



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MELÍFERAS  
(HIMENÓPTERA: APIDAE) EN EL CANTÓN COTACACHI, IMBABURA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORES:**

Ruth Thalía Corrales Sánchez

Álvaro Santiago Lobato Narváz

**DIRECTOR:**

Ing. Gabriel Jácome MSc.

**Ibarra – Ecuador**

**2023**



**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ibarra, 13 de marzo del 2023.

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MELÍFERAS (HIMENÓPTERA: APIDAE) EN EL CANTÓN COTACACHI, IMBABURA”** de autoría de los señores **RUTH THALÍA CORRALES SÁNCHEZ**, y **ÁLVARO SANTIAGO LOBATO NARVÁEZ** estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que los autores han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

Ing. Gabriel Jácome MSc  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

MS Ing. Oscar Rosales MSc  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

PhD Julia Prado  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**



**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**I. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA:</b>	1005089386
<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>	Ruth Thalía Corrales Sánchez
<b>DIRECCIÓN:</b>	General Enríquez y Ayacucho
<b>EMAIL:</b>	rtcorraless@utn.edu.ec
<b>TELEFONO FIJO Y MOVIL:</b>	0997638102
DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA:</b>	100366920 5
<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>	Álvaro Santiago Lobato Narváez
<b>DIRECCIÓN:</b>	Santiago del Rey – Vía Urcuqui
<b>EMAIL:</b>	aslobaton@utn.edu.ec
<b>TELEFONO FIJO Y MOVIL:</b>	0968953949



DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	"ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MELÍFERAS (HIMENÓPTERA: APIDAE) EN EL CANTÓN COTACACHI, IMBABURA"
<b>AUTORES:</b>	Ruth Thalía Corrales Sánchez Álvaro Santiago Lobato Narváez
<b>FECHA:</b>	15/03/2023
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingenieros en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Gabriel Jácome MSc

**2. CONSTANCIAS**

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, la obra es original y que somos titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldremos en defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de marzo de 2023

**LOS AUTORES**

.....  
 Ruth Thalía Corrales Sánchez  
 1005089386

.....  
 Álvaro Santiago Lobato Narváez  
 1003669205

## **AGRADECIMIENTO**

*Un agradecimiento especial a nuestros padres quienes han hecho posible cumplir esta meta, gracias por tanto amor y apoyo que nos han sabido brindar.*

*Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte por abrirnos sus puertas y en especial a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales por permitirnos llegar a ser profesionales y cumplir un sueño más.*

*Un agradecimiento especial a nuestro tutor Ing. Gabriel Jácome, Doc. Julia Prado e Ing. Oscar Rosales por ser quienes nos ayudaron y aconsejaron en esta investigación*

*Y, por último, agradecer a nuestros amigos quienes han sido compañeros de este camino y por acompañarnos a llegar a la meta.*

***Ruth y Santi***

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo realizado con mucho esfuerzo está dedicado a mis padres, especialmente a mi madre Mariana Sánchez quien ha sido una fiel compañera en este viaje, gracias, gracias por ser mi compañía en las noches de desvelo y por estar siempre atenta con tus cuidados y atenciones. Te amo*

*A mis compañeros Fernanda Benavides, Fátima Mora, Santiago Lobato, Nicole Rivadeneira, Génesis Robles, Mauricio Rosero y Juan Carlos Sánchez, quienes fueron una parte importante en esta aventura, se volvieron amigos y consejeros. Muchas gracias por su amistad*

***Con mucho cariño,***

***Ruth Corrales***

## DEDICATORIA

*A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.*

*A mis padres, por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito.*

*A mis profesores y mentores, por su dedicación y pasión por la enseñanza y por guiarme en mi camino.*

*A mis compañeros, por las risas y el estudio. Por las conversaciones estimulantes, y los momentos que compartimos juntos.*

*¡Gracias!*

***Santiago Lobato***

## Índice de Contenido

<b>Capítulo I Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Revisión de antecedentes .....	1
1.2. Problema de investigación y justificación .....	3
1.3. Preguntas directrices .....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
<b>Capítulo II Marco Teórico .....</b>	<b>6</b>
2.1. Revisión de literatura .....	6
2.1.1. Himenópteros .....	6
2.1.2. Apidae.....	6
2.1.2.1. Abejas.....	6
2.1.2.2. Morfología externa e interna de las abejas.....	7
2.1.3. Polinización .....	9
2.1.4. Apicultura .....	10
2.1.5. Biogeografía .....	10
2.1.5.1. Nicho ecológico.....	11
2.1.6. Modelamiento de nichos ecológicos .....	11
2.1.6.1. Máxima entropía .....	12
2.1.6.2. Evaluación de modelos de nicho ecológico .....	13
2.1.7. Cambio climático.....	13
2.1.7.1. Modelos climáticos .....	14
2.1.7.2. Escenarios climáticos .....	16
2.1.8. Impactos ambientales .....	16
2.1.8.1. Evaluación de impactos ambientales.....	17
2.1.9. Agroquímicos .....	17

2.1.9.1.	Insecticidas .....	18
2.1.9.2.	Fungicidas .....	19
2.2.	Marco legal .....	19
2.2.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	19
2.2.2.	Convenio Rotterdam.....	19
2.2.3.	Convenio de diversidad biológica .....	20
2.2.4.	Reglamento al Código Orgánico Ambiental.....	20
<b>Capítulo III</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>21</b>
3.1.	Área de estudio .....	21
3.1.1.	Clima .....	22
3.1.2.	Ecosistemas y cobertura vegetal.....	22
3.1.3.	Zonas agrícolas .....	22
3.1.4.	Uso de la tierra.....	23
3.1.5.	Actividades económicas .....	23
3.2.	Métodos .....	23
3.2.1.	Determinación del efecto del uso de plaguicidas en la familia Apidae ....	23
3.2.1.1.	Obtención de información secundaria.....	24
3.2.1.2.	Caracterización apícola .....	24
3.2.1.3.	Entrevista.....	25
3.2.1.5.	Evaluación de condiciones óptimas para el desarrollo de la familia Apidae .....	27
3.2.2.	Modelos de distribución potencial para la familia apidae .....	28
3.2.2.1.	Puntos de presencia .....	28
3.2.2.2.	Variables ambientales .....	29
3.2.2.3.	Análisis estadístico de variables bioclimáticas .....	30
3.2.2.4.	Variables biofísicas.....	32
3.2.2.5.	Modelamiento de nicho ecológico con MaxEnt.....	34

3.2.2.6.	Modelos de proyección futura para <i>Apis mellifera</i> .....	36
3.2.2.7.	Validación del modelo.....	37
3.2.3.	Estrategias para implementación de apiarios basado en buenas prácticas agrícolas y apícolas.....	37
3.3.	Materiales.....	38
<b>Capítulo IV Resultados y Discusión.....</b>		<b>39</b>
4.1.	Efecto del uso de plaguicidas en la familia Apidae .....	39
4.1.1.	Recolección de información general de los apicultores .....	39
4.1.1.1.	Localización de apicultores en el cantón.....	39
4.1.1.2.	Participación de apicultores en asociaciones apícolas .....	40
4.1.1.3.	Colmenas y apiarios .....	41
4.1.1.4.	Especies de abejas y su producción.....	42
4.1.1.5.	Caracterización apícola .....	42
4.1.1.6.	Agroquímicos más usados por cultivo .....	44
4.1.2.	Impacto ambiental de los cultivos en la apicultura.....	46
4.1.2.1.	Proceso de producción de maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	46
4.1.2.2.	Análisis de impactos ambientales de la producción del maíz .....	47
4.1.2.3.	Proceso de producción de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) .....	49
4.1.2.4.	Análisis de impactos ambientales de la producción del fréjol .....	50
4.1.2.5.	Proceso de producción de arveja ( <i>Pisum sativum</i> ).....	52
4.1.2.6.	Análisis de impactos ambientales de la producción de arveja .....	53
4.1.2.7.	Proceso de producción de chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> ).....	54
4.1.2.8.	Análisis de impactos ambientales de la producción del chocho .....	56
4.1.2.9.	Proceso de producción de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	57
4.1.2.10.	Análisis de impactos ambientales de la producción de papa .....	58
4.1.3.	Impactos ambientales de los plaguicidas moderada y altamente tóxicos en las abejas.....	59
4.2.	Modelo de distribución potencial para <i>Apis mellifera</i> .....	61

4.2.1.	Contribución por variable.....	61
4.2.2.	Variables con mayor aporte .....	62
4.2.3.	Validación del modelo de distribución potencial.....	65
4.2.4.	Distribución potencial de <i>Apis mellifera</i> .....	66
4.2.4.1.	Modelos de proyección futura para <i>Apis mellifera</i> .....	68
4.3.	Estrategias para un buen manejo apícola y agrícola .....	74
4.3.1.	Problemas identificados.....	74
4.3.2.	Descripción de los problemas.....	74
4.3.3.	Matriz de Vester .....	75
4.3.4.	Gráfica de matriz de Vester .....	77
<b>Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones.....</b>		<b>88</b>
5.1.	Conclusiones.....	88
5.2.	Recomendaciones .....	89
<b>Bibliografía.....</b>		<b>91</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>112</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Morfología de las abejas según su casta .....	8
<b>Figura 2.</b> Parroquias de estudio en el cantón Cotacachi .....	21
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los apiarios .....	28
<b>Figura 4.</b> Gráfica de valores absolutos de prueba de correlación.....	31
<b>Figura 5.</b> Cuadrantes de la matriz Vester.....	38
<b>Figura 6.</b> Apicultores pertenecientes a asociaciones apícolas .....	41
<b>Figura 7.</b> a) Número de apiarios; b) Número de colmenas.....	41
<b>Figura 8.</b> a) Especie más utilizada por los apicultores; b) Especie con mejor producción .....	42
<b>Figura 9.</b> Clasificación de acuerdo con la peligrosidad por color de la etiqueta.....	44
<b>Figura 10.</b> Distribución del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	46
<b>Figura 11.</b> Número y porcentaje de impactos del cultivo de maíz. ....	47
<b>Figura 12.</b> Distribución del cultivo de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ).....	49
<b>Figura 13.</b> Número y porcentaje de impactos del cultivo de fréjol .....	50
<b>Figura 14.</b> Distribución del cultivo de la arveja ( <i>Pisum sativum</i> ) .....	52
<b>Figura 15.</b> Número y porcentaje de impactos del cultivo de arveja ( <i>Pisum sativum</i> )...	53
<b>Figura 16.</b> Distribución del cultivo del chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> ).....	55
<b>Figura 17.</b> Número y porcentaje de impactos del cultivo de chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> ) .....	56
<b>Figura 18.</b> Distribución del cultivo del papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	57
<b>Figura 19.</b> Número y porcentaje de impactos del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) .....	58
<b>Figura 20.</b> Prueba Jackknife de las variables bioclimáticas para <i>Apis mellifera</i> .....	62
<b>Figura 21.</b> Curvas de respuesta de las variables ambientales con contribución dentro del modelo de distribución: a) Clasificación de cobertura vegetal b) Bio1, temperatura media anual c) Bio2, rango de temperaturas diurnas d) Bio12 precipitación media anual (mm) e) Velocidad del viento (m/s).....	63
<b>Figura 22.</b> a) Insecticidas b) Fungicidas.....	64
<b>Figura 23.</b> AUC del modelo de nicho ecológico .....	65
<b>Figura 24.</b> Distribución potencial de <i>Apis mellifera</i> .....	66
<b>Figura 25.</b> Modelo actual de distribución potencial de <i>Apis mellifera</i> realizado sólo con variables ambientales.....	68

<b>Figura 26.</b> Modelo de distribución potencial futura (2021-2040) de <i>Apis mellifera</i> . a) Escenario SSP126. b) Escenario SSP585. ....	69
<b>Figura 27.</b> Modelo de distribución potencial futura (2040-2060) de <i>Apis mellifera</i> . a) Escenario SSP126. b) Escenario SSP585. ....	71
<b>Figura 28.</b> Categorización de problemas .....	77
<b>Figura 29.</b> Árbol de problemas .....	78

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Algoritmos usados para el modelamiento de nichos ecológicos y distribución de especies.....	12
<b>Tabla 2.</b> Modelos climáticos globales.....	15
<b>Tabla 3.</b> Insecticidas dañinos para las abejas.....	18
<b>Tabla 4.</b> Fungicidas dañinos para las abejas.....	19
<b>Tabla 5.</b> Número de apicultores por parroquia.....	24
<b>Tabla 6.</b> Categorización de agroquímicos por toxicidad.....	25
<b>Tabla 7.</b> Matriz de Importancia.....	26
<b>Tabla 8.</b> Valores ponderados de impactos ambientales.....	27
<b>Tabla 9.</b> Variables bioclimáticas.....	29
<b>Tabla 10.</b> Variables usadas en el modelamiento de distribución potencial de <i>Apis mellifera</i> .....	34
<b>Tabla 11.</b> Equipos y materiales para la investigación.....	38
<b>Tabla 12.</b> Número de apicultores por parroquias.....	39
<b>Tabla 13.</b> Número de apicultores participantes en la investigación.....	40
<b>Tabla 14.</b> Número de apicultores por parroquias actualizado.....	40
<b>Tabla 15.</b> Cultivos presentes en la zona de estudio.....	42
<b>Tabla 16.</b> Número de repeticiones de cada cultivo.....	43
<b>Tabla 17.</b> Agro Servicios más nombrados por lo apicultores.....	43
<b>Tabla 18.</b> Listado de plaguicidas por cultivo.....	45
<b>Tabla 19.</b> Matriz de entradas y salidas del cultivo de maíz.....	47
<b>Tabla 20.</b> Análisis de impactos en el cultivo de maíz.....	48
<b>Tabla 21.</b> Matriz de entradas y salidas del cultivo de fréjol.....	49
<b>Tabla 22.</b> Análisis de impactos en el cultivo de fréjol.....	51
<b>Tabla 23.</b> Entradas y salidas en el cultivo de arveja.....	52
<b>Tabla 24.</b> Análisis de impactos en el cultivo de arveja.....	54
<b>Tabla 25.</b> Entradas y salidas en el cultivo de chocho.....	55
<b>Tabla 26.</b> Análisis de impactos en el cultivo de chocho.....	56
<b>Tabla 27.</b> Matriz de entradas y salidas del cultivo de papa.....	58
<b>Tabla 28.</b> Análisis de impactos en el cultivo de papa.....	59
<b>Tabla 29.</b> Clasificación toxicológica de los productos usados por agricultores.....	60
<b>Tabla 30.</b> Daños por agroquímicos a las abejas.....	60

<b>Tabla 31.</b> Análisis de contribución de cada variable.....	61
<b>Tabla 32.</b> Áreas totales según probabilidades de cada escenario.....	71
<b>Tabla 33.</b> Lista de problemas identificados .....	74
<b>Tabla 34.</b> Valoración de problemas en matriz de Vester .....	76
<b>Tabla 35.</b> Alternativas para cada problema identificado.....	79
<b>Tabla 36.</b> Estrategia 1. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas, uso de agroquímicos. ....	81
<b>Tabla 37.</b> Estrategia 2. Conservación de ecosistemas.....	83
<b>Tabla 38.</b> Estrategia 3. Educación Ambiental .....	85
<b>Tabla 39.</b> Estrategia 4. Impulsar el crecimiento de pequeños y medianos apicultores..	86

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MELÍFERAS  
(HIMENÓPTERA: APIDAE) EN EL CANTÓN COTACACHI, IMBABURA”**

Ruth Thalía Corrales Sánchez y Álvaro Santiago Lobato Narváez

**RESUMEN**

Las abejas son insectos polinizadores que han despertado interés en la comunidad científica, ya que por medio de la polinización cumplen una función indispensable en la perpetuidad de ecosistemas. El objetivo general de esta investigación fue analizar el impacto causado por el uso de pesticidas y la distribución biogeográfica de Melíferas en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. Para identificar y categorizar los impactos ambientales se empleó la matriz Conesa Fernández con información obtenida a través de salidas de campo para georreferenciar los apiarios, generar mapas de ubicación y aplicar encuestas sobre cultivos y agroquímicos comunes. En el modelo de distribución potencial se utilizaron variables bioclimáticas descargadas de Worldclim, y variables físicas como: producción de miel, agroquímicos, índice de vegetación de diferencia normalizada y cobertura vegetal. Los resultados mostraron que los cultivos más producidos son: maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), chocho (*Lupinus mutabilis*), papa (*Solanum tuberosum*) y arveja (*Pisum sativum*), y se identificaron impactos severos y críticos debido al uso de pesticidas a base de Difenconazole, Deltametrina e Imidacloprid que afectan a la fisiología de las abejas. El modelo de distribución potencial indica que las parroquias de El Sagrario, Plaza Gutiérrez e Imantag cuentan con las condiciones físicas y climáticas adecuadas para la presencia de *Apis mellifera*. Las estrategias propuestas están dirigidas a solucionar el problema central que es el uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura a través de programas que buscan reducir el uso de agroquímicos y fomentar el uso de productos orgánicos. Como conclusión general se obtuvo que la variable de cobertura vegetal tiene una alta intervención en el nicho ecológico ya que aporta con el 32.4%, esto indica que las abejas tienden a tener mayor probabilidad de presencia en zonas de cultivos y zonas intervenidas por el hombre.

**Palabras clave:** Apicultura, Impacto ambiental por agroquímicos, Distribución potencial, Nicho ecológico.

## ABSTRACT

Bees are pollinating insects that have aroused interest in the scientific community, since through pollination they fulfill an essential function in the perpetuity of ecosystems. The general objective of this research was to analyze the impact caused using pesticides and the biogeographic distribution of Melíferas in the Cotacachi canton, Imbabura province. To identify and categorize the environmental impacts, the Conesa Fernández matrix was used with information obtained through field trips to georeferenced the apiaries, generate location maps and apply surveys on common crops and agrochemicals. In the potential distribution model, bioclimatic variables downloaded from Worldclim were used, and physical variables such as: honey production, agrochemicals, normalized difference vegetation index and vegetation cover. The results showed that the most produced crops are corn (*Zea mays*), beans (*Phaseolus vulgaris*), lupine (*Lupinus mutabilis*), potato (*Solanum tuberosum*) and peas (*Pisum sativum*), and severe and critical impacts were identified due to the use Difenconazole, Deltamethrin and Imidacloprid based pesticides that affect the physiology of bees. The potential distribution model indicates that the parishes of El Sagrario, Plaza Gutiérrez and Imantag have adequate physical and climatic conditions for the presence of *Apis mellifera*. The proposed strategies are aimed at solving the central problem that is the indiscriminate use of chemical products in agriculture through programs that seek to reduce the use of agrochemicals and encourage the use of organic products. As a general conclusion, it was obtained that the vegetation cover variable has a high intervention in the ecological niche since it contributes with 32.4%, this indicates that bees tend to have a higher probability of presence in crop areas and areas intervened by man.

**Keywords:** Beekeeping, Environmental impact by agrochemicals, Potential distribution, Ecological niche.

# Capítulo I

## Introducción

### 1.1. Revisión de antecedentes

Desde la antigüedad muchos investigadores se han enfocado en el estudio de las abejas, debido a que este grupo de insectos es uno de los más evolucionados ya que está constituido por sociedades muy complejas y también por poseer una gran importancia económica y/o ecológica (Michener, 2007). Probablemente la actividad más importante de las abejas en términos benéficos para los humanos es la polinización tanto de la vegetación natural como la de los cultivos (Lindao-Córdova et al., 2020).

En el siglo XVII las abejas fueron trasladadas por primera vez al mundo occidental desde el viejo continente por los conquistadores europeos y desde ese momento hasta 1956 se llegó a pensar que sólo existían abejas de razas europeas, pero, por el contrario, en aquel año investigadores brasileños introdujeron una especie de abeja africana (Labougle y Zozaya, 1986). Con esta introducción lo que ellos buscaban era una mejora genética con el fin de obtener abejas que mejoren la producción de miel y que se adapten con mayor eficiencia a las zonas tropicales de Brasil (Guzmán et al., 2011). La inserción de esta especie africana condujo a que se mezclaran con las abejas europeas originándose las abejas neotropicales con un carácter más agresivo y migratorio que generó pérdidas de carácter económico para los apicultores de esa época (Labougle y Zozaya, 1986).

Las abejas han sido parte de la vida cotidiana de las personas bien sea desde el campo agropecuario mediante la polinización de especies vegetales o desde el campo alimenticio con la generación de diferentes productos de consumo como la miel o el propóleo, es por esta razón que se han realizado varios estudios relacionados con la distribución de esta especie como es el caso del estudio realizado en Guatemala, donde se estudia específicamente la distribución de abejas euglosinas que cumplen papeles importantes en la perpetuidad de los bosques tropicales, ya que estas son polinizadoras de una gran variedad de plantas, además de ser consideradas como una especie bioindicador por su alta respuesta a los cambios ocasionados en su ambiente (Armas, 2009).

Por otra parte, en Honduras se elaboró un inventario y mapas de distribución de las especies de la familia Apidae identificadas en dicho nicho y las que han sido

mencionadas en trabajos anteriores, para esto fue necesario hacer un registro de especies por departamento, dar un número aproximado de las especies diferenciadas morfológicamente, describir la biología y rangos de distribución para elaborar mapas de distribución geográfica (Argueta, 2002).

A nivel de Sudamérica existen varios estudios sobre distribución espacial de las abejas de la familia Apidae como es el caso del estudio denominado “Diagnóstico territorial y espacial de la apicultura en los sistemas agroecológicos de la Comarca Lagunera” realizado en México por Reyes-Carrillo et al. (2014) donde afirman que el uso y aplicación de nuevas tecnologías ha favorecido a conocer la posición y distribución de los apiarios, por otra parte, según Dini y Bedascarrasbure (2011) la distancia a la que estos se desenvuelven de la vegetación indica que hay una distancia relativamente corta entre estos dos siendo que los espacios territoriales son más competitivos para las abejas.

La mayoría de las plantas son polinizadas por insectos del orden Hymenoptera, principalmente por abejas de la familia Apidae (González, 2007). La importancia de estudiar su distribución, ecología e identificación nos permite saber cuál es la función que cumplen estos insectos en la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas (Yáñez-Ordóñez et al., 2008). Este tipo de estudios brindan información acerca de la importancia tanto económica como ecológica que tienen las especies de la familia Apidae, además sirve como punto de referencia para determinar cuáles son las zonas donde se encuentra la mayor diversidad de especies de esta familia (Argueta, 2002). La revisión de los patrones de distribución de las abejas permite conocer donde se tiene una mayor presencia de estos individuos, conocer las migraciones, poblamientos de estos insectos y a su vez apreciar donde existen mayores niveles de distribución bien sea en zonas templadas o tropicales (Duarte y López, 2019).

En la actualidad los polinizadores se ven afectados por varios factores externos como es la deforestación un proceso donde el hombre invade los ecosistemas naturales de las abejas con el fin de ampliar la tierra cultivable lo cual genera la destrucción de su hábitat natural y pérdida de biodiversidad de especies de flora limitando su capacidad de anidación y provocando declives en sus poblaciones (Tirado et al., 2013).

Uno de los factores que puede afectar a la distribución de las abejas son los agroquímicos que históricamente se originaron en el siglo XIX, estos estaban compuestos

por azufre, cal, arsénico y fosforo. A partir del siglo XX la utilización de estos productos aumentó debido a los cambios en los procesos de producción y cultivo (Pina, 2012).

Según estudios en algunos insectos los cambios fisiológicos reportados por el uso de pesticidas han afectado al desarrollo embrionario causando mutaciones, reduciendo la eclosión de huevos hasta en un 100%, y alterando las funciones que dependen de las transmisiones nerviosas (Martin y Arenas, 2018).

Por otra parte, la interacción entre abejas y pesticidas no solo llega a causar la muerte, si no que puede producir efectos subletales que son capaces de perjudicar la colmena entera. Varios de estos efectos adversos según González et al., (2020) se deben a la aplicación de plaguicidas neonicotinoides como el imidacloprid utilizados para el tratamiento de semillas como el maíz y la papa, este plaguicida es neurotóxico y afecta a los receptores de las sinapsis neuronales por lo que las abejas presentan comportamientos erráticos, inmovilidad y muerte. Además, inducen a alteraciones fisiológicas reflejadas en cambios de comportamiento, dificultad para encontrar alimento, reducción en la sensibilidad gustativa, pérdida de comunicación y desorientación para regresar a la colmena.

## **1.2. Problema de investigación y justificación**

En los últimos años se ha registrado entre 30% y 40% de aumento en la tasa de mortalidad de las abejas, esto debido a varios factores como son el aumento de zonas de agricultura industrial, cambio climático, pérdida de hábitat, plagas invasoras y el uso indiscriminado de agroquímicos (Medina-Flores et al., 2018). Este último, tiene una gran repercusión ya que estos químicos se ven utilizados a lo largo de la temporada de cultivo sin un buen manejo por parte de los agricultores.

Desde varias décadas atrás las colmenas de abejas han sido afectadas por el uso excesivo de pesticidas, fertilizantes y todo tipo de agroquímicos que son utilizados en la agricultura (Mengoni, 2017). Dentro del sector agrícola el uso de pesticidas es muy común, y ha generado daños no sólo a insectos plagas sino también a insectos benéficos como son los polinizadores de la familia Apidae, siendo las abejas uno de los grupos más afectados, ya que en ellos se pueden apreciar cambios en su comportamiento como son pérdida de navegación, es decir desorientación para llegar a sus enjambres, daños

celulares y de memoria, trastornos en sus ciclos reproductivos, baja en la producción de miel e inclusive la muerte (Tirado et al., 2013).

Las abejas están involucradas en procesos importantes para la perpetuidad de las especies vegetales tanto silvestres como agrícolas, por lo que se encuentran amenazadas por el uso de agroquímicos neonicotinoides a los que presentan diferentes reacciones que pueden variar desde la interferencia en la polinización, baja en la producción de miel, pérdida de navegación, daños celulares (individuales o de colmena), respuesta inmunológica baja que pueden causar muerte en las abejas (Mengoni, 2017). Es por esta razón, que se buscará analizar como las abejas se ven afectadas por la aplicación de agroquímicos y como están distribuidas a lo largo del cantón Cotacachi.

Desafortunadamente existe desconocimiento en las personas sobre la gran importancia de las abejas en el proceso de polinización y mantenimiento de la biodiversidad florícola, ya que son responsables de aproximadamente un 80% de la polinización de cultivos (Pantoja et al., 2014). Al mismo tiempo las personas no tienen un manejo adecuado de los apiarios, es decir, desconocen la importancia de la orientación, reubicación y métodos de desinfección de los apiarios.

El estudio se enfoca en analizar los efectos adversos que los agroquímicos tienen sobre las abejas buscando de esta manera aumentar las poblaciones de individuos y brindar alternativas de tipo orgánicas como bioproductos derivados de microorganismos que puedan colaborar con el cuidado y preservación de esta especie (Nava-Pérez et al., 2012). También se busca establecer una base de información sólida y confiable que pueda ser utilizada en futuras investigaciones de protección y conservación de especies polinizadoras, en el marco del objetivo 11 del “Plan de Creación de Oportunidades” 2021–2025, en donde se mencionan políticas para promover la protección y conservación de ecosistemas y su biodiversidad, de igual manera busca enmarcar las actividades humanas a la transición ecológica (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

### **1.3. Preguntas directrices**

- ¿Cuál es la categoría de impacto causado por el uso de pesticidas en el área de estudio?

- ¿Cuál es la distribución potencial y el nicho ecológico de *Apis mellifera* en el cantón Cotacachi?
- ¿Qué estrategias se deberían utilizar en la zona de estudio para el desarrollo adecuado de la apicultura?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Analizar el impacto causado por el uso de pesticidas y la distribución biogeográfica de Melíferas (Himenóptera: Apidae) en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el impacto causado por el uso de pesticidas en cinco parroquias del cantón Cotacachi.
- Generar modelos de distribución potencial actual y futura para melíferas de la familia Apidae.
- Proponer estrategias para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas agrícolas y apícolas.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1.Revisión de literatura**

##### **2.1.1. *Himenópteros***

Uno de los grupos más afectados son los insectos del orden Hymenoptera que es uno de los más diversos e incluye muchas especies de importancia económica para el ser humano. Se caracterizan porque sus alas son membranosas, con pocas venas, que le da el nombre al Orden, y está formado por dos subórdenes: Símfita (Symphyta) y Apócrita

- Símfita: son un grupo que está formado por avispas muy primitivas que poseen una característica muy distintiva en los adultos, tienen el abdomen unido al tórax.
- Apócrita: este grupo es más evolucionado que el anterior y está integrado por las abejas, hormigas y avispas. Las especies de este grupo tienen el abdomen separado del tórax.

La mayor parte de las especies son solitarias, pero dentro de este grupo se encuentran especies que destacan por su actividad social como las abejas y hormigas que cumplen funciones importantes en los ecosistemas como dispersores de semillas, controladores biológicos y su principal aporte es como polinizadores (Fernández, 2002).

##### **2.1.2. *Apidae***

Este grupo de insectos tiene una gran importancia en la sociedad, ya que brindan miel, cera, polen y otros derivados que son comercializados por el hombre. Además tienen un alto valor ecológico en la naturaleza ya que ayudan en la polinización de plantas tanto nativas como cultivos (Zumbado y Azofeifa, 2018).

##### **2.1.2.1. Abejas**

Las abejas (Linnaeus, 1758) son insectos pertenecientes del orden Hymenoptera con alas membranosas que posee una gran organización social, estos también son conocidos como Apiformes porque el basitarso de su pata posterior es más amplio que los tarsos que prosiguen y por poseer pelos ramificados o semejantes a plumas en variadas

partes de su cuerpo (Farouk et al., 2014). Son consideradas verdaderas polinizadoras ya que tienen el tamaño adecuado y tienen una relación simbiótica planta-insecto, es decir que las abejas se favorecen de las flores con la obtención de sus alimentos cuando las visitan y las plantas consolidan la fecundación de sus flores (Vaquero y Vargas, 2021).

Las abejas están conformadas en base a colonias, la colonia es un conjunto de insectos que viven en un nido común, este nido es construido por ellos y a su vez estos insectos colaboran entre sí; de esta manera una colonia de abejas está compuesta por: 1) abeja reina se la puede encontrar en el nido de cría y suele estar rodeada por una corte de abejas que cuida de ella mientras pone los huevos 2) obreras son abejas hembras y de los miembros de la colonia son las más pequeñas se originan a partir de huevos fertilizados y 3) zánganos son los machos de la colonia y se originan a partir de huevos no fertilizados (Dini et al., 2019).

Los insectos polinizadores como las abejas son gravemente afectadas y no pueden cumplir bien su función de polinización, que es un proceso que consiste en llevar el polen que se encuentra en los estambres hasta el estigma que forma parte de las flores en las angiospermas, para poder germinar y fecundar los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos (APOLO, 2014). El transporte del polen es realizado por una gran variedad de agentes que son conocidos como vectores de polinización, y pueden ser: abióticos, por ejemplo, agua o viento, y bióticos, como aves, murciélagos e insectos (principalmente abejas) (FAO, 2008).

#### **2.1.2.2. Morfología externa e interna de las abejas**

En las abejas tanto la morfología externa como interna no varía en relación con la morfología de los demás insectos, sin embargo, se presentan diferencias muy concisas que afectan en sus funciones vitales (Ruppert y Barnes, 2000).

- **Morfología externa**

En el grupo de abejas se puede notar que los miembros de su colonia tienen una diferente anatomía dependiendo al grupo que pertenezcan (reina, obrera, o zánganos) siendo las más pequeñas las obreras mientras que los zánganos son los miembros más grandes y esto se puede apreciar en la zona del abdomen y los ojos y por último la reina que se caracteriza por tener el abdomen más alargado para poder desarrollar a las crías

(Figura 1), en general las abejas tienen tres regiones visiblemente bien marcadas como son: cabeza, tórax y abdomen (Farouk et al., 2014).



**Figura 1.** Morfología de las abejas según su casta

**Fuente:** (Mitton, 2019)

- **Morfología interna**

Internamente las abejas tienen un sistema muy complejo de nervios que garantizan el buen desenvolvimiento en sus actividades diarias (Lara, 2019).

**Cabeza:** en esta área se sitúan órganos relacionados a la visión y olfato que le ayudan a su función de localización, ubicación de alimento y de la colmena (Quero, 2004)

**Glándulas:** Quero (2004) comenta que en la cabeza se encuentran las glándulas salivales estas ayudan a disolver el néctar o miel que son absorbidas de las flores a la vez también se utilizan para ablandar el azúcar o la cera.

**Glándulas productoras de jalea real:** estas glándulas son esenciales ya que generan el alimento para las larvas que están en las cámaras de cría, esta jalea se formará cuando las abejas utilicen agua, miel y polen (Quero, 2004).

**Aparato digestivo:** Esta conformado por la boca, la bomba de succión que posee una fuerte musculatura para la absorción de los flujos emitidos por las flores, esófago y el buche, este último está reforzado con una membrana (Matricardi, 2014)

**Aparato reproductor:** los órganos reproductores solo se desarrollan únicamente en la reina y los zánganos mientras que en las abejas obreras el órgano reproductor se ve

atrofiado y sólo cuando la colmena está en peligro de natalidad estos se vuelven funcionales para poner huevos (Lara, 2019).

- Aparato reproductor masculino: este órgano es especialmente de los zánganos, a los costados del abdomen se encuentran las gónadas (testículos) en donde se generan los espermatozoides, cada testículo consta de un conducto eferente que se une a la vesícula seminal junto con una glándula mucosa, estas se juntan en el conducto eyaculador y terminan en la formación del pene (Lara, 2019).
- Aparato reproductor femenino: el órgano reproductor de las hembras está conformado por dos ovarios dentro del cual se forman los óvulos, cada ovario tiene una especie de túbulos llamadas ovariolas que se unen a un conducto lateral y este se une a un oviducto que desemboca en la vagina (Quero, 2004).

### ***2.1.3. Polinización***

Desde los años 800 d.C. los asirios conocían la necesidad de las flores por transferir el polen desde los órganos masculinos hacia los femeninos y que con ello se desarrollarán sus frutos siendo vital para el desarrollo genético de las plantas, ya que en este proceso se intercambian genes entre individuos diferentes lo que garantiza a corto plazo una buena salud y a largo plazo una mejor evolución de la especie (APOLO, 2014). Este proceso puede ser realizado de manera biótica (animales) o abiótica (viento o agua) siendo así, que la mayoría de las plantas angiospermas dependen de los factores bióticos como insectos, aves o mamíferos (Pantoja et al., 2014).

La polinización es fundamental para la producción de gran parte de los alimentos que son consumidos por los seres vivos, y además relaciona directamente a ecosistemas silvestres con sistemas de producción agrícola. Las plantas fanerógamas, en su totalidad producen semillas solo si previamente fueron polinizados por algún agente polinizador. Si este servicio no se realizara, muchas especies animales, vegetales, y varios servicios ecosistémicos dejarían de existir (Pantoja et al., 2014).

#### **2.1.4. Apicultura**

En Ecuador la apicultura no ha sido bien aprovechada debido a diferentes factores, entre ellos que no se cuenta con el apoyo por parte del estado para la implementación de este tipo de negocios, también una alta tasa de deforestación acompañada con incendios que no permiten tener áreas naturales para el desarrollo de esta actividad (Cabrera, 2014). Se pueden caracterizar dos tipos de organizaciones en el país, las promovidas y las organizadas por iniciativa propia de los apicultores con el fin de mejorar algunas situaciones en concreto como pueden ser: capacitación, comercialización y producción (Llerena, 2016).

La apicultura depende en gran parte de la flora apícola, este es el recurso principal con el que cuentan las abejas de manera natural para satisfacer las necesidades de alimento y producción de miel (Consejo Nacional de Competitividad de Argentina y Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal [CEDAF], 2017). Esta es considerada como la asociación de especies vegetales secretoras de sustancias esenciales que las abejas recogen para beneficio propio y elaborar néctar, polen, propóleos o mielada, a su vez de la flora depende el rendimiento, calidad y diferenciación de los productos entre colmenas (Silva y Restrepo, 2012). Para la flora apícola se deben considerar aspectos como: calidad de la planta, accesibilidad para las abejas, duración del periodo de floración, seguridad ante factores adversos y momento oportuno de floración (Calderón, 2014).

#### **2.1.5. Biogeografía**

Es la ciencia encargada del estudio de la distribución de los seres vivos sobre la superficie del planeta, las causas de dicha distribución, las relaciones locales entre sí y con el ambiente que los rodea, y la evolución a lo largo de la historia (Alberto, 2012). En cuanto a los patrones de distribución biogeográfica de las abejas, se tiene que la mayor riqueza de especies es mayor en zonas que se encuentran alejadas de los polos, es decir en áreas secas y templadas, debido a que dichos patrones se encuentran relacionados con la disponibilidad de recursos y energía (Orr et al., 2021). Otro factor que se encuentra estrechamente relacionado con estos patrones, es la historia biogeográfica de las abejas que se refiere a la distribución de especies a lo largo del tiempo geológico (Duarte y López, 2019).

En el caso de las abejas se han realizado varias investigaciones con diferentes métodos para estudiar su distribución geográfica como es el caso de la publicación “Distribución espacial y hábitos de nidificación de *Nannotrigona mellaria* (Apidae:meliponini) en una localidad de Cali (Colombia)” donde Martínez et al. (2017) mediante la aplicación del programa DIVA-GIS generaron cuadrantes sobre el área de estudio en el que aplicaron el método de Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE, por sus siglas en inglés) con el fin de conocer si existen agrupamientos de nidos en cuadrantes específicos.

#### **2.1.5.1. Nicho ecológico**

La distribución geográfica de una especie se obtiene mediante la estimación de su nicho ecológico. López (2007) menciona que un nicho ecológico es el conjunto de características, variables ambientales o ecológicas, que describen los recursos precisos que necesita un organismo para sobrevivir, en otras palabras, se refiere a la función que desempeña cada individuo dentro de una comunidad y como se relaciona con todos los factores bióticos, abióticos y antrópicos de su hábitat.

Según Moya et al. (2017) la distribución geográfica de una especie está relacionada a la estimación del nicho ecológico donde esta se desarrolle por lo que se busca implementar métodos para representar la distribución potencial en diferentes condiciones de hábitats. Entonces, la distribución geográfica se obtiene mediante la aplicación de métodos de estimación de nicho ecológico que usan algoritmos automatizados para generar mapas con datos de las zonas potencialmente idóneas para la presencia de una determinada especie (Eliosa et al., 2010).

#### **2.1.6. Modelamiento de nichos ecológicos**

En la actualidad, el modelamiento de nichos ecológicos (MNE) es el método más adecuado que existe para estimar la distribución real y potencial de una especie (Guisan y Thuiller, 2005). Un MNE puede emplear uno o varios algoritmos favorables para este fin; además, es fundamental contar con dos tipos de datos de carácter geográfico: los puntos de presencia (localidades) de la especie de interés y las coberturas ambientales (topografía, clima, etc.) en formato digital (Mota-Vargas et al., 2019).

El proceso de modelamiento dependerá de la calidad y veracidad de los datos y de la correcta selección de variables que serán usadas para la caracterización del nicho ecológico (Phillips y Dudík, 2008). Una vez terminado esto, se debe continuar con la selección de los algoritmos que serán usados para reconstruir el nicho ecológico y/o distribución geográfica (Tabla 1), considerando los diferentes requerimientos específicos de entrada y de operación de cada uno. Cuando el modelo sea reconstruido podrá ser proyectado y visualizado utilizando Sistemas de Información Geográfica (Mota-Vargas et al., 2019).

**Tabla 1.** Algoritmos usados para el modelamiento de nichos ecológicos y distribución de especies

Nombre	Algoritmo	Datos biológicos
<b>BIOCLIM</b>	Envolturas bioclimáticas	Presencias
<b>ENFA</b>	Análisis factorial del nicho ecológico	Presencias
<b>CONVEXHULL</b>	Elipsoides de volumen	Presencias
<b>MVE</b>	Elipsoides de volumen mínimo	Presencias
<b>KDE</b>	Estimación de la densidad de Kernell	Presencias
<b>MA</b>	Marble	Presencias
<b>DOMAIN</b>	Distancia de Gower	Presencias
<b>GARP</b>	Algoritmos genéticos	Presencias/Entorno
<b>MAXENT</b>	Máxima Entropía	Presencias/Entorno
<b>BRT</b>	Arboles de regresión impulsados	Presencias/Pseudoausencias
<b>GLM</b>	Modelos lineales generalizados	Presencias/Pseudoausencias
<b>GAM</b>	Modelos aditivos generalizados	Presencias/Pseudoausencias

Fuente: Mota-Vargas et al., (2019)

### 2.1.6.1. Máxima entropía

El modelo Máxima Entropía (MaxEnt) trabaja con un software de modelado lineal de libre acceso y código abierto operado como la aplicación de java, y es a partir de predicciones o inferencias que utiliza información incompleta y presenta como resultado la distribución de una especie, que es representada por una distribución de probabilidad sobre el conjunto de sitios en el área estudiada. La distribución debe respetar una serie de limitaciones derivadas de la ocurrencia de datos, las mismas que se basan en la calidad y número de variables ambientales que deben ser de tipo continuo (altitud, precipitación anual, temperatura máxima, etc.) y categóricas (tipo de suelo o vegetación) (Phillips et al., 2006).

