdo al cálculo de la muestra y a la proporción de colmenas en la provincia de Carchi

Tamaño del apiario	Número de apiarios	Proporción	Número de apiarios a ser muestreados	Número de colmenas a ser muestreadas
Pequeños	19	1/2	15	75
Medianos	18	1/3	11	176
Grandes	2	1/4	1	37
Extra grandes	1	1/8	1	45
Total	108		28	333

Total de apiarios calculados para muestreo en campo en las tres provincias= 120

Total de colmenas calculadas para muestreo en campo en las tres provincias= 1265

Debe mencionarse que las muestras calculadas para la investigación en las tres provincias siendo, Imbabura con 74 apiarios y 1025 colmenas; Carchi con 40 apiarios y 976 colmenas tienen un menor número de apiarios en comparación a Loja o Manabí, tienen también un número importante de colmenas que permite obtener un excelente margen de precisión del estudio.

Sin embargo se muestrearon menor número de apiarios a los calculados debido a la falta de tiempo de productores para realizar la visita en campo, desinterés por realizar el muestreo, logística y movilización a las explotaciones, entre otros, por lo cual se muestreó 30 apiarios distribuidos en las tres provincias antes mencionadas.

3.3.2 Colecta de las muestras

3.3.2.1 Acarapisosis

Se procedió a coleccionar abejas adultas de la piquera de la colmena siguiendo el protocolo que se detalla a continuación:

- Antes de iniciar con la recolección, se obstruyó la piquera con papel con el objetivo de impedir el ingreso de abejas pecoreadoras al interior de la colmena, debido a que las mismas son las de mayor edad dentro de los habitantes de las colmenas.
- A continuación, se coleccionaron las abejas con la ayuda de un envase plástico de boca ancha mediante un movimiento horizontal por la piquera. Cerrando el frasco y agitando para evitar que las abejas muestreadas no salgan al interior. Se realizó este procedimiento hasta verificar la existencia de entre 25 y 35 individuos por muestra.
- Se cerró el frasco en forma correcta y se procedió a la rotulación cada muestra indicando el código asignado a cada apiario, colmena y fecha de recolección de esta forma: A1-C1-fecha (A: apiario, C: colmena).

- Las muestras fueron refrigeradas a 5°C y transportadas hasta el Laboratorio de Sanidad Animal, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, para su análisis.

3.3.2.2 Varroosis y Braulosis

Se tomó precauciones para colectar abejas jóvenes que se encuentran al interior de la colmena siguiendo el protocolo de varroosis detallado a continuación:

- Se colocó el frasco plástico en posición vertical con respecto al cuadro de la colmena y se procedió a deslizar el frasco hacia debajo de ambos lados del cuadro. Se realizó este procedimiento hasta verificar la existencia de entre 80-100 individuos por muestra.
- Se cerró el frasco en forma correcta y se procedió a la rotulación cada muestra indicando el código asignado a cada apiario, colmena y fecha de recolección de esta forma: A1-C1-fecha (A: apiario, C: colmena).
- Las muestras fueron refrigeradas a 5°C y transportadas hasta el Laboratorio de Sanidad Animal, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para su análisis.

3.3.3 Fase de laboratorio

3.3.3.1 Acarapisosis

Se utilizó el protocolo estándar para disección traqueal (Figura 6) desarrollado por Sammataro et al. (2013).

- Se extrajeron 20 abejas del frasco plástico y se los colocó sobre una caja Petri (A) , con la ayuda de una pinza de disección y un bisturí se separó el abdomen (B), la cabeza y el primer

par de patas para obtener el disco torácico de cada abeja, los cuales se procedió a colocarlos en otra caja Petri (C).

- Luego de obtener los 20 discos torácicos se procedió a quitar el anillo cervical de cada disco y se observó en un estéreo microscopio (D), se retiró el tejido muscular y adiposo para observar el estado presente de las tráqueas (E y F).
- A los individuos que presentaron lesiones traqueales (G), se desmontaron las tráqueas sospechosas de infecciones y se las colocaron en portaobjetos, se añadió una gota de azul de metileno al 1% a cada tráquea desmontada y, después de tres minutos, una gota de etanol al 95%, se colocaron cubreobjetos a cada muestra de tráquea, con lo cual era posible su visualización en un microscopio con un aumento de 20x.

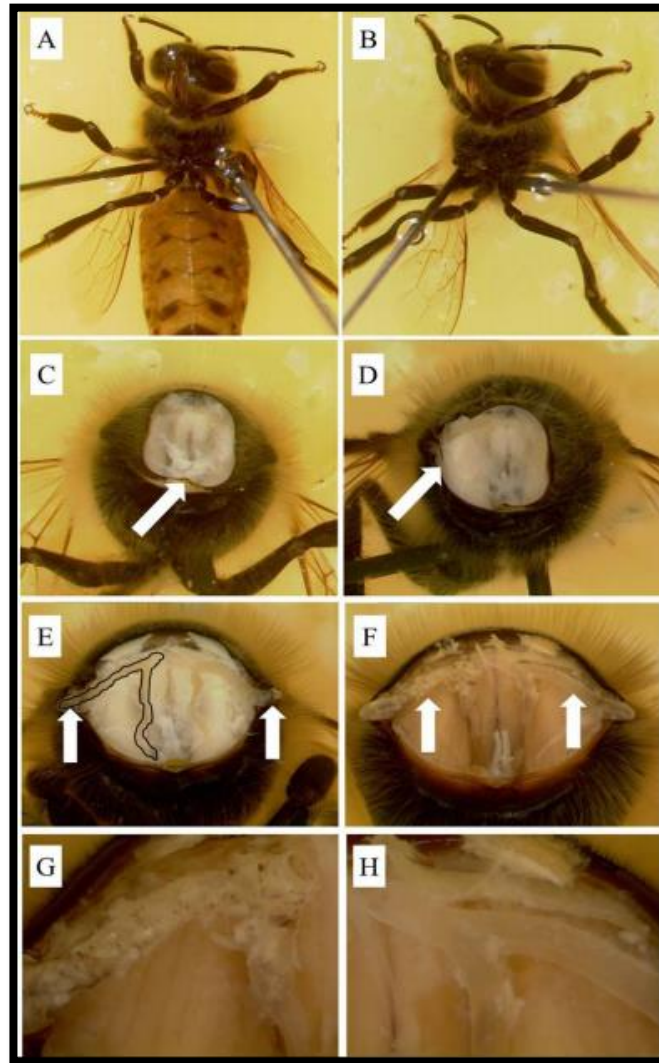


Figura 8. Método estándar de disección traqueal para acarapisosis

Autor: Sammataro et al. (2013)

3.3.3.2 Varroasis y Braulosis

- A cada frasco de muestra se agregó 30 ml de agua destilada y 1 ml de jabón neutro.
- Se realizó una agitación manual por cinco minutos para separar los ácaros de las abejas.
- Posteriormente, con la ayuda de un tamiz con dos mallas de diferente poro, se filtró el contenido del frasco.

- A continuación se realizó un lavado de abejas, reteniéndose estas en la malla de mayor tamaño de poro y los ácaros y dípteros en la malla de menor tamaño de poro.
- Se recolectó los ácaros y dípteros presentes en la malla, se identificó en forma macroscópica y microscópica, siendo posteriormente el conteo de ácaros y dípteros encontrados sobre una tela de color blanco.
- La estimación del nivel de infestación de cada colmena (abejas jóvenes y adultas) se calculó en base al número de especímenes de *Varroa* sp. y *Braula* sp. por número de abejas (*Apis mellifera*) analizadas aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Infestación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Ácaros o Dípteros encontrados}}{\text{N}^\circ \text{ de Abejas en la muestra}} \times 100$$

3.3.4 Análisis estadístico

3.3.5 Estadística descriptiva

El análisis descriptivo de datos, de acuerdo a Orellana (2001), permite recolectar y caracterizar un grupo de datos y el comportamiento de las variables.

3.3.5.1 Variables cualitativas

3.3.5.1.1 Variables pluridimensionales

Este tipo de variables recolectan información sobre tres o más características, en esta investigación, de los apiarios estudiados, con ello se detallaron características como el lugar de ubicación, tipo de manejo de colmenas, altura sobre el nivel del mar de la ubicación de los apiarios, vegetación de los alrededores, entre otras.

3.3.5.1.2 Variables cuantitativas

3.3.5.1.2.1 Variables discretas

Estas variables solo pueden tomar valores enteros (2,1, 0,-1.....), dentro de estas variables se analizaron datos por ejemplo: el número de apiarios y colmenas positivos a la presencia de *Acarapis* sp., *Braula* sp. y *Varroa* sp.

3.3.5.1.2.2 Medidas de tendencia central

La interpretación de los datos debe ser detallada, ya que los resultados que se obtengan estadísticamente pueden o no ser significativos. Por ello, teniendo en perspectiva que en la presente investigación se utilizaron conjuntos de datos generados por las variables, en especial de tipo descriptivo, cuyo objetivo es caracterizar la presencia de acarapisosis, braulosis y varroasis en las abejas melíferas; para las muestras provenientes de las colmenas bajo estudio. Por esto la estadística descriptiva con índices como: la media aritmética, la mediana o la moda, permitieron resumir la información a obtener luego de la aplicación de los análisis de las distintas muestras procesadas (Álvarez & Delgado, 2015).

3.3.5.1.2.3 Medidas de dispersión

Al tener conjuntos de valores generados por las medidas de tendencia central, fue necesario la utilización de medidas de dispersión, como una forma de determinar el grado de cercanía o alejamiento que los datos generados puedan tener con respecto al promedio general de los mismos (Montgomery, 2004). El uso de estadísticos como: rango, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación, permiten obtener un análisis estadístico completo acerca de la presencia de patógenos a hallar al interior de las colmenas en estudio.

3.3.5.1.2.4 Análisis de la varianza

Debido a la variabilidad generada por las condiciones a realizarse la investigación, es necesario, tomar en cuenta un modelo estadístico que permita la adecuada interpretación de resultados y que evite un sesgo de datos por desestimar propiedades que pueden influenciar en los datos generados. Para ello se realizó una prueba de Chi Cuadrado χ^2 . De esta manera para conocer la significancia de las variables: provincia, cantón, manejo del apiario y tipo de colmena con respecto a los resultados de presencia encontrados, para conocer, de mejor manera, la distribución de las prevalencias en las zonas geográficas tomadas en cuenta para el estudio y obteniéndose un modelo con estimaciones puntuales de la varianza de datos generados (Montgomery, 2004).

También es importante señalar que mediante la inferencia estadística o extrapolación de los resultados y conclusiones de las muestras a la población o universo, se establecieron las normas que permitieron generalizar de forma válida todo el conjunto de análisis y muestreos que se realizaron. Por eso es imperante contar con los análisis de la sensibilidad y los estimadores robustos adecuados para analizar correctamente cualquier conjunto de datos y, de esta forma, las conclusiones se basaron no únicamente en los resultados de las pruebas estadísticas realizadas sino también en toda la información disponible que se cuente (Orellana, 2001).

Por ello se utilizó el software Epi Info 7, programa de software libre que permite el desarrollo y análisis de datos de origen epidemiológico con el fin de generar sistemas de vigilancia de enfermedades. Para su utilización se requiere de tener una correcta base datos, por lo cual se generó una base de datos de todas las variables tomadas en cuenta en la investigación en el programa Excel previo al análisis en Epi Info.7.

3.3.5.1.3 Determinación de factores de riesgo

Para el análisis de factores de riesgo y al tanto del tipo de estudio de cohorte se utilizó la medida Risk Relative o Riesgo Relativo (RR), esto tomando en cuenta los resultado de presencia de las enfermedades de los apiarios y también de acuerdo a las encuestas epidemiológicas realizadas a los productores apícolas donde se contemplan algunos factores que pueden influir en la ausencia o presencia de *Acarapis* sp., *Braula* sp. y *Varroa* sp.

Los factores de riesgo a considerar fueron: captura de enjambre, aplicación de tratamiento, aplicación de trashumancia.

Tabla 7

Tabla 2 x 2 en los estudios de tipo Cohorte

	Enfermos	Sanos	Total
Expuestos	A	B	A+B
No expuestos	C	D	C+D
Total	A+C	B+D	

Fuente: Pita, Vila, & Carpente (1997)

Risk relative (Incidencia acumulada en expuestos y no expuesto)

$$Riesgo\ relativo = \frac{A/(A + B)}{C/(C + D)}$$

Si RR es superior a 1, indica que existe asociación entre la exposición a un determinado factor de riesgo y el hecho de sufrir la enfermedad, sin embargo deben considerarse los intervalos de confianza generados para mejorar la interpretación (Cerdeira, Vera, & Rada, 2013).

El objetivo después de la determinación los factores de riesgo, así como la prevalencia y distribución de las enfermedades, fue la elaboración un manual técnico para el control y/o prevención de acarapisosis, braulosis y varroosis en la zona de estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la muestra de acuerdo a la localización geográfica

En el periodo comprendido entre los meses de abril y julio del 2017 se realizó el estudio de campo correspondiente al muestreo. A continuación se detalla la distribución del número de apiarios y colmenas consideradas durante la realización de la investigación en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha y sus respectivos cantones (Tabla 8).

