



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

HIMENÓPTEROS: Apidae EN EL CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE

IMBABURA

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORAS:

Jenifer Dayana Huera Ipial

Andrea Luciana López Gómez

DIRECTOR:

Ing. Gabriel Jácome MSc.

Ibarra-Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

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

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ibarra, 25 de octubre del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE HIMENÓPTEROS: Apidae EN EL CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA.”**, de autoría de las señoritas Huera Ipial Jenifer Dayana y López Gómez Andrea Luciana, estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

MSc. Gabriel Jácome
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

FIRMA

MSc. Melissa Layana
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Oscar Rosales
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

}



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

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

1. 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		
CÉDULA:	1003799051	
NOMBRES Y APELLIDOS:	Huera Ipial Jenifer Dayana	
DIRECCIÓN:	Ibarra - Imbabura	
EMAIL:	jdhuerai@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO Y MOVIL:		0968229903

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA:	1003607981	
NOMBRES Y APELLIDOS:	López Gómez Andrea Luciana	
DIRECCIÓN:	Ibarra - Imbabura	
EMAIL:	alopezg@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO Y MOVIL:	062 585 711	0981951464

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE HIMENÓPTEROS: Apidae EN EL CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA
AUTOR:	Huera Ipial Jenifer Dayana López Gómez Andrea Luciana
FECHA:	25 de octubre de 2022

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN			
PROGRAMA:	☒	PREGRADO	☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables		
DIRECTOR:	Ing. Gabriel Alexis Jácome Aguirre MSc.		

2. CONSTANCIAS

Las autoras manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y son titulares de los derechos patrimoniales, por lo que, asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 01 días del mes de noviembre del 2022

Huera Ipial Jenifer Dayana

CI: 1003799051

López Gómez Andrea Luciana

CI: 1003607981

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por su confianza y amor inconmensurable en esta hermosa y difícil etapa de nuestras vidas, gracias por su inmenso apoyo, con el hemos logrado que este sueño sea realidad, ser ingenieras, esto es por y para ustedes.

A la Universidad Técnica del Norte por llenarnos de tantos buenos recuerdos, enseñanzas y conocimientos, gracias a la Carrera de Recursos Naturales Renovables especialmente a los docentes que estuvieron día a día con el único fin de crear excelentes profesionales y más que todo, excelentes seres humanos.

Agradecimientos eternos al Ing. William Suarez y al Ing. Edwin Cervantes miembros del Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca, que a pesar de sus apretadas agendas no dudaron nunca en brindarnos su ayuda.

De forma especial agradecemos a nuestro director de tesis Ing. Gabriel Jácome MSc., por siempre guiarnos, motivarnos y ayudarnos en todo el transcurso de la investigación, de igual manera a nuestros queridos asesores la Ing. Melissa Layana MSc. y el Ing. Oscar Rosales MSc., gracias por sus correcciones e indicaciones asertivas que fueron base para la culminación de este proceso.

Queremos dar nuestro más sincero agradecimiento a todos los apicultores del cantón Ibarra, por la ayuda, apoyo y hospitalidad que siempre mostraron.

Y, por último, a los grandes amigos que la universidad nos dio, que dicha compartir esta etapa con ustedes, quien sabe si el verdadero título universitario son todos esos amigos que hemos hecho en el camino.

Andy y Daya.

DEDICATORIA

No alcanzarían las palabras para agradecer a mi padre Rober Humberto Huera Vinueza y mi madre Mariana de Jesús Ipial Usuay que me han apoyado, aconsejado y guiado a lo largo de esta etapa de mi vida, no ha sido fácil, pero con su amor y esfuerzo han logrado convertirme en una persona de bien y luchadora. Además, a la personita por la cual me esfuerzo día a día y es mi inspiración, mi hijo Nicolas Guanotoa.

A pesar de no tenerla físicamente en este logro, le agradezco por enseñarme a nunca desistir y siempre salir a delante, le dedico todo mi esfuerzo a mi abuelita Marianela Vinueza.

A toda mi familia y amigos los cuales han estado durante mi etapa universitaria y de algún u otro modo me han brindado palabras de aliento en momentos de dificultad.

Dayana Huera

DEDICATORIA

Esta investigación que marca la culminación y el comienzo de una nueva etapa en mi vida se la dedico a mi padre Carlos López y a mi madre Priscila Gómez, gracias por su inmenso apoyo, sacrificio, principios, ejemplo de perseverancia y lucha, jamás podré terminar de agradecerles por sus enseñanzas, paciencia y brindarme la mejor visión de la vida, gracias a eso he podido convertirme en la persona que soy ahora.

A mis hermanos Alejandro y Mateo nunca me faltó su extraordinario apoyo, amor y palabras que me impulsaban a seguir adelante en este largo camino.

A todos, mil gracias por creer en mí, este logro lo comparto con todos ustedes.

Con amor,

Andy López Gómez

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	3
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.3.3 Preguntas directrices	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Revisión de la literatura	7
2.1.1 Biogeografía.....	7
2.1.2 Nicho ecológico	8
2.1.2.1 Modelos de nicho ecológico.....	8
2.1.2.2 Máxima entropía	9
2.1.2.3 Evaluación de modelos de nichos ecológicos	10
2.1.3 Evaluación de impactos ambientales	11
2.1.4 Himenópteros	12
2.1.4.1 Apidae.....	12
2.1.4.2 Las abejas.....	13
2.1.4.3 Morfología de la abeja.....	14
2.1.5 Polinización.....	17
2.1.6 Apicultura en el Ecuador.....	18
2.1.6.1 Flora apícola.....	19
2.1.7 Agroquímicos.....	21
2.1.7.1 Pesticidas.....	21
2.2 Marco legal.....	23
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador	23
2.2.2 Convenios internacionales	24
2.2.2.1 Convenio de Rotterdam.....	24
2.2.3 Leyes orgánicas.....	24

2.2.3.1 Reglamento del Código Orgánico del Ambiente	24
2.2.4 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025.....	24
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	26
3.1 Área de estudio.....	26
3.1.1 Factores climáticos.....	27
3.1.2 Ecosistemas y cobertura vegetal	28
3.1.3 Zonas agroecológicas	28
3.1.4 Zonas apícolas.....	29
3.2 Métodos.....	29
3.2.1 Nivel de impacto causado por el uso de pesticidas	29
3.2.1.1 Obtención de información secundaria.....	29
3.2.1.2 Encuestas.....	30
3.2.1.3 Entrevistas	31
3.2.1.4 Evaluación de impactos ambientales en apiarios	32
3.2.2 Determinación de modelos de distribución y nicho ecológico para la <i>Apis mellifera</i>	34
3.2.2.1 Puntos de presencia de <i>Apis mellifera</i>	34
3.2.2.2 Variables ambientales	35
3.2.2.3 Análisis estadístico.....	38
3.2.2.4 Modelo de nicho ecológico	39
3.2.2.5 Métodos de validación del modelo de nicho ecológico	40
3.2.3 Propuesta de estrategias para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales	41
3.2.3.1 Identificación y listado de problemas en los apiarios	41
3.2.3.2 Realización de la matriz de Vester	42
3.2.3.3 Representación gráfica de problemas.....	42
3.2.3.4 Árbol de problemas	43
3.3 Materiales y equipos	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 Nivel de impactos causados por el uso de pesticidas dentro del área de estudio.....	46
4.1.1 Recolección de información.....	46

4.1.1.1 Localización de apicultores	46
4.1.1.2 Colmenas y apiarios	48
4.1.1.3 Especies de abejas y su producción.....	50
4.1.1.4 Caracterización flora apícola.....	51
4.1.1.5 Cambio climático y abejas	52
4.1.1.6 Actividad antrópica y abejas	54
4.1.1.7 Mejor productividad	54
4.1.1.8 Trashumancia y alimentación.....	55
4.1.1.9 Productos apícolas y comercialización	57
4.1.1.10 Actividad agrícola en zonas apícolas	57
4.1.2 Evidencia del impacto ambiental producido por los cultivos de las zonas aledañas a los apiarios.....	60
4.1.2.1 Proceso productivo del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).....	60
4.1.2.2 Evaluación de impacto ambiental del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)	62
4.1.2.3 Proceso productivo del cultivo de aguacate (<i>Persea americana</i>)	63
4.1.2.4 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de aguacate (<i>Persea americana</i>).....	65
4.1.2.5 Proceso productivo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	66
4.1.2.6 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	67
4.1.2.7 Proceso productivo del cultivo de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) .	70
4.1.2.8 Evaluación de impactos ambientales del cultivo tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>).....	71
4.1.2.9 Proceso productivo del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	72
4.1.2.10 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	73
4.1.2.11 Proceso productivo del cultivo del tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	74
4.1.2.12 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	76
4.1.2.13 Proceso productivo del cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	77

4.1.2.14 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	78
4.1.3 Impactos ambientales de los agroquímicos en las abejas.....	79
4.2 Modelo de distribución y nicho ecológico para <i>Apis mellifera</i>	83
4.2.1 Evaluación del modelo de nicho ecológico.....	90
4.3 Propuesta de estrategias para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales	91
4.3.1 Identificación de problemas	91
4.3.2 Descripción de cada uno de los problemas encontrados	91
4.3.3 Matriz de Vester	94
4.3.4 Gráfico de la matriz de Vester	95
4.3.5 Identificación del problema central.....	96
4.3.6 Estrategia 1. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas y del consumo de agroquímicos.....	99
4.3.7 Estrategia 2. Crecimiento de los pequeños y medianos productores con carácter ambiental	101
4.3.8 Estrategia 3. Educación ambiental	102
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
5.1 Conclusiones	105
5.2 Recomendaciones.....	106
REFERENCIAS	107
ANEXOS	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distinción morfológica de la abeja según su casta	15
Figura 2. Morfología externa del cuerpo de una abeja (<i>Apis mellifera</i>)	15
Figura 3. Área de estudio	26
Figura 4. Registros de presencia de <i>Apis mellifera</i>	35
Figura 5. Análisis de correlación de variables bioclimáticas.....	39
Figura 6. Apicultores pertenecientes a asociaciones apícolas.....	48
Figura 7. a) Número de apiarios; b) Número de colmenas	49
Figura 8. Colmena en la parroquia La Esperanza	49
Figura 9. a) Especies de abejas; b) Especie que brinda mejor producción	50
Figura 10. Flora apícola predilecta para las abejas en la zona de estudio.....	51
Figura 11. a) Mortalidad de las abejas por el cambio climático; b) Afectación de productividad por cambio climático.....	52
Figura 12. Mortalidad en colmena de abejas	53
Figura 13. Causas de muerte de abejas	54
Figura 14. Rendimiento de la productividad de miel.....	55
Figura 15. Producto de la cosecha de una colmena	55
Figura 16. a) Alimentación suplementaria aplicada a las abejas; b) Trashumancia de apiarios	56
Figura 17. a) Productos apícolas, b) Tipos de comercialización que aplican los apicultores	57
Figura 18. a) Actividad agrícola cercana a los apiarios; b) Presencia de cultivos aledaños a apiarios	58
Figura 19. Cultivos cercanos a apiarios	59
Figura 20. a) Uso de agroquímicos en cultivos; b) Afección de agroquímicos en las abejas.....	59
Figura 21. Tipos de agroquímicos empleados en los cultivos del área de estudio	60
Figura 22. Distribución del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).....	61
Figura 23. Categoría de impactos del cultivo de <i>Zea mays</i>	62
Figura 24. Distribución del cultivo de aguacate (<i>Persea americana</i>).....	64

Figura 25. Categoría de impactos del cultivo de <i>Persea americana</i>	65
Figura 26. Distribución del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	66
Figura 27. Categoría de impactos del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	68
Figura 28. Distribución del cultivo de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>).....	70
Figura 29. Categoría de impactos del cultivo de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>)	71
Figura 30. Distribución del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	72
Figura 31. Categoría de impacto del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	73
Figura 32. Distribución del cultivo tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i>)....	75
Figura 33. Categoría de impacto del cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	76
Figura 34. Distribución del cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	77
Figura 35. Categoría de impacto del cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	78
Figura 36. Resultado de la prueba jackknife para <i>Apis mellifera</i>	84
Figura 37. Curvas de respuesta de las variables ambientales más importantes ...	85
Figura 38. Curvas de respuesta de las variables de agroquímicos	86
Figura 39. Distribución potencial de <i>Apis mellifera</i>	89
Figura 40. Resultado del modelo mediante la prueba AUC	90
Figura 41. Gráfico de datos de los problemas del cantón Ibarra.....	95
Figura 42. Árbol de problemas sobre los apiarios del cantón Ibarra	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algoritmos para el modelamiento de nichos ecológicos.....	9
Tabla 2. Taxonomía de la abeja melífera	14
Tabla 3. Factores climáticos de las cinco parroquias de la zona de estudio	27
Tabla 4. Apicultores registrados en el área de estudio.....	30
Tabla 5. Agro servicios presentes en el área de estudio.....	31
Tabla 6. Matriz de importancia de Conesa Fernández	33
Tabla 7. Variables bioclimáticas	36
Tabla 8. Clasificación de toxicidad de los agroquímicos.....	37
Tabla 9. Pasos para la realización de la matriz de Vester	42
Tabla 10. Materiales, equipos y softwares que se utiliza en la investigación	45
Tabla 11. Número de apiarios localizados por parroquia.....	48
Tabla 12. Entradas y salidas de cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).....	61
Tabla 13. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández <i>Zea mays</i> ..	63
Tabla 14. Entradas y salidas del cultivo de aguacate (<i>Persea americana</i>)	64
Tabla 15. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (<i>Persea americana</i>)	65
Tabla 16. Entradas y salidas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	67
Tabla 17. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (<i>Solanum tuberosum</i>)	68
Tabla 18. Entradas y salidas cultivo tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>).....	70
Tabla 19. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (<i>Solanum betaceum</i>)	71
Tabla 20. Entradas y salidas del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	73
Tabla 21. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	74
Tabla 22. Entradas y salidas del cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	75
Tabla 23. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	76
Tabla 24. Entradas y salidas del cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	78

Tabla 25. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (<i>Hordeum vulgare</i>)	79
Tabla 26. Agroquímicos utilizados en los cultivos representativos cercanos a los apiarios	80
Tabla 27. Variables utilizadas para modelar la distribución potencial de <i>Apis mellifera</i>	83
Tabla 28. Listado de problemas identificados en los apiarios del cantón Ibarra .	91
Tabla 29. Matriz de Vester sobre la problemática de los apiarios	94
Tabla 30. Problemas y posibles soluciones para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales	97
Tabla 31. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas y del consumo de agroquímicos	99
Tabla 32. Crecimiento de los pequeños y medianos productores con carácter ambiental	101
Tabla 33. Estrategia de educación ambiental para sectores específicos de la zona	103

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
HIMENÓPTEROS: *Apidae* EN EL CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE
IMBABURA

Jenifer Dayana Huera Ipial y Andrea Luciana López Gómez

RESUMEN

La abeja melífera es uno de los principales polinizadores a nivel mundial, razón por la que es considerada de gran importancia para la agricultura y ecosistemas. Por tal motivo, la presente investigación se enfocó en la problemática que rodea a la alteración de la población de abejas por diversos factores ambientales y antrópicos, teniendo como objetivo analizar la distribución biogeográfica de *Apis mellifera*, por medio de modelos de nichos ecológicos dentro de las cinco parroquias del cantón Ibarra. Para la identificación de actividades antrópicas se realizaron encuestas y seguidamente se aplicó la evaluación de los impactos ambientales, en donde, se establecieron las causas de la mortalidad de las abejas en los apiarios. Además, se realizó el modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial en el cantón Ibarra, y, posteriormente, se propuso estrategias de buenas prácticas ambientales por medio de la identificación de los problemas que afectan a los apicultores. Como resultado, se obtuvo que los principales impactos ambientales que afectan a las abejas son los relacionados con los altos niveles de toxicidad generados por uso de agroquímicos en los cultivos, afectando a su fisiología y morfología a corto y largo plazo. Además, se evidenció que el nicho ecológico está influenciado principalmente por la cobertura vegetal presentando áreas con alta idoneidad en zonas con vegetación de pastizales y cultivos, adecuándose esta información con la parroquia San Antonio de Ibarra. En conclusión, la especie *Apis mellifera* presente en el cantón Ibarra se encuentra bajo constante presión debido a las actividades antrópicas diezmando su población, a su vez la ubicación de apiarios es indispensable para su aumento.

Palabras clave: Polinizadores, Actividades antrópicas, Distribución biogeográfica, Impactos ambientales, Nicho ecológico, Distribución potencial.

ABSTRACT

The honeybee is one of the main pollinators worldwide, being considered of great importance for agriculture and ecosystems. For this reason, this research focused on the problems surrounding the alteration of the bee population by various environmental and anthropic factors, aiming to analyze the biogeographic distribution of *Apis mellifera*, through models of ecological niches within the five parishes of the Ibarra canton. To identify human activities, surveys were carried out and then the environmental impact assessment was applied, where the causes of bee mortality in the apiaries were established. In addition, the ecological niche model was carried out to predict the potential distribution within the Ibarra canton, and, subsequently, strategies of good environmental practices were proposed through the identification of the problems that affect beekeepers. As a result, it was obtained that the main environmental impacts that affect bees are those related to the high levels of toxicity generated by agrochemicals in crops, affecting their physiology and morphology in the short and long term. In addition, it was determined that the ecological niche is influenced by the vegetation cover presenting areas with high suitability in areas with vegetation of pastures and crops, adapting this information with the parish of San Antonio de Ibarra. In conclusion, the species *Apis mellifera* present in the canton Ibarra is under constant pressure due to anthropic activities decimating its population, in turn the location of apiaries is indispensable for its increase.

Key words: Pollinators, Anthropic activities, Biogeographic distribution, Environmental impacts, Ecological niche, Potential distribution.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte

En el medio, los organismos no se distribuyen de forma simétrica o proporcional, esto depende de factores ambientales o ecológicos los cuales afectan de una u otra manera su biología (Antúnez y Mendoza, 1992). El área de distribución establece el lugar donde una entidad (individuo, especie, población) puede ser localizada. Los patrones de distribución pueden ser diferentes aún en especies del mismo género, esto dependerá de la reacción de estas a las condiciones de su entorno (Lomolino et al., 2010).

Duarte y López (2019) ratifican que el análisis de patrones de distribución de las abejas en Cuba y la región Neotropical, se basa en revelar algunos de los patrones biogeográficos encontrados en la distribución de abejas. Se realizó los respectivos análisis de componentes principales, como la utilización de localidades como variables y géneros como observaciones. En este caso, las observaciones de los géneros por localidades se equilibraron con la riqueza de especies.

Los himenópteros son considerados excelentes agentes polinizadores. Sin embargo, su presencia, distribución y actividad son dependientes de los factores ambientales, así como también de la flora. La altitud, latitud, viento, relieve y corrientes oceánicas son factores que se encuentran en constante variación y son los que alteran los factores climáticos como son: viento, precipitación, temperatura, entre otros. Lo que significa que cada sitio mantiene sus propias características e individuos adaptados a esta (Téllez y Posada, 2013; Useros, 2013).

En la evaluación de himenópteros de (Abril y Guamán, 2019) se determinó la correlación existente entre factores climáticos y las horas del día mediante la presencia y la riqueza diaria. En el estudio se registraron cinco variables ambientales, y se examinó la abundancia y riqueza de 17 familias juntamente con los factores climáticos utilizando un análisis de modelos lineales. Finalmente, se determinó las semejanzas y diferencias que existen entre la abundancia de las

familias según las horas del día. Vale recalcar que la hora tuvo una influencia significativa en 8 familias de himenópteros.

Los estudios basados en nichos ecológicos de abejas de (Hinojosa et al., 2016) permiten establecer áreas factibles para su conservación y comprender la posible diferenciación ecológica en sus distribuciones. En el caso de nicho ecológico de abejas melítidas se convirtió en un estudio importante debido a las características morfológicas, taxonómicas y distribución, esta rara abeja presenta puntos de presencia reducido respecto a sus localidades geográficas y específicas preferencias florales. La estimación de nicho ecológico es un intento de entender la presencia de las especies con información escasa y preferencias únicas de su hábitat.

La distribución global de abejas describe que esta especie sigue un patrón llamado gradiente latitudinal bimodal, este se da cuando existe una mayor concentración de la especie lejos de los polos y una concentración menor al acercarse a la línea ecuatorial, mencionando que existe mayor abundancia de abejas en el hemisferio norte la cual contempla zonas áridas y templadas. Esto se realizó mediante la combinación de múltiples fuentes de bases de datos mutuamente, se generó la evaluación de la distribución global de abejas y de esta forma se delimitaron puntos calientes del mundo de la riqueza de especies de abejas, seguidamente se evaluó los impulsores de estos patrones y, a su vez, usar estas predicciones para el modelo de riqueza de abejas (Orr et al., 2021).

En el estudio de Kim et al. (2017) menciona el análisis de 10 variables ambientales que afectan el hábitat de las abejas en áreas urbanas, agrícolas y forestales, demostrando que la cobertura del suelo, la distancia del bosque, la elevación, influyen notablemente en la distribución de las abejas melíferas apícolas tomando en consideración que estas eligen áreas de zonas más bajas cerca de humedales o bosques, por lo tanto, se espera que la predicción del hábitat sean espacios para implementar la apicultura, contribuyendo también en la planificación de la posibilidad de conservación en áreas urbanas, a pesar de que la presencia de abejas no es tan grande.

Por último, al hablar de las prácticas apícolas, Paredes (2018) ratifica sobre las abejas, pero con un enfoque a la aplicación de buenas prácticas en la producción de miel de abeja, las cuales permitan mejorar la calidad y la productividad de la empresa “AMBAMIEL”. Para empezar, se explican fundamentaciones sobre buenas prácticas, gestión de productividad, calidad, normativa nacional e internacional. El siguiente punto se desempeña en ejecutar el análisis del sector apícola elegido. A continuación, se realiza el diagnóstico del área de producción de la empresa y mediante esto generar la propuesta del proceso que generarían buenas prácticas apícolas.

1.2 Problema de investigación y justificación

Los insectos polinizadores se encuentran en declive por diversas causas, especialmente en países de Europa y Norteamérica, ya que en las zonas tropicales y países en desarrollo los datos son limitados. Respecto a las especies de insectos, el 41% se encuentra en decadencia, mientras que el 30% solo están amenazados, teniendo en consideración que la tasa de extinción de los insectos está ocho veces más que la de los vertebrados. Aun así, el declive que afecta a los insectos en cada región son los mismos problemas, ya sea por la destrucción de bosques, la agricultura, uso de agroquímicos, cambio climático u organismos dañinos (Sánchez y Wyckhuys, 2019).

Los himenópteros, al ser uno de los órdenes de insectos más numerosos, presentan una disminución considerable en sus poblaciones, atribuible a diversas causas: al empleo de pesticidas, al incremento de monocultivos, la deforestación, la invasión de especies exóticas, entre otras. Existen evidencias de la reducción con respecto a la abundancia de polinizadores presentes en diferentes regiones del mundo, afectando a los ecosistemas naturales y también a cultivos (Klein et al., 2007).

Considerando a las abejas como los principales polinizadores, se han realizado estudios en base en su distribución y fuente productiva. La mayoría son llevados a cabo en regiones limitadas y con especies determinadas, dejando de lado

a especies que se encuentran en zonas más elevadas, teniendo datos limitados sobre su distribución (Potts et al., 2016). Considerando que las abejas presentan resistencia a ciertos factores ambientales, las actividades antrópicas han afectado las poblaciones de abejas, causando una amenaza ecológica global, tal es el caso de la apicultura en Latinoamérica, los cuales provocan un declive en la población de abejas (Requier et al., 2017).

La expansión de la agricultura ha llevado a que se desarrollen en mayor cantidad monocultivos juntamente con la degradación de áreas naturales. Estas tendencias resultan en una disminución de disponibilidad de alimentos para las abejas silvestres y manipuladas. Esto se torna preocupante debido a que en áreas más grandes y de tierras abiertas sufren menos pérdidas de colonias y presentan una mejor producción de miel en comparación con colonias ubicadas cerca de áreas de mayor porción de tierra desarrollada (Naug, 2009).

La actividad agrícola moderna provoca el desplazamiento de insectos como la abeja, reduciendo su hábitat natural a causa del uso excesivo de agroquímicos, provocando daños colaterales en las poblaciones de abejas. En productos como la miel se ha detectado contaminación por residuos de pesticidas, incluso en el polen, propóleo y cera, además estos agroquímicos alteran su sistema fisiológico provocando la aparición de mutaciones en el estado larval, inclusive en su orientación y comportamiento. En los principales países que se utilizan estos agroquímicos en exceso son Colombia, Ecuador y Sudáfrica (Martin y Arenas, 2018).

La apicultura en el Ecuador en los últimos años ha tomado gran importancia, debido a la alta demanda nacional e internacional de productos que se obtienen de las abejas, pero está siendo desarrollada a un nivel mínimo con respecto al incremento de apicultores en su mayoría informales, lo que conlleva a una escasez en el conocimiento de técnicas sobre el manejo de colmenas esto con fin de comercialización (Cabrera, 2012). En la provincia de Imbabura la crianza de abejas presenta una demanda insatisfecha respecto a los productos apícolas, debido a que en la provincia no hay proveedores que vendan los productos envasados,

etiquetados y con los requerimientos necesarios para su comercialización (Fuertes, 2017).

Sánchez (2018) señala que al presentar variación de los factores ambientales, estos tienden a afectar los niveles de sociabilidad de las abejas, principalmente la temperatura, debido a que la sociabilidad se da en ambientes cálidos con altitudes y latitudes bajas, también, vale acotar que el frío y la precipitación es desfavorable para la polinización generada por animales alados como es en este caso las abejas, existe una reducción en el vuelo y limita la cantidad de polen en una zona determinada incrementando el riesgo de extinción de las especies, tanto de flora como de polinizadores.

Debido a esto y a la falta de datos respecto a la distribución de abejas en el cantón Ibarra y en la provincia de Imbabura se planteó determinar cuáles son los principales factores ambientales y climáticos que permiten y mantienen la presencia y distribución de himenópteros (Apidae), a su vez se conoció cuáles son los factores antrópicos que afectan y disminuyen la riqueza de esta familia en el cantón. Al tener un mayor incremento en los últimos años en la apicultura, se analizó los distintos puntos de producción apícola y se constató si se realizan buenas prácticas y manejo de estas, en donde se implementó estrategias de buenas prácticas apícolas.

De acuerdo con los datos e información mencionada, se puede afirmar que el tema de investigación es esencial para el desarrollo y conservación de esta especie, y de la cual se pueda brindar una base para futuros investigadores preocupados por el bienestar de los polinizadores, que a su vez, se puedan tomar acciones por medio del objetivo 11 de Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, en el que manifiesta los “derechos de la naturaleza por medio de la conservación, restauración, protección y el uso sostenible de los recursos naturales” (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el impacto causado por el uso de pesticidas y la distribución biogeográfica de *Apis mellifera* mediante modelos de nichos ecológicos dentro de cinco parroquias del cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el nivel de impacto causado por el uso de pesticidas dentro del área de estudio.
- Establecer modelos de distribución y nicho ecológico para *Apis mellifera* dentro del área de estudio.
- Proponer estrategias para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales con el fin de incrementar la población de polinizadores.

1.3.3 Preguntas directrices

- ¿Cuál es el nivel de impactos ambientales causados por el uso de pesticidas dentro del área de estudio?
- ¿Cuál es la distribución potencial y nicho ecológico de abejas en el cantón de Ibarra?
- ¿Qué estrategias permitirán implementar actividades apícolas sustentables?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de la literatura

2.1.1 Biogeografía

Duarte y López (2019) indican que la distribución de abejas es la predominancia en áreas con mayor número endémico de especies, además, se distinguen por la presencia de diversos ambientes. (Contreras, 2006) menciona que esto se debe realizar tomando en consideración los diversos factores que ayudaron a que se dé tal distribución. El punto anterior se ve favorecido con el desarrollo de herramientas computacionales modernas, como programas de modelamientos o de sistemas de información geográfica, los cuales ayudan a llevar a cabo los análisis espaciales de bases de datos de información biológica de una manera eficaz. (Linder, 2001).

Al hablar de las abejas y su distribución geográfica, se tiene que la mayoría de grupo de abejas surgió a través de los continentes y la dispersión de barreras oceánicas relacionados con los movimientos continentales cuando eran relativamente estrechos. Teniendo que el Neotrópico al presentar una diversidad de climas y ecosistemas, es relativamente más rico en abejas a comparación de África, a pesar de haber estado unidos (Michener, 1979).

Existen varios métodos para determinar la distribución geográfica, (Yáñez et al., 2008) utilizó el método panbiogeográfico en el caso de la tribu Meliponini, donde se marcan puntos de distribución, ya sea de la especie o taxon, para conectarlos y unirlos por medio de una línea representando la distancia mínima que existe entre ellos, generando un trazo individual, y si existen más trazos individuales de otros taxones se muestra la presencia de una biota ancestral produciendo un trazo generalizado.

2.1.2 Nicho ecológico

El nicho ecológico consiste en la interacción directa de los organismos con factores ambientales, que describen los rangos de tolerancia de adaptación de cada organismo, ya sea para desarrollarse, reproducirse o simplemente para sobrevivir, incluso, un nicho está representado por una sola especie, ya que los requerimientos ambientales y tolerancias fisiológicas van a ser diferentes. Aunque varias especies llegan a convivir únicamente en un nicho, la competencia puede ser un factor importante para algunas poblaciones o conviven debido a que pueden tener hábitats similares (López, 2007).

La distribución geográfica de una especie corresponde a la estimación de su nicho ecológico, lo que conlleva a implementar métodos para mapear la distribución potencial de las especies en sus diferentes condiciones de hábitats (Moya et al., 2017), los cuales usan algoritmos automatizados generando mapas que por medio de las características del ambiente y los datos de la presencia de la especie identifican las zonas potencialmente idóneas para su presencia. Entre los métodos que se tienen para la obtención de nichos ecológicos están Domian, Bioclim, Floramap, GARP y MaxEnt (Rubén et al., 2012).

2.1.2.1 Modelos de nicho ecológico

Los modelos de nicho ecológico han surgido por la necesidad de información de la distribución geográfica de biodiversidad y de la implementación de técnicas nuevas y mejoradas en la agrupación de datos adecuados para aproximar información como: sensores remotos, tecnología de sistemas de información geográfica y de posicionamiento global, entre otros (Franklin, 2010).

El resultado que genera cada uno de los modelos son mapas que identifican los nichos ecológicos idóneos de las especies. Están representados por diferentes nociones de acuerdo con el modelo utilizado, ya que no todos presentan interpretaciones claras. Existen técnicas implementadas a cada modelo, con el fin de disminuir sesgos y limitaciones que conllevan. Las técnicas con mayor aplicación en modelos de nicho ecológico están basadas en algoritmos específicos,

influenciado en la facilidad y rapidez que se logra generar resultados (Pliscoff y Fuentes, 2011). La Tabla 1 muestra algunos algoritmos utilizados para el modelo de nicho ecológico.

Tabla 1. Algoritmos para el modelamiento de nichos ecológicos.

Modelo	Algoritmo	Fuente	Datos biológicos
BIOCLIM	Envolturas bioclimáticas	(Busby, 1991)	Presencia
ENFA	Análisis factorial del nicho ecológico	(Hirzel et al., 2002)	Presencia
CONVEXHULL	Elipsoides de volumen	(Guisan y Zimmermann, 2000)	Presencia
MVE	Elipsoides de volumen mínimo	(Van Aelst y Rousseeuw, 2009)	Presencia
KDE	Estimación de la densidad de Kernell	(Blonder et al., 2014)	Presencia
MA	Marble	(Qiao et al., 2015)	Presencia
DOMAIN	Distancia de Gower	(Carpenter et al., 1993)	Presencia
GARP	Algoritmos Genéticos	(Stockwell, 1999)	Presencia
MAXENT	Máxima Entropía	(Phillips et al., 2006)	Presencia
BRT	Árboles de regresión impulsado	(Elith et al., 2008)	Presencia/ausencias
GLM	Modelos lineales generalizados	(McCullagh y Nelder, 1989)	Presencia/ausencias
GAM	Modelos Aditivos Generalizados	(Guisan et al., 2002; Hastie y Tibshirani, 1987)	Presencia/ausencias

Fuente: (Qiao et al., 2018).