El algoritmo de MaxEnt utiliza la entropía, que se refiere a la aleatoriedad, y se aplica para determinar si todos los elementos tienen igualdad de probabilidades cuando aparecen en un conjunto de datos, indicando así su máxima entropía. Al utilizar la aleatoriedad se busca establecer cuál es la distribución de probabilidades que aumenta la entropía, tomando en cuenta algunas limitaciones (Navarro et al., 2013).

#### **2.1.6.2. Evaluación de modelos de nicho ecológico**

Para validar un modelo de nichos ecológicos se puede utilizar la significancia estadística por medio de una partición de datos de presencia en registros de calibración y validación. Algunos algoritmos ya tienen incorporada la validación del modelo como parte de su funcionamiento, sin embargo, es recomendable realizar una validación independiente para determinar su eficacia y tomar decisiones acertadas (Liras, 2008).

La validación del modelo consiste en discrepar sus predicciones en relación a datos considerados autónomos, con el fin de obtener una medida significativa en relación a una hipótesis nula, además de que permite realizar comparaciones entre modelos (Rosas, 2016). Debido a que son simplificaciones de la realidad, es imposible controlar en su totalidad los factores que gobiernan un fenómeno y es por esto que todos los modelos tienen errores de predicción que comúnmente son: el de comisión, que es clasificar una ausencia como presencia, y el de omisión que es lo contrario (Liras, 2008).

Existen dos estrategias de evaluación de modelos, la primera consiste en evaluar su eficacia a través de pruebas que indican el grado de ajuste del modelo a los datos de validación, entre las pruebas más utilizadas están: la Tasa de Clasificación Correcta (TCC), el Índice de Kappa, las Estadísticas de Habilidades Verdaderas (TSS, por sus siglas en inglés), la Sensibilidad, la Especificidad y la Prevalencia. La segunda estrategia refleja como los resultados de un modelo se alejan de los esperados al azar, como es el caso de la prueba binomial ROC (Receiver Operating Characteristic) (Mota-Vargas et al., 2019)

#### **2.1.7. Cambio climático**

Según la Convención de Marco acerca del Cambio Climático, lo define como un cambio de clima que es generado directa o indirectamente por las actividades antrópicas,

las cuales pueden variar la composición de la atmósfera a nivel global y esto se suma a la variabilidad natural del clima natural que se ha podido observar en períodos de tiempo (Naciones Unidas, 1992).

#### **2.1.7.1. Modelos climáticos**

En los últimos años se han intensificado los cambios en el sistema climático, y por ende los impactos a corto, mediano y largo plazo. Esto ha despertado la preocupación de varios investigadores e instituciones alrededor del mundo sobre cómo afrontar estos cambios en el futuro (Houghton et al., 1997). Por lo que los científicos han creado modelos climáticos, un modelo climático es una proyección del clima para estimar que es lo que se espera a futuro por medio de ecuaciones matemáticas (Instituto Nacional de Ecología y cambio climático [INECC], 2022).

Los modelos climáticos dependen exclusivamente de las condiciones iniciales de cuando se los cree y del contorno que es el acoplamiento de la atmósfera, tanto con el océano como con el continente. En los modelos, los valores actuales del clima ayudan a tener resultados más certeros en las simulaciones a corto plazo (pocas décadas) con lo que se define el problema de valor inicial y por otra parte el contorno ayuda a la predicción a mediano y largo plazo (Madrid, 2021).

Actualmente, existen dos grandes grupos de modelos climáticos que son revisados por el Proyecto de Inter comparación de Modelos Acoplados (CMIP, por sus siglas en inglés): 1) los Modelos de Circulación Global (MCG o GCM siglas en inglés) los cuales cubren la superficie del planeta y 2) Modelos Regionales (MCR o RCM siglas en inglés) son aquellos que cubren regiones climáticas específicas basándose en los modelos GCM (Hayhoe et al., 2017).

El CMIP se ha ido desarrollando por fases, la última actualización es el CMPI6 donde se presentan los antecedentes y la justificación de la nueva estructura del CMPI, esta ha sido modificada para ofrecer un marco equivalente a las fases anteriores sumando modelos actuales generando más de 70 nuevos modelos, que son creados para mejorar la descripción de los modelos comunes y ser más concretos (Eyring et al., 2016). A continuación, en la Tabla 2 se puede ver algunos modelos climáticos del CMPI6:

**Tabla 2.** Modelos climáticos globales

<b>Modelo (Institución)</b>	<b>País</b>
BCCR-BCM2_o (Bjerknes Centre for climate Research)	Norway
CCSM3 (National Center for Atmospheric Research)	USA
CGCM3.1 (T47) (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis)	Canada
CGCM3.1 (T63) (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis)	Canada
CNRM-CM3 (Centre National de Recherches Meteorologiques)	France
CNRM-CM33 (Centre National de Recherches Météomlogiques)	France
CSIRO-MK3.0 (CSIRO Atmospheric Research)	Australia
CSIRO-MK3.5 (CSIRO Atmospheric Research)	Australia
ECHAM5/MP1-OM (Max-Planck-Institute for Meteorology)	Germany
ECHAM5C/MPI-OM (Max-Planck-Institute for Meteorology)	Germany
ECHO-G (University of Bonn)	Germany
EGMAM (Freie Universitaet Berlin, Institute for Meteorology)	Germany
EGMAM2 (Freie Universitaet Berlin, Institute for Meteorology)	Germany
FGOALS-g1.0 (Institute of Atmospheric Physics)	China
GFDL-CM2.0 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory)	USA
GISS-AOM (Goddard Institute for Space Studies)	USA
GISS-ER (Goddard Institute for Space Studies)	USA
INGV-SXG (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)	Italy
INM-CM3_0 (Institute of Numerical Mathematics)	Russia
IPSL-CM4 (Institut Pierre Simon Laplace)	France
IPSL-CM4v2 (Institut Pierre Simon Laplace)	France
MIROC3.2 hires (Center for Climate system Research, NIES y RCGC)	Japan
MRI-CGCM2.3.2 (Meteorological Research Institute)	Japan
PCM (National Center for Atmospheric Research)	USA
UKMO-HadCM3C (Met Office Hadley Centre)	UK
UKMO-HadGEM2 (Met office Hadley Centre)	UK

**Fuente:** (Eyring et al., 2016)

En la actualidad existen 40 modelos que han sido mejorados para usos de mayor complejidad, con mejores resoluciones y que cumplen con las pruebas de Sensibilidad Climática de Equilibrio (ECS), entre estos modelos se encuentra el modelo de la familia HadGEM3 (Hadley Center Global Environment Model versión 3) que ha sido mejorado de los modelos anteriores HadGEM1 y HadGEM2 con una mejor formulación y

resolución en el componente atmosférico y se ha añadido una mejor complejidad del ciclo de carbono (Hewitt et al., 2011).

#### **2.1.7.2. Escenarios climáticos**

Según el Sexto Reporte de Evaluación los escenarios climáticos también conocidos como Trayectorias Socioeconómicas Compartidas codificados con sus siglas en inglés SSP (Shared Socioeconomic Pathways), describen una variedad de opciones alternativas para el futuro tomando en cuenta diferentes aspectos como: evolución económica, niveles de desigualdad, cambios demográficos y tecnológicos, entre otros, y con ellos genera los desafíos que se verían envueltos para la mitigación y adaptación para estos escenarios (IPCC, 2022). Los escenarios climáticos se encuentran clasificados en las siguientes codificaciones:

- **SSP126 (escenario optimista):** este escenario busca la sustentabilidad e intenta mostrar una disminución gradual en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), un bajo crecimiento poblacional, mayor conciencia ambiental, mejores niveles de educación y buenas gestiones de gobierno, lo que da como resultado un escenario favorable o también llamado escenario de mitigación en el que se toman medidas globales en pro del medio ambiente (Herrera, 2021).
- **SSP245 y SSP370 (escenarios medios):** estos dos escenarios representan el nivel medio donde existe un crecimiento demográfico, bajo crecimiento económico, pocos niveles de educación con un bajo uso de aerosoles (Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica, 2022).
- **SSP585 (escenario pesimista):** en este escenario se toma en cuenta un rango de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en grandes cantidades asumiendo que la población tiene una alta dependencia en el consumo de combustibles fósiles (Herrera, 2021).

#### **2.1.8. Impactos ambientales**

El término “impacto” proviene del vocablo en latín “impactus” traducido como la palabra “chocar”, para 1960 toma una esencia figurativa que le brinda el significado de ser “perjudicial”, siendo así que la conjunción de estas palabras brinda la comprensión

del término como cualquier alteración que sea producida en el ambiente por cualquier actividad realizada por el hombre (Orellana y González, 2020).

Entonces, se entiende que un impacto ambiental (IA) es aquel que está implicado en los efectos adversos que se presentan en los ecosistemas, clima y sociedad. Las causas son varias, pero entre las más relevantes están: la sobreexplotación de recursos naturales, el mal manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, emisiones de gases de efecto invernadero y cambios en el uso del suelo (Sánchez y Gutiérrez, 2009). Uno de los grupos más afectados por IAs son los polinizadores debido a la pérdida y destrucción de hábitat (fragmentación y deforestación), uso de pesticidas en el ámbito agrícola, introducción de especies polinizadoras, enfermedades y el cambio climático (González-Varo et al., 2013).

#### **2.1.8.1. Evaluación de impactos ambientales**

Es un proceso que analiza diferentes factores biofísicos con el cual se busca identificar, predecir e interpretar el impacto ambiental generado en un ecosistema debido a cualquier actividad o proyecto antrópico que pueda ser ejecutado en el área de estudio, con el objetivo de prevenirlo, corregirlo o evitarlo buscando maximizar los beneficios y disminuir los impactos no deseados (Cruz et al., 2008).

Dentro de la evaluación de impactos ambientales se aplica un análisis subjetivo, ya que la referencia tomada es la calidad ambiental (concepto subjetivo), por lo que no se puede tener un valor en sí que demuestre el impacto causado. Sin embargo, con la ayuda de la ciencia podemos obtener las herramientas necesarias para realizar este tipo de trabajo, siendo así que una de las herramientas más conocidas es la aplicación de matrices como lo es la Matriz de Conesa Fernández que toma en cuenta varias variables de impacto siendo una de las más acertadas en la actualidad (Garmendia et al., 2005).

#### **2.1.9. Agroquímicos**

El uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura es uno de los principales problemas que enfrentan los insectos polinizadores. Son sustancias orgánicas o inorgánicas elaboradas con el fin de controlar o repeler diferentes tipos de plagas que se puedan presentar en especies vegetales y que pueden ser nocivos para la salud humana, los plaguicidas generan un efecto tóxico sobre ciertos organismos vivos (Bedmar, 2011).

Dentro de los agroquímicos se encuentra el grupo de pesticidas, que son elaborados con el fin de: controlar, repeler, atraer o matar a una plaga (animales o plantas) a base de elementos naturales o sintéticos que llegan a ser tóxicos para el individuo (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2022), estos se pueden clasificar en: acaricidas, herbicidas, fungicidas e insecticidas. Estos dos últimos se explican a continuación ya que son los más perjudiciales para las abejas y son parte de los resultados obtenidos en la investigación.

### 2.1.9.1. Insecticidas

Este grupo de pesticidas son los que ponen en un mayor riesgo a los polinizadores ya que son químicos diseñados para matar insectos y son aplicados de manera inadecuada en muchos cultivos, aunque no se ha determinado directamente si estos tienen algo que ver con el descenso en las poblaciones de polinizadores, cada día se puede ver que algunos en altas concentraciones generan daños en la salud de los polinizadores tanto a nivel individual como el de colonia (Tirado et al., 2013).

Existe una amplia variedad de productos químicos, pero debido a su popularidad y eficacia los más usados a nivel mundial son los neonicotinoides, que son una familia de pesticidas que actúan en el sistema nervioso central de los insectos, y con menor toxicidad en vertebrados (aves y mamíferos), aunque en los últimos años el uso de ciertos productos químicos de esta familia está siendo restringido en países debido a una posible conexión con el desorden del colapso de colonias apícolas (Van Breukelen y Maus, 2017). Podemos enumerar en la Tabla 3 a los siguientes como los más peligrosos para las abejas:

**Tabla 3.** Insecticidas dañinos para las abejas

<b>Insecticida</b>	<b>Nombre comercial</b>
Tiametoxam	Cruiser o Actara, entre otros
Imidacloprid	Gaucho, Confidor, Imprimo y muchos otros
Clotianidina	Cheyenne, Dantop, Santana, entre otros
Fipronil	Fenilpirazol, BASF, Regent, entre otros
Clorpirifos	Cresus, Dursban, Reldan, entre otros
Cipermetrin	Demon WP, Cyper, entre otros
Deltametrin	Deltametrina, Cresus o Deltagrain, entre otros

**Fuente:** (Tirado et al., 2013)

### 2.1.9.2. Fungicidas

En épocas de floración muchos agricultores aplican fungicidas a cultivos, por estar clasificados como menos tóxicos para polinizadores, sin embargo, hay fungicidas que tienen toxicidad directa o al unirse con insecticidas aumentan la toxicidad y llegan a causarles daños (Mullin et al., 2010). A continuación, en la Tabla 4, se señala los fungicidas dañinos para las abejas.

**Tabla 4.** Fungicidas dañinos para las abejas

<b>Insecticida</b>	<b>Nombre comercial</b>
Boscalid	Lidius, Boscalid Bellis WG, Cantus WG, entre otros
Captan	Captain, Orthocide, entre otros
Myclobutanil	Agrota, Rally, Prelude, entre otros
Difenoconazol	Difenicc, Sitol, Scoba, entre otros
Tebuconazol	Dinitrex, Xstrata gold, Tebuzole, entre otros

Fuente: (Mullin et al., 2010)

## 2.2. Marco legal

### 2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

Como principal normativa legal de Ecuador, la Constitución del año 2008, declara el manejo sustentable y sostenible del patrimonio natural respetando los derechos de la naturaleza. En el título II, capítulo segundo, de los derechos del buen vivir, el artículo 14 y 15 hablan sobre la preservación y conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad presente en ellos, además hace mención de la promoción del uso de tecnologías limpias no contaminantes tanto para el sector público como privado tomando en cuenta el aspecto referido a la prohibición de uso de agroquímicos internacionalmente prohibidos (Constitución Nacional del Ecuador, 2008).

### 2.2.2. Convenio Rotterdam

Este convenio fue revisado por última vez en el año 2013 y ratificado en el Ecuador desde el año 2004, este en su primer artículo plantea el objetivo de promover la responsabilidad del comercio de productos químicos peligrosos que puedan ser dañinos para la salud y el medio ambiente, tomando en cuenta un manejo ambientalmente racional

y con ello facilitando la transferencia de conocimientos sobre su manejo a nivel global (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2004).

### ***2.2.3. Convenio de diversidad biológica***

Este convenio fue firmado en 1992 en la “Cumbre de la Tierra” entrando en vigor en el Ecuador en el año de 1993 busca mantener 3 objetivos vinculantes: conservar la diversidad biológica, utilizar de manera sostenible los componentes ambientales y participar de manera justa y equitativa en la toma de decisiones del manejo de recursos genéticos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992).

### ***2.2.4. Reglamento al Código Orgánico Ambiental***

Los recursos naturales presentes en Ecuador tienen un valor incuantificable, debido a esto el Estado elaboró el Reglamento al Código Orgánico Ambiental en el año 2019 donde se registraron artículos en pro de la vida silvestre, el Artículo 14. literal (e) en el que se toma en cuenta los acuerdos interinstitucionales que garanticen la prevención, control y gestión de plagas, enfermedades forestales y la invasión de especies exóticas que puedan presentar un riesgo para la salud humana o la biodiversidad, esto para garantizar que no se esté empleando de manera correcta los diferentes agroquímicos. Por otra parte, el Artículo 98. Donde se emite que la Autoridad Nacional debe coordinar la gestión, control y vigilancia de especies exóticas o plagas que puedan afectar a la vida silvestre a nivel nacional y por último el Artículo 542. que trata sobre el uso de plaguicidas en el cual se debe hacer un registro y control de los plaguicidas de uso agrícola que estén a la venta de manera semestral determinando que estos no tengan riesgo ambiental y en caso de no cumplir con los estándares estos serán revocados por incumplimiento (Código Orgánico del Ambiente, 2016).

## Capítulo III

### Metodología

#### 3.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el cantón Cotacachi perteneciente a la provincia de Imbabura. Cuenta con una extensión de 169 084.72 hectáreas (has) y limita al norte con el cantón Urcuquí y la provincia de Esmeraldas, al sur con el cantón Otavalo y la provincia de Pichincha, al este con los cantones Antonio Ante, Otavalo y Urcuquí y al oeste con las Golondrinas y la provincia de Esmeraldas (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2010).

El cantón Cotacachi está compuesto por 10 parroquias: El Sagrario, San Francisco, Quiroga, Plaza Gutiérrez, Imantag, 6 de Julio de Cuellaje, García Moreno, Peñaherrera y Vacas Galindo (GAD Municipal Santa de Cotacachi, 2015). El área de estudio abarca un total de 5 parroquias: El Sagrario, San Francisco, Quiroga, Plaza Gutiérrez, Imantag que se presentan en la Figura 2 y consta de una extensión de 41 707.4 hectáreas.

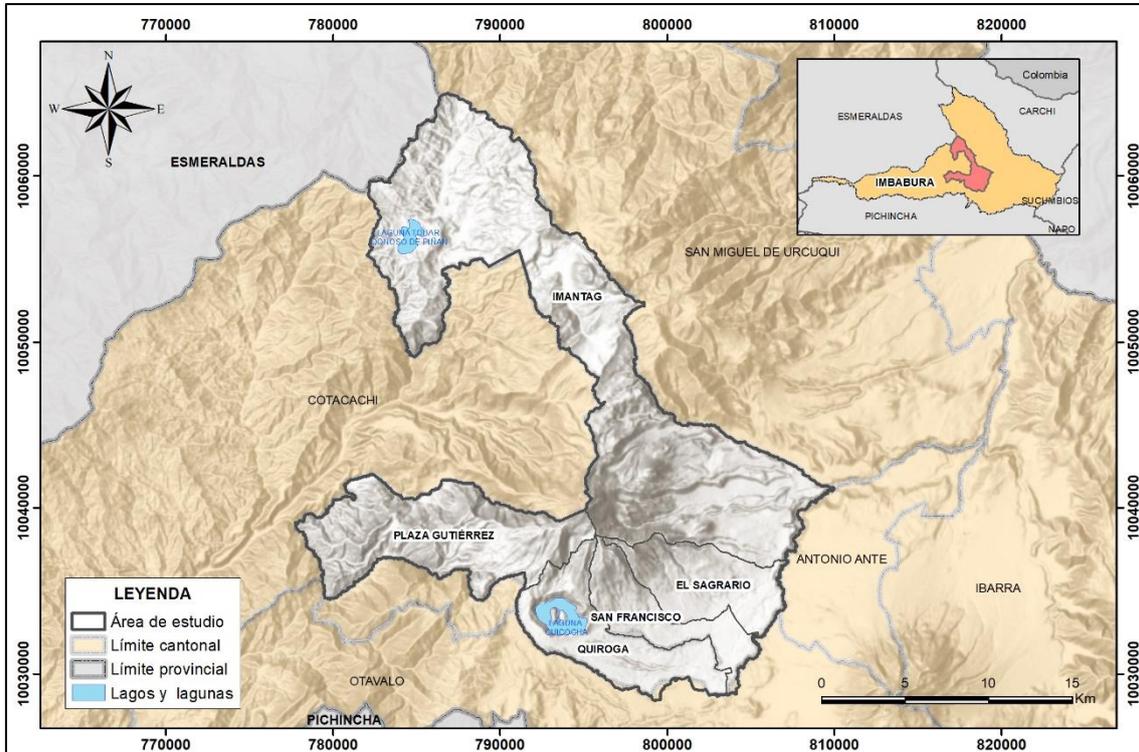


Figura 2. Parroquias de estudio en el cantón Cotacachi

El cantón Cotacachi tiene un gran potencial turístico debido a que se conforma por un 57,42% de suelo de áreas protegidas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi, 2019), el cantón posee la laguna de Cuicocha se encuentra uno de los lugares turísticos más reconocidos a nivel nacional que tiene dos domos dentro de ella llamados Wolf y Yeroví (Jácome et al., 2020).

### **3.1.1. *Clima***

En el cantón Cotacachi existe una gran variedad de climas bien marcados como son el clima Ecuatorial de Alta Montaña, Tropical Mega Térmico Húmedo y Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo (GAD Municipal Santa de Cotacachi, 2015). Presenta una gran variedad de pisos climáticos, cada uno con sus propias temperaturas y precipitaciones, además cuenta con dos zonas bien marcadas que son la zona andina que posee una temperatura que oscila entre los 14°C a los 22°C y una precipitación promedio de 500 y 1000 mm/año, y la zona subtropical (Intag) que presenta una temperatura que oscila entre los 16°C a los 32°C con una precipitación promedio alrededor de 3000 mm/año, debido al buen nivel de cobertura vegetal que todavía existe (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi, 2019).

### **3.1.2. *Ecosistemas y cobertura vegetal***

El cantón Cotacachi es un cantón megadiverso con presencia de una gran variedad de recursos naturales de todo tipo de pisos climáticos. Presenta un amplio número de ecosistemas que según el sistema de Zonas de Vida de Holdridge (1971), el cantón abarca 11 zonas de vida: Bosque Húmedo Tropical, Bosque Muy Húmedo Tropical, Bosque Muy Húmedo Premontano, Bosque Pluvial Premontano, Bosque Húmedo Montano Bajo, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, Bosque Húmedo Montano, Bosque Muy Húmedo Montano, Bosque Pluvial Montano, Bosque Muy Húmedo Subalpino y Bosque Pluvial Subalpino (GAD Municipal Santa de Cotacachi, 2015).

### **3.1.3. *Zonas agrícolas***

El 37% de la superficie cantonal de Cotacachi se encuentra cubierta por suelos con textura fina, este tipo de suelo se caracteriza por poseer una buena cantidad de materia

orgánica y humedad. Esto hace que el cantón sea considerado dentro de la provincia como un microcentro de diversidad agrícola, por la gran variedad de cultivos tradicionales que posee (GAD Municipal Santa de Cotacachi, 2015).

#### **3.1.4. *Uso de la tierra***

Para especificar el uso de la tierra en el cantón Cotacachi se tiene una clasificación agrológica con base en la capacidad que tiene para producir plantas (cultivos, bosque y pastos), y de acuerdo con los criterios de clasificación impuestos por el USDA (United States Department of Agriculture) se obtuvo los siguientes usos: conservación y protección 69600.75 has (41.16%), protección y producción 39015.18 has (23.03 %), agrícola 25887.26 has (15.31%) y pecuario 24009.70 has (14.20%) (GAD Municipal Santa de Cotacachi, 2015).

#### **3.1.5. *Actividades económicas***

En el cantón Cotacachi la principal actividad económica es la producción agropecuaria debido a la alta presencia de materia orgánica en sus suelos, lo que los hace muy fértiles y adecuados para los cultivo, en segundo lugar, se encuentra la producción manufacturera seguida por la actividad artesanal, juntas se encargan de la producción de artículos en cuero, y por último, la actividad turística que se refiere tanto a zonas de esparcimiento como a zonas hoteleras (GAD Municipal Santa de Cotacachi, 2015).

### **3.2. Métodos**

A continuación, se detallan las técnicas y procesos a realizarse de acuerdo con cada objetivo específico de la investigación, que en este caso fueron tanto de tipo cualitativo como cuantitativo siendo así de tipo mixta.

#### **3.2.1. *Determinación del efecto del uso de plaguicidas en la familia Apidae***

Para determinar los efectos que causan los plaguicidas en las abejas, primero fue necesario conocer qué tipo de agroquímicos son los más utilizados en el área de estudio,

por lo que se realizaron 3 salidas de campo para aplicar encuestas y entrevistas a los apicultores con el fin de conocer la realidad que existe en el área.

### 3.2.1.1. Obtención de información secundaria

Se obtuvo una matriz por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAGAP] (2021) que sirvió de guía para poder contactar a los apicultores, esta matriz contenía datos como: nombres, número de contacto, ubicación geográfica de cada apiario, número de apiarios, número de colmenas, producción de miel, especies utilizadas, alimentación, entre otros. En la Tabla 5 se observa la cantidad de apicultores presentes en cada parroquia según la base de datos del MAGAP:

**Tabla 5.** Número de apicultores por parroquia

Parroquias	Nº de apicultores
Imantag	14
Plaza Gutiérrez	7
Quiroga	9
San Francisco	3
El Sagrario	10
Total	43

Fuente: (MAGAP, 2021)

### 3.2.1.2. Caracterización apícola

Se aplicaron encuestas de tipo analíticas a los apicultores de las 5 parroquias de estudio con preguntas abiertas y cerradas que sean de fácil entendimiento para ellos (Casas et al., 2003), este modelo se presenta en el Anexo 1. La información recopilada se dividió en 3 secciones: datos generales del encuestado, información agrícola e información apícola. En total se plantearon 29 preguntas que recopilaron información sobre: número de apiarios y colmenas, tipos de cultivos, plaguicidas utilizados, frecuencia de uso, forma de dispersión y flora apícola. Dentro de la encuesta también se consultó cuáles son los cultivos más comunes alrededor de los apiarios, después de obtener un listado se realizó un filtro con los cinco cultivos más nombrados. Además, se preguntó en dónde compran los productos químicos para realizar entrevistas en dichos lugares y

obtener un listado de los agroquímicos más utilizados por cultivo para así clasificarlos por su toxicidad (Tabla 6).

**Tabla 6.** Categorización de agroquímicos por toxicidad

Índice de toxicidad	
I Rojo	Extremadamente tóxico
II Amarillo	Altamente tóxico
III Azul	Moderadamente tóxico
IV Verde	Ligeramente tóxico

Fuente: (Ministerio del Ambiente [MAE], 2021)

### 3.2.1.3. Entrevista

Se aplicó una entrevista libre no estructurada al personal encargado de las casas comerciales con preguntas abiertas, para que puedan brindar información libremente sin sentirse presionados y sin temor (Díaz et al., 2013). Esto se realizó para obtener un listado de los pesticidas con mayor demanda por parte de los agricultores en los 5 cultivos más comunes del área de estudio, con lo que se obtuvo un listado para luego aplicar una clasificación de acuerdo con su toxicidad y se relacionó al cultivo en el que su uso es más frecuente.

### 3.2.1.4. Evaluación de impactos ambientales

Se eligió la Matriz Conesa Fernández por sus características causa-efecto sobre el medio ambiente (González y Ulloa, 2010). Para realizar esta matriz es necesario determinar qué tipos de cultivos se encuentran en las parroquias seleccionadas, tipo de plaguicidas más utilizados y su toxicidad, con lo que se realiza una matriz de entradas-salidas para cada proceso de cultivo. Con estos datos se procede a la evaluación de impactos ambientales, para lo cual se aplica la ecuación para el cálculo de la importancia (I) de un impacto ambiental (Fernández Vítora et al., 2011)

$$I = N [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (1)$$

Dónde:

N = Naturaleza del impacto.

I = Importancia del impacto.

i = Intensidad o grado probable de destrucción.

EX = Extensión o área de influencia del impacto.

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto.

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto.

RV = Reversibilidad.

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples.

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo.

EF = Efecto (tipo directo o indirecto).

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos.

El desarrollo de la ecuación para conocer la importancia de los impactos ambientales generados por el uso de agroquímicos se realizó utilizando la matriz de importancia que se detalla a continuación en la Tabla 7:

**Tabla 7. Matriz de Importancia**

<b>Naturaleza (N)</b>		<b>Intensidad (I)</b>	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
<b>Extensión (EX)</b>		<b>Momento (MO)</b>	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	3
Crítica	(+6)	Crítico	(+4)
<b>Persistencia (PE)</b>		<b>Periodicidad (PR)</b>	
Fugas	1	- Irregular o aperiódico o discontinuo	1
Temporal	2	- Periódico	2
Permanente	4	- Continuo	4
<b>Acumulación (AC)</b>		<b>Efecto (EF)</b>	
Simple	1	Indirecto	1
Acumulativo	4	Directo	4
<b>Reversibilidad (RV)</b>		<b>Recuperabilidad (MC)</b>	
Corto plazo	1	Inmediato	1
Mediano plazo	2	Recuperable	2
Irreversible	4	Mitigable	4
<b>Sinergia (SI)</b>		Irrecuperable	8

-Sin sinergismo (simple)	1
-Sinérgico	2
-Muy sinérgico	4

Fuente: (Fernández Vítora et al., 2011)

Una vez obtenidos los valores de los impactos se procederá a clasificarlos por categorías que se generan en base a los siguientes rangos (Tabla 8):

**Tabla 8.** Valores ponderados de impactos ambientales

Valor de importancia	Impacto
≤ 25	Compatible
26-50	Moderado
51-75	Severo
>75	Crítico

Fuente: (Fernández Vítora et al., 2011)

### 3.2.1.5. Evaluación de condiciones óptimas para el desarrollo de la familia Apidae

Con la información recolectada en campo a través de encuestas se obtuvo información de los cultivos más comunes en la zona de estudio para después proceder a realizar entrevistas en las casas de agro servicios más populares, con lo que se consiguió una lista de los pesticidas más comprados para cada cultivo y con esta información se realizó investigación bibliográfica con el fin de conocer el efecto que tienen en las especies melíferas utilizadas para la producción de miel, procediendo a realizar un filtro de los pesticidas más agresivos (uno por cada cultivo) asumiendo que estos serán los que tienen mayor influencia en las abejas esta información también fue utilizada en la creación de la variable de agroquímicos para la creación del modelo de distribución potencial de las abejas .

Por otra parte, fue necesario tomar en cuenta la flora apícola ya que la diversidad vegetal es clave en la producción. Esto se debe a que una mayor diversidad de especies genera un aumento significativo en la producción de miel, debido a la mayor disponibilidad de flores a lo largo del año (Aguilar, 2014).

### 3.2.2. Modelos de distribución potencial para la familia apidae

Para establecer los puntos idóneos donde se encuentra la familia Apidae se utilizó información georreferenciada de los apiarios además de tomar en cuenta las características ambientales de la zona de estudio, datos de presencia de la especie, variables bioclimáticas y uso de suelo para generar mapas de distribución potencial donde se puedan apreciar las condiciones óptimas para el correcto desarrollo de los especímenes

#### 3.2.2.1. Puntos de presencia

En la matriz brindada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) se observó que existían datos incompletos sobre los apicultores, especialmente en las ubicaciones de los apiarios por lo que se realizaron trabajos de campo con el fin de recopilar las coordenadas donde se ubican los apiarios. Una vez obtenidas las coordenadas georreferenciadas de cada apiario, se ingresaron los datos de latitud y longitud en un archivo Excel, que se transformó a un archivo de valores separados por comas (CSV) y se proyectó los puntos en ArcMap 10.8. Se generó un mapa de ubicación de los apiarios y con una imagen satelital se verificó que las ubicaciones sean correctas y que los puntos no se encuentren sobre zonas como ríos, quebradas pronunciadas, etc (Figura 3).

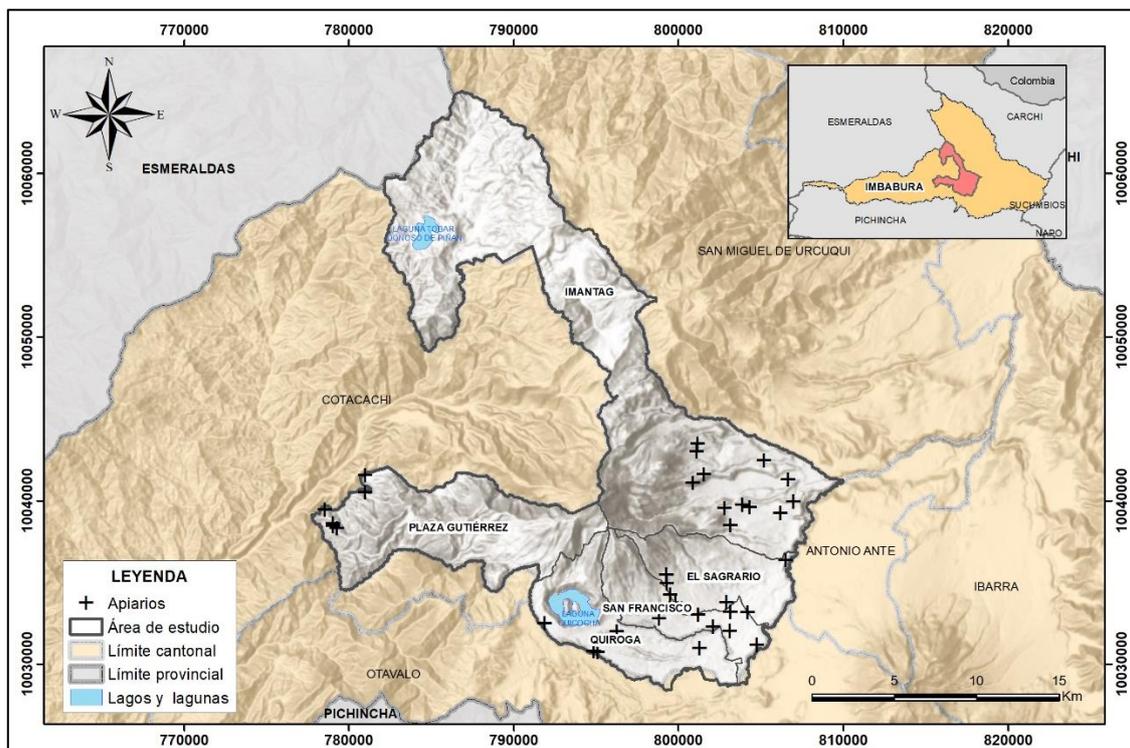


Figura 3. Ubicación de los apiarios

### 3.2.2.2. Variables ambientales

Para determinar la distribución potencial de *Apis mellifera* se utilizaron variables bioclimáticas que fueron descargadas del sitio web de libre acceso *Global Climate Data* datos de radiación solar y velocidad del viento *WorldClim* versión 2.1 (<https://www.worldclim.org/>) siendo esta una base de datos globales bioclimáticos que presenta 19 variables en formato ráster (.tif), todas estas tienen una media desde los años 1970 al 2000 con una resolución de 30 arcossegundos equivalentes a aproximadamente 1 Km (Fick y Hijmans, 2017). A continuación, en la Tabla 9 se presentan el listado general de las variables bioclimáticas de *WorldClim*.

**Tabla 9.** Variables bioclimáticas

Abreviatura	Descripción
Bio 1	Temperatura media anual
Bio 2	Rango diurno medio (Media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima))
Bio 3	Isoterma (Bio2/Bio7) (*100)
Bio 4	Temporalidad de la temperatura (desviación estándar *100)
Bio 5	Temperatura máxima de calentamiento
Bio 6	Temperatura
Bio 7	Rango anual de temperatura (Bio 5- Bio 6)
Bio 8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio 9	Temperatura media del trimestre más seco
Bio 10	Temperatura media del trimestre más cálido
Bio 11	Temperatura media del trimestre más frío
Bio 12	Precipitación anual
Bio 13	Precipitación del mes más húmedo
Bio 14	Precipitación del mes más seco
Bio 15	Estacionalidad de precipitación (Coeficiente de variación)
Bio 16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio 17	Precipitación del trimestre más seco
Bio 18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio 19	Precipitación del trimestre más frío

**Fuente:** (Fick y Hijmans, 2017)

En la preparación de las variables que intervendrían en el modelo de distribución, independientemente de que variable sea, deben cumplir con ciertas condiciones: tener la misma proyección geográfica en este caso el sistema de coordenadas

WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S, poseer el mismo tamaño de celda en este caso ( $X=20$  y  $Y=20$ ) y la misma forma y, por último, las capas deben ser ráster y en formato ASCII (Gómez, 2019).

Para seleccionar las variables bioclimáticas que intervienen en el modelo de distribución, se utilizó ArcGIS 10.8 ingresando los archivos ráster (.tif) descargados de *worldclim* (variables bioclimáticas, viento y radiación) para proyectarlos en el sistema de coordenadas mediante *Project raster* a continuación, se procedió a realizar el corte de las variables proyectadas con el área de estudio mediante la herramienta *extract by mask* y se hizo un cambio de tamaño de celda con la herramienta *resample*. Este último proceso de resamplado de celdas se lo realizó a todas las variables con el fin de garantizar una misma resolución espacial (Jácome, 2018). De igual manera todas las variables fueron almacenadas en formato ASCII (.asc) mediante la aplicación de la herramienta *raster to ascii* formato requerido para trabajar el software MaxEnt (Jácome et al., 2019b).

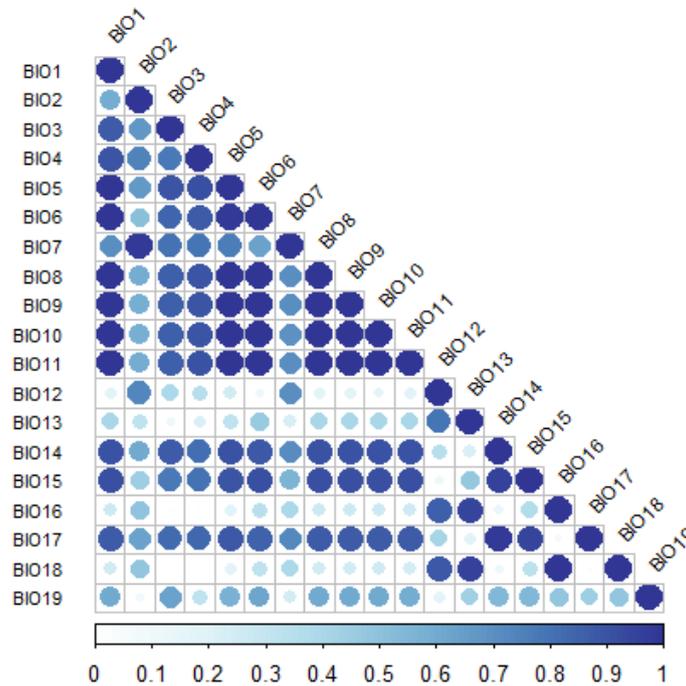
### **3.2.2.3. Análisis estadístico de variables bioclimáticas**

Para la identificación de la relación que hay entre las variables bioclimáticas se empleó el análisis de correlación donde se seleccionaron a aquellas variables que tengan un valor  $|r| < 0.7$  con el fin de reducir la colinealidad entre ellas (Dormann et al., 2013). Este cálculo permite establecer de manera numérica que tan relacionadas están dos variables entre sí, mientras el coeficiente sea más cercano a 1 entre las variables quiere decir que existe una alta correlación.

Para la obtención del análisis de multicolinealidad de las variables se realizó el corte de las 19 variables bioclimáticas con la zona de estudio luego se generó el tamaño de la muestra basado en el número de filas y columnas, obteniendo un total de 376 puntos aleatorios con la aplicación de la herramienta *create random points* y con la herramienta *extract multi values* se obtuvo los valores de cada celda obteniendo como resultado una tabla que sería ingresada y tratada en Excel.

Una vez obtenidos los valores de cada variable se ingresó los datos en Excel y se procedió a realizar el análisis de multicolinealidad con la extensión XLSTAT, con lo que se identificarían las variables menos correlacionadas con un umbral  $<0.7$  como lo realiza (Jácome et al., 2019a). Además, los resultados obtenidos fueron ingresados en el software

RStudio versión 2021.09.02 para así realizar la gráfica de los valores absolutos de la correlación (Figura 4).



**Figura 4.** Gráfica de valores absolutos de prueba de correlación

Se identificaron 6 variables Bioclimáticas que se ajustaron dentro de la matriz de correlación superando un umbral de valores  $<0.7$  por lo que las variables seleccionadas fueron: Bio 2 (Rango diurno medio (Media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima)), Bio 12 (Precipitación anual), Bio 16 (Precipitación del trimestre más húmedo), Bio 18 (Precipitación del trimestre más cálido), y Bio 19 (Precipitación del trimestre más frío).

Una variable que se seleccionó adicionalmente fue la Bio1 (Temperatura Media Anual), es importante mencionar que, aunque esta no haya presentado correlación en el análisis de multicolinealidad, se la eligió debido a su gran importancia ecológica para el estudio y con ello tener equilibrio entre las variables de temperatura y precipitación (Romo et al., 2013). Después haber realizado la selección de las variables bioclimáticas estas fueron almacenadas en formato ASCII (asc.) para así ingresarlas al software MaxEnt.

#### 3.2.2.4. Variables biofísicas

En este punto se generó un conjunto de archivos ráster (.tif) de las siguientes variables: índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI), clasificación de cobertura vegetal supervisada con imagen satelital, interpolación de producción de miel y clasificación de pesticidas. A continuación, se presentan los procesos que se realizó para la elaboración de cada ráster.