Tabla 8
Distribución de apiarios y colmenas muestreadas por provincia y por cantón

Provincia	Cantón	N° Ap.	N° Col.	%
<i>Carchi</i>	Mira	1	25	8.99
	Montufar	2	10	3.60
	Tulcán	1	2	0.72
	Total	4	37	13.31
<i>Imbabura</i>	Antonio ante	2	27	9.71
	Cotacachi	7	54	19.42
	Ibarra	4	45	16.19
	Total	13	126	45.32
<i>Pichincha</i>	Cayambe	2	14	5.04
	Mejía	2	7	2.52
	Pedro Moncayo	1	12	4.32
	Quito	6	77	27.70
	Rumiñahui	1	5	1.80
	Total	12	115	41.38
TOTAL		30	278	100

N° Ap: Número de apiarios; N° Col: Número de colmenas; %: Porcentaje

El muestreo se realizó en 278 colmenas de las cuales el 45.32% (126/278) se encuentran ubicadas en la provincia de Imbabura, el 41.38% (115/278) en la provincia de Pichincha y el 13.31% (37/278) en la provincia de Carchi. Esto debido a que de acuerdo a AGROCALIDAD, en estas provincias existe una alta concentración de explotaciones apícolas (AGROCALIDAD, 2016a).

Para el caso de la provincia de Carchi, a pesar de que los datos proporcionados por AGROCALIDAD muestran una considerable cantidad de explotaciones apícolas (n=40) ubicadas en la provincia (AGROCALIDAD, 2016b), no se realizó mayor frecuencia de muestreo debido al progresivo descenso de la actividad apícola en la provincia y a su vez la migración de explotaciones a otras provincias.

4.2 Descripción de la muestra en base al tipo de colmena

La categoría B, que toma en cuenta a las colmenas que tienen 1 piso y 1 shalo y se considera para producción básica de miel, presentó un mayor porcentaje (47.48%; 132/278; Tabla 9) de colmenas muestreadas. A partir de las categorías C y D, cuyas colmenas se encuentran compuestas por 2 pisos y 2 pisos y 1 shalo respectivamente, se consideró como una producción de sistema intensivo.

Tabla 9

Distribución general de la muestra de acuerdo al tipo de colmena

Tipo de colmenas	Nº Colmenas	%
<i>A</i>	91	32.73
<i>B</i>	132	47.48
<i>C</i>	29	10.43
<i>D</i>	14	5.04
<i>E</i>	6	2.16
<i>G</i>	6	2.16
Total	278	100

A: 1 piso; B: 1 piso y 1 shalo; C: 2 pisos; D: 2 pisos y 1 shalo; E: 3 pisos y 1 shalo; G: 4 pisos;
% porcentaje

A escala provincial, la distribución de colmenas de acuerdo al tipo presentó una tendencia similar para las provincias de Carchi y Pichincha (Tabla 10, Tabla 11), obteniéndose una mayor cantidad de colmenas muestreadas que pertenecen a la categoría B, con excepción a la provincia de Imbabura (Tabla 12), donde los apicultores se han enfocado también en la reproducción y masificación de colmenas, las cuales pertenecen a la categoría A (1 piso; 50%).

Debido a una mayor necesidad de desarrollar un mejoramiento genético de las especies de abeja introducida, algunos apicultores dedican sus esfuerzos para la crianza de reinas y de colmenas, para ofertar productos que sean certificados de origen ya que existen problemas de adulteración en productos apícolas. También algunos han diversificado sus servicios optándolos también en forma de recorridos turísticos, lo que disminuye, en cierta manera, su capacidad productiva.

Tabla 10

Distribución de los tipos de colmenas muestreadas en la provincia de Carchi

Tipo de Colmena	Nº Colmenas	%
<i>A</i>	3	8.11
<i>B</i>	22	59.46
<i>C</i>	8	21.62
<i>D</i>	2	5.41
<i>E</i>	2	5.41
TOTAL	37	100.00

A: 1 piso; B: 1 piso y 1 shalo; C: 2 pisos; D: 2 pisos y 1 shalo; E: 3 pisos y 1 shalo; N°: Número; %: Porcentaje.

Tabla 11*Distribución de los tipos de colmenas muestreadas en la provincia de Pichincha*

Tipo de Colmena	N° Colmenas	%
<i>A</i>	25	21.74
<i>B</i>	62	53.91
<i>C</i>	19	16.52
<i>D</i>	2	1.74
<i>E</i>	1	0.87
<i>G</i>	6	5.22
TOTAL	115	100.00

A: 1 piso; B: 1 piso y 1 shalo; C: 2 pisos; D: 2 pisos y 1 shalo; E: 3 pisos y 1 shalo; G: 4 pisos;
 N°: Número; %: Porcentaje

Tabla 12*Distribución de colmenas muestreadas en la provincia de Imbabura*

Tipo de Colmena	N° Colmenas	%
<i>A</i>	63	50.00
<i>B</i>	48	38.10
<i>C</i>	2	1.59
<i>D</i>	10	7.94
<i>E</i>	3	2.38
TOTAL	126	100.00

A: 1 piso; B: 1 piso y 1 shalo; C: 2 pisos; D: 2 pisos y 1 shalo; E: 3 pisos y 1 shalo;
 N°: Número; %: Porcentaje

4.3 Distribución de apicultores que intervinieron en el muestreo de acuerdo a cada provincia

El número de apicultores, que colaboraron con sus colmenas para la realización del muestreo epidemiológico es diferente en cada provincia, esto debido a su disponibilidad de tiempo y a la colaboración presentada para el trabajo en campo. En la Tabla 13 se observa la distribución de apicultores por provincia siendo que en la provincia de Pichincha el 52.17% de colmenas

muestreadas pertenecen a Apicultor 16, mientras que en la provincia de Imbabura el 42.86% de colmenas muestreadas pertenecen a Apicultor 10 y en la provincia de Carchi el 67.57% de colmenas muestreadas pertenecen a Apicultor 13.

Se consideraría un sesgo de información tomando en cuenta que el número de colmenas que han sido muestreadas por cada apicultor pertenecieran únicamente a un solo apiario. Sin embargo dichas colmenas se encuentran distribuidas en diferentes apiarios, por ende, se abarca distintas zonas geográficas.

Tabla 13
Distribución de apicultores por provincia

Provincia	Apicultor	N° Col	%
<i>Carchi</i>			
	Apicultor 1	7	18.92
	Apicultor 6	5	13.51
	Apicultor 13	25	67.57
	Total	37	100
<i>Imbabura</i>			
	Apicultor 2	13	10.32
	Apicultor 5	23	18.25
	Apicultor 7	5	3.97
	Apicultor 8	10	7.94
	Apicultor 9	4	3.17
	Apicultor 10	54	42.86
	Apicultor 11	12	9.52
	Apicultor 12	5	3.97
	Total	126	100
<i>Pichincha</i>			
	Apicultor 3	5	4.35
	Apicultor 4	2	1.74
	Apicultor 12	28	24.35
	Apicultor 14	15	13.04
	Apicultor 15	5	4.35
	Apicultor 16	60	52.17
	Total	115	100
Total		278	100.00

N°Col: Número de Colmenas; %: Porcentaje

4.4 Número de apiarios de productores apícolas de mayor muestreo por provincia

Se considera que el área de influencia de un apiario equivale a un radio de 3 km a la redonda (Vandame, Gänz, Garibay, & Reyes, 2002). En el caso de los apicultores con mayor muestreo y para evitar un sesgo de información debido al número de colmenas muestreadas por apicultor, las colmenas se encuentran distribuidas estratégicamente en distintos apiarios, con excepción a las pertenecientes al Apicultor 13 perteneciente a la provincia del Carchi (Tabla 13), ya que debido a la falta de colaboración de otros apicultores de la zona, solo se consideró este apiario como el mayor muestreado de la zona.

4.5 Número de abejas analizadas en función de la provincia

A pesar de que la metodología para el diagnóstico de *Varroa* sp., y *Braula* sp. sugiere que se debe recolectar un aproximado de 100 abejas por colmena, esto es muy complicado al momento de realizar el trabajo en campo, ya que al realizar el barrido para colectar la muestras caen un número indeterminado de individuos al envase, con lo cual solo se determinó el número exacto al realizar el conteo en el laboratorio. Es así que existe cierta variación en los datos presentados (Tabla 14) como resultados, siendo la provincia de Imbabura en donde se presentó mayor cantidad de abejas analizadas (n=18698) con un promedio de 148 abejas analizadas por colmena muestreada (n=126).

Tabla 14*Detalle estadístico del número de abejas analizadas por provincia*

Provincia	N° Col	Total	Media	Std Dev (ab/ col)
Carchi	37	4709	127.27	54.9488
Imbabura	126	18698	148.40	59.5535
Pichincha	115	15679	136.34	43.0024

N°Col: Número de colmenas; Std. Dev: Desviación Estándar; ab/col: abejas por colmena

Para el caso del diagnóstico de acarapisosis siempre se utilizaron 20 abejas por colmena es decir, se realizó la disección de un total de 5560 abejas.

4.6 Presencia de Varroasis

En los análisis de diagnóstico de *Varroa* sp, se determinó la presencia del ácaro dentro del 84,17% (234/278) del total de colmenas muestreadas. Este porcentaje se observa elevado, si se realiza la comparación con los reportes realizados por la Agencia de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD), quienes indican que la prevalencia sería alrededor del 43% a escala nacional (AGROCALIDAD, 2016).

Sin embargo, estos datos guardan cierta relación con otro estudio realizado en la región norte del país (Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Pichincha) durante el año 2014 y 2015 donde se analizaron 290 colmenas distribuidas en 58 apiarios y se determinó una prevalencia del 90% (265/290) de casos positivos a *Varroa.*, de los cuales un 56% (144/265) presentaban índices de infestación superiores al 5% (Carabajo, 2015) .

En la región sur del país en apiarios localizados en la provincia de Loja (n=46) y la provincia de El Oro (n=5) se determinaron la presencia de *Varroa* del 99,13% (33/46) para la provincia de

Loja y del 80% (4/5) para la provincia de El Oro (Alvarez, 2016), resultados que guardan similitud con la información generada en este estudio a pesar de que no se obtienen datos de prevalencia de años anteriores al 2014 en el país.

En América Latina se ha reportado la presencia de varroasis, sin embargo, no existen estudios puntuales acerca del nivel de prevalencia de *Varroa* sp. por cada país. En Chile se reportó una prevalencia del 34% de casos positivos a varroasis (SAG, 2014), siendo una cifra igualmente alta a lo encontrado en nuestro país y a los resultados presentados en esta investigación.

4.6.1 Presencia de Varroasis de acuerdo a la provincia

En la Tabla 15 se observa la distribución de casos positivos a varroasis de acuerdo a la localización provincial, presentándose un alto porcentaje en la provincia de Pichincha (95.65%) reportando la presencia de varroasis en 110 colmenas de 115 colmenas muestreadas.

A pesar de que la información generada en el país acerca de enfermedades en abejas es limitada, estos datos tienen relación con un estudio realizado durante el año 2015 en la zona del Valle de los Chillos, perteneciente a la provincia de Pichincha, donde se hizo un muestreo con un número similar de apiarios (n=25) y se determinó un 100% de prevalencia de varroasis en los apiarios muestreados (Cherrez, 2015). Así mismo en otro estudio realizado con una cantidad similar de colmenas muestreadas (n=140) se determinó la prevalencia de *Varroa* sp. del 95% (133/140) en colmenas ubicadas en la provincia de Pichincha (Carabajo, 2015).

En el caso de la provincia de Imbabura, el porcentaje de presencia de *Varroa* sp. encontrado en la provincia es de 83.33% (105/126), lo cual es un valor más bajo que lo reportado para la misma provincia en el año 2015, en donde una investigación se determinó en las colmenas de

estudio (n=90) una presencia del 92% (83/90) (Carabajo, 2015). Este descenso del porcentaje de presencia de *Varroa* se explicaría debido a las acciones de control sanitaria por parte de los miembros de la Asociación de Productores Apícolas de Cotacachi (ASOPRAC), la cual se encuentra realizando capacitaciones técnicas a sus miembros en forma constante.

Tabla 15
Distribución de presencia de Varroasis por provincias

Presencia Varroasis	Provincia							
	Carchi		Imbabura		Pichincha		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Negativo</i>	18	48.65	21	16.67	5	4.35	44	15.35
<i>Positivo</i>	19	51.35	105	83.33	110	95.65	234	84.17
TOTAL	37	100	126	100	115	100	278	100

Nº: Número de colmenas; %: Porcentaje

4.6.2 Presencia de Varroasis en función del cantón

Los resultados indican una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la distribución de la presencia de *Varroa* sp. por cantones, observándose la alta presencia de *Varroa* sp., pero cantones como Mejía (n=7), Montufar (n=10), Rumiñahui (n=5) y Tulcán (n=2) presentan 100% de colmenas muestreadas con presencia de *Varroa* sp de acuerdo a los valores presentados en la Tabla 16.

Esta información tiene un contraste con la investigación realizada el año 2015, donde se determinó el 96.98% de prevalencia de *Varroa* en colmenas tomadas en cuenta en dicho estudio (n=166) (Cherrez, 2015), sin embargo la diferencia es que en dicha investigación se realizó muestreando el 91.42% (166/182) de las colmenas existentes en una zona concerniente únicamente a la provincia de Pichincha; en cambio en este estudio para la misma provincia se determinaron similares resultados únicamente muestreando una fracción representativa de la

población de colmenas existentes para la misma zona (45%; 82/182). Con lo cual se confirma el hecho de que no es necesario el muestreo de la totalidad de las colonias de una zona, que presenta condiciones ambientales similares y que estaría separa geográficamente, sino solo de una fracción representativa de la población, la cual debe ser distribuida para abarcar la mayor cantidad de zonas de influencia dentro del lugar de estudio.