Un proceso indicado para generar el nicho ecológico, dependiendo del método que se aplicara, es primordialmente verificar la calidad de datos de registro de la especie en su localidad, además de la selección de variables. Teniendo esto validado se selecciona el método que será empleara, considerando que cada método presenta diferencias matemáticas y estadísticas con las cuales requieren entradas de operación específicas (Mota et al., 2019).

2.1.2.2 Máxima entropía

El modelo de máxima entropía (MaxEnt) utiliza un software de modelado lineal de libre acceso y código abierto manejado como aplicación de Java, la

predicción del nicho que se llega a obtener dependerá del área de estudio o tamaño de la muestra. La predicción que se estima está relacionada con la cantidad de puntos de presencia y a las condiciones ambientales que ocupa proporcionalmente a su disponibilidad en el área de estudio (Phillips et al., 2017).

El modelo se encarga de mostrar por medio de un aprendizaje automático la distribución potencial basados en la máxima entropía, con una salida de modelo logístico para identificar la idoneidad prevista respecto a las condiciones de cada especie, teniendo celdas de cuadrícula, con valores que van desde 0 (no apropiado) a 1 (apropiado) (Koch et al., 2016). MaxEnt es uno de los modelos más utilizados, presenta la capacidad de tratar con registros únicamente de presencia (Elith et al., 2011).

MaxEnt implementa en su algoritmo la entropía que se identifica como la aleatoriedad de algo, consiste en determinar si todos los elementos son equiprobables cuando aparecen, ya sea en un conjunto de datos, señalando entonces su máxima entropía. Al aplicar esta entropía se busca determinar la distribución de probabilidades que aumente la entropía de acuerdo con ciertas limitaciones que se obtiene de la información disponible (Navarro et al., 2013).

El principio de máxima entropía trabaja juntamente el algoritmo *sequential update algorithm* (Dudik et al., 2004), el cual permite encontrar las distribuciones con mayor entropía. El algoritmo utiliza iteraciones para garantizar que convergerá en la distribución de probabilidades, dando distintos pesos a las variables y consiguiente estas se van ajustando. Por lo tanto, MaxEnt trata de estimar las distribuciones de acuerdo con la información disponible y a lo que se conoce de la información, generando probabilidades de distribución de acuerdo con las restricciones de las variables ambientales (Navarro et al., 2013).

2.1.2.3 Evaluación de modelos de nichos ecológicos

En algunos modelos para el modelado de nicho ecológicos ya determinan la validación de estos, es necesario realizar una evaluación independiente de la ya incorporada, esto para determinar la veracidad y calidad del modelo. Al momento

de evaluar un modelo, esto puede ser a través de su significancia estadística o por medio del desempeño, además de la calibración y validación de los datos de registro para validar el modelo. La mayoría de las pruebas que se utilizan para la evaluación de modelos de nicho ecológico se basan en cuantificar los errores de omisión (predice la ausencia de la especie cuando en realidad esta se encuentra presente) y errores de comisión (predice la presencia de la especie cuando en realidad está ausente) (Mota et al., 2019).

Existen estrategias para validar los modelos con respecto al desempeño, donde indican el grado de ajuste del modelo respecto a los datos de validación, midiendo las presencias y ausencias, además los errores de comisión y omisión. Entre ellas están las pruebas de Sensibilidad, Prevalencia, Tasa de Clasificación Correcta, Índice de Kappa y *True Skill Statistic* (TSS). La estrategia para obtener la significancia estadística muestra que tanto se alejan los resultados del modelo al azar teniendo a la curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC), la prueba binomial, entre otras (Mota et al., 2019).

2.1.3 Evaluación de impactos ambientales

El impacto ambiental (IA) tiene una gran implicación en los efectos desfavorables sobre el clima, ecosistemas, y la sociedad, esto se da por medio de actividades como la sobreexplotación de recursos naturales, la deplorable disposición de residuos tanto orgánicos como inorgánicos, el cambio de uso del suelo y emisión a la atmósfera de contaminantes, etc. (André et al., 2004).

Existen algunos procesos y modelos para efectuar una evaluación de impactos en el ambiente o sobre alguno de los factores que lo comprenden, uno de ellos es el uso de matrices de impacto ambiental que presentan características analíticas (Gutierrez, 2009). Una de las más conocidas y empleadas en los últimos años es la Matriz de Conesa Fernández

2.1.4 Himenópteros

Los himenópteros establecen uno de los órdenes de insectos considerados como “hiperdiversos”, cuenta con aproximadamente 150.000 especies conocidas, además, es un orden considerado como cosmopolita, se halla geográficamente en todos los ecosistemas del planeta, desde las zonas tropicales hasta las subárticas y pueden subsistir en todo tipo de pisos climáticos, se ha descubierto también especies cavernícolas y acuáticas (Gayubo y Pijade, 2015). Desde el punto de vista aplicado, los himenópteros pertenecen a uno de los grupos de insectos responsables del control biológico, además tienen una gran importancia en la agricultura, resaltando su relación con el control de plagas y su alta capacidad de polinización, por lo que se les ha nombrado como los principales polinizadores en el mundo (Zumbado y Azofeita, 2018).

Los himenópteros se componen de dos familias u subórdenes (Rodríguez y Aguilar, 2020):

Symphyta: corresponde a un grupo de avispas tradicionalmente muy primitivas, también conocidas como las moscas de sierra o moscas porta sierra, debido a que el abdomen está unido al tórax, esto se lo observa en los adultos (Hanson y Gauld, 2006).

Apocrita: esta familia corresponde a las abejas, avispas y hormigas. Es más desarrollado que el anterior suborden, debido a que el abdomen se encuentra separado del tórax, generalmente por un peciolo (Toro, 2003).

2.1.4.1 Apidae

La familia Apidae se encuentra conformada por las siguientes subfamilias: Meliponinae, Apinae, Bombinae y Euglossinae, se caracterizan por tener a la mayoría de las especies que viven en colonias (Ortiz, 1999). Esta familia cuenta con más de 5.000 especies descubiertas; estas comprenden desde solitarias hasta eusociales, comunales, incluyendo también a las abejas parásitas y cleptoparásitas.

Debido a la gran diversidad de Apidae, realizar un análisis que incluya a todas las especies que la comprende es complicado, ya que todas presentan los primeros dos segmentos de los palpos labiales más extensos que los dos posteriores; el labro es más amplio que largo y las alas anteriores tienen de dos a tres celdas submarginales. También cabe mencionar que este grupo contiene a las abejas productoras de miel y las abejas sin aguijón (Farouk et al., 2014).

2.1.4.2 Las abejas

Las abejas integran el grupo de los himenópteros, nombradas así por tener dos pares de alas membranosas, este es uno de los órdenes taxonómicos con mayor número de insectos. Su morfología ha ido evolucionando y adaptándose juntamente con la de las plantas. Se puede enumerar algunos cambios como son: La forma del cuerpo, longitud de la lengua, entre otros; con la finalidad de poder recolectar el alimento que es a base de polen y adaptarse en el medio (Gordón et al., 2002).

Los enjambres de abejas están compuestos por tres categorías: una reina, un considerable número de obreras y de zánganos, los cuales dependen de la disponibilidad de alimento, época del año y factores ambientales (Vaquero et al., 2010). La abeja melífera es la especie más estudiada en comparación con otras especies de abejas, es capaz de aumentar la producción de cultivos polinizados por animales hasta un 96 % (Naranjo, 2019).

Sánchez (2013) manifiesta que la abeja melífera, es un insecto social, productora de miel y es reconocida como el insecto más valioso del mundo. Puesto que ellas producen más miel de la que necesitan, por consiguiente, el hombre aprovecha este producto para su consumo, y además las abejas son las principales encargadas de realizar la polinización de las plantas. La Tabla 2 presenta la taxonomía de *Apis Mellifera*.

Tabla 2. Taxonomía de la abeja melífera

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Himenóptera
Suborden	Apocrido
Superfamilia	Apoideo
Familia	Apidos
Subfamilia	Apinae
Tribu	Apinos
Género	Apis
Especie	Mellifera
Fuente: (Polaino, 2006)	

2.1.4.3 Morfología de la abeja

La morfología tanto interna como externa de la abeja es similar y concuerda con la de los demás insectos (Ruppert y Barnes, 2000). Sin embargo, tiene diferencias en determinadas características, lo mismo sucedería con las funciones vitales (Ritter, 2001).

- **Morfología externa**

En la parte anatómica se puede destacar la distinción que existe entre las castas que se encuentran en el enjambre, como son reina, zánganos y obreras (Figura 1), de las cuales, esta última es la más pequeña, a su vez, los zánganos se diferencian por el tamaño de su abdomen, tienden a poseer un mayor tamaño al igual que sus ojos, y por último la reina, la cual presenta un abdomen pronunciado y alargado debido a su desempeño como reproductora en el enjambre (Rubiano, 2016).



Figura 1. Distinción morfológica de la abeja según su casta

Fuente. Rubiano (2016)

Ritter (2001) y Llorente (2008) concuerdan en que la división del cuerpo de la abeja se da en tres partes: cabeza, tórax y abdomen (Figura 2), las cuales se encuentran fusionadas y se mueven entre sí. La envoltura externa del cuerpo se encuentra compuesta por el polímero llamado quitina, desenvolviendo el papel de esqueleto externo brindándole estabilidad y protección.

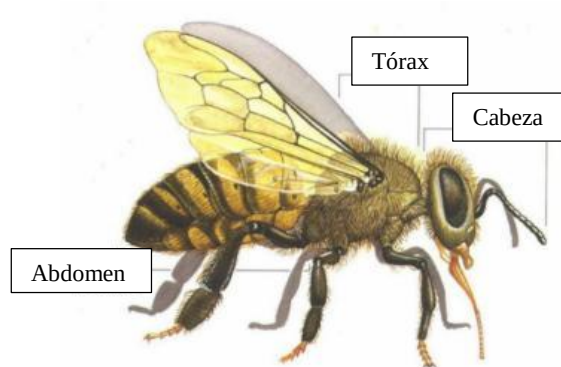


Figura 2. Morfología externa del cuerpo de una abeja (*Apis mellifera*)

Fuente: Llorente (2008)

- **Morfología interna**

La morfología interna de la abeja comprende varios sistemas, como son: glandular, respiratorio, circulatorio, excretor, nervioso, reproductivo y el aparato vulntrado. A continuación, se describe algunos de estos:

Sistema glandular: Ritter (2001) considera que las abejas presentan distintos tipos de sistemas glandulares, los cuales pueden servir al individuo o a la comunidad en general. Las glándulas tienen un buen desarrollo solamente si se mantiene una alimentación de calidad desde la recría hasta su etapa adulta, si esto cambia, el funcionamiento de los órganos puede verse alterado.

Sistema respiratorio: Matricardi (2014) expresa que los insectos en general no cuentan con órganos respiratorios centralizados, en su caso, la respiración se realiza mediante la contracción rítmica del abdomen. Las abejas poseen tráqueas y sacos aéreos, estos últimos son blandos y responden a los cambios de presión que se generan por las contracciones y expansiones del abdomen.

Sistema circulatorio: Es de tipo abierto, es decir, en lugar de correr por los vasos, la sangre (hemolinfa) cubre directamente todos los órganos, y solo en una parte del recorrido se encuentra encerrada en los vasos para circular en determinada dirección (Hickerman et al., 2000). Flotando en la hemolinfa se encuentran células sanguíneas. Sin embargo, ninguna de ellas tiene como función el transportar oxígeno (García y Cuenca, 2002). Este líquido principalmente sirve para transportar y almacenar nutrientes y hormonas, recoge sustancias tóxicas y defiende al cuerpo de infecciones y patógenos (Duttmann et al., 2013).

Sistema nervioso: El cerebro de la abeja se divide en tres secciones: el protocerebro, deutocerebro y tritocerebro, los cuales controlan el funcionamiento de todos los órganos, recibir, procesar y emitir respuestas a varios tipos de estímulos (García y Cuenca, 2002).

Los nervios ligados al primer ganglio torácico van hacia las extremidades delanteras y los nervios del segundo ganglio torácico conducen a los músculos alares y a los siguientes dos pares de extremidades traseras. Además, en el abdomen

se encuentran cinco ganglios, los cuales están encargados de regular las funciones de los órganos digestivos y también de la respiración. (Padilla, 2005) argumenta, que uno de los órganos más significativos son las antenas, por medio de estas se puede analizar el entorno y evidenciar si existe cambios de temperatura, humedad, viento, vibraciones y mensajes químicos.

2.1.5 Polinización

En la antigüedad ya se sabía que las flores necesitaban que este polvo amarillento llamado polen se trasladara de los órganos masculinos a los femeninos para que se realizara la polinización y de esta manera se dé el desarrollo de los frutos en las plantas (Gordón et al., 2002).

Sosenski y Domínguez (2018) manifiestan que la polinización es un servicio ecosistémico esencial para el bienestar de la sociedad y la subsistencia de una gran diversidad de especies. Además, la polinización es el proceso con mayor significancia en la vida de la flora con reproducción sexual, permite la mezcla genética que repercutirán en la herencia de las nuevas plantas.

Actualmente, la mayoría de angiospermas son polinizadas por insectos y otros animales, y una pequeña parte utiliza otros mecanismos de polinización como el viento. Los científicos calculan que cerca del 78% de comunidades vegetales en zonas templadas y el 94% en los trópicos son polinizadas por animales, lo que significaría que más de 308 mil especies de plantas con flores se reproducen sexualmente gracias a la intermediación de animales polinizadores (Ollerton et al., 2011).

Un cultivo polinizado de manera adecuada produce alimentos de mayor magnitud, uniformes y succulentos. Al contrario, con una polinización escasa o desigual, un cultivo produce frutas u hortalizas anómalas o blandas. Las abejas son una especie reconocida como uno de los principales polinizadores, pero no es el único insecto en realizarlo. El transporte del polen lo pueden efectuar diferentes agentes de polinización, estos pueden ser bióticos como: aves, insectos, murciélagos; y abióticos como el agua y el viento (Naranjo et al., 2019).

2.1.6 Apicultura en el Ecuador

Cabrera (2014) menciona que la apicultura en el Ecuador tuvo su inicio en 1870 con las colmenas traídas desde Francia por los Hermanos Cristianos, siendo Cuenca la cuna de la apicultura para luego esparcirse por todo el país. En 1909 el cuencano Dr. Luis Cordero, que más tarde llega a ser presidente de la República del Ecuador, realiza la primera publicación sobre apicultura, bajo el nombre de “Nociones de Apicultura”

Las Meliponas (abejas sin aguijón) eran las abejas nativas del Ecuador antes de la llegada de la especie europea, estas primeras eran cultivadas por los indígenas y los mestizos, pero tras la llegada de las abejas europeas se produjo un gran impacto al hablar de la supervivencia de las abejas nativas, ya que las europeas tenían un mayor tamaño y riqueza, por ende, fueron competidoras directas una especie de la otra, lo que provocó que las nativas se retiren de su propio hábitat. En cuanto a la polinización, los árboles con flores pequeñas también sufrieron un gran impacto, puesto que contaba con un cáliz profundo y estrecho, adaptado solamente al tamaño de las abejas nativas (Cabrera, 2014).

La especie de abeja que se ha venido manejando en el Ecuador es la italiana (*Apis mellifera* var. Ligústica), esto solo se dio hasta la década de los setenta, en este punto ingresa al país la abeja africana, que es la que se opera en la actualidad (*Apis mellifera* var. Adansonii). En 1956 las abejas africanas fueron introducidas al Brasil, con el propósito de mejorar la calidad de la abeja europea, se pensó que introducir una especie tropical funcionaría de una mejor manera. En 1957 enjambres completos escaparon de los apiarios, de esta forma se multiplicaron, emigraron y formaron hibridaciones con las europeas, las cuales se esparcieron por toda Latinoamérica.

En la actualidad la apicultura en el Ecuador se encuentra en crecimiento, sin embargo, en sus inicios no contaba con un buen desarrollo por múltiples factores, principalmente por la falta de apoyo del estado, el decadente protagonismo de sus actores y por una débil organización, además de contar con una tasa de

deforestación y de incendios elevada, por lo que se necesitó un cambio generacional (Cabrera, 2012).

En marzo del 2013 inició el programa sanitario apícola en la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, llamada Agrocalidad, el fin del programa comprende aminorar la prevalencia de las enfermedades que afectan a las abejas a niveles económicamente controlables. El programa comenzó con un catastro apícola para establecer la cantidad de explotaciones apícolas en cada provincia y el total de colmenas existentes, Los resultados señalan un total de 902 explotaciones, de los cuales el 70 % se encuentra en la Sierra, el 23 % en la Costa y el 7 % en el Oriente, con un total de colmenas de 12 188 colmenas desde octubre del 2013 a febrero del 2014 (Agrocalidad, 2014).

2.1.6.1 Flora apícola

Farouk et al. (2014) indica que las abejas y las corrientes de aire son los mayores polinizadores de plantas silvestres y de cultivos. Todas las especies de abejas, a excepción de unas pocas, se definen como fitófagas, su alimentación se basa en el consumo de polen, resinas y néctar. Algunas de estas especies transportan el polen en el buche, sin embargo, la mayoría cuenta con estructuras externas especializadas en su transporte y recolección hasta el nido. Son unas partes de su cuerpo específicas llamadas setas plumosas o en forma de gancho, las que permiten la facilidad de un buen agarre del polen en el proceso de recolección en flores, en donde las anteras no se pueden observar a simple vista.

En la actualidad, el valor económico de la polinización es mucho mayor que el de los subproductos que se obtienen de las abejas (miel, cera, etc.). Varios autores afirman que la interacción ecológica entre plantas y polinizadores es tan estrecha, que la desaparición de una desataría la extinción de la otra. Los estudios de abejas como visitantes florales en las regiones neotropicales son escasos, con objetivos limitados y metodologías variables. La flora apícola se ha distinguido principalmente por medio de observaciones de las visitas de la abeja melífera, lo que ha favorecido significativamente al conocimiento de la flora que les gusta más

y son útiles, pero hay una gran brecha con relación a los miles de especies de abejas silvestres existentes (Farouk et al., 2014)

La flora apícola es el conjunto de especies vegetales las cuales generan o segregan sustancias o elementos que las abejas recolectan para su utilidad. Principalmente, el néctar, polen, propóleos y de estas va a depender la productividad, calidad y diferenciación que pueden tener los productos de la colmena (Silva y Restrepo, 2017).

El Ecuador al ser un país megadiverso posee un alto índice de diversidad de especies vegetales, pero solo algunas son las que ofrecen un nivel elevado de polen y néctar, especialmente para las abejas, tal es el caso en la zona templada y en casi la mayor parte del callejón interandino, la miel proviene de especies introducidas, como el eucalipto (*Eucalyptus glóbulus*), en estado de floración este produce una gran cantidad de miel. Entre otras especies cultivadas;

- Alfalfa (*Medicago sativa*)
- Cítricos (*Citrus sp*)
- Aguacate (*Persea americana*)
- Mora (*Morus sp*) y (*Rubus sp*)
- Maíz (*Zea mays*)

Sobre todo, en la costa ecuatoriana, especies que producen una gran fuente de polen, laurel (*Laurus nobilis*), banano (*Musa paradisiaca*), etc. (Cabrera, 2012). Además, en áreas con vegetación como los pastizales se encuentran el trébol (*Trifolium sp*), el diente de león (*Taraxacum officinale*), el llantén (*Plantago major*), en zonas de rastrojos, especialmente en la provincia de Bolívar, Guaranda, crucíferas como el nabo (*Brassica rapa*) y rábano (*Raphanus sativus*). En forma silvestre, una gran cantidad de vegetación, entre ellas la chilca (*Baccharis salicifolia*), la ñachag (*Bidens humilis*), el izo, etc.

En el Ecuador, la apicultura es una de las actividades que normalmente se realiza. Existen pocos estudios efectuados, los principales son tesis de grado, en

estos estudios, se han registrado 197 especies de plantas de uso apícola, la mayoría nativas, pertenecientes a 157 géneros y 64 familias (Cabrera, 2012).

2.1.7 Agroquímicos

La utilización y el modo de empleo de estos productos impacta inespecíficamente a varias especies de insectos, incluyendo a las abejas, cuyos procesos de desintoxicación no son efectivos para soportar la exposición a estas sustancias. La disminución de polinizadores obtiene relevancia, si se tiene en consideración que un tercio del suministro de alimentos es totalmente dependiente de los polinizadores, exclusivamente las abejas, que en adición juegan un papel fundamental en la sustentabilidad ambiental. Por ende, el uso inadecuado de estos químicos afecta a las abejas, ya sea provocado por muerte, por contacto, ingestión, por consumo de néctar, resinas, polen y agua que se encuentran contaminadas (Merke, 2016).

Además, hay que acotar que los agroquímicos afectan la actividad normal en las células a lo largo de todo su ciclo de vida, específicamente en funciones celulares como la síntesis, el transporte, producción de energía y la eliminación de hormonas u enzimas (Chauzat et al., 2009).

2.1.7.1 Pesticidas

Los insecticidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas, entre otros, son algunos de los que componen al grupo de los pesticidas. Para la agricultura, estos químicos son considerados beneficiosos debido a que generan un incremento en el rendimiento de las cosechas, sin embargo, los pesticidas pueden presentar altos niveles de toxicidad para diversas formas de vida, sin seleccionar si se tratasen de especies destinadas para el producto o no. Esta toxicidad se ve potencializada por su alta persistencia en los ambientes donde se esparcen (Verma y Bhardwaj, 2015). Otro punto importante es que, cuando existe un crecimiento en el uso de estos químicos, se genera mayores impactos negativos tanto en la salud humana como en los ecosistemas, así como también a los enemigos naturales de las plagas y por supuesto a los polinizadores, como es el caso de *Apis mellifera* (Ha, 2014).

A continuación, se destacan los químicos encontrados en los pesticidas que más daño causan a las abejas:

- Organoclorados
- Glifosatos
- Organofosforados
- Neonicotinoides

Sin embargo, los organoclorados no se encuentran en distribución en la zona de estudio, cualquier producto con compuestos clorados se encuentran prohibidos en el Ecuador, debido a que tienden a acumularse en las grasas animales (Lozano, 2015). A su vez, los pesticidas organofosforados fueron promocionados en el mercado como una alternativa más ecológica y menos tóxica que los organoclorados, no obstante, sus compuestos son aún más tóxicos para los vertebrados, pero tienen una menor persistencia en el ambiente. Son encontrados tanto para productos herbicidas como insecticidas (Badii y Varela, 2015).

En el caso de los herbicidas a base de glifosato se menciona la generación de una hipersensibilidad de las abejas a estos químicos, la cual podría aumentar la letalidad a adultas y etapas larvales ocasionado por la exposición prolongada. Así, la intoxicación en larvas de abejas por los agroquímicos se ha relacionado con una alta tasa de mortalidad, incurriendo en el alto índice de daño a la especie (Riaño y Cure, 2016). Si se hablara a nivel sistémico, varias investigaciones han dado a conocer el efecto en procesos de funcionalidad del sistema nervioso, respuesta inmune y ciclo reproductivo. Además, el uso prolongado de algunas de estas sustancias químicas se encuentra relacionado con la pérdida de movimiento y coordinación de las abejas, ocasionando parálisis y convulsiones (Ingram et al., 2015).

Por último, los insecticidas neonicotinoides son de los que más alteraciones provocan a las poblaciones de abejas, ya que afectan el sistema nervioso de varios polinizadores, incluido a las abejas melíferas provocando parálisis y muerte, en la actualidad estos neonicotinoides son los insecticidas más utilizados a nivel mundial, son suministrados en polvo para recubrir las semillas, también en estado líquido

para asperjar de mejor manera las hojas de las plantas y directo al suelo, se encuentra contaminando tanto aguas superficiales, subterráneas y escorrentía, llegando a afectar lagos, ríos y aguas marinas. Se han encontrado neonicotinoides en miel y polen de las plantas, lo que da a entender las afectaciones hacia *Apis mellifera*, deprimiendo su sistema inmune haciéndolo mucho más sensible a las enfermedades bacterianas, virales y a los parásitos (Tapia et al., 2019).

2.2 Marco legal

La presente investigación tiene soporte en el marco legal vigente de la República del Ecuador, la cual promueve el cuidado y protección de la naturaleza y se especifican a continuación:

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

En vista de la decadencia y alto índice de mortalidad de polinizadores de la familia Apidae es necesario tomar en cuenta el título II de Derechos, Capítulo primero y título VII, los Art. 15 y 413, en el que se menciona el uso de prácticas, tecnologías y energías alternativas ambientalmente limpias que no contaminen y presenten bajo impacto en el equilibrio ecológico de los ecosistemas. Además del título II, Art. 73, el cual hace referencia a los derechos de la naturaleza, aquí se establece la aplicación de medidas de precaución y restricción respecto a actividades que provoquen la extinción de especies, destrucción de ecosistemas o conlleve a alteraciones de manera definitiva en los ciclos naturales (Constitución del Ecuador, 2008).

A su vez, en el título VII, capítulo segundo, se habla sobre la biodiversidad y recursos naturales, en los cuales los Art. 395 y 396 reconocen como principio ambiental un modelo sustentable ambientalmente equilibrado de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas por medio de medidas y políticas protectoras que el Estado ejercerá con el fin de evitar los impactos ambientales negativos en caso de existir daño (Constitución del Ecuador, 2008).

2.2.2 Convenios internacionales

Según los tratados vigentes en el Ecuador e involucrados con el tema de estudio son:

2.2.2.1 Convenio de Rotterdam

El Convenio de Rotterdam hace referencia a la aplicación del procedimiento de consentimiento previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos, objeto de comercio internacional revisado en 2013, el cual fue firmado por el Ecuador el 04 de mayo del 2004, en el Art. 1 tiene como objetivo el promover la responsabilidad del comercio de ciertos productos químicos peligrosos con el fin de la protección del medio ambiente por medio de la utilización racional de estos (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2004).

2.2.3 Leyes orgánicas

Dentro de las leyes orgánicas se encuentra el Reglamento del Código Orgánico del Ambiente, en donde se encuentran secciones que protegen de manera sostenible a especies de vida silvestre.

2.2.3.1 Reglamento del Código Orgánico del Ambiente

En el título I de vida silvestre, Capítulo II, Art. 96, hace mención a que se debe implementar un sistema de monitoreo para medir, evaluar y analizar los cambios que se generan de manera natural o por medio de intervenciones humanas en las especies de vida silvestre. Además, el capítulo IV, Art. 104, hace referencia al aprovechamiento sostenible de especies silvestres tanto in situ como ex situ con fines comerciales, se autorizará con base en el conocimiento técnico y de acuerdo con los principios de prevención, precaución, indubio pro-natura y de equidad (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019).

2.2.4 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025

El planeta Tierra avanza hacia un modelo económico y de sociedad en donde se debe dar prioridad el equilibrio con el ambiente y sobrellevar moderadamente el

uso de los recursos naturales. La adaptación al modelo de economía circular requiere la implementación de políticas específicas, por un lado, se debe revertir los daños que mantienen los ecosistemas y además generar asentamientos que lleven a la creación de empleo y oportunidades. Lo que se propone es avanzar las condiciones legales, económicas y de protección ambiental necesarias para desarrollar el funcionamiento de las actividades humanas con criterio ambiental y de transición ecológica, mediante la programación de acciones que permitan la conservación de hábitat, gestión eficiente de los recursos naturales y la reparación de ecosistemas, así como menciona el objetivo 11 (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

La presente investigación se realizó en el cantón Ibarra, en las parroquias de Ambuquí, La Esperanza, San Antonio, Angochagua y San Miguel de Ibarra, ubicadas en la provincia de Imbabura con una extensión territorial de 551.25 km² (Figura 3). Además, el cantón se encuentra limitado al norte con la provincia del Carchi, al sur con la provincia de Pichincha, al oeste con los cantones de Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo y al este con el cantón Pimampiro. Presenta elevaciones que van desde los 1600 a 4500 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ibarra [GAD Ibarra], 2020). El cantón cuenta con paisajes únicos que han ido cambiando a lo largo del tiempo, en la ciudad de Ibarra se encuentran dos formaciones volcánicas: el volcán Cubilche y el volcán Imbabura, representativos del cantón (Jácome et al., 2020).

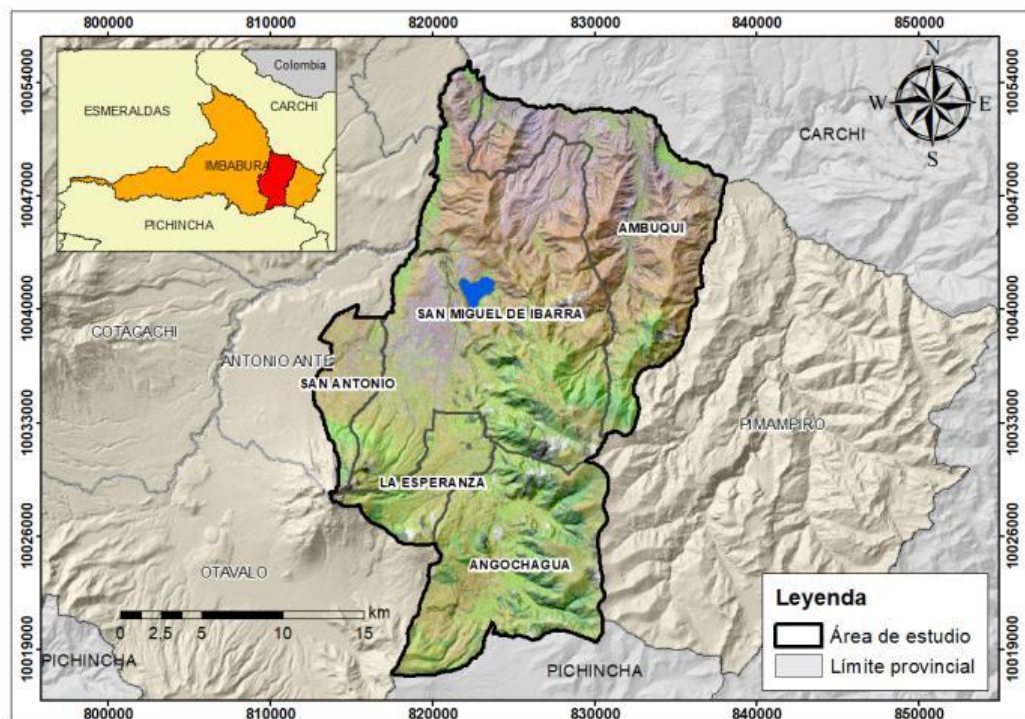


Figura 3. Área de estudio

3.1.1 Factores climáticos

Los factores climáticos como la precipitación, temperatura, humedad relativa, zona de vida y radiación solar son factores climáticos indispensables para determinar la caracterización del clima, como se muestran en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados de las parroquias: San Miguel de Ibarra, Ambuquí, Angochagua, La Esperanza y San Antonio, indicando la altitud y precipitación promedio anual, temperatura y el clima presente en cada parroquia (Tabla 3).

Tabla 3. Factores climáticos de las cinco parroquias de la zona de estudio

Parroquias	Clima	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura (° C)
San Miguel de Ibarra	Ecuatorial mesotérmico semihúmedo y ecuatorial de alta montaña.	3000-3700	500 - 1400	13 – 24
Ambuquí	Ecuatorial mesotérmico seco, ecuatorial mesotérmico semihúmedo y ecuatorial de alta montaña	1600 - 3200	500 - 2000	8 – 24
Angochagua	Ecuatorial mesotérmico semihúmedo y ecuatorial de alta montaña	2800 - 3800	700 - 1500	10 – 16
La Esperanza	Ecuatorial mesotérmico semihúmedo y ecuatorial de alta montaña	2400 - 4600	750 - 1250	7– 12
San Antonio	Ecuatorial mesotérmico semihúmedo y ecuatorial de alta montaña	2040 - 4620	600 - 1000	9.8 – 17

Fuente: (GAD Ibarra, 2020; GAD Ambuquí, 2015; GAD Angochagua, 2015; GAD San Antonio, 2015; GAD La Esperanza, 2015).