- **Índice Diferencial de Vegetación Normalizado**

El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) nos permite generar una imagen donde se muestra la biomasa relativa (Revelo et al., 2020). El NDVI se obtuvo mediante la descarga de una imagen satelital Landsat 8 del año 2020 desde el portal web Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Con la imagen satelital se procedió a ingresarla en el software ArcGIS 10.8 para esto se cargaron las bandas 4 y 5, con lo que se calculó el NDVI mediante la herramienta “*raster calculator*” tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{IR-R}{IR+R} \quad (2)$$

Donde:

IR = infrarrojo cercano (B5)

R = Rojo (B4)

El resultado de este procedimiento se lo puede observar en el Anexo 19.

- **Cobertura vegetal**

La clasificación supervisada es un proceso en el que se utilizan firmas espectrales obtenidas a partir de muestras de capacitación para así clasificar toda la imagen en clases específicas (Arango et al., 2005). A continuación, se presentan los pasos realizados para obtener la clasificación supervisada de cobertura vegetal:

Para obtener la imagen satelital clasificada se utilizó el software Arcgis10.8 con la imagen satelital Landsat 8, después se arregló la combinación de bandas en RGB 6, 5 y 2, posteriormente se generó áreas de entrenamiento de los suelos a tomarse en cuenta, en este caso fueron: (1) agua, (2) zonas urbanas, rocas y nubes, (3) pastizales, (4) cultivos,

(5) vegetación arbustiva, (6) páramo, estas muestras fueron almacenadas en formato (.gsg) para posteriormente realizar el análisis *maximum likelihood classification (spatial analyst)* y obtener la imagen de clasificación supervisada de los suelos en estudio (Anexo 20).

- **Producción de miel**

El proceso de interpolación ayuda a predecir valores para diferentes celdas de un raster a partir de una cantidad predeterminada de puntos de datos, este puede utilizarse para una predicción de valores desconocidos dentro de cualquier punto geográfico (Jácome et al., 2018). En el caso de la generación del ráster de interpolación de producción de miel se utilizó el método kriging, un método geoestadístico avanzado catalogado como el mejor estimador lineal no sesgado, este genera valores estimados de una variable a partir de una muestra proporcionada por el investigador (Linares et al., 2021).

Los datos de producción de miel se obtuvieron por medio del trabajo de campo mediante encuestas en donde los apicultores brindaron información sobre la producción anual de miel en litros, a estos datos se les hizo un análisis de normalidad donde se encontró que los datos crudos de producción no presentaron normalidad por lo que se recurrió a la transformación logarítmica de los mismos, los cuales presentaron normalidad con la prueba de Ryan-Joiner. Después de este procedimiento estos datos fueron proyectados junto con los puntos de ubicación de cada apiario en un archivo con extensión (.CSV) para ser visualizados en ArcGIS 10.8 y posteriormente realizar el modelo de interpolación. Para la creación del modelo de interpolación se recurrió al grupo de herramientas *Geostatistical Analyst* y con la función *subset features* se procedió a la creación de una muestra de entrenamiento del 80 por ciento y una de test del 20 por ciento con la cual se validará el modelo de interpolación. Seguidamente se aplicó la función *geostatistical wizard* aplicando el método kriging que es uno de los mejores ya que tiene una varianza mínima (Anexo 21).

- **Toxicidad de agroquímicos**

Los datos de agroquímicos fueron obtenidos a través de las encuestas, una vez obtenidos los cinco cultivos más comunes de la zona se procedió a descargar los archivos

*shapefile* de la página oficial del MAGAP (<http://geoportal.agricultura.gob.ec/>) para proceder clasificar las zonas de insecticidas y fungicidas y con ello categorizarlos en ArcGIS 10.8 creando el campo de “toxicidad” para cada cultivo asumiendo que con la presencia del cultivo también habrá la presencia del agroquímico. La clasificación se realizó de acuerdo con los rangos de toxicidad indicados en la etiqueta de cada producto (Anexo 22 y 23).

### 3.2.2.5. Modelamiento de nicho ecológico con MaxEnt

Mediante el uso del software MaxEnt 3.4.4 se realizó una predicción potencial de distribución de las especies en relación con las condiciones ambientales recopiladas a través del tiempo tomando en cuenta las temporadas de floración ya que es un factor que interviene en la producción apícola (Phillips et al., 2006). Después de haber obtenido las variables que intervienen en el desarrollo del modelo se prosiguió a transformarlas a formato ASCII (.asc) en el programa ArcGIS 10.8 que es formato que necesita el software MaxEnt. El modelo se realizó tomando en cuenta los 36 puntos de presencia georreferenciados dentro de las parroquias de estudio junto con las diferentes variables bio-climáticas enlistadas a continuación (Tabla 10):

**Tabla 10.** Variables usadas en el modelamiento de distribución potencial de *Apis mellifera*

Nº	Variables
1	(Bio1) Rango diurno medio (Media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima))
2	(Bio2) Rango diurno medio (Media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima))
3	(Bio12) Rango anual de temperatura (Bio5 – Bio6)
4	(Bio16) Precipitación del cuarto mes más frío
5	(Bio18) Precipitación del trimestre más cálido
6	(Bio19) Precipitación del cuarto más frío
7	Radiación solar
8	Velocidad del viento
9	Producción de miel
10	Agroquímicos
11	Tipo de cobertura vegetal
12	NDVI

Al momento de desarrollar el modelo en MaxEnt se configuró varias opciones. En este caso se seleccionó las casillas de: *create response curves*, *make pictures of*

*predictions* y *do jackknife to measure variable importance* ya que estas sirven para verificar como influyeron las variables en el modelo (Gómez, 2019). Para el formato de salida se seleccionó *logistic* con el tipo de archivo de salida (*asc.*), luego se procedió a configurar los parámetros en el caso del parámetro *basic* se seleccionó *random seed* y el resto de las casillas se dejaron por defecto, el porcentaje de prueba aleatoria fue del 25%. En el parámetro *advanced* se seleccionó *add samples to background, add all samples to background, write plot data* y se omitió las opciones *extrapolate* y *do clamping*, con un máximo de interacciones de 5000 y, por último, se activó la casilla *write background prediction* y las demás se las dejó por defecto.

- **Análisis de contribución de las variables**

MaxEnt al realizar el modelo brinda una tabla que indica como contribuye cada variable en la distribución geográfica de la especie, estos valores son analizados con base en el cálculo de ganancia de cada variable es decir que, en cada interacción de algoritmo de entrenamiento, se añade el aumento de ganancia regularizada a la contribución de dicha variable los resultados de esto son presentados en porcentajes (Phillips et al., 2006).

Aun cuando la tabla del análisis de contribución presenta las variables que tienen mayor contribución en el modelo es necesario complementarla con la prueba de Jackknife que genera MaxEnt. Esta indica la importancia que han tenido las variables sobre la distribución geográfica de la especie y son presentados en graficas. Es decir, estas gráficas nos ayudarán a reconocer que tanto aporta la variable en la intervención del modelo final. La prueba de Jackknife muestra 3 resultados en el primer resultado se construye el modelo con todas las variables, pero excluyendo una variable ambiental para así determinar cómo esta variable excluida afecta el modelo, el segundo resultado presenta un modelo utilizando cada variable de manera independiente y con ello indica cual es el aporte individual al modelo final y el tercero un modelo con la utilización de todas las variables (Plasencia et al., 2014).

A la vez la prueba Jackknife se ve complementada con las curvas de respuesta que presentan como influyen las variables con mayor aporte de contribución sobre la predicción del modelo, tomando en cuenta la probabilidad de condiciones idóneas con el valor de cada variable, es decir cómo influye la variable que se evalúe en la predicción mientras sus valores aumentan, mientras que los valores de las otras variables se mantienen en un promedio fijo (Phillips et al., 2006).

### 3.2.2.6. Modelos de proyección futura para *Apis mellifera*

Se realizó un modelo predictivo de la distribución potencial de *Apis mellifera* con proyección a futuro entre los rangos anuales del 2021-2040 y del 2040-2060 con los escenarios SSP126 y SSP585. Para este proceso se utilizó únicamente las variables bioclimáticas seleccionadas con anterioridad en la prueba de correlación ya que estas son la únicas que presentan una proyección a futuro (bio1, bio2, bio12, bio16, bio18 y bio19). Se empleó el modelo climático HadGEM3-GC31-LL (Hadley Center Coupled Model 3) descargado de la base de datos de acceso libre WorldClim en resolución de 30 segundos y 1km (Good, 2020). Se escogió este modelo ya que según la revisión bibliográfica en varios estudios de distribución de especies este es uno de los mayormente utilizados para predicción de nichos de especies (PNUD [Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo], 2016; Romo et al., 2013; Velásquez-Tibata et al., 2012), debido a que este muestra la emisión futura de gases de efecto invernadero como el: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC y HFC, también se ven incluidas las emisiones de carbono negro y aerosol de carbono (quema de combustible fósil, biocombustible y biomasa), y emisiones de SO<sub>2</sub> de volcanes en desgasificación continua, estos gases son incluidos en el modelo con valores medios anuales globales (Good, 2020).

Para la preparación de variables se realizó el mismo proceso que para el modelo de distribución. Todas las capas que se utilizaron fueron manejadas en el sistema de coordenadas base, se recortó con el área de estudio y se realizó el resamplio de celdas. Para generar la proyección cartográfica de los modelos de distribución, tanto actual como futuros, se ingresó el resultado obtenido en formato ASCII a ArcGIS, se lo proyectó y reclasificó mediante la herramienta *reclassify*, categorizando la distribución potencial de *Apis mellifera* en cinco rangos de probabilidad: 0 – 0.2 (nula), 0.2 – 0.4 (baja), 0.4 – 0.6 (media), 0.6 – 0.8 (alta) y 0.8 – 1.0 (muy alta).

A su vez estas clasificaciones fueron ingresadas en la tabla de atributos del ráster mediante la herramienta *add field* con el nombre de presencia y colocando las probabilidades descriptivas (nula, baja, media, alta y muy alta) para así proceder a transformar el raster a un polígono mediante la herramienta *raster to polygon*, el resultado que nos emite son varios polígonos por lo que se procede a realizar una fusión de todos los archivos ráster por su campo de “presencia” con la herramienta de geoprocésamiento llamada *dissolve* y con esto poder representar cartográficamente los resultados de los modelos.

### 3.2.2.7. Validación del modelo

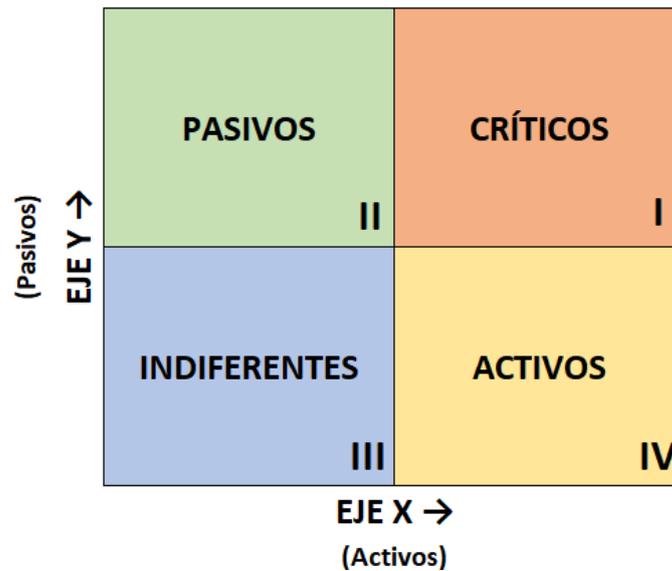
Para la validación del modelo se utilizó el método del área bajo la curva AUC, por medio de este método podemos distinguir que tan confiable es el modelo, en este análisis se obtiene valores que se encuentran entre 0 y 1, siendo el valor de 1 el valor que corresponde a una correcta clasificación, 0.5 se refiere a que el modelo no clasifica correctamente y valores menores a 0.5 quiere decir que el modelo no es adecuado para la estimación de este nicho ecológico (González, 2019).

Dentro de la validación del modelo también se aplicó el método TSS (True Skill Statistic) este es un método introducido recientemente en la ecología, nos ayuda a controlar la precisión de confiabilidad y precisión del modelo. Estos valores varían en rangos entre -1 y +1, si estos valores son menores a 0 quiere decir que el rendimiento del modelo no es el mejor y si es 1 quiere decir que el rendimiento es perfecto (Allouche et al., 2006). A su vez, Gallien et al. (2012) afirma que los modelos con puntuaciones menores a 0.4 son modelos catalogados como “pobres”, los que tengan valores entre 0.4 a 0.8 “modelos buenos” y los que tengan valores mayores a 0.8 “excelentes”.

### 3.2.3. *Estrategias para implementación de apiarios basado en buenas prácticas agrícolas y apícolas*

Al realizar salidas de campo para levantar información con encuestas y entrevistas (las mismas que se utilizaron en el objetivo 1), se pudo conocer los diferentes problemas y dificultades que enfrentan los apicultores y mediante la matriz de Vester se logró categorizarlos y con el árbol de problemas se analizó y conoció las posibles causas de cada inconveniente.

El procedimiento para aplicar la matriz de Vester inicia con una buena clara redacción del problema, de manera que sea entendido por cualquier persona, y además se le asigna un identificador (p1, p2). Luego se ubican los problemas en filas y columnas y se asignan valoraciones (0, 1, 2, 3) de acuerdo con el grado de influencia, se suman los valores de filas (causa) y columnas (efecto), y se realiza la gráfica en un plano cartesiano en donde los valores de causa se ubican en el eje X, y los valores de efecto en el eje Y. Una vez graficados los problemas se clasifican de acuerdo al cuadrante en el que se ubican (Figura 5) (Beard, 2015).



**Figura 5.** Cuadrantes de la matriz Vester

Fuente: (Beard, 2015)

Una vez clasificados se aplica el árbol de problemas para su análisis y jerarquización. El proceso es simple y consiste en elegir el problema crítico con los valores más altos y se lo denomina problema central. Los problemas primarios pasan a ser activos y son los causantes de los problemas pasivos.

### 3.3. Materiales

En esta investigación se utilizaron varios materiales, softwares y equipos. A continuación, en la Tabla 11 se indica el listado requerido para realizar el modelo de distribución de *Apis mellifera*.

**Tabla 11.** Equipos y materiales para la investigación

Equipos	Materiales	Software
Computadora portátil	Libreta de campo	Software ArcGIS 10.8
GPS (Aplicación Android)	Esfero	Software MaxEnt 3.4.4
Cámara fotográfica	Encuestas	Excel
Transporte		RStudio

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### 4.1. Efecto del uso de plaguicidas en la familia Apidae

##### 4.1.1. *Recolección de información general de los apicultores*

Es importante conocer la situación productiva y económica de los apicultores para comprender de mejor manera las interacciones que se dan entre las abejas y las actividades antrópicas en el cantón Cotacachi. Por tal motivo se tomó en cuenta la opinión o comentario de cada apicultor encuestado para procesar correctamente la información obtenida.

##### 4.1.1.1. **Localización de apicultores en el cantón**

Al momento de realizar una revisión detallada de la matriz brindada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, se encontró un total de 43 apicultores, teniendo los siguientes valores en cada parroquia (Tabla 12).

**Tabla 12.** Número de apicultores por parroquias

Parroquias	N.º de apicultores	Porcentaje
Imantag	14	31.71
Plaza Gutiérrez	7	17.07
Quiroga	9	21.95
El Sagrario	10	21.95
San Francisco	3	7.32
Total	41	100

**Fuente:** (MAGAP, 2021)

Con las salidas de campo se verificó y actualizó los datos de los 43 apicultores, obteniendo un total de 36 apicultores participantes de manera activa en la investigación. El número se redujo ya que 3 abandonaron la apicultura y 4 no desearon participar en la investigación debido a que creen no tener beneficio alguno (Tabla 13).

**Tabla 13.** Número de apicultores participantes en la investigación

<b>Cantidad apicultores</b>	
Participan (incluidos nuevos apicultores)	36
No apiarios	3
No desean participar	4
Total	43

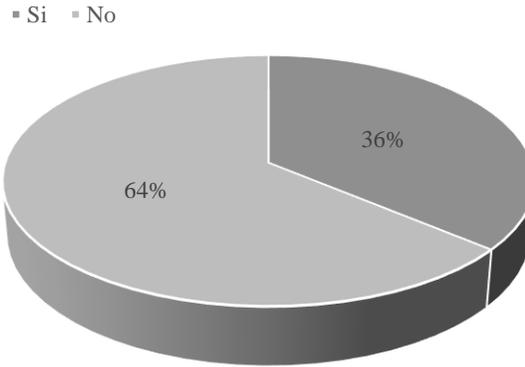
Con la base de datos actualizada se observó que la parroquia con mayor cantidad de apicultores es Imantag ya que esta es una zona en su gran mayoría agrícola, mientras que en las parroquias de El Sagrario y San Francisco se tuvo menor cantidad de apicultores (Tabla 14). Esto se debe a que son parroquias céntricas que en su mayoría tienen actividades manufactureras en cuero y artesanías.

**Tabla 14.** Número de apicultores por parroquias actualizado

<b>Parroquias</b>	<b>N.º de apicultores</b>	<b>Porcentaje</b>
Imantag	12	33.33
Plaza Gutiérrez	6	16.67
Quiroga	5	13.89
El Sagrario	7	19.44
San Francisco	6	16.67
Total	36	100.00

#### **4.1.1.2. Participación de apicultores en asociaciones apícolas**

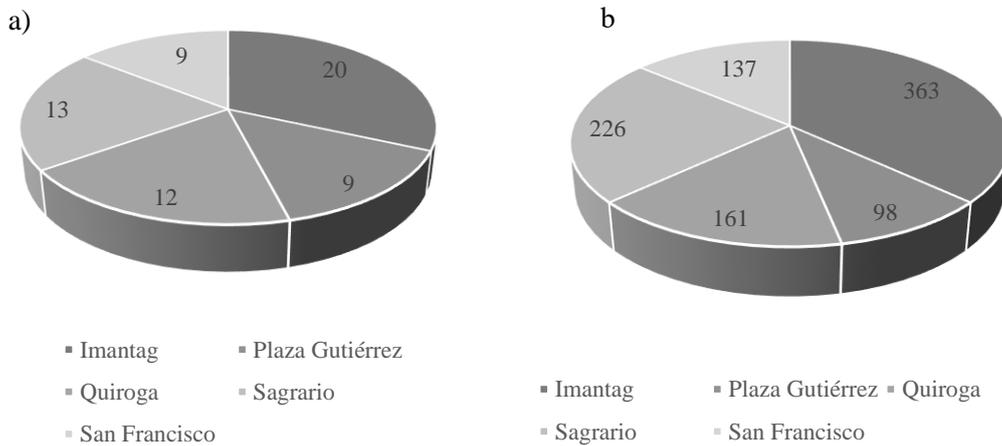
Una vez realizadas las encuestas en las cinco parroquias del cantón Cotacachi, se obtuvo que de los 36 apicultores apenas 13 (36%) pertenecen a asociaciones apícolas como ASOPRAC y ADAPI, mientras que 23 (64%) son apicultores independientes (Figura 6). Esto se debe a que la mayoría de las personas encuestadas desconocen la existencia de dichas asociaciones o creen que no reciben ningún tipo de beneficio por formar parte de ellas (Cabrera, 2014).



**Figura 6.** Apicultores pertenecientes a asociaciones apícolas

#### 4.1.1.3. Colmenas y apiarios

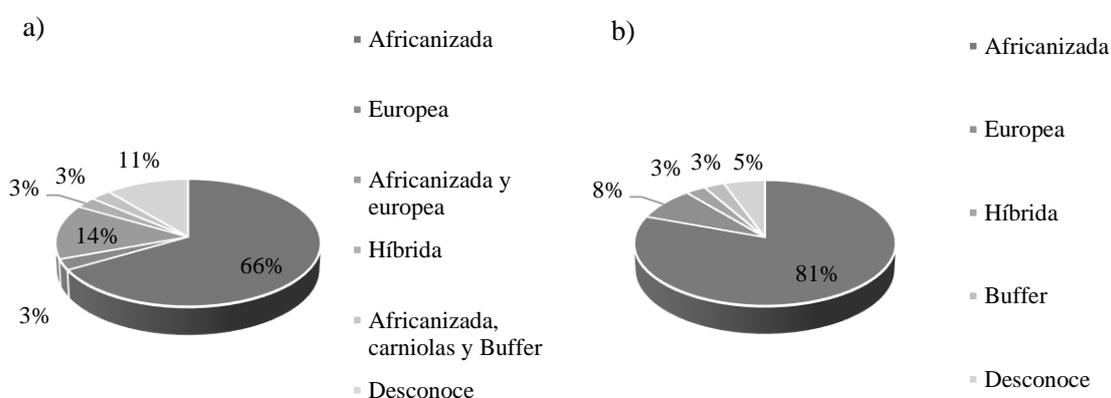
En la Figura 7 (a) se encuentra ilustrado el número de apiarios que existe dentro de cada parroquia, siendo Imantag la que posee el valor más elevado (20 apiarios), estos datos se encuentran ligados con los valores de la cantidad de colmenas por apiario en donde Imantag tiene 363 colmenas (Figura 7 (b)). Estos datos indican que en Imantag la apicultura es tomada como una actividad suplementaria que aporta a la estabilidad económica del apicultor, y concuerda con la información obtenida a través de encuestas.



**Figura 7.** a) Número de apiarios; b) Número de colmenas

#### 4.1.1.4. Especies de abejas y su producción

*Apis mellifera* es la abeja productora de miel por excelencia, pero dentro de esta especie existe la hibridación africanizada, que se extiende por todo el territorio ecuatoriano y es la mayormente utilizan los apicultores (66%), debido a su alta resistencia a enfermedades (Figura 8a). Además 81% de los productores apícolas consideran que la abeja africanizada es la mejor productora de miel (Figura 8b). Esto se debe a lo mencionado por Morales (2013) donde explica que la abeja africana llega a enjambrar 10 veces al año mientras que la abeja europea sólo 2 veces al año lo cual se traduce en un aumento de colmenas mucho más rápido y con ello mayor producción de miel.



**Figura 8.** a) Especie más utilizada por los apicultores; b) Especie con mejor producción

#### 4.1.1.5. Caracterización apícola

Generalmente los apiarios se ubican en lugares alejados a las zonas pobladas para brindar una mayor variedad de flora apícola para la recolección de polen. La flora y cultivos que predominan en las zonas apícolas se encuentra en la Tabla 15 que se presenta a continuación:

**Tabla 15.** Cultivos presentes en la zona de estudio

Nombre común	Nombre científico
Maíz	<i>Zea mays</i>
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris L</i>
Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i>
Papa	<i>Solenum tuberosum</i>
Arveja	<i>Pisum sativum</i>

Cítricos	<i>Citrus</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>
Guaba	<i>Inga edulis</i>
Naranjilla	<i>Solanum quitoense</i>
Café	<i>Coffea arabica</i>
Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>
Habas	<i>Vicia faba</i>
Mora	<i>Rubus ulmifolius</i>
Tomate riñón	<i>Solanum lycopersicum</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
Arándanos	<i>Vaccinium myrtillus</i>
Cholán	<i>Tecoma stans</i>

Los apicultores mencionaron varios cultivos, sin embargo, existieron ciertos cultivos que se nombraron varias veces, como es el caso del maíz que fue nombrado por 24 productores apícolas siendo el cultivo más común en la zona de estudio. En la siguiente tabla se presentan los cultivos que fueron seleccionados por su alto número de repeticiones (Tabla 16).

**Tabla 16.** Número de repeticiones de cada cultivo

<b>Cultivos</b>	<b>Repeticiones</b>
Maíz	24
Fréjol	20
Arveja	11
Chocho	10
Papa	9

De acuerdo con las respuestas brindadas por los apicultores, acerca de los lugares donde realizaban las adquisiciones de los agroquímicos, se pudo elaborar la Tabla 17, que resume las casas comerciales más renombradas. Podemos apreciar que la mayoría realizan este tipo de compras fuera del cantón ya que según los propios encuestado en las casas comerciales del cantón Cotacachi no hay productos de buena calidad.

**Tabla 17.** Agro Servicios más nombrados por lo apicultores

<b>Código</b>	<b>Casas comerciales</b>	<b>Ubicación</b>
---------------	--------------------------	------------------

AS 1	Agripac	Ibarra
AS 2	Agrícola Buenos Aires	Ibarra
AS 3	Agrícola San Blas	Ibarra
AS 4	FertiAgro	Atuntaqui
AS 5	Fertiliza	Atuntaqui
AS 6	Agrotavalo	Otavallo

#### 4.1.1.6. Agroquímicos más usados por cultivo

A continuación, se presenta el listado de pesticidas más nombrados tanto en las encuestas como en las entrevistas realizadas en las casas comerciales, indicando su principal ingrediente activo y su categorización en nivel de toxicidad, este listado fue utilizado como guía para estimar el impacto ambiental que estos puedan generar en los procesos de producción (Tabla 18).

Varios de los agroquímicos mencionados (Tabla 18) pueden llegar a ser perjudiciales en las abejas ya que pueden llegar a afectar su sistema nervioso e inclusive pueden llegar a matarlas debido a sus compuestos químicos especialmente los agroquímicos con etiqueta roja y amarilla (Figura 9), que se clasifican como “moderadamente tóxico” y “altamente tóxico” (Martin-Culma y Arenas-Suárez, 2018).



**Figura 9.** Clasificación de acuerdo con la peligrosidad por color de la etiqueta

**Tabla 18.** Listado de plaguicidas por cultivo

Cultivo	Producto	Ingrediente Activo	Aplicación	Estado Físico	Clasificación toxicológica	Período de aplicación
Maíz	Rodim 250 EC	Difenoconazole	Aspersión	Líquido	Ligeramente tóxico	2 veces por temporada cada 15 días
	Cancellor	Difenoconazole	Aspersión	Líquido	Ligeramente tóxico	2 veces por temporada cada 15 días
	Xstrata gold	Tebuconazole + Azoxystrobin	Aspersión	Líquido	Moderadamente tóxico	2 veces por temporada cada 15 días
Fréjol	Metalaxil	Metalaxilo	Aspersión	Sólido	Ligeramente tóxico	7-14 días
	Curalancha	Cymoxanil + Mancozeb	Aspersión	Sólido	Ligeramente tóxico	7-14 días
	Fitoraz	Propineb + Cymoxanil	Aspersión	Sólido	Ligeramente tóxico	7-14 días
	Hammer	Cymoxanil + Mancozeb	Aspersión	Líquido	Ligeramente tóxico	7-14 días
	Score 25 EC	Difenoconazole	Aspersión	Líquido	Moderadamente tóxico	2 veces por temporada cada 15 días
Arveja	Difeniic 25 EC	Difenoconazole	Aspersión	Líquido	Moderadamente tóxico	2 veces por temporada cada 15 días
Chucho	Triclorfon	Triclorfon	Aspersión	Polvo	Ligeramente tóxico	2 aplicaciones en los primeros 30 días
	Deltametrina	Deltametrina	Aspersión	Líquido	Moderadamente tóxico	2 aplicaciones en los primeros 30 días
	Moxan	Cymoxanil + Mancozeb	Aspersión	Polvo	Ligeramente tóxico	Cada 7-15 días
Papa	Choca 72 WP	Cymoxanil + Mancozeb	Aspersión	Polvo	Ligeramente tóxico	Cada 7-15 días
	Coraza	Dimethomorph + Mancozeb	Aspersión	Polvo	Ligeramente tóxico	Cada 7-15 días
	Acrobat	Dimethomorph + Mancozeb	Aspersión	Polvo	Ligeramente tóxico	Cada 7-15 días
	Dimefol	Folpet + Dimethomorph	Aspersión	Polvo	Moderadamente tóxico	Cada 7-12 días
	Imidaropil	Imidacloprid	Aspersión	Polvo	Altamente tóxico	Cada 15-20 días

#### 4.1.2. Impacto ambiental de los cultivos en la apicultura

En la producción de cada cultivo se tomó en cuenta tres aspectos para determinar el nivel de impacto ambiental ocasionado. Se analizaron: entradas, proceso y salidas que se generan en cada proceso para cada cultivo.

##### 4.1.2.1. Proceso de producción de maíz (*Zea mays*)

El cultivo de maíz en la zona de estudio abarca un área de 1 967.07 hectáreas (has), que representa el 4.7% del área total, siendo el más cultivado dentro de la zona, y como se puede observar en la Figura 10, se encuentra presente en cuatro de las cinco parroquias (San Francisco, El Sagrario, Quiroga e Imantag).

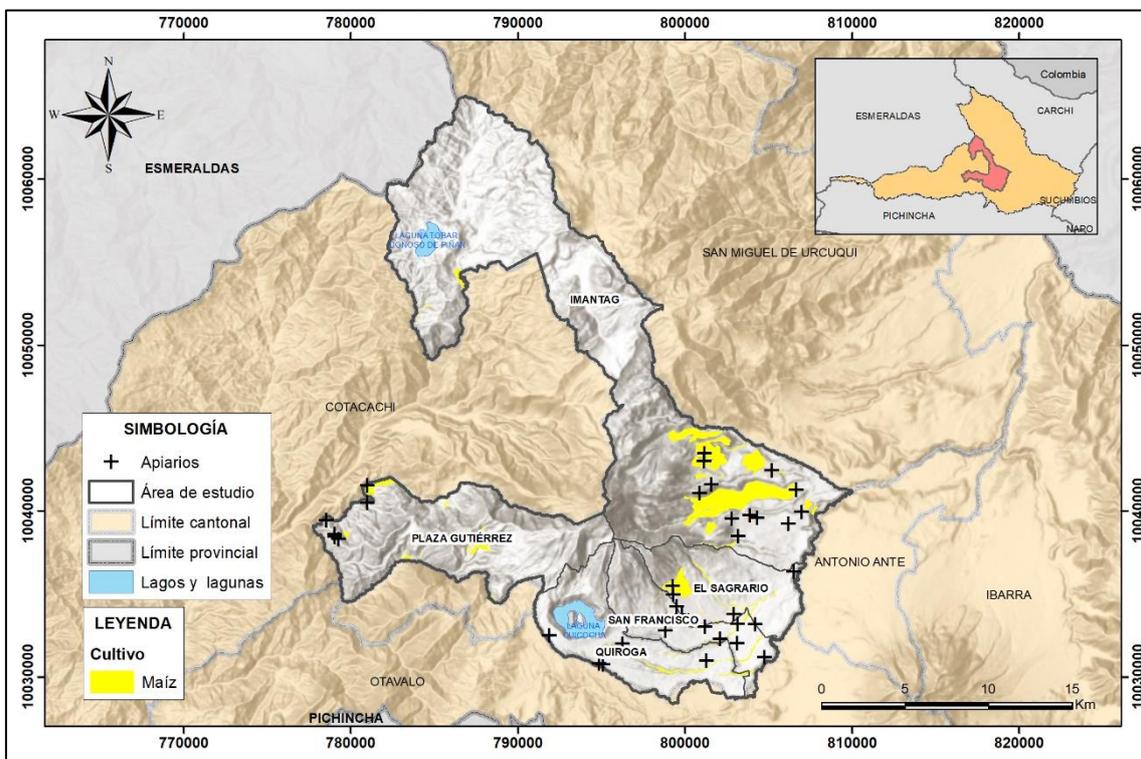


Figura 10. Distribución del cultivo de maíz (*Zea mays*)

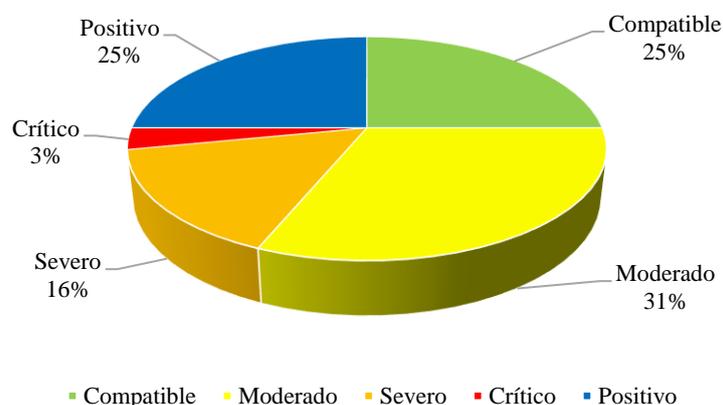
Los procesos de producción del maíz pueden variar de acuerdo con cada parroquia, cultura o modo de cultivo de cada agricultor, sin embargo, hay procesos que no pueden faltar en la producción de esta siembra y son los que han sido tomados en la matriz de entradas y salidas, que se presentan en la Tabla 19:

**Tabla 19.** Matriz de entradas y salidas del cultivo de maíz

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, diésel	Preparación del terreno (arado, rastrado)	GEI
Semilla	Siembra	Residuos orgánicos
Fertilizantes, agua	Fumigación	Residuos plásticos y emisiones peligrosas.
Agua	Riego	Agua
Herbicidas, agua	Deshierba	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Herramientas agrícolas, abono	Abonado	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Plaguicidas, agua	Manejo de plagas	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Maquinaria, costales	Cosecha	Residuos orgánicos

#### 4.1.2.2. Análisis de impactos ambientales de la producción del maíz

En el análisis de impactos se tiene como resultado un total de 32 impactos categorizados en positivos, compatibles, moderados, severos y críticos (Figura 11). El cultivo de maíz presenta un 16% de impactos severos que equivalen a 5 impactos y 3% de impactos críticos equivalente a 1 impacto que se encuentra directamente relacionado al uso de productos químicos altamente tóxicos para el control y manejo de plagas.



**Figura 11.** Número y porcentaje de impactos del cultivo de maíz.

En el caso del maíz el 1% de impacto crítico se relaciona al proceso de manejo de plagas (Tabla 20), ya que en este utilizan químicos como el difenoconazole y tebuconazole que son fungicidas con clasificación “moderadamente tóxica”, estos se presentan según Botías et al. (2017) con mayor frecuencia en las zonas de cultivos que en

las zonas urbanas y no sólo en el período de floración sino a lo largo de la temporada haciendo que los polinizadores estén expuestos a estos químicos por un tiempo prolongado, esto se debe a que la mayoría de los agricultores de la zona los aplican sin supervisión y estos llegan a afectar la fauna del lugar.

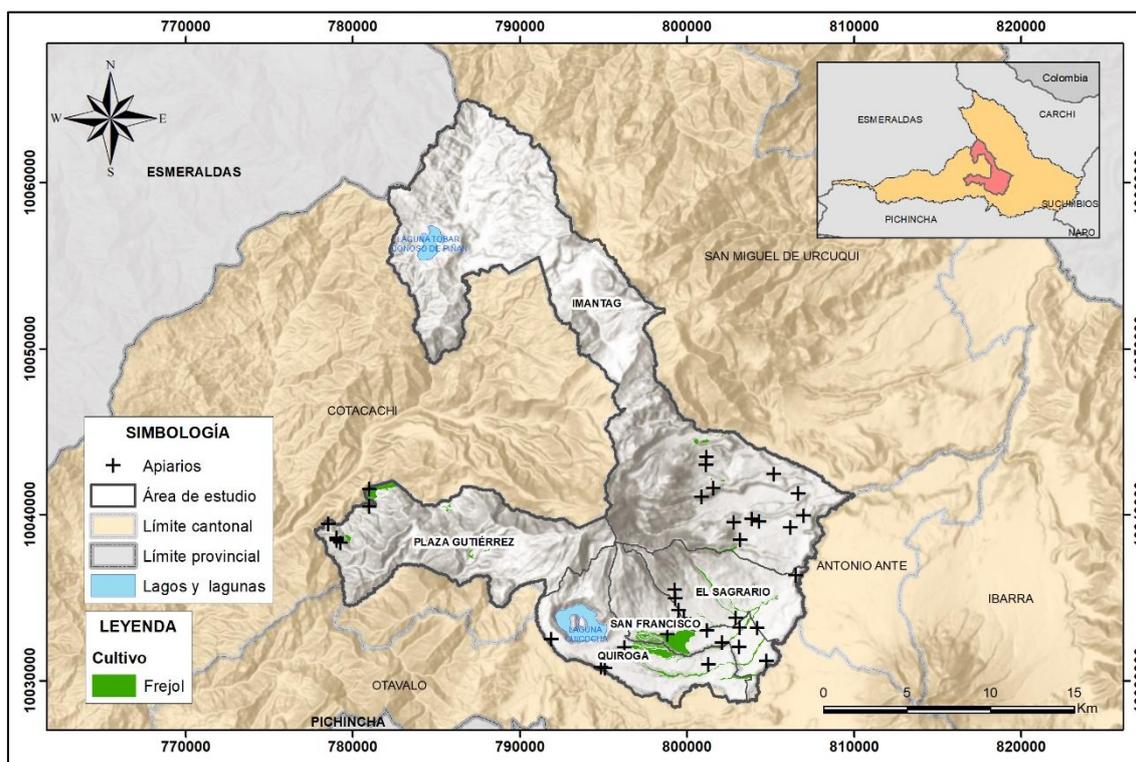
**Tabla 20.** Análisis de impactos en el cultivo de maíz

Actividad	Aspecto ambiental	Descripción del impacto		Categoría
<b>Aplicación de herbicidas y abonos</b>	Fauna	Afectación por el uso de agroquímicos	Alteración en las funciones de insectos y organismos como: bacterias, hongos, ácaros, colémbolos y lombrices de tierra.	Severo
	Recurso Agua	Agotamiento del Recurso	Alta demanda de este recurso.	Severo
<b>Riego</b>	Recurso Agua	Agotamiento del Recurso	Alta demanda de este recurso.	Severo
<b>Deshierba</b>	Flora	Pérdida de la biodiversidad	Eliminación total de vegetación que es considerada hierba mala.	Severo
	Recurso Agua	Agotamiento del Recurso	Alta demanda de este recurso.	Severo
<b>Manejo de plagas</b>	Fauna	Pérdida de la biodiversidad por plaguicidas	Muerte a organismos plaga y benéficos (polinizadores)	Crítico

De igual manera en los impactos severos tenemos el consumo de recurso hídrico ya que se sabe que el maíz es un cultivo caracterizado por requerir grandes cantidades de agua para su producción, debido a que responde positivamente al riego, es decir el riego aumenta el rendimiento de dicho cultivo. El consumo aproximado de agua por hectárea generalmente se encuentra alrededor de 5 200 – 6 300 m<sup>3</sup>, esto representa una alta demanda del recurso agua ya que el maíz es uno de los cultivos más comunes y susceptibles al estrés hídrico en todo el mundo (Díaz, 2019).

#### 4.1.2.3. Proceso de producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*)

El cultivo de fréjol en la zona de estudio abarca un área de 761.6 hectáreas (has), que representa el 1.83% del área total, siendo el segundo producto más cultivado y como se puede observar en la Figura 12, se encuentra presente en las cinco parroquias (San Francisco, El Sagrario, Quiroga, Plaza Gutiérrez e Imantag).



**Figura 12.** Distribución del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*)

Los procesos implicados en el cultivo de fréjol pueden variar de acuerdo con cada agricultor o por factores como: temporada o estado de la planta, sin embargo, se han seleccionado los procesos más comunes en todas las zonas y se ha realizado una matriz de entradas y salidas con cada una de estas actividades, en el caso del fréjol se tiene el proceso de enramada que ayuda a que el fréjol crezca de manera vertical (Tabla 21).

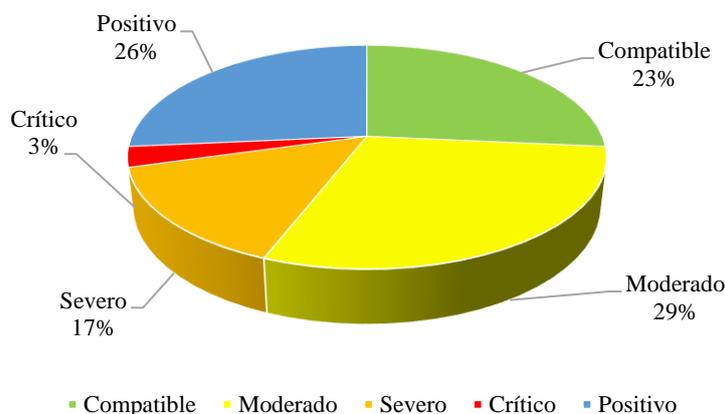
**Tabla 21.** Matriz de entradas y salidas del cultivo de fréjol

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, diésel	Arado y rastrado	GEI
Maquinarias agrícolas	Surcado	Residuos orgánicos
Agua	Riego	Agua turbia
Semilla	Siembra	Residuos orgánicos

Fertilizantes, agua	Fumigación	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Herramientas agrícolas	Enramada	Residuos orgánicos e inorgánicos
Herbicidas, agua	Deshierba	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Plaguicidas, agua	Control de plagas	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Maquinaria, costales	Cosecha	Desechos orgánicos

#### 4.1.2.4. Análisis de impactos ambientales de la producción del fréjol

Una vez realizada la matriz Conesa Fernández se obtuvo que el cultivo de fréjol genera un total de 34 impactos, de los cuales 8 son compatibles, 10 moderados, 6 severos, 9 positivos y 1 crítico. Como se puede observar en el proceso de producción del fréjol (Figura 13), se tiene impactos severos equivalentes al 17% y crítico con un 3%, este último se encuentra relacionado a los agroquímicos “difenoconazole” que está catalogado como moderadamente tóxico y genera daños a nivel sistemático en los polinizadores (Vandame y Belzunces, 1998).