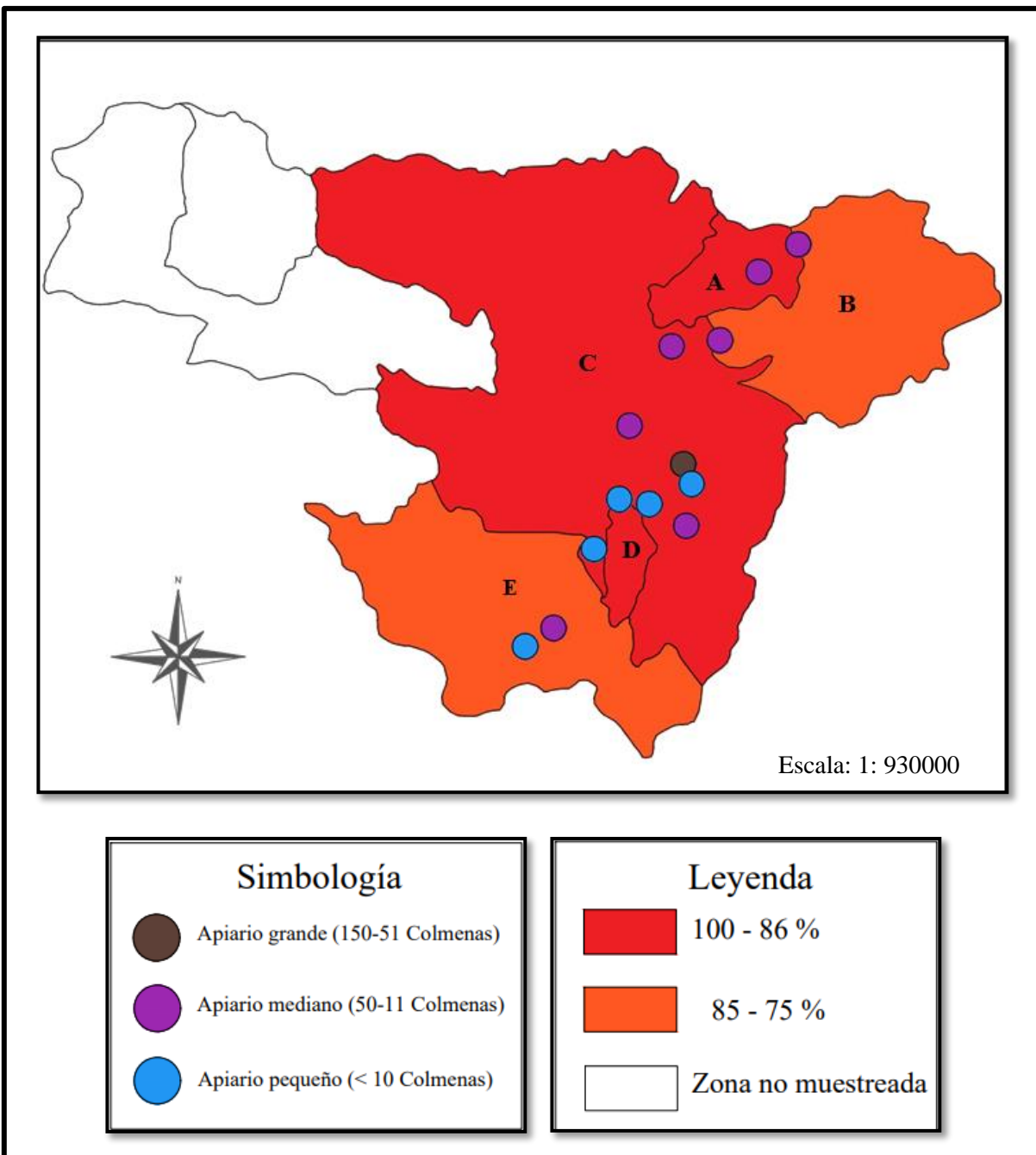
Este método de obtención de información también fue utilizado por Calderón et al., (2007), donde se contabilizó el número de colmenas existentes en Costa Rica ($n=26674$) y se analizaron 262 muestras provenientes de colmenas cuya ubicación se distribuía en las principales zonas de producción apícola de las provincias de Costa Rica. En dicha investigación se determinó una prevalencia del 42% (110/262) de infestación de *Varroa* sp a nivel nacional en Costa Rica.

El muestreo realizado en el presente estudio fue categorizado considerándose el tipo de apiario (grande, mediano, pequeño) y su respectiva ubicación geográfica para evitar el sesgo de información. En las Figuras 9,10 y 11 se presenta la distribución geográfica de *Varroa* sp. considerándose el tipo de apiario de acuerdo a su ubicación en los cantones de las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi respectivamente.

Tabla 16
Distribución de presencia de Varroasis por cantón

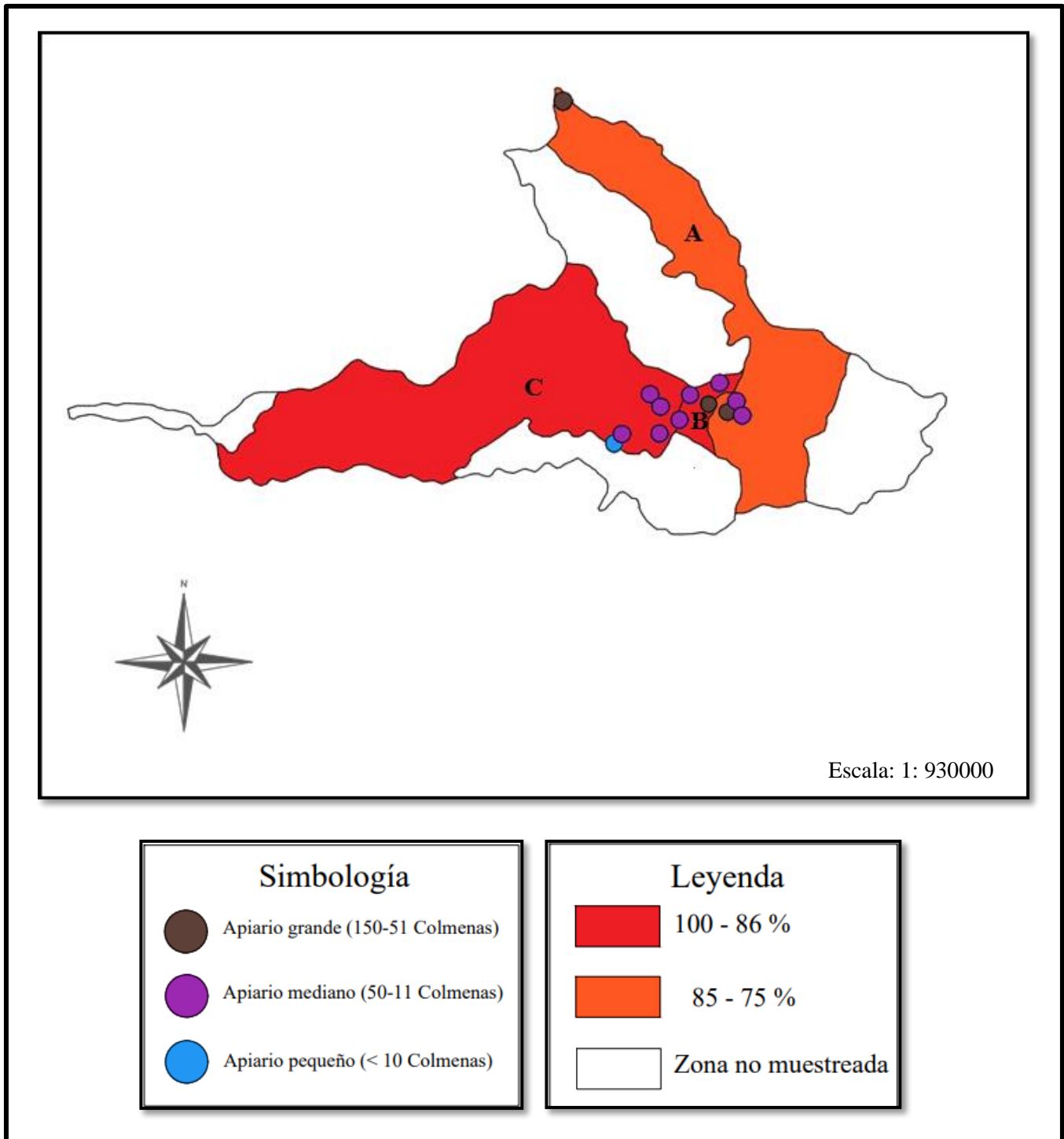
Cantón	Presencia de Varroasis				
	<i>Negativos</i>		<i>Positivos</i>		Total
	N°	%	N°	%	N°
Antonio Ante	3	11.11	24	88.89	27
Cayambe	1	7.14	13	92.86	14
Cotacachi	4	7.41	50	92.59	54
Ibarra	14	31.11	31	68.89	45
Mejía	0	0	7	100	10
Mira	18	72	6	28	25
Montufar	0	0	10	100	10
Pedro Moncayo	1	8.33	11	91.67	12
Quito	3	3.90	74	96.10	77
Rumiñahui	0	0	5	100	5
Tulcán	0	0	2	100	2
TOTAL	44	15.83	234	84.17	278

N°: Número de Colmenas; %: Porcentaje



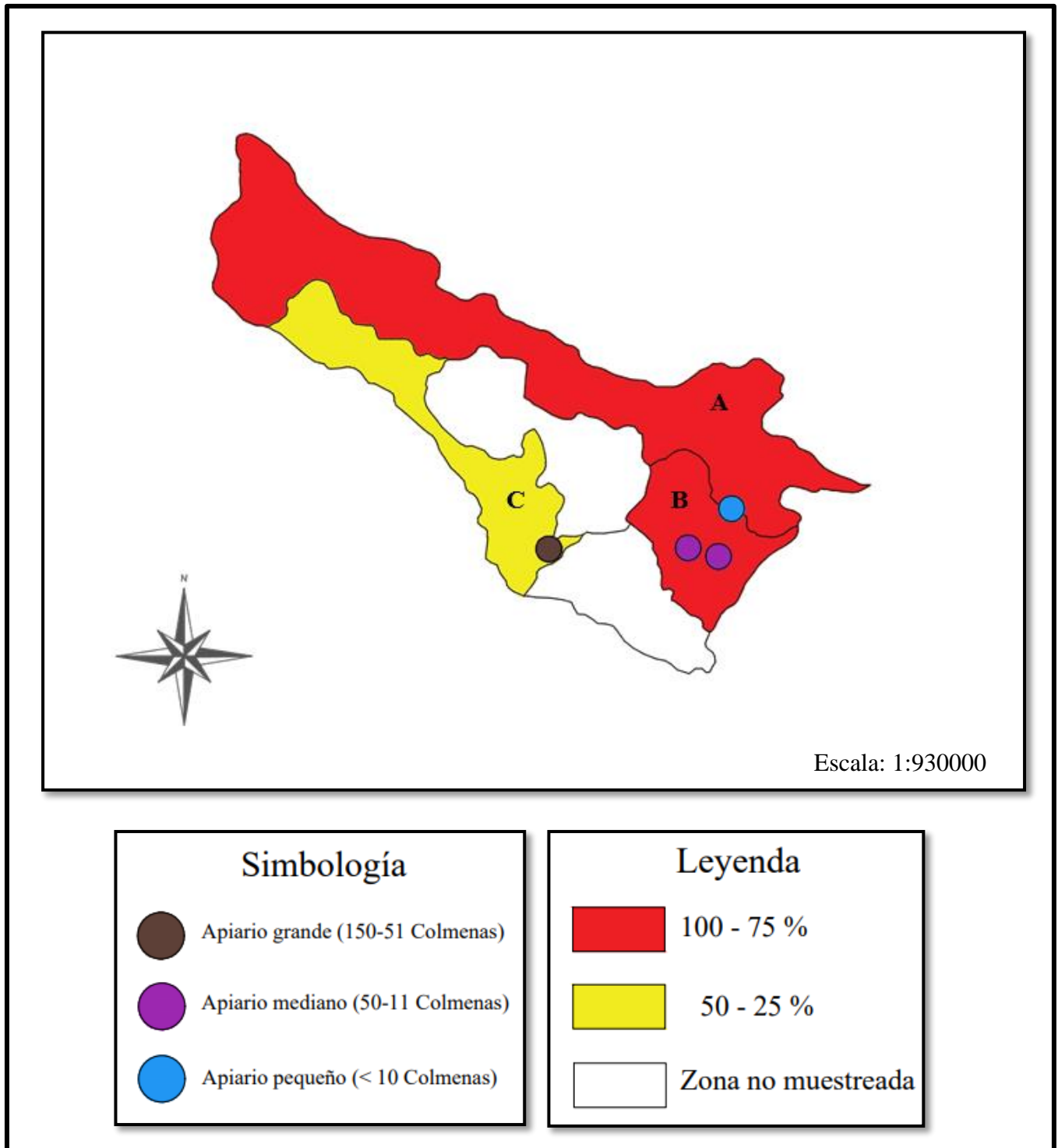
A: Pedro Moncayo; B: Cayambe; C: Quito; D: Rumiñahui; E: Mejía; %: porcentaje.

Figura 9. Mapa de distribución de *Varroa* sp. por cantón de la provincia de Pichincha.