3.1.2 Ecosistemas y cobertura vegetal

Los ecosistemas presentes en el cantón se identifican de acuerdo con áreas y zonas de prioridad de conservación que representan los ecosistemas frágiles como: Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes distribuido en las parroquias de San Antonio, La Esperanza, Angochagua y Ambuquí. Este ecosistema está siendo amenazado por las actividades antrópicas, especialmente sustituidas por cultivos que ejercen presión, lo que impide su completa conservación (GAD Ibarra, 2020).

En el cantón la cobertura de suelo que se identifica en las parroquias de La Esperanza, San Antonio y zonas rurales de San Miguel de Ibarra es páramo herbáceo y en Angochagua el páramo arbustivo y herbáceo. Además, el principal uso del suelo en estas parroquias es el uso agropecuario. Considerando como utilización de aprovechamiento y ocupación del suelo, la actividad agrícola es la predominante en el área de estudio (GAD Ibarra, 2020).

3.1.3 Zonas agroecológicas

De acuerdo con el GAD Ibarra (2020) el cantón presenta 14 zonificaciones agroecológicas. En donde los cultivos andinos como la papa (*Solanum tuberosum*) se desarrollan de manera óptima en las parroquias de La Esperanza y San Antonio; la parroquia de Ambuquí es característica de cultivos frutales; y la parroquia San Miguel de Ibarra presenta condiciones óptimas para los cultivos de chochos (*Lupinus mutabilis*), uvilla (*Physalis peruviana*), amaranto (*Amaranthus*), entre otros.

Con relación al uso del suelo, la actividad agropecuaria a nivel cantonal presenta una extensión territorial de 314.84 km². De acuerdo con las categorías de uso potencial del suelo, en las parroquias La Esperanza y Angochagua están constituidas por tierras con muy ligeras limitaciones, donde el desarrollo de actividades agrícolas es muy utilizado en estas zonas, con respecto a las parroquias de Ambuquí y San Antonio representadas por tierras ligeras y moderadas limitaciones (Instituto de Estudios Ecuatorianos, 2015).

3.1.4 Zonas apícolas

En la provincia de Imbabura se encuentran 157 apicultores distribuidos en todos los cantones, siendo el cantón Ibarra el principal cantón que contiene a la mayoría de los apicultores, seguido del cantón Cotacachi y Otavalo. El número de apiarios de toda la provincia se encuentra entre las 166 y 2840 colmenas (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2021).

La mayoría de los apicultores en el cantón Ibarra está representado por productores hombres, el principal establecimiento comercial enfocado en la venta de herramientas para apiarios es apícola Imbabura que sirve como proveedor para los pequeños productores, además de brindar asesoría en la creación de colmenas, ya que en el cantón no existe en sí una asociación que albergue a todos los apicultores ya existentes y aquellos que empiezan en esta actividad.

3.2 Métodos

La presente investigación se llevó a cabo por métodos de carácter cualitativo y cuantitativo por lo que considera que es de tipo mixto.

3.2.1 Nivel de impacto causado por el uso de pesticidas

Las actividades durante este primer objetivo determinaron cuáles son los impactos ambientales generados por los cultivos que se desarrollan alrededor de los apiarios y la incidencia que tienen estos en las abejas.

3.2.1.1 Obtención de información secundaria

En esta actividad se determinaron registros de los apicultores hasta el año 2020 presentes en la provincia de Imbabura. Para esto se entregó un oficio en el MAGAP dirigido al director distrital Ingeniero William Suárez donde se requirió los siguientes puntos de los apiarios presentes en la provincia de Imbabura: ubicación en coordenadas de cada apiario, número de apiarios, número de

colmenas, colmenas por productor, genética (especies utilizadas), productividad, tipo de colmenas, trashumancia, alimentación suplementaria y flora apícola.

En el mes de junio se recibió la respuesta del MAGAP, en la cual se obtuvo la información establecida, sin embargo, se realizó una actualización de datos respecto al área de estudio de las parroquias San Miguel de Ibarra, San Antonio, La Esperanza, Angochagua y Ambuquí. Las coordenadas de los apicultores que no se encontraban en el registro del MAGAP se obtuvieron por medio de GPS, teniendo un total de 45 apicultores dentro del área de estudio (Tabla 4).

Tabla 4. Apicultores registrados en el área de estudio

Parroquias	Apicultores
Ambuquí	5
Angochagua	10
La Esperanza	5
San Antonio	11
San Miguel de Ibarra	14
Total	45

Fuente: (MAGAP, 2021)

Además, se obtuvo información de los cultivos aledaños a los apiarios por medio del sitio web del MAGAP (<https://www.agricultura.gob.ec/>) siendo esta de libre acceso, se descargó el *shapefile* de cobertura vegetal con información del año 2021, se procesó en el software ArcGIS 10.8 con la finalidad de delimitar el área de estudio, obtener los cultivos presentes en cada parroquia y su extensión (Ha) (Anexo 1), teniendo un total de 20 cultivos registrados.

3.2.1.2 Encuestas

Mediante salidas de campo a los apiarios y alrededores de las parroquias San Miguel de Ibarra, San Antonio, Angochagua, Ambuquí y La Esperanza, se aplicó encuestas de tipo analítica exploratoria (Romo, 1998), dirigida a los apicultores, en este caso no se realizó ningún tamaño de muestra de la población, esta no representa un número superior a 100 (Torres et al., 2006), La información

clave para las encuestas consistió sobre la actividad apícola y agrícola que presentan implicaciones en las poblaciones de abejas.

En los meses de julio y agosto del 2021 se visitó a los apicultores, donde se aplicó la encuesta explicativa (Anexo 2), conformada por 24 preguntas distribuidas en dos secciones correspondientes con la actividad apícola y agrícola. En la primera sección se estableció 17 preguntas con preguntas abiertas y cerradas enfocadas en los apiarios, cuidados de las abejas y la flora apícola. En la segunda sección se estableció 7 preguntas relacionadas con la agricultura y la incidencia en el desarrollo de las abejas. La información obtenida fue respaldada por medio de fotografías.

3.2.1.3 Entrevistas

En relación con las preguntas establecidas en la encuesta respecto a la actividad agrícola, se determinaron los agroquímicos empleados en los cultivos más producidos alrededor de los apiarios. (Añorve, 1991) menciona que la mejor forma de recolectar esta información es por medio de entrevistas semiestructuradas a actores involucrados. En este caso fueron a los relacionados con los agro servicios, encontrándose los principales en la parroquia San Miguel de Ibarra. Se entrevistaron a los encargados de seis agro servicios (Tabla 5) siendo los más reconocidos por los agricultores.

Tabla 5. Agro servicios presentes en el área de estudio

Código	Agro Servicios
AS 1	Agripac
AS 2	La Granja
AS 3	Agrícola San Blas
AS 4	Soluciones Agropecuarias su Confianza
AS 5	Agrícola Buenos Aires
AS 6	La casa de los abonos

A finales del mes de agosto se aplicó la entrevista semiestructurada a los encargados de los agro servicios (Anexo 3), conformada por siete preguntas

realizadas para cada cultivo. Las preguntas contemplaban aspectos: tipos de agroquímicos utilizados habitualmente, ingredientes activos, dosis establecidas, frecuencia en la aplicación, forma de dispersión e incidencia que presentan en las abejas. Además, se efectuó revisión bibliográfica. Esto, con el fin de establecer porcentajes y datos que fueron empleados en el siguiente método de evaluación para impactos ambientales.

3.2.1.4 Evaluación de impactos ambientales en apiarios

Para el desarrollo de esta actividad, se optó por la matriz propuesta por Vicente Conesa Fernández, la utilización de esta matriz consiste en las características de tipo causa – efecto, estas desarrollan una comparación de causalidades de una acción y los efectos sobre el ambiente (Coy y Gómez, 2017). Para la realización de la matriz se determinó los cultivos que se encuentren en los alrededores de los apiarios y el uso de agroquímicos que se emplean, a su vez, se desarrolló el esquema de entradas y salidas de cada cultivo. Por medio de estos datos se dispuso a la evaluación de impactos ambientales utilizando la siguiente fórmula para el cálculo de la importancia (I) de un impacto ambiental (Fernández Vítora et al., 1997).

$$I = N [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

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 de (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto (Tabla 6). El resultado de la matriz es la obtención de los procesos o en este caso agroquímicos que más daño causan a la familia Apidae, los cuales estarán categorizados entre irrelevantes, moderados, severos y críticos.

Tabla 6. Matriz de importancia de Conesa Fernández

Naturaleza (N)		Intensidad (I)	
- Impacto beneficioso	+	- Baja	1
- Impacto perjudicial	-	- Media	2
		- Alta	4
		- Muy alta	8
		- Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
- Puntual	1	- Largo plazo	1
- Parcial	2	- Mediano plazo	2
- Extenso	4	- Inmediato	3
- Total	8	- Crítico	(+4)
- Crítica	(+4)		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
- Fugaz	1	- Corto plazo	1
- Temporal	2	- Medio plazo	2
- Permanente	4	- Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
- Sin sinergismo (simple)	1	- Simple	1
- Sinérgico	2	- Acumulativo	4
- Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
(Relación causa-efecto)		- Irregular o aperiódico o discontinuo	1
- Indirecto (secundario)	1	- Periódico	2
- Directo	4	- Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		-Mitigable	4
-Recup. Inmediato	1	-Irrecuperable	8
-Recuperable	2		

Fuente: (Fernández Vítora et al., 1997)

3.2.2 Determinación de modelos de distribución y nicho ecológico para *Apis mellifera*

Para el modelamiento de nicho ecológico se utilizaron datos de presencia de la especie, variables ambientales por medio de diferentes bases de datos, las cuales se proyectaron en el software MaxEnt.

3.2.2.1 Puntos de presencia de *Apis mellifera*

Se recopiló datos de presencia georreferenciada en el cantón Ibarra a través de la base de datos de libre acceso Gbif (<https://www.gbif.org/>) e Inaturalist (<https://www.inaturalist.org/>). Los datos presentaron proyección del periodo 2010-2020. Estos fueron compilados en una base de datos con fines de mapeo y modelado de distribución de la familia, con la finalidad de revisar y depurar datos duplicados en un documento Excel, además de identificar la especie más representativa en las parroquias San Miguel de Ibarra, San Antonio, Angochagua, Ambuquí y La Esperanza.

La información levantada corresponde a la especie *Apis mellifera* con un total de 38 registros de presencia definitivos en las cinco parroquias. En la parroquia San Miguel de Ibarra se encontraron un total de 34 puntos de presencia, Angochagua con dos puntos, las parroquias de Ambuquí y San Antonio cada una con un punto, y en La Esperanza no se registró ninguno (Figura 4). Para proyectar los registros de presencia georreferenciados, se convirtió el archivo Excel a un libro en formato de texto denominado Valores Separados por Comas (CSV, *comma-separated values*), el cual representa los datos en columnas separado por comas y las filas separado con un salto de línea en forma de una tabla con formato sencillo (Ortega, 2015).

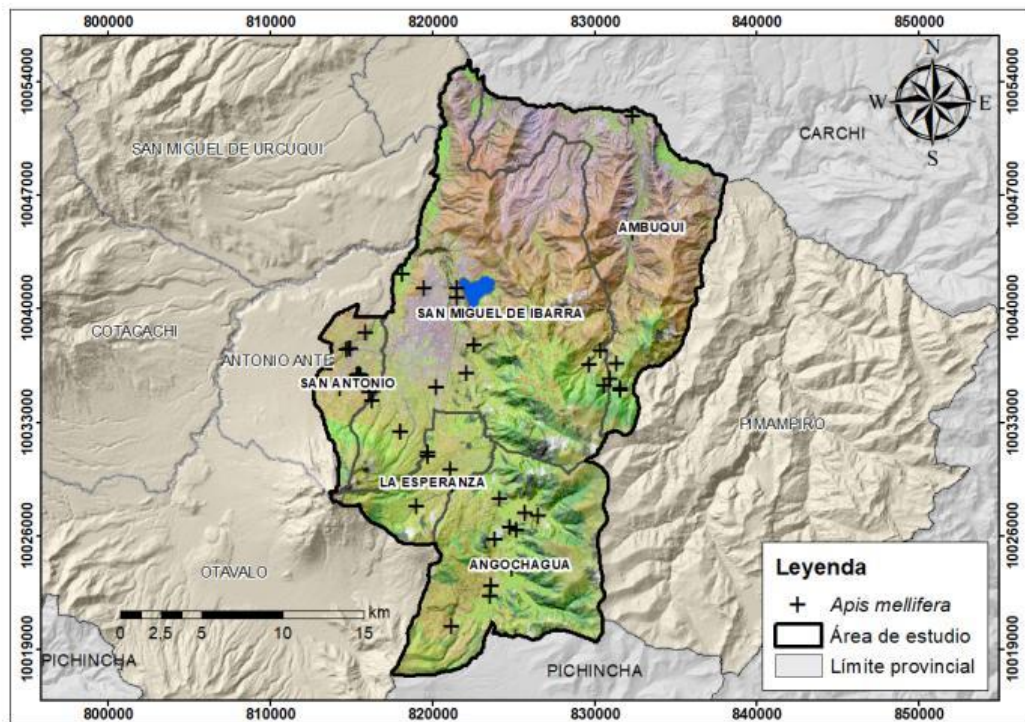


Figura 4. Registros de presencia de *Apis mellifera*

3.2.2.2 Variables ambientales

Para determinar la distribución de la abeja (*Apis mellifera*) se utilizaron variables climáticas mensuales de temperatura, precipitación, radiación solar, velocidad del viento y elevación además variables ambientales de la producción de miel, NDVI (índice diferencial de vegetación normalizado), cobertura vegetal, cultivos y agroquímicos (Rosas, 2016; Ruiz, 2017).

Las variables climáticas se obtuvieron de la base de datos de libre acceso *Global Climate Data WorldClim 2.1* (www.worldclim.org), presentando información en formato raster (.tif) con datos mensuales para precipitación (mm), temperatura (°C), velocidad del viento (ms^{-1}), radiación solar ($\text{kJ m}^{-2} \text{día}^{-1}$) y elevación (msnm). Estos datos representan la media de los años 1970-2000 con una resolución espacial de 1km^2 o 30 arcossegundos (Fick y Hijmans, 2017). Las variables bioclimáticas (Tabla 7) corresponden a valores mensuales de temperatura y precipitación.

Tabla 7. 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/ Mes
BIO 6	Temperatura
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
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).

Para el mapa de índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI), se obtuvo una imagen satelital del año 2020 por medio del portal web *Earth Explorer* (www.earthexplorer.usgs.gov), donde posteriormente la imagen LANDSAT 8 se procesó en el software ArcGIS 10.8 cargando las bandas 4 y 5, con la herramienta *Image Analysis* se obtuvo los valores del NDVI del área de estudio.

La variable de producción de miel fue compilada por los datos que se obtuvieron en las encuestas aplicadas a los apicultores manifestando su producción anual en litros. Los datos se procesaron en un archivo csv en el software ArcGIS 10.8 con sistema de coordenadas UTM, posterior se realizó el análisis exploratorio de los datos eliminando datos atípicos en el software estadístico IBM SPSS por el método logaritmo base 10 y con la prueba de normalidad Shapiro-Wilk se verificó la normalidad de los datos.

Jácome et al. (2018) menciona que, la aplicación del modelo de interpolación corresponde a parámetros significativos establecidos estadísticamente

para ubicar las áreas óptimas de presencia de *Apis mellifera*, por lo que fue sujeto por el muestreo aleatorio por medio de la herramienta *Geostatistical Analyst* para dividir los datos en dos muestras, teniendo la primera muestra designada entrenamiento para realizar la interpolación de los datos y la segunda muestra de prueba para validar la misma por medio del método Kriging siendo el mejor estimador con una varianza mínima.

El *shapefile* de cobertura vegetal del año 2021 se descargó del sitio web del MAGAP (<https://www.agricultura.gob.ec/>), en la tabla de atributos se añadió el campo para clasificar los tipos de cobertura presentes en el área de estudio teniendo valores de 0 a 5 siendo 5 las zonas de interés para las abejas y 0 zonas de baja cobertura vegetal.

En el caso de los agroquímicos, tanto los pesticidas como los fertilizantes se realizaron de la misma forma, fueron categorizados por medio del software ArcGIS 10.8, de tal manera que se dividieron en cuatro químicos: herbicidas, fertilizantes, fungicidas e insecticidas, para proceder a diferenciar a cada uno se aplicaron rangos de toxicidad, debido a que no todos los cultivos utilizan los cuatro tipos de agroquímicos. Vale recalcar que gracias a las entrevistas a los agro servicios de la zona se obtuvo varios nombres de los químicos que se emplean en los cultivos estudiados. El método de categorización de toxicidad se dio por medio de la clasificación toxicológica de las etiquetas (Tabla 8):

Tabla 8. Clasificación de toxicidad de los agroquímicos

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

Una vez procesada la información de los *raster* de las variables climáticas y ambientales, se utilizó la herramienta *Extract by mask* y *Resample* en el software ArcGIS 10.8 para recortar cada raster con el área de estudio y cambiar la resolución espacial a 30 m (Moya et al., 2017), respecto a la dimensión del área de estudio

delimitando para las parroquias San Miguel de Ibarra, San Antonio, La Esperanza, Angochagua y Ambuquí. Además, cada variable tuvo una proyección en las coordenadas UTM WGS_1984_UTM_Zone_17S.

3.2.2.3 Análisis estadístico de colinealidad

Para identificar la colinealidad existente entre variables se empleó los métodos: valor absoluto de los coeficientes de correlación y la tolerancia. Los umbrales de correlación para el valor absoluto son >0.7 teniendo que si se supera este umbral la colinealidad es alta y en la tolerancia el umbral expresado es <0.1 valores inferiores a este valor presentan una colinealidad alta, permitiendo determinar qué tan correlacionadas están las variables predictoras (variables independientes) dentro del modelo (Dormann et al., 2013).

Para desarrollar el análisis de multicolinealidad, se extrajo la cantidad de columnas y filas de los archivos *raster* correspondientes a las variables bioclimáticas, para generar el tamaño de muestra, obteniendo 385 puntos aleatorios procesados en ArcGIS 10.8 con las herramientas *Create Random Point* y *Extract Multi Values*.

Una vez obtenido el tamaño de muestra se calculó la multicolinealidad por medio del software XLSTAT en Excel y RStudio versión 2021.09.2, identificando seis variables bioclimáticas con valores pequeños a partir de la matriz de correlaciones superando un umbral >0.7 , además, se justificaron la selección de las variables con el método de tolerancia con un umbral <0.1 tal como lo aplica (Jácome et al., 2019a), por lo tanto, si las correlaciones exceden el umbral la colinealidad es alta, obteniendo las siguientes variables: temperatura media mensual (BIO02); isothermalidad (BIO03); rango anual de temperatura (BIO07); precipitación del mes más húmedo (BIO13); precipitación del cuatrimestre más cálido (BIO18) y precipitación del trimestre más frío (BIO19) (Figura 5).

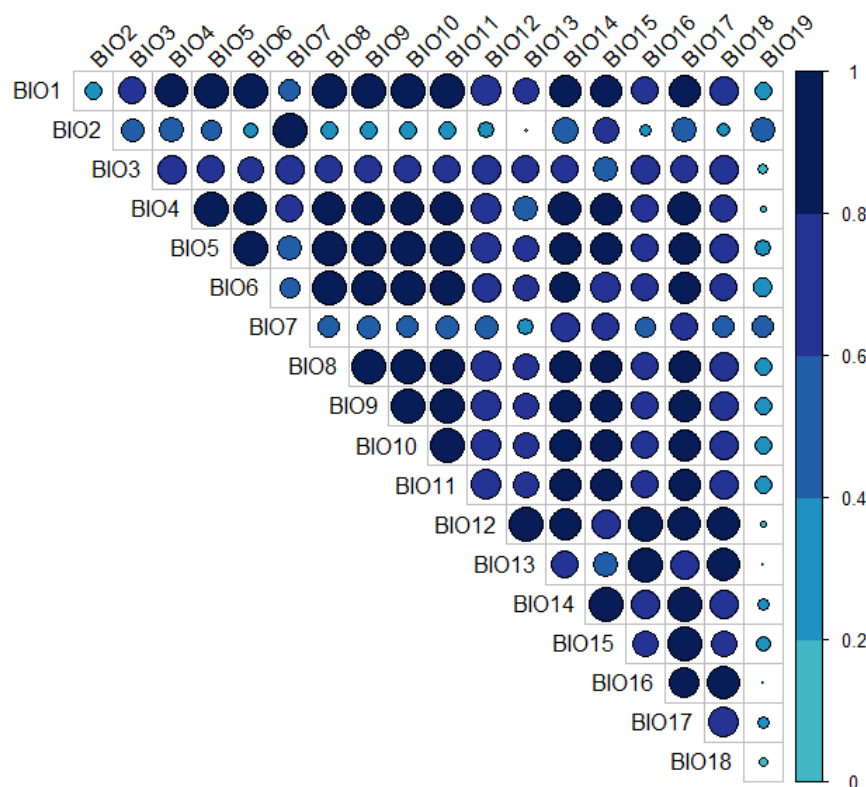


Figura 5. Análisis de correlación de variables bioclimáticas

3.2.2.4 Modelo de nicho ecológico

Son herramientas importantes para predecir el hábitat adecuado de una especie en particular ya que han sido utilizados ampliamente con datos de presencia o presencia y ausencia juntamente con variables ambientales y físicas con el fin de mejorar el hábitat idóneo (Jácome et al., 2019b).

Se empleó el software MaxEnt versión 3.4.0 el cual utiliza como datos únicamente los puntos de presencia y las variables bioclimáticas que se encuentran asociadas a cada uno de los puntos basado en el principio de máxima entropía (Phillips et al., 2017), este al presentar algunas restricciones en las entradas respecto a la proyección de los datos, los cuales presentan formatos distintos, se empezó realizando una preparación previa de los mismos (Jácome, 2018).

Para generar el modelo de nicho ecológico de la abeja (*Apis mellifera*) se utilizó los puntos de presencia en formato CSV, además de la radiación solar,

velocidad del viento, elevación y las bioclimáticas que no presentaron multicolinealidad, siendo la Bio2, Bio7, Bio13, Bio18 y Bio19, mientras que las variables físicas fueron la producción de miel, cobertura vegetal, NDVI y agroquímicos.

Se cambió el formato GRID o Tif de las capas debido a que el programa carga en formato ASCII. Al momento que todos los datos se encuentran en los formatos correctos, se estableció los parámetros para ejecutar el modelo para su uso en MaxEnt. Una vez ya listo el programa, se cargó los datos de presencia y las variables predictoras, cada una de estas en la sección proporcionada (Fátima et al., 2016).

Además, para estimar mejor la predicción de nicho ecológico, MaxEnt genera una prueba Jackknife y curvas de respuesta indicando las variables más significativas para el modelo. El gráfico Jackknife muestra cómo se utilizaron las variables y como influyeron en el modelo, primero se procesa a cada variable excluida de las demás, creando un modelo con las variables restantes. Luego, un modelo usando cada variable por separado y, por último, un modelo uniendo todas las variables. Las curvas de respuesta permiten evidenciar como cada variable afecta la posibilidad de presencia a medida que cambian los parámetros ambientales, por lo tanto, muestran los valores de las curvas que van de 0 a 1, siendo 1 la probabilidad de aparición de las abejas. Las gráficas muestran en el eje “x” el cambio en las variables y el eje “y” el cambio del índice de probabilidad (Steven y Phillips, 2009). Todos estos parámetros ayudan a interpretar los resultados.

3.2.2.5 Métodos de validación del modelo de nicho ecológico

Para la validación del modelo MaxEnt se utilizó el área bajo la curva ROC (*Receiver operating characteristic analysis*) o valor AUC (*Area Under the Curve*). La curva ROC o AUC se representó en una gráfica donde se determinó la capacidad discriminativa del modelo respecto a los puntos de corte que presente. El valor que este proceso comprende oscila entre 0-1; donde el valor de 1 corresponde a una correcta clasificación, el valor de 0,5 indica que el modelo no clasifica correctamente respecto al azar y valores menores a 0,5 que el modelo no es el

adecuado para realizar el proceso para determinar el nicho ecológico (Allouche et al., 2006).

En la actualidad, el método ROC es la métrica más utilizada y ha llegado a ser un estándar de evaluación de la capacidad discriminante de los modelos. Sin embargo, algunos autores han puesto en duda su eficacia y esto es por las diferentes limitaciones relacionadas con la naturaleza de los datos (presencia/ausencia, presencia/*background*) y además la extensión del área de estudio (Lobo et al., 2008). Por esta razón, se decidió implementar el método estadístico TSS (*True Skill Statistic*).

TSS es una métrica la cual varía desde 0 (similar al 0.5 de ROC) a 1 (predicción perfecta). Aquellos con TSS bajo los 0.4 se les considera como modelos “pobres”, entre 0.4 y 0.8 como “buenos” y “excelentes” desde el 0.8 – 1 (Gallien et al., 2012). El fin de la utilización de este estadístico es para corroborar que la validación del área bajo la curva es genuina y que el error del resultado de los datos es mínimo o nulo.

3.2.3 Propuesta de estrategias para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales

Las actividades durante este tercer objetivo determinaron las estrategias necesarias para la solución de los problemas existentes en los apiarios del cantón Ibarra, todo en base al criterio ambiental.

3.2.3.1 Identificación y listado de problemas en los apiarios

En las salidas de campo desarrolladas en el primer objetivo se incluyeron preguntas y conversaciones que brinden información relevante sobre los inconvenientes que los productores han tenido durante todo su trayecto en este negocio. Por lo tanto, se identificaron 11 problemas principales, adicionalmente se incluyó información secundaria para un mejor resultado. Una vez obtenidos los problemas se detallaron cada uno de ellos.

3.2.3.2 Realización de la matriz de Vester

Esta consiste en datos de entrada que corresponden a los 11 problemas identificados previamente, para establecer el nivel de casualidad presente entre ellos. La calificación que se ejerce en la matriz dependerá del investigador, esto de acuerdo con los problemas que se identifiquen (Bermúdez y Gómez, 2001). Además, esta matriz se aplicó en conformidad a los siguientes pasos (Tabla 9):

Tabla 9. Pasos para la realización de la matriz de Vester

Pasos	Descripción
1	Identificación y listado de los problemas o variables
2	Análisis de los problemas
3	Asignar un identificador a los problemas
4	Construcción de la matriz y ubicación de los problemas
5	Calificación de los problemas causas y efectos
6	Suma de filas y columnas
7	Representación gráfica de los problemas
8	Clasificación gráfica

Fuente: (Camargo et al., 2020)

Para poder clasificar los problemas o variables se consideran los siguientes criterios: el valor 0 es no lo causa, el valor 1 quiere decir causa indirecta o que tiene una relación de causalidad débil, 2 lo causa de forma semidirecta o que tiene una relación de causalidad media y 3 es causa muy directa.

3.2.3.3 Representación gráfica de problemas

La caracterización de los problemas se realizará de acuerdo con las siguientes categorías (Bermúdez y Gómez, 2001):

- **Pasivos:** no influyen sobre los demás problemas, pero son causados por la mayoría, por lo tanto, son problemas consecuencia, estos son indicadores de cambio.
- **Activos:** presentan influencia sobre los otros problemas, por lo que son clave sobre el problema central.

- **Críticos:** se encuentran influenciados por la mayoría de los problemas, y requieren un análisis y manejo adecuado, los resultados finales dependerán de este.
- **Indiferentes:** son de baja influencia, no son causados por ningún otro problema, y son de baja prioridad.

Y, por consiguiente, seleccionar a los grupos de problemas que se encuentren en las categorías de críticos y activos, estos son los más significativos por el nivel de influencia que presentan hacia los demás.

3.2.3.4 Árbol de problemas

El segundo método gráfico que se empleó es la creación de un árbol de problemas en el que se evidencian cuáles son los problemas causantes y los problemas consecuentes, a su vez se logró identificar cuál es el problema central y eje de todos los demás. (Martínez y Fernández, 2012) menciona que, esta técnica facilita y agiliza la identificación y la organización de las causas y consecuencias de un problema, hay que recalcar que esta herramienta es complementaria y no de sustitución a la información base. El tronco del árbol se identifica como el problema central, las raíces son las causas y las hojas con las consecuencias, lo que conlleva a reflejar la interrelación entre causas y efectos.

Finalmente, luego de la identificación de todos los problemas y su relacionamiento, se procedió a la búsqueda de información secundaria con el fin de incorporar las estrategias guiadas al crecimiento de la población de polinizadores de la mano con el criterio ambiental.

3.3 Materiales y equipos

La

Tabla 10 muestra el listado de materiales y equipos a utilizar, clasificándose en fase de campo y fase de oficina.

Tabla 10. Materiales, equipos y softwares que se utiliza en la investigación

Materiales	Equipos	Softwares
Fase de campo		
Encuestas	Cámara de fotos	-
Mascarillas	Vehículo	-
Gel antiséptico	-	-
Botas	-	-
Libretas	-	-
Esferos	-	-
Fase de oficina		
Laptop HP y Laptop ACER	-	Excel
-	-	ArcGIS
-	-	MaxEnt
-	-	RStudio

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Nivel de impactos causados por el uso de pesticidas dentro del área de estudio

A continuación, se presenta la tabulación generada de las respectivas encuestas aplicadas en cada una de las parroquias de la zona de estudio.

4.1.1 Recolección de información

La perspectiva social y productiva de los apicultores es importante para comprender las interacciones que se han generado entre las abejas y las actividades antrópicas creadas por el hombre en el cantón Ibarra, por lo que se refleja en la información brindada de cada uno de ellos.

4.1.1.1 Localización de apicultores

Al momento de obtener una base de datos con información de los apiarios de la provincia de Imbabura por parte del MAGAP, se diagnosticó la cantidad de 43 apiarios. Sin embargo, al actualizar la base de datos se obtuvo 45 en total, esto se dio por información adicional brindada por los mismos apicultores, informando la existencia de personas que se integraron en la actividad apícola y mencionando que otros habían dejado de laborar en esta actividad.

Las parroquias con menos apiarios activos fueron Ambuquí y La Esperanza, mientras que la parroquia San Miguel de Ibarra contó con 14 (Tabla 11

Tabla 11), el alto número de apiarios de esta última es debido a que presenta una mayor extensión a comparación de las demás parroquias.

Tabla 11. Número de apiarios localizados por parroquia

Parroquias	Apiarios	Porcentajes
Ambuquí	5	11%
Angochagua	10	22%
Ibarra	14	31%
La Esperanza	5	11%
San Antonio	11	24%
TOTAL	45	100%

También vale recalcar que del 100% de los apicultores solo el 6% pertenece a una asociación apícola (Figura 6). En la opinión de (Cabrera, 2008) esto se debe a la falta de interés que se le da a la apicultura en el Ecuador, una verdadera limitante para el buen desempeño de esta actividad es la carencia de leyes de apicultura, otra agravante es la falta de información que se da sobre lo que las asociaciones deberían hacer por sus asociados como serían temas de desinfección, cuidado, alimentación, servicios para los miembros, beneficios. Lo que se logra con esto es que los apicultores prefieran no pertenecer a ninguna asociación y sobrellevar cada apiario por su cuenta o con ayuda de instituciones públicas.

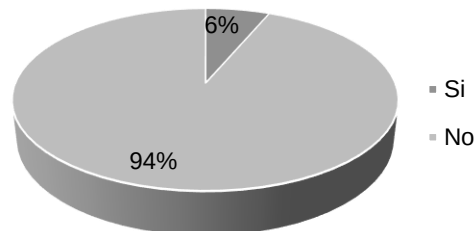


Figura 6. Apicultores pertenecientes a asociaciones apícolas

4.1.1.2 Colmenas y apiarios

La Figura 7 (a) presenta la cantidad más significativa de apiarios que tiene cada apicultor, estos datos, ligados al valor más significativo de las colmenas en la Figura 7 (b) que son dos, indica que esta puede ser solo una actividad de pasatiempo o parte de una serie de actividades que generan sus ingresos, por lo tanto, la mayoría de los apicultores no basan todos sus ingresos a la actividad apícola.