**Figura 13.** Número y porcentaje de impactos del cultivo de fréjol

La Tabla 22 es una tabla resumen de los impactos ambientales con mayor importancia presentes en el cultivo de fréjol donde se puede apreciar que se tiene impactos de categoría severo y crítico especialmente en las actividades de aplicación de herbicidas y manejo de plagas, ya que en estos procesos la mayoría de los agricultores aplican pesticidas sin un manejo seguro para los polinizadores.

**Tabla 22.** Análisis de impactos en el cultivo de fréjol

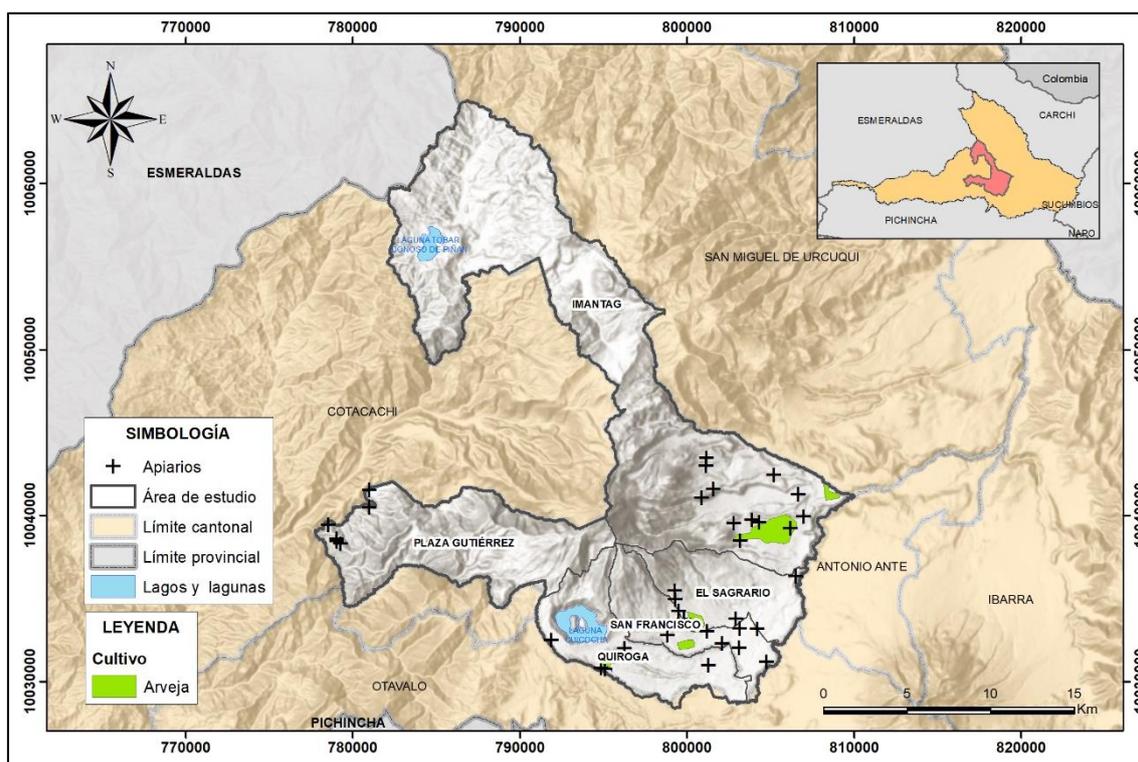
Actividad	Aspecto ambiental	Descripción del impacto		Categoría
<b>Aplicación de herbicidas y abonos</b>	Fauna	Afectación por el uso de agroquímicos	Alteración en las funciones de insectos y organismos como: bacterias, hongos, ácaros, colémbolos y lombrices de tierra.	Severo
	Recurso Agua	Agotamiento del Recurso	Alta demanda de este recurso.	Severo
<b>Riego</b>	Recurso Agua	Agotamiento del Recurso	Alta demanda de este recurso.	Severo
<b>Deshierba</b>	Flora	Pérdida de la biodiversidad	Eliminación total de vegetación que es considerada hierba mala.	Severo
	Recurso Agua	Agotamiento del Recurso	Alta demanda de este recurso.	Severo
<b>Manejo de plagas</b>	Fauna	Pérdida de la biodiversidad por plaguicidas	Muerte a organismos plaga y benéficos (polinizadores) por el uso de productos extremadamente tóxicos	Crítico

En el manejo y control de plagas del fréjol también se utiliza en gran cantidad el compuesto químico metalaxilo, un fungicida que, aunque presentan categorización “ligeramente toxica” según estudios pueden llegar a afectar a las abejas generando en las primeras 24 horas mortalidades de hasta el 90% (Díaz, 2015).

El proceso de producción de frejol a nivel mundial se da en condiciones de déficit hídrico, sin embargo, en condiciones adecuadas el requerimiento hídrico del cultivo se encuentra alrededor de 6 410.6 m<sup>3</sup>/ha (Reyes-Matamoros et al., 2014). El cultivo de frejol en el área de estudio abarca una superficie de 761.6 ha, por lo que el consumo hídrico aproximado por cada período de cultivo sería 4 881 856 m<sup>3</sup> lo que generaría un impacto severo en el recurso agua.

#### 4.1.2.5. Proceso de producción de arveja (*Pisum sativum*)

Dentro de la zona de estudio otro cultivo que se encuentra presente es la arveja ocupando un área de 542.1 hectáreas (has), que representa el 1.3% del área total, ocupando el tercer lugar entre los cultivos más nombrados por parte de los apicultores y como se puede observar en la Figura 14 se encuentra presente en cuatro parroquias (Imantag, El Sagrario, San Francisco y Quiroga).



**Figura 14.** Distribución del cultivo de la arveja (*Pisum sativum*)

Dependiendo del agricultor y de la zona el proceso de cultivo de la arveja puede variar ya que existen diferentes factores que intervienen en su producción como son el clima, plagas que puedan afectar su desarrollo entre otros. Sin embargo, se ha tomado en cuenta los procesos más comúnmente utilizados y con ello se ha realizado la matriz de entradas y salidas de cada actividad (Tabla 23).

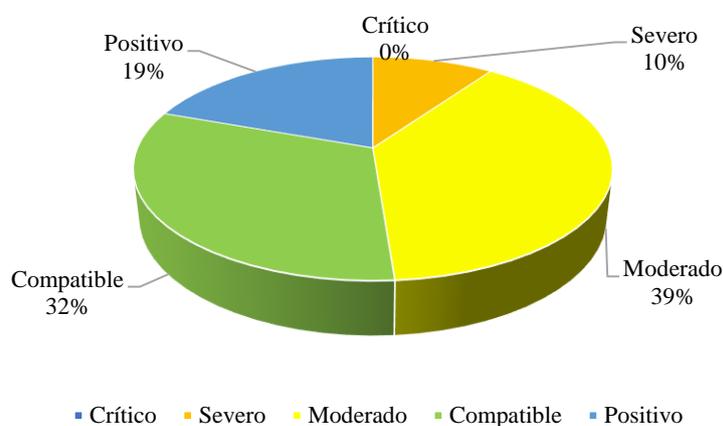
**Tabla 23.** Entradas y salidas en el cultivo de arveja

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, Combustible	Preparación del terreno (arado, Surcado)	GEI
Semilla	Siembra	Residuos orgánicos

Fertilizantes, agua	Fumigación	Residuos plásticos y emisiones peligrosas.
Agua	Riego	Agua
Herbicidas, agua	Deshierba	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Herramientas agrícolas, abono	Abonado	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Plaguicidas, agua	Manejo de plagas	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Maquinaria, costales	Cosecha	Residuos orgánicos

#### 4.1.2.6. Análisis de impactos ambientales de la producción de arveja

Se obtuvo que el cultivo de arveja genera un total de 41 impactos, de los cuales 17 son moderados, 4 severos, 13 compatibles y 7 positivos. Como se puede observar en el proceso de producción del fréjol en la Figura 15, los impactos con mayor presentación son los moderados con un 39%, compatibles con un 32%, positivos con un 19%, severo con un 10% y crítico con un 0%. Los impactos de categoría severo se encuentran relacionados con productos químicos moderadamente tóxicos que son aplicados por el agricultor para controlar las plagas que afectan la siembra.



**Figura 15.** Número y porcentaje de impactos del cultivo de arveja (*Pisum sativum*)

Aunque en el caso del cultivo de arveja se tiene solo 4 impactos severos que equivalen al 10% del total de impactos se puede apreciar que estos se generan en la aplicación de herbicidas, abono y a su vez en el manejo de plagas (Tabla 24), lo que nos indica que este cultivo tiene un mal manejo por parte de los agricultores ya que aplican

agroquímicos con el fin de solventar la falta de nitrógeno, fosforo y potasio del suelo debido a que este cultivo tienen una alta demanda de estos minerales (Chicaiza, 2017).

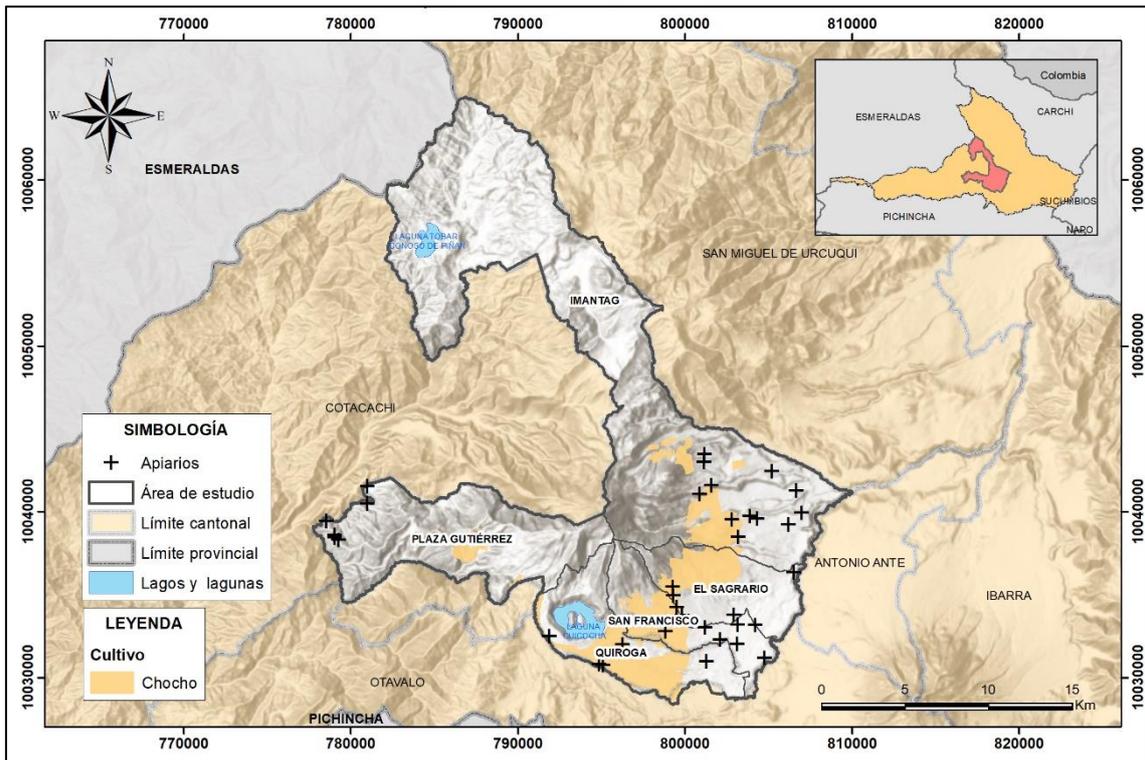
**Tabla 24.** Análisis de impactos en el cultivo de arveja

Actividad	Aspecto ambiental	Descripción del impacto		Categoría
<b>Aplicación de herbicidas y abonos</b>	Contaminación Agua	Afectación por uso de agroquímicos	Contaminación del agua por Residuos sólidos	<b>Severo</b>
<b>Riego</b>	Recurso Agua	Agotamiento del recurso hídrico	Alta demanda del recurso hídrico	
<b>Manejo de plagas</b>	Contaminación hídrica	Contaminación por RS	Contaminación del agua por agentes químicos	
	Fauna	Pérdida de la biodiversidad por plaguicidas	Muerte a organismos plaga y benéficos (polinizadores) por el uso de productos tóxicos	

Al mismo tiempo la arveja es una planta que necesita grandes cantidades de agua para su producción. Según (Villamizar, 2014) el consumo hídrico en condiciones óptimas es de 8 000 m<sup>3</sup>/ha. En la zona de estudio la producción de arveja abarca una superficie de 542.1 ha, y el requerimiento hídrico aproximado es de 4 336 800 m<sup>3</sup> es por esta razón que también se tiene un impacto severo del recurso agua. Un producto muy utilizado es Difeniiic 25 EC, es un fungicida sistémico que en su composición tiene Difenoconazol, este producto está categorizado como moderadamente peligroso, sin embargo, es recomendable no aplicarlo cerca de lugares en donde se encuentren abejas en pecoreo activo ya que puede ocasionar desorientación (Grupo Silvestre, 2012).

#### 4.1.2.7. Proceso de producción de chocho (*Lupinus mutabilis*)

El cultivo de Chocho en la zona de estudio abarca un área de 4 834.8 hectáreas (has), que representa el 11.59% del área total, como se puede observar en la Figura 16 se encuentra presente en las parroquias de San Francisco, El Sagrario, Plaza Gutiérrez e Imantag.



**Figura 16.** Distribución del cultivo del chocho (*Lupinus mutabilis*)

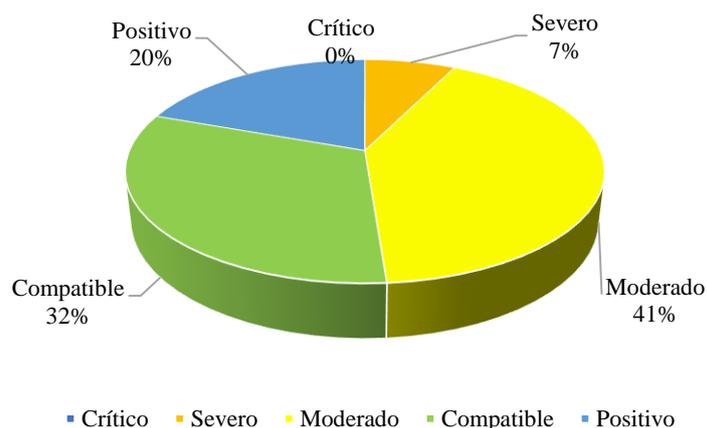
El proceso de cultivo del chocho depende mucho de las costumbres que tenga el agricultor y de la zona, en ese sentido el proceso puede variar por razones climáticas y el desarrollo mismo de la planta. Pese a esto, se ha tomado en cuenta los procesos más utilizados por agricultores y con ello se ha realizado la matriz de entradas y salidas de cada actividad (Tabla 25).

**Tabla 25.** Entradas y salidas en el cultivo de chocho

<b>Entradas</b>	<b>Procesos</b>	<b>Salidas</b>
Maquinaria, Combustible	<b>Preparación del terreno (arado, rastrado)</b>	GEI
Semilla	<b>Siembra</b>	Residuos orgánicos
Fertilizantes, agua	<b>Fertilización</b>	Residuos plásticos y emisiones peligrosas.
Agua	<b>Riego</b>	Agua
Herbicidas, agua	<b>Deshierba</b>	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Herramientas agrícolas, abono	<b>Abonado</b>	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Plaguicidas, agua	<b>Manejo de plagas</b>	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Maquinaria, costales	<b>Cosecha</b>	Residuos orgánicos

#### 4.1.2.8. Análisis de impactos ambientales de la producción del chocho

Una vez aplicada la matriz Conesa Fernández se obtuvo que el cultivo de arveja genera un total de 41 impactos, de los cuales 17 son moderados, 3 severos, 13 compatibles y 8 positivos. Como se puede observar en el proceso de producción del chocho en la Figura 17, los impactos con mayor porcentaje son los moderados con un 39%, compatibles con un 32%, positivo con un 19% y severos con un 3%.



**Figura 17.** Número y porcentaje de impactos del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*)

En la Tabla 26 se presenta un resumen de los impactos severos generados por el cultivo de chocho, señalando cada actividad en la que se presentan. El cultivo de chocho se caracteriza por no ser exigente en cuanto a la demanda de agua, en este caso el consumo hídrico por hectárea es de 2 000 m<sup>3</sup> aproximadamente (Andino, 2010). En el área de estudio el cultivo abarca una superficie de 4 834,8 ha, y el consumo hídrico es de 9 669 600 m<sup>3</sup>.

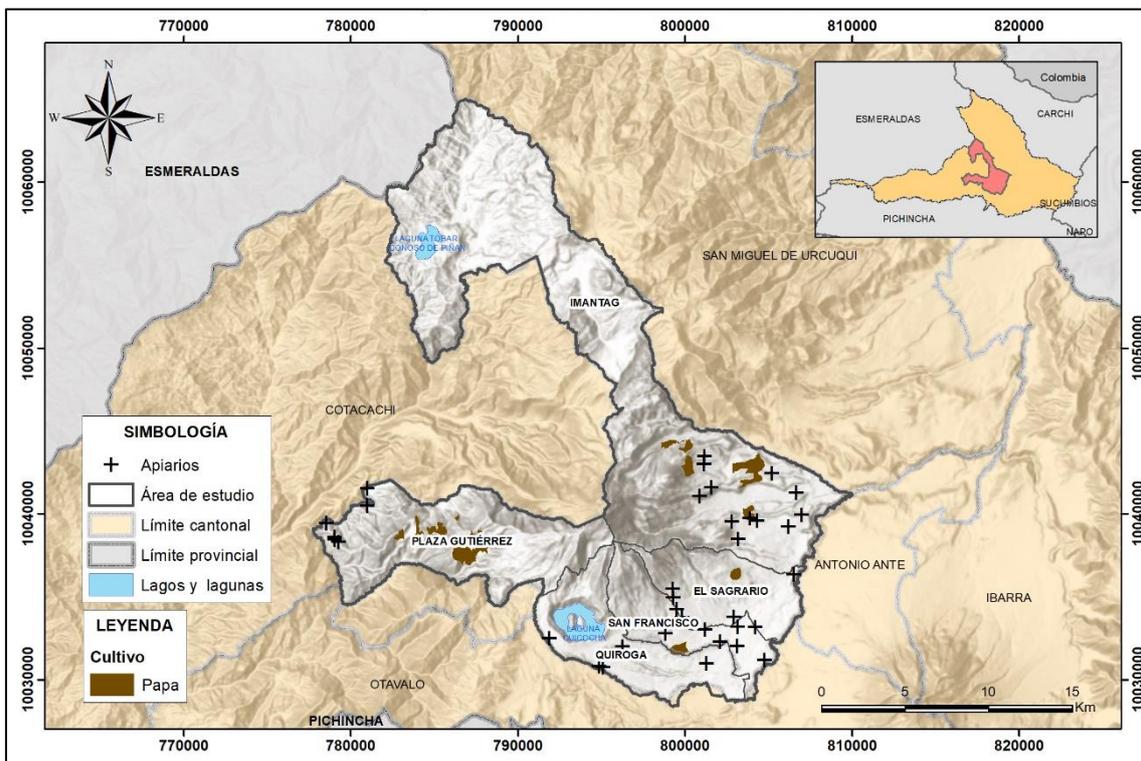
**Tabla 26.** Análisis de impactos en el cultivo de chocho

Actividad	Aspecto ambiental	Descripción del impacto		Categoría
<b>Fertilización</b>	Contaminación Agua	Afectación por uso de agroquímicos	Contaminación del agua por Residuos sólidos	<b>Severo</b>
<b>Riego</b>	Recurso Agua	Agotamiento del recurso hídrico	Alta demanda del recurso hídrico	
<b>Manejo de plagas</b>	Contaminación hídrica	Contaminación por RS	Contaminación del agua por agentes químicos	

También se utilizan productos químicos que en su composición tienen Triclorfon, son productos ligeramente peligrosos, sin embargo, pueden causar parálisis respiratoria en insectos polinizadores (De la Cruz et al., 2019). Otro compuesto muy utilizado es Moxan (Cymoxanil – Mancozeb) que no es tóxico para abejas ni insectos benéficos, además no es persistente en el medio ambiente ya que es rápidamente degradado por microorganismos que están presentes en el suelo (Cuvi, 2011).

#### 4.1.2.9. Proceso de producción de papa (*Solanum tuberosum*)

Dentro de la zona de estudio otro cultivo que se encuentra presente es la papa ocupando un área de 800.8 hectáreas (ha), que representa el 1.92% del área total, siendo uno de los más nombrados por parte de los apicultores y como se puede observar en la Figura 18 se encuentra presente en dos parroquias (Imantag y Plaza Gutiérrez).



**Figura 18.** Distribución del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*)

El proceso de cultivo de la papa es uno de los más contaminantes ya que se utilizan varios agroquímicos tanto para fertilización como para control de plagas, siendo así que el proceso de cultivo de la papa depende mucho de como maneja su cultivo el agricultor y también el sitio donde se realice la siembra, ya que puede presentar diferentes variables climáticas y plagas que pueden afectar el desarrollo de la planta. Tomando en cuenta estas

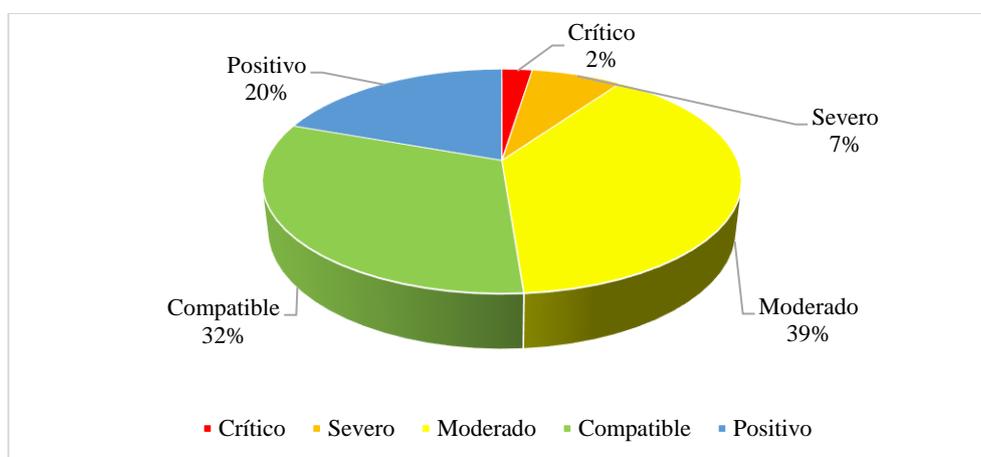
variables se ha realizado la tabla de procesos más comunes utilizados por agricultores y con ello se ha realizado la matriz de entradas y salidas de cada actividad (Tabla 27).

**Tabla 27.** Matriz de entradas y salidas del cultivo de papa

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, Combustible	Preparación del terreno (arado, rastrado)	GEI
Semilla	Siembra	Residuos orgánicos
Fertilizantes, agua	Fertilización	Residuos plásticos y emisiones peligrosas.
Agua	Riego	Agua
Herbicidas, agua	Deshierba	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Herramientas agrícolas, abono	Abonado	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Plaguicidas, agua	Manejo de plagas	Residuos plásticos y emisiones peligrosas
Maquinaria, costales	Cosecha	Residuos orgánicos

#### 4.1.2.10. Análisis de impactos ambientales de la producción de papa

Una vez que se realizaron las matrices para evaluar los impactos ambientales se obtuvo que el cultivo de arveja genera un total de 41 impactos, de los cuales 16 son moderados, 4 severos, 13 compatibles y 8 positivos. Como se puede observar en la Figura 19, la mayoría de los impactos identificados son moderados con un 39%, seguido por la categoría compatible con 32%, positivos con 20%, severos 7%, e impactos críticos con un 2% que se dan por el uso de productos químicos en el manejo de plagas.



**Figura 19.** Número y porcentaje de impactos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

A continuación, se seleccionó los impactos más graves, que en este caso son los que cuentan con la categorización de “severos”, presentando la tabla resumen con los impactos ambientales de la producción de papa (Tabla 28). El cultivo de papa es muy sensible al déficit hídrico y requiere de grandes cantidades de agua para una buena producción. El consumo por hectárea se encuentre entre 5 000 y 7 000 m<sup>3</sup> (Pino, 2014). En el área de estudio el cultivo de papa abarca una superficie de 800.8 ha, y el consumo de agua es de aproximadamente 5 605 600 m<sup>3</sup>.

**Tabla 28.** Análisis de impactos en el cultivo de papa

Actividad	Aspecto ambiental	Descripción del impacto		Categoría
Aplicación de herbicidas y abonos	Contaminación Agua	Afectación por uso de agroquímicos	Contaminación del agua por Residuos sólidos	Severo
Riego	Recurso Agua	Agotamiento del recurso hídrico	Alta demanda del recurso hídrico	
	Contaminación hídrica	Contaminación por RS	Contaminación del agua por agentes químicos	
Manejo de plagas	Fauna	Pérdida de la biodiversidad por plaguicidas	Muerte a organismos plaga y benéficos (polinizadores) por el uso de productos extremadamente tóxicos	Crítico

Además, según la investigación los cultivos de papa también presentan agroquímicos altamente tóxicos como es el imidacloprid, que es un Neonicotinoide altamente utilizado en el control de plagas y en abejas causa el bloqueo de la transmisión del impulso nervioso provocando la muerte del individuo (Tabla 28). También se utilizan productos base de Folpet -Dimethomorph que son peligrosos para abejas y es recomendable no aplicar estos productos en épocas de floración, ni en lugares cercanos a abejas en pecoreo activo (De la Cruz et al., 2019).

#### **4.1.3. Impactos ambientales de los plaguicidas moderada y altamente tóxicos en las abejas**

A continuación, se presenta el agroquímico con toxicidad más elevada utilizado en cada cultivo de acuerdo con el color de su etiqueta, estos químicos podrían aplicarse a distancias de 1 kilómetro de los apiarios (Tabla 29). Tomando en cuenta que las abejas

pueden realizar vuelos de hasta tres kilómetros a la redonda de sus colmenas (Reyes-Carrillo et al., 2014), se pueden ver afectados directamente a la vez que se puede realizar una contaminación cruzada entre agroquímicos en ellas.

**Tabla 29.** Clasificación toxicológica de los productos usados por agricultores.

Agroquímico	Ingrediente activo	Toxicidad	Cultivo	Distancia promedio a colmenas
Xstrata gold	Tebuconazole + Azoxystrobin	Moderadamente tóxico	Maíz	1 km
Score 25 EC	Difenoconazole	Moderadamente tóxico	Fréjol	1 km
Difeniic 25 EC	Difenoconazole	Moderadamente tóxico	Arveja	1 km
Deltametrina	Deltametrina	Moderadamente tóxico	Chocho	1 km
Imidaropil	Imidacloprid	Altamente tóxico	Papa	1 km

Según la investigación realizada todas las fichas técnicas de los agroquímicos indican no tener efectos adversos en las abejas, pero según estudios realizados bajo ambientes controlados estos pueden provocar diferentes daños en las abejas, en la tabla 30 se presentan los daños colaterales que estos pueden generar en las abejas en base a investigaciones en ambientes controlados.

**Tabla 30.** Daños por agroquímicos a las abejas

Agroquímico	Ingrediente activo	Enfermedad	Autor
Xstrata gold	Tebuconazole + Azoxystrobin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de mortalidad en las primeras 24h hasta equilibrarse a las 54h después de haberlo colocado</li> <li>• Diarrea</li> <li>• Desequilibrio en el vuelo.</li> </ul>	(Silva-Neto et al., 2018)
Score 25 EC Difeniic 25 EC	Difenoconazole	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El difenoconazole por sí sólo no produce ningún efecto en las abejas, pero si este tiene contacto con la Deltametrina las abejas pueden llegar a presentar hipotermia articular.</li> </ul>	(Vandame y Belzunces, 1998)
Deltametrina	Deltametrina		
Imidaropil	Imidacloprid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecta al pecoreo en los abejorros teniendo una baja producción de crías.</li> </ul>	(Gill et al., 2012)

## 4.2. Modelo de distribución potencial para *Apis mellifera*

### 4.2.1. Contribución por variable

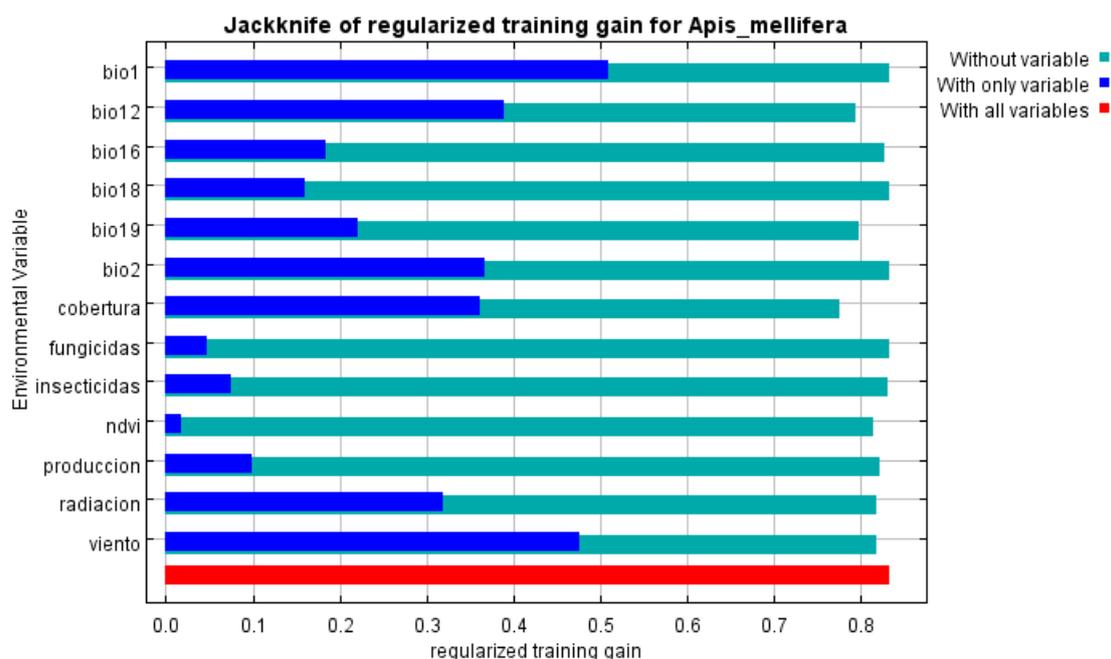
Como parte de los resultados de MaxEnt se obtiene la tabla de contribuciones de las variables utilizadas en este caso se obtuvo que la variable con mayor porcentaje de contribución fue cobertura vegetal con un 32.4% (Tabla 31), lo que quiere decir que tiene una gran intervención en la probabilidad de presencia de *Apis mellifera* en el cantón Cotacachi, ya que a mayor presencia de especies multiflora mayor presencia de abejas siendo selectivas con la vegetación (Ramírez y Montenegro, 2004). En la Tabla 31 se presentan las contribuciones de cada variable según el modelo realizado.

**Tabla 31.** Análisis de contribución de cada variable

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Cobertura	32.4	9.6
Bio1	19.7	0
Bio2	17.0	0
Bio12	8.1	11.1
Radiación	6.9	0.7
Viento	3.6	64.2
Bio16	3.1	6.5
Bio19	3.1	6.4
NDVI	3.0	0.9
Insecticidas	1.3	0.2
Producción	1.2	0
Fungicidas	0.5	0.4
Bio18	0	0

#### 4.2.2. Variables con mayor aporte

Se obtuvo los siguientes resultados en la prueba Jackknife se puede apreciar que las variables que tienen una mayor contribución en el modelo son: agroquímicos, Bio1, Bio12, viento, Bio 2 y cobertura (Figura 20).



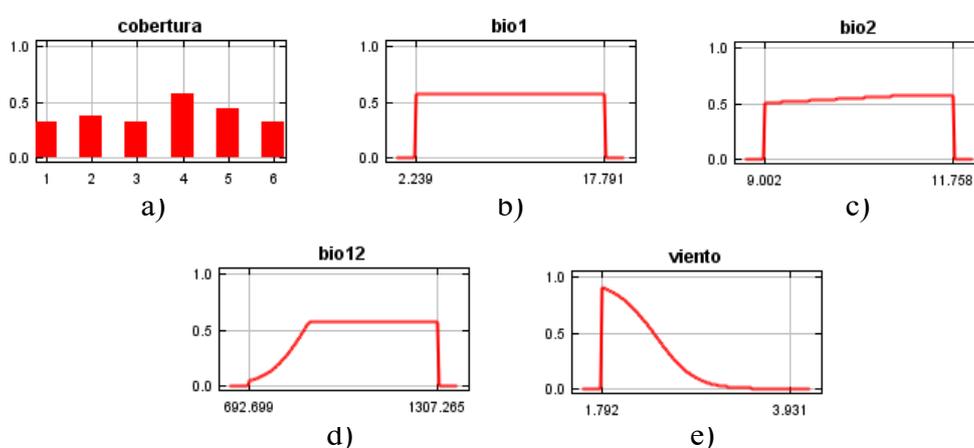
**Figura 20.** Prueba Jackknife de las variables bioclimáticas para *Apis mellifera*

Con el fin de verificar los resultados de la tabla de contribución y la prueba Jackknife se visualizó las curvas de respuesta, las cuales muestran el impacto de las variables en relación con la presencia de las abejas (Figura 21).

Se aprecia que en la variable de cobertura vegetal la población de abejas tiene un aporte de 32.4% con mayor presencia en zonas de cultivos seguidas por vegetación arbustiva y por último en zonas intervenidas por el ser humano. Esto se debe a que la zona donde están mayormente ubicados los apiarios es en zonas rurales en medio de terrenos de cultivo de los propios apicultores, por otra parte, también se tiene una notable presencia de las abejas en las zonas arbustivas debido a que los apiarios son colocados en zonas de páramo para que las abejas consuman el néctar del eucalipto y multiflora ya que con esto según los propios apicultores obtienen miel de mejor calidad. A su vez se puede apreciar que hay presencia de abejas en zonas intervenidas por el hombre esto se debe a que según (Tirado et al., 2013) las actividades antropogénicas han perturbado el ecosistema natural

de las abejas y aunque las abejas en estado salvaje se han visto en la necesidad de desplazarse aún los apiarios domésticos son colocados en estas zonas por lo que las abejas tienen que adaptarse a estos deterioros de hábitat.

Las variables de temperatura Bio1 y Bio2 tienen un porcentaje de contribución de 19.7 y 17 % respectivamente teniendo así que, la presencia de abejas aumenta en rangos de temperaturas dentro de los 9 a 17 °C. Esto según Cuadra y Rodríguez (2006) indica como las abejas necesitan de lugares cálidos con temperaturas superiores a los 13°C para poder desarrollarse de una manera más eficiente, esto les facilita la realización de sus actividades vitales ya que con estas temperaturas se ponen activas y empiezan a recoger polen y néctar, mientras que según Coppa y Huerta (2017) en zonas frías se presentan temperaturas promedio de entre 2 a 6 °C con noches frías incluso en verano que tienen vientos fuertes y que llegan a afectar a las abejas, presentando tardanza en el pecoreo además de que las colmenas llegan a presentar humedad por lo que es recomendable que si se tiene a las colmenas ubicadas en altas altitudes se coloquen en lugares donde tengan una mayor exposición al sol.



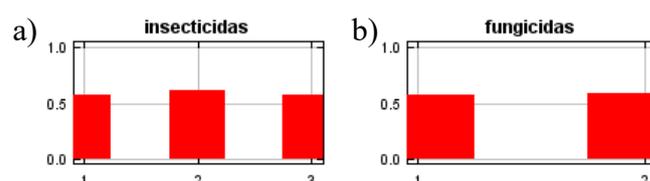
**Figura 21.** Curvas de respuesta de las variables ambientales con contribución dentro del modelo de distribución: a) Clasificación de cobertura vegetal b) Bio1, temperatura media anual c) Bio2, rango de temperaturas diurnas d) Bio12 precipitación media anual (mm) e) Velocidad del viento (m/s)

**Nota:** Clasificación de agroquímicos (insecticidas y fungicidas): 1 Ligeramente tóxico, 2 Moderadamente tóxico, 3 Altamente tóxico. Clasificación de cobertura vegetal: 1 agua, 2 zonas urbanas, rocas y nubes, 3 pastizales, 4 cultivos, 5 vegetación arbustiva, 6 páramo.

La variable Bio12 también interfiere en la distribución de la abeja, esta representa a la precipitación anual con una contribución del 7,7%, la cual muestra que hay una baja de la presencia de las abejas en los rangos superiores a 1 300 mm. Esto se debe a que, aunque la lluvia es muy importante para la apicultura ya que favorece la floración y la producción de néctar, con una alta cantidad de lluvia las abejas se ven perjudicadas ya que con días fríos y nublados no pueden volar por lo que se ven perjudicadas en sus actividades diarias y si es esto se extiende por largo periodos de tiempo pueden morir (Le Conte y Navajas, 2008).

La velocidad del viento según la tabla de contribuciones aporta con 3.6% e influye en la presencia de las abejas debido a que este factor se ve relacionado estrechamente con la búsqueda de alimento y en la cantidad de individuos de la colonia ya que según Dini y Bedascarrasbure (2011) si existen vientos fuertes se pueden generar efectos de deriva es decir que las abejas pueden ingresar por accidente a una colmena equivocada y también pueden ser llevadas por las corrientes a zonas fuera de su espacio de alimentación común.

Por último, en la revisión de las curvas de respuesta se puede apreciar como los agroquímicos afectan a la probabilidad de presencia de abejas, aunque según la tabla de aportaciones estos contribuyen sólo con un 1.3% y 0.5 % respectivamente, siendo estos porcentajes bajos se los ha analizado ya que dentro de la investigación se ha tomado en cuenta la afectación de estos productos sobre las abejas.



**Figura 22.** a) Insecticidas b) Fungicidas

**Nota:** Clasificación de agroquímicos (insecticidas y fungicidas): 1 Ligeramente tóxico, 2 Moderadamente tóxico, 3 Altamente tóxico.

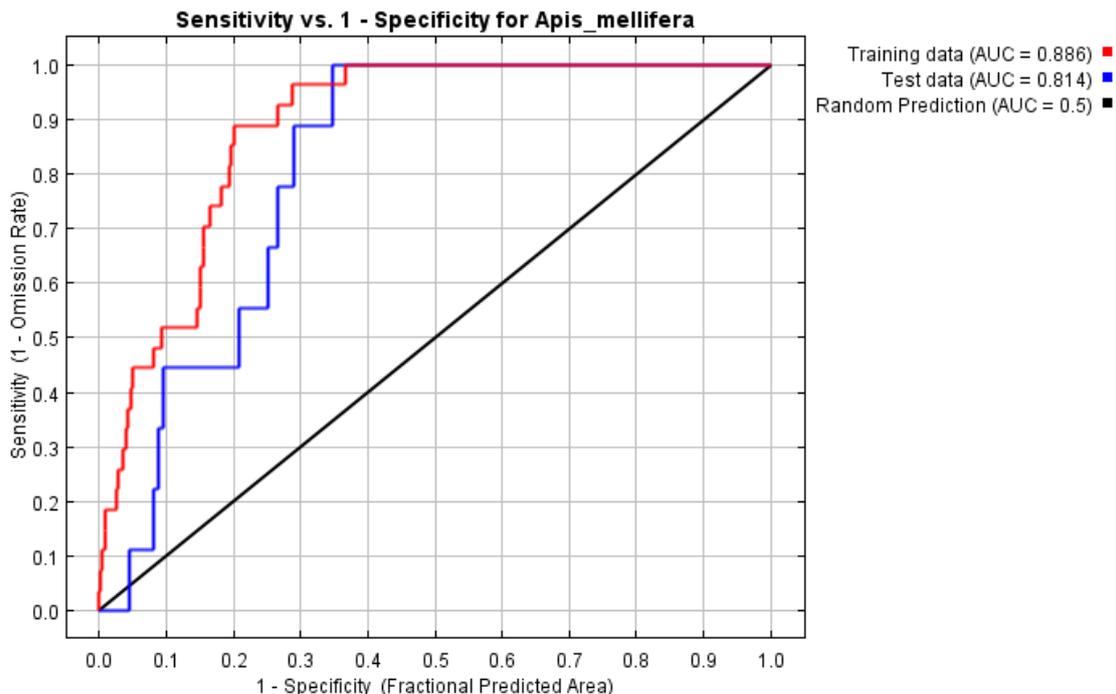
En el caso de los insecticidas se tiene la presencia de deltametrina catalogado como “moderadamente tóxico”, según Dai et al., (2010) este afecta a la fecundidad y desarrollo de la abeja, de igual manera según Ramirez-Romero et al., (2005) el compuesto deltametrina contiene piretroides que afectan a la memoria y aprendizaje, por lo tanto, esto generaría efectos de deriva en la colonia. Por otra parte, también se tiene la presencia del imidacloprid catalogado como “altamente tóxico”, este es un neonicotinoide que

puede generar según Schneider et al., (2012) anomalías en su comportamiento al momento de buscar alimentos. A su vez se realizaron investigaciones de mortalidad en ambientes controlados donde se apreció que con la aplicación de imidacloprid reduce la movilidad afectando de un 20 a 60% el pecoreo (Ramirez-Romero et al., 2005).