A: Ibarra; B: San Antonio; C: Cotacachi; %: porcentaje

Figura 10. Mapa de distribución de *Varroa* sp. por cantón de la provincia de Imbabura



A: Tulcán; B: Montufar; C: Mira; %: porcentaje

Figura 11. Mapa de distribución de *Varroa* sp. por cantón de la provincia de Carchi

4.6.3 Presencia de Varroasis en función del tipo de colmena

Del total de 234 colmenas positivas a varroasis, el más alto porcentaje de presencia presentó 86.36% (Tabla 17), que pertenece a colmenas tipo B (1 piso y 1 shalo, consideradas de producción), sin embargo la estadística da como resultado una probabilidad de $p > 0.05$, por ende, no existe influencia alguna acerca del tipo de colmena con respecto a la infestación de ácaros que se han encontrado. Se puede explicar debido a que el principal medio de contagio de Varroasis es el contacto físico entre abejas y además de enjambres silvestres o capturados, que puedan estar contaminados, presentes dentro del área de influencia del apiario (3-12 km a la redonda) (Vandame et al., 2002). Por ende, poco o nada influye el tipo de colmena que se encuentre en el apiario siendo que la enfermedad se propaga fácilmente hacia el interior de la colmena y también hacia otras colmenas.

Tabla 17
Distribución de la presencia de Varroasis por tipo de colmena

Tipo de Colmena	Presencia de Varroasis							
	<i>N° abejas analizadas</i>	<i>Negativos</i>		<i>Positivos</i>		Total	N° ácaros encontrados	
		N°C	%	N°C	%		N°C	N°
A	12789	14	15.38	77	84.62	91	426	24.21
B	18990	18	7.24	114	86.36	132	1021	58.04
C	3609	5	35.71	24	82.76	29	211	11.99
D	2018	5	31.11	9	64.29	14	55	3.126
E	854	2	33.33	4	66.67	6	24	3.12
G	826	0	0	6	100	6	22	1.36
TOTAL	39086	44	15.83	234	84.17	278	1759	100

A: 1 piso; B: 1 piso y 1 shalo; C: 2 pisos; D: 2 pisos y 1 shalo; E: 3 pisos y 1 shalo; G: 4 pisos
N°C: Número de colmenas; %: Porcentaje; N°: Número;

4.6.4 Presencia de Varroasis en función del apicultor

Tomando en cuenta que el manejo técnico es un factor propio de cada productor en particular, se debe considerar como información relevante en la investigación. Existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la distribución de la presencia de varroasis de acuerdo al apicultor. En la Tabla 18 se observa que 9 de 16 apicultores presentan el 100% de casos positivos a Varroasis en sus colmenas. Esta información es importante ya que, independiente de la ubicación geográfica de la explotación apícola, el manejo suele ser estandarizado para todos los apiarios que pertenezcan a un productor. En este factor se considera labores como: sanidad de colmenas, prevención y control de enfermedades, higiene de equipos y materiales, buenas prácticas apícolas, nutrición de colmenas entre otras (IICA, 2002).

En una investigación realizada en la provincia de Mendoza, Argentina, para determinación la prevalencia de *Varroa destructor* en apiarios pertenecientes a una zona conocida como el “Valle del Uco” se consideró la influencia de las estrategias sanitarias de cinco apicultores en donde tres de ellos realizaban aplicación de tratamiento acaricidas orgánicos, un apicultor realizó la aplicación de acaricida sintético (Cumafós) y otro apicultor no realizó tratamiento alguno contra *Varroa* sp. Se determinó una alta prevalencia de *Varroa destructor* (100%; 132/132) en colmenas sin embargo existió mayores índices de infestación en colmenas cuyo manejo consistía en no realizar aplicación de tratamiento acaricida y también en colmenas donde se realizó la aplicación de acaricida sintético (Cumafós) (Cagnolo, Marini, Rodriguez, & Figini, 2017).

Otro estudio realizado en 2008 en la región de Galicia; España, la mitad de los apiarios del estudio reportaron pérdidas de colmenas por causa de la alta presencia de *Varroa* sp. Así mismo, solo la mitad de apicultores realizaba aplicación de tratamientos acaricidas, obteniéndose una correcta forma de aplicación solo en el 37% de los casos. De acuerdo al autor, entre las causas que presentan mayor frecuencia en la persistencia de *Varroa* dentro de un apiario es la inadecuada aplicación de tratamientos acaricidas, resultando en subdosificación, lo cual genera resistencia natural, por parte del ácaro, al ingrediente activo del tratamiento aplicado (Glez, 2015).

Una de las formas de propagación de *Varroa* sp. ha sido el traslado de colmenas infestadas mediante la realización de trashumancia. Una de las causas por la que se genera es por el desconocimiento de los productores sobre el estado sanitario de sus colmenas al momento del traslado y al escaso o nulo manejo de registros (Salamanca, Osorio, & Rodríguez, 2012).

4.6.5 Estadística en función del número de ácaros de *Varroa* sp. encontradas

Utilizando los protocolos antes descritos en la metodología, se encontraron un total de 1759 ácaros de *Varroa* sp., siendo que 53.72% (945/1759) de ácaros pertenecen a la provincia de Pichincha, 39.4% (690/1759) de ácaros pertenecen a la provincia de Imbabura y 6.93% (122/1759) de ácaros pertenecen a la provincia del Carchi. Un promedio general de 6.32 ácaros encontrados por colmena con una desviación estándar de ± 6.57 ácaros por colmena.

Tabla 18
Distribución de la presencia de Varroasis en función del apicultor

Apicultor	Presencia de Varroasis				Total
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Apicultor 1	0	0	7	100	7
Apicultor 2	0	0	13	100	13
Apicultor 3	0	0	5	100	5
Apicultor 4	0	0	2	100	2
Apicultor 5	2	8.7	21	91.3	23
Apicultor 6	0	0	5	100	5
Apicultor 7	0	0	5	100	5
Apicultor 8	0	0	10	100	10
Apicultor 9	3	75	1	25	4
Apicultor 10	14	25.93	40	74.4	54
Apicultor 11	1	8.33	11	91.67	12
Apicultor 12	3	9.1	30	90.9	33
Apicultor 13	18	72	7	28	25
Apicultor 14	0	0	15	100	15
Apicultor 15	0	0	5	100	5
Apicultor 16	3	5	57	95	60
TOTAL	44	15.83	234	84.17%	278

N°: Número de Colmenas; %: porcentaje

La provincia de Pichincha presentó un índice de infestación de 6.02%, que se considera de grado infestación moderado además también se obtuvieron los índices de infestación del 3.69% y 2.99% para las provincias de Imbabura y Carchi respectivamente. Se determinó un índice de infestación promedio por apiario del 4.2%, con un índice máximo del 9.13%, considerado como de categoría grave, e índice mínimo del 0.66%, y colmena del 3.79%, con índice máximo del 5.38% e índice mínimo del 2.66%, lo cual se considera como grado de infestación bajo de acuerdo a los valores de infestación de la Tabla 19.

Tabla 19

Tasas de parasitación de Varroa sp. en abejas

Tasas de parasitación	Categoría	Detalle de acción a tomar
<5%	Débil	-
5-10%	Moderada	Requiere tratamiento.
10-20%	Grave	Viabilidad comprometida. Alteraciones morfológicas.
>20%	Muy grave	Riesgo de colapso de colmena

#: porcentaje

Fuente: Pérez & Fernández (2014)

Los valores obtenidos de los índices de infestación provincial en esta investigación presentan valores más bajos a los reportados por Carabajo (2015), en donde el índice de infestación para la provincia de Pichincha fue de 10.40%, mientras que los índices de infestación para las provincias de Imbabura y Carchi fue del 5.35% y 5.95% respectivamente.

Para el caso de índices de infestación por apiario se obtuvo un valor similar al reportado por Cherrez (2015) donde se determinó un índice de infestación del 4.06%. Hay que destacar que los resultados obtenidos en dicho estudio determinaron un índice máximo del 33.72%, considerado de infestación muy grave, y que se encuentra por encima al valor máximo obtenido (9.13%) en esta investigación.

4.7 Presencia de Braulosis

En los análisis de diagnóstico de *Braula* sp. se determinó su presencia en un porcentaje del 4.32% de colmenas muestreadas (n=278). El porcentaje encontrado es similar al valor de presencia reportado por la Agencia de Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD), existe una presencia del 5% de *Braula* sp. a nivel nacional para el año 2015 (AGROCALIDAD, 2016a).

En el año 2016 un estudio epidemiológico de *Braula* sp., en donde se analizaron un número similar de apiarios (n=25) y algo menor de colmenas (n=166) ubicadas en provincia de Pichincha, se determinó una prevalencia *Braula* sp. apiario del 60% (16/25), colmena del 18.7% (31/166) y un índice global de infestación del 0.18% (Zapata, 2016), información que se encuentra distante a los resultados obtenidos en esta investigación (4.32%; 12/278). Debe considerarse que las muestras se recolectaron en similar época del año para ambos estudios.

En América Latina, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), ha reportado la presencia de *Braula* sp. en casi todos los países sin embargo dentro de la región no existen reportes continuos sobre el estado sanitario de la enfermedad, la cual facilita su dispersión, ocasionando debilitamiento a las colmenas que resulten infestadas (Ellis & Munn, 2005).

En escala regional se ha reportado estudios puntuales acerca de la prevalencia de *Braula* sp., tal es el caso de Chile en donde se reportó una prevalencia del 1.68% en muestreos realizados en 366 colmenas durante los años de 1999 a 2000 (Hinojosa & González, 2004).

La falta de estudios locales impiden una mejor comparación de resultados obtenidos, sin embargo ciertas investigaciones hechas en su mayoría en África exponen datos sobre la presencia de *Braula* sp. en las colmenas. Uno de estos estudios, que se realizó en Etiopía determinó una prevalencia de *Braula coeca* del 5.5% en las abejas adultas y del 4% en la cría (Gidey, Mulugeta, & Fromsa, 2012).

Otro estudio realizado en 385 colmenas ubicadas en la zona de West-Shoá en Etiopía, se obtuvo una infestación global del 42% de dípteros en las colmenas, valor que representa un grado de infestación muy grave. Mientras que la prevalencia de *Braula coeca* para las zonas de estudio fue del 70% para la región de Gemechis, 50% y 17.1 para las regiones de Holeta y Jaldú respectivamente (Gemechu, Alemu, Amssalu, & Berhan, 2013).

4.7.1 Presencia de Braulosis en función de la provincia

En la Tabla 20 se observa la distribución de la presencia de casos positivos de Braulosis, encontrándose un porcentaje del 9.57% de las colmenas muestreadas en la provincia de Pichincha.

Esto puede interpretarse dado que en el año 2015, en la provincia de Pichincha donde se encontraron especímenes de *Braula schmitzi* en apiarios de la zona del Valle de los Chillos (Zapata-Carvajal et al., 2017). Sin embargo, también se ha reportado un caso positivo de presencia de *Braula* sp. en la provincia de Imbabura, denotándose su progresiva movilización y migración a apiarios fuera de la zona del primer reporte conocido.

También cabe recalcar que las colmenas que se encontraban en zonas con un clima frío (10-13°C), principalmente en las colmenas ubicadas en la provincia del Carchi, no se reportaron casos

positivos a Braulosis, aunque el clima no puede tomarse como referencia ya que las temperaturas medias entre Pichincha, Imbabura y Carchi presentan una similitud entre 13-15°C (MAGAP, 2016).

Es de considerar que la provincia de Carchi es productora importante de papa, con lo cual, para mejorar la cantidad de producción y efectuar el control de plagas y enfermedades se realiza aplicaciones de agroquímicos, con lo cual, pueden afectar no solo a las poblaciones de *Braula* sp., sino también a las abejas por causar intoxicación y mortalidad en las mismas además de alteraciones en la calidad de miel que se produce dentro de la colmena (Crissman, Yanggen, & Espinosa, 2002).