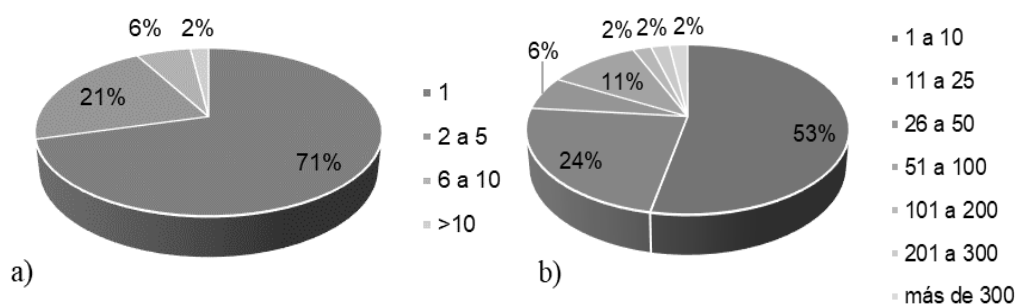


Figura 7. a) Número de apiarios; b) Número de colmenas

Vivanco et al. (2020) menciona que la actividad apícola en el Ecuador es una actividad complementaria que da la posibilidad de crecer económicamente, sin embargo, son pocos los que se dedican con exclusividad a esta disciplina. La presencia mayoritaria de pequeños y medianos productores conducen a la informalidad, ligando directamente a la falta de información brindada a las personas, si se tuvieran las capacitaciones suficientes para el manejo de los apiarios, la realidad en el país sería diferente (Figura 8).



Figura 8. Colmena en la parroquia La Esperanza

4.1.1.3 Especies de abejas y su producción

La *Apis mellífera* son las abejas productoras de miel y dentro de estas se encuentra la hibridación africanizada, estas son las que se encuentran en todo el territorio ecuatoriano, sin embargo, si se pueden encontrar otras especies de abejas productoras en la zona, como son las introducidas en la época colonial; las europeas (Efecto colmena, 2019).

El 47% de los apicultores prefiere o tiene abejas africanizadas, como se detalla en la Figura 9 (a). (Guzmán et al., 2011) ratifica que las reinas de esta especie son extraordinariamente prolíficas, pueden llegar a poner hasta 3000 huevos al día, a diferencia de las europeas, que no suelen alcanzar los 2000. También se destaca que las africanizadas tienden a enjambrazar con mayor rapidez, por ende, se puede tener un gran aumento de colonias a lo largo de un año, una misma colonia puede llegar a crear hasta ocho enjambres en un año. (Otis, 1991) por el contrario, encontró que se podría enjambrazar hasta 16 veces en el mismo año.

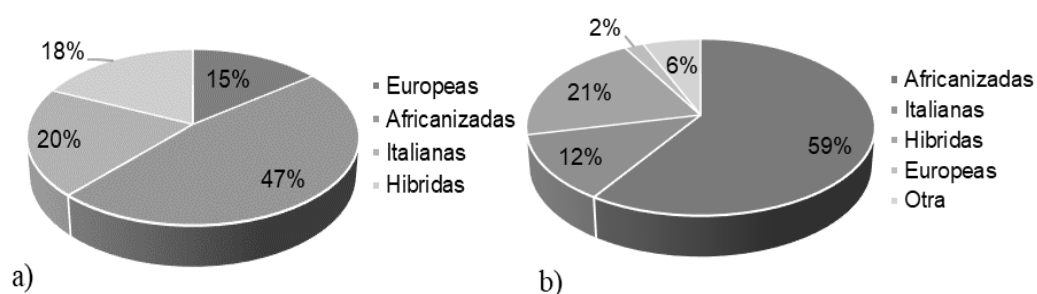


Figura 9. a) Especies de abejas; b) Especie que brinda mejor producción

La enjambrazón en abundancia que brinda *Apis mellífera* africanizada conllevaría a obtener una mayor cantidad de producción de miel, como se percibe en la Figura 9 (b) y demás productos derivados de la actividad apícola. Se manifestó que las abejas europeas o italianas son más tranquilas, por lo que estas no interferirían ni causarían percances a las comunidades aledañas, siendo esta cualidad lo que haría que tener esta raza de abejas este en crecimiento. Además, las abejas africanizadas, al ser la especie con mayor acceso económicamente hablando, es entendible que sea la que lidere en la zona de estudio.

4.1.1.4 Caracterización flora apícola

Los apiarios normalmente se encuentran ubicados en las zonas menos pobladas, con el fin de brindar a las abejas acceso a un sinnúmero de flores para la recolección de polen, mediante esta acción se han identificado las flores a las cuales las abejas más les llama la atención. En el caso de las parroquias del cantón de Ibarra, las flores que más apetecen las abejas son las flores silvestres, frutales y dicotiledóneas como los eucaliptos. Los apicultores mencionaron que el 24% y 19% de la flora predilecta de las abejas son los árboles de eucalipto y aguacate, respectivamente (Figura 10).

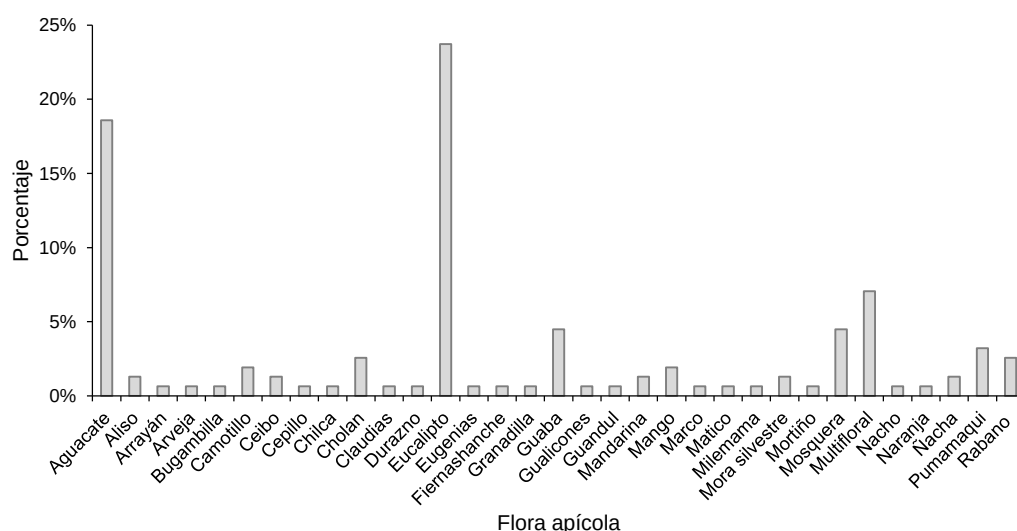


Figura 10. Flora apícola predilecta para las abejas en la zona de estudio

Reyes y Cano (2000) manifiestan que los componentes más relevantes en la identificación y selección de las flores son el color, olor, el valor nutritivo tanto del polen como del néctar, así como de su disponibilidad y cantidad. En el momento en que las abejas se aproximan a las plantas, estas interceptan estímulos que señalan que dicha planta presenta una recompensa. En el caso de las abejas pecoreadoras, al momento de buscar una flor por primera vez, se guían por el olor y lo memorizan para en otra ocasión localizarlas con mayor rapidez, al momento de llegar a la colmena, estas abejas dan esta información a los demás miembros de la colonia, dando como referencia el olor que se impregnó en su cuerpo. (Espina y Ordetex, 1981) añaden, que las abejas exploradoras también comunican la cantidad y calidad

de la recompensa floral. Y si pensamos en el eucalipto, una de las cualidades que este tiene es el fuerte y peculiar aroma que emana, en cuanto a la cantidad, se conoce que el cantón Ibarra tiene una gran extensión. Por lo tanto, estos serían los factores del porqué la predilección por esta flor.

Afik et al. (2006) indicó de forma experimental que las abejas tienen una preferencia en la relación de azúcar 1:1:1 (sacarosa- fructosa-glucosa), sin embargo, la flor de aguacate contiene casi por completo sacarosa, por lo que menciona que esto haría que las abejas no den como predilecta al aguacate. Este resultado es totalmente diferente al que se da en la zona de estudio, el aguacate es realmente llamativo para las abejas, esto puede deberse a que en la zona de estudio el cultivo de aguacate presenta una gran extensión.

4.1.1.5 Cambio climático y abejas

El cambio climático es algo que también ha tenido repercusiones en la vida y producción de las abejas, en la Figura 11 (a) el 94% de los apicultores encuestados mencionaron que desde hace algunos años los cambios en el ambiente han traído un desequilibrio en el modo de vida de las abejas, explican que debido a las temporadas seca y lluviosa ya no son en las fechas establecidas que solían ser y esto afecta tanto al vuelo de las abejas como en la floración de las plantas a las que ellas acuden a recolectar polen.

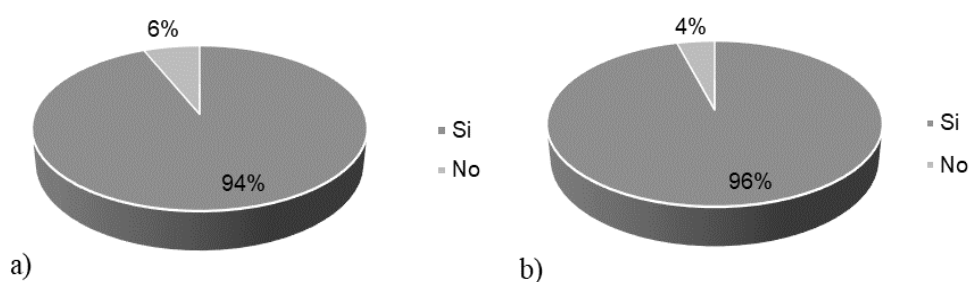


Figura 11. a) Mortalidad de las abejas por el cambio climático; b) Afectación de productividad por cambio climático

Le Conte y Navajas (2008) expresan que en los largos periodos y discontinuidad de lluvia suelen generar alteraciones en las temporadas de floración, dando como consecuencia que la lluvia diluya el néctar, perdiendo así el foco de

atención de las abejas. El mismo autor también menciona que un impacto directo está en la alteración del comportamiento y rasgos fisiológicos de las abejas, pudiendo ocasionar daños irreversibles.

Además, en el caso de oleadas altas y/o prolongadas de calor, suscitan que la gran mayoría de abejas se dediquen a la recolección de agua con el fin de regular la temperatura en el interior de la colonia, por el contrario, un periodo prolongado de bajas temperaturas genera el aumento de las probabilidades de que la colonia perezca, debido a que crece la incidencia de enfermedades. (Brizuela, 2010) destaca, que las temporadas de bajas temperaturas en el interior de la colmena benefician al desarrollo y expansión de varroa (Figura 12).



Figura 12. Mortalidad en colmena de abejas

Otro percance que ocurre con las heladas es que en época de floración rompe el flujo de néctar, lo que produce que las abejas se queden sin alimento y a su vez, deja a los apicultores sin cosecha, modificando así el manejo apícola y afectando a la sustentabilidad de los apicultores (Le Conte y Navajas, 2008). Esto se puede constatar en la Figura 11 (b) con un 96% de apicultores que se ven afectados económicamente por esta causa.

4.1.1.6 Actividad antrópica y abejas

En las zonas rurales del cantón de Ibarra se puede apreciar la gran variedad de cultivos existentes, teniendo el fin de crecer económicamente y satisfacer las necesidades del hogar. Sin embargo, hay varios puntos que no se toman en cuenta al momento de realizar estas actividades. Los agroquímicos utilizados en dichas plantaciones, independientemente de ayudar a que los cultivos tengan una mejor productividad, también generan gran cantidad de cocteles tóxicos al ambiente y a los seres vivos que se encuentran dependiendo de este.

En el caso de las abejas, los apicultores mencionan que el 61% de las muertes se debe a la aplicación de agroquímicos a los cultivos aledaños a los apiarios, como se indica en la Figura 13, (Martín y Arenas, 2018) manifiestan que las abejas presentan una hipersensibilidad a la mayoría de los pesticidas, en especial a los insecticidas, lo que provoca varios efectos o alteraciones fisiológicas a nivel del sistema nervioso y neuronal.

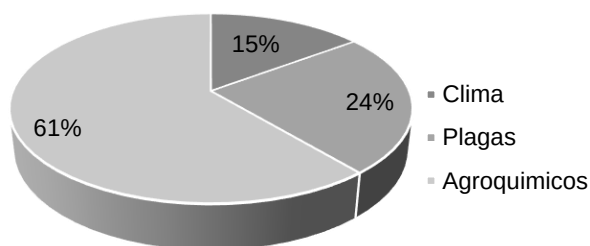


Figura 13. Causas de muerte de abejas

4.1.1.7 Meses en el año con mejor productividad

Por lo general existen épocas a lo largo del año en que las abejas brindan una mayor productividad, en el cantón Ibarra esta alta productividad se observa en los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y principalmente diciembre (Figura 14).

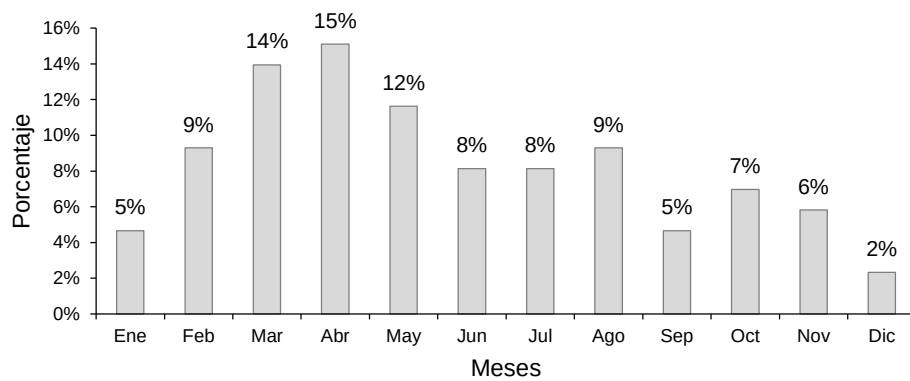


Figura 14. Rendimiento de la productividad de miel

Fuerte (2017) afirma que la producción de miel está determinada por la época de floración, por ello los productores registran su época de mayor producción en los meses de septiembre a diciembre en la provincia de Imbabura (Figura 15).



Figura 15. Producto de la cosecha de una colmena

4.1.1.8 Trashumancia y alimentación suplementaria de colmenas

Entre los encuestados que realizan la actividad de trashumancia son aquellos que presentan más de 50 colmenas de acuerdo con los datos obtenidos, además mencionaron que se requiere presupuesto y conocer las zonas donde la floración está comenzando, acorde al calendario floral que ellos conocen. En época de escasa floración las abejas tienden alejarse a grandes distancias en busca de polen y néctar teniendo como consecuencia que estas dejen las colmenas así algunos apicultores

mencionaron que dan suplementos alimenticios ya sean artificiales o naturales dependiendo el costo de estos.

La Figura 16 (a) muestra que el 26% de apicultores realizan trashumancia de sus colmenas retirándolas de las zonas donde la época de floración es escasa, mientras que el 74% de apicultores no realiza esta actividad por motivos de costos y mantenimiento al igual que (Cabrera, 2012), reporta que la mayoría de personas realizan esta actividad por hobby y los costos son elevados debido al traslado y cuidados que necesitan, además los que realizan esta actividad son medianos productores que poseen más de 50 apiarios que además de la alimentación lo realizan para incrementar el rendimiento de producción de miel y del resto de productos que se obtienen de las abejas como lo menciona (Luna et al., 2016).

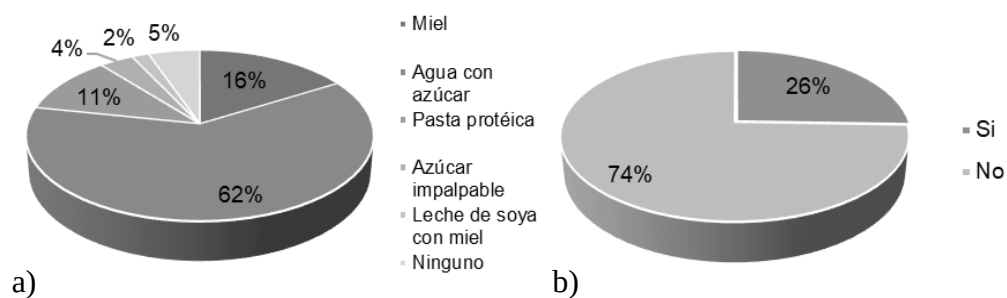


Figura 16. a) Alimentación suplementaria aplicada a las abejas; b) Trashumancia de apiarios

La alimentación suplementaria como se indica en la Figura 16 (b) que mayor consumo tiene con un 62% es el agua con azúcar debido a su bajo costo y accesibilidad que tienen los apicultores para conseguirla, sin embargo (Prudente, 2021), menciona que al contrario de la alimentación proteica no abastece a las abejas para el desarrollo del colmenar al igual que (Núñez et al., 2017), en su trabajo que suplementos proteicos fueron los que mayor nutrición generan en las abejas por lo tanto, el 11% de los apicultores que utilizan algún tipo de suplemento proteico son los medianos apicultores es decir que cuentan con los recursos para conseguir dicha alimentación como supieron manifestar los apicultores.

4.1.1.9 Productos apícolas y comercialización

La mayoría de apicultores manifestaron que el principal producto que obtienen de las abejas es la miel, ya sea para consumo propio o para la venta en sus comunidades, algunos realizan esta actividad por hobby y realizan la extracción de manera artesanal, mientras que los medianos productores cuentan con entregas a empresas donde mantienen contratos que dictan la cantidad mensual que deben entregar y la extracción lo realizan de manera industrial, ya que cuentan con la maquinaria necesaria para esto.

Al igual que Fuertes (2017), menciona que el principal producto que se comercializa es la miel de abeja, concordando con nuestros resultados la Figura 17 (a) con un 41% la miel es el principal producto de extracción, además, indica que la comercialización que se realiza es a intermediarios al contrario de nuestros resultados de la Figura 17 (b) en donde el 71% se lo realiza directo al consumidor, considerando que la mayoría realizan la apicultura por hobby o como actividad extra.

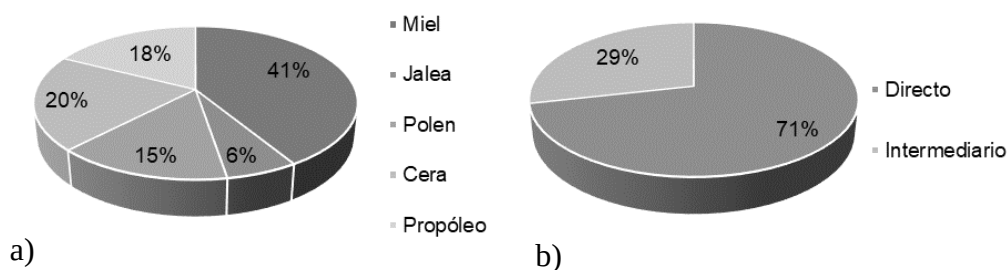


Figura 17. a) Productos apícolas, b) Tipos de comercialización que aplican los apicultores

4.1.1.10 Actividad agrícola en zonas apícolas

La agricultura es una de las actividades que se benefician de las abejas, estas son polinizadores de la gran mayoría de cultivos, por lo tanto, ayudan a la producción de estos, sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta actividad puede ser perjudicial para las abejas debido a la alta demanda de agroquímicos que se requiere para evitar así plagas y enfermedades que puedan dañar o inclusive puede generar pérdidas de cultivos.

Los apicultores que fueron encuestados manifestaron que existe actividad agrícola cerca de sus apiarios tal como se muestra en la Figura 18 (a y b), siendo este el 87% que reconocen que se realiza esta actividad y el 70% reconoce los cultivos que se producen a sus alrededores, de la misma manera (Ramos et al., 2010), entre los factores que más inciden en las abejas la agricultura es la que ejerce mayor presión debido a los agroquímicos que se emplean, al igual (Sagot et al., 2021) menciona que la actividad agrícola intensa presenta una oferta de polen y néctar reducida debido a que no hay una gran diversidad de plantas ocasionando así la deforestación y pérdida de vegetación silvestre minimizando así el hábitat de las abejas silvestres.

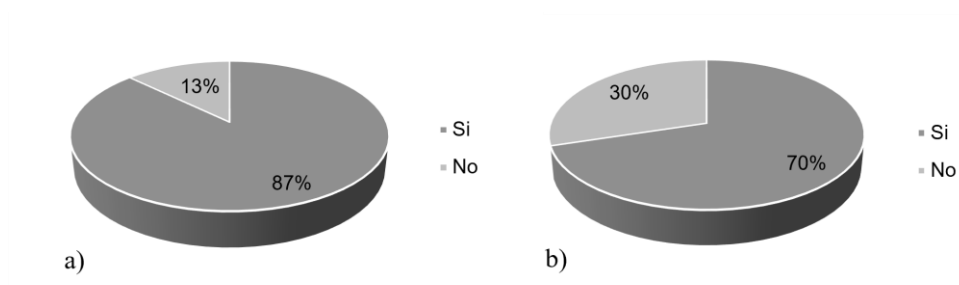


Figura 18. a) Actividad agrícola cercana a los apiarios; b) Presencia de cultivos aledaños a apiarios

Además, se registró los cultivos que los apicultores reconocían alrededor de sus apiarios, como se muestra en la Figura 19 que el cultivo de maíz representa el 20% es decir que es un cultivo que se encuentra en la mayoría de las parroquias. Este es de ciclo corto y no requiere mucho mantenimiento al igual (Sagot et al., 2021), menciona que los cultivos de mayor presencia son el maíz, soya entre otros además toma en cuenta que este cultivo no necesita ser polinizado, sin embargo, la mayoría de las plantas ya sean silvestres o cultivos si lo necesitan.

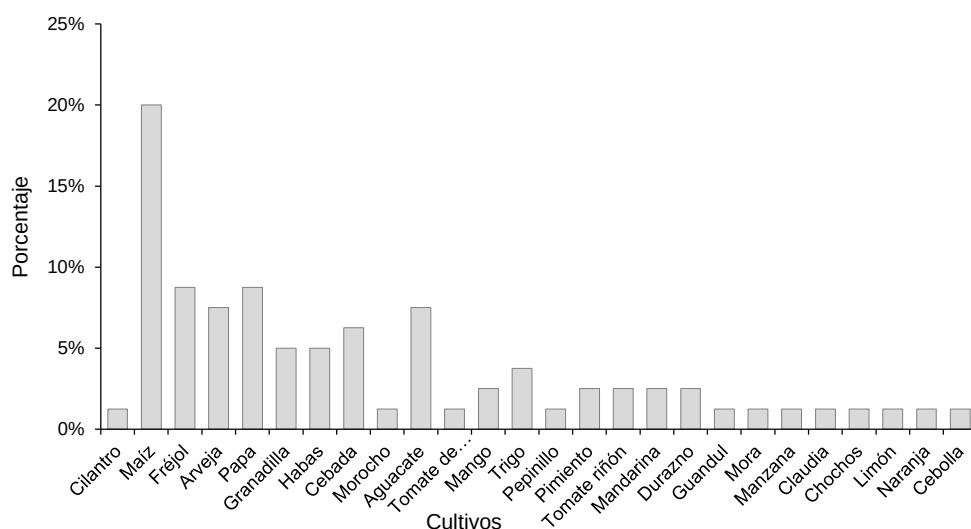


Figura 19. Cultivos cercanos a apiarios

El uso de agroquímicos al estar ligada en la producción de cultivos tal como lo mencionan los apicultores y se muestra en la Figura 20 (a y b) donde el 87% tienen conocimiento que se aplica agroquímicos en los cultivos y por ende el 72% conoce lo perjudicial que pueden llegar a ser estos productos para las abejas al igual que (Arcos y Rengifo, 2021) que al presentar toxinas en su composición no solo afecta a las abejas, sino que deja residuos ya sean temporal o permanentemente en el suelo, agua y aire. Además, los apicultores manifestaron que debido a la aplicación de agroquímicos cerca de sus apiarios llegaron a morir una gran población de sus abejas.

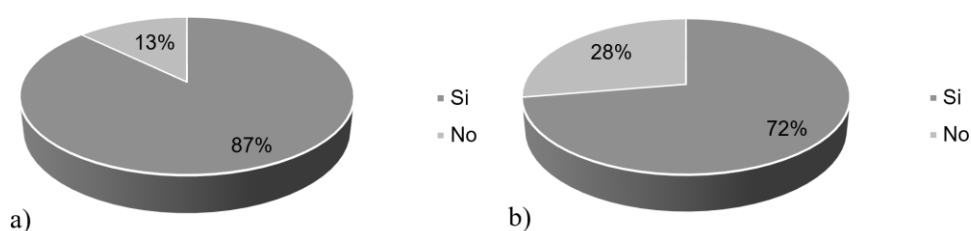


Figura 20. a) Uso de agroquímicos en cultivos; b) Afección de agroquímicos en las abejas

Sin embargo, aquellos apicultores que reconocen que agroquímicos se utilizan en los cultivos los pueden diferenciar como se muestra en la Figura 21

donde se tiene que el 48% son fungicidas, este tipo de agroquímico se utiliza después de la siembra para evitar cualquier tipo de plagas y enfermedades posteriormente, el 37% son herbicidas, el 10% son insecticidas y el 4% son plaguicidas los cuales se utilizan en los procesos de control de maleza y fitosanitario.

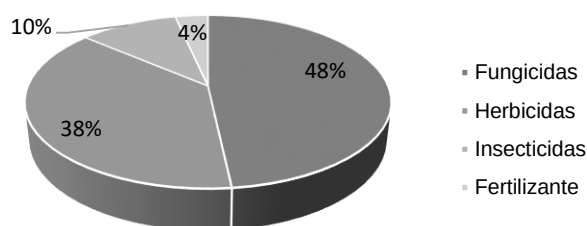


Figura 21. Tipos de agroquímicos empleados en los cultivos del área de estudio

4.1.2 Evidencia del impacto ambiental producido por los cultivos de las zonas aledañas a los apiarios

A continuación, se muestra los impactos ambientales de los cultivos presentes en el cantón Ibarra seleccionados por la mayor extensión, de acuerdo con lo obtenido por las encuestas a los apicultores y a los datos brindados por el MAGAP.

4.1.2.1 Proceso productivo del cultivo de maíz (*Zea mays*)

El cultivo de maíz (Figura 22) en la zona de estudio presenta una extensión de, 3376.76 Ha, siendo el producto más cultivado en el cantón, este se encuentra presente en las cinco parroquias (Ambuquí, San Antonio, Angochagua, la esperanza y San Miguel de Ibarra).

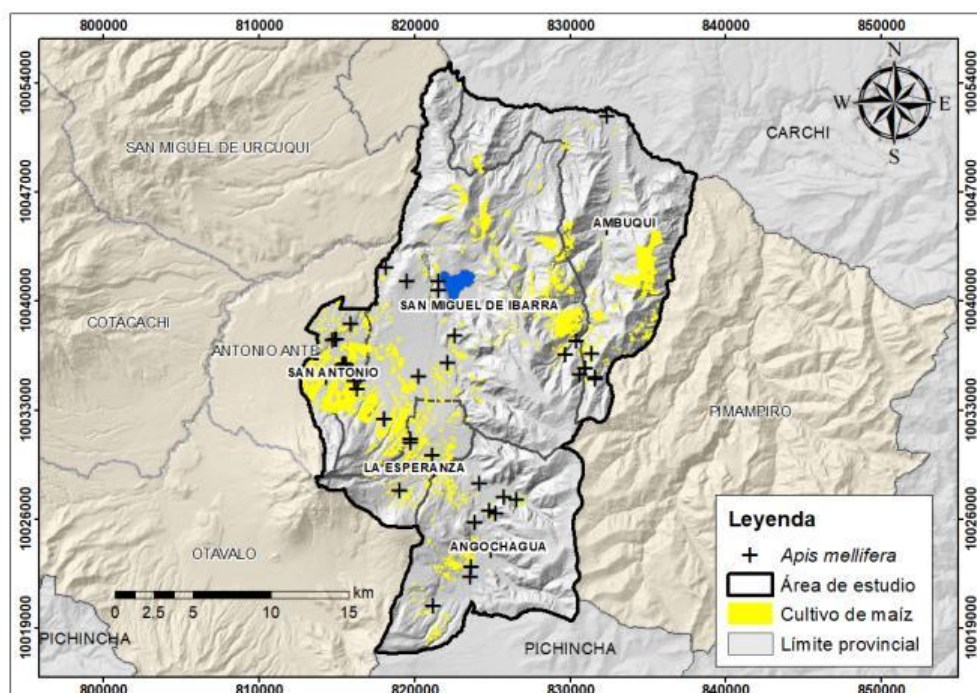


Figura 22. Distribución del cultivo de maíz (*Z. mays*)

El proceso productivo del cultivo de maíz se maneja de modo distinto en varios sectores donde se da esta labor, sin embargo, existen algunos procesos que tienden a ser comunes de lugar en lugar. Estos son los que se ha tomado en cuenta para generalizar el proceso productivo de este cultivo en el cantón Ibarra. Nueve son los procesos en esta gramínea (Tabla 12), los cuales presentan sus respectivas entradas y salidas. Algunos de los procesos que más se destacan son los que se caracterizan por integrar sustancias con alta carga tóxica, como son: cuidados y fertilización, deshierba, control de plagas y control sanitario.

Tabla 12. Entradas y salidas de cultivo de maíz (*Z. mays*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles	Labor de arado y rastrado	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Agua	Riego	Agua turbia
Fertilizantes	Cuidados y fertilización.	Residuos y emisiones peligrosos,
Semilla, agua	Siembra	Agua turbia
Herbicidas	Deshierba	Residuos y emisiones peligrosos,
Herramientas agrícolas	Aporque	Materia orgánica

Herbicidas	Control de malezas	Residuos y emisiones peligrosos,
Pesticidas	Control fitosanitario	Residuos y emisiones peligrosos,
Maquinaria	Cosecha	Desechos orgánicos

4.1.2.2 Evaluación de impacto ambiental del cultivo de maíz (*Z. mays*)

Tras realizar la evaluación de impactos ambientales mediante la matriz de Conesa Fernández (Anexo 5), se tiene como resultado 44 impactos, estos se categorizaron como bajos, moderados y severos. El cultivo de maíz presenta como datos relevantes a los severos con un 19%, seguido de los moderados con un 29% (Figura 23). Destacando que los severos están representados por los aspectos e impactos en los que se emplean agroquímicos, indicando que estos son los que provocan más daños en el ambiente.

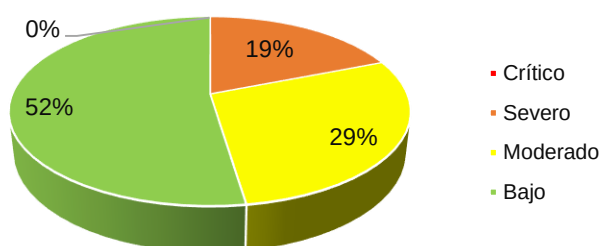


Figura 23. Categoría de impactos del cultivo de *Z mays*

La Tabla 13 presenta los resultados de los impactos ambientales en el cultivo de maíz, en el cual indica que los impactos de máxima importancia se encuentran en el proceso de manejo agronómico, específicamente en los subprocesos de riego, deshierba, control de malezas y control fitosanitario, teniendo como común denominador la aplicación de una variedad de agroquímicos, mismos que afectan directa e indirectamente a la flora, fauna y recursos naturales, siendo un peligro inminente, el cultivo de maíz es el que abarca mayor área en el cantón, haciendo que la expansión de los impactos ambientales sea bastante significativa.

Tabla 13. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández Z. *mays*

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	(I)	Tipo Alerta	Significativo
Manejo agronómico	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	67		Severo
	Deshierba	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	54		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	62		Severo
	Control de malezas	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	60		Severo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	60		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	60		Severo
	Control fitosanitario	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	57		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	60		Severo

4.1.2.3 Proceso productivo del cultivo de aguacate (*Persea americana*)

El cultivo de aguacate (Figura 24) en la zona de estudio presenta una extensión de 231.12 Ha, principalmente se localiza en las parroquias de Ambuquí, S.M. de Ibarra y San Antonio.