Los fungicidas están catalogados como “moderadamente tóxicos” en su etiqueta, sin embargo, pueden causar efectos adversos sobre las abejas, estos son el tebuconazole y difenoconazole contienen neonicotinoides que, según González et al. (2020) pueden generar comportamientos irregulares como inmovilidad, desorientación y la muerte en las poblaciones de abejas.

#### 4.2.3. Validación del modelo de distribución potencial

Para la evaluación del modelo se utilizó la medida del área bajo la curva (AUC) en donde se obtuvo un valor de 0.886 (Figura 22) que es considerado como un valor de confiabilidad excelente ya que esta por sobre del valor estándar 0.8 (Gallien et al., 2012). Con este valor alto podemos resaltar que el modelo esta correcto ya que nos indica una buena relación entre la proporción de presencia correctamente predicha Vs. la proporción de ausencia incorrecta predicha (Liras, 2008).

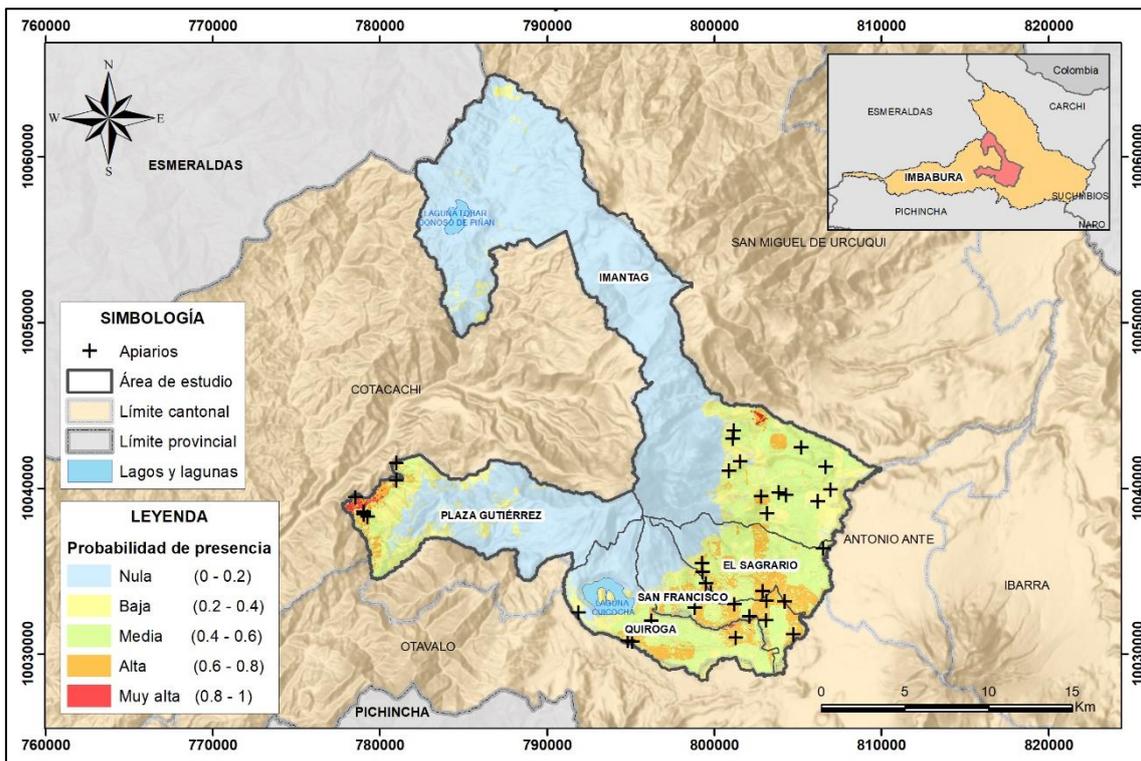


**Figura 23.** AUC del modelo de nicho ecológico

Junto con este proceso de verificación, también se realizó la prueba *True Skill Statistics* (TSS) con el fin de verificar que el modelo sea adecuado, en este caso se obtuvo un valor de 0.5 siendo así que el modelo se lo podría categorizar como bueno. En este sentido los resultados tanto de AUC como de TSS están correlacionados ya que indican que el modelo no se ve afectado por la prevalencia de la presencia de la especie (Allouche et al., 2006).

#### 4.2.4. Distribución potencial de *Apis mellifera*

Como resultado final se obtuvo la distribución potencial de *Apis mellifera* donde se aprecia que el área con mayor extensión es la de probabilidad de presencia media y de menor extensión las de presencia alta y muy alta, estas están ubicadas en las parroquias de Plaza Gutiérrez, Imantag y El Sagrario (Figura 23).



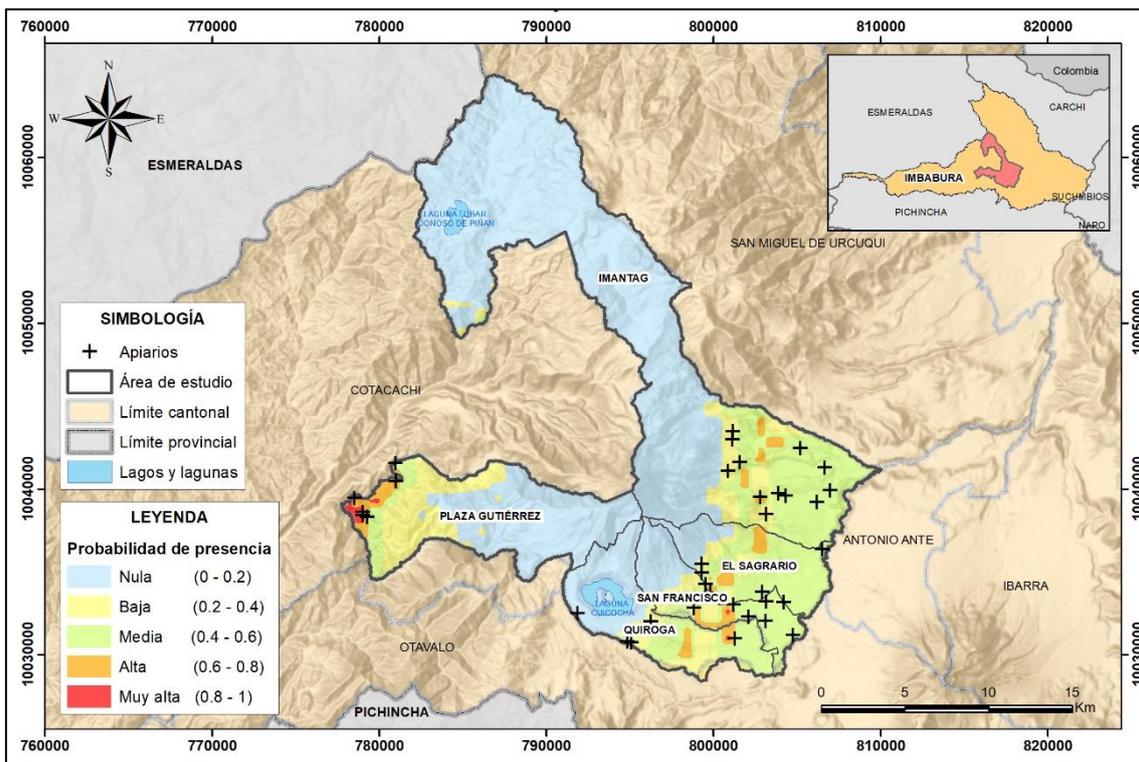
**Figura 24.** Distribución potencial de *Apis mellifera*

El modelo obtenido por medio del software MaxEnt indica que las áreas idóneas (presencia alta y muy alta) para el desarrollo de las abejas se encuentran en ecosistemas de bosque siempre-verde piemontano de la cordillera occidental de los Andes, estos ecosistemas tienen temperaturas promedio entre 14 a 22°C y latitudes que van de los 300 a los 1 400 msnm (Guevara et al., 2013), características muy favorables para las abejas

ya que al encontrarse en estas zonas las abejas se ven expuestas a zonas de cultivos y a zonas de vegetación arbustiva con presencia especialmente de especies multiflora y eucalipto, especies preferidas de las abejas.

#### 4.2.4.1. Modelos de proyección futura para *Apis mellifera*

A continuación, se presenta el modelo de distribución potencial actual únicamente con las variables bioclimáticas donde se puede observar que las zonas predominantes de probabilidad media especialmente se encuentran en las parroquias de: El Sagrario, San Francisco y en una pequeña parte de Quiroga (Figura 24). En la validación del modelo actual tanto para los escenarios SSP126 y SSP585 en las proyecciones a futuro se tomó en cuenta el área bajo la curva AUC y el valor de la prueba TSS teniendo valores de 0.85 y 0.5 respectivamente, categorizándolo como un modelo “excelente” y “bueno”.

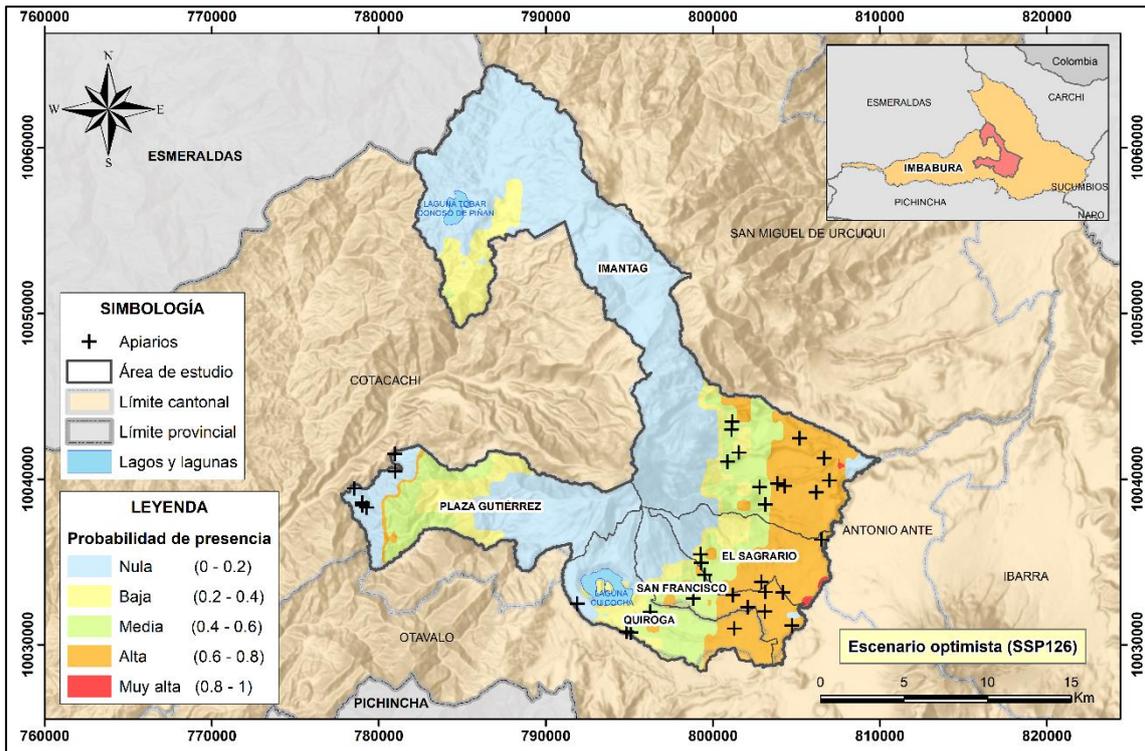


**Figura 25.** Modelo actual de distribución potencial de *Apis mellifera* realizado sólo con variables ambientales

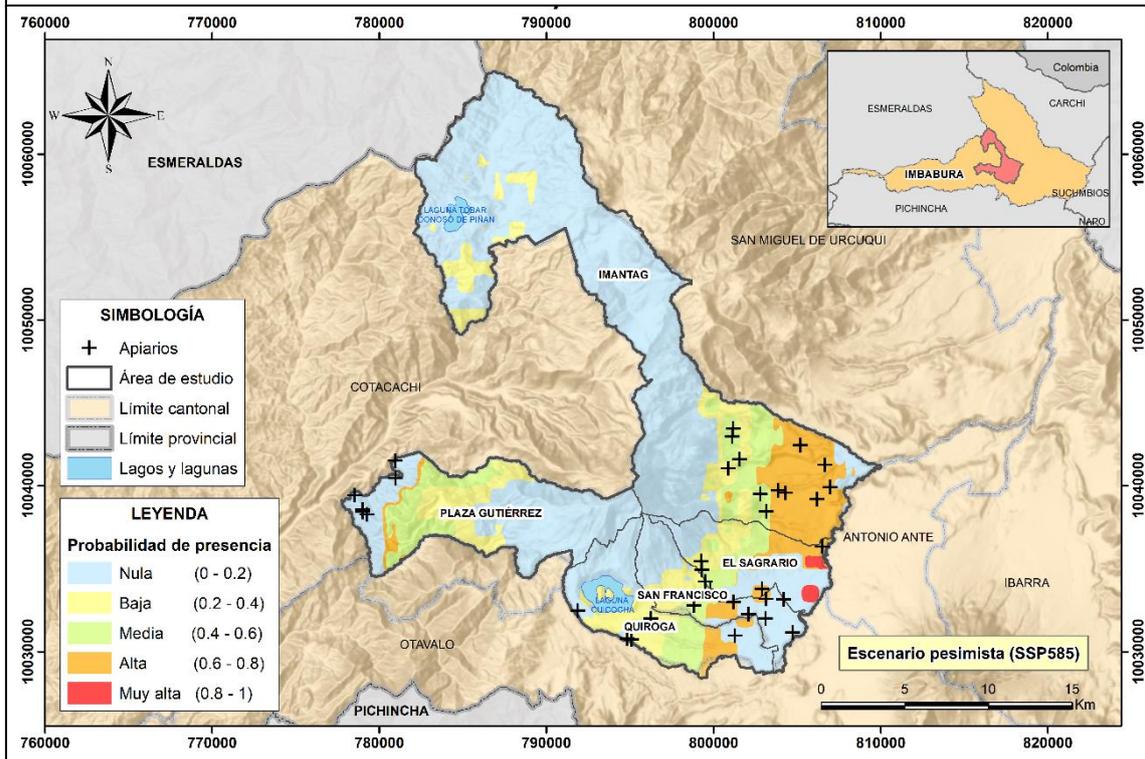
- **Modelo de proyección futura (2021-2040) de la distribución potencial para *Apis mellifera***

El resultado de la proyección a futuro para el período 2021-2040 muestra que varias zonas de presencia actual media a futuro serán zonas de presencia alta esto probablemente se deba a que existirán temperaturas más cálidas que son ideales para el desarrollo de las abejas (Cuadra y Rodríguez, 2006). A continuación, se presentan los modelos realizados con los escenarios climáticos SSP126 y SSP585 (Figura 25).

a)



b)

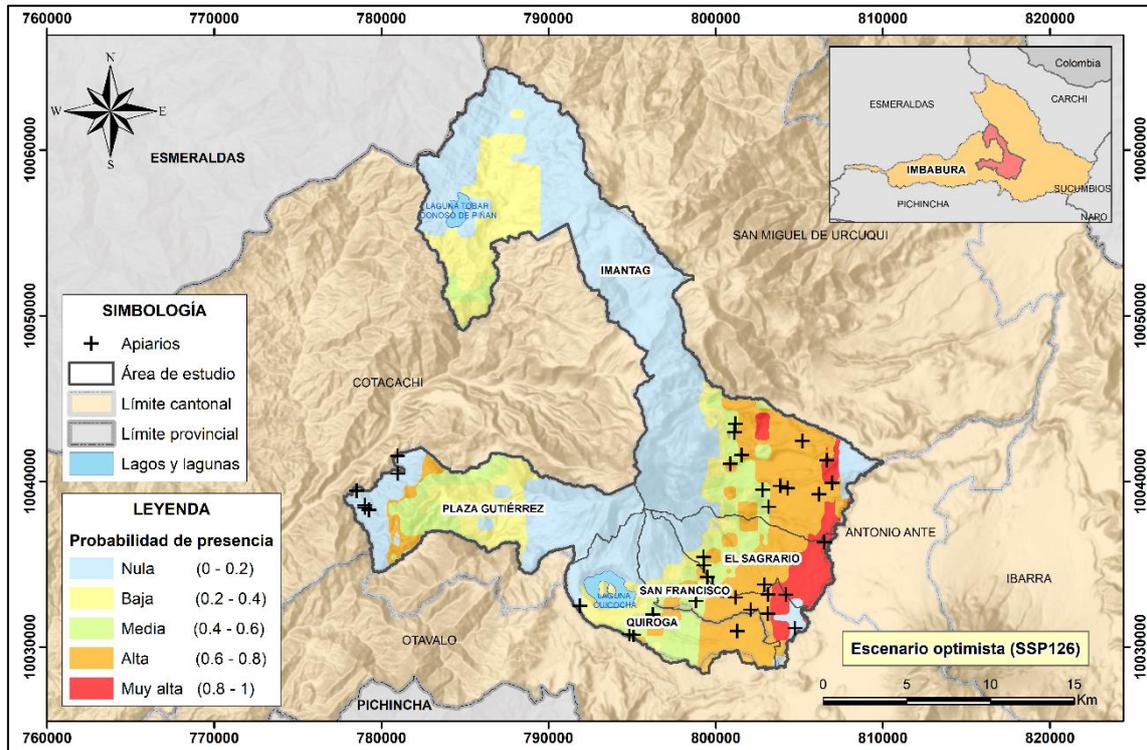


**Figura 26.** Modelo de distribución potencial futura (2021-2040) de *Apis mellifera*. a) Escenario SSP126. b) Escenario SSP585.

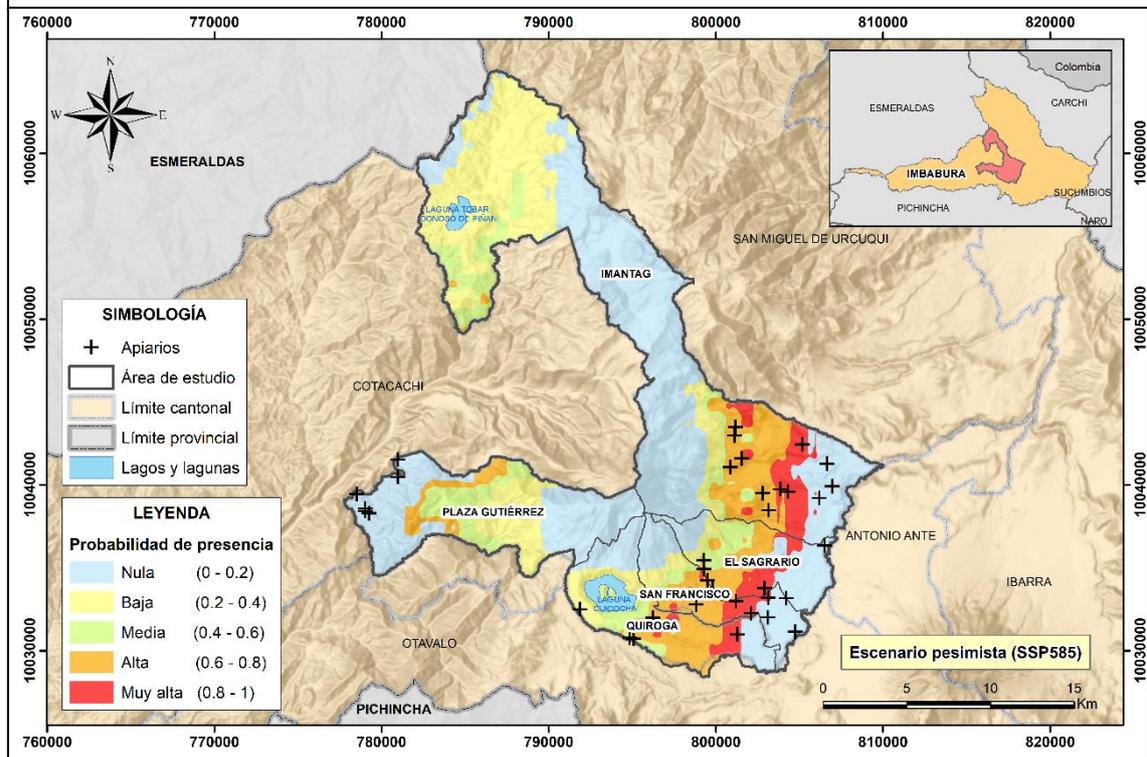
- **Modelo de proyección futura (2040-2060) de la distribución potencial para *Apis mellifera***

Las proyecciones a futuro para los años 2040-2060 indican que hay un aumento de zonas con presencia alta y muy alta en las parroquias de: Imantag, El Sagrario y San Francisco, pero también aumentan zonas de presencia baja en todo el cantón (Figura 26).

a)



b)



**Figura 27.** Modelo de distribución potencial futura (2040-2060) de *Apis mellifera*. a) Escenario SSP126. b) Escenario SSP585.

En los dos escenarios SSP126 y SSP585 las futuras presencias de abejas en el cantón podrían concentrarse en nichos específicos lo que podría generar “distribución agrupada” que es un evento poco probable, el cual se genera como respuesta a alteraciones locales del hábitat y produce que los individuos se distribuyan únicamente a lugares que son adecuados para vivir (Rye et al., 2016). Esto es un indicio de que las poblaciones de abejas van a ser afectadas por el cambio climático, ya que las poblaciones agrupadas tienden a unirse por las variaciones climáticas para así poder resistir de mejor manera los cambios de temperatura, humedad y viento. Si bien esto puede aumentar la supervivencia de las poblaciones también puede representar un riesgo para la especie ya que si existen invasiones a sus hábitats estas podrían terminar en su extinción (Morlans, 2004). A continuación, se presenta la Tabla 32 de variaciones de áreas donde se puede observar el número de hectáreas que han variado conforme a cada escenario.

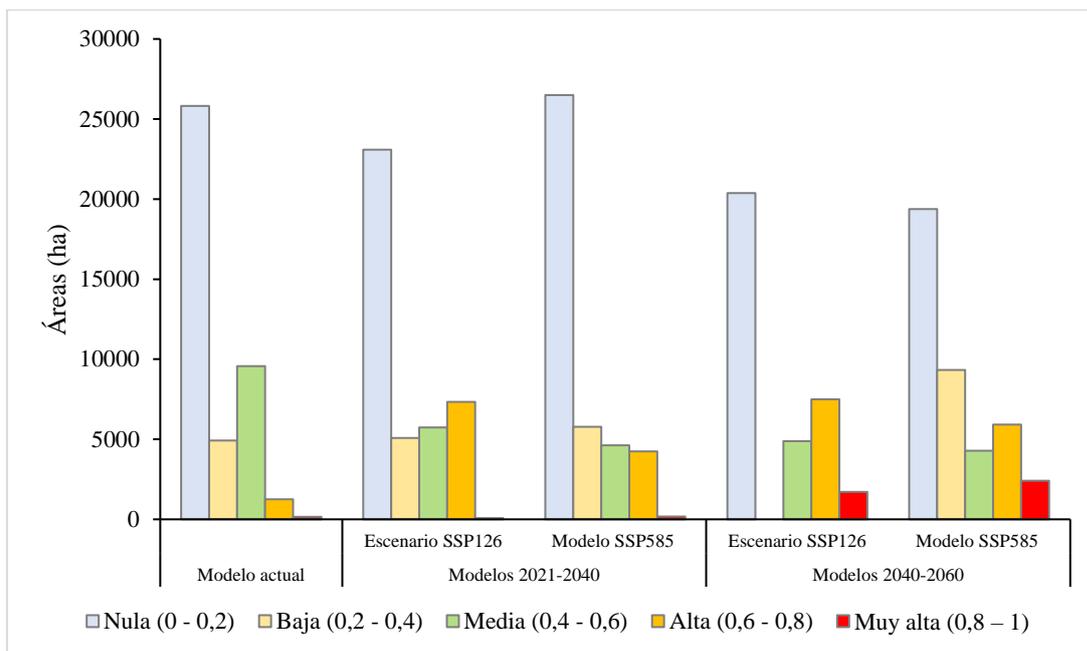
**Tabla 32.** Áreas totales según probabilidades de cada escenario

Rangos de probabilidad presencia	Áreas (ha)				
	Modelo actual	Escenario SSP126 2021-2040	Escenario SSP585 2021-2040	Escenario SSP126 2040-2060	Escenario SSP585 2040-2060
Nula (0 – 0.2)	25 823.4	23 085.6	26 489.3	20 377.4	1 9371.5
Baja (0.2 – 0.4)	4 923.87	5 745.04	5 786.66	6829.61	9 333.56
Media (0.4 – 0.6)	9 560.24	5 745.15	4 615.48	4 889.7	4 279.41
Alta (0.6 – 0.8)	1 250.45	7 326.96	4 240.72	7 490.65	5 918.7
Muy alta (0.8 – 1.0)	147.344	82.81	181.29	1 721.6	2 410.98

Se puede apreciar que existen cambios significativos en la presencia de las abejas dependiendo del escenario climático con el que se haya realizado, ya que con el escenario SSP126 tanto para el 2040 como para el 2060, aunque presenta zonas con declives en la probabilidad de presencia al ser un modelo que presenta responsabilidad ambiental en las decisiones tanto gubernamentales como públicas, donde hay zonas con presencia actual media predice a futuro zonas con presencia alta. Mientras que con los escenarios SSP585 se aprecia que hay una gran disminución en la presencia a futuro de la abeja ya que en zonas actuales medias a altas disminuyen a presencias bajas a nulas esto se puede deber

a que este escenario describe actividades antrópicas mucho más dependientes de combustibles fósiles generando mayor cantidad de emisiones de GEI a la vez que no hay actividades en pro del medio ambiente (Herrera, 2021).

A continuación, se presenta una gráfica comparativa de la variación de áreas entre el modelo actual con las proyecciones a años futuros donde se observa que las áreas con probabilidad de presencia media tienden a disminuir, mientras que las áreas con presencia alta y muy alta tienen tendencia a aumentar.



Las predicciones a futuro del cambio climático en general advierten aumentos de temperatura, cambios en las temporadas de lluvias que generarían fenómenos meteorológicos más erráticos y extremos lo cuales tendrían impactos sobre los insectos y no sólo sobre las abejas sino sobre los polinizadores en general, estos impactos podrían afectarlos de manera individual como también colectiva llevándolos a la disminución de poblaciones o inclusive la extinción (United Nations Environment Programme [UNEP], 2010).

El cambio climático podría generar en las abejas impactos directos e indirectos. Dentro de los impactos directos se consideran cambios fenológicos en la flora que es consumida por las abejas debido a las variaciones de temperatura y a la acumulación de CO<sub>2</sub> futura, los aumentos de temperatura también producirían que las poblaciones de insectos se movilen a latitudes más elevadas (Alvarado et al., 2002). En los impactos indirectos los cambios en la fenología de las especies vegetales podrían generar cambios

en los tiempos de floración lo que equivaldría a un daño en la simbiosis planta-abejas, generando retardo en el acopio de miel que a su vez afectaría al apicultor en sus cosechas de miel causando pérdidas económicas (Le Conte y Navajas, 2008).

### 4.3. Estrategias para un buen manejo apícola y agrícola

#### 4.3.1. Problemas identificados

La comunidad de apicultores del cantón Cotacachi se enfrentan a un alto número de problemas que afectan a la actividad apícola. Esta información fue recolectada por medio de salidas de campo y se encuentra mencionada en la Tabla 33, que se presenta a continuación:

**Tabla 33.** Lista de problemas identificados

Nº	Problemática
1	Uso indiscriminado de pesticidas en zonas cercanas a los apiarios
2	Baja producción de miel
3	Alta mortalidad en abejas
4	Falta de capacitaciones sobre el manejo de adecuado de apiarios
5	Plagas y parásitos en abejas
6	Pérdidas económicas o bajos ingresos
7	Expansión de la frontera agrícola
8	Dstrucción del hábitat
9	Cambio climático

#### 4.3.2. Descripción de los problemas

**Uso indiscriminado de pesticidas.** Las áreas apícolas del sector se encuentran rodeadas de cultivos, esto representa un gran problema para el apicultor debido a que el uso de pesticidas ocasiona diferentes efectos en las abejas, en algunos casos causa la muerte individual o colectiva.

**Baja producción de miel.** Este problema puede afectar económicamente al apicultor, ya que, si la producción de miel es baja, lo serán también los ingresos que esta actividad genere. Hay varios factores que influyen en la producción de miel, pero el que más mencionaron los apicultores fue el uso de pesticidas.

**Alta mortalidad.** Se encuentra estrechamente relacionado con el uso de pesticidas, ya que, en cultivos de papa, frejol y maíz, se usan productos altamente tóxicos para controlar plagas, y afectan a insectos polinizadores.

**Falta de capacitaciones.** La falta de conocimientos en los apicultores es una de las causas de la baja producción de miel, ya que al momento de que las colmenas

presentan plagas o parásitos, el apicultor no sabe cómo proceder correctamente. Además, desconocen de procedimientos como la trashumancia que ayudan a mejorar la producción.

**Plagas y parásitos.** Un problema muy común que comparten todos los agricultores es la presencia de plagas y parásitos en las abejas, esto se debe a que los zánganos tienden a estar en varias colonias y de esta forma puede contagiarse a las colmenas causando grandes pérdidas si no se trata con brevedad.

**Expansión de la frontera agrícola.** Muchos apicultores mencionaron que lugares en donde antes colocaban sus apiarios en la actualidad son utilizados para actividades agrícolas o agropecuarias. Este problema afecta mayormente a pequeños y medianos apicultores ya que no disponen de áreas propias y tampoco tienen la posibilidad de arrendarlas.

**Destrucción del hábitat.** Este problema se da por la deforestación, incendios, derrumbes, y también está relacionado con la expansión agrícola. Lo que este problema ocasiona es la baja en la disponibilidad de flora apícola afectando a la producción de miel en las colmenas.

**Cambio climático.** Está provocando y/o contribuyendo al aumento de varios impactos que afectan a las abejas, como: aumento de la temperatura y de fenómenos naturales, propagación de diferentes patologías que las afectan, y disminución de la floración.

#### **4.3.3. Matriz de Vester**

Una vez realizada la priorización de problemas en la matriz de Vester se obtuvieron resultados de influencia (activos), y dependencia (pasivos), tal y como se muestra en la Tabla 34. Los problemas con un puntaje activo más alto son: cambio climático (18), expansión de la frontera agrícola (14), y uso indiscriminado de pesticidas (12), es decir, estos problemas son los que más influyen o se relacionan con los demás problemas.

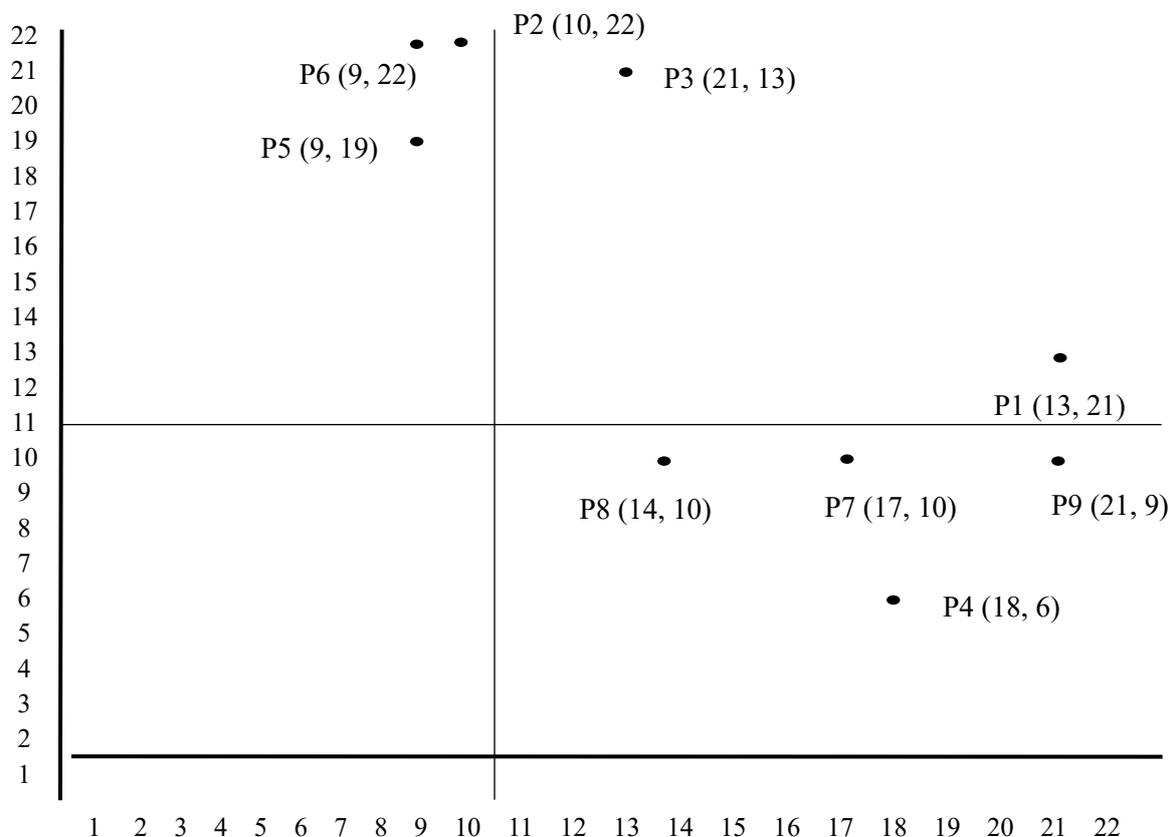
Por otra parte, se encuentran los problemas pasivos o de dependencia, entre los cuales se tiene a: baja producción de miel (21), y alta mortalidad de abejas (18), es decir,

estos problemas son los que menor influencia tienen y al ser solucionados los problemas activos, los pasivos también serán mermados (Tabla 34).

**Tabla 34.** Valoración de problemas en matriz de Vester

<b>C.</b>	<b>Problemas</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>INF.</b>
<b>P1</b>	Uso indiscriminado de pesticidas en zonas cercanas a los apiarios	0	3	3	2	2	3	3	2	3	<b>21</b>
<b>P2</b>	Baja Producción de Miel	1	0	3	0	3	3	0	0	0	<b>10</b>
<b>P3</b>	Alta mortalidad en abejas	3	3	0	1	3	3	0	0	0	<b>13</b>
<b>P4</b>	Falta de capacitaciones sobre manejo adecuado de apiarios	2	3	3	0	3	3	2	2	0	<b>18</b>
<b>P5</b>	Plagas y parásitos en abejas	0	3	3	0	0	3	0	0	0	<b>9</b>
<b>P6</b>	Pérdidas económicas y bajos ingresos	0	2	2	2	3	0	0	0	0	<b>9</b>
<b>P7</b>	Expansión de frontera agrícola	3	2	2	1	1	2	0	3	3	<b>17</b>
<b>P8</b>	Destrucción del hábitat	1	3	2	0	1	2	2	0	3	<b>14</b>
<b>P9</b>	Cambio climático	3	3	3	0	3	3	3	3	0	<b>21</b>
	<b>Dependencia</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	

#### 4.3.4. Gráfica de matriz de Vester



**Figura 28.** Categorización de problemas

Una vez realizada la gráfica de la Matriz de Vester se categorizaron los problemas en las categorías: críticos, activos, pasivos e indiferentes. La categorización se puede observar en la Figura 27.

**Críticos.** En esta categoría se encuentran el problema 1 y 3 que corresponden a Uso indiscriminado de pesticidas en zonas cercadas a apiarios, y Alta mortalidad en abejas respectivamente. Son catalogados como críticos que ya presentaron valores altos en influencia y dependencia, es decir, son la causa y efecto de otros problemas y deberían ser tratados lo más rápido posible.

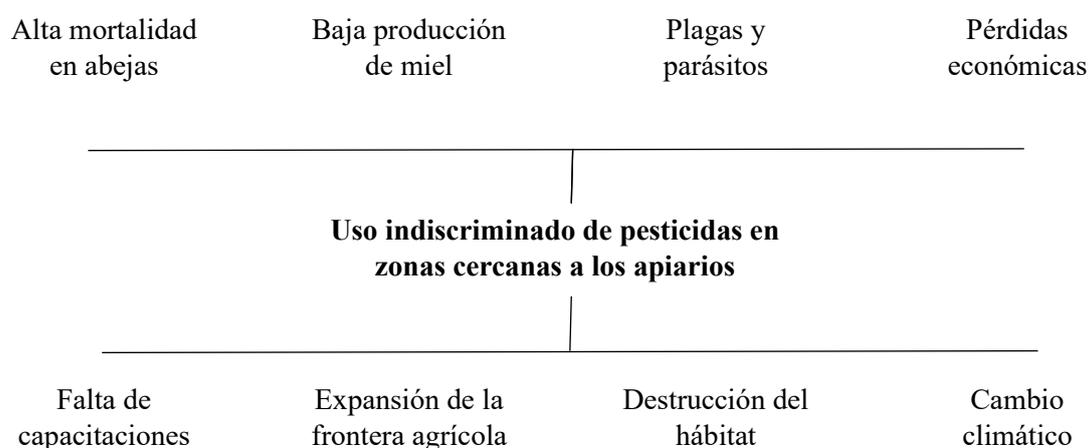
**Activos.** En esta categoría se encuentran el problema 4, 7, 8 y 9 que corresponden a Falta de capacitaciones sobre el manejo de apiarios, Expansión de la frontera agrícola, Destrucción del hábitat, y Cambio climático, respectivamente. En este apartado se encuentran los problemas que presentaron valores altos en activos pero bajos en pasivos, es decir, no son causados por otros, pero si tienen mucha influencia sobre los demás

problemas. Se considera que estos problemas deberían ser solucionados con la mayor brevedad posible.

**Pasivos.** En esta categoría se encuentran el problema 2, 5 y 6 que corresponden a Baja producción de miel, Plagas y parásitos, y Pérdidas económicas, respectivamente. Están en esta categoría ya que presentaron valores altos de pasivos y bajos en activos, es decir, tienen poca influencia causal sobre los demás problemas y una vez que los problemas activos sean solucionados, los pasivos también serán mermados.

#### 4.4.2. Identificación del problema central

Se realizó un análisis y priorización con la matriz de Vester y se construyó un árbol de problemas, en donde se identificó que el problema central es el Uso indiscriminado de pesticidas. Los problemas primarios se encuentran en la parte superior y los problemas secundarios en la parte inferior, tal y como se puede observar en la Figura 28 que se presenta a continuación:



**Figura 29.** Árbol de problemas

Una vez realizado el árbol de problemas se enfocó en brindar soluciones para cada uno de los problemas primarios y secundarios encontrados en el área de estudio, además se plantearon metas específicas que se pretenden alcanzar. Esto se encuentra detallado en la Tabla 35 que se presenta a continuación:

**Tabla 35.** Alternativas para cada problema identificado

<b>Uso indiscriminado de pesticidas en zonas cercadas a los apiarios</b>			
<b>P. secundarios</b>	<b>Subproblemas</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Metas</b>
Alta mortalidad en abejas	Plagas y parásitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer coordinación entre apicultores y agricultores en relación con la aplicación de productos fitosanitarios.</li> <li>• Diseñar un plan de higiene y desinfección de las instalaciones, colmenas y equipos utilizados.</li> </ul>	Reducir el uso de productos químicos que sean tóxicos para abejas, además de mejorar la comunicación agricultor-apicultor.
	Baja producción de miel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones sobre técnicas y estrategias que ayuden a mejorar la producción de miel y derivados.</li> </ul>	Potencializar el crecimiento de pequeños y medianos apicultores, basado en prácticas que contribuyan al desarrollo sostenible.
Falta de capacitaciones	Pérdidas económicas		
Expansión de la frontera agrícola	Destrucción de hábitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover el cuidado y conservación de ecosistemas naturales y destacar su importancia ecológica.</li> <li>• La autoridad competente deberá realizar control y vigilancia para evitar acciones que dañen las áreas naturales.</li> </ul>	Conservar los ecosistemas naturales en buen estado para aumentar la disponibilidad de flora apícola.
	Cambio climático		

Según los resultados obtenidos, el problema principal es el uso de pesticidas en zonas cercanas a los apiarios, y desde esta situación se desencadenan una variedad de circunstancias que ocasionan una elevada tasa de mortalidad en abejas, pérdidas económicas para el apicultor, etc. Sin embargo, en Callaqui, Chile, la apicultura en los últimos años ha enfrentado reducción de los periodos de floración y por ende una disminución en la disponibilidad de alimento, que es indispensable para la producción de miel, y según entrevistas realizadas al presidente de la Asociación Gremial Bases Apícolas Independientes de Chile (AGAPI) y al Ganador del premio mundial de apicultura (Apimondi) Mario Flores Molina, mencionan que el problema principal es el cambio climático (Guzmán, 2022).