Tabla 20

Distribución de presencia de Braula sp. en función de la provincia

Presencia <i>Braula</i> sp.	Provincia							
	Carchi		Imbabura		Pichincha		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
<i>Negativo</i>	37	100	125	99.21	104	90.43	266	95.68
<i>Positivo</i>	0	0	1	0.79	11	9.57	12	4.37
TOTAL	37	100	126	100	115	100	278	100

N°: Número de colmenas; %: porcentaje

4.7.2 Presencia de Braulosis en función del cantón

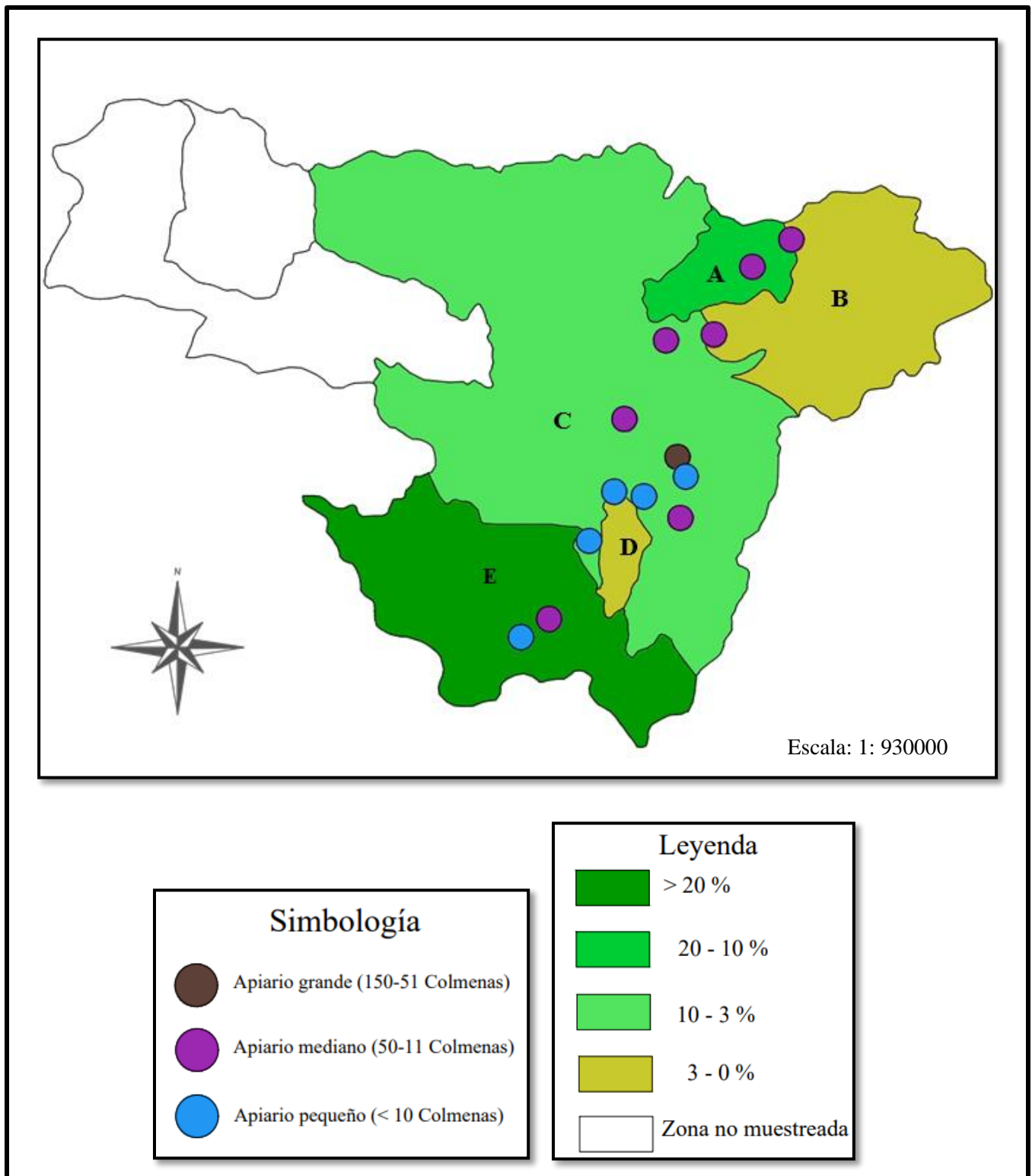
En la Tabla 21 se observa la distribución de colmenas positivas a la presencia de braulosis, de acuerdo al cantón de localización. Se denota la existencia de una diferencia significativa ($p < 0.05$) y además los casos positivos a braulosis se encuentran en los cantones: Mejía (71.43%, 5/7), Pedro Moncayo (16.67%, 2/10), Quito (5.19%, 4/73) y Antonio Ante (3.7%, 1/26). Esta situación puede presentarse debido a un mal manejo técnico de la explotación apícola, que para el caso de los cantones: Mejía y Pedro Moncayo, el muestreo se realizó en solo un apiario por cantón. De la misma manera, en las Figuras 12 y 13 se aprecia la distribución geográfica de *Braula* sp. en función del tipo de apiario y del porcentaje de presencia para los cantones de las provincias de Pichincha e Imbabura respectivamente.

. La aparición, multiplicación y dispersión de *Braula* sp. se ve afectada en gran manera por las condiciones de manejo presentes en las colmenas. Apiarios cuyas colmenas se encuentren demasiado cerca entre sí, son más recurrentes a cometer pillaje, con lo cual, se dispersa la enfermedad entre colmenas. Mantener alto nivel de higiene en todas las prácticas de manejo en las explotaciones apícolas, contribuye en gran medida al comportamiento y salud general de las abejas, con lo cual se evita la aparición de la enfermedad en el apiario (Gemechu et al., 2013).

Tabla 21
Distribución de presencia de Braula sp. en función del cantón

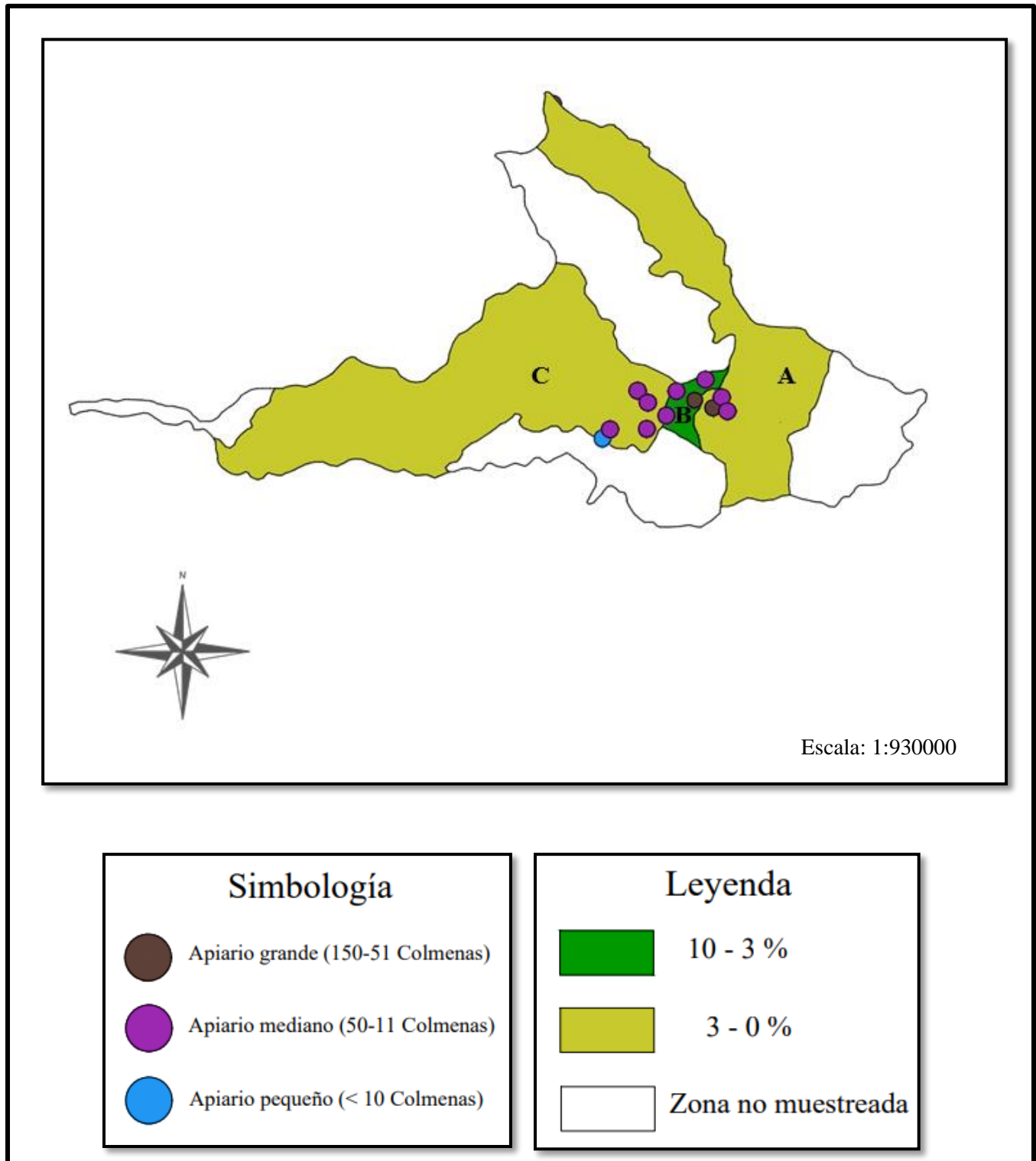
Cantón	Presencia de Braulosis				
	Negativos		Positivos		Total
	Nº	%	Nº	%	Nº
Antonio Ante	26	96.3	1	3.70	27
Cayambe	14	100	0	0	14
Cotacachi	54	100	0	0	54
Ibarra	45	100	0	0	45
Mejía	2	28.57	5	71.43	7
Mira	25	100	0	0	25
Montufar	10	100	0	0	10
Pedro Moncayo	10	83.33	2	16.67	12
Quito	73	94.81	4	5.19	77
Rumiñahui	5	100	0	0	5
Tulcán	2	100	0	0	2
TOTAL	266	95.68	12	4.32	278

Nº: Número de colmenas; %: porcentaje



A: Pedro Moncayo; B: Cayambe; C: Quito; D: Rumiñahui; E: Mejía; %: porcentaje.; %: porcentaje.

Figura 12. Mapa de distribución de presencia de *Braula* sp. por cantón de la provincia de Pichincha



A: Pedro Moncayo; B: Cayambe; C: Quito; D: Rumiñahui; E: Mejía; %: porcentaje.; %: porcentaje.

Figura 13. Mapa de distribución de presencia de *Braula* sp. por cantón de la provincia de Imbabura

4.7.3 Presencia de Braulosis en función del tipo de colmena

No se presentó una diferencia significativa ($p > 0.05$) en la presencia de *Braula* sp. con respecto al tipo de colmena, lo cual nos indica que *Braula* sp. puede presentarse en una colmena sin consideración de acuerdo al tipo de colmena que pertenezca. Así mismo se observó que el 50% de colmenas positivas a braulosis (6/12) se encuentran en la categoría B (un piso y un shalo) las cuales se consideran de producción (Tabla 22).

El principal motivo de *Braula* sp. para estar presente dentro de una colmena es, por lo general, la disponibilidad de miel. El alimento primario del díptero es la miel y polen producido al interior de la colmena, con lo cual en colmenas que se encuentran altamente infestadas de *Braula* sp., se degrada la cantidad y calidad de miel producida (Shimanuki & Knox, 2000).

También debe considerarse que el desarrollo larvario de *Braula* ocurre en los marcos de miel, los cuales resultan dañados severamente por las galerías formadas por la larva. Además, los adultos de *Braula* prefieren estar en la reina, debido a la permanente presencia de la reina al interior de la colmena, con lo cual provoca molestias y resulta en la disminución de la ovoposición, con lo cual se disminuye la cantidad de larvas de *Apis mellifera* (Peldoza, 2002).

Tabla 22
Presencia de Braula sp., en función del tipo de colmena

Tipo de Colmena	Presencia de Braulosis				
	Negativos		Positivos		Total
	Nº	%	Nº	%	Nº
A	90	98.9	1	1.10	91
B	126	95.45	6	4.55	132
C	27	93.10	2	6.90	29
D	13	92.86	1	7.14	14
E	5	83.33	1	16.67	6
G	5	83.33	1	16.67	6
TOTAL	266	95.68	12	4.32	278

A: 1 piso; B: 1 piso y 1 shalo; C: 2 pisos; D: 2 pisos y 1 shalo; E: 3 pisos y 1 shalo; G: 4 pisos; Nº: Número de colmenas; %: porcentaje

4.7.4 Estadística en función del número de dípteros encontrados de *Braula sp.*

Utilizando los protocolos de recolección de *Varroa sp.* se encontraron un total de 24 especímenes de *Braula sp.*, de las cuales 23 especímenes pertenecían a la provincia de Pichincha y 1 espécimen a la provincia de Imbabura. Un promedio general de 0.083 dípteros presentes por colmena con una desviación estándar de ± 0.5372 dípteros por colmena fue encontrado en el estudio.

El índice de infestación global determinado fue del 0.06%, con un índice máximo de 1.003% y un índice mínimo de 0.003%, a pesar de no considerarse de alta gravedad, si es necesario realizar controles para evitar la diseminación por colmenas de diferentes localidades del país.

El índice global de infestación *Braula* sp. de 0.18% encontrado por Zapata (2016) en los apiarios del estudio realizado en la provincia de Pichincha en el año 2016, es un valor ligeramente superior al encontrado en la presente investigación. Los resultados confirman el hecho de que a pesar del tiempo, aun es persistente la presencia de *Braula* sp. dentro de la provincia de Pichincha.

La diferencia encontrada de presencia de *Braula* sp. con estudios anteriores puede deberse al método de diagnóstico. En la presente investigación se utilizó el protocolo de diagnóstico del frasco para encontrar *Varroa* sp. descrito por Dietemann et al. (2013), pero debe considerarse las localizaciones de ambos parásitos adentro de la colmena, ya que, el ácaro *Varroa* suele permanecer en el tórax de las abejas adultas y en las celdas de cría (Sammataro & Gerson, 2000), mientras que el piojo *Braula* generalmente permanece sobre el tórax de la reina y en menor grado en abejas adultas (Peldoza, 2002).

4.7.5 Identificación de especímenes de *Braula* sp.

Se realizó la identificación morfológica de los especímenes de *Braula* sp. recolectados (n=24) durante la investigación.

Dentro de los especímenes encontrados (Figura 14) se determinaron que 13 dípteros eran machos mientras que 11 dípteros eran hembras. Utilizando las claves entomológicas de *Braula coeca* y *Braula schmitzi* descritas por Dobson (1999), se tomó en cuenta el número de esternitos presentes en el tórax, la presencia de vellosidades en los esternitos y la forma del hypopygium (aparato genital masculino) y del cerci (aparato genital femenino) presentes en los especímenes (n=24) recolectados en el presente estudio. Se determinó que los individuos recolectados pertenecen en su totalidad a la especie de *Braula schmitzi*.