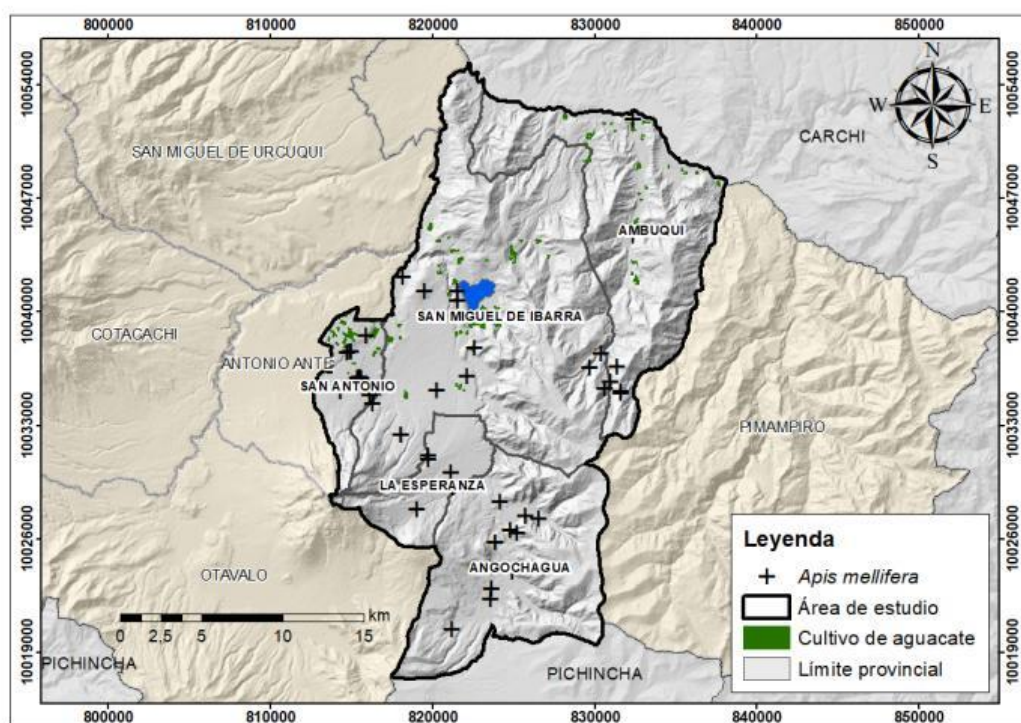


Figura 24. Distribución del cultivo de aguacate (*P. americana*)

El proceso productivo del cultivo de aguacate mantiene un manejo distinto para cada agricultor, no obstante, existen algunos procesos que tienden a reincidir en las diversas locaciones. Ocho son los procesos en esta fruta, como se puede observar en la Tabla 14, los cuales presentan sus respectivas entradas y salidas. Algunos de los procesos más relevantes son los que se caracterizan por integrar sustancias con alta carga tóxica, como son: fertilización y control fitosanitario.

Tabla 14. Entradas y salidas del cultivo de aguacate (*P. americana*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles	Plateo	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Herramientas agrícolas	Ahoyado	Terrones
pilón	Siembra	Residuos orgánicos
Fertilizante	Fertilización	Residuos y emisiones peligrosos
Agua	Riego	Agua turbia
Pesticidas	Control fitosanitario	Residuos y emisiones peligrosos
Herramientas agrícolas	Poda	Residuos orgánicos
Herramientas agrícolas	Cosecha	Residuos orgánicos

4.1.2.4 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de aguacate (*P. americana*)

Mediante la realización de la matriz de Conesa Fernández del proceso productivo del cultivo de aguacate (Anexo 6), se obtuvo como resultado 37 impactos, de los cuales se desglosan un 59% en moderados, 11 % en severos y 30% en bajos (Figura 25). Como datos relevantes tenemos a los severos, estos, al igual que los del maíz, sus impactos se centran en los procesos que se utilizan productos químicos para mejorar los cultivos.

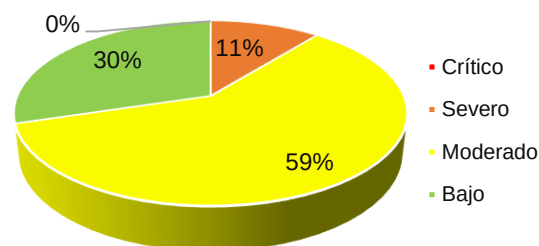


Figura 25. Categoría de impactos del cultivo de *P. americana*

La información presente en la Tabla 15 se basa en los resultados obtenidos de los impactos diagnosticados en el cultivo de aguacate, por lo que se destaca el proceso de manejo agronómico y a su vez los subprocesos de fertilización, riego, y control fitosanitario, de la misma forma que en el cultivo de maíz, se denota el alto uso de agroquímicos que de manera directa o indirecta perjudican la vida de fauna y flora de la zona de estudio y además a los recursos naturales renovables que utilizan estos individuos para subsistir. En este cultivo los impactos severos son menores debido a que en el aguacate en la mayoría de los casos no se realiza el proceso de deshierba y, por ende, se empleaban menos agroquímicos a comparación del cultivo de maíz.

Tabla 15. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (*P. americana*)

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	(I)	Tipo Alerta	Significativo
Manejo agronómico	Fertilización	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	58		Severo
	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	52		Severo

Control fitosanitario	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	66		Severo
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	60		Severo

4.1.2.5 Proceso productivo del cultivo de papa (*Solenum tuberosum*)

El cultivo de papa (Figura 26) en la zona de estudio presenta una extensión de 126.19 Ha, la papa es un producto que se localiza en las cinco parroquias estudiadas en menores cantidades excepto en San Miguel de Ibarra, aquí se encuentra la mayor cantidad.

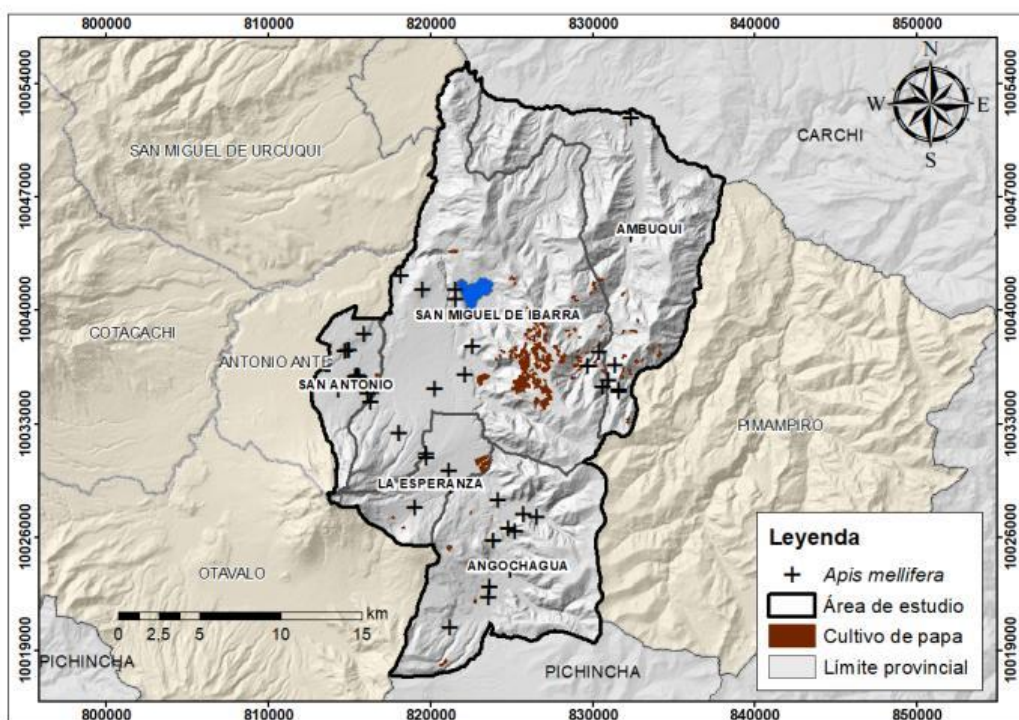


Figura 26. Distribución del cultivo de papa (*S. tuberosum*)

El proceso productivo del cultivo de papa también presenta ciertas variaciones ancestrales, a pesar de ello, existen algunos procesos en los que persisten algunas reincidencias. Estos son los que se ha tomado en cuenta para generalizar el proceso productivo de este cultivo. Ocho son los procesos en este producto (Tabla 16), los cuales presentan sus respectivas entradas y salidas.

Algunos de los procesos más relevantes son los que se caracterizan por integrar sustancias con alta carga tóxica, como son: surcado, quebrando la latencia de la semilla, siembra, rascadillo o deshierba, medio aporque y por último control de plagas. Vale destacar que en la mayoría de las salidas se percibe importantes impactos ambientales generados.

Tabla 16. Entradas y salidas del cultivo de papa (*S. tuberosum*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles	Subsolado y arado	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Herramientas agrícolas	Surcado	Residuos orgánicos
Tubérculo-semilla, fitorregulador	Quebrando la latencia de la semilla	Residuos y emisiones peligrosos,
Tubérculo-semilla, fertilizante		Residuos y emisiones peligrosos,
Herbicida	Siembra	Residuos y emisiones peligrosos,
Fertilizante, herramientas agrícolas, combustibles fósiles	Rascadillo o deshierba	Residuos y emisiones peligrosos,
Pesticida	Medio aporque y aporque	Residuos y emisiones peligrosos, gases de efecto invernadero
Herramientas agrícolas		Residuos y emisiones peligrosos,
	Control de plagas	Residuos orgánicos
	Cosecha	

4.1.2.6 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de papa (*S. tuberosum*)

Mediante la evaluación de impactos ambientales (Anexo 7), se obtiene el resultado de 71 impactos, estos se categorizaron como bajos, moderados y severos. El cultivo de papa presenta como datos relevantes a los severos con un 35%, seguido de los moderados con un 21% (Figura 27). Hay que destacar que los severos están representados por los aspectos e impactos en los que se emplean agroquímicos, afectando a los recursos naturales, la flora y fauna. Un dato fundamental de este proceso es que los agroservicios supieron comunicar que este es uno de los cultivos que más químicos necesita a lo largo de su producción, es propenso a varias plagas y también se debe por los diferentes tamaños que se consiguen de este tubérculo. Es por esta razón que sus impactos son considerablemente mayores a comparación de los demás cultivos.

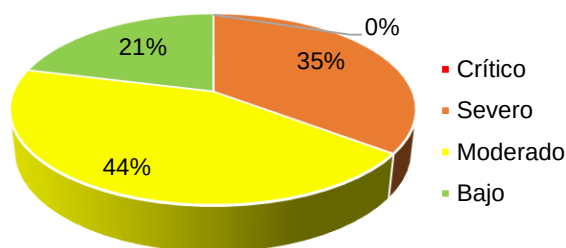


Figura 27. Categoría de impactos del cultivo de papa (*S. tuberosum*)

La información presente en la Tabla 17 se basa en los resultados obtenidos de los impactos ambientales diagnosticados en el cultivo de papa, por lo que se hace énfasis en el proceso de preparación de terreno y manejo agronómico, los cuales a su vez se divide en los subprocesos de surcado, quebrando la latencia de la semilla, siembra, deshierba, riego, medio aporque/aporque y control de plagas, aquí se denota el alto uso de agroquímicos que de manera directa o indirecta perjudican la vida de fauna y flora de la zona de estudio y además a los recursos naturales renovables.

Tabla 17. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (*S. tuberosum*)

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	(I)	Tipo Alerta	Significativo
Preparación del terreno	Surgado	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	55		Severo
		Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	52		Severo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a los RRNN	52		Severo
		Alteración a la calidad del suelo	Alteración al suelo	51		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	58		Severo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	55		Severo
	Quebrando la latencia	Alteración a la calidad del agua	Alteración a los RRNN	53		Severo

Manejo agronómico	de la semilla	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	51		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	57		Severo
	Siembra	Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	51		Severo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a los RRNN	58		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	55		Severo
	Deshierba	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo, erosión del suelo	52		Severo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	54		Severo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a los RRNN	51		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	54		Severo
	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	52		Severo
	Medio aporque y aporque	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo, erosión del suelo	51		Severo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a los RRNN	53		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	51		Severo
	Control de plagas	Alteración a la calidad del agua	Alteración a los RRNN	52		Severo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	51		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	58		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	56		Severo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	57		Severo

4.1.2.7 Proceso productivo del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

El cultivo de tomate de árbol (Figura 28) en la zona de estudio presenta una extensión de 39.92 Ha, este producto lo cultivan en las cinco parroquias de la zona estudiada. Sin embargo, su producción es baja, las hectáreas destinadas para esta cosecha es la más baja.

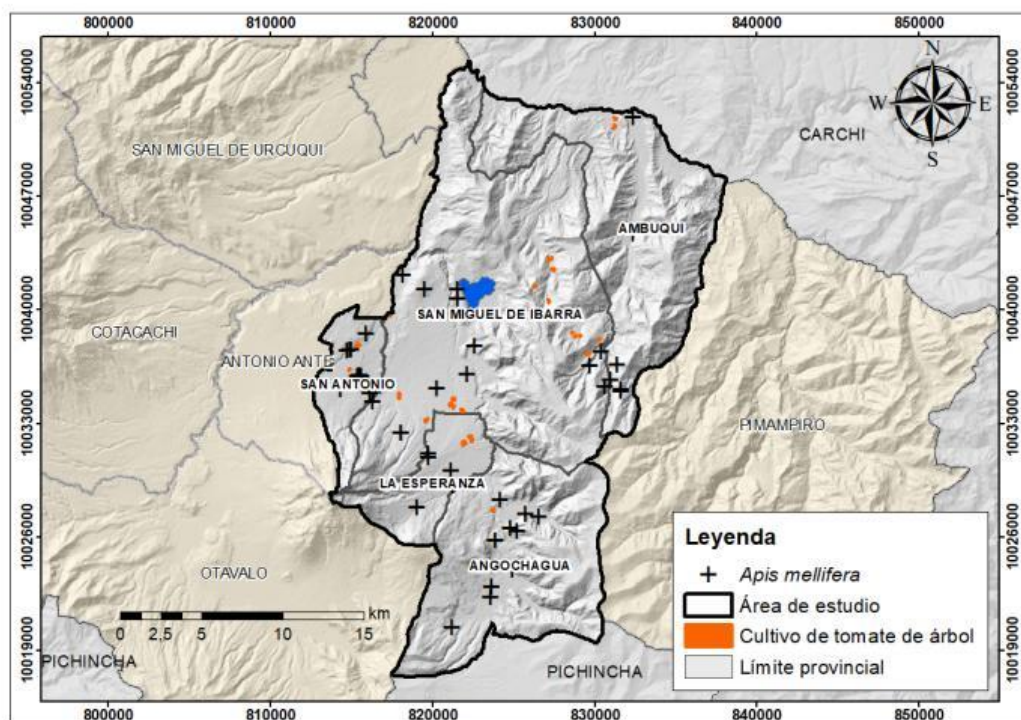


Figura 28. Distribución del cultivo de tomate de árbol (*S. betaceum*)

La Tabla 18 describe los procesos que se realizan en la fase agrícola del cultivo de tomate árbol, considerando los procesos más comunes que se realizan, en cada parroquia los agricultores tienden a ejecutar diferentes procesos dependiendo de la época y estado del cultivo.

Tabla 18. Entradas y salidas cultivo tomate de árbol (*S. betaceum*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles	Labor de arado y rastrado	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Agua	Riego	Agua turbia
Semilla, agua	Siembra	Agua turbia

Fertilizantes	Fertilización edáfica	Residuos y emisiones peligrosos,
Herbicidas	Poda y deshierba	Residuos y emisiones peligrosos,
Herramientas agrícolas	Tutoraje	Residuos orgánicos
Pesticidas	Control fitosanitario	Residuos y emisiones peligrosos,
Maquinaria	Cosecha	Desechos orgánicos

4.1.2.8 Evaluación de impactos ambientales del cultivo tomate de árbol (*S. betaceum*)

En la evaluación de impactos ambientales (Anexo 8), se tomó en cuenta el tiempo de duración del cultivo y las veces que se aplican los agroquímicos dando 44 impactos. El cultivo de tomate de árbol presenta como datos relevantes los impactos severos teniendo un 14% (Figura 29).

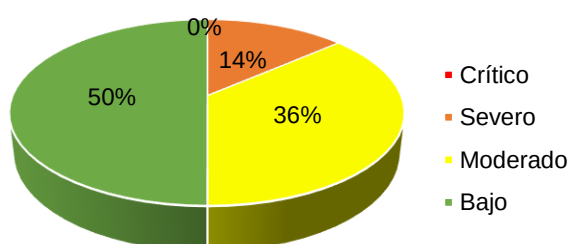


Figura 29. Categoría de impactos del cultivo de tomate de árbol (*S. betaceum*)

Además, la Tabla 19 muestra los procesos y subprocesos donde los impactos severos de máxima importancia se encuentran en el manejo agronómico, donde se emplean agroquímicos que pueden incrementar su toxicidad por el uso de malas prácticas agrícolas, contribuyendo al agotamiento de recursos naturales y al aumento del calentamiento global (Socarrás et al., 2015).

Tabla 19. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (*S. betaceum*)

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Tipo (I)	Significativo
Manejo agronómico	Fertilización	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	44	Severo
		Alteración a comunidades de flora	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	52	Severo

	Alteración a comunidades de fauna	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	54		Severo
Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	52		Severo
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	54		Severo
Control fitosanitario	Alteración a la calidad del agua	Alteración a la calidad del agua	54		Severo
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	56		Severo

4.1.2.9 Proceso productivo del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

El cultivo de fréjol (Figura 30) en la zona de estudio presentó una extensión de 457.89 Ha, este cultivo tiene una alta demanda de producción, se lo asocia con otros cultivos al ser uno de los alimentos básicos.

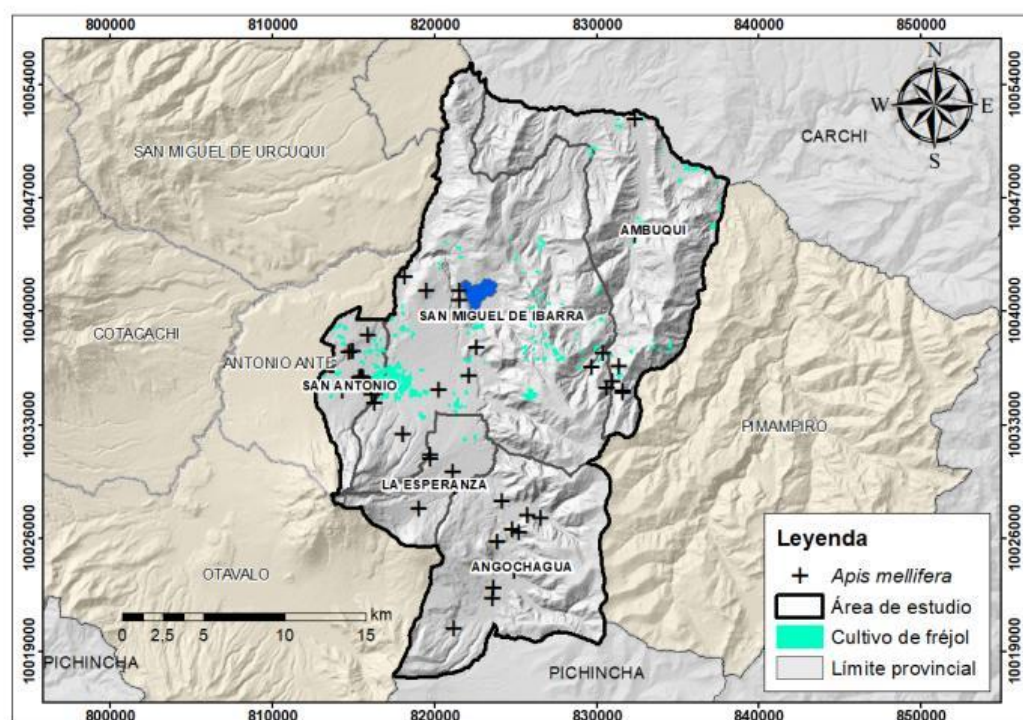


Figura 30. Distribución del cultivo de fréjol (*P. vulgaris*)

La Tabla 20 describe los procesos que se realiza en el manejo del cultivo, considerando que el fréjol se adapta a las condiciones del suelo para su producción,

siendo un cultivo rentable, sin embargo, presenta un manejo constante debido a que es un cultivo que se lo produce durante todo el año (Lardizábal et al., 2013).

Tabla 20. Entradas y salidas del cultivo de fréjol (*P. vulgaris*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles	Labor de arado y rastrado	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Herramientas agrícolas	Surcado	Residuos orgánicos
Agua	Riego	Agua turbia
Semilla, agua	Siembra	Agua turbia
Fertilizantes	Fertilización	Residuos y emisiones peligrosos,
Herramientas agrícolas	Tutoraje	Residuos orgánicos e inorgánicos
Herbicidas	Control malezas	Residuos y emisiones peligrosos
Pesticidas	Control fitosanitario	Residuos y emisiones peligrosos,
Maquinaria	Cosecha	Desechos orgánicos

4.1.2.10 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de fréjol (*P. vulgaris*)

En la evaluación de impactos ambientales (Anexo 9), se toma en cuenta el tiempo de duración del cultivo y las veces que se aplican los agroquímicos, encontrándose 54 impactos. El cultivo de fréjol presenta como datos relevantes los impactos severos teniendo un 13% (Figura 31). Sin embargo, hay que destacar que los severos están representados por los aspectos e impactos en los que se emplean agroquímicos, afectando a los recursos naturales, la flora y fauna gravemente.

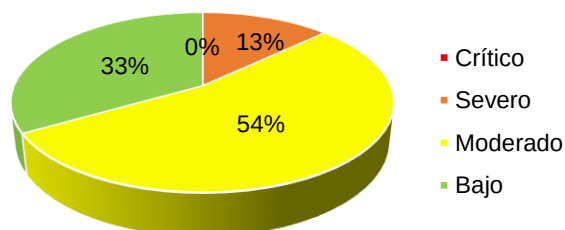


Figura 31. Categoría de impacto del cultivo de fréjol (*P. vulgaris*)

Además, la Tabla 21 muestra los procesos y subprocesos donde los impactos de máxima importancia se encuentran en el manejo agronómico, identificando las

afectaciones que generan en los recursos naturales, así como en la salud humana y de los animales. La aplicación de agroquímicos es la principal fuente de contaminación debido al uso desmedido que conlleva, se lo realiza durante todo el año al ser un cultivo constante (CORPOAMAZONIA, 2007).

Tabla 21. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (*P. vulgaris*)

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	(I)	Tipo Alerta	Significativo
Manejo agronómico	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	54		Severo
	Control malezas	Alteración a la calidad del agua	Alteración a la calidad del agua	51		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	58		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	60		Severo
	Control fitosanitario	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	53		Severo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a la calidad del agua	55		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	61		Severo

4.1.2.11 Proceso productivo del cultivo del tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*)

El cultivo de tomate riñón (Figura 32) en la zona de estudio presenta una extensión de 46.19 Ha. Este tipo de cultivo se lo realiza bajo invernadero y al aire libre, el proceso de producción dependerá del lugar y las condiciones ambientales que se requiere.

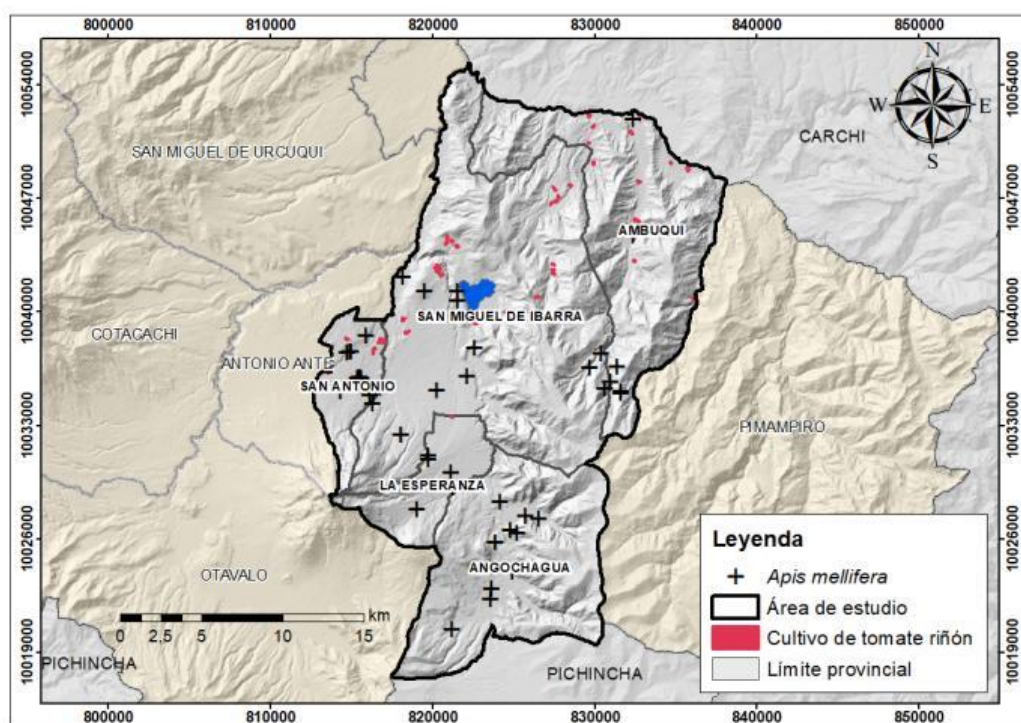


Figura 32. Distribución del cultivo tomate riñón (*S. lycopersicum*)

La Tabla 22 muestra los procesos que se realizan en la fase agrícola del cultivo de tomate riñón, teniendo que en invernaderos existe mayor control para evitar enfermedades y plagas, sin embargo, el manejo que conlleva el cultivo es más minucioso y constante. En el caso de la producción al aire libre, este tiende a ser más vulnerable por las condiciones ambientales que no pueden ser controladas.

Tabla 22. Entradas y salidas del cultivo de tomate riñón (*S. lycopersicum*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles, herramientas agrícolas	Invernadero	Residuos inorgánicos y peligrosos, gases de efecto invernadero
Maquinaria, combustibles fósiles	Labor de arado y rastrado	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Agua	Riego	Agua turbia
Semilla, agua	Siembra	Agua turbia
Fertilizantes	Fertilización	Residuos y emisiones peligrosos,
Herramientas agrícolas	Tutoraje y aporque	Residuos orgánicos
Pesticidas	Control fitosanitario	Residuos y emisiones peligrosos,
Maquinaria	Cosecha	Desechos orgánicos

4.1.2.12 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de tomate riñón (*S. lycopersicum*)

En la evaluación de impactos ambientales (Anexo 10), se toma en cuenta el tiempo de duración del cultivo y las repeticiones de aplicación de los agroquímicos, encontrándose 42 impactos. El cultivo de tomate riñón presenta como datos relevantes los impactos severos teniendo un 9% (Figura 33), siendo estos los más relevantes debido a la afectación que generan al medio ambiente. Sin embargo, hay que destacar que están representados por los aspectos e impactos en los que se emplean agroquímicos.

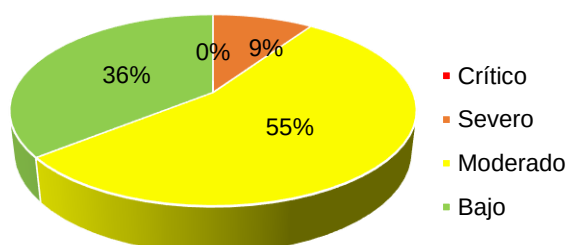


Figura 33. Categoría de impacto del cultivo de tomate riñón (*S. lycopersicum*)

Mientras que en la Tabla 23, se muestran los procesos y subprocesos en los cuales se ejerce mayor presión debido a estos impactos, teniendo como los de máxima importancia en el manejo agronómico. Los procesos que mayor impacto generan son aquellos que implementan agrotóxicos para una mayor producción y calidad del producto por ende no existe un control apropiado para su uso (Poma, 2005).

Tabla 23. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (*S. lycopersicum*)

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Importancia (I)	Tipo Alerta	Significativo
Manejo agronómico	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	52		Severo
	Control fitosanitario	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	53		Severo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a la calidad del agua	60		Severo

Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	56		Severo
-----------------------------------	--	----	--	--------

4.1.2.13 Proceso productivo del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*)

El cultivo de cebada (Figura 34) en la zona de estudio presenta una extensión de 329.14 Ha, la cebada es un producto que se encuentra en gran producción en el cantón Ibarra, su extensión es una de las más prominentes en la zona.

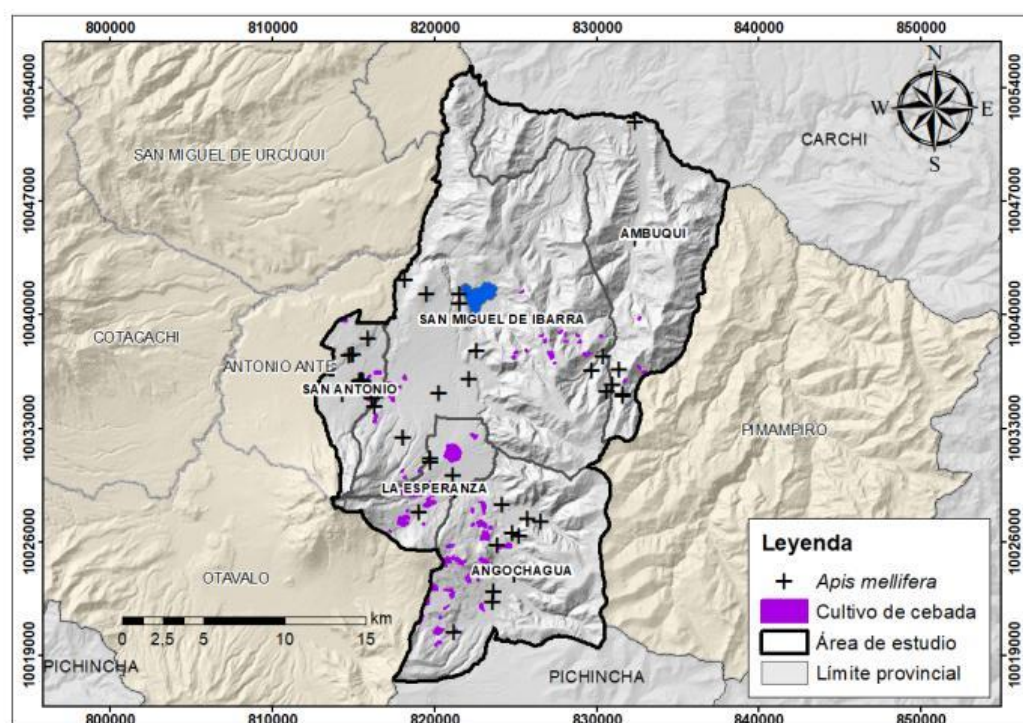


Figura 34. Distribución del cultivo de cebada (*H. vulgare*)

En la Tabla 24 se describen los procesos que se realizan en la fase agrícola del cultivo de cebada, este cultivo al ser un cereal y de ciclo corto necesita mayor control para evitar pérdidas en la producción. En cada proceso se implementan insumos y mano de obra que tienden a generar desechos que pueden llegar a ser controlados, sin embargo, existen procesos que generan emisiones de gases de efecto invernadero por el uso de sustancias tóxicas.

Tabla 24. Entradas y salidas del cultivo de cebada (*H. vulgare*)

Entradas	Procesos	Salidas
Maquinaria, combustibles fósiles	Labor de arado y rastrado	Residuos orgánicos, gases de efecto invernadero
Agua	Riego	Agua turbia
Semilla, agua	Siembra	Agua turbia
Fertilizantes	Fertilización	Residuos y emisiones peligrosos,
Herramientas agrícolas	Tutoraje	Residuos orgánicos
Herbicidas	Control malezas	Residuos y emisiones peligrosos
Pesticidas	Control fitosanitario	Residuos y emisiones peligrosos,
Maquinaria	Cosecha	Desechos orgánicos

4.1.2.14 Evaluación de impactos ambientales del cultivo de cebada (*H. vulgare*)

En la evaluación de impactos ambientales (Anexo 11), se toma en cuenta el tiempo de duración del cultivo y las repeticiones de aplicación de los agroquímicos y de cada proceso, encontrándose 43 impactos. El cultivo de cebada presenta como datos relevantes los impactos severos teniendo un 12% (Figura 35), siendo estos los más relevantes debido a la afectación que generan al medio ambiente.