### **Estrategia 1. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas y uso de agroquímicos**

La actividad apícola depende directamente del rendimiento de las abejas, pero existen factores que dificultan que trabajen correctamente, como la presencia de plagas y parásitos, el uso de productos químicos en la agricultura que no solo disminuyen la productividad, si no también llegan a causar la muerte de individuos y en ocasiones la desaparición de colmenas. Entonces, el presente programa está orientado a proponer alternativas que ayuden a combatir la problemática antes mencionada.

#### **Objetivo general**

Proponer alternativas que ayuden en la reducción de la tasa de mortalidad en abejas.

#### **Objetivos específicos**

- Capacitar sobre el correcto manejo de apiarios cuando se presenten plagas y parásitos
- Incentivar el uso de productos orgánicos para tratar enfermedades en las colmenas
- Desarrollar técnicas de beneficio mutuo entre apicultores y agricultores

**Tabla 36.** Estrategia 1. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas, uso de agroquímicos.

Proyecto	Alcance	Actividades	Verificadores	Responsables
Reducción de la tasa de mortalidad de abejas	Zonas agrícolas de las parroquias de Imantag y Plaza Gutiérrez que son las más afectadas por el uso de productos químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar desinfecciones en apiarios para controlar plagas y parásitos.</li> <li>Asesorar sobre productos orgánicos para tratar enfermedades en abejas</li> <li>Capacitar sobre el horario de pecoreo de las abejas y los horarios de dispersión de productos agrícolas</li> </ul>	Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres  Registro fotográfico	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.
Agricultura orgánica	Los espacios objeto de estudio son las zonas apícolas y agrícolas ubicadas en las parroquias de Imantag, Plaza Gutiérrez y Quiroga que es en donde más personas se dedican a la agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comercializar productos orgánicos agrícolas</li> <li>Fomentar el uso de productos orgánicos por medio de incentivos</li> <li>Capacitar sobre la aplicación de prácticas agroecológicas</li> <li>Impulsar leyes que regulen el uso de productos químicos</li> </ul>	Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres  Registro fotográfico	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.
Manejo de plagas y parásitos	Zonas apícolas de las parroquias de Imantag, San Francisco, el Sagrario, Plaza Gutiérrez y Quiroga que se ven afectadas por la incidencia de plagas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brindar el asesoramiento de profesionales</li> <li>Orientar el apiario en dirección correcta para mejorar el rendimiento de la colmena</li> <li>Instalar alimentadores en las colmenas para mejorar las defensas de las abejas</li> </ul>	Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres  Registro fotográfico	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.

La reducción en las poblaciones de polinizadores, especialmente abejas, se debe en gran parte a las enfermedades causadas por plagas, uso indiscriminado de productos químicos agrícolas y a altas temperaturas relacionadas al cambio climático. (González y Del Campo, 2018) mencionan que, si los países no adoptan políticas más sostenibles y

amigables para los polinizadores, se eliminarían una gran cantidad de cultivos que dependen de la polinización.

Es necesario adoptar políticas de protección que incluyan a agricultores y gobiernos. Para los campesinos es recomendable mantener algunas zonas con su hábitat natural, es decir no exceder la frontera agrícola, reducir o cambiar el uso de productos químicos, rotación de cultivos, y plantar cultivos atractivos para los polinizadores alrededor de los sembríos (Edge, 2016). En cuanto a los gobiernos, deben apoyar y fomentar por medio de políticas una agricultura más diversificada para aumentar la polinización. Además, se requiere de la participación de múltiples actores, desde la ciudadanía en general, hasta el sector empresarial para divulgar por medio de charlas, capacitaciones y talleres la importancia de los polinizadores y cómo conservarlos (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020).

## **Estrategia 2. Conservación de ecosistemas**

Por medio de las encuestas realizadas se obtuvo que en la zona de estudio cada vez la frontera agrícola se expande y genera pérdida de ecosistemas para la fauna. Esto dificulta la actividad apícola debido a que las abejas cuentan con menos flores para recolectar polen y el apicultor cuenta con menos zonas naturales en donde instalar los apiarios por lo que se ven obligados a colocarlas en zonas de cultivos.

### **Objetivo general**

Ejecutar capacitaciones de carácter ambiental involucrando a los actores de la zona de estudio, para recuperar y conservar los ecosistemas naturales

### **Objetivos específicos**

- Capacitar continuamente a la población con el apoyo de autoridades locales
- Implementar brigadas de reforestación y recolección de basura
- Incentivar al cuidado y conservación de las áreas naturales

**Tabla 37.** Estrategia 2. Conservación de ecosistemas

Proyecto	Alcance	Actividades	Verificadores	Responsables
NO a la expansión de la frontera agrícola	El proyecto está enfocado en conservar los espacios naturales de la parroquia de Imantag que es el lugar con mayor destrucción de hábitats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imponer sanciones y multas a quien no respete las zonas naturales</li> <li>• Implementar estrategias de vigilancia</li> <li>• Capacitaciones sobre la importancia de flora silvestre para insectos polinizadores, especialmente abejas.</li> <li>• Charlas para promover el cuidado de especies nativas y endémicas</li> <li>• Charlas sobre el cuidado del suelo</li> </ul>	<p>Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres</p> <p>Registro fotográfico</p>	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.
	Los espacios objeto de estudio son las zonas afectadas por actividades antrópicas de las parroquias de Cotacachi. El presente proyecto pretende recuperar y restaurar zonas naturales afectadas por ganadería y agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres sobre recolección de semillas y germinación</li> <li>• Salidas de campo de reforestación con especies nativas y endémicas</li> <li>• Capacitaciones sobre el valor de las especies endémicas</li> </ul>	<p>Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres</p> <p>Registro fotográfico</p>	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.

Cuando se habla de ecosistemas se debe tener en cuenta que se refiere a la suma de varias partes, por tal motivo ecosistema es conocido como super-organismo o macroespecie, y su conservación presenta mayores ventajas a largo plazo a diferencia de estrategias de conservación de especies individuales (Achá y Fontúrbel, 2003). Las actividades antrópicas son causantes de la pérdida de gran cantidad de ecosistemas naturales ya sea por la deforestación, expansión de la frontera agrícola, destrucción de

hábitats, etc. Por esto, alrededor del mundo varios conservacionistas han desarrollado programas, planes y estrategias que buscan recuperar y restaurar ecosistemas que hayan sido afectados por el hombre (Cuenca et al., 2018).

Es importante realizar capacitaciones a la población en general, sobre temas relacionados a la destrucción de ecosistemas, ya que en algunas ocasiones las personas desconocen de los impactos ambientales que ocasiona la expansión agrícola, incendios forestales, tala de árboles, etc. Entonces es importante informar a las personas y también realizar talleres de reforestación y socializar estrategias de restauración (Vargas et al., 2010).

### **Estrategia 3. Educación ambiental**

La educación ambiental aborda temas importantes que comúnmente son desconocidos o ignorados por la población, tales como destrucción de ecosistemas, expansión de la frontera agrícola, y cambio climático que afectan de alguna forma a las poblaciones de abejas. Por lo que es necesario implementar este tipo de educación tanto para niños como adultos.

#### **Objetivo general**

Realizar programas técnico-ambientales para capacitar a la población de las parroquias de Cotacachi y mejorar la calidad de los ecosistemas.

#### **Objetivos específicos**

- Capacitar a niños y adolescentes con el apoyo de autoridades locales e instituciones educativas.
- Solicitar apoyo técnico a instituciones para difundir información de carácter ambiental en la sociedad.
- Priorizar el cuidado del medio ambiente y fomentar el respeto a los seres vivos.

**Tabla 38.** Estrategia 3. Educación Ambiental

Proyecto	Alcance	Actividades	Verificadores	Responsables
Conservación de especies polinizadoras	El proyecto está dirigido a la concientización ambiental por medio de escuelas y colegios de las parroquias en estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos sociales para promover el cuidado de polinizadores</li> <li>Multas a personas que atenten contra las colmenas de abejas</li> <li>Salidas de campo a zonas naturales para promover el cuidado de estos</li> <li>Concientización sobre el cuidado y respeto por el medio ambiente a niños y jóvenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de asistentes a las charlas</li> <li>Registro fotográfico</li> </ul>	MAGAP, MAATE, Instituciones educativas, juntas parroquiales, comunidades, y asociaciones apícolas.
Conservación de ecosistemas	Los espacios tomados en cuenta por este proyecto son las áreas naturales de Imantag, Plaza Gutiérrez y Quiroga que han sido destruidas o afectadas por el hombre.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recalcar la importancia de los servicios ecosistémicos que brinda la naturaleza</li> <li>Brigadas de reforestación con instituciones educativas y demás actores locales</li> <li>Recolección y germinación de semillas de plantas nativas y endémicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de asistentes a las charlas</li> <li>Registro fotográfico</li> </ul>	MAGAP, MAATE, Instituciones educativas, juntas parroquiales, comunidades, y asociaciones apícolas.

En 2018 la Comisión Europea elaboró una iniciativa para conservar polinizadores, especialmente abejas y mariposas que son los grupos más afectados, dicha iniciativa se encuentra basada en tres ejes prioritarios: mejorar el conocimiento sobre el declive de polinizadores, causas y consecuencias, y sensibilizar e involucrar a la sociedad por medio de la educación ambiental para contar con su colaboración (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020)

Garibaldi et al., (2012) menciona que es necesario promover la educación y la sensibilización en los sectores públicos y privados sobre el valor de los polinizadores y sus hábitats. Además, se debe impulsar investigaciones que generen información sobre prácticas y estrategias de reducción y prevención de la disminución de abejas.

#### **Estrategia 4. Impulsar el crecimiento de pequeños y medianos apicultores**

Uno de los principales beneficios de la apicultura es la producción de productos como la miel, el propóleo, el polen, la cera, jalea real, etc. Entonces, la apicultura tiene un gran aporte socioeconómico que debe ser aprovechado por el apicultor para mejorar su economía, y potencializado por medio de instituciones públicas o por asociaciones de apicultores que brinden acompañamiento y asesoría en la actividad apícola.

#### **Objetivo General**

Impulsar el desarrollo de los pequeños y medianos apicultores en las parroquias de Cotacachi, aplicando buenas prácticas ambientales

#### **Objetivos Específicos**

- Generar crecimiento económico y productivo por medio de la apicultura
- Incentivar a los apicultores a hacer de la apicultura una fuente de ingresos económicos bien establecida

**Tabla 39.** Estrategia 4. Impulsar el crecimiento de pequeños y medianos apicultores

<b>Proyecto</b>	<b>Alcance</b>	<b>Actividades</b>	<b>Verificadores</b>	<b>Responsables</b>
La apicultura: un emprendimiento rentable	El proyecto está enfocado en capacitar a los apicultores de todas las parroquias en estudio sobre como generar ingresos económicos por medio de la apicultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones sobre cómo crear una marca personal o comunitaria</li> <li>• Capacitaciones sobre marketing digital y uso de redes sociales</li> <li>• Gestionar préstamos para productores con bajos recursos</li> </ul>	<p>Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres</p> <p>Registro fotográfico</p>	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.

---

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones sobre estrategias para impulsar un negocio local o emprendimiento</li> </ul>		
Como generar un buen producto	Los espacios objeto de estudio son las zonas apícolas de las parroquias de Cotacachi. El presente proyecto pretende capacitar a los pequeños y medianos apicultores sobre cómo obtener miel de buena calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres sobre cómo prevenir escasez y baja producción de miel</li> <li>• Talleres sobre el cuidado adecuado de las abejas</li> <li>• Capacitaciones de como reubicar los apiarios para aumentar la producción de miel</li> <li>• Capacitaciones sobre elaboración de productos derivados de la miel</li> </ul>	Listado de asistentes a las capacitaciones y talleres  Registro fotográfico	MAGAP, presidente de cada comunidad, y presidentes de las asociaciones apícolas.

---

La apicultura es una actividad que requiere de mano de obra y de fuerza de trabajo, entonces, una industria o asociación apícola bien establecida puede ser un importante agente generador de empleos del cual se beneficiarían varias familias de las zonas rurales. Además, los apicultores pueden generar ingresos extras mediante la elaboración de productos derivados de la miel (Aguilar, 2014). Es importante mantener en constante capacitación a los apicultores para que tomen las decisiones correctas ante cualquier problema que se presente, y así evitar escases de miel o bajas de producción. Así mismo es importante que conozcan sobre el manejo adecuado de la publicidad por medio de redes sociales, radios, etc. Y puedan establecer correctamente su marca en el mercado.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

En el área de estudio se identificaron impactos de categoría “severo” a “crítico”, relacionados a los procesos de control y manejo de plagas en los cultivos. Especialmente, en los cultivos de maíz y papa se emplea Imidacloprid que está catalogado como un insecticida altamente tóxico, el cual genera una categorización de impactos crítico. Mientras que los cultivos de frejol, arveja y chocho se aplican productos a base de Difenoconazole, que son productos moderadamente tóxicos, que alteran las funciones vitales de las abejas.

La variable de cobertura vegetal tiene un alta intervención en el nicho ecológico ya que aporta con el 32.4%, esta indica que las abejas tienden a tener mayor probabilidad de presencia en zonas de cultivos y zonas intervenidas por el hombre con alturas entre los 300 a 1 400 msnm correspondientes a zonas interandinas con especies introducidas como el eucalipto, que a su vez son zonas donde los apicultores suelen ubicar los apiarios o las colmenas, especialmente en épocas de floración debido a que buscan tener una mejor producción de miel.

De igual manera las variables temperatura media anual (Bio1) y Rango diurno medio (Bio2) interfieren en el modelo ya que tienen un aporte del 19.7 y 17.0 %, esto nos indica que las abejas tienen un buen desarrollo en zonas con temperaturas cálidas de entre los 12 a 17 °C. A la vez la precipitación interfiere ya que en niveles superiores a los 1300 mm de precipitación se tiene una baja en la especie debido a que está estrechamente relacionada con el desarrollo de las actividades diarias de los individuos especialmente en la recolección de alimentos y la humedad de la colmena.

En el modelo distribución potencial de la especie *Apis mellifera* se apreció que los sitios óptimos para el buen desarrollo de la especie se encuentran ubicados en las parroquias de Imantag, Plaza Gutiérrez y El Sagrario ya que son zonas cálidas que presentan temperaturas entre los 14 a 22°C lo cual genera mayor actividad en las abejas.

En las proyecciones a futuro se aprecia que la presencia de abejas tiende a generar poblaciones agrupadas, ya que las áreas con alta probabilidad de presencia (modelo actual) inicialmente tienen 147.34ha mientras que para el año 2040 se presenta un

aumento con 2 410.98ha esto se debe a que las abejas tienden a situarse en lugares idóneos para su desarrollo, sin embargo, esto es peligroso ya que, si el ser humano expande su territorio estas zonas pueden ser invadidas y generar pérdidas de poblaciones a gran escala. Esto se debe a que las colmenas de abejas se van a encontrar únicamente en los sitios que cuenten con las condiciones adecuadas para su desarrollo.

Las estrategias propuestas en este estudio son en base al problema principal del uso indiscriminado de agroquímicos, que desencadena otros problemas primarios y secundarios afectando la apicultura. La estrategia principal es reducir la tasa de mortalidad de abejas por el uso de químicos mediante un diálogo constante entre apicultores y agricultores. Además, se debe tener en cuenta la educación ambiental, y el apoyo a pequeños y medianos apicultores. Todo esto ayudará a solucionar los problemas a corto, mediano y largo plazo, haciendo de la apicultura una actividad más rentable y garantizará la supervivencia de la especie.

## **5.2.Recomendaciones**

Es recomendable realizar investigaciones a fondo sobre los componentes químicos de los productos agrícolas mediante análisis de laboratorio para evidenciar los efectos que causan los ingredientes activos de cada producto en los insectos polinizadores. También es recomendable realizar análisis a la flora apícola y productos elaborados por las abejas (miel, polen, jalea, etc.) para conocer si estos están contaminados con residuos de pesticidas.

Se recomienda ampliar los modelos de proyección futura empleando áreas de estudio mucho mayores, además de especies silvestres; ya que como hemos visto, esta es una especie fundamental para el desarrollo agrícola, y con ello, garantizamos los recursos para las generaciones futuras y a su vez un buen desarrollo económico y social.

El cambio climático puede llegar a causar daños en las poblaciones de melíferas debido a los largos períodos de lluvia o de sequía que afectan a la disponibilidad de alimento y generan daños en las colmenas disminuyendo la cantidad de individuos por lo que los cambios deben ser no solo a nivel local y regional sino también a nivel global, para que a futuro las nuevas generaciones también tengan recursos sustentables y sostenibles.



## Bibliografía

- Achá, D., y Fontúrbel, F. (2003). La diversidad de una Comunidad, ¿Está controlada por Top-Down, Bottom-Up o una combinación de estos? *Revista de Biología.Org*, 13, 1–16.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA]. (2022). *Información básica sobre pesticidas* [Overviews and Factsheets]. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas>
- Aguilar, J. (2014). *Caracterización de la Actividad Apícola e Identificación de Especies Néctar-Poliníferas*. [http://www.itzonamaya.edu.mx/web\\_biblio/archivos/res\\_prof/agro/agro-2014-8.pdf](http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-8.pdf)
- Alberto, J. A. (2012). *Biogeografía y Geografía Ambiental*. [https://hum.unne.edu.ar/academica/departamentos/dptogeog/catedras/biogeografia/prog\\_bio.pdf](https://hum.unne.edu.ar/academica/departamentos/dptogeog/catedras/biogeografia/prog_bio.pdf)
- Allouche, O., Tsoar, A., y Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1223–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- Alvarado, M. A., Foroughbakhch, R., Jurado, E., y Rocha, A. (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL*, 5(4), 493–500. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40250410.pdf>
- Andino, D. A. Q. (2010). *RENDIMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN DE CHOCHO (Lupinus mutabilis)*. 66.
- APOLO. (2014). Polinizadores y biodiversidad. *APOLO*, *APOLO*, 160. [http://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe\\_tecnico.pdf](http://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf)

- Arango, M., Branch, J., y Botero, V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: “LANDSAT - ETM+”. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(1), 2611–2634. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0304-28472005000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472005000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Argueta, G. (2002). *Apidae en Honduras: Listado, distribución y biología de las especies* [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ca71cb8a-b9bc-4143-b8ee-05038964e744/content>
- Armas, A. (2009). *Riqueza y distribución Potencial de las Abejas Euglosinas (Apidae: Euglossini) en Guatemala* [Trabajo de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/B195.pdf>
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. (2010). *Cantón Cotacachi*. Cantón Cotacachi. <https://ame.gob.ec/2010/05/20/canton-cotacachi/>
- Beard, S. (2015). *Matriz de Vester. Formulario de evaluación y desempeño*. [https://prezi.com/jj4wg\\_s2y8dk/matriz-de-vester/](https://prezi.com/jj4wg_s2y8dk/matriz-de-vester/)
- Bedmar, F. (2011). Informe Especial sobre Plaguicidas Agrícolas. *Ciencia Hoy*, 21(122). <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>
- Botías, C., David, A., Hill, E. M., y Goulson, D. (2017). Quantifying exposure of wild bumblebees to mixtures of agrochemicals in agricultural and urban landscapes. *Environmental Pollution*, 222, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.001>
- Cabrera, J. (2014). *La Apicultura en el Ecuador: Antecedentes Históricos*. [https://www.academia.edu/43146373/La\\_Apicultura\\_en\\_el\\_Ecuador](https://www.academia.edu/43146373/La_Apicultura_en_el_Ecuador)

- Calderón, E. (2014). *Manual de Apicultura Avanzada y Diversificación Productiva De Apiarios*. <http://selvamaya.info/wp-content/uploads/2016/06/Manual-de-Apicultura-avanzada-y-diversificaci%C3%B3n-productiva-de-apiarios.pdf>
- Casas, J., Repullo, J. R., y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)
- Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica. (2022). Escenarios y Proyecciones | CIIFEN. *Escenarios y proyecciones*. <https://ciifen.org/escenarios-y-proyecciones/>
- Chicaiza, J. (2017). *Evaluación de un biocatalizador con tres niveles de fertilización, en la producción de arveja (Pisum sativum) de crecimiento indeterminado var. San Isidro, en la Granja Experimental Docente Querochaca*. [Trabajo de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25481/1/Tesis-159%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20483.pdf>
- Código Orgánico del Ambiente, Art. 14, Art. 98 y Art. 542 (2016). [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Consejo Nacional de Competitividad de Argentina, y Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal [CEDAF]. (2017). *Manual de Apicultura Intermedia: Manejo de Apiarios y Sanidad*. [fddocuments.ec. https://fddocuments.ec/document/manual-de-apicultura-intermedia-manejo-de-apiarios-y-sanidad-.html](https://fddocuments.ec/document/manual-de-apicultura-intermedia-manejo-de-apiarios-y-sanidad-.html)
- Constitución Nacional del Ecuador [const], Art 14. Y Art 15. (2008).

- Coppa, R., y Huerta, G. (2017). *Manejo de las colmenas en climas fríos* [Artículos de divulgación]. Manejo de las colmenas en climas fríos. <https://inta.gov.ar/documentos/manejo-de-las-colmenas-en-climas-frios>
- Cruz, V., Gallego, E., y González, L. (2008). *SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL*. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>
- Cuadra, S., y Rodríguez, F. (2006). Manejo de abejas para la polinización de paltos. *Tierra Adentro*, 70. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6276>
- Cuenca, P., Guevara, J., y Franco, W. (2018). *Ecosistemas, Biodiversidad y Conservación* (pp. 58–88).
- Cuvi, L. (2011). *Eficiencia de formulaciones de fungicidas sistémicos para el control del “tizón tardío” (Phytophthora infestans) en papa. Cutuglagua, Pichincha.* [Universidad Central del Ecuador]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/375/1/iniapsctC992ef.pdf>
- Dai, P., Wang, Q., Sun, J.-H., Liu, F., Wang, X., Wu, Y.-Y., y Zhou, T. (2010). Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera ligustica*. *Environmental toxicology and chemistry / SETAC*, 29(3), 644–649. <https://doi.org/10.1002/etc.67>
- De la Cruz, E., Bravo, V., y Ramírez, F. (2019). *Manual de plaguicidas de centroamérica: Triclorfon*. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/556-triclorfon>
- Díaz, A. (2019). *El cultivo de maíz y sus consecuencias*. <https://elturdus.com/contaminacion/el-cultivo-del-maiz-y-sus-consecuencias/#:~:text=Es%20un%20cultivo%20principalmente%20de%20regad%C3%ADo%2C%20necesita%20bastante,quiere%20obtener%20forraje%2C%20grano%20seco%20o%20grano%20h%C3%BAmedo.>

- Díaz, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., y Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162–167. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72706-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6)
- Díaz, R. (2015). *Efecto de seis plaguicidas sobre mortalidad en dos especies de abejas: Apis mellifera y Tetragonisca angustula (Hymenoptera: Apidae)* [Trabajo de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3917104b-5b57-404d-90f4-94d100864acf/content>
- Dini, C., y Bedascarrasbure, E. (2011). *Manual De Apicultura Para Ambientes Subtropicales* (1era ed.). INTA. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual\\_apicultura\\_reglon\\_47-2.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual_apicultura_reglon_47-2.pdf)
- Dini, C., Bedascarrasbure, E., Bedascarrasbure, M., Bulacio, N., Cabrera, C., Caporgno, J., Gennari, G., Gurini, L., Maldonado, L., Masciangelo, G., Moja, P., Palacio, M., Poffer, D., y Rodríguez, G. (2019). *Las Abejas y el Medio Ambiente*. INTA. <https://s385925d490d3a601.jimcontent.com/download/version/1599095093/module/10776020471/name/la%20abeja%20y%20el%20ambiente.pdf>
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., y Buchmann, C. M. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *ResearchGate*, 1(36), 27–46. [https://www.researchgate.net/publication/224040384\\_Collinearity\\_A\\_review\\_of\\_methods\\_to\\_deal\\_with\\_it\\_and\\_a\\_simulation\\_study\\_evaluating\\_their\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/224040384_Collinearity_A_review_of_methods_to_deal_with_it_and_a_simulation_study_evaluating_their_performance)
- Duarte, S., y López, A. (2019). Patrones de distribución de las abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) en Cuba y otras regiones de los neotrópicos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*.

[https://www.researchgate.net/publication/338215693\\_PATRONES\\_DE\\_DISTRIBUCION\\_DE\\_LAS\\_ABEJAS\\_HYMENOPTERA\\_APOIDEA\\_ANTHOPHILA\\_EN\\_CUBA\\_Y\\_OTRAS\\_REGIONES\\_DE\\_LOS\\_NEOTROPICOS](https://www.researchgate.net/publication/338215693_PATRONES_DE_DISTRIBUCION_DE_LAS_ABEJAS_HYMENOPTERA_APOIDEA_ANTHOPHILA_EN_CUBA_Y_OTRAS_REGIONES_DE_LOS_NEOTROPICOS)

Edge, J. (2016). *¿Cómo podemos proteger a los polinizadores y promover su papel en las prácticas agrícolas y ambientales?* 3.

Eliosa, H., Nieto, A., y Navarro, M. del C. (2010). Conservadurismo filogenético del nicho ecológico un enfoque integral de la evolución. *Ciencias*, 98(098).  
<https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/22874>

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., y Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>

FAO. (2008). *Los polinizadores: Su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura*. <http://www.fao.org/3/be104s/be104s.pdf>

Farouk, K., Kevin, P., y Sepúlveda, P. (2014). Abejas. *INFOZOA*, 6.  
[https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada\\_Facultad3/adjunto\\_1029-20181004104847\\_528.pdf](https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada_Facultad3/adjunto_1029-20181004104847_528.pdf)

Fernández, F. (2002). Filogenia y Sistemática de los himenópteros con aguijón en la Región Neotropical (Hymenoptera: Vespomorpha). *Monografías Tercer Milenio*, 2, 101–138. [http://sea-entomologia.org/PDF/M3M\\_PRIBES\\_2002/101\\_138\\_Aculeata.pdf](http://sea-entomologia.org/PDF/M3M_PRIBES_2002/101_138_Aculeata.pdf)

Fernández Vítora, C., Ripoll, V., Ripoll, L., y Estevan, M. (2011). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (4ta ed.). Mundi-prensa.  
<https://books.google.com.ec/books?id=wa4SAQAAQBAJ&printsec=frontcover>

- &dq=inauthor:%22Vicente+Conesa+Fern%C3%A1ndez-  
V%C3%ADtora%22&hl=es&sa=X&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Fick, S. E., y Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- GAD Municipal Santa de Cotacachi. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Santa Ana de Cotacachi 2015-2035*. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Cantonal/PDOT%20COTACACHI.pdf>
- Gallien, L., Douzet, R., Pratte, S., Zimmermann, N. E., y Thuiller, W. (2012). Invasive species distribution models – how violating the equilibrium assumption can create new insights. *Global Ecology and Biogeography*, 21(11), 1126–1136. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00768.x>
- Garibaldi, L., Morales, C., Ashworth, L., Chacoff, N., y Aizen, M. (2012). Los polinizadores en la agricultura. *Ciencia Hoy*, 21, 34–43.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., y Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson-Prentice Hall. <https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/07/Evaluacion-impacto-ambiental-Garmendia-PDF-1.pdf>
- Gill, R., Ramos-Rodriguez, O., y Raine, N. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 491, 105–108. <https://doi.org/10.1038/nature11585>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi. (2019). *Plan de desarrollo turístico del cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura*.
- Gómez, I. (2019). Modelos de Distribución de Especies (SDMs). En *Estudios de Ecología y Evolución con ArcGis 10*.

- González, E., y Ulloa, D. (2010). *Evaluación del impacto ambiental debido a las actividades de la feria de ganado del cantón Biblián y propuesta de un plan de manejo ambiental* [Trabajo de pregrado, Universidad de Cuenca].  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33786/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- González, L. (2019). *Curvas ROC y Área bajo la curva (AUC)*.  
<https://aprendeia.com/curvas-roc-y-area-bajo-la-curva-auc-machine-learning/>
- González, P., y Del Campo, F. (2018). *Efectos de la agricultura industrial y ecológica en las abejas*.
- González, P., Torres, R., y Loiseau, V. (2020). Efecto y regulación de los plaguicidas sobre las abejas. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 8.  
[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29182/1/Efecto\\_de\\_los\\_plaguicidas\\_sobre\\_las\\_abejas.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29182/1/Efecto_de_los_plaguicidas_sobre_las_abejas.pdf)
- González, V. (2007). Distribución geográfica de las abejas del fuego en Colombia (Hymenoptera: Apidae, Meliponini, Oxytrigona). *Revista Colombiana de Entomología*, 33(2), 188–189.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v33n2/v33n2a17.pdf>
- González-Varo, J., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Potts, S., Schweiger, O., Smith, H. G., Steffan-Dewenter, I., Szentgyörgyi, H., Woyciechowski, M., y Vilà, M. (2013). Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(9), 524–530.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.05.008>
- Good, P. (2020). *MOHC HadGEM3-GC31-LL model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP ssp126*. Earth System Grid Federation.  
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.10849>

- Grupo Silvestre. (2012). *Hoja de seguridad de Difeconazil*.  
[https://www.silvestre.com.pe/site/images/Hojas\\_de\\_Seguridad/DIFECONASIL-HS\\_NOVACROP.pdf](https://www.silvestre.com.pe/site/images/Hojas_de_Seguridad/DIFECONASIL-HS_NOVACROP.pdf)
- Guevara, J., Morales, C., y Proyecto Mapa de Vegetación [PMV]. (2013). Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes. En *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental* (pp. 83–84). Ministerio del Ambiente. <https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>
- Guisan, A., y Thuiller, W. (2005). Predicción de la distribución de especies: Ofreciendo más que simples modelos de hábitat. *Ecology Letters*, 8(9), 993–1009.  
<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/nkHZT6ndPygkHkyGWfJfDRR/?format=pdf#:~:text=Modelagem%20de%20nicho%20ecol%C3%B3gico%20%C3%A9%20uma%20ferramenta%20importante,aqu%C3%A1tico.%20Microcystis%20sp.%20%C3%A9%20una%20esp%C3%A9cie%20de%20cianobact%C3%A9rias%20%C3%A9%20>
- Guzmán. (2022). *Problemas en la apicultura amenazan la producción de miel y otros rubros del agro*. La Tribuna.  
<https://www.latribuna.cl/noticias/2022/03/01/problemas-en-la-apicultura-amenazan-la-produccion-de-miel-y-otros-rubros-del-agro.html#:~:text=Problemas%20en%20la%20apicultura%20amenazan%20la%20producci%C3%B3n%20de,se%20daba%20esta%20actividad.%20Por%20Jorge%20Guzm%C3%A1n%20B>

- Guzmán, E., Correa, A., Espinosa, L., y Gúzman, G. (2011). *Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México*. 30. <http://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v42n2/v42n2a5.pdf>
- Hayhoe, K., Edmonds, J., Sanderson, B., Wehner, M., y Wuebbles, D. (2017). Modelos climáticos, escenarios y proyecciones. En *Informe especial de ciencia climática: Cuarta evaluación climática nacional: Vol. I* (pp. 1–470). U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. <https://science2017.globalchange.gov/chapter/4/>
- Herrera, C. (2021). *Estudio de la incidencia de episodios de calima en Canarias mediante modelos climáticos globales* [Trabajo de pregrado, Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25738/Estudio%20de%20la%20incidencia%20de%20episodios%20de%20calima%20en%20Canarias%20mediante%20modelos%20climaticos%20globales.pdf;jsessionid=44E1BD86D9C4903A142819C8877D59A5?sequence=1>
- Hewitt, H. T., Copsey, D., Culverwell, I. D., Harris, C. M., Hill, R. S. R., Keen, A. B., McLaren, A. J., y Hunke, E. C. (2011). Design and implementation of the infrastructure of HadGEM3: The next-generation Met Office climate modelling system. *Geoscientific Model Development*, 4(2), 223–253. <https://doi.org/10.5194/gmd-4-223-2011>
- Houghton, J., Meira, G., Griggs, D., y Maskell, K. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC*. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología y cambio climático [INECC]. (2022). *Guía sobre escenarios de cambio climático para tomadores de decisiones* (F. López, Y. Nava, M. Rojas, y D. González, Eds.).

[https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/conten\\_intro/Guia\\_de\\_Escenarios\\_CC\\_mar2022.pdf](https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/conten_intro/Guia_de_Escenarios_CC_mar2022.pdf)

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Pörtner, D. Roberts, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, y B. Rama, Eds.). Cambridge University Press.

Jácome, G. (2018). *Spatial and temporal dynamic patterns of dengue fever in Ecuador based on the maximum entropy model, GIS, and PLS regression* [Tesis de postgrado, Kyung Hee University].  
[https://www.researchgate.net/publication/327384370\\_Spatial\\_and\\_temporal\\_dynamic\\_patterns\\_of\\_dengue\\_fever\\_in\\_Ecuador\\_based\\_on\\_the\\_maximum\\_entropy\\_model\\_GIS\\_and\\_PLS\\_regression](https://www.researchgate.net/publication/327384370_Spatial_and_temporal_dynamic_patterns_of_dengue_fever_in_Ecuador_based_on_the_maximum_entropy_model_GIS_and_PLS_regression)

Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, V., Mejía Burbano, J., Tanaí, I., Padilla, C., y Pupiales, N. (2020). Los Volcanes de Imbabura y su Tiempo Geológico. *FICAYA Emprende*, 13.  
[https://www.researchgate.net/publication/339055058\\_Los\\_Volcanes\\_de\\_Imbabura\\_y\\_su\\_Tiempo\\_Geologico](https://www.researchgate.net/publication/339055058_Los_Volcanes_de_Imbabura_y_su_Tiempo_Geologico)

Jácome, G., Valarezo, C., y Yoo, C. (2018). Assessment of water quality monitoring for the optimal sensor placement in lake Yahuarcocha using pattern recognition techniques and geographical information systems. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 259. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6639-x>

Jácome, G., Vilela, P., y Yoo, C. (2019a). Present and future incidence of dengue fever in Ecuador nationwide and coast region scale using species distribution modeling for climate variability's effect. *Ecological Modelling*, 60–72.

- Jácome, G., Vilela, P., y Yoo, C. (2019b). Social-ecological modelling of the spatial distribution of dengue fever and its temporal dynamics in Guayaquil, Ecuador for climate change adaption. *Ecological Informatics*, 49, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.11.001>
- Labougle, J., y Zozaya, J. (1986). La apicultura en México. *Ciencia y Desarrollo*, 69, 17–36. <https://fmvz.unam.mx/fmvz/imavet/v4n1a04/v4n1a04.pdf>
- Lara, J. (2019). *Biología, Toxinología y Terapéutica de Especies Venenosas de Interés Veterinaria en Nicaragua*. <https://cenida.una.edu.ni/Monografias/tnl60l318.pdf>
- Le Conte, Y., y Navajas, M. (2008). Climate change: Impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 27(2), 499–510. [https://www.researchgate.net/publication/23285587\\_Climate\\_change\\_Impact\\_on\\_honey\\_bee\\_populations\\_and\\_diseases](https://www.researchgate.net/publication/23285587_Climate_change_Impact_on_honey_bee_populations_and_diseases)
- Linares, E., Fuentes, F., Asencio, H., Quiroz, J., Paco, J., Quispe, J., y Aquisé, O. (2021). *Kriging Ordinario y Inverso A La Distancia | PDF | Estadísticas | Matemáticas Aplicadas*. <https://es.scribd.com/document/536169108/Kriging-Ordinario-y-Inverso-a-La-Distancia>
- Lindao-Córdova, V., García-Ninavanda, J., Espinoza-Espinoza, A., y Carrera-Guanoluisa, E. (2020). Impacto de las Abejas (*Apis mellifera* L.) Como Agentes Polinizadores en el Rendimiento del cultivo de Arveja (*Pisum sativum* L.), Var. Televisión en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. *Dominio de la Ciencia*, 6(2), 836–860. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1252>
- Linnaeus, C. V. (1758). *Systema naturae per regna tria naturae: Secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Impensis Direct. Laurentii Salvii. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.542>

- Liras, E. (2008). *Evaluación y validación del modelo*. [https://www.gbif.es/wp-content/uploads/2010/05/7\\_Evaluacion\\_validacion-1.pdf](https://www.gbif.es/wp-content/uploads/2010/05/7_Evaluacion_validacion-1.pdf)
- Llerena, G. (2016). “*Caracterización de los Sistemas Apícolas en la Zona Centro del Ecuador*”. [Trabajo de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6975/1/17T1436.pdf>
- López, M. (2007). *Descripción y caracterización de nichos ecológicos: Una visión más cuantitativa del espacio ambiental* [Tesis de postgrado]. <https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/87/2/TE%20244.pdf>
- Madrid, C. M. (2021). Filosofía de la Ciencia del Cambio Climático: Modelos, problemas e incertidumbres. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 20(41), 201–234. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.3193>
- Martin, N., y Arenas, N. (2018). *Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola*. *Entramado*. [https://www.researchgate.net/publication/328052564\\_Dano\\_colateral\\_en\\_abejas\\_por\\_la\\_exposicion\\_a\\_pesticidas\\_de\\_uso\\_agricola](https://www.researchgate.net/publication/328052564_Dano_colateral_en_abejas_por_la_exposicion_a_pesticidas_de_uso_agricola)
- Martin-Culma, N., y Arenas-Suárez, N. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232–240. <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>
- Martínez, S., Soto, E., Sandoval, S., y Otero, J. (2017). Distribución espacial y hábitos de nidificación de *Nannotrigona mellaria* (Apidae: Meliponini) en una localidad de Cali (Colombia). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 33(2), 161–168. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57562671001>
- Matricardi, L. (2014). *Efecto de la alimentación con yogurt sobre el conteo de quistes de *Malphigamoeba mellificae* y esporas *Nosema apis* en la abeja (*apis mellifera*)*.

- [Trabajo de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala].  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/1894/>
- Medina-Flores, C. A., Esquivel-Marín, N. H., López-Carlos, M., Medina-Cuellar, S. E., y Aguilera-Soto, J. I. (2018). Estimación de la pérdida de colonias de abejas melíferas en el altiplano y el norte de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 365–371. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1459>
- Mengoni, C. (2017). *Efecto de agroquímicos sobre el comportamiento de abejas jóvenes (Apis mellifera)* [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires]. [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n6394\\_MengoniGon alons.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6394_MengoniGon alons.pdf)
- Michener, C. (2007). *The bees of the World* (2da ed.). <https://www.amazon.com/Bees-World-Charles-D-Michener/dp/0801885736?asin=0801885736&revisionId=&format=4&depth=1>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAGAP]. (2021). *Geoportal del Agro Ecuatoriano*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2021). *Guía para la gestión adecuada de plaguicidas*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/Guia-para-la-gestion-adecuada-de-plaguicidas.pdf>
- Ministerio para la transición ecológica y el retodemográfico. (2020). *Estrategia Nacional para la Conservación de Polinizadores*. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/estrategiaconservacionpolinizadores\\_tcm30-512188.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/estrategiaconservacionpolinizadores_tcm30-512188.pdf)
- Mitton, G. (2019). *Resistencia a xenobióticos y procesos de detoxificación. Estudios moleculares en Varroa destructor y Apis mellifera* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Mar de Plata-CONICET.