De izquierda a derecha: Macho, cuyo aparato genital se conoce como Hypopygium; Hembra que presenta su aparato genital llamado Cerci

Figura 14. Especímenes de *Braula schmitzi* recolectados

Los especímenes en su mayoría provienen de colmenas (n=23) ubicadas en la provincia de Pichincha. Esta información guarda relación con el reporte de presencia de *Braula schmitzi* en colmenas localizados (n=166) en la zona correspondiente al valle de los Chillos realizado en la provincia de Pichincha por Zapata-Carvajal et al. (2017).

Sin embargo también se detectó la presencia de un espécimen de piojo *Braula* en la provincia de Imbabura, con lo cual su dispersión puede verse facilitada por actividad de movilización de colmenas, miel o equipo apícola como parte del manejo de la explotación apícola (Peldoza, 2002).

Según los datos presentados la Agencia de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD), el país presenta una prevalencia de la especie de *Braula coeca* del 5% para

el año 2015 (AGROCALIDAD, 2016a). Cabe destacar que no existe información adicional y concluyente que permita confirmar la presencia de la especie *Braula coeca* en el país.

4.8 Factores de riesgo

4.8.1 Factor de riesgo de presencia de *Varroa* sp. en función a trashumancia

El análisis dio como resultado que el Riesgo Relativo (RR) = 0.7744, lo que quiere decir que la realización de trashumancia no es un factor de riesgo para las colmenas y el ácaro *Varroa* sp., parasita colmenas, sea que se encuentren o no en movilización de trashumancia, con intervalos de confianza de 0.2591 y 2.3148 (Ver Tabla 23).

Debe mencionarse que Cherrez (2015) llegó a determinar que la realización de trashumancia es un factor de riesgo, concluyendo que dicha actividad realizada por los apicultores en las colmenas desarrolla hasta 17.45 veces la posibilidad de presentar *Varroa destructor* en sus apiarios. Este valor es muy distante al obtenido en la presente investigación, con lo cual es posible la influencia de factores que no han sido tomados en cuenta durante la realización del presente estudio.

La realización de trashumancia es un método de dispersión de *Varroa* sp., sin embargo no es el único del cual el ácaro dispone para movilizarse e infestar otras colmenas. Otros medios de propagación como la presencia de enjambres infestados en el área de influencia del apiario, ingreso de material apícola contaminado también se consideran como vías de propagación de la enfermedad (Moreno, 2013).

La cercanía de colmenas en un mismo apiario, contribuye al pillaje de colmenas, con lo cual el ácaro puede alojarse en las celdas de las abejas obreras o zánganos de la colmena en pillaje y

empezar la postura de los huevos con lo cual se iniciará un ciclo de infestación también es otro método de propagación no solo del ácaro *Varroa* sino también para otras enfermedades como braulosis, nosemosis entre otras (D Sammataro & Gerson, 2000).

Tabla 23

Análisis de factor de riesgo de aplicación de trashumancia vs presencia de Varroa sp.

Actividad de trashumancia	Presencia de <i>Varroa</i> sp.				
	Negativo		Positivo		Total
	Nº	%	Nº	%	Nº
Negativo	3	12.50	21	87.50	24
Positivo	41	16.14	213	83.96	254
TOTAL	44	15.83	234	84.17	278

Nº: Número de casos; %: porcentaje

4.8.2 Factor de riesgo de presencia de *Varroa* sp., con respecto a aplicación de tratamiento

El análisis de factor de riesgo realizado (Tabla 24) dio como resultado que el Riesgo Relativo (RR) fue de 3.13, lo que indica que las colmenas que reciben la aplicación de un tratamiento para el control de ácaros de *Varroa* tienen 3.13 veces más de oportunidad de ser infestadas con *Varroa* sp., por lo cual se considera que es un factor de riesgo.

La aplicación de tratamiento, de acuerdo a este estudio, es considerado un factor de riesgo que permite la presencia de *Varroa* sp. en las colmenas. Esto puede entenderse que el tratamiento inadecuado puede estar causando una sensibilización en la población de la colmena, lo cual permite la infestación de *Varroa* sp. Todo tratamiento de control genera una condición de estrés en las abejas, que en cierta manera, disminuye su propia capacidad inmune para responder con rapidez a enfermedades presentes (Vandame, 2000).

Posibles causas como la naturaleza química de los productos aplicados para tratamiento puede explicar este hecho, ya que en algunos casos como el ácido oxálico, de presentarse una dosis excedente a la recomendada o una alteración en la preparación del tratamiento, puede ocasionar diarreas y daños en el aparato digestivo (IICA, 2002). Así mismo, la sub-dosificación de productos químicos para el control de *Varroa* sp. ha ido generando mecanismos naturales de defensa y mejora genética en las poblaciones del ácaro por lo cual, se propicia a la aparición de poblaciones de *Varroa* sp. resistentes a la acción de acaricidas (Glez, 2015) .

Un caso representativo de esta situación es el Amitraz, usado como desparasitación externa de ácaros en especies animales como cerdos, perros y bovinos, suele ser utilizado para realizar preparaciones artesanales para tratamiento de *Varroa* sp., lo cual no es recomendable ya que no está formulado para utilizarse en explotaciones apícolas y además ha permitido resistencia a la acción del principio activo con lo cual la efectividad del control se encuentra comprometida (AMA, 2011; Rodríguez-Dehaibes, Otero-Colina, Sedas, & Jiménez, 2005).

En un estudio realizado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para determinar la dosis letal 50 de ácido oxálico, aceite esencial de eucalipto y Amitraz en abejas adultas infectadas con *Varroa* sp. se determinó la idoneidad del ácido oxálico en el tratamiento contra *Varroa* sp., debido a que se requirió una mayor concentración del ácido, en comparación a Amitraz y aceite esencial de eucalipto, para que presentara toxicidad en abejas (Ron-Román & Martin, 2014).

La correcta dosificación y elaboración de los tratamientos permite un adecuado control de *Varroa* sp. además evitará la intoxicación química de poblaciones de abejas adultas, siempre considerando no solo el efecto acaricida sino también la residualidad en material apícola como la cera o productos obtenidos de la colmena como el polen y la miel (SAGARPA, 2011).

Tabla 24

Análisis de factor de riesgo de aplicación de tratamiento vs presencia de Varroa sp.

Aplicación de tratamiento	Presencia de <i>Varroa sp.</i>				Total N°
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Negativo	1	50	1	50	2
Positivo	44	15.94	232	84.06	254
TOTAL	45	15.83	233	83.81	278

N°: Número de casos; %: porcentaje

4.8.3 Factor de riesgo de presencia de *Varroa sp.* con respecto a la presencia de *Braula sp.*

El análisis de factor de riesgo aplicado (Tabla 25) dio como resultado que el Riesgo Relativo (RR) fue de 1.0545, lo cual quiere decir que la presencia de *Braula sp.* no es considerado un factor de riesgo para la presencia de *Varroa sp.* en las colmenas, con intervalos de confianza de 1.023 y 1.086 respectivamente.

La presencia de *Braula sp.* no se considera factor de riesgo de infestación de *Varroa sp.* para colmenas, esto debido a que no es biológicamente sustentable esta afirmación, más bien, la presencia de *Varroa sp.*, suele estar asociado a la infestación de *Braula sp.* en la colmena, ya que, ambas especies de ectoparásitos suele desarrollarse favorablemente cuando existen condiciones ambientales adecuadas, en especial cuando son temporadas de clima cálido (Zaitoun & Al-Ghzawi, 2008).

Hay que tomar en cuenta las zonas de desarrollo de ambos parásitos al interior de la colmena. *Varroa sp.* se desarrolla en las celdas de cría de los zánganos y de las obreras, alimentándose de

la hemolinfa de las larvas y de los adultos, ya que se adhieren al tórax, abdomen o cabeza de las abejas adultas cuando el ácaro ha alcanzado la etapa adulta. Esta acción ocasiona la mortalidad de larvas, que en severas infecciones no logran opercular, y adultos afectados, quienes presentan abdómenes cortos, alas quebradizas, patas deformes y tienen menor peso corporal que las abejas sanas (Shimanuki & Knox, 2000). Mientras que el piojo *Braula* se desarrolla en las celdas de miel, haciendo galerías en las mismas durante su etapa larvaria y una vez siendo ya adulto, suele preferir estar en la cabeza y abdomen de la reina, esto debido a la continua permanencia de la reina al interior de la colmena, y en menor medida de zánganos y obreras. Se alimenta de la miel, polen y de las regurgitaciones que ocasiona a su hospedero mediante estimulación física en la probocis, con lo cual no existe una adecuada nutrición de la reina de ser el caso (Somerville, 2007). Debido a que la fuente de alimentación de *Varroa* sp. (hemolinfa) es diferente a *Braula* sp. (miel y polen) no suele reportarse competencia directa entre ambos organismos

Tabla 25

Análisis de factor de riesgo de presencia de Varroa sp. vs presencia de Braula sp.

	Presencia de <i>Varroa</i> sp.		Presencia de <i>Braula</i> sp.		Total N°
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Negativo	45	100	0	0	45
Positivo	221	94.85	12	5.15	233
TOTAL	266	95.68	234	4.32	278

N°: Número de casos; %: porcentaje

4.8.4 Factor de riesgo de presencia de *Varroa* sp. en función de la presencia de *Nosema* sp.

El análisis de factor de riesgo aplicado (Tabla 26) dio como resultado que $RR= 1.0239$, lo cual quiere decir que la presencia de *Nosema* sp. no es considerado un factor de riesgo para la presencia de *Varroa* sp. en las colmenas, con intervalos de confianza de 1.023 y 1.086.

En el caso de *Nosema* sp. es un microsporidio, que se desarrolla al interior del tracto digestivo de las abejas y provoca alteraciones digestivas, lo cual resulta en la no absorción de alimentos y nutrientes, generando la excreción de diarreas de una coloración marrón. Su continua acción provoca la mortalidad de abejas en la colmena, ya que su método de dispersión suele ser la ingesta de miel y polen que se encuentre contaminado con las heces líquidas excretadas por una abeja infectada (Michalczyk & Sokół, 2014).

Varroa sp. en cambio es un parásito externo de las abejas, que como ya se ha mencionado, utiliza sus patas para adherirse a una larva o abeja adulta y alimentarse por medio de la absorción de hemolinfa del hospedero. Por lo cual no es una competencia directa para la presencia de *Nosema* sp.

Tabla 26

Análisis de factor de riesgo de presencia de Varroa sp. vs presencia de Nosema sp.

Presencia de <i>Varroa</i> sp.	Presencia de <i>Nosema</i> sp.				Total N°
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Negativo	35	12.50	10	87.50	45
Positivo	177	75.97	56	24.03	233
TOTAL	212	76.26	234	23.74	278

N°: Número de casos; %: porcentaje

4.8.5 Factor de riesgo de presencia de *Varroa* sp., en función a la captura de enjambres

El análisis de factor de riesgo que se realizó (Tabla 27) dio como resultado que RR fue de 1.1161, lo cual quiere decir que la captura de enjambres silvestres no es considerado un factor de riesgo que permita la infestación de *Varroa* sp. en las colmenas, con intervalos de confianza de 0.6501y 1.9162.

Los métodos de dispersión de *Varroa* sp. no se encuentran limitados a los tomados en cuenta en la investigación. Si bien la literatura menciona que la captura de enjambres silvestres es un factor que permite la infestación de ácaros de *Varroa* en un apiario, también existen otras vías de propagación. El pillaje entre colmenas, la libre entrada de zánganos a diferentes colmenas también permite la diseminación de la enfermedad (Galeana, 2016).

Dentro de los factores correspondientes al manejo de la explotación, el intercambio de marcos contaminados entre colmenas ha sido uno de los factores que ha permitido que la varroasis se propague fácilmente. Así mismo el cambio de reinas o núcleos que hayan sido adquiridos en un centro de crianza contaminado permite la introducción y dispersión progresiva de la enfermedad en el apiario (Alvarez, 2016).

Cabe mencionarse que en la investigación realizada por Cherrez (2015), se determinó que la captura de enjambres era un factor de riesgo para las colmenas, llegando a concluir que los apicultores que realizaron esta actividad presentaron hasta un 27.20 de posibilidades de tener *Varroa destructor* en el apiario, un valor muy por encima al valor máximo al encontrado en el presente estudio (hasta 1.912 de veces).

Tabla 27*Análisis de factor de riesgo de presencia de Varroa sp. vs captura de enjambres*

Captura de enjambres	Presencia de <i>Varroa sp.</i>				Total N°
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Negativo	19	17.27	91	82.73	110
Positivo	26	15.48	142	84.52	168
TOTAL	45	16.19	234	84.17	278

N°: Número de casos; %: porcentaje

4.8.6 Factor de riesgo de presencia de *Braula sp.* en función a trashumancia

El análisis de factor de riesgo (Tabla 28) dio como resultado que Riesgo Relativo (RR) fue de 1.0545, lo cual quiere decir que la trashumancia no es un factor de riesgo que permita la presencia de *Braula sp* en las colmenas, con intervalos de confianza de 1.023 y 1.086.

La trashumancia es una actividad que moviliza colmenas de un lugar a otro para aprovechar las floraciones de diferentes localidades para mejorar la producción de miel de las colmenas. De presentarse colmenas que no se encuentren en óptimo estado sanitario, puede considerarse como una vía de propagación de plagas y enfermedades (IICA, 2002).

Para el caso de *Braula sp.* su dispersión está asociada más a manejo sanitario por parte de los apicultores que por métodos propios de la especie. Por lo general, los marcos de miel contaminados con pupas o huevos de *Braula* son una vía de propagación (Somerville, 2007). Tener colmenas que se encuentren demasiado cerca entre ellas ocasiona pillaje por lo cual, piojos de *Braula* pueden moverse en las abejas que se encuentren realizando el pillaje e instalarse en otra colmena (Gemechu et al., 2013).