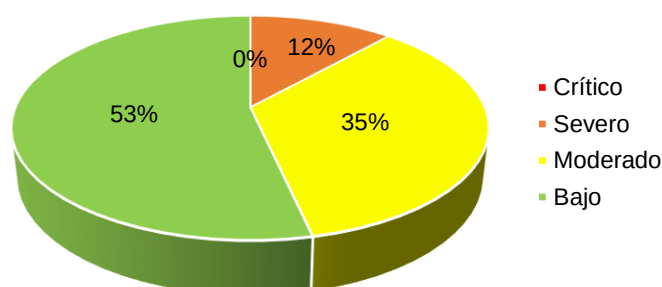


Figura 35. Categoría de impacto del cultivo de cebada (*H. vulgare*)

Mientras que en la Tabla 25 se muestran los procesos y subprocesos en los cuales se ejerce mayor presión debido a estos impactos, teniendo como los de máxima importancia los impactos severos en el manejo agronómico. Debido a las malas prácticas agrícolas que se emplean existe un exceso en los requerimientos de agroquímicos que requiere el cultivo, esto para incrementar la producción sin tomar en cuenta los daños colaterales que conlleva el uso indiscriminado de estos (Lema et al., 2017).

Tabla 25. Resultados de la metodología Vicente Conesa Fernández (*H. vulgare*)

Proceso	Subproceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	(I)	Tipo Alerta	Significa
Manejo agronómico	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	67		Severo
	Control malezas	Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	52		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	53		Severo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a los RRNN	51		Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	52		Severo
	Control fitosanitario					

4.1.3 Impactos ambientales de los agroquímicos en las abejas

En la Tabla 26 se presentan los agroquímicos más utilizados según el cultivo y clasificación. Estos datos están basados en la cartografía realizada por medio de las parcelas de cultivos aledaños a los apiarios con un rango de dos kilómetros a la redonda de cada uno de ellos, (Anexos 4), en las entrevistas a los agro servicios de la zona y en la resolución 0146 del MAGAP (2019) que menciona, cancelar los registros de los plaguicidas químicos de uso agrícola de la categoría toxicológica extremadamente peligrosa (etiqueta roja).

Por ende, el rango de los químicos aquí mencionados va desde ligeramente tóxico (etiqueta verde), moderadamente tóxico (etiqueta azul) hasta altamente tóxico (etiqueta amarilla). La categoría de etiquetas amarillas son las que más relevancia dan al tema, debido a su alta carga tóxica y que, aun así, la demanda que presenta en el cantón es alta, como se puede observar, cuatro de los siete cultivos seleccionados para la investigación presentan estos productos. Los agroquímicos de etiqueta azul no hay que pasarlos por alto, existen productos de esta índole que incluyen componentes altamente peligrosos para las abejas y que también tienen una alta demanda.

El tipo de químicos también es un punto importante para mencionar, en los denominados plaguicidas o pesticidas (insecticidas, fungicidas y herbicidas) es donde más etiquetas amarillas y azules hay, lo que daría a entender que estos son los causantes de la muerte de abejas, tal y como coincide (Sanchez et al., 2014) el cual menciona que, la expansión de la frontera agrícola juntamente con la utilización de plaguicidas cada vez más específicos, aunque con mayor toxicidad en abejas, lleva a una caída en la producción y pone en riesgo la vida de las colmenas.

Tabla 26. Agroquímicos utilizados en los cultivos representativos cercanos a los apiarios

	Agroquímicos	Nombre comercial	Ingrediente activo	Aplicación	Clasificación toxicológica	Estado físico
Maíz	Fertilizante	Crecimax	N, P, Mg, K	Aspersión	Azul	Líquido
		Nitrato de amonio	N, K, P	Edáfica	Verde	Sólido
	Fungicida	Polyram 80 DF	Metiram	Aspersión	Verde	Sólido
		Vitavax 300	Carboxin – Captan 50%	Aspersión	Amarillo	Sólido
	Herbicida	Gesaprim	Atrazine	Aspersión	azul	Sólido
		Voliam flexi	Thiamethoxa m y Chlorantraniliprole	Aspersión	Azul	Líquido
		Arrivo 250	Cipermetrina	Aspersión	Amarillo	Sólido
	Insecticida	Curacron 500	Profenofos	Aspersión	Amarillo	Sólido
Aguacate	Fertilizante	crecimax	N, P, Mg, K	Aspersión	Azul	Líquido
		Nitrato de amonio	N, K, P	Edáfica	Azul	Sólido
	Fungicida	Trimiltox forte	Mancozeb Cobre	Aspersión	Azul	Líquido
		Ridomil gold	Metalaxyl-M + Mancozeb	Aspersión	Azul	Sólido
	Insecticida	Estruendo	Miclobutanil	Aspersión	Azul	Sólido
		Curacron 500	Profenofos	Aspersión	Amarillo	Sólido
Papa	Fertilizante	Crecimax	N,P,Mg,K	Aspersión	Azul	Líquido
	Fungicida	Sulfopac	Sulfopac 80 WG	Aspersión	Amarillo	Sólido
		Orthocide	Captan 50%	Aspersión	Amarillo	Polvo

Tomate de árbol	Insecticida	Profenopac	Prefonofos 500	Aspersión	Amarillo	Polvo
		Orthene	Acefato	Aspersión	Amarillo	Polvo
	Fertilizante	Caldolomita	Carbonato de calcio y carbonato de magnesio	Edáfica	Azul	Sólido
		8-20-20	Nitrógeno, fósforo y potasio	Edáfica	Azul	Sólido
		Sulpomag	Potasio, magnesio y azufre	Edáfico	Verde	Sólido
	Fungicida	Cuprofix	Mancozeb + Copper	Aspersión	Azul	Sólido
		Bavistin	Carbendazim	Aspersión	Verde	Líquido
	Herbicida	Cerillo	Sal dicloruro de paraquat	Aspersión	Amarilla	Sólido
	Insecticida	Cipermetrina	Cipermetrina	Aspersión	Amarilla	Líquido
	Fertilizante	Algeed plus	Algas	Aspersión	Verde	Líquido
		Radiflex	Algas, N, P	Aspersión	Verde	Líquido
	Fungicida	Vitavax 300	Carboxin + captan 50%	Aspersión	Amarillo	Sólido
		Novak	Thiophanate methyl	Aspersión	Amarilla	Sólido
	Herbicida	Pastisal	Clethodim	Aspersión	Amarilla	Sólido
		Flex SL	Fomesafen	Aspersión	Azul	Líquido
	Insecticida	Kañon	Clorpirifos + cipermetrina	Aspersión	Amarilla	Líquido
		Fiprogent	Fipronil	Aspersión	Amarilla	Líquido
Tomate riñón	Fertilizante	Radiflex	Algas, N, P	Aspersión	Verde	Líquido
		10-30-10	N, P ₂ O ₅ y K ₂ O	Edáfica	Verde	Sólido
	Fungicida	Kocide	Hidróxido de cobre	Edáfica	Amarilla	Sólido
		Daconil 720 SC	Clorotalonil	Aspersión	Amarilla	Líquido
	Insecticida	Vertimec	Abamectina	Aspersión	Amarilla	Líquido
		Lorsban 480	Clorpirifos etil	Aspersión	Amarilla	Líquido
Cebada	Fertilizante	11-52-00	Fosfato monoamónico	Edáfico	Verde	Sólido
		Sulpomag	Potasio, magnesio y azufre	Edáfico	Verde	Sólido

Fungicida	ALTO 100 SL	100 Cyproconazol	Aspersión	Azul	Líquido
	Bumper	Propiconazol	Aspersión	Azul	Líquido
Herbicida	Condraz	Dicamba 5% + Tritosulfuron 25% WG	Edáfico	Verde	Sólido
	Sulfón	Metsulfuron methyl	Edáfico	Azul	Sólido

Las abejas son los principales polinizadores tanto de la flora silvestre como la que se encuentra en monocultivos, por lo tanto, su nicho es indispensable para la productividad agrícola y para la vida de todos los seres vivos en general (Kremen et al., 2002). Por ende, su situación es preocupante, su censo poblacional ha disminuido en todas partes del planeta y esto es debido al uso excesivo de agroquímicos en todo tipo de cultivos con el fin de mejorar el rendimiento de la producción. Al realizar las encuestas los apicultores mencionaron un declive en sus colmenas, identificando pérdidas en las poblaciones de abejas debido al uso de agroquímicos los cuales provocaron la aparición de plagas y además el exceso de lluvias y sequías por efecto del cambio climático dando como resultado la disminución de abejas. Cabe recalcar que cada productor no tiene una estimación de la cantidad de mortalidad de sus abejas, sin embargo, describieron que sus pérdidas mínimas fueron de una colmena.

Zhu et al. (2004) señala que los pesticidas neonicotinoides se encuentran entre los insecticidas más utilizados en el mundo, además de los organofosforados y glifosato, productos encontrados en la tabla 26, siendo este grupo, los que más toxicidad generan a las abejas. Cuando este químico se encuentra en su organismo presentan síntomas de desorientación, dificultad al volar, dificultad en los bailes que realizan para comunicarse con otros individuos de su especie. (Desneux et al., 2007) brinda información acertada sobre los efectos de estos químicos en las abejas, menciona que, estas sustancias inducen alteraciones fisiológicas a nivel social, las cuales se ven reflejadas en variaciones en el comportamiento, dificultad en localizar alimento, comunicación y el regreso a su lugar de origen, algo similar ocurre con (Donadío et al., 2009), este ratifica que el uso de estos químicos afecta a la navegación y el comportamiento de las abejas y de los insectos en general, debido

a que estas funciones dependen por completo de las transmisiones neuronales y nerviosas.

Chauzat et al. (2009) aporta que, los pesticidas afectan toda actividad celular normal a lo largo del ciclo de vida de las abejas, incapacitando de esta manera funciones celulares como la síntesis, transporte, producción de energía y la función de eliminar enzimas y hormonas, lo que conllevaría al deterioro total del funcionamiento de todas las células. Por ende, llevar a la muerte del insecto. Tal es el daño generado por los agroquímicos que su presencia en el ambiente está causando que se les reconozca a las abejas como indicadores biológicos de su efecto nocivo a nivel ambiental y ecológico (Johnson et al., 2010).

4.2 Modelo de distribución y nicho ecológico para *Apis mellifera*

El modelo de distribución potencial de *Apis mellifera* se procesó con 34 puntos de presencia georreferenciados (apiarios) distribuidos en las parroquias San Miguel de Ibarra, San Antonio, La Esperanza, Ambuquí y Angochagua. Inicialmente, se planteó 19 variables bioclimáticas, pero con las pruebas estadísticas realizadas para determinar la correlación entre las variables se redujeron por medio de los modelos de colinealidad (Dormann et al., 2013), identificando cinco variables no correlacionadas. Todas las variables utilizadas en el modelo final se reflejan en la Tabla 27, teniendo un total de 16 variables.

Tabla 27. Variables utilizadas para modelar la distribución potencial de *Apis mellifera*

N°	Variables
1	(BIO2) Rango diurno medio (Media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima))
2	(BIO3) Isotermalidad
3	(BIO7) Rango anual de temperatura (BIO5 – BIO6)
4	(BIO13) 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	Elevación

- 10 Producción de miel
 - 11 Cobertura vegetal
 - 12 Fungicidas
 - 13 Fertilizantes
 - 14 Herbicidas
 - 15 Insecticidas
 - 16 Tipo de cultivos
 - 17 NDVI
-

La prueba jackknife expresa la contribución de las variables en función de la información conseguida y aportada por cada una de estas para el nicho ecológico. Las barras muestran como cada variable influyo en el modelo, el color celeste indica la importancia que tiene cada variable si el modelo no se hubiera procesado con esa capa. El color azul muestra la importancia de cada variable si se hubiera procesado el modelo solo con esa capa, mientras que el color rojo señala la importancia obtenida conjuntamente de todas las variables, como se muestra en la Figura 36. La variable que mayor importancia tuvo en el modelo fue la cobertura vegetal debido a que no existe correlación entre las demás variables.

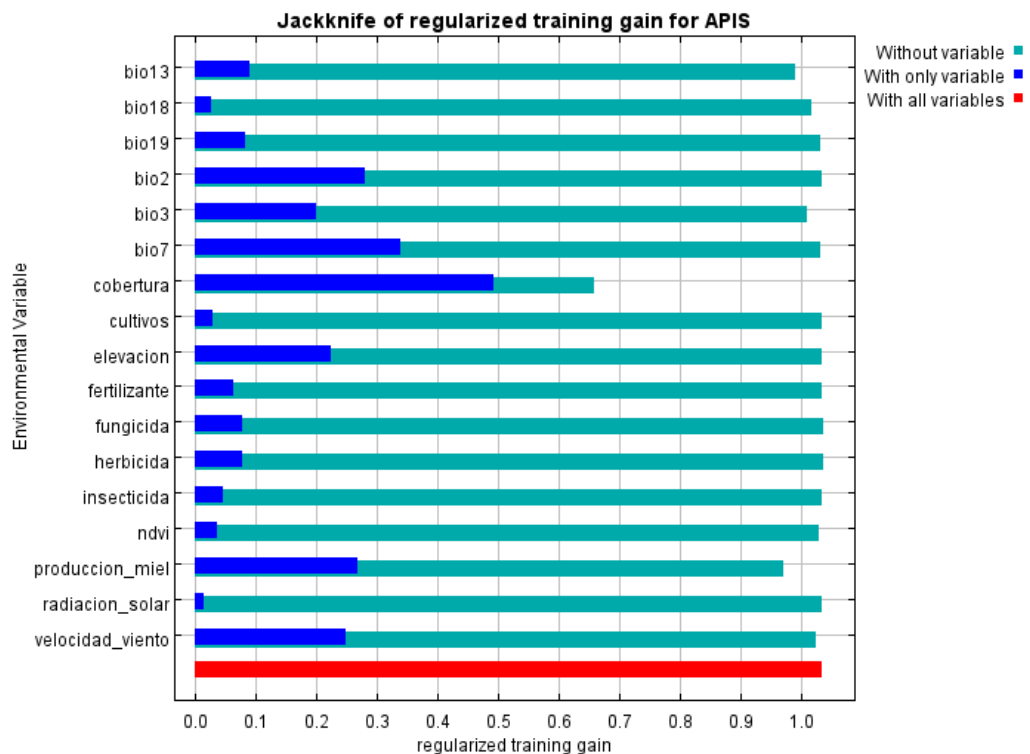


Figura 36. Resultado de la prueba Jackknife para *Apis mellifera*

Para constatar el resultado de la prueba Jackknife se utilizó las curvas de respuesta que muestran como cada variable tiene un impacto en la aparición de las abejas (Figura 37). La curva de la cobertura vegetal muestra que la presencia de abejas va aumentando en zonas de paisajes altamente modificados como de usos agrícolas, zonas pobladas y bosques seminaturales. (Fründ et al., 2013) menciona que las abejas son capaces de adaptarse a las variaciones del ambiente donde pueden aprovechar los paisajes alterados.

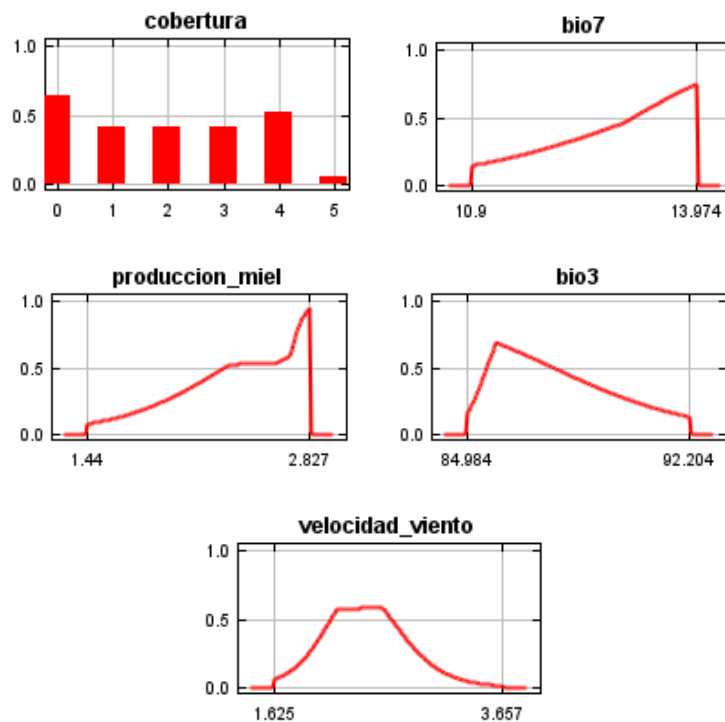


Figura 37. Curvas de respuesta de las variables ambientales más importantes

Las curvas de respuesta de las BIO3 y BIO7 representan la temperatura, donde los cambios que se generan en el ambiente contribuyen en la presencia de abejas, mientras la temperatura aumente y se mantenga entre los 12 y 20 °C representan ambientes cálidos para el normal desarrollo de sus actividades, en climas fríos y lluviosos generan vulnerabilidad, influyendo además la velocidad del viento. Las abejas se encuentran limitadas a zonas con temperaturas bajas en latitudes más altas (Wilson y Maclean, 2011). Sin embargo, el incremento de temperatura afecta la distribución de las abejas hacia latitudes más altas, dando como resultado la amplitud y movilización de su hábitat (Castellanos Potenciano et

al., 2016). Por lo tanto, existen lugares donde la especie va a desarrollarse normalmente en presencia de un ambiente adecuado, mientras que en otros lugares no favorables esta puede subsistir.

La curva de producción de miel muestra que aumenta en relación con las fuentes florales, por lo que está ampliamente relacionada con la cobertura vegetal, mientras más variedad de vegetación, las abejas van a ampliar su actividad de pecoreo para sustentar la producción de miel tanto para cosecha y alimento de la colmena. Sin embargo, los cambios en las temporadas de floración, clima, enfermedades, uso de agroquímicos, entre otros, desestabilizan la producción de miel, mientras que la diversidad de especies florales mantiene activas a las abejas, generando un alto nivel de producción de miel permitiendo una gran variación en cantidad y calidad (Baena Díaz et al., 2022).

Algunas de las variables que se utilizó en el modelo no fueron tan significativas para identificar el nicho ecológico, sin embargo, contribuyeron para determinar cómo afectan en el desarrollo de actividades de las abejas, en el caso de los agroquímicos, como se mencionó en el primer objetivo (Figura 38), la presencia de estos compuestos genera un impacto en la población de abejas al ser estas uno de las principales especies que contribuyen en la polinización de plantas florales y cultivos.

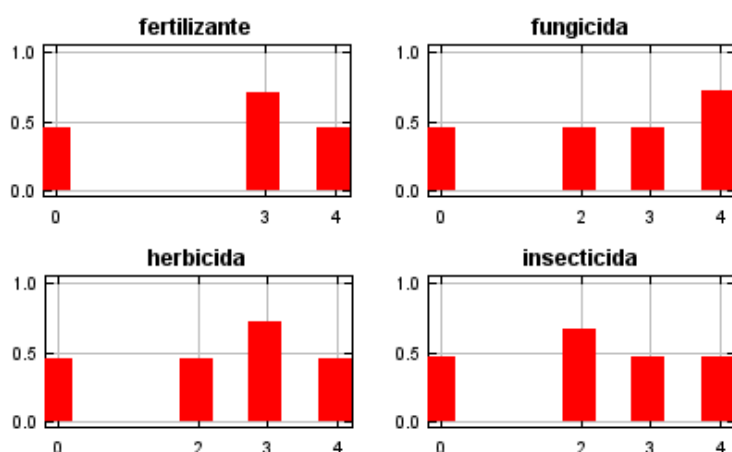


Figura 38. Curvas de respuesta de las variables de agroquímicos
Nota: 0 Inexistente, 2 Altamente tóxico, 3 Moderadamente tóxico, 4 ligeramente tóxico.

En las curvas de respuesta se puede dar a conocer que, independientemente de la clase de agroquímico que altere la aparición de las abejas, las barras más cercanas a uno serán las que menos afecten a las abejas, como son la 3 y 4, siendo estos los que se encuentran en el rango de ligeramente y moderadamente peligrosos, eso quiere decir que, las más bajas son las que más intoxicación generaron, como es el caso de la barra 2 (compuesto altamente tóxico), siendo este resultado consecuente al obtenido en el primer objetivo. Claramente existen más factores que interfieren en el rango de afección a la vida de estos polinizadores, como son los componentes e ingredientes activos presentes en estos químicos.

La alta demanda de los agroquímicos para mejorar y aumentar la producción agrícola causa que las sustancias tóxicas que están presentes en las plantas y en el ambiente provoquen la mortalidad de las abejas, de acuerdo con lo expuesto por los apicultores y agro servicios. (Naranjo et al., 2019) manifiesta igualmente que, estos agrotóxicos son transportados por las abejas a las colmenas, afectando la salud de la colmena entera, ya sea a corto y largo plazo.

Las gráficas de los agroquímicos muestran que en el área donde se encuentran los apiarios la actividad agrícola utiliza fungicidas con etiqueta verde, mientras que los fertilizantes y herbicidas la mayoría son de etiqueta azul y en los insecticidas son de etiqueta amarilla correspondiente a agroquímicos altamente tóxicos. A pesar de que generan un impacto en las poblaciones de abejas, estos agroquímicos contribuyen a nivel ecológica, en la degradación del hábitat y reducción de áreas de forrajeo (Martin y Arenas, 2018).

La variable que contribuye notablemente en el modelo de predicción es la cobertura vegetal, con un 59.3%, sin embargo, el rango que más cerca está a 1 son las zonas urbanas. Algo similar ocurre en el estudio de (Y.-H. Kim et al., 2020) que indica que las abejas apicultoras de Seúl prefieren espacios verdes que han sido perturbados, tal es el caso de San Antonio de Ibarra, donde se observa espacios que están en una zona rural-urbana, en la curva respuesta también se muestra zonas de pastizales cercanas a 1, permitiendo una amplia extensión para desenvolver las actividades de las abejas atribuyendo a la producción de miel que tiene un 2.4% que varía con respecto al número de colmenas y rendimiento melífero. De manera

similar (Muñoz, 2007), muestra que existe una relación positiva entre la cobertura y la producción de miel de acuerdo con la superficie de vegetación, porque en áreas extensas de cultivos de acuerdo con el tiempo de floración tiende a disminuir el rendimiento de miel en comparación en zonas boscosas que incrementa debido a la diversidad de especies florales. Además, (Kim et al., 2017) ratifica en su estudio de modelo de distribución de abejas apícolas que la variable que más influye en el entorno del hábitat de las abejas es la cobertura vegetal.

La velocidad del viento contribuye con un 15.8% en la generación del modelo, ya que influye en el comportamiento de búsqueda de la alimentación y promueve la actividad polinizadora, lo mismo ocurre en el estudio de (Hennessy et al., 2020) donde el efecto directo del viento en las abejas interfiere en la alimentación debido a que se muestran menos abejas cuando existe un aumento en la velocidad del viento.

El nicho potencial de distribución de *Apis mellifera* en relación con las variables ambientales y puntos de presencia se evidencia con cuatro rangos de probabilidad: nula (0 – 0.25), baja (0.25-0.50), media (0.50-0.75) y alta (0.75-0.95). El hábitat adecuado se concentra con una probabilidad alta cerca de zonas rurales, teniendo en gran parte en la parroquia San Antonio, seguido en una menor proporción en el resto de las parroquias (Figura 39).

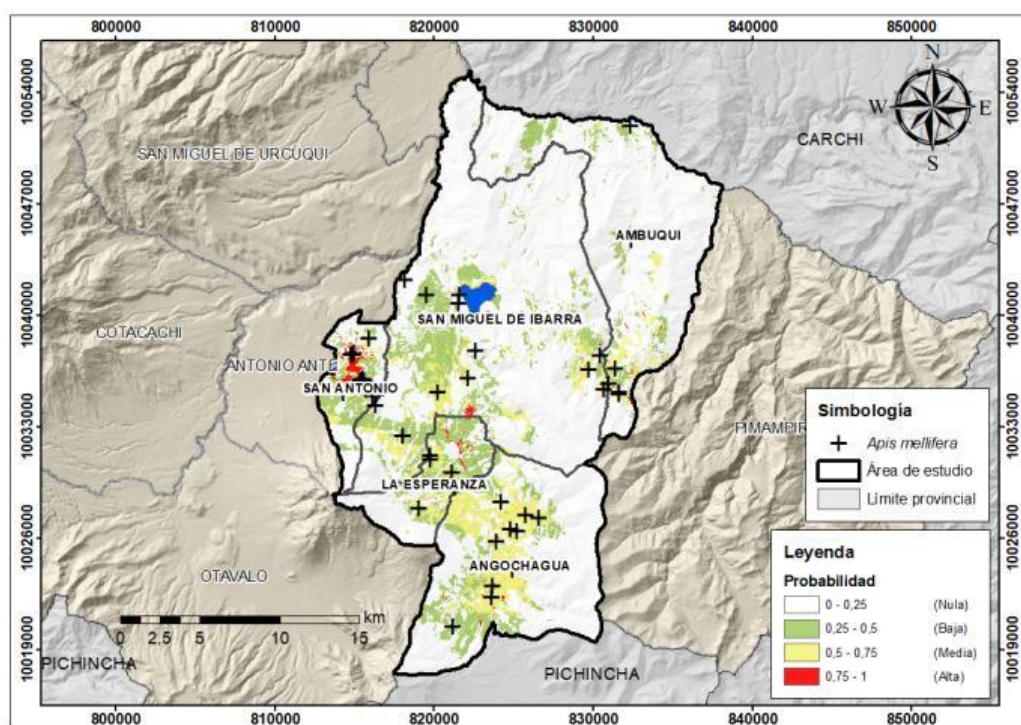


Figura 39. Distribución potencial de *Apis mellifera*

Las áreas de alta idoneidad para la especie *Apis mellifera* corresponden a zonas con clima Ecuatorial mesotérmico semihúmedo o húmedo con una vegetación de pastizales y cultivos característicos de la zona interandina que oscila en los 2400 a 3200 msnm (Pourrut, 1983). Las abejas al encontrarse en estas áreas encuentran alimento principalmente de especies introducidas como el eucalipto presente en su mayoría en todas las parroquias, abarcando grandes extensiones. En el caso de (de la Torre et al., 2008), menciona que en la sierra las abejas se encuentran especialmente en la zona templada y en la mayor parte del callejón interandino, existe mayor diversidad de especies florales debido a la presencia de cultivos y pastizales.

Respecto a la distribución de las abejas (*Apis mellifera*) coincidiendo con (Moposita et al., 2019) en donde manifiesta que en pisos altitudinales entre los 2850 a 3200 msnm en la serranía ecuatoriana existe mayor presencia de población de abejas basada en el tamaño de celdas de apiarios. En cuanto a las variaciones estacionales están las variables bioclimáticas BIO3 y BIO7 de temperatura. Las precipitaciones van desde los 500 a 2000 mm, con temperatura que va desde los 12

y 20 °C correspondiente a áreas cálidas y húmedas comparado con (Quiñónez, 2009) donde evidencia que las abejas euglosinas se encuentran en climas cálidos y húmedos con inviernos lluviosos.

4.2.1 Evaluación del modelo de nicho ecológico

La evaluación de precisión del modelo se predijo con la medida del área bajo la curva (AUC) de 0.916, considerado excelente (Figura 40). Este resultado se verificó con la aplicación del *True Skill Statistics* (TSS) con un valor de 0.62, teniendo un nivel de significancia de 0.5. Los resultados del AUC y TSS se encuentran correlacionados debido a que no se ven afectados por la prevalencia, es decir, la proporción de sitios observados en los que se registró la presencia de la especie (Allouche et al., 2006; Ruete y Leynaud, 2015).

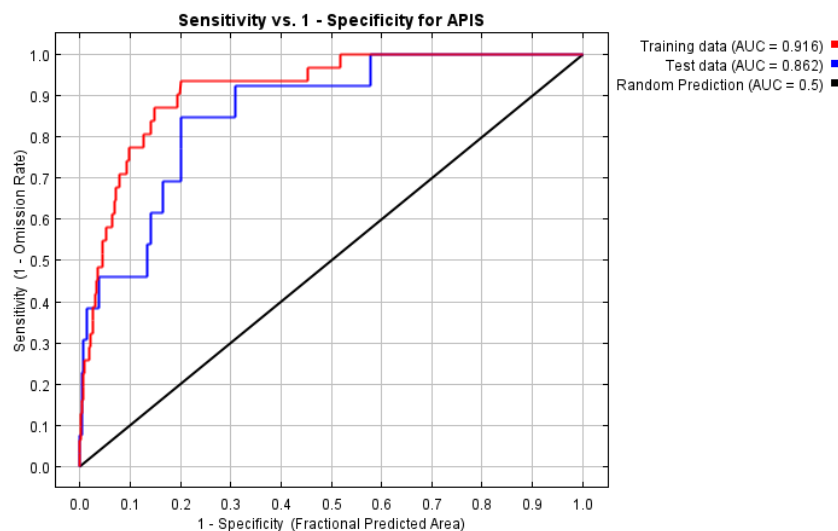


Figura 40. Resultado del modelo mediante la prueba AUC

Las puntuaciones de los métodos de validación proporcionan una predicción más que satisfactoria respecto al área de estudio y las variables empleadas. Los valores de TSS >0.6 se consideran de aceptables a excelentes (Gallien et al., 2012; Komac et al., 2016), corroborando los valores de AUC debido a que no da información acerca de los errores del modelo.

4.3 Propuesta de estrategias para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales

4.3.1 Identificación de problemas

Al realizar las salidas de campo a las diferentes parroquias con el fin de obtener información de los apiarios presentes en el área de estudio, se conoció los diversos problemas y dificultades que atraviesan los apicultores, los cuales se analizaron por medio de los siguientes procesos (Tabla 28).

Tabla 28. Listado de problemas identificados en los apiarios del cantón Ibarra

N°	Resultados
1	Flora apícola y cultivos aledaños con agroquímicos
2	Falta de ingresos y pérdidas económicas
3	Alto índice de mortalidad en abejas
4	Incidencia de plagas y parásitos en las abejas
5	Variabilidad climática
6	Daños perjudiciales en la fisiología y morfología de la abeja
7	Escaso conocimiento sobre el cuidado de colmenas y apiarios
8	Hurto de colmenas y equipos
9	Escasez y baja productividad de miel y derivados
10	Preocupación por ataque de abejas a ganados y comuneros
11	Dificultad para adquirir áreas verdes

4.3.2 Descripción de cada uno de los problemas encontrados

Flora apícola y cultivos aledaños con agroquímicos: es un gran problema que sufren la mayoría de los apiarios de la zona, los apicultores mencionan que, debido a esto, miles de abejas pierden funciones vitales hasta llegar a la muerte, lo que causa importantes pérdidas económicas.

Falta de ingresos y pérdidas económicas: debido a varios factores que interfieren con tener y mantener un apiario en óptimas condiciones, se producen pérdidas, los apicultores supieron mencionar que siempre existen estos percances y es por ese motivo por el que esta actividad la realizan más por pasatiempo que por fuente de ingresos exclusiva.

Alto índice de mortalidad en abejas: las abejas son individuos que tienen una fácil adaptabilidad al medio, sin embargo, algunas de las causas más frecuentes de mortalidad son por la adquisición de enfermedades, cambios climáticos bruscos o por intoxicación de sustancias químicas, son datos que supieron aportar los apicultores del cantón.

Incidencia de plagas y parásitos en las abejas: uno de los problemas más grandes y comunes que tienen la abeja es la adquisición de plagas y parásito, esto puede deberse a los zánganos, ellos a ser algunas veces excluidos de la colmena tienden a ser nómadas y andar de colonia en colonia, adquiriendo y contagiando alguna plaga a las demás abejas pudiendo ocasionar el declive de toda la colonia si esta no llega a ser tratada.

Variabilidad climática: el cambio climático no solo ataca a la abeja en sí, el problema con esto es que afecta al medio en que las abejas se encuentran y a la flora que ellas necesitan para subsistir. Las fuertes lluvias y temporadas excesivamente frías hacen que el polen se desvanezca ocasionando que las abejas pierdan el interés en ciertas flores, pudiendo ocasionar la pérdida de alguna especie floral. Además, si existe demasiada lluvia, las abejas pecoreadoras no pueden realizar su trabajo y por ende no recolectarán polen, además que el índice de enfermedades aumenta.