- Morales, O. A. R. (2013). *Detección de Abeja Africana (Apis mellifera scutellata) en la Región Lagunera del Estado de Durango* [Trabajo de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3396/OBE-D%20ADONAI%20ROBLERO%20MORALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morlans, M. (2004). *Introducción a la Ecología de Poblaciones*. Editorial Científica Universitaria. <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-tucuman/ecologia/morlans-2004/4571803>
- Mota-Vargas, C., Encarnación-Luévano, A., Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D., Pena-Peniche, A., y Rojas-Soto, O. (2019). *Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico* (pp. 39–63). [https://repositorio.ikiam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/RD\\_IKIAM/340/CL-IKIAM-000006.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ikiam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/RD_IKIAM/340/CL-IKIAM-000006.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Moya, W., Jacome, G., y Yoo, C. (2017). Past, current, and future trends of red spiny lobster based on PCA with MaxEnt model in Galapagos Islands, Ecuador. *Ecology and Evolution*, 7(13), 4881–4890. <https://doi.org/10.1002/ece3.3054>
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D., y Pettis, J. S. (2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for HoneyBee Health. *PLOS ONE*, 5(3), e9754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J., y Vásquez-Montoya, E. (2012). Bioplaguicidas: Una Opción para el Control Biológico De Plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17–29. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>

- Navarro, G., Salazar, R., Alvarez, R., Peñalosa, M., Riquelme, C., Blas, J., Candia, D., y Janampa, F. (2013). *Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía Peruana*. 1(4).
- Orellana, E., y González, V. (2020). *Aspectos e Impactos Ambientales*. Better. <https://www.better.cl/wp-content/uploads/2020/05/NewsBetter-Aspectos-e-Impactos-Ambientales.pdf>
- Orr, M., Hughes, A., Chesters, D., Pickering, J., DongZhu, C., y Ascher, J. (2021, febrero 8). *Patrones globales e impulsores de la distribución de abejas*. 31(3), 451-458.e4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982220315967>
- Pantoja, A., Smith, A., García, A., Sáenz, A., y Rojas, F. (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe*. FAO. <http://www.fao.org/docrep/019/i3547s/i3547s.pdf>
- Phillips, S., Anderson, R. P., y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S., y Dudík, M. (2008). Modelización de distribuciones de especies con Maxent: Nuevas extensiones y una evaluación integral. *Ecography*, 31(2), 161–175. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Pina, J. I. (2012). *Clasificación Toxicológica y Etiquetado de Productos Fitosanitarios.: Vol. III (Primera)*. ILSI Argentina. <https://www.casafe.org/wp-content/uploads/2019/05/Clasificacion-toxicologica-etiquetado-fitosanitarios.pdf>
- Pino, M. (2014). *EFECTOS DEL ESTRÉS HÍDRICO Y DE ALTAS TEMPERATURAS EN EL CULTIVO DE PAPA*. 331.

- Plasencia, A. H., Escalona, G., y Esparza, L. G. (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta zoológica mexicana*, 30(3), 471–490. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372014000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- PNUD [Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo]. (2016). *Modelación de la distribución potencial actual y futura de las especies invasoras de mayor riesgo para México*. [https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/Modelacion\\_de\\_distrib\\_actual\\_y\\_futura\\_EEI.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/Modelacion_de_distrib_actual_y_futura_EEI.pdf)
- Quero, A. (2004). *Las abejas y la apicultura*. Universida de Oviedo. [https://www.mioldemalaga.com/data/Las\\_abejas\\_y\\_la\\_apicultura.pdf](https://www.mioldemalaga.com/data/Las_abejas_y_la_apicultura.pdf)
- Ramírez, R., y Montenegro, G. (2004). 6-Certificación del origen. *CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA*, 31. [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/02/878873/certificacion-del-origen-botanico-de-miel-y-polen-corbicular-pe\\_LyDWi1O.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/02/878873/certificacion-del-origen-botanico-de-miel-y-polen-corbicular-pe_LyDWi1O.pdf)
- Ramirez-Romero, R., Chaufaux, J., y Pham-Delègue, M.-H. (2005). Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. *Apidologie*, 36(4), 601–611. <https://doi.org/10.1051/apido:2005039>
- Revelo, D. A., Mejía, J., Montoya Bonilla, B., y Hoyos, J. (2020). Analysis of the Vegetation Indices NDVI, GNDVI, and NDRE for the Characterization of Coffee Crops (*Coffea arabica*). *Ingeniería y Desarrollo*, 38(2), 298–312. <https://doi.org/10.14482/inde.38.2.628>

- Reyes-Carrillo, J. L., Galarza-Mendoza, J. L., Muñoz-Soto, R., y Moreno-Reséndez, A. (2014). Diagnóstico territorial y espacial de la apicultura en los sistemas agroecológicos de la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 215–228. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000200004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000200004)
- Reyes-Matamoras, J., Martínez-Moreno, D., Rueda-Luna, R., y Rodríguez-Ramírez, T. (2014). *Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en condiciones de invernadero*. 1(2), 13.
- Romo, H., Sanabaria, P., y García-Barros. (2013). Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución sobre las especies de Lepidoptera. El caso del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae). *Revista de Lepidopterología*, 41(162), 267–286. <https://www.redalyc.org/pdf/455/45529157007.pdf>
- Rosas, P. (2016). *Modelamiento del nicho ecológico de Anopheles spp. En el Ecuador mediante herramientas geo-informáticas* [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <https://1library.co/document/y4j0kv0y-departamento-ciencias-tierra-construccion.html>
- Ruppert, E., y Barnes, R. (2000). *Zoología de los Invertebrados* (Sexta).
- Rye, C., Wise, R., Jurukovski, V., DeSaix, J., Choi, J., y Avissar, Y. (2016). Demografía de la población. En OpenStax (Ed.), *Biología*. <https://openstax.org/books/biology/pages/45-1-population-demography>
- Sánchez, L., y Gutiérrez, J. (2009). Impacto ambiental. *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. [http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion\\_1/Temas%20sobre%](http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20)

20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14.\_I  
mpacto\_ambiental\_lectura\_2009\_.pdf

Schneider, C., Tautz, J., Grünewald, B., y Fuchs, S. (2012). RFID Tracking of Sublethal Effects of Two Neonicotinoid Insecticides on the Foraging Behavior of *Apis mellifera*. *PloS one*, 7(1), e30023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030023>

Secretaría del Convenio de Rotterdam. (2004). *Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional*. [https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/rotterdam\\_sp.pdf](https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/rotterdam_sp.pdf)

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*.

Silva, L. M., y Restrepo, S. (2012). *Flora apícola: Determinación de la oferta floral apícola como mecanismo para optimizar producción, diferenciar productos de la colmena y mejorar la competitividad*. (Instituto Humboldt). <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32562/469.pdf?sequence=1>

Silva-Neto, C. D. M. e, Ribeiro, A. C. C., Gomes, F. L., Neves, J. G., Melo, A. P. C. de, Calil, F. N., Nascimento, A. D. R., y Franceschinelli, E. V. (2018). Interaction between biological and chemistry fungicides and tomato pollinators. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 425–435. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7690>

- Tirado, R., Simon, G., Jonhston, P., Unidad Científica de Greenpeace, y Universidad de Exeter. (2013). Peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa. *Greenpeace Internacional*. [https://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el\\_declive\\_de\\_las\\_abejas.pdf](https://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el_declive_de_las_abejas.pdf)
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2010). *UNEP emerging issues: Global honey bee colony disorder and other threats to insect pollinators*. UNEP - United Nations Environment Programme. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8544/-UNEP%20emerging%20issues\\_%20global%20honey%20bee%20colony%20disorder%20and%20other%20threats%20to%20insect%20pollinators-2010Global\\_Bee\\_Colony\\_Disorder\\_and\\_Threats\\_insect\\_pollinators.pdf?sequence=3&%3BisAllowed=](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8544/-UNEP%20emerging%20issues_%20global%20honey%20bee%20colony%20disorder%20and%20other%20threats%20to%20insect%20pollinators-2010Global_Bee_Colony_Disorder_and_Threats_insect_pollinators.pdf?sequence=3&%3BisAllowed=)
- Van Breukelen-Groeneveld, C., y Maus, C. (2017). *Seguridad de los Insecticidas Neonicotinoides para las abejas* (Núm. 3). [https://www.cropscience.bayer.com/sites/cropscience/files/inline-files/BEEINFORMed\\_3\\_Bee\\_Safety\\_of\\_Neonicotinoids\\_\\_Spanishj4qsl75i\\_0.pdf](https://www.cropscience.bayer.com/sites/cropscience/files/inline-files/BEEINFORMed_3_Bee_Safety_of_Neonicotinoids__Spanishj4qsl75i_0.pdf)
- Vandame, R., y Belzunces, L. P. (1998). Joint actions of deltamethrin and azole fungicides on honey bee thermoregulation. *Neuroscience Letters*, 251(1), 57–60. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(98\)00494-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(98)00494-7)
- Vaquero, J., y Vargas, P. (2021). *Guía Técnica de Nutrición Apícola*. <https://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/nutricion%20apicola.pdf>
- Vargas, O., Reyes, S., Gómez, P., y Díaz, J. (2010). *Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-tecnica-restauracion-ecologica-ecosistemas>

- Velásquez-Tibata, J., Salaman, P., y Graham, C. (2012). Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. *Regional Environmental Change*, 13. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0329-y>
- Villamizar, Á. (2014). *El cultivo de la arveja (Pisum sativum)*.
- Yáñez-Ordóñez, O., Trujano, A., y Llorente, J. (2008). Patrones de distribución de las especies de la tribu meliponini (hymenoptera: Apoidea: apidae) en México. *Interciencia*, 33(1), 41–45. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442008000100009](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000100009)
- Zumbado, M., y Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola* (Primera). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>

## **Anexos**

### **Anexo 1.** Encuesta para los agricultores y apicultores del cantón Cotacachi

Instrucciones: esta encuesta es dirigida a agricultores y apicultores localizados en la zona del Cantón Cotacachi.

Lea detenidamente cada pregunta y conteste con toda sinceridad.

#### **I. Información del productor**

**1. Nombre:** \_\_\_\_\_

**2. Edad**

- 25-35
- 36-49
- 50 en adelante

**3. Género**

- Masculino
- Femenino

**4. Nivel académico**

- Primaria
- Secundaria
- Tercer nivel

**5. La propiedad donde usted realiza su actividad es:**

- Propia
- Alquilada
- Prestada
- Otro: \_\_\_\_\_

**II. Información Agrícola**

**6. ¿Qué cultivos son los más comunes en el sector?**

---

---

---

---

---

**7. ¿Qué plagas son las afectan en mayor cantidad a los cultivos?**

---

---

---

---

---

**8. ¿Qué estrategias utiliza para el control de plagas?**

---

---

---

---

---

**9. ¿Qué tipo de control realiza para la reducción de malezas?**

---

---

---

---

---

**10. Nombre los plaguicidas que usted utiliza para el control de estas plagas**

---

---

---

---

---

**11. ¿Con qué frecuencia aplica estos plaguicidas en sus cultivos?**

---

---

---

---

---

**12. Nombre los Herbicidas que usted utiliza para el control de estas plagas**

---

---

---

---

**13. ¿Con qué frecuencia aplica estos herbicidas en sus cultivos?**

---

---

**14. ¿Cuál es el modo de dispersión que usted aplica?**

- Bomba de motor
- Bomba manual: cuántos litros \_\_\_\_\_

**III. Información apícola**

**15. ¿Cuál es el número de colmenas que usted posee?**

---

**16. ¿Cuál es el número de apiarios que usted posee?**

---

**17. Su actividad apícola la puede categorizar como:**

- Actividad de Pasatiempo
- Actividad suplementaria
- Actividad comercial

**18. Sus conocimientos sobre apicultura fueron adquiridos**

- Autodidacta
- Aprendió de otro apicultor
- Educación técnico-formal

**19. Dedicación a la apicultura (tiempo)**

- Menor al 30%
- Entre 30% - 60%
- Mayor al 60%

**20. ¿Realiza la reubicación de apiarios?**

- Si
- No

**¿Por qué?**

---

---

**21. Usted brinda algún tipo de suplemento a las abejas**

- Si
- No

**22. Si su respuesta fue sí. Cuéntenos ¿Qué tipo de suplemento les brinda?**

---

---

**23. ¿Qué tipo de acaricida utiliza en sus abejas?**

---

---

**IV. Buenas prácticas agrícolas y apícolas**

**24. Usted conoce qué son las buenas prácticas agrícolas**

- Si
- No

**25. Para usted ¿qué son las buenas prácticas agrícolas?**

---

---

---

**26. ¿Usted utiliza algún tipo de acaricida orgánico para sus abejas?**

**Si**

**No**

**27. Si su respuesta es sí, ¿Qué insumos utiliza para elaborarlo?**

---

---

---

**28. ¿Ha recibido capacitaciones de buenas prácticas apícolas y agrícolas?**

**Si**

**No**

**29. Usted estaría dispuesto a recibir capacitaciones de buenas prácticas apícolas y agrícolas**

**Si**

**No**

**Anexo 2.** Matriz de Impactos Ambientales en el Cultivo de Maíz.

Procesos		Preparación del terreno			Control de plagas y malezas			Producción	
Componentes Ambientales		Arado y rastreado	Siembra	Fumigación	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha
	Suelo	x	x	x	x	x	x		
	Agua			x					
Físico	Ruido	x		x					x
	Paisaje	x	x		x	x			
Recursos	Agua			x	x			x	
	Energía								
Biológico	Flora	x		x		x			x
	Fauna	x		x				x	x
Socioeconómico	Empleo	x	x	x	x	x	x	x	x

**Anexo 3.** Matriz Codificada de los Impactos del Cultivo de Maíz.

Procesos			Preparación del terreno				Control de plagas y malezas			Producción
			Arado y rastreado	Siembra	Fumigación	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha
Código			1	2	3	4	5	6	7	8
Componentes Ambientales	Suelo	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6		
	Agua	B			B3					
	Ruido	C	C1		C3					C8
	Paisaje	D	D1	D2			D5			
	Agua	E			E3	E4			E7	
Recursos	Energía	F								
Biológico	Flora	G	G1		G3		G5			G8
	Fauna	H	H1		H3				H7	H8
Socioeconómico	Empleo	I	I1	I2	I3	I5	I5	I6	I7	I8

**Anexo 4. Valoración de Impactos Ambientales en el Cultivo de Maíz.**

<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>															
<b>Arado y rastreado</b>															
		N	IN	EX	MO	PE	PR	AC	EF	RV	MC	SI	Calificación	Importancia	
A1	Suelo	-1	4	2	4	2	4	4	4	2	2	2	-40	Moderado	
C1	Ruido	-1	1	2	4	1	4	1	4	1	1	1	-24	Compatible	
D1	Paisaje	-1	1	2	4	2	4	1	1	2	2	1	-24	Compatible	
G1	Flora	-1	4	1	4	1	4	1	4	2	2	2	-34	Moderado	
H1	Fauna	-1	2	1	4	2	4	1	4	2	2	2	-29	Moderado	
I1	Empleo	1	2	1	4	1	4	1	4	1	1	1	25	Positivo	
<b>Siembra</b>															
A2	Suelo	-1	2	1	2	2	4	1	4	2	2	2	-27	Moderado	
D2	Paisaje	-1	1	1	1	2	4	1	1	2	2	2	-20	Compatible	
I2	Empleo	1	2	1	4	1	4	1	4	1	1	1	25	Positivo	
<b>Fumigación</b>															
A3	Suelo	-1	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	-30	Moderado	
B3	Agua	-1	2	2	4	2	2	1	4	2	2	2	-29	Moderado	
C3	Ruido	-1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	2	-19	Compatible	
E3	R. Agua	-1	8	4	4	2	4	4	4	2	4	2	-58	Severo	

G3	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	-23	Compatible
H3	Fauna	-1	8	4	4	2	4	4	1	2	4	2	-55	Severo
I3	Empleo	1	2	1	4	1	2	1	4	1	1	1	23	Positivo
<b>Riego</b>														
A4	Suelo	-1	4	4	4	2	4	1	4	2	2	2	-41	Moderado
E4	R. Agua	-1	8	4	4	2	4	4	4	2	2	1	-55	Severo
G4	Empleo	1	2	1	4	1	2	1	4	1	1	1	23	Positivo

#### CONTROL DE PLAGAS Y MALEZAS

<b>Deshierba</b>														
A5	Suelo	-1	2	2	4	2	2	1	4	2	2	2	-29	Moderado
D5	Paisaje	-1	2	2	4	2	2	1	1	2	2	2	-26	Moderado
G5	Flora	-1	8	4	4	2	4	4	4	4	4	2	-60	Severo
I5	Empleo	1	2	1	4	1	2	1	4	1	1	1	23	Positivo
<b>Abonado</b>														
A6	Suelo	-1	2	2	4	2	1	1	4	2	2	2	-28	Moderado
G6	Empleo	1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>Manejo de Plagas</b>														
E7	R. Agua	-1	8	4	4	2	4	1	4	2	2	1	-52	Severo

F7	Fauna	-1	12	6	4	2	4	4	4	4	2	4	-76	Critico
G7	Empleo	1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>PRODUCCIÓN</b>														
<b>Cosecha</b>														
C8	Ruido	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16	Compatible
E8	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	-23	Compatible
F8	Fauna	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	-23	Compatible
G8	Empleo	1	2	1	4	2	2	1	4	1	1	1	24	Positivo

**Anexo 5.** Matriz de Impactos en el cultivo de fréjol.

Procesos		Preparación del terreno					Control de plagas y malezas			Producción
Componentes Ambientales		Arado y rastreado	Surcado	Siembra	Fumigación	Riego	Deshierba	Enramada	Manejo de plagas	Cosecha
	Suelo	x		x	x	x	x			
	Agua				x					
	Ruido	x	x		x					x
<b>Físico</b>	Paisaje	x		x		x	x			
	Agua				x	x			x	
<b>Recursos</b>	Energía									
	Flora	x			x		x			
<b>Biológico</b>	Fauna	x			x				x	
	Empleo	x	x	x	x	x	x	x	x	x

## Anexo 6. Matriz codificada de impactos ambientales en el cultivo de fréjol

Procesos	Preparación del terreno				Control de plagas y malezas				Producción		
		Arado y rastreado	Surcado	Siembra	Fumigación	Riego	Deshierba	Enramada	Manejo de plagas	Cosecha	
Componentes Ambientales	Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Físico</b>	Suelo	A	A1		A3	A4	A5	A6			
	Agua	B				B4					
	Ruido	C	C1	C2		C4				C9	
	Paisaje	D	D1		D3						
<b>Recursos</b>	Agua	E				E4	E5		E8		
	Energía	F									
<b>Biológico</b>	Flora	G	G1			G4		G6			
	Fauna	H	H1			H4			H8		
<b>Socioeconómico</b>	Empleo	I	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9

Anexo 7. Valoración de impactos en el cultivo de fréjol

<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>														
<b>Arado y rastreado</b>		<b>N</b>	<b>IN</b>	<b>EX</b>	<b>MO</b>	<b>PE</b>	<b>PR</b>	<b>AC</b>	<b>EF</b>	<b>RV</b>	<b>MC</b>	<b>SI</b>	<b>Calificación</b>	<b>Importancia</b>
A1	Suelo	-1	4	2	4	2	4	4	4	2	2	2	-40	Moderado
C1	Ruido	-1	1	2	4	1	4	1	4	1	1	1	-24	Compatible
D1	Paisaje	-1	1	2	4	2	4	1	1	2	2	1	-24	Compatible
G1	Flora	-1	4	1	4	1	4	1	4	2	2	2	-34	Moderado
H1	Fauna	-1	2	1	4	2	4	1	4	2	2	2	-29	Moderado
I1	Empleo	1	2	1	4	1	4	1	4	1	1	1	25	Positivo
<b>Surcado</b>														
C2	Ruido	-1	4	2	4	2	2	1	4	1	1	1	-32	Moderado
I2	Empleo	1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	19	Positivo
<b>Siembra</b>														
A2	Suelo	-1	2	1	2	2	4	1	4	2	2	2	-27	Moderado
D2	Paisaje	-1	1	1	1	2	4	1	1	2	2	2	-20	Compatible
I2	Empleo	1	2	1	4	1	4	1	4	1	1	1	25	Positivo
<b>Fumigación</b>														
A3	Suelo	-1	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	-30	Moderado
B3	Agua	-1	2	2	4	2	2	1	4	2	2	2	-29	Moderado
C3	Ruido	-1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	2	-19	Compatible

E3	R. Agua	-1	8	4	4	2	4	4	4	2	4	2	-58	Severo
G3	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	-23	Compatible
H3	Fauna	-1	8	4	4	2	4	4	1	2	4	2	-55	Severo
I3	Empleo	1	2	1	4	1	2	1	4	1	1	1	23	Positivo
<b>Riego</b>														
A4	Suelo	-1	4	4	4	2	4	1	4	2	2	2	-41	Moderado
E4	R. Agua	-1	8	4	4	2	4	4	4	2	2	1	-55	Severo
G4	Empleo	1	2	1	4	1	2	1	4	1	1	1	23	Positivo

#### CONTROL DE PLAGAS Y MALEZAS

##### Deshierba

A5	Suelo	-1	2	2	4	2	2	1	4	2	2	2	-29	Moderado
D5	Paisaje	-1	2	2	4	2	2	1	1	2	2	2	-26	Moderado
G5	Flora	-1	8	4	4	2	4	4	4	4	4	2	-60	Severo
I5	Empleo	1	2	1	4	1	2	1	4	1	1	1	23	Positivo

##### Enramada

A6	Suelo	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16	Compatible
G6	Empleo	1	2	1	4	2	1	1	4	1	1	1	23	Positivo

##### Manejo de Plagas

E7	R. Agua	-1	8	4	4	2	4	1	4	2	2	1	-52	Severo
F7	Fauna	-1	12	6	4	2	4	4	4	4	2	4	-76	Critico

G7	Empleo	1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>PRODUCCIÓN</b>														
<b>Cosecha</b>														
C8	Ruido	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16	Compatible
E8	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	-23	Compatible
F8	Fauna	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	-23	Compatible
G8	Empleo	1	2	1	4	2	2	1	4	1	1	1	24	Positivo

**Anexo 8.** Matriz de Impactos en el cultivo de Arveja.

Procesos		Preparación del terreno				Control de plagas y malezas		Producción	
		Arado y rastrado	Siembra	Fumigación	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha
<b>Físico</b>	Suelo	x	x	x	x	x	x	x	
	Agua			x	x	x		x	
	Ruido	x		x					x
	Paisaje	x	x			x	x		
<b>Recurso</b>	Agua			x	x			x	
	Energía	x		x				x	x
<b>Biológico</b>	Flora	x		x		x			x
	Fauna	x		x				x	x
<b>Socioeconómico</b>	Empleo	x	x	x	x	x	x	x	x

## Anexo 9. Matriz codificada de impactos ambientales en el cultivo de arveja

Procesos		Preparación del terreno			Control de plagas y malezas			Producción		
Componentes Ambientales		Arado y rastrado	Siembra	Fumigación	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha	
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Físico</b>	Suelo	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
	Agua	B			B3	B4	B5		B7	
	Ruido	C	C1		C3				C8	
	Paisaje	D	D1	D2			D5	D6		
<b>Recurso</b>	Agua	E			E3	E4			E7	
	Energía	F	F1		F3				F7	F8
<b>Biológico</b>	Flora	G	G1		G3		G5			G8
	Fauna	H	H1		H3				H7	H8
<b>Socioeconómico</b>	Empleo	I	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8

## Anexo 10. Valoración de impactos en el cultivo de arveja

<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>														
<b>Arado y rastrado</b>		<b>N</b>	<b>IN</b>	<b>EX</b>	<b>MO</b>	<b>PE</b>	<b>PR</b>	<b>AC</b>	<b>EF</b>	<b>RV</b>	<b>MC</b>	<b>SI</b>	<b>Calificación</b>	<b>Importancia</b>
A1	Suelo	-1	4	1	2	2	1	1	4	2	2	1	-29	Moderado
C1	Ruido	-1	1	1	3	1	1	1	4	1	1	1	-18	Bajo
D1	Paisaje	-1	4	1	4	2	1	1	1	2	2	1	-28	Moderado
F1	Energía	-1	2	1	3	2	1	1	4	1	1	1	-22	Bajo
G1	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	1	-22	Bajo
H1	Fauna	-1	4	2	4	2	1	1	1	2	2	1	-30	Moderado
I1	Empleo	1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	27	Positivo
<b>Siembra</b>														
A2	Suelo	-1	1	1	2	2	2	1	4	2	2	1	-21	Bajo
D2	Paisaje	-1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	-20	Bajo
I2	Empleo	1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	27	Positivo
<b>Fumigación</b>														
A3	Suelo	-1	4	1	4	2	2	4	4	2	2	2	-36	Moderado
B3	Agua	-1	8	4	4	2	2	4	4	2	2	1	-53	Severo
C3	Ruido	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16	Bajo
E3	Recurso Agua	-1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	1	-33	Moderado
F3	Energía	-1	4	1	4	1	2	1	1	1	2	1	-27	Moderado

G3	Flora	-1	2	1	4	2	2	1	4	2	2	2	-27	Moderado
H3	Fauna	-1	2	2	4	2	2	1	1	2	2	2	-26	Moderado
I3	Empleo	1	4	1	3	1	2	1	4	1	1	1	28	Positivo
<b>Riego</b>														
A4	Suelo	-1	1	1	4	2	2	4	4	1	2	2	-26	Moderado
B4	Agua	-1	2	2	4	1	2	4	4	2	1	2	-30	Moderado
E4	Recurso Agua	-1	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	-51	Severo
I4	Empleo	1	2	1	3	1	2	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>CONTROL DE PLAGAS Y MALEZAS</b>														
<b>Deshierba</b>														
A5	Suelo	-1	1	1	3	2	2	5	4	2	2	2	-27	Moderado
B5	Agua	-1	8	2	3	2	2	1	4	4	2	2	-48	Moderado
D5	Paisaje	-1	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	-23	Bajo
G5	Flora	-1	2	1	3	2	2	1	4	4	2	2	-28	Moderado
I5	Empleo	1	2	1	3	2	2	1	4	1	1	1	23	Positivo
<b>Abonado</b>														
A6	Suelo	-1	1	1	4	2	1	4	4	1	2	2	-25	Bajo
D6	Paisaje	-1	2	1	3	2	2	4	4	2	2	1	-28	Moderado
I6	Empleo	1	3	1	4	2	1	1	4	1	1	1	26	Positivo
<b>Manejo de Plagas</b>														
A7	Suelo	-1	4	1	2	2	2	4	4	2	4	2	-36	Moderado

B7	Agua	-1	8	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-52	Severo
E7	Recurso Agua	-1	4	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-40	Moderado
F7	Energía	-1	2	1	3	1	2	1	1	1	2	2	-21	Bajo
H7	Fauna	-1	8	4	4	4	4	4	4	4	8	2	-66	Severo
I7	Empleo	1	2	1	3	2	1	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>PRODUCCIÓN</b>														
<b>Cosecha</b>														
C8	Ruido	-1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	-15	Bajo
F8	Energía	-1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	-20	Bajo
G8	Flora	-1	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	-22	Bajo
H8	Fauna	-1	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	-22	Bajo
I8	Empleo	1	4	1	3	2	2	1	4	1	1	1	29	Positivo

**Anexo 11.** Matriz de Impactos en el cultivo de chocho.

Procesos		Preparación del terreno				Control de plagas y malezas		Producción	
Componentes Ambientales		Rastrado y Surcado	Siembra	Fertilización	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha
<b>Físico</b>	Suelo	x	x	x	x	x	x	x	
	Agua			x	x	x		x	
	Ruido	x		x					x
	Paisaje	x	x			x	x		
<b>Recurso</b>	Agua			x	x			x	
	Energía	x		x				x	x
<b>Biológico</b>	Flora	x		x		x			x
	Fauna	x		x				x	x
<b>Socioeconómico</b>	Empleo	x	x	x	x	x	x	x	x

**Anexo 12.** Matriz codificada de impactos ambientales en el cultivo de chocho

Procesos		Preparación del terreno			Control de plagas y malezas				Producción	
Componentes Ambientales	Código	Rastrado y Surcado	Siembra	Fertilización	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha	
		1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Físico</b>	Suelo	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
	Agua	B			B3	B4	B5		B7	
	Ruido	C	C1		C3				C8	
	Paisaje	D	D1	D2			D5	D6		
<b>Recurso</b>	Agua	E			E3	E4		E7		
	Energía	F	F1		F3			F7	F8	
<b>Biológico</b>	Flora	G	G1		G3		G5		G8	
	Fauna	H	H1		H3			H7	H8	
<b>Socioeconómico</b>	Empleo	I	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8

**Anexo 13.** Valoración de impactos en el cultivo de chocho

<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>														
<b>Arado y surcado</b>		<b>N</b>	<b>IN</b>	<b>EX</b>	<b>MO</b>	<b>PE</b>	<b>PR</b>	<b>AC</b>	<b>EF</b>	<b>RV</b>	<b>MC</b>	<b>SI</b>	<b>Calificación</b>	<b>Importancia</b>
A1	Suelo	-1	4	1	2	2	2	1	4	2	2	1	-30	Moderado
C1	Ruido	-1	1	1	3	1	1	1	4	1	1	1	-18	Bajo
D1	Paisaje	-1	4	1	4	2	1	1	1	2	2	1	-28	Moderado
F1	Energía	-1	2	1	3	2	1	1	4	1	1	1	-22	Bajo
G1	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	1	-22	Bajo
H1	Fauna	-1	4	2	4	2	1	1	1	2	2	1	-30	Moderado
I1	Empleo	1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	27	Positivo
<b>Siembra</b>														
A2	Suelo	-1	1	1	2	2	2	1	4	2	2	1	-21	Bajo
D2	Paisaje	-1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	-20	Bajo
I2	Empleo	1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	27	Positivo
<b>Fertilización</b>														
A3	Suelo	-1	4	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-40	Moderado
B3	Agua	-1	8	4	4	2	2	4	4	2	2	1	-53	Severo
C3	Ruido	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16	Bajo
E3	Recurso Agua	-1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	1	-33	Moderado
F3	Energía	-1	4	1	4	1	2	1	1	1	2	1	-27	Moderado

G3	Flora	-1	2	1	4	2	2	1	4	2	2	2	-27	Moderado
H3	Fauna	-1	2	2	4	2	2	1	1	2	2	2	-26	Moderado
I3	Empleo	1	4	1	3	1	2	1	4	1	1	1	28	Positivo
<b>Riego</b>														
A4	Suelo	-1	1	1	4	2	2	4	4	1	2	2	-26	Moderado
B4	Agua	-1	2	2	4	1	2	4	4	2	1	2	-30	Moderado
E4	Recurso Agua	-1	5	4	3	4	4	4	4	4	4	2	-52	Severo
I4	Empleo	1	2	1	3	1	2	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>CONTROL DE PLAGAS Y MALEZAS</b>														
<b>Deshierba</b>														
A5	Suelo	-1	1	1	3	2	2	5	4	2	2	2	-27	Moderado
B5	Agua	-1	8	2	3	2	2	1	4	4	2	2	-48	Moderado
D5	Paisaje	-1	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	-23	Bajo
G5	Flora	-1	2	1	3	2	2	1	4	4	2	2	-28	Moderado
I5	Empleo	1	2	1	3	2	2	1	4	1	1	1	23	Positivo
<b>Abonado</b>														
A6	Suelo	-1	1	1	4	2	1	4	4	1	2	2	-25	Bajo
D6	Paisaje	-1	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	-23	Bajo
I6	Empleo	1	3	1	4	2	1	1	4	1	1	1	26	Positivo
<b>Manejo de Plagas</b>														
A7	Suelo	-1	4	1	2	2	2	4	4	2	4	2	-36	Moderado

B7	Agua	-1	8	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-52	Severo
E7	Recurso Agua	-1	4	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-40	Moderado
F7	Energía	-1	2	1	3	1	2	1	1	1	2	2	-21	Bajo
H7	Fauna	-1	4	2	4	2	2	1	4	4	4	2	-39	Moderado
I7	Empleo	1	2	1	3	2	1	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>PRODUCCIÓN</b>														
<b>Cosecha</b>														
C8	Ruido	-1	4	2	3	1	1	1	4	1	1	1	-29	Moderado
F8	Energía	-1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	-20	Bajo
G8	Flora	-1	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	-22	Bajo
H8	Fauna	-1	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	-22	Bajo
I8	Empleo	1	4	1	3	2	2	1	4	1	1	1	29	Positivo

**Anexo 14.** Matriz de Impactos en el cultivo de papa.

Procesos		Preparación del terreno				Control de plagas y malezas		Producción	
Componentes Ambientales		Rastrado y Surcado	Siembra	Fertilización	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha
Físico	Suelo	x	x	x	x	x	x	x	
	Agua			x	x	x		x	
	Ruido	x		x					x
	Paisaje	x	x			x	x		
Recurso	Agua			x	x			x	
	Energía	x		x				x	x
Biológico	Flora	x		x		x		x	x
	Fauna	x		x				x	x
Socioeconómico	Empleo	x	x	x	x	x	x	x	x

### Anexo 15. Matriz codificada de impactos ambientales en el cultivo de papa

Procesos		Preparación del terreno				Control de plagas y malezas			Producción	
Componentes Ambientales	Código	Rastrado y Surcado	Siembra	Fertilización	Riego	Deshierba	Abonado	Manejo de plagas	Cosecha	
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Físico	Suelo	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
	Agua	B			B3	B4	B5		B7	
	Ruido	C	C1		C3				C8	
	Paisaje	D	D1	D2			D5	D6		
Recurso	Agua	E			E3	E4			E7	
	Energía	F	F1		F3				F7	F8
Biológico	Flora	G	G1		G3		G5		G7	G8
	Fauna	H	H1		H3				H7	H8
Socioeconómico	Empleo	I	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8

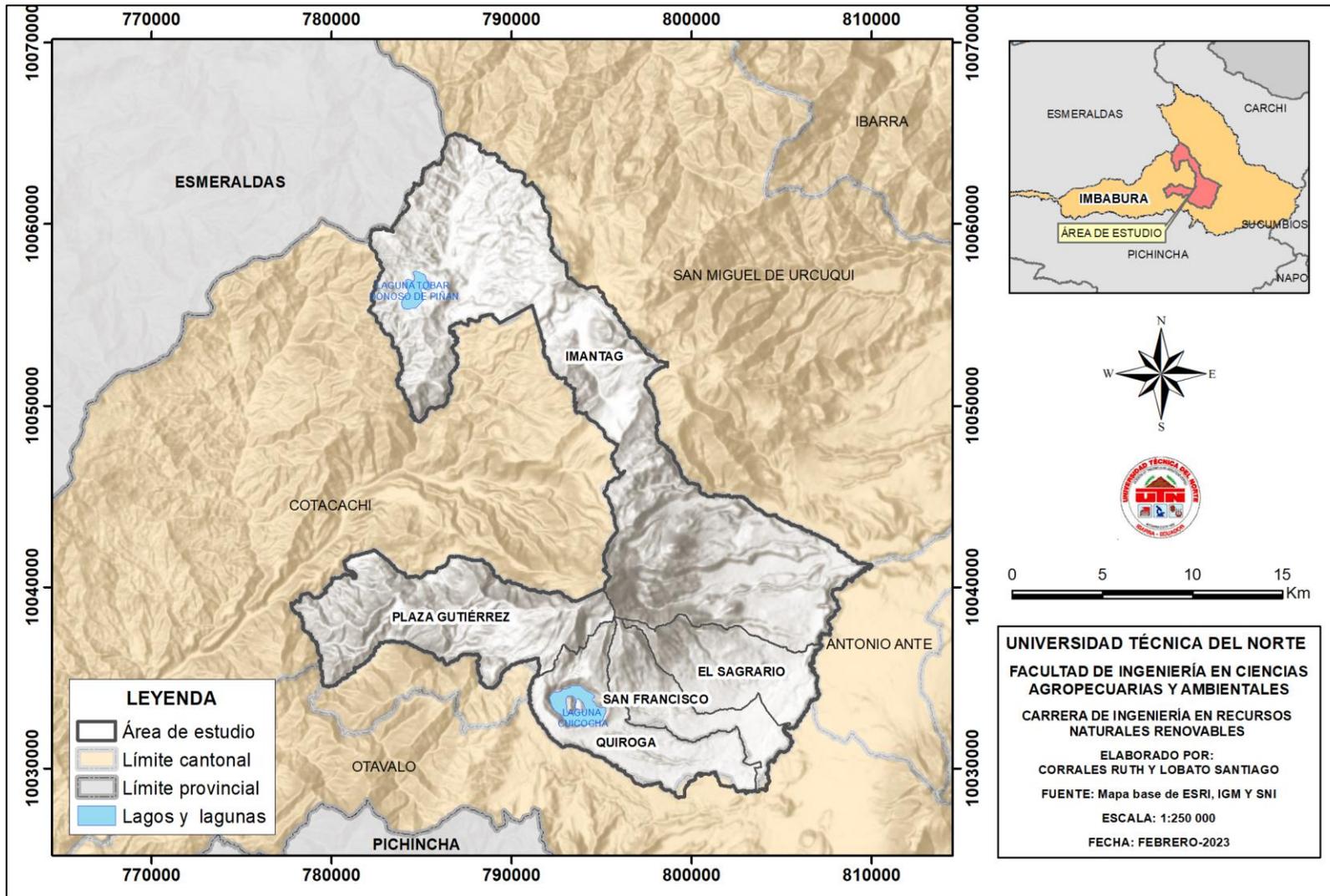
**Anexo 16.** Valoración de impactos en el cultivo de papa

<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>														
<b>Arado y surcado</b>		<b>N</b>	<b>IN</b>	<b>EX</b>	<b>MO</b>	<b>PE</b>	<b>PR</b>	<b>AC</b>	<b>EF</b>	<b>RV</b>	<b>MC</b>	<b>SI</b>	<b>Calificación</b>	<b>Importancia</b>
A1	Suelo	-1	4	1	2	2	2	1	4	2	2	1	-30	Moderado
C1	Ruido	-1	1	1	3	1	1	1	4	1	1	1	-18	Bajo
D1	Paisaje	-1	4	1	4	2	1	1	1	2	2	1	-28	Moderado
F1	Energía	-1	2	1	3	2	1	1	4	1	1	1	-22	Bajo
G1	Flora	-1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	1	-22	Bajo
H1	Fauna	-1	4	2	4	2	1	1	1	2	2	1	-30	Moderado
I1	Empleo	1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	27	Positivo
<b>Siembra</b>														
A2	Suelo	-1	1	1	2	2	2	1	4	2	2	1	-21	Bajo
D2	Paisaje	-1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	-20	Bajo
I2	Empleo	1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	27	Positivo
<b>Fertilización</b>														
A3	Suelo	-1	4	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-40	Moderado
B3	Agua	-1	8	4	4	2	2	4	4	2	2	1	-53	Severo
C3	Ruido	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16	Bajo
E3	Recurso Agua	-1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	1	-33	Moderado
F3	Energía	-1	4	1	4	1	2	1	1	1	2	1	-27	Moderado

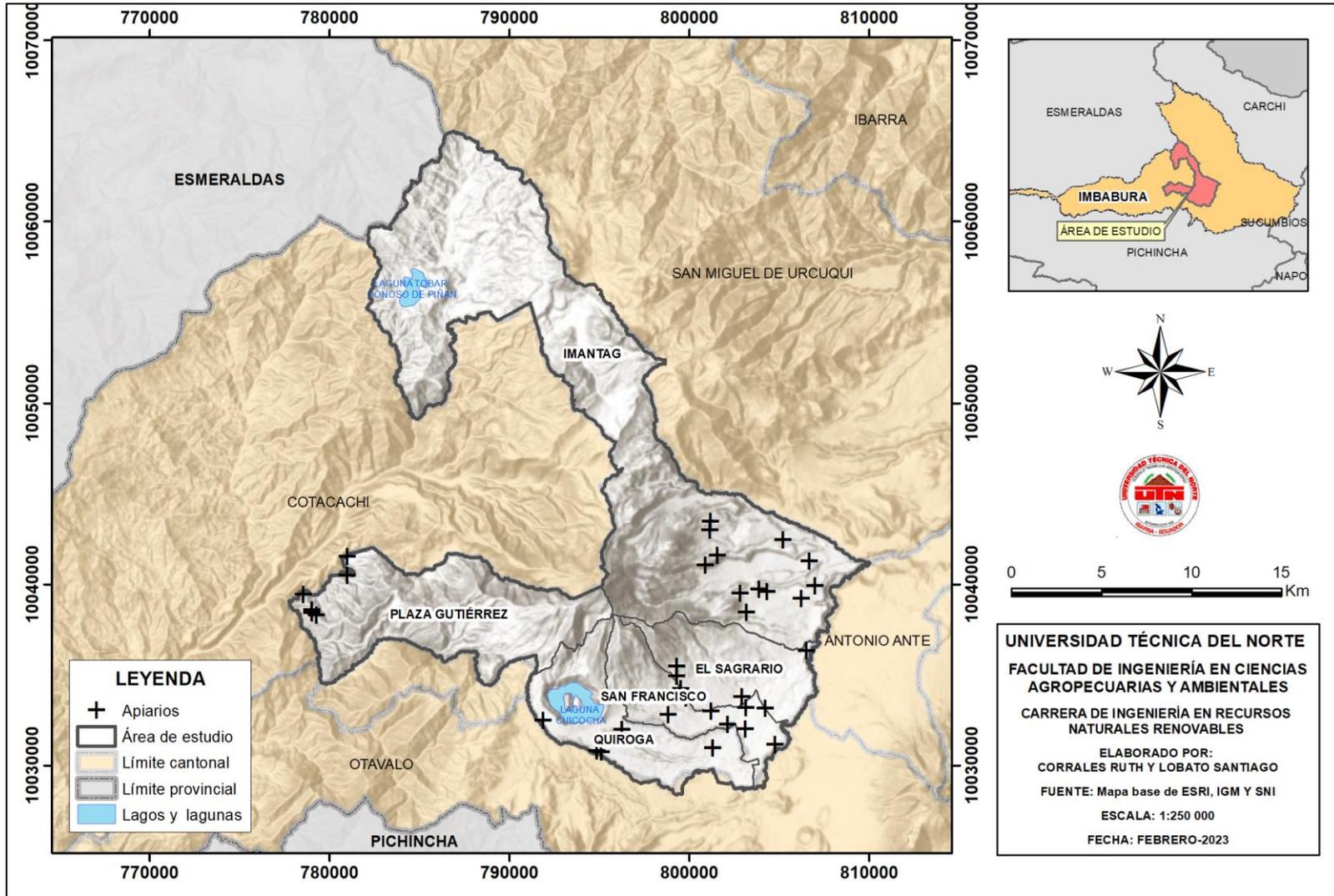
G3	Flora	-1	2	1	4	2	2	1	4	2	2	2	-27	Moderado
H3	Fauna	-1	2	2	4	2	2	1	1	2	2	2	-26	Moderado
I3	Empleo	1	4	1	3	1	2	1	4	1	1	1	28	Positivo
<b>Riego</b>														
A4	Suelo	-1	1	1	4	2	2	4	4	1	2	2	-26	Moderado
B4	Agua	-1	2	2	4	1	2	4	4	2	1	2	-30	Moderado
E4	Recurso Agua	-1	5	4	3	4	4	4	4	4	4	2	-52	Severo
I4	Empleo	1	2	1	3	1	2	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>CONTROL DE PLAGAS Y MALEZAS</b>														
<b>Deshierba</b>														
A5	Suelo	-1	1	1	3	2	2	5	4	2	2	2	-27	Moderado
B5	Agua	-1	8	2	3	2	2	1	4	4	2	2	-48	Moderado
D5	Paisaje	-1	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	-23	Bajo
G5	Flora	-1	2	1	3	2	2	1	4	4	2	2	-28	Moderado
I5	Empleo	1	2	1	3	2	2	1	4	1	1	1	23	Positivo
<b>Abonado</b>														
A6	Suelo	-1	1	1	4	2	1	4	4	1	2	2	-25	Bajo
D6	Paisaje	-1	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	-23	Bajo
I6	Empleo	1	3	1	4	2	1	1	4	1	1	1	26	Positivo
<b>Manejo de Plagas</b>														
A7	Suelo	-1	4	1	2	2	2	4	4	2	4	2	-36	Moderado