Sin embargo Zapata (2016) reporta que la actividad de trashumancia es un factor de riesgo para las colmenas, determinando que apicultores que realizan trashumancia tienen hasta 3.864 de posibilidades de presentar *Braula* sp. en sus colmenas. Esto puede deberse al bajo porcentaje encontrado de presencia de *Braula* sp. (9.72%; 24/278) en el presente estudio, por lo cual los valores no concuerdan con los datos de la literatura.

Tabla 28

Análisis de factor de riesgo de aplicación de trashumancia vs presencia de Braula sp.

Actividad de trashumancia	Presencia de <i>Braula</i> sp.				
	Negativo		Positivo		Total
	Nº	%	Nº	%	Nº
Negativo	24	100	0	0	24
Positivo	242	16.14	12	4.72	254
TOTAL	266	95.68	12	4.32	278

Nº: Número de casos; %: porcentaje

4.8.7 Factor de riesgo de presencia de *Braula* sp. en función de la aplicación de tratamiento

El análisis de factor de riesgo (Tabla 29) dio como resultado que el Riesgo Relativo (RR) fue de 0.5227, lo cual quiere decir que la aplicación de tratamiento para control de enfermedades o acaricidas no es un factor de riesgo que permita la presencia de *Braula* sp. en las colmenas, con intervalos de confianza de 0.1307 y 2.0906.

Por lo general, la braulosis no es considerada como una enfermedad de importancia por los apicultores, y por ende, no se realiza un control específico contra la enfermedad. De hecho su

control se ha llevado a cabo mediante la aplicación de tratamientos que permitan el control de *Varroa* sp, resultando altamente eficaz (Somerville, 2007).

Aun así, al igual que en el caso de *Varroa* sp, la sub-dosificación de productos químicos en los tratamientos de control permite el desarrollo de mecanismos de defensa natural y de mejora genética, con lo cual se obtendrán individuos que presenten resistencia a futuras aplicaciones de tratamientos control con productos químicos (Glez, 2015).

Sin embargo los apicultores también han realizado tratamientos control en forma artesanal para evitar la aparición de esta enfermedad en las colmenas. El más utilizado es el uso de tabaco en el ahumador, el cual al esparcirse en forma de humo a través de la colmena, adormece al piojo y por ende cae del hospedero. No es común realizar aplicación de tratamientos químicos para el control de *Braula* sp (Peldoza, 2002).

Tabla 29

Análisis de factor de riesgo de aplicación de tratamiento vs presencia de Braula sp.

Aplicación de tratamiento	Presencia de <i>Braula</i> sp.				Total N°
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Negativo	2	100	0	0	2
Positivo	264	95.65	12	4.35	276
TOTAL	266	95.68	12	4.32	278

N°: Número de casos; %: Porcentaje

4.8.8 Factor de riesgo de presencia de *Braula* sp. en función a la captura de enjambres

El análisis de factor de riesgo (Tabla 30) dio como resultado que Riesgo Relativo (RR) fue de 1.0603, lo cual quiere decir que la captura de enjambres silvestres no es considerado un factor de riesgo que permita la presencia de *Braula* sp. en las colmenas, con intervalos de confianza de 1.0148 y 1.1079.

La literatura reporta que el método de dispersión de los piojos adultos de *Braula* consiste en su movilización a costa del hospedero, en cambio, las larvas se movilizan los marco de miel que se encuentre contaminados (Somerville, 2007).

El resultado en este estudio tiene un fuerte contraste a lo reportado por Zapata (2016), en dicho estudio se determinó que los apicultores que realizan captura de enjambres silvestres, tienen hasta 2.546 de posibilidades de presentar *Braula* en la colmena.

Tabla 30

Análisis del factor de riesgo de la presencia de Braula sp. vs la captura de enjambres.

Captura de enjambre	Presencia de <i>Braula</i> sp.				Total N°
	Negativo		Positivo		
	N°	%	N°	%	
Negativo	109	99.09	1	0.91	110
Positivo	157	93.45	11	6.55	168
TOTAL	266	95.68	12	4.32	278

N°: Número de casos; %: porcentajes

4.9 Elaboración de manual técnico

Se realizó la edición y elaboración de un manual técnico para el diagnóstico de Acarapisosis, Braulosis y Varroasis (Figura 15), sintetizando la información encontrada en la literatura, experiencia obtenida mediante la elaboración del presente estudio y recomendaciones de productores apícolas en el campo.

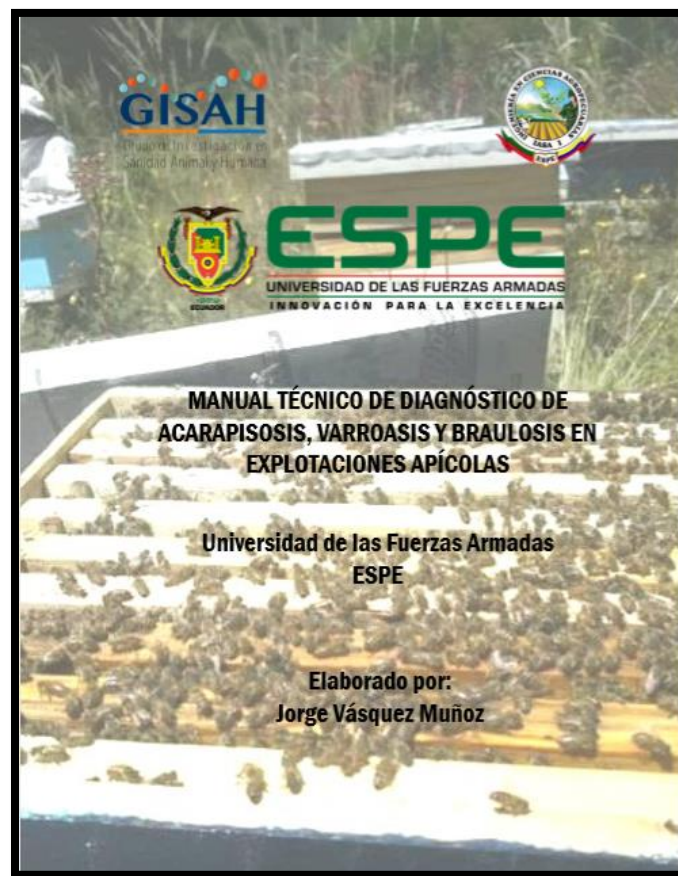


Figura 15. Portada del Manual Técnico elaborado

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los organismos *Braula* sp. y *Varroa* sp. se encuentran presentes en los apiarios investigados por lo cual poseen una amplia distribución en todos los cantones pertenecientes a las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Se recalca la ausencia aparente de *Acarapis* sp. en los muestreos realizados en el presente estudio, aun así, no se descarta la inexistencia total del organismo ya que individuos, pertenecientes a varias colmenas investigadas, presentaron lesiones traqueales, lo cual da un grado de sospecha sobre su accionar en las colmenas.
- Para *Varroa* sp., la provincia de Pichincha presentó un índice de infestación del 6.02%, considerado de grado moderado, mientras que para las provincias de Imbabura y Carchi fue de 3.69% y 2.99%. A nivel de apiario se presentó un índice de infestación del 4.2% mientras que a nivel de colmena se presentó un índice de infestación del 3.79%, ambos valores considerados de infestación ligera y controlable. Para *Braula* sp., el índice de infestación global determinado fue del 0.06%.
- Dentro de los factores de riesgo considerados por el estudio, únicamente se determinó que la aplicación inadecuada del tratamiento para controlar *Varroa* sp. es un factor de riesgo, ya que las colmenas aplicadas a tratamiento tienen 3.31 veces de posibilidad de infestarse con *Varroa* sp., al ser expuestas a un tratamiento de control con acaricidas.

- La realización del manual técnico se hizo en base a las experiencias adquiridas en campo, consejos y comentarios de apicultores que colaboraron en el proceso investigativo y la información encontrada en la revisión de la literatura existente.
- Se determinó que los individuos de *Braula* sp. encontrados en el estudio pertenecen a la especie *Braula schmitzi*.

5.2 Recomendaciones

- La combinación de observación en el microscopio y el uso de técnicas moleculares permitiría una precisa identificación de organismos que podrían estar infestando una colmena como en el caso de *Acarapis* sp. en el presente estudio.
- Realizar una adecuada y persistente vigilancia sanitaria por medio de muestreos y determinación de prevalencias de organismos patógenos, con lo cual se puedan obtener datos concretos sobre el estado sanitario de las colmenas con el fin de realizar programas de prevención, control y tratamiento de enfermedades y efectuar los respectivos reportes sanitarios a los organismos internacionales competentes.
- Promover la capacitación técnica de apicultores en temas como buenas prácticas apícolas, uso y dosificación de pesticidas, gestión de calidad y manufactura de productos, de esta manera evitando sensibilización de colmenas por inadecuada aplicación de tratamientos para control de enfermedades y residualidad química en productos de consumo humano como miel, polen y propóleo.

5.3 Bibliografía

- AGROCALIDAD. (2016a). Programa Nacional Sanitario Apicola. Recuperado a partir de <http://www.redapicolachile.cl/documentos/Programa sanitario apicola Ecuador.pdf>
- AGROCALIDAD. Resolución 0106 (2016). Recuperado a partir de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/resolucion-0106-programa-nacional-sanitario-apicola.pdf>
- Ahn, A. J., Ahn, K. S., Noh, J. H., Kim, Y. H., Yoo, M. S., Kang, S. W., ... Shin, S. S. (2015). Molecular prevalence of acarapis mite infestations in honey bees in Korea. *Korean Journal of Parasitology*, 53(3), 315–320. <http://doi.org/10.3347/kjp.2015.53.3.315>
- Alvarez, A. (2016). *Diagnóstico y Prevalencia de Ectoparásitos en Apiarios de Apis mellifera en la Región Sur del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador. Recuperado a partir de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6945/1/T-UCE-0014-061.pdf>
- Álvarez, G., & Delgado, J. (2015). Diseño de Estudios Epidemiológicos. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. *Boletín Clínica Hospital Infantil*, 32(1), 26–34. Recuperado a partir de <http://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf>
- AMA, Asociación Malagueña de Apicultores. (2011). Varroosis. Recuperado el 6 de febrero de 2018, a partir de <http://www.mieldemalaga.com/enfermedades/varroosis.html>
- Arechavaleta, M. E., & Novoa, E. (2000). Producción de miel de colonias de abeja (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con un acaricida contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en el Valle Bravo. *Veterinaria México*, 31(4), 381–384. Recuperado a partir de <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol31-04/RVM31413.pdf>
- Bailey, L. (1965). Susceptibility of the honey bee, *Apis mellifera* Linnaeus, infested with *Acarapis woodi* (Rennie) to infection by airborne pathogens. *Journal of Invertebrate Pathology*, 7(2), 141–143. [http://doi.org/10.1016/0022-2011\(65\)90025-X](http://doi.org/10.1016/0022-2011(65)90025-X)

- Becerril, S. (2006). *El Legado de Las Abejas* (1a ed.). Mexico D.F. Recuperado a partir de http://www.pronat.com.mx/imagenes/libros_pdf/El_legado_de_las_abejas.pdf
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Roma: Organización de las Naciones Unidas (FAO).
- Cabrera, J. (2012). *Apicultura en el Ecuador* (Vol. 1). Quito: Laboratorios La Melífera.
- Cagnolo, B., Marini, G., Rodriguez, N., & Figini, G. (2017). *Prevalencia de Varroa destructor en el valle del Uco en el periodo 2016-2017*. Recuperado a partir de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_prevalencia_de_varroa_destructor_en_valle_de_uco_2016-2017.pdf
- Calderón, A., Fallas, N., & Sánchez, L. (2007). Detección de enfermedades en abejas africanizadas en Costa Rica. *Revista Ciencias Veterinarias*, 25(2), 335–348. Recuperado a partir de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/view/3676/3531>
- Carabajo, K. (2015). *Prevalencia del ácaro Varroa (Varroa sp.) en colmenares de la región norte y centro norte del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Castle, D. (2013). Factors Affecting Global Bee Health. Recuperado a partir de <https://croplife.org/wp-content/uploads/2014/05/Factors-Affecting-Global-Bee-Health-June-2013.pdf>
- Cerda, J., Vera, C., & Rada, G. (2013). Odds ratio: aspectos teóricos y prácticos. *Revista médica de Chile*, 141(10), 1329–1335. <http://doi.org/10.4067/S0034-98872013001000014>
- Cherrez, E. (2015). *Estudio epidemiológico y caracterización molecular de Varroa sp. en sistemas de producción de miel de abeja (Apis mellifera) en el Valle de los Chillos - Ecuador*. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sangolquí. Ecuador.
- CPAA, Cadena Productiva de las Abejas y Apicultura. (2015). Propuesta: Intervención Sanitaria para el sector de las Abejas y la Apicultura. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, a partir de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Apicola/Documentos/006 - Informes de Coyuntura/006 - Inf. Coyuntura - 2015 Dic - Intervencion Sanitaria Apicultura.pdf>