Daños perjudiciales en la fisiología y morfología de las abejas: en estos últimos tiempos el problema más peligroso que tienen las abejas son los agroquímicos, al estar expuestas a ellos puede ocasionar cambios tanto fisiológicos como motores y morfológicos en las abejas hasta ocasionarles la muerte, es más, pueden ocasionar oleadas masivas de muertes en abejas.

Escaso conocimiento sobre el cuidado de colmenas y apiarios: la mayoría de los apiarios en el cantón Ibarra son pequeños, produciendo como mínimo 15 litros de miel al año, a su vez estos apiarios son los que tienen más dificultades al momento de mantener a flote las colmenas y esto no se debe a que no se encuentran en zonas idóneas repletas de flora para las abejas. El problema radica en la falta de conocimientos que los apicultores novatos tienen y lo que esto ocasiona es que

aparezcan enfermedades, parásitos y no saber manejarlos, así también varios apicultores no están al tanto del daño que crean los agroquímicos aledaños a sus apiarios, así como también no saber gestionar de mejor manera los precios de la miel con lo cual pueden salir afectados.

Hurto de colmenas y equipos: en Ecuador, como en muchas partes del mundo, los robos son frecuentes y los apicultores no están libres de esto, no solo les han sustraído equipos y materiales necesarios, sino también hay el caso del robo de colmenas y cajas completas, al tener extensos espacios verdes y en muchas ocasiones sin cercamientos, las personas inescrupulosas entran y sustraen lo que más puedan.

Escasez y baja productividad de miel y derivados: varios de los encuestados mencionaron que la apicultura la realizan como pasatiempo y no es porque les falte ganas de hacer de esta su único sustento, el problema es que no ven que su productividad de miel mejore con el tiempo, por lo que crea decepción a la hora de emprender en esta actividad.

Preocupación por ataque de abejas a ganados y comuneros: específicamente en la parroquia de Angochagua esta problemática creció cada vez más y es que los apicultores supieron mencionar que, al tener tanta actividad pecuaria cerca a ellos, las abejas atacaban al ganado y a los comuneros vecinos, lo que esto ocasionó es el pedido por parte de la comunidad de terminar con el apiario o apiarios, también supieron mencionar que si no cumplían con el pedido proseguían a quemar a las abejas.

Dificultad para adquirir áreas verdes: este es el caso de los apicultores pequeños y medianos que no tienen los recursos para alquilar o comprar zonas florales en distintas provincias del Ecuador con el único motivo de seguir el calendario floral y de esta manera no dejar de producir miel y derivados.

4.3.3 Matriz de Vester

Al realizar la matriz de Vester se obtienen resultados activos y pasivos como se puede observar en la Tabla 19, los activos más altos que se marcan son el P5 (18), P6 (18) y P7 (24), dando a entender que la variabilidad climática, los daños perjudiciales en la fisiología y morfología de las abejas y el escaso conocimiento sobre el cuidado de colmenas y apiarios son los problemas que más relación presentan con los demás.

Tabla 29. Matriz de Vester sobre la problemática de los apiarios

	Problemas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	Activos
P1	Flora apícola y cultivos aledaños con agroquímicos	0	3	3	2	3	3	0	0	3	0	3	20
P2	Falta de ingresos y pérdidas económicas	0	0	2	2	0	2	1	0	3	0	3	13
P3	Alto índice de mortalidad en abejas	3	3	0	3	2	0	0	0	3	0	1	15
P4	Incidencia de plagas y parásitos en las abejas	0	2	3	0	1	3	0	0	3	0	0	12
P5	Variabilidad climática	3	3	3	2	0	3	0	0	3	0	1	18
P6	Daños perjudiciales en la fisiología y morfología de la abeja	3	3	3	3	2	0	0	0	3	0	1	18
P7	Escaso conocimiento sobre el cuidado de colmenas y apiarios	2	3	3	3	0	3	0	2	3	3	2	24
P8	Hurto de colmenas y equipos	0	3	3	0	0	3	0	0	3	0	1	13
P9	Escasez y baja productividad de miel y derivados	1	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	16
P10	Preocupación por ataque de abejas a ganados y comuneros	0	3	3	0	0	3	0	0	3	0	0	12
P11	Dificultad para adquirir áreas verdes	0	3	3	1	0	3	0	0	3	3	0	16
	PASIVOS	12	29	29	19	8	26	1	2	30	6	15	

Al contrario, los problemas que más incurrancia presentan en los demás son los datos obtenidos en la variable pasivos, como son: P2 (29), P3 (29), y P9 (30) que vienen a ser la falta de ingresos y pérdidas económicas, alto índice de mortalidad y escasa productividad de miel y derivados respectivamente.

4.3.4 Gráfico de la Matriz de Vester

Problemas clasificados mediante los cuadrantes del gráfico de los problemas del cantón Ibarra (Figura 41).

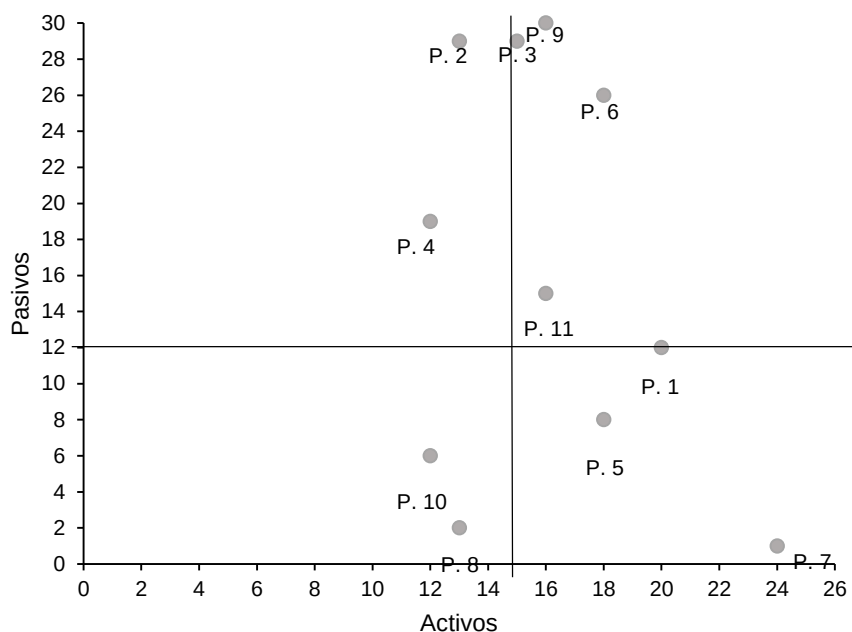


Figura 41. Gráfico de datos de los problemas del cantón Ibarra.

Críticos: Aquí se encuentran los problemas 9 (Escasez y baja productividad de miel y derivados), 3 (Alto índice de mortalidad en abejas), 6 (Daños perjudiciales en la fisiología y morfología de la abeja) y 11 (Dificultad para adquirir áreas verdes). En este apartado se alojan los problemas que el total de activos y pasivos es alto, por ende, son causa de unos y consecuencia de otros. Estos son los problemas que más brevedad tienen para buscar una solución.

Activos: Los totales de esta variable comprenden un activo alto y un pasivo bajo, lo que significa que son los mayores causantes de la expansión o aparición de otros problemas, ergo, deben ser controlados inmediatamente al igual que los críticos. Los problemas que encontramos aquí son: 1 (Flora apícola y cultivos alelados con agroquímicos), 5 (Variabilidad climática) y 7 (Escaso conocimiento sobre el cuidado de colmenas y apiarios).

Pasivos: Esta variable comprende a los problemas cuyos totales son de pasivos altos y activos bajos. El problema 2 y 4 son los únicos que se encuentran en esta clasificación, siendo la falta de ingresos y pérdidas económicas y la incidencia de plagas y parásitos en las abejas, respectivamente, lo que indica que estos problemas son consecuencia de otros.

Indiferentes: En este punto se hallan los problemas 8 (Hurto de colmenas y equipos) y 10 (Preocupación por ataque de abejas a ganados y comuneros), estos se identifican como los problemas menos relacionados con los demás, tienen importancia, sin embargo, se solucionarían de forma independiente.

4.3.5 Identificación del problema central

Silva et al. (2006) expresa que la creación de planes ambientales permite identificar a las principales actividades que poseen una relación directa con el entorno natural, por ende, se sugiere al productor apícola en el momento de iniciar con el montaje de un apiario considerar algunos criterios para el éxito de su funcionamiento (criterios de producción) y para el excelente manejo y conservación de los recursos naturales (criterios ambientales).

Por medio de la elaboración de la matriz de Vester se conocieron los principales y críticos problemas que aquejan a los apicultores del cantón Ibarra, con el fin de elaborar estrategias que estén basadas en buenas prácticas ambientales, aportando especial énfasis al incremento de la población de polinizadores. En la Figura 42 observan los problemas ya localizados, el daño perjudicial en la fisiología y morfología de las abejas es el centro de los inconvenientes, siendo los causantes: la variabilidad climática, flora apícola y cultivos alledaños con agroquímicos, la falta de conocimientos sobre el cuidado de colmenas y apiarios. Por ende, las consecuencias son: dificultad para adquirir áreas verdes, pérdidas económicas, mortalidad de abejas, baja productividad y plagas en abejas.

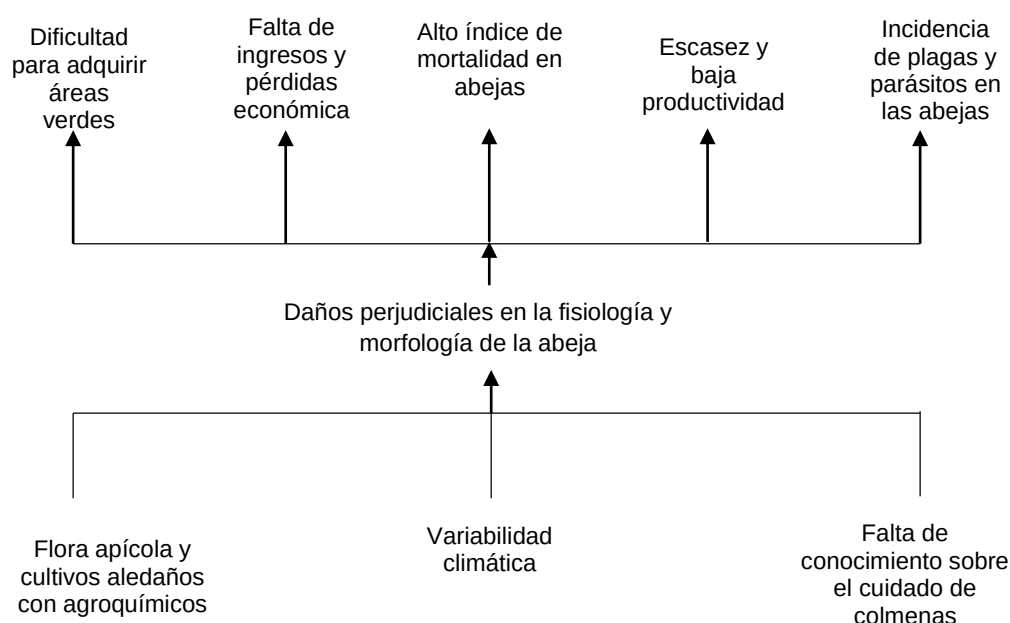


Figura 42. Árbol de problemas sobre los apiarios del cantón Ibarra

Por consiguiente, la Tabla 30 está enfocada en brindar posibles soluciones a cada uno de los problemas y subproblemas localizados en los apiarios de la zona de estudio, además de las metas a alcanzar con cada solución.

Tabla 30. Problemas y posibles soluciones para la implementación de apiarios basado en buenas prácticas ambientales

P. central	P. identificados	Subproblemas	Posibles soluciones	Meta
Daños perjudiciales a la fisiología y morfología de las abejas	Falta de conocimiento sobre el cuidado de colmenas.	-Escasez y baja productividad de miel y derivados. - Falta de ingresos y pérdidas económicas.	-Gestión ambiental de proyectos apícolas -Capacitaciones sobre crecimiento productivo -Capacitaciones sobre el cuidado y bienestar de las abejas juntamente con el ambiente	Permitir el crecimiento de los pequeños y medianos productores yendo de la mano con el cuidado del ambiente.
	Alto índice de mortalidad en abejas	Incidencia de plagas y parásitos en las abejas	-Alianzas con agricultores y pecuarios -Intervención y conocimiento de zonas florales -Protocolos de cuidados, limpieza y salud	Mejorar la situación del uso de agroquímicos que afecta la vida de las abejas y a su vez disminuye la productividad de los cultivos y pastizales

Flora apícola y cultivos aledaños con agroquímicos	--	-Mejorar la productividad utilizando productos orgánicos -Promover las prácticas agroecológicas -Siembra y utilización de flora endémica -Establecer distintos horarios de dispersión de productos en los cultivos y salida de abejas pecoreadoras	Equilibrar las prácticas tanto del agricultor como del apicultor con el fin de mejorar la comunicación sobre los beneficios de los polinizadores y la polinización para incentivar un cambio en la producción agrícola.
Variabilidad climática	--	-Buen uso de los servicios ambientales -Promover el cuidado de las especies polinizadoras. -Fomentar la disminución de la agricultura a gran escala. -Llevar una vida sustentable -Campañas que incentiven el cuidado del ambiente -Promover la reforestación endémica y el cuidado del suelo. -Restauración de hábitats	-Promover e informar sobre el cuidado del ambiente a la población en general -Aumentar la conectividad de hábitats favorables para los polinizadores.

La actividad apícola es considerada una acción que se da de manera amigable con el ambiente, esta involucra a los más grandes polinizadores (Soto, 2006), siendo de gran importancia para el desarrollo y porvenir del planeta tierra en todos los aspectos, por esta razón la academia, investigadores, productores, entre otros investigan los posibles problemas que aquejan a los apicultores, con el fin de dar soluciones viables tanto a la familia Apidae, como al crecimiento productivo con criterios ambientales.

Por consiguiente, para el desarrollo de este objetivo se plantearon lineamientos para incrementar la población de polinizadores en el cantón Ibarra. Se propuso tres estrategias basándonos en los resultados de la matriz, enmarcados en la figura 38 y en la tabla 31, los cuales se describen a continuación: reducción de la tasa de mortalidad en abejas y del consumo de agroquímicos, crecimiento de los pequeños y medianos productores con carácter y educación ambientales. A continuación, se presentan los programas que permitirán el incremento en la riqueza de polinizadores en el área de estudio.

4.3.6 Estrategia 1. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas y del consumo de agroquímicos

La actividad agrícola en la zona de estudio se encuentra evidenciada por el uso indiscriminado de agroquímicos en todas sus clases y especificaciones, teniendo un fuerte impacto en polinizadores y de esta forma perjudicar a la producción apícola, además de provocar una degradación progresiva del suelo y contaminación a los recursos naturales. Por ende, este programa está enfocado en brindar soluciones que sean beneficiosas tanto para el agricultor como el apicultor, presentados en la Tabla 31.

Objetivo general

- Proponer técnicas que conlleven a la disminución de las causas que provocan daños severos a la fisiología y morfología de las abejas.

Objetivos específicos

- Capacitar en prácticas agroecológicas para mitigar la degradación del suelo y el uso excesivo de químicos.
- Desarrollar técnicas de beneficio mutuo entre productores agrícolas y apícolas.
- Capacitar sobre la importancia de la polinización en la producción agrícola.

Tabla 31. Reducción de la tasa de mortalidad en abejas y del consumo de agroquímicos

Proyecto	Alcance	Actividades	Indicadores	Responsables
Reducción de la tasa de mortalidad en abejas	Zonas apícolas y agrícolas en el cantón Ibarra	Talleres sobre la importancia de polinizadores en cultivos y viceversa. • Reuniones para crear vínculos entre apicultores y agricultores para evitar la degradación de ecosistemas y producción. • Capacitaciones sobre cuidados de limpieza y salud en abejas.	Número de talleres convocados por los principales actores. Registro fotográfico y lista de asistencia.	MAGAP, presidentes de las comunidades y asociaciones apícolas

Prácticas de conservación de ecosistemas	Zonas apícolas y agrícolas en el cantón Ibarra	Talleres y charlas sobre las consecuencias del uso desmedido de químicos en el ambiente. • Capacitaciones para la implementación de productos orgánicos. • Reuniones para implementar prácticas agroecológicas. • Charlas sobre los horarios de dispersión de productos en cultivos y la salida de abejas pecoreadoras • Taller sobre la siembra y utilización de flora endémica.	Número de talleres y charlas convocadas por los principales actores	MAGAP, MAATE, presidentes de las comunidades y asociaciones apícolas.
			Registro fotográfico y lista de asistencia	

Los agricultores son uno de los principales y más grandes problemas con los que tratan los apicultores, pero en sí, no es su trabajo el inconveniente, sino el modo en que lo hacen. Como lo hace notar (Silva et al., 2006) la cual enfatiza que con el paso del tiempo las tendencias en la producción agropecuaria han evidenciado la necesidad de incorporar cambios en las prácticas de los procesos productivos mediante la aplicación de medidas de control de calidad y productividad que favorezcan al cuidado de fauna y flora, al uso sostenible de los recursos naturales, a la conservación de los ecosistemas y al progreso de la calidad de vida de las comunidades.

De igual manera, Silva et al. (2006) argumenta que la parte de la agricultura que se encarga de los cultivos frutales y hortalizas presenta beneficios significativos por la producción apícola, dado que, gracias a los procesos efectuados en la polinización entomófila de las abejas en estos cultivos, la producción del agricultor se incrementa tanto en cantidad como en calidad, lo que representa una mejor comercialización de estos productos. (Díaz et al., 2019) registran algo similar, mencionan que los polinizadores son los que ofrecen un amplio espectro de beneficios, estos contribuyen y mantienen las poblaciones de plantas silvestres, asegurando su reproducción y diversidad genética.

4.3.7 Estrategia 2. Crecimiento de los pequeños y medianos productores con carácter ambiental

La apicultura es una actividad productiva que genera grandes beneficios si se la lleva correctamente, sin embargo, en la zona de estudio se evidenció a una gran parte de apicultores los problemas que presentaban al querer incursionar en este emprendimiento, debido a que no contaban con la información necesaria para llevar de una manera adecuada sus colmenas y apiarios en general. Esta problemática presenta inconvenientes en los ecosistemas, la falta de información genera la muerte masiva de polinizadores, razón por la cual, este programa está enfocado en la generación de apiarios basados en criterio ambiental (Tabla 32).

Objetivo general

- Desarrollar el crecimiento de los pequeños y medianos productores con base en la conservación y el cuidado del ambiente.

Objetivos específicos

- Generar crecimiento productivo por medio de la apicultura en el cantón Ibarra.
- Implementar actividades productivas que estén vinculadas directamente al beneficio del ambiente.

Tabla 32. Crecimiento de los pequeños y medianos productores con carácter ambiental

Proyecto	Alcance	Actividades	Indicadores	Responsables
Aumento de apicultores en la zona de estudio	Población del cantón Ibarra	Talleres sobre los beneficios de ser parte de la comunidad apícola. • Taller sobre el crecimiento productivo	Número de talleres convocados por los principales actores. Registro fotográfico y lista de asistencia.	MAGAP, asociaciones apícolas
Ampliación de información	Población del cantón Ibarra	Capacitaciones sobre el cuidado de un apiario	Número de capacitaciones, charlas y talleres	MAGAP, asociaciones apícolas

para el desarrollo de un apiario	• Charlas sobre el cuidado y bienestar de las abejas • Taller sobre cómo prevenir la escasez y baja productividad • Gestión ambiental de proyectos apícolas	convocados por los principales actores. Registro fotográfico y lista de asistencia.
----------------------------------	---	--

Soto (2006) manifiesta que estas acciones implican el compromiso y apoyo de los actores que se benefician de estas actividades y su producción, como tal, deben generar difusión, promoción y fomento de la apicultura, con base en el mejoramiento continuo e inserción de las variables ambientales.

4.3.8 Estrategia 3. Educación ambiental

El programa de educación ambiental se genera con base a la preparación de temas técnicos y sumamente importantes sobre el cuidado del ambiente y aumento de población de polinizadores en el cantón Ibarra (Tabla 33).

Objetivo general

- Ejecutar programas técnicos con carácter ambiental que permitan capacitar a los actores encontrados en la zona de estudio, con el fin de generar beneficios a los ecosistemas.

Objetivos específicos

- Desarrollar capacitaciones permanentes con el apoyo de los actores principales.
- Requerir el apoyo técnico de las diferentes instituciones para impartir conocimientos e información ambiental a la sociedad.
- Priorizar el cuidado del ambiente y de las formas de vida encontradas en la zona de estudio.

Tabla 33. Estrategia de educación ambiental para sectores específicos de la zona

Proyecto	Alcance	Actividades	Indicadores	Responsables
Apoyo técnico para la conservación de polinizadores	Zonas apícolas, agrícolas y población en general en el cantón Ibarra	Capacitaciones sobre como mitigar y reducir la variabilidad climática. • Charlas sobre el buen uso de los servicios ambientales • Talleres para promover el cuidado de las especies polinizadoras • Charlas para fomentar la disminución de la agricultura a gran escala • Reforestación endémica y el cuidado del suelo	Número de socializaciones convocadas por los principales actores. Registro fotográfico y lista de asistencia.	MAGAP, MAATE, Asociaciones apícolas, Comunidad.
Concientización ambiental a sectores específicos.	Instituciones educativas del cantón Ibarra.	Concientización a las nuevas generaciones el cuidado y la importancia del ambiente Charlas interactivas sobre qué hacer para el cuidado de los recursos naturales y el bienestar de flora y fauna.	Registro fotográfico y lista de asistencia.	MAATE, Asociaciones apícolas, GAD cantonal de Ibarra.

Otra parte fundamental para el incremento de polinizadores es incorporar estrategias de divulgación entre las comunidades, productores, actores institucionales, organizaciones y para la sociedad en general, en las cuales se puedan generar de forma periódica reuniones informativas, talleres, capacitaciones, esto con el fin de crear conocimientos y conciencia sobre los enormes beneficios que conlleva la familia Apidae en la sociedad y en el mundo.

Un punto para mencionar aquí es la expansión de la deforestación, esto desencadena en pérdida y degradación de hábitats en todos los biomas, acción que se ve reflejada en la aparición de CO₂ y por ende en la generación del calentamiento global o cambio climático, problema que ataca duramente a las comunidades de polinizadores, siendo esta una razón más de su mortalidad. (Grez y Galetto, 2011) aportan que los rápidos cambios en el uso de suelo provocan la pérdida de diversidad a través de la fragmentación y destrucción del hábitat, variables que impactan a varios procesos ecológicos. (Convenio de la Diversidad Biológica,

2018) manifiesta que para la conservación y uso sostenible de polinizadores es pertinente aplicar un enfoque que englobe a todo el paisaje, esto envuelve mantener corredores vegetales naturales, restaurar tierras degradadas y seguir empleando prácticas agrícolas respetuosas con los polinizadores, reducir la deforestación y promover la reforestación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los altos rangos de impactos ambientales severos se encontraron en los procesos de producción de cultivos que involucran el uso de pesticidas, por ende, las actividades antrópicas que tienen mayor relevancia en la alteración en las poblaciones de *Apis mellifera* y a su hábitat, son el uso indiscriminado de agroquímicos, principalmente los químicos organofosforados, glifosatos y neonicotinoides. Estos inhiben las funciones esenciales que necesitan estos individuos para sobrevivir, además producen una cadena de daño al ambiente, y por medio de esto existe un aumento del cambio climático, siendo esta otra de las variables de mortalidad en esta especie, incurriendo en la disminución de polinizadores.

El modelo de distribución potencial de *Apis mellifera* muestra que las áreas con mayor probabilidad de presencia se encuentran en zonas de pastizales y cultivos con un rango altitudinal que van desde los 2400 a 3200 msnm correspondientes al área interandina. A su vez, se obtuvo que la cobertura vegetal, la precipitación, temperatura, producción de miel y temperatura influyeron para predecir el modelo de distribución. A diferencia de la variable de agroquímicos, la cual no contribuye de manera significativa al nicho ecológico, sin embargo, se evidencia los efectos colaterales que conlleva la actividad agrícola, afectando a las abejas y al ambiente, tal como se obtuvo en el objetivo uno, por lo tanto, el área idónea para las abejas apícolas muestra la necesidad de conservación junto con la importancia del hábitat considerando que se encuentran vinculadas en la producción agrícola por su efecto polinizador.

Las diversificaciones en las variables ambientales muestran la necesidad de preservar el hábitat de *Apis mellifera*, manteniendo las condiciones ambientales estables para su desarrollo, lo cual contribuye al desempeño de la apicultura, debido a que las zonas de temperaturas bajas en latitudes más altas infringen como factor

limitante, generando vulnerabilidad en la colmena dando como resultado la producción de miel para su subsistencia.

De acuerdo con los problemas apícolas existentes en esta investigación, se demostró que la falta de información y el uso desmedido de agroquímicos son una de las mayores causantes del daño generado a la vida y producción de *Apis mellifera*, ya que no existe una constante comunicación entre agropecuarios y apicultores para establecer un beneficio mutuo entre ambas actividades.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable realizar investigaciones a fondo sobre los componentes químicos específicos que afectan a las abejas por medio de análisis de laboratorio y de esta forma conocer exactamente los ingredientes activos que causan el desequilibrio en las colmenas en la zona de estudio.

Realizar investigaciones con especies de abejas silvestres, registrando los puntos de presencia en campo que permitan obtener información verídica e identificar las variables ambientales que influyen en su distribución, considerando un área de estudio amplio.

Es imprescindible apoyar este tipo investigaciones, ya que las abejas y los polinizadores en general son fundamentales para el bienestar de la sociedad y el equilibrio del ambiente. Al realizar esta investigación se evidenció que no existen leyes que estén destinadas a estas especies, por lo que es necesario difundir estos resultados a las entidades gubernamentales para que se tomen las medidas necesarias y de esta forma promover el cuidado y distribución de estos.

REFERENCIAS

- Abril, M. y Guamán, X. (2019). *Factores climáticos como determinantes de la presencia y riqueza diaria de insectos polinizadores (Dípteros, Himenópteros)*. [Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9609/1/15242.pdf>
- Afik, O., Dag, A., Kerem, Z. y Shafir, S. (2006). Analyses of avocado (*Persea americana*) nectar properties and their perception by honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of chemical ecology*, 32(9), 1949-1963.
- Agrocalidad. (2014). *Primer Catastro Nacional Apícola*. Dirección de Sanidad Animal.
- 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.
- André, P., Delisle, C. y Revéret, J. (2004). *Environmental Assessment for Sustainable Development: Processes, Actors and Practice*, Montreal, Presses Internationals Polytechnique, pp. 52, 54, 157
- Antúnez, A., y Mendoza, M. (1992). Factores que determinan el área de distribución geográfica de las especies: conceptos, modelos y métodos de análisis. *Monogr. Herpetol*, 2, 51-59.
- Añorve, M. (1991). *La fiabilidad en la entrevista: la entrevista semi estructurada y estructurada, un recurso de la encuesta*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.1991.10>
- Arcos, F., y Rengifo, L. (2021). La heroicidad de las abejas solitarias. *Ecofronteras*, 22–24.
- Badii, M., y Varela, S. (2015). Insecticidas organofos-forados: efectos sobre la salud y el ambiente, *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica* 5(28).
- Baena Díaz, F., Chévez, E., de la Merced, F. R., y Porter Bolland, L. (2022). *Apis mellifera* en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de

- polinización. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 525–548.
- Bermúdez, G., y Gómez, H. (2001). Los problemas en tecnología: una propuesta metodológica. *Revista Tecnura*, 5(9), 68-79.
- Blonder, B., Lamanna, C., Violle, C., y Enquist, B. (2014). The n-dimensional hypervolume. *Global Ecology and Biogeography*, 23(5), 595–609.
- Brizuela M. (2010). Efecto de la Temperatura sobre la infestación de Varroa destructor en colonias de abejas (*Apis mellifera*) europeas y africanizadas en Linares, México. *Memorias del XXIV Seminario Americano de Apicultura*, Cuernavaca Morelos, México.
- Busby, J. R. (1991). BIOCLIM-a bioclimate analysis and prediction system. *Plant Prot Q*, 6, 8–9.
- Cabrera, A. (2008). *Análisis del Sistema Productivo de la miel de abeja*. Quito, Ecuador.
- Cabrera, J. (2012). La Apicultura en el Ecuador: Antecedentes Historicos. Laboratorios La Melífera. Recuperado el 28 de Enero de 2021, de https://nanopdf.com/download/apiterapia-en-ecuador_pdf
- Cabrera, J. (2014). *La Apicultura en el Ecuador: Antecedentes Históricos*. Quito, Ecuador:
<http://www.caminoalagro.com/app/download/5718032019/Apiterapia+en+Ecuador.pdf?t=1358884162>
- Camargo, E. S. C., Barón, E. M. P., y Carreño, J. A. F. (2020). Desarrollo y extensión rural.: Estrategias para el fortalecimiento de la agricultura familiar campesina. *Libros Universidad Nacional Abierta ya Distancia*, 1-125.
- Carpenter, G., Gillison, A. N., y Winter, J. (1993). DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*, 2(6), 667–680.
- Castellanos Potenciano, B. P., Gallardo López, F., Sol Sánchez, A., Landeros Sánchez, C., Díaz Padilla, G., Sierra Figueredo, P., y Santivañez Galarza, J.

- L. (2016). Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 2(1), 1–19.
- Chauzat, M. P., Carpentier, P., Martel, A. C., Bougeard, S., Cougoule, N., Porta, P., y Faucon, J. P. (2009). Influence of pesticide residues on honeybee (Hymenoptera: Apidae) colony health in France. *Environmental Entomology*, 38(3), 514-523.
- Contreras, R. (2006). Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000300006&lng=es&lng=es.
- CORPOAMAZONIA. (2007). Guía Ambiental para la Producción Limpia en el cultivo de frijol a partir del estudio de caso de los cultivos en el Valle de Sibundoy Putumayo. *Nueva Era*.
- Coy, H. y Gómez, Y. (2017). Matriz de aspectos e impactos ambientales en las unidades agro-productivas de la zona usaba-julio cesar, municipio de Sibaté, Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7572/CoyTelloHadherSmith2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., y Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (con extracto de datos). Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia.
- Decreto Legislativo. Constitución de la república del Ecuador. Registro Oficial No. 449, Ecuador, 20 de octubre de 2008.
- Desneux, N., Decourtye, A. y Delpuech, J. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. In: *Annual Review of Entomology*. volume (52). p. 81–106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- Diaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J. y Zayas, C. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-

Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*.

Donadío De Gandolfi, M. C., García, S. I., Ghersam, C. M., Haas, A. I., Larripa, I., y Marra, C. A. (2009). Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*.

Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., y Leitão, P. J. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Echography*, 36(1), 27–46.

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

Dudik, M., Phillips, S. y Schapire, R. (2004). Garantías de desempeño para la estimación regularizada de la densidad de máxima entropía. En Conferencia Internacional sobre Teoría del Aprendizaje Computacional (págs. 472-486). *Springer*, Berlín, Heidelberg

Duttman, C., Demedio, J., y Verde, M. (2013). La apicultura y factores que influyen en producción, calidad, inocuidad y comercio de la miel. Investigación Intersectorial de la Sanidad Apícola en el Occidente de Nicaragua.