B7	Agua	-1	8	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-52	Severo
E7	Recurso Agua	-1	4	2	4	2	2	4	4	2	4	2	-40	Moderado
F7	Energía	-1	2	1	3	1	2	1	1	1	2	2	-21	Bajo
H7	Fauna	-1	12	6	4	2	4	4	4	4	4	2	-76	Crítico
I7	Empleo	1	2	1	3	2	1	1	4	1	1	1	22	Positivo
<b>PRODUCCIÓN</b>														
<b>Cosecha</b>														
C8	Ruido	-1	4	1	3	1	1	1	4	1	1	1	-27	Moderado
F8	Energía	-1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	-20	Bajo
G8	Flora	-1	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	-22	Bajo
H8	Fauna	-1	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	-22	Bajo
I8	Empleo	1	4	1	3	2	2	1	4	1	1	1	29	Positivo

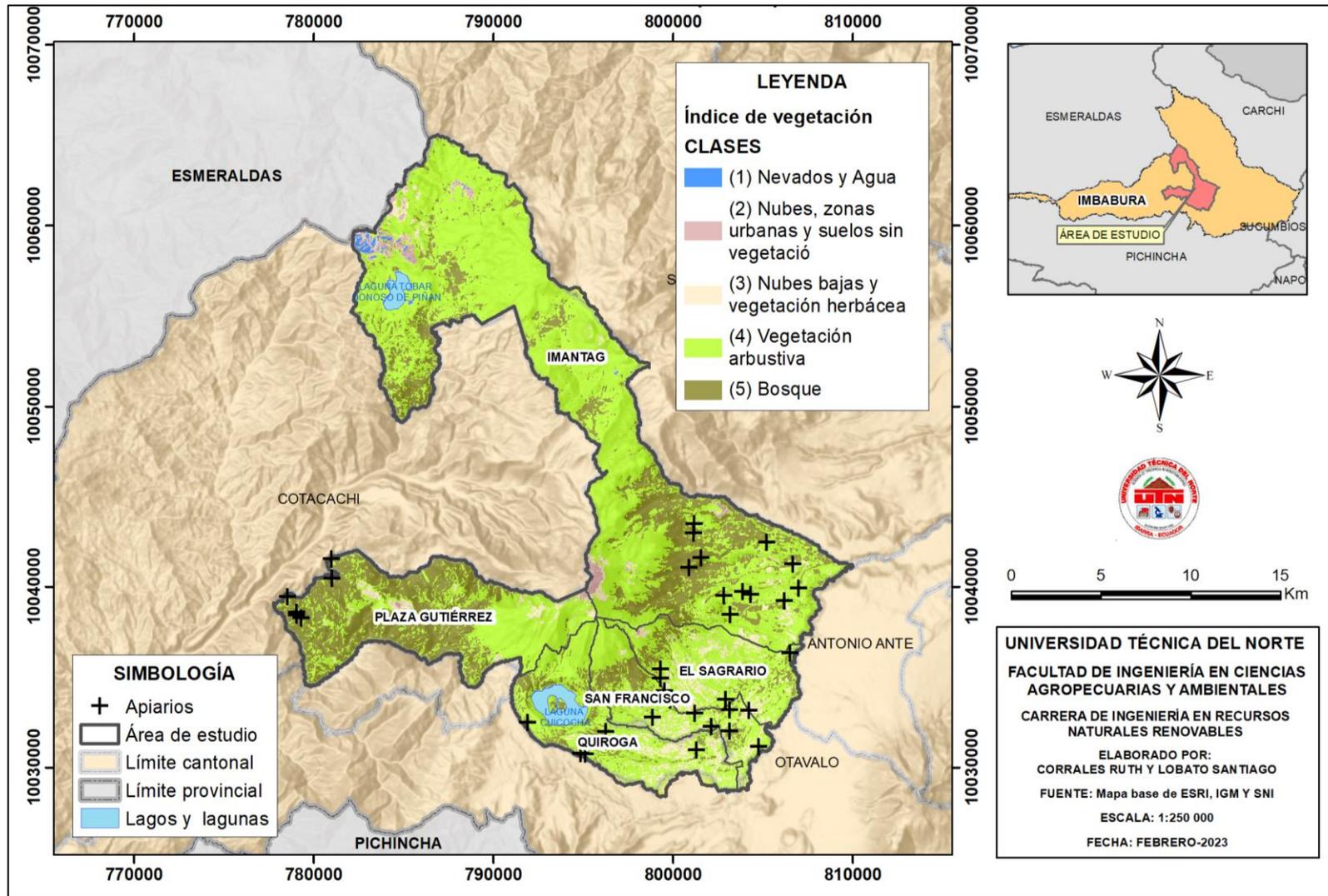
### Anexo 17. Ubicación del área de estudio



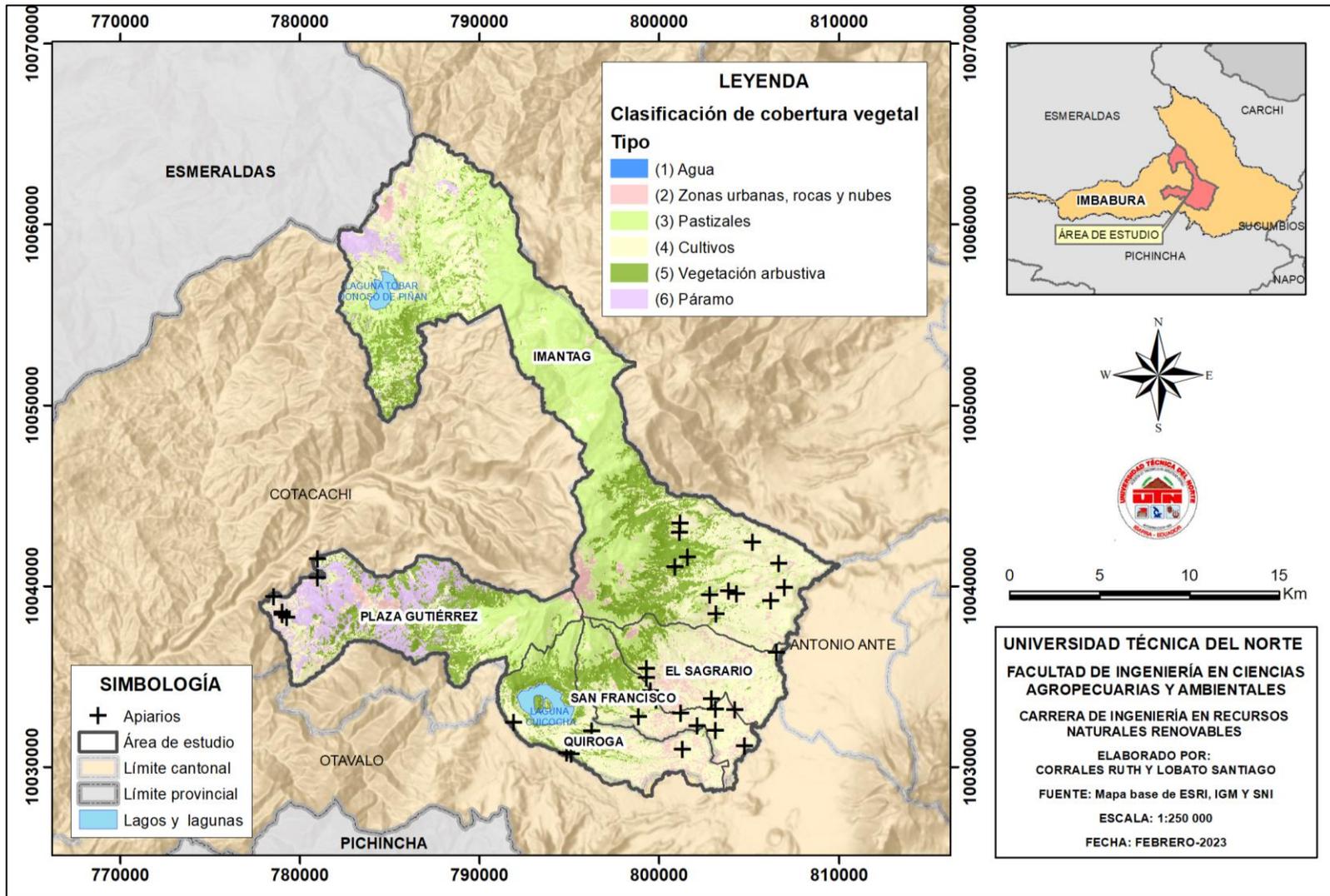
### Anexo 18. Ubicación de apiarios



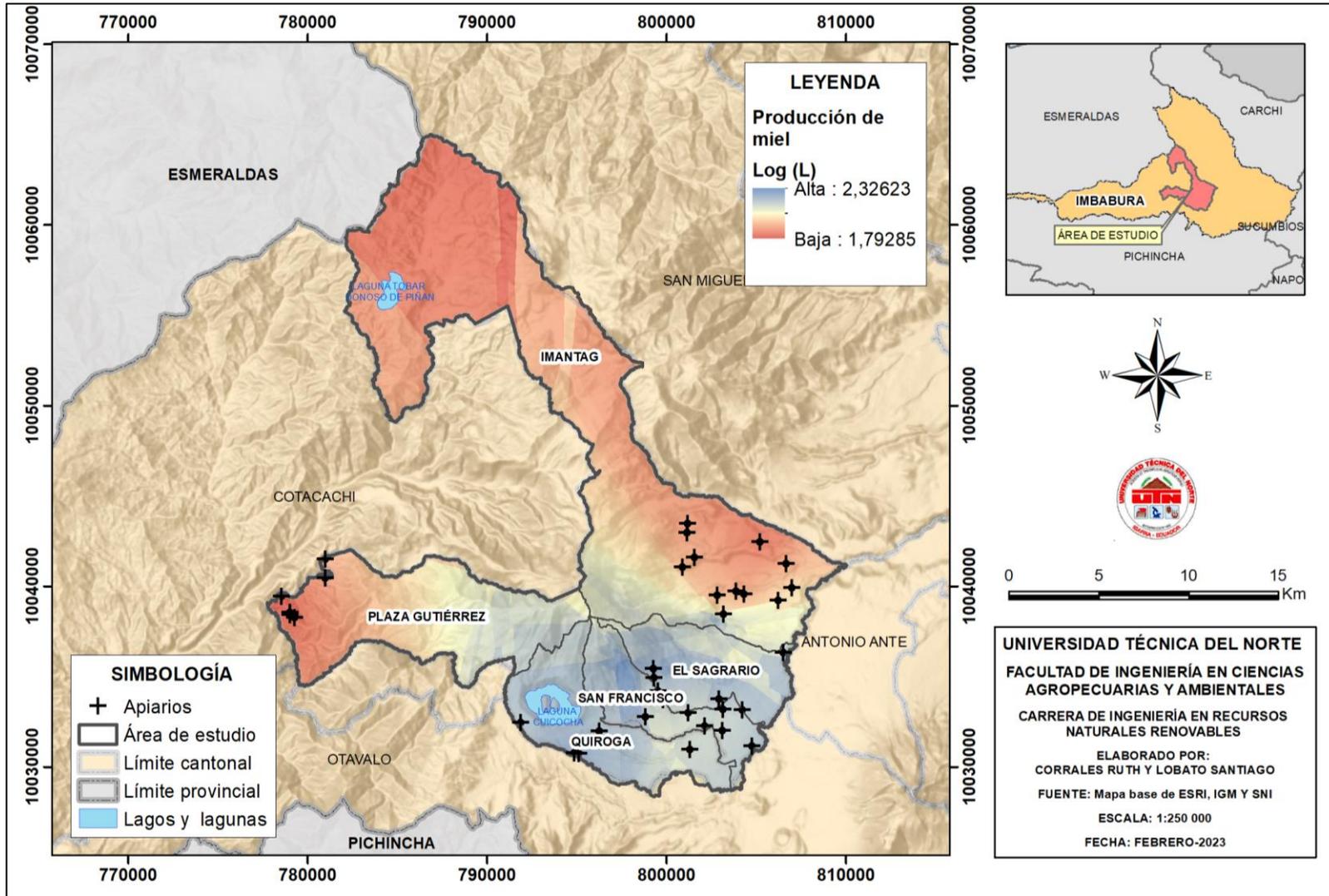
### Anexo 19. Variable de NDVI



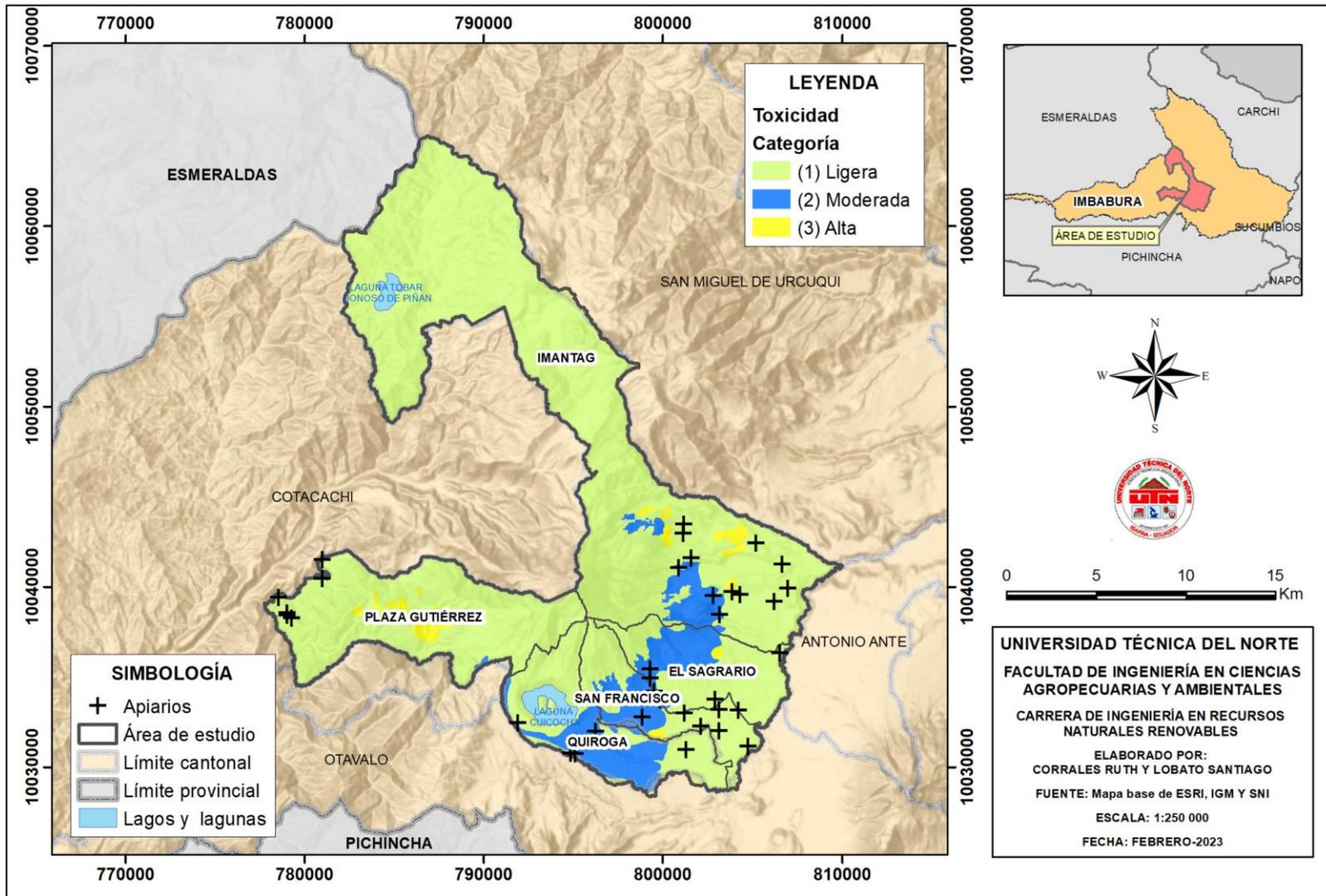
## Anexo 20. Cobertura vegetal



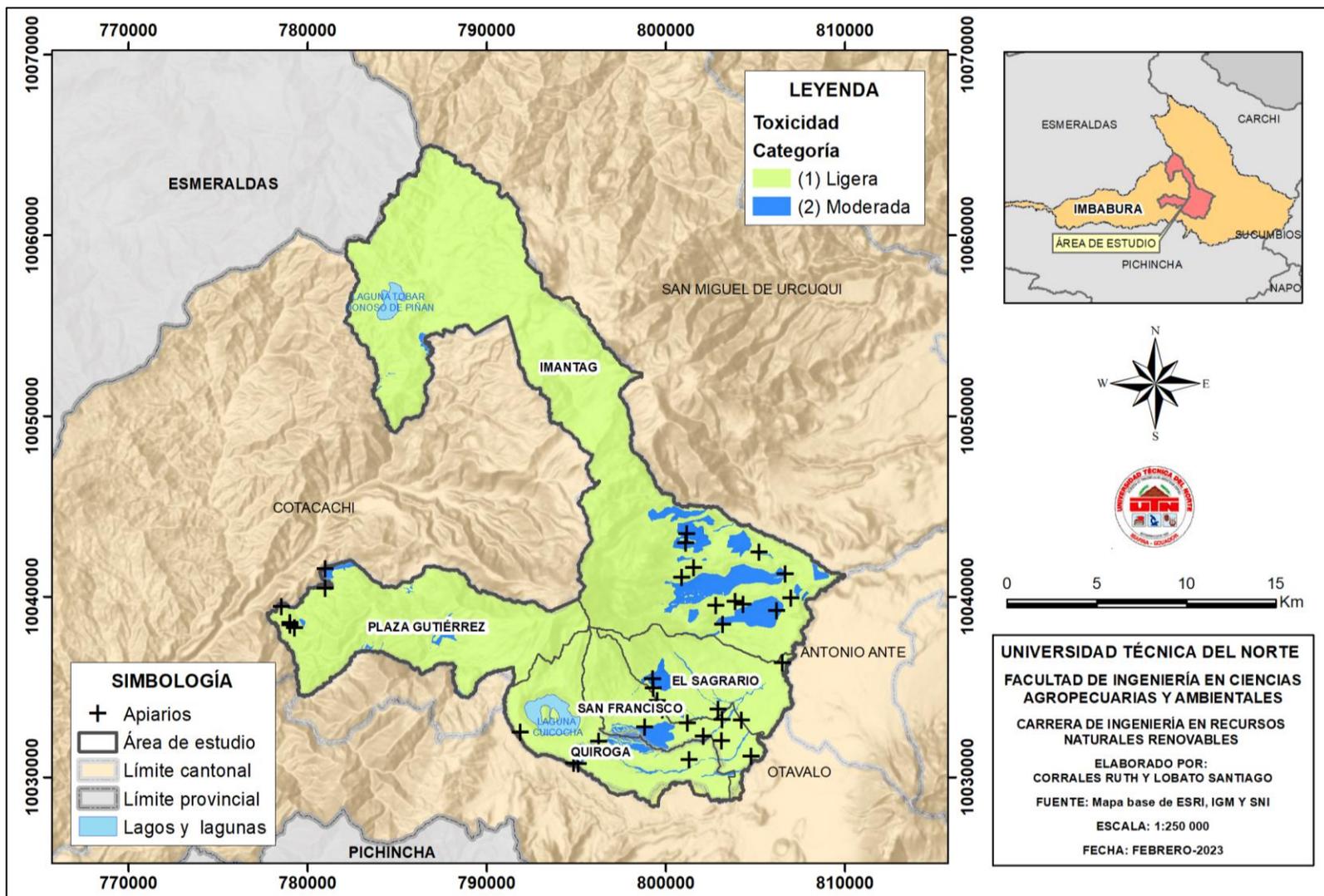
## Anexo 21. Producción de miel



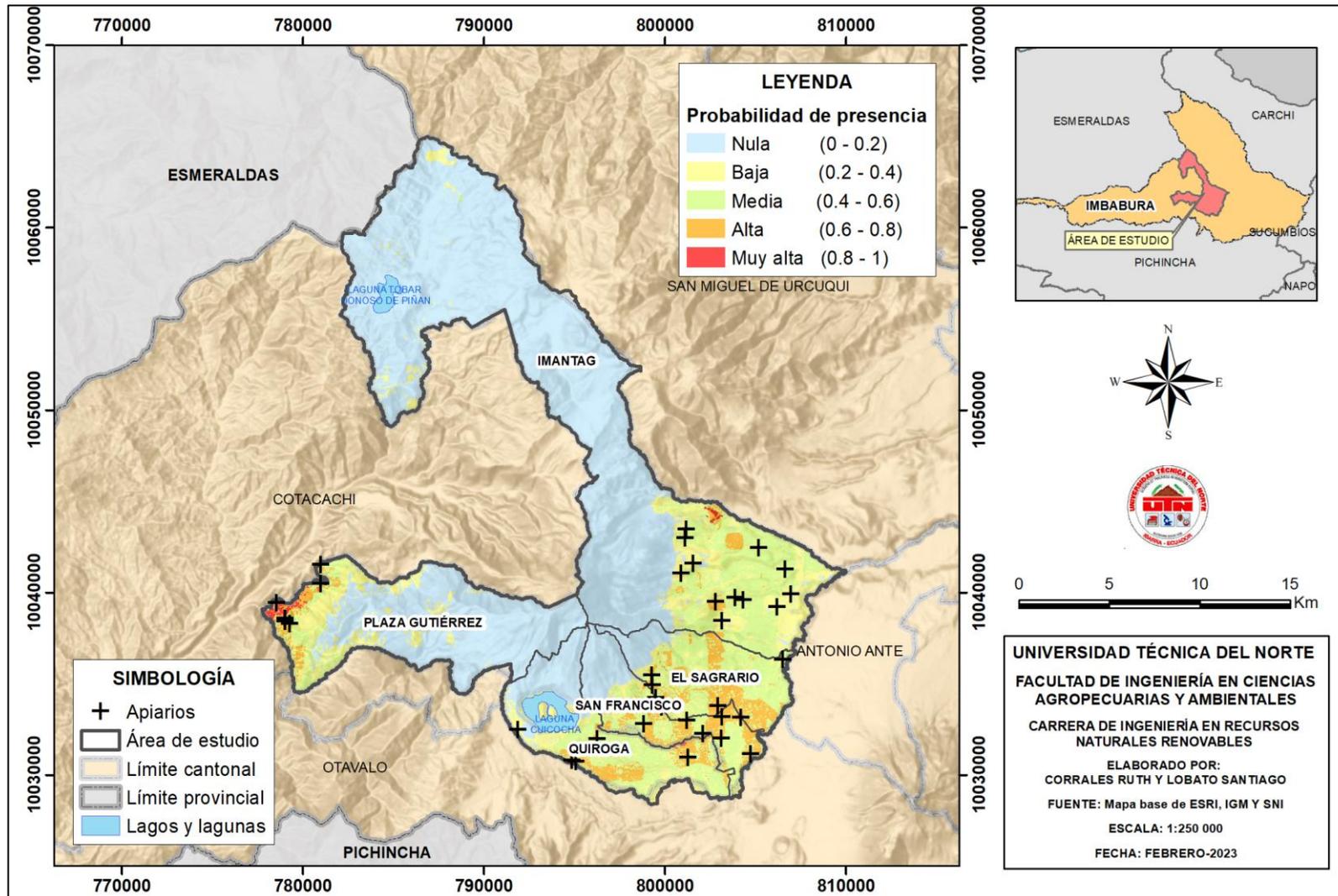
## Anexo 22. Toxicidad de insecticidas



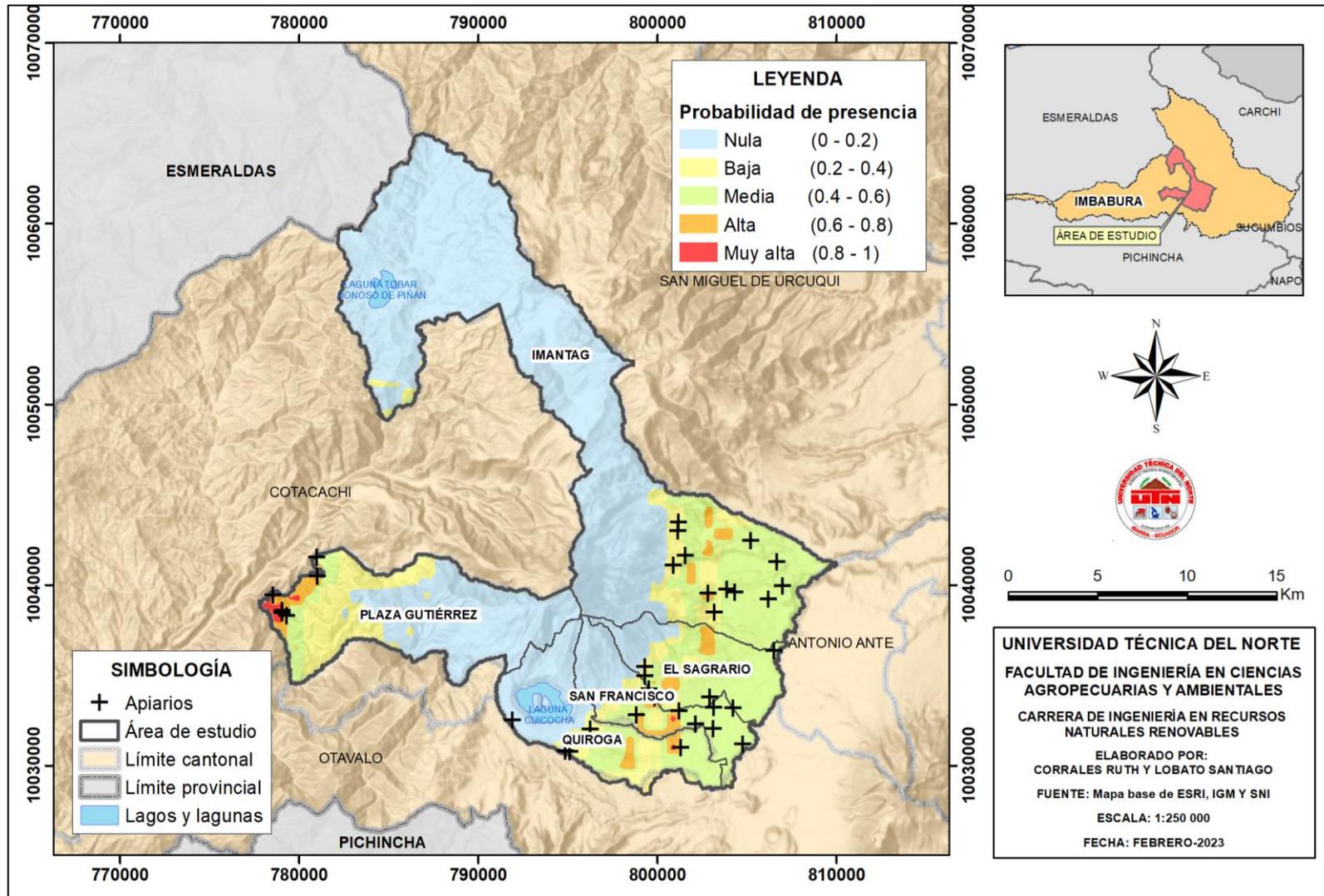
## Anexo 22. Toxicidad de fungicidas



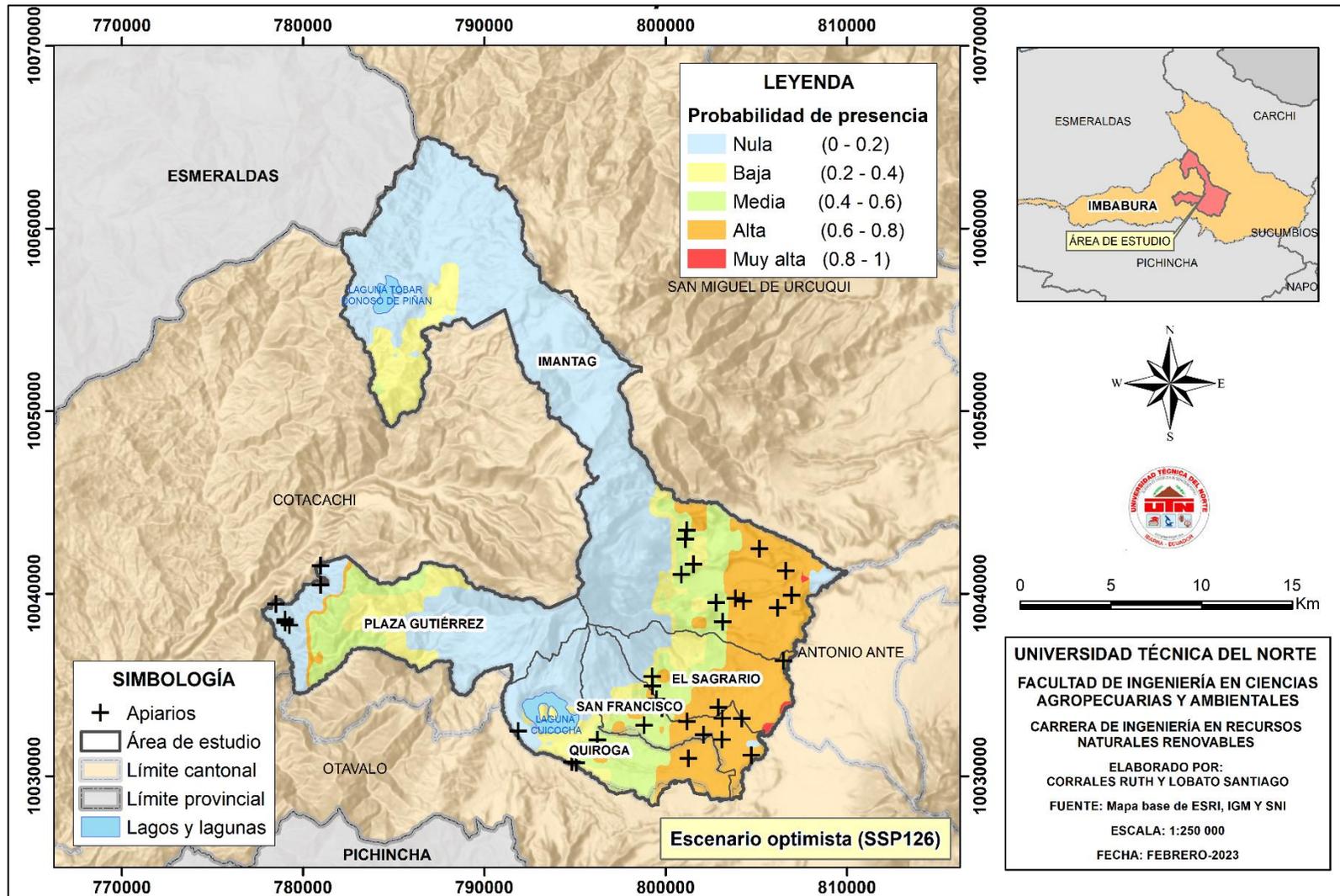
### Anexo 23. Modelo de distribución potencial de *Apis mellifera*



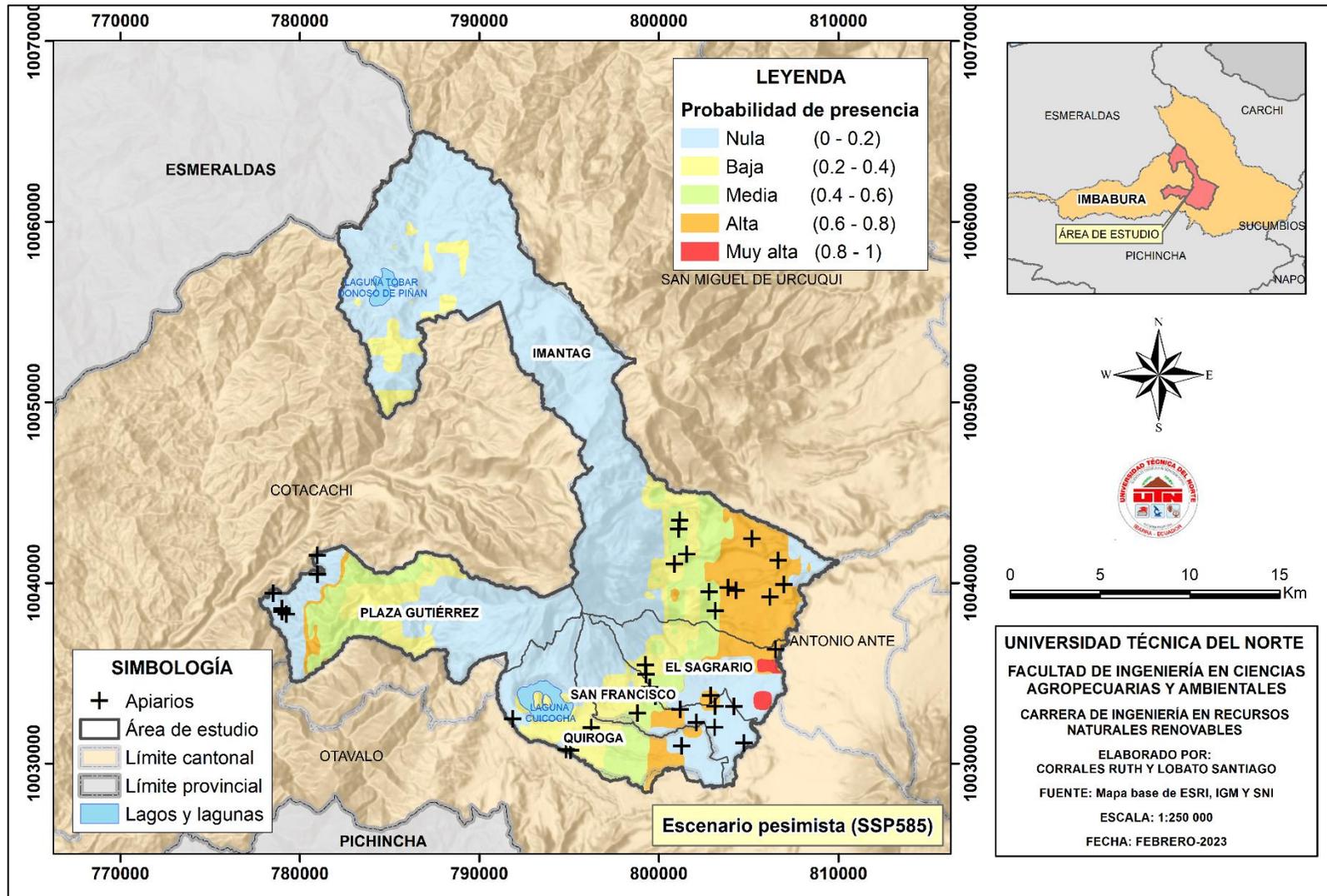
Anexo 23. Modelo actual de distribución potencial de *Apis mellifera*



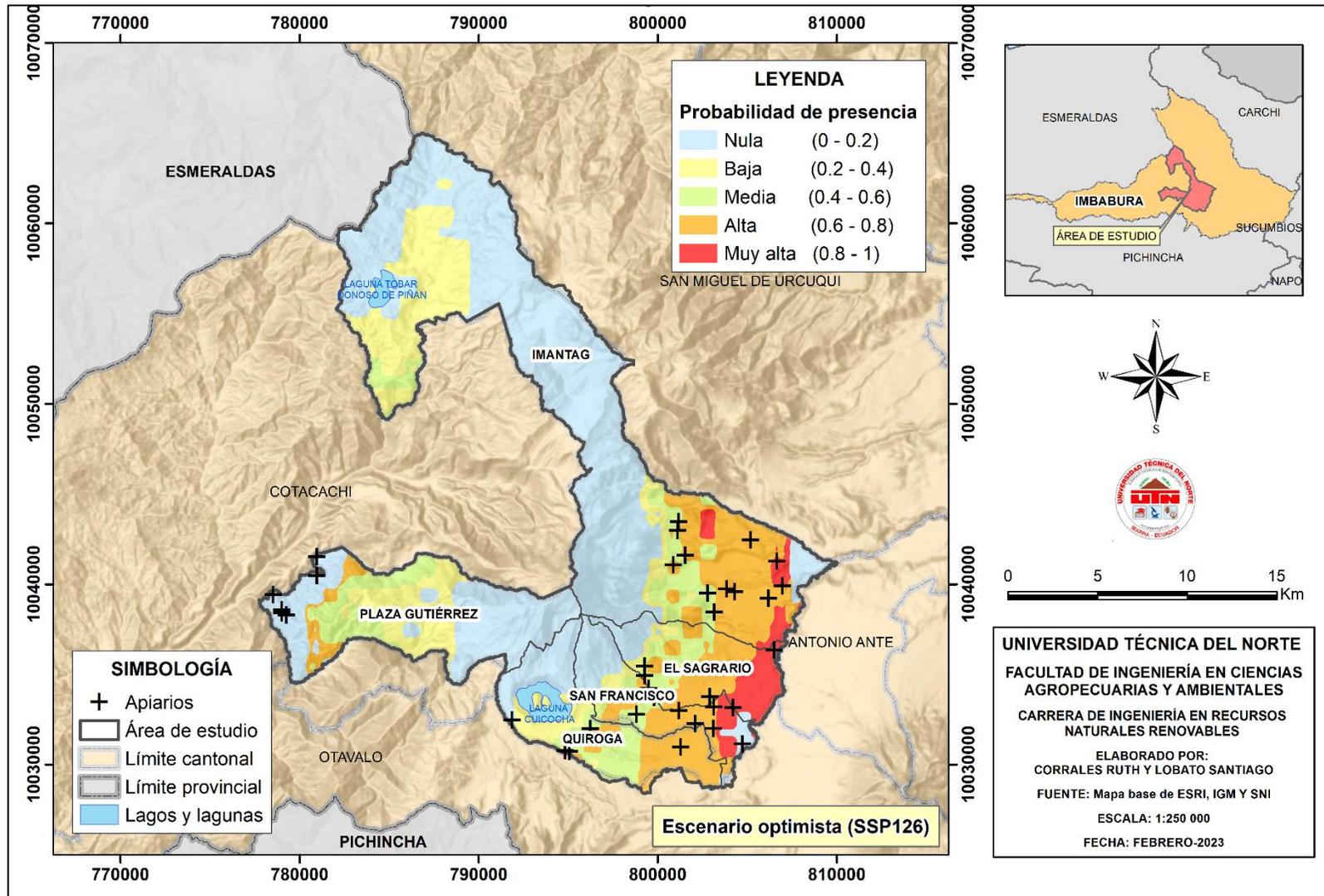
Anexo 24. Escenario SSP126 de proyección futura de la distribución potencial para *Apis mellifera* en los rangos anuales del 2021-2040



Anexo 25. Escenario SSP585 de proyección futura de la distribución potencial para *Apis mellifera* en los rangos anuales del 2021-2040



Anexo 26. Escenario SSP126 de proyección futura de la distribución potencial para *Apis mellifera* en los rangos anuales del 2040-2060



Anexo 27. Escenario SSP585 de proyección futura de la distribución potencial para *Apis mellifera* en los rangos anuales del 2040-2060