- Crissman, C., Yanggen, D., & Espinosa, P. (2002). LOS PLAGUICIDAS: Impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Recuperado a partir de http://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion PDF/Los_plaguicidas_100.pdf
- Demedio, J. (2010). *Guía Técnica de Sanidad Apícola*. (E. Galeano & M. Vázquez, Eds.) *Proyecto Apícola Swisscontact FOMIN-BID*. Nicaragua, Honduras: Proyecto Apícola Swisscontact FOMIN-BID. Recuperado a partir de <http://teca.fao.org/sites/default/files/resources/sanidadapicola.pdf>
- Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S. J., Anderson, D. L., Locke, B., Delaplane, K. S., ... Ellis, J. D. (2013). Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1–54. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09>
- Dobson, J. (1999). A 'bee-louse' *Braula schmitzi* Oeroesi-Pael (Diptera: Braulidae) new to the British Isles, and the status of *Braula* spp. in England and Wales. *British Journal of Entomology and Natural History*, 11, 139–148.
- El Telégrafo -. (2016). La apicultura rinde como alternativa de producción, p. 1. Recuperado a partir de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/la-apicultura-rinde-como-alternativa-de-produccion>
- Ellis, J. D., & Munn, P. A. (2005). The worldwide health status of honey bees. *Bee World*, 86(4), 88–101. <http://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11417323>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016a). Loque Americana. Recuperado el 7 de diciembre de 2017, a partir de <http://teca.fao.org/es/read/8417>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016b). Principales enfermedades de las abejas melíferas | TECA. Recuperado el 7 de diciembre de 2017, a partir de <http://teca.fao.org/es/read/8676>
- Fernández, G. (1999). Acarapidososis or tracheal acariosis. *Bee disease diagnosis*, 25, 107–115.
- Galeana, A. (2016). Parasitosis de las abejas melíferas Acarapis , Nosema y Varroa en función de

las condiciones climáticas: Caso del Estado de Moreno, (September 2015), 48.
<http://doi.org/10.13140/RG.2.1.3918.5687>

Garrido-Bailón, E., Bartolomé, C., Prieto, L., Botías, C., Martínez-Salvador, A., Meana, A., ... Higes, M. (2012). The prevalence of *Acarapis woodi* in Spanish honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Experimental Parasitology*, (September).
<http://doi.org/10.1016/j.exppara.2012.08.018>

Gemechu, G., Alemu, S., Amssalu, B., & Berhan, M. (2013). Prevalence and Associated Risk Factors of Bee Lice in Holeta and its Surroundings, Ethiopia. *Journal of Veterinary Science and Technology*, 4. <http://doi.org/10.4172/2157-7579.1000130>

Genersch, E. (2010). Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(1), 87–97. <http://doi.org/10.1007/s00253-010-2573-8>

Gidey, A., Mulugeta, S., & Fromsa, A. (2012). Prevalence of Bee Lice *Braula coeca* (Diptera: Braulidae) and Other Perceived Constraints to Honey Bee Production in Wukro Woreda, Tigray Region, Ethiopia. *Global Veterinaria*, 8(6), 631–635.

Glez, D. (2015, julio 24). “El 65% de las colmenas están parasitadas por la varroa”. *Campo Galego*, p. 1. Marchamalo. Recuperado a partir de <http://www.campogalego.com/es/agroalimentacion-es/el-65-de-las-colmenas-estan-parasitadas-por-la-varroa/>

Gómez, A. (2007). Mecanismos Biológicos de Defensa Sanitaria de la Colmena (p. 4). Malaga. Recuperado a partir de <http://www.miieldemalaga.com/asociacion/jornadas/ponencias/texto09-1.pdf>

Hinojosa, A., & González, D. (2004). Prevalencia de parásitos en *Apis mellifera* L en colmenares del secano costero e interior de la VI Región, Chile. *Parasitología latinoamericana*, 59(3–4), 137–141. <http://doi.org/10.4067/S0717-77122004000300008>

- IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2002). *Manual de Buenas Prácticas para la Apicultura*. Santiago de Chile. Recuperado a partir de http://www.mieldemalaga.com/data/manual_buenas_practicas_apicultura.cl.pdf
- IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2009). *Manual de Enfermedades Apícolas*. Tegucigalpa. Recuperado a partir de <http://repiica.iica.int/docs/B0754e/B0754e.pdf>
- Kojima, Y., Toki, T., & Morimoto, T. (2011). Infestation of Japanese Native Honey Bees by Tracheal Mite and Virus from Non-native European Honey Bees in Japan. *Microbial Ecology*, 62(4), 895–906. <http://doi.org/10.1007/s00248-011-9947-z>
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(26), 16812–6. <http://doi.org/10.1073/pnas.262413599>
- Krieger, K. (2015). Colony losses. Recuperado el 27 de febrero de 2018, a partir de <https://beecare.bayer.com/what-to-know/colony-losses>
- MAGAP, Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura. y Pesca. (2016). *Boletín de Precipitación y Temperatura*. Recuperado a partir de http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/tematicos_zonales/precipitacion_temperatura/2016/precipitacion_abril2016_zona2.pdf
- Martínez, M., Rosas, J., & Prieto, D. (2016). Presence of *Varroa destructor*, *Nosema apis*, and *Acarapis woodi*, in honey bee (*Apis mellifera*) of the east region in the State of Mexico. *ABANICO VETERINARIO*, 6(2), 30–38.
- Mateu, E., & Casal, J. (2003). Tamaño de la Muestra. *Revista de Epidemiología y Medicina Preventiva*, 1, 8–14. Recuperado a partir de [https://www.insbaixcamp.cat/moodle/pluginfile.php/23190/mod_resource/content/1/Càlcul de mostres poblacionals.pdf](https://www.insbaixcamp.cat/moodle/pluginfile.php/23190/mod_resource/content/1/Càlcul_de_mostres_poblacionals.pdf)

- Michalczyk, M., & Sokół, R. (2014). Nosemosis in honey bees. *Polish Journal of Natural Science*, 29(1), 91–99.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos. Diseño y análisis de experimentos*. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Moraza, M. L., & Balanzategui, I. (2015). Orden Mesostigmata. *Ibero Diversidad Entomológica @ccesible*, 12(1), 16. Recuperado a partir de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_12.pdf
- Moreno, A. (2013). *MANUAL CONTROL DE ENFERMEDADES APICOLAS*. Recuperado a partir de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Moreno208EnfermedadesApicola.pdf>
- Morse, R. A., & Nowogrodzki, R. (1990). *Honey bee pests, predators, and diseases. Honey bee pests, predators, and diseases*. (2a ed.). Ithaca, NY: Cornell University Press. Recuperado a partir de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19910229933>
- Ochoa, R., Pettis, J., Erbe, E., & Wergin, W. (2005). Observations on the honey bee tracheal mite *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) using low-temperature scanning electron microscopy. *Experimental & applied acarology*. Recuperado a partir de <http://link.springer.com/article/10.1007/s10493-004-5080-8>
- OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. (2008). Manual de la OIE sobre animales terrestres 2008. Recuperado el 10 de abril de 2017, a partir de http://web.oie.int/esp/normes/mmanual/pdf_es_2008/2.02.07.Varroosis.pdf
- OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. (2016). OIE-listed terrestrial animal diseases, infections and infestations present, Ecuador, 2015. Recuperado el 5 de diciembre de 2017, a partir de http://www.oie.int/wahis_2/wah/action7_en.php
- OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. (2017). OIE-Listed diseases 2017: OIE - World Organisation for Animal Health. Recuperado el 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.oie.int/animal-health-in-the-world/oie-listed-diseases-2017/>

- Orellana, L. (2001). ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA. Recuperado el 3 de agosto de 2017, a partir de [http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo descriptiva.pdf](http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf)
- Otis, G., Otis, W., Bath, J. B., Randall, L., & Grant, M. (2011). Studies of the honey bee tracheal mite (*Acarapis woodi*) (Acari : Tarsonemidae) during winter. *Canadian Journal of Zoology*, 66(Febrero), 2122–2127. <http://doi.org/10.1139/z88-315>
- Padilla, F., & Flores, J. (2012). Patología Apícola. Recuperado el 20 de abril de 2017, a partir de http://www.uco.es/dptos/zoologia/Apicultura/Enfermedades_abejas/pato_abejas_adultas.html
- Peldoza, J. (2002). *Braula coeca* (1a ed., p. 10). Santiago de Chile.
- Pérez, I., & Fernández, P. (2014). Situación de la Varroosis. Valoración de las Tasas de Infestación de Varroa. Otoño 2012. Control. Madrid. Recuperado a partir de http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/5varroasituacionactualcontrol30714_tcm7-424326.pdf
- Pita, S., & Valdés, F. (2001). Determinación de factores pronósticos. Recuperado el 4 de agosto de 2017, a partir de https://www.fisterra.com/mbe/investiga/4f_pronosticos/4f_pronosticos2.pdf
- Pita, S., Vila, M., & Carpenente, J. (1997). Determinación de factores de riesgo. Recuperado el 4 de agosto de 2017, a partir de http://www.fisterra.com/mbe/investiga/3f_de_riesgo/3f_de_riesgo.asp
- Proctor, H. (1998). Acariformes. Recuperado el 12 de abril de 2017, a partir de <http://tolweb.org/Acariformes/2563>
- Puca, J. F. M., Medina, L. A. M., & Ventura, G. A. C. (2011). Frecuencia de Varroa destructor, Nosema apis y Acarapis woodi en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 2(1), 25–38.

- Rodríguez-Dehaibes, S. R., Otero-Colina, G., Sedas, V. P., & Jiménez, J. A. V. (2005). Resistance to amitraz and flumethrin in *Varroa destructor* populations from Veracruz, Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 44(3), 124–125. DOI: 10.1080/00218839.2005.11101162
- Ron-Román, J., & Martín-Solano, S. (2014). IASA I – ESPE : prevalencia y tratamiento, (Mayo). Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/publication/273807505_Estudio_de_Varroa_spp_en_apiarios_del_IASA_I_-_ESPE_prevalencia_y_tratamiento
- SAG, Servicio Agrícola y Ganadero (2014). *Informe Sanidad Animal Chile Año 2014*. Recuperado a partir de http://www.sag.gov.cl/sites/default/files/situacion_sanitaria_animal_2014.pdf
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. (2011). Manual de Patología Apícola Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. Recuperado el 15 de abril de 2017, a partir de http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/publicaciones/lists/manuales_apcolas/attachments/5/manpato.pdf
- Salamanca, G., Osorio, M., & Rodríguez, N. (2012). Presencia e incidencia forética de *Varroa destructor* A. (Mesostigma: Varroidae) en colonias de abejas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), en Colombia. *Zootecnia Tropical*, 30(2), 183–195.
- Sammataro, D. (2006). An easy dissection technique for finding the tracheal mite, *Acarapis woodi* (Rennie)(Acari: Tarsonemidae), in honey bees, with video link. *International Journal of Acarology*, 32(4), 339–343. <http://doi.org/10.1080/01647950608684479>
- Sammataro, D., de Guzman, L., George, S., Ochoa, R., & Otis, G. (2013). Standard methods for tracheal mite research. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1–20. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.20>

- Sammataro, D., & Gerson, U. (2000). Parasitic mites of honey bees: life history, implications, and impact. *Annual review of Entomology*, 45(1), 5–19. <http://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.519>
- Shimanuki, H., & Knox, D. (2000). *Diagnosis of Honey Bee Diseases*. Washington: USDA.
- Sócrates, A., Pavlov, S., & Clavero, F. (2010). Riesgo Relativo y Odds ratio. Que son y cómo se interpretan? *Revista de Obstetricia y Ginecología-Hospital Santiago Oriente Dr. Luis Tisné Brousse*, 5(1), 51–54. <http://doi.org/10.13140/2.1.4654.6886>
- Somerville, D. (2007). Braula fly, (August), 2. Recuperado a partir de https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/176658/Braula-fly.pdf
- Subía-Valdez, S. (2013). *Determinacion de la prevalencia de varroa (Varroa destructor), y posibles factores de riesgo, en dos apiarios ubicados en la provincia de Pichincha - Ecuador* (tesis de pregrado). Universidad de las Americas, Quito, Ecuador.
- Ulloa, J., Mondragón, P. M., Rodríguez, R., Vázquez, J., & Ulloa, R. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente Año*, 2(4). Recuperado a partir de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/01-04/2.pdf>
- Vandame, R. (2000). Control Alternativo de Varroa en Apicultura. Recuperado a partir de <http://www.mujerapicola.org/docs/Varroa.pdf>
- Vandame, R., Gänz, P., Garibay, S., & Reyes, T. (2002). Manual de Apicultura Orgánica. México. Recuperado a partir de <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/en/publications/vandame-et-al-2012-manual-apicultura.pdf>
- Wiegmann, B. M., & Yeates, D. K. (2007). Diptera. Recuperado el 15 de abril de 2017, a partir de <http://www.tolweb.org/Diptera/8226>
- Zaitoun, S., & Al-Ghzawi, A. A. M. (2008). Daily number of bee louse (*Braula coeca*) in honey bee (*Apis mellifera carnica* and *A. m. syriaca*) colonies maintained under semi-arid conditions. *Insect Science*, 15(6), 563–567. <http://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00246.x>

Zapata-Carvajal, N., Chérrez-Neacato, A., Martín-Solano, S., Chávez-Larrea, M.-A., Saegerman, C., Debut, A., & Ron-Román, J. (2017). First report of the bee louse *Braula schmitzi* (Diptera: Braulidae) in apiaries of the “Los Chillos” Valley, Province of Pichincha, Ecuador. *Journal of Apicultural Research*, 56(2), 155–161. <http://doi.org/10.1080/00218839.2017.1289688>

Zapata, D. (2016). *Estudio epidemiológico y caracterización morfológica y molecular de Braula sp. en sistemas de producción de miel de abeja (Apis mellifera) en el Valle de los Chillos – Ecuador* (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sangolquí, Ecuador