Efecto colmena. (22 de mayo de 2019). El éxito de las abejas africanizadas en América. <https://www.efectocolmena.com/el-exito-de-las-abejas-africanizadas-en-america/>

- Elith, J., Leathwick, J. R., y Hastie, T. (2008). A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, 77(4), 802–813.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., y Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57.
- Espina, D. y Ordetex, G. (1981). *Apicultura Tropical. Tecnológica de Costa Rica*. Cartago, CR. 420 p
- Farouk, K., Palmera, K. y Sepúlveda, P. (2014). Abejas. INFOZOA Boletín de zoología. Vol 6, 1 – 12.
- Fatima, S. H., Atif, S., Rasheed, S. B., Zaidi, F., y Hussain, E. (2016). Species Distribution Modelling of *Aedes aegypti* in two dengue-endemic regions of Pakistan. *Tropical Medicine y International Health*, 21(3), 427-436.
- Fernández Vítora, V. C., Ripoll, V. C., Ripoll, L. A. C., y Garro, V. R. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (Issue PA 333.72 C66.). *Mundi-prensa*.
- Fick, S. y Hijmans, R. (2017). WorldClim. Obtenido de WorldClim 2: nuevas superficies climáticas de resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.5086>
- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Cambridge University Press. <https://books.google.es/books?id=CkshAwAAQBAJ>
- Fründ, J., Zieger, S. L., y Tschardt, T. (2013). Response diversity of wild bees to overwintering temperatures. *Oecologia*, 173(4), 1639–1648.
- Fuerte, D. (2017). *Estudio de la producción y comercialización en la cadena productiva apícola en la provincia de Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte], Ibarra, Ecuador.
- 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. *Glob. Ecol. Biogeography*. 21, 1126-

1136. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1466-8238.2012.00768.x>

García, I., y Cuenca, A. (2002). Estudio del desarrollo post-embrionario en el ciclo Holo metabólico de la obrera de *Apis mellifica mellifica*. Universidad Complutense de Madrid.

Gayubo S. F., y Pujade J. V. (30 de julio de 2015). Orden Himenóptera. IDE@ - SEA, N°59, 1 – 36.

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ibarra. (2020). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra. https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/estrategico/PDYOT_2020.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural San Antonio de Ibarra. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia San Antonio de Ibarra. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20SAN%20ANTONIO.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Ambuquí. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Ambuquí. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20AMBUQUI.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial Rural de Angochagua. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20ANGOCHAGUA.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural La Esperanza. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia La Esperanza. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20LA%20ESPERANZA.pdf>

Gordón, M. Á. R., Atlántico, J. B., y Ornos, C. (2002). Polinizadores y biodiversidad. Asociación Española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de La Biodiversidad Eds.

- Greze, A., y Galetto, L. (2011). Fragmentación del paisaje en América Latina: ¿en qué estamos. Conservación biológica: perspectivas desde América Latina. *Editorial Universitaria*, Santiago, 63-78.
- Guisan, A., y Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2-3), 147-186.
- Guisan, A., Edwards Jr, T. C., y Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling*, 157(2-3), 89-100.
- Gutierrez, J. (2009). Impacto ambiental: definición. Medición del impacto ambiental. Estudios de impacto ambiental. *Evaluación del impacto ambiental*. Universidad Los Ángeles de Chimbote. http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf
- Guzmán, N. E., Correa, B. A., Espinosa, M. L., y Guzmán, N. G. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Scielo*. Volumen 42 149-178. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922011000200005
- Ha, T. (2014). A review on the Development of Integrated Pest Management and Its Integration in Modern Agriculture. *Asian Journal of Agroculture and Food Science*, 2(4), 336-340.
- Hanson, P.; I. Gauld. (2006). Rasgos Biológicos importantes en la evolución del orden Himenóptera. Capítulo 2.2. Hanson, P.; I. Gauld (eds.) *Hymenoptera de la Región Neotropical*. Costa Rica. *Memoirs of the American Entomological*. pp 19-27.
- Hastie, T., y Tibshirani, R. (1987). Generalized additive models: some applications. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 371-386.
- Hennessy, G., Harris, C., Eaton, C., Wright, P., Jackson, E., Goulson, D., y Ratnieks, F. F. L. W. (2020). Gone with the wind: effects of wind on

- honeybee visit rate and foraging behaviour. *Animal Behaviour*, 161, 23–31.
<https://doi.org/10.1016/J.ANBEHAV.2019.12.018>
- Hickerman, C., Roberts, L., y Parson, A. (2000). Los artrópodos. Principios generales de zoología.
- Hinojosa-Díaz, I. A., Alqarni, A. S., Lira-Noriega, A., y Engel, M. S. (2016). Ecological niche modeling of the rare bee *Promelitta alboclypeata* reveals possible cryptic differentiation across northern Africa and Arabia (Hymenoptera: Melittidae). *Apidologie*, 47(4), 509–514.
- Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D., y Perrin, N. (2002). Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 83(7), 2027–2036.
- Ingram, E. (2015). Evaluating sub-lethal effects of orchard-applied pyrethroids using video-tracking software to quantify honeybee behaviors. In: *Chemosphere*. vol. 35. p. 272–277.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.04.022>
- Instituto de Estudios Ecuatorianos. IEE. (2015). *Geo información para la gestión del territorio*. Quito.
- Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, V., Padilla, C., Tanaí, I., y Pupiales, N. (2020). Los volcanes de Imbabura y su tiempo geológico. Imbabura-Ecuador. FICAYA Emprende.
- 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(4), 1-15.
- 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*, 400, 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.
- Jácome, G. (2018). *Spatial and temporal dynamic attens of dengue fever in Ecuador based on the maximum entropy model, GIS, and PLS regression*. [Master's Thesis]. Kyung Hee University.
- Johnson, R. M., Ellis, M. D., Mullin, C. A., y Frazier, M. (2010). Pesticides and honey bee toxicity—USA. *Apidologie*, 41(3), 312-331.
- Kim, W.-M., Song, W.-K., Kim, S.-Y., Hyung, E.-J., y Lee, S.-H. (2017). Habitat analysis study of honeybees (*Apis mellifera*) in urban area using species distribution modeling focused on Cheonan. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 20(3), 55–64.
- Kim, Y.-H., Cho, Y.-H., Bae, Y.-S., y Kim, D.-Y. (2020). The analysis of pollination potential environment for *Apis mellifera* in Seoul using MaxEnt modeling approach. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 23(4), 85–96.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., y Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc.*, 303-313.
- Koch, L. K., Cunze, S., Werblow, A., Kochmann, J., Dörge, D. D., Mehlhorn, H., y Klimpel, S. (2016). Modeling the habitat suitability for the arbovirus vector *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitology research*, 115, 957-964. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4822-3>.
- Komac, B., Esteban, P., Trapero, L., y Caritg, R. (2016). Modelization of the current and future habitat suitability of *Rhododendron ferrugineum* using potential snow accumulation. *PloS One*, 11(1), e0147324
- Kremen, C., Williams, N. M., y Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812-16816.

- Lardizábal, R., Arias, S. y Segura, R. (2013). Manual de producción de frijol. Págs. 23.
- Le Conte Y. y Navajas M. (2008). Climate change: Impact on honeybee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 27(2), 499-510. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/23285587_Climate_change_Impact_on_honey_bee_populations_and_diseases
- Lema, A., Basantes, E., y Pantoja, J. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare L.*) con urea normal y polimerizada en Intag, Ecuador. *Agron. Mesoam*. doi:10.15517/am.v28i1.22705
- Linder, H. (2001). Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography*, 28(2), 169-182. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00527.x>
- Llorente, J. (10 de octubre de 2008). Anatomía externa de la abeja. Fundación amigos de las abejas. <https://abejas.org/anatomia-externa-de-las-abejas/>
- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A., y Real, R. (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17, 145–151. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
- Lomolino, M. v, Riddle, B. R., Whittaker, R. J., y Brown, J. H. (2010). *Biogeography* (Sinauer, Sunderland, MA).
- López, G. M. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental. Doctoral dissertation. Tesis de Maestría en Ciencias en Probabilidad y Estadística., Guanajuato. Obtenido de <https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/87/2/TE%20244.pdf>
- Lozano, S. (2015). Aplicación eficiente de fitosanitarios. Madrid: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Luna, C. G., Roque, P. J. G., Fernández, L. G., Tiburcio, A. I., y Landa, Z. M. (2016). Trashumancia apícola en la región de Misantla, Veracruz. México. *Congreso Interdisciplinario de Ingenierías*, 143–148.
- Martin Culma, N. Y., y Arenas Suárez. N. E. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232–240.
- Martínez, R., y Fernández, A. (2012). Metodologías e instrumentos para la formulación, evaluación y monitoreo de programas sociales. *Árbol de Problemas y Áreas de Intervención*.
- 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*). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- McCullagh, P., y Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models II*. Chapman and Hall, London.
- Merke, J. (06 de junio de 2016). Abejas y agroquímicos: cuidarlas es cuidarnos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/abejas-y-agroquimicos-cuidarlas-es-cuidarnos>
- Michener, C. D. (1979). Biogeography of the Bees. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 66(3), 277–347. <https://doi.org/10.2307/2398833>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2019). Resolución 0146. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2021). Geo portal del agro ecuatoriano. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- Moposita, D. A. M., Rodríguez, L. C., Monroy, B. D., Guanoluisa, M. V., y Yucailla, V. C. A. (2019). Variaciones morfométricas y conductuales de la abeja melífera (*Apis mellifera*) en diferentes pisos altitudinales en la serranía ecuatoriana. *Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad*, 25–32.
- Mota, C., Encarnación, A., Ortega, M., Prieto, D., Peña, A., y Rojas, O. (2019). Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico. *La Biodiversidad En*

Un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos Para Su Estudio. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México, 39–63.

Moya, W., Jácome, 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.

Muñoz, C. A. (2007). Relación entre la superficie de distintas coberturas vegetales y el Índice de Vegetación Normalizado con el rendimiento melífero de apiarios del centro de la provincia de Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires.

Naranjo, A., Recalde, V., y Elizabeth, B. (2019). De la A a la Z. Abejas y polinización en Ecuador y el mundo (Primera ed.). (A. V. Recalde, Ed.) Quito.

Naug, D. (2009). Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation*, 142(10), 2369–2372. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2009.04.007>

Navarro, G. R., Salazar, R. M., Álvarez, R. E., Peñaloza, M. D. O., Riquelme, C. I., Blas, J. D., Candia, D. C. R., y Janampa, F. J. K. (2013). Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía Peruana, (1era Edición. Serie Técnica No. 4). *Organismo de Supervisión de Los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre-OSINFOR*. Lima, Perú.

Núñez-Torres, O. P., Almeida-Secaira, R. I., Rosero-Peñaherrera, M. A., y Lozada-Salcedo, E. E. (2017). Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 95–103.

Ollerton, J., Winfree, R., y Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321–326. Doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

- Orr, M. C., Hughes, A. C., Chesters, D., Pickering, J., Zhu, C. D., y Ascher, J. S. (2021). Global patterns and drivers of bee distribution. *Current Biology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.053>
- Ortega, C. (2015). Elaboración de una herramienta dinámica alimentada de archivos CSV para la generación de gráficos estadísticos de uso libre en la web.
- Ortiz, A. (1999). Importancia taxonómica de los mecanorreceptores de las abejas sin aguijón. (Apidae: Meloponinae). CINAT-PRAM, Universidad Nacional. Apartado 475-3000, Heredia, Costa Rica. Recuperado de: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-II_121.pdf
- Otis, G. (1991). Population biology of the Africanized honeybee. SPIVAK. 213-234
- Padilla, F. (2005). Evolución del comportamiento social de las abejas. El Colmenar, 35-44.
- Paredes, F. (2018). Propuesta de buenas prácticas aplicadas a la producción de miel de abejas para mejorar la calidad y productividad en la empresa Ambamiel. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14927>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., y Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Echography*, 40(7), 887–893.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259.
- Pliscoff, P., y Fuentes, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 48, 61–79.
- Polaino, C. (2006). Manual práctico del apicultor. Cultural. Madrid- España.

- Poma, K. (2005). *Medidas de mitigación ambiental para la producción de tomate en invernaderos de Austroriego Cía Ltda.* [Tesis de maestría]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J. y Vanbergen, A.J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540, 220–229.
- Pourrut, P. (1983). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos.
- Prudente Tomalá, M. A. (2021). Respuesta de las abejas *Apis mellifera* a la alimentación artificial, en época de escasas floral (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021).
- Qiao H., Feng X, Escobar LE., Peterson AT., Soberón J., Zhu G. y Papeş M. (2018). An evaluation of transferability of ecological niche models. *Echography* DOI: 10.1111/ecog.03986
- Qiao, H., Lin, C., Jiang, Z., y Ji, L. (2015). Marble algorithm: a solution to estimating ecological niches from presence-only records. *Scientific Reports*, 5(1), 1–10.
- Quiñónez, A. G. A. (2009). Riqueza y distribución potencial de las abejas Euglosinas (Apinae: Euglossini) en Guatemala.
- Ramos, D. M. V. A. L., Sánchez, M. L. E. L., Juana, S., Lamas, I., y Lorenzo, C. J. D. (2010). Estrategia para el manejo sustentable de la abeja *Melipona beecheii* en la polinización de los cultivos en la agricultura urbana.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 507
- Requier, F., Garcia, N., Andersson, G., Oddi, F., y Garibaldi, L. (2017). La pérdida global de colonias de la abeja melífera: un mundo de encuestas donde las fronteras persisten. *Apicultura sin fronteras*.
- Reyes, C. y Cano, P. (2000). Manual de polinización apícola: la polinización de los cultivos por abejas. Recuperado de

<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/publicaciones/lists/manuales%20apcolas/attachments/4/manpoli.pdf>

- Riaño D. y Cure, J. (2016). Efecto letal agudo de los insecticidas en formulación comercial imidacloprid, spinosad y thiocyclam hidrogenoxalato en obreras de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biología Tropical*, 64(4). <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i4.21521>
- Ritter, W. (2001). *Enfermedades de las abejas*. Zaragoza. España: ACRIBIA, S.A.
- Rodríguez, A. y Aguilar, J. (2020). Accidente por himenópteros: reporte de caso. *Medicina Legal de Costa Rica*, 6-11.
- Romo, H. L. (1998). La metodología de la encuesta. JG Cáceres, *Técnicas de Investigación En Sociedad, Cultura y Comunicación*, 33–74. https://biblioteca.marco.edu.mx/files/metodologia_encuestas.pdf
- Rosas, P. M. (2016). *Modelamiento del Nicho Ecológico de Anopheles spp. en el Ecuador mediante herramientas Geo-Informáticas*. [Tesis de Ingeniería. Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11653>
- Rubén, M., Felicísimo, Á., y Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *Reduca* (Biología), V (1).
- Rubiano, M. (2016). *Análisis virológico y epidemiológico del síndrome de despoblamiento de las colmenas en España: estudio de causas y consecuencias*. (Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid). Madrid, España.
- Ruete, A., y Leynaud, G. C. (2015). Goal-oriented evaluation of species distribution models' accuracy and precision: True Skill Statistic profile and uncertainty maps. *PeerJ PrePrints*, 3, e1208v1.
- Ruiz, M. (2017). *Diseño de metodología y desarrollo de recursos para la modelización de especies exóticas invasoras; análisis de su aplicabilidad en el caso de Vespa velutina*.

- Ruppert, E., y Barnes, R. (2000). Insectos. Zoología de los invertebrados (sexta ed., págs. 831-854). México D.F., México: McGraw-Hill, Interamericana.
- Sagot, P., Borrell, E. V., y Mérida-Rivas, J. A. (2021). Abejas y agricultura: cuando la diversidad es necesidad. *Eco Fronteras*, 10–13.
- Sanchez-Bayo, F., & Goka, K. (2014). Pesticide residues and bees—a risk assessment. *PloS one*, 9(4).
- Sánchez Bayo, F., y Wyckhuys, K. (2019). ¿Qué provoca el declive? INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, 4.
- Sánchez, A. (2018). Factores que reducen la población de abejas (*Apis mellifera*) en zonas tropicales: una revisión. Universidad Militar Nueva Granada. <https://core.ac.uk/download/pdf/286064103.pdf>
- Sánchez, C. (2013). Plan de Negocios para la implementación de una microempresa apícola en la ciudad de Loja. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Loja).
- Secretaría del Convenio de la Diversidad Biológica. (2018). Conferencia del Convenio de la Diversidad Biológica para. Obtenido de Convenio sobre la Diversidad Biológica: <https://www.cbd.int/gbo/gbo3/doc/GBO3-Summary-finales.pdf>.
- 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. Países Bajos.
- Secretaria Nacional de Planificación. (2021-2025). Plan de creación de oportunidades. Quito - Ecuador <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-deCreacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>
- Silva Arias, L. M., y Restrepo, S. (2017). Flora apícola: determinación de la oferta floral apícola como mecanismo para optimizar producción, diferenciar productos de la colmena y mejorar la competitividad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Silva, D., Arcos, A. y Gómez, J. (2006). Guía ambiental apícola. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32938/GUIA_AMBIENTAL_APICOLA_Bogota_-Colombia.pdf?sequence=1
- Socarrás, Y., Calderón, Y. y Sanchez, A. (2015). Evaluación de impacto ambiental en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivo protegido. *Revista Científica Agroecosistemas*, 3(1).
- Sosenski, P. y Domínguez, C. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. Instituto de Biología UNAM. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v89n3/2007-8706-rmbiodiv-89-03-961.pdf>
- Soto, L. (2006). Guía Ambiental Apícola. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.
- Steven, J., y Phillips, S. J. (2009). A brief tutorial on Maxent. Network of conservation educators and practitioners. Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. *Lessons in Conservation*, 3, 108–135.
- Stockwell, D. (1999). The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(2), 143–158.
- Tapia, J., Macías, J., Tapia, C., Nuñez, O., y Rodríguez, E. (2019). Pesticidas: insecticidas neonicotinoides y el futuro de las abejas y otros insectos polinizadores. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*. 10(23), 165-174. <https://rlac.buap.mx/sites/default/files/10%2823%29-13.pdf>
- Téllez, L. y Posada, F. (2013). Actividad polinizadora y preferencia floral de *Bombus* spp. (hymenoptera: apidae) presentes en una cerca viva. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 16(2), 359-367. <https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n2.2013.908>

- Toro, H., Chiappa, E. y Tobar, C. (2003). Biología de insectos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile. 244p.
- Torres, M., Paz, K., y Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín Electrónico*, 2, 1–13. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-73102009000100001&script=sci_arttext&lng=en
- Useros, J. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medio ambientales. *Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817473>
- van Aelst, S., y Rousseeuw, P. (2009). Minimum volume ellipsoid. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 1(1), 71–82.
- Vaquero, J., Vargas, P., y Argüello, O. (2010). Guía práctica sobre el manejo técnico de colmenas. Managua.
- Verma, N., y Bhardwaj, A. (2015). Biosensor Technology for Pesticides. *Appl Biochem Biotechnol*, 175(6), 3093–3119. <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1489-2>
- Vivanco, H. I, Rosillo, T. W, Villavicencio, M. B. y Macías, H. V. (2020). Diagnóstico productivo y comercial de la cadena apícola: Provincia del Guayas (Ecuador). *Espacios*, volumen (41), 399.
- Wilson, R. J., y Maclean, I. (2011). Recent evidence for the climate change threat to Lepidoptera and other insects. *Journal of Insect Conservation*, 15(1), 259–268.
- Yáñez, O., Ortega, T., y Llorente Bousquets, J. (2008). Patrones de distribución de las especies de la tribu Meliponini (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) en México. *Interciencia*, 33(1), 41–45.
- Zhu, Y.C., Snodgrass, G.L. y Chen, M.S. (2004). Enhanced esterase gene expression and activity in a malathion-resistant strain of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*. *Insect Biochem*, volumen 34(11), 1175–1186. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2004.07.008>

Zumbado, A. M., y Azofeita, J. D. (2018). Guía Básica de Entomología Costa Rica y Centro América Insectos de importancia agrícola. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO).

ANEXOS

Anexo 1. Actividad agrícola y extensión de cada cultivo

Ambuquí	Extensión (ha)	Ibarra	Extensión (ha)	La Esperanza	Extensión (ha)	San Antonio	Extensión (ha)	Angochagua	Extensión (ha)
maíz	135,68800	maíz	1382,2418 5	maíz	446,98128	maíz	1003,2868 64	maíz	408,56775
aguacate	35,13355	frejol	303,97015	cebada	160,93970	fréjol	121,15954	cebada	102,42428
frejol	32,76331	aguacate	112,48294	trigo	81,04741	aguacate	83,51198	trigo	86,03681
papa	19,23246	papa	81,79808	papa	12,30637	cebada	18,99664	quinua	30,81566
tomate riñón	15,64052	cebada	41,41360	quinua	6,38581	arveja	16,84766	papas	5,61813
mango	15,20714	haba	30,73372	habas	4,83556	tomate riñón	14,14597	habas	3,92016
caña de azúcar artesanal	6,59063	tomate de árbol	22,04980	tomate de árbol	4,75672	quinua	9,16912	chochos	2,70408
arveja	6,42934	pimiento	19,61478	arveja	2,40576	limón	8,29728	tomate de árbol	1,92392
haba	5,85714	tomate riñón	15,17565	tomate riñón	1,23156	papas	7,24321		
cebada	5,36841	durazno	13,01370	chochos	1,08149	tomate de árbol	6,11490		
sandia	5,09957	limón	7,90443			pimiento	3,89600		
tomate de árbol	5,07833	arveja	7,42580						
pimiento	3,61734	trigo	4,91014						
durazno	3,51390								
plátano	1,12637								
caña de azúcar industrial	95,488465								

Anexo 2. Formato de encuesta dirigida hacia los productores apícolas del cantón Ibarra

La presente encuesta está dirigida a las personas encargadas de la producción apícola del cantón Ibarra y tiene como finalidad recopilar información verídica y real sobre esta actividad, y de esta manera llevar a cabo los objetivos planteados en el trabajo de tesis denominado “Análisis de la distribución biogeográfica de himenópteros: Apidae en el cantón Ibarra”.

Datos Generales

Fecha:	
Cod:	
Edad:	
Dirección:	
Parroquia:	
Coord:	

Datos Apicultura

1. Número de apiarios: ()
2. Número de colmenas: ()
3. Tipos de especies de Apidae que posee:
Europeas () Africanizadas () Otras ()
4. ¿Cuál especie brinda una mejor producción?
Europeas () Africanizadas () Otras ()

5. ¿Cuál es la producción neta promedio de miel de abeja en un mes?

6. ¿Cuáles son las flores o plantas que utiliza para las abejas? (flora apícola)

7. Flora predilecta de las abejas:

8. ¿El cambio de clima afecta la vida de las abejas?

Si () No ()

9. ¿El cambio de clima afecta a la producción de las abejas?

Si () No ()

10. ¿Utiliza algún producto químico para mejorar la productividad apícola?

Si () No ()

11. Si su respuesta fue si, ¿Cuál producto utiliza?

12. ¿Cuál es la principal muerte de abejas?

Clima () Plagas () Agroquímicos ()

Otros () _____

13. ¿En qué época del año hay mayor mortalidad de las abejas?

Ene a Mar () Abr a Jun () Jul a Ago () Oct a Dic ()

14. ¿Qué época se mantienen con mejor rendimiento de productividad las abejas?

Ene a Mar (___) Abr
a Jun (___) Jul a Ago (___)
 Oct a Dic (___)

15. Realiza trashumancia

Si (___) No (___)

16. Si su respuesta es sí, ¿En qué épocas del año la realiza?

Ene a Mar (___) Abr a Jun (___)

Jul an Ago (___) Oct a Dic (___)

17. ¿En dónde vende o cuales son los principales adquirentes de la miel producida?

Datos Agroquímicos

18. ¿En los alrededores se puede encontrar con zonas de actividad agrícola?

Si (___) No (___)

19. ¿Sabe qué tipo de cultivos existen en los alrededores?

Si (___) No (___)

20. Si su respuesta fue si, ¿Qué cultivos?

¿Sabe si utilizan agroquímicos en dichos cultivos?

Si (___) No (___)

22. Si la respuesta es sí, ¿Cree que Influye esta actividad a sus abejas?

Si (___) No (___)

23. ¿Sabe que tipos de agroquímicos utilizan en los cultivos?

Si (___) No (___)

24. Si su respuesta fue sí. ¿Cuáles son

Anexo 3. Formato de entrevista dirigida a los comerciantes de los agro servicios

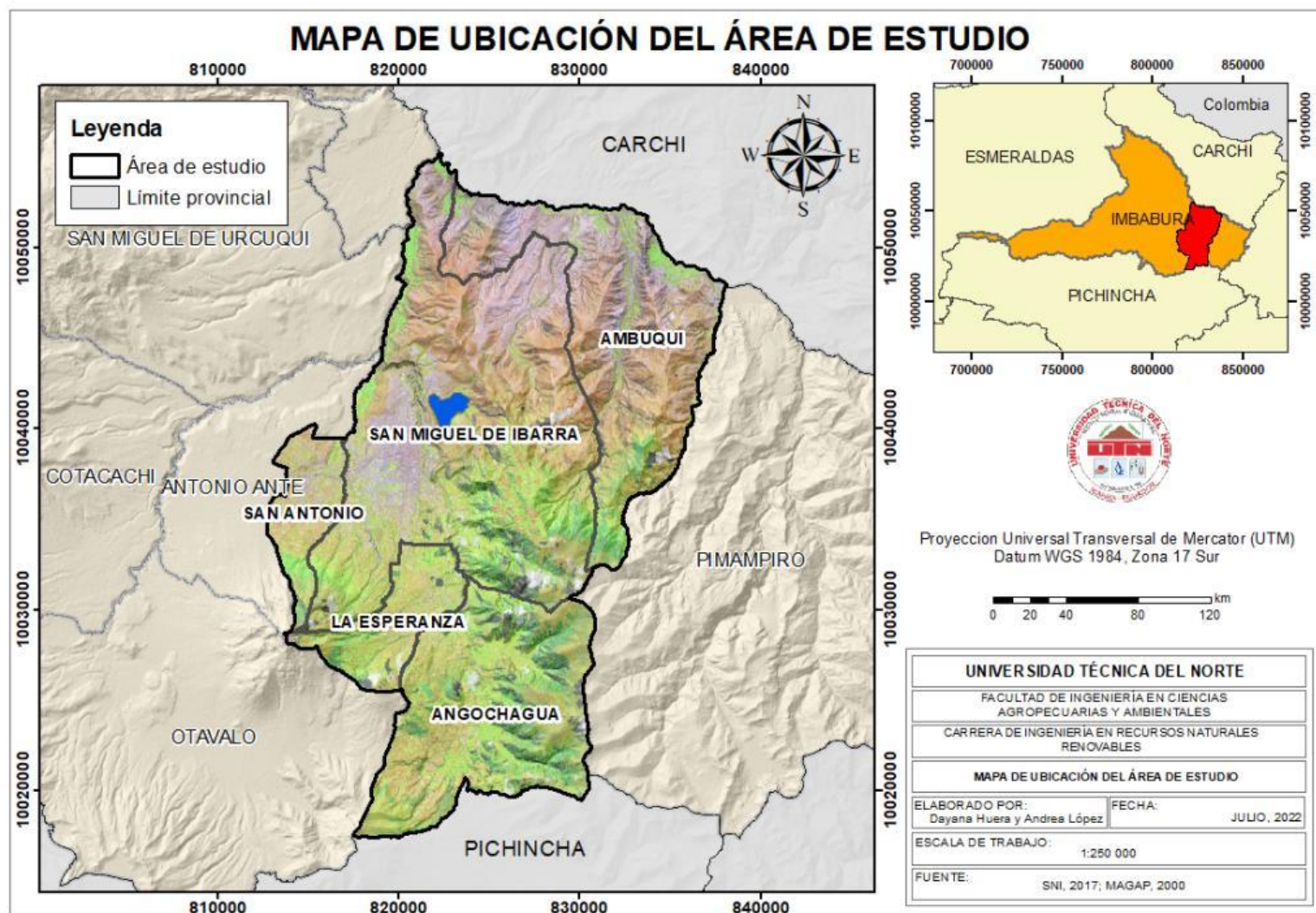
La entrevista se enmarca en el proyecto de titulación: “Análisis de la distribución biogeográfica de Himenópteros: Apidae en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura”.

Las preguntas formuladas están enfocadas en el uso de agroquímicos en cultivos y como estos afectan a los polinizadores (abejas).

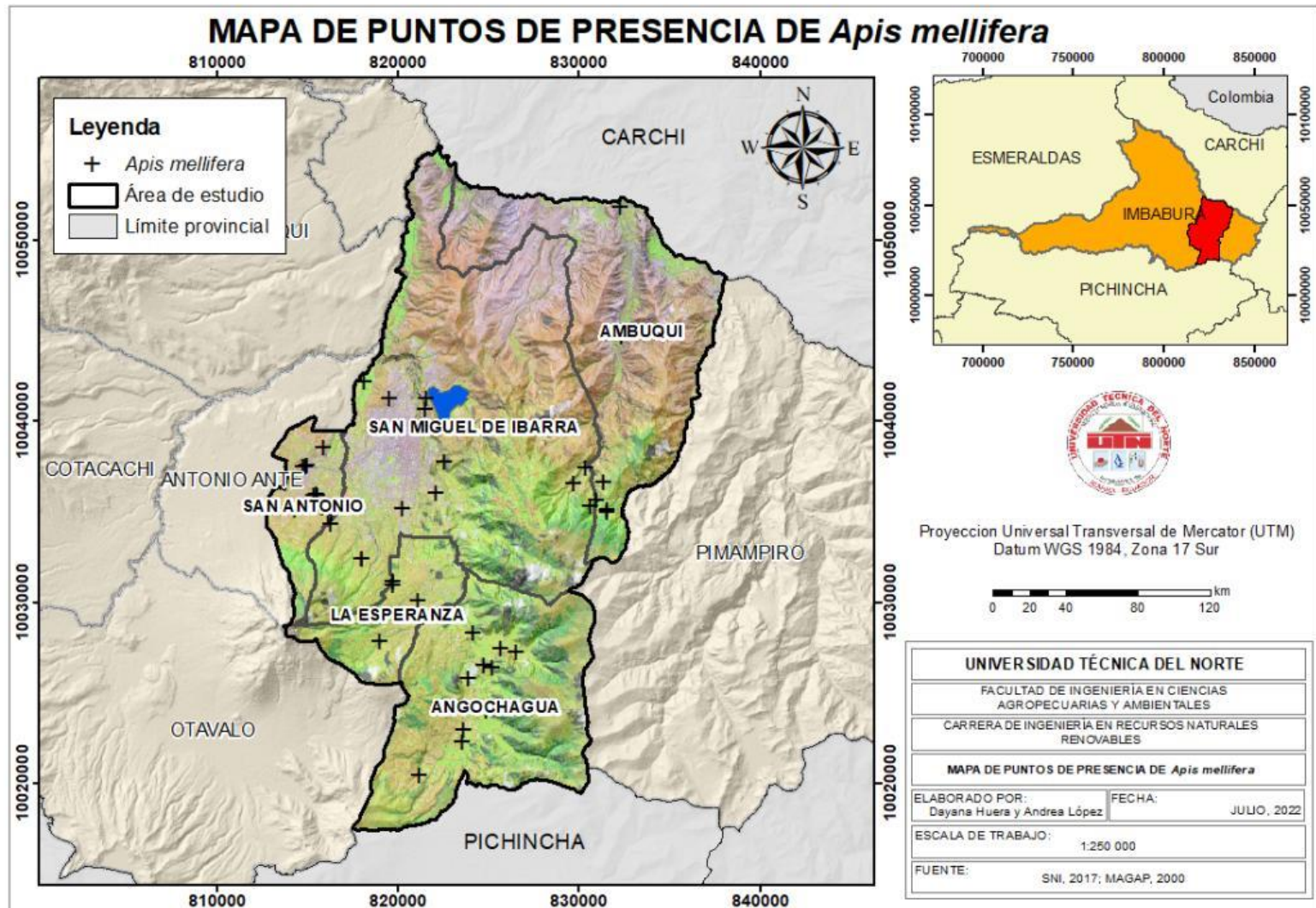
1. **¿Los productos que venden para los cultivos son exclusivamente agroquímicos?**
2. **¿Tienen registrados los productos de acuerdo con la formulación de estos? ¿Y especialmente que ingredientes activos presentan?**
3. **¿Al momento de vender o recomendar los productos para los cultivos, tienen establecido las dosis que requiere cada cultivo?**
4. **¿Forma de dispersión de los agroquímicos?**
5. **¿Sabe Ud. las plagas que afectan a los cultivos y que agroquímicos son los más frecuentados por los agricultores para combatir estas?**
6. **¿Conoce usted si los agroquímicos que usualmente se emplean en la zona presentan efectos perjudiciales para los polinizadores (abejas)? Si la respuesta es sí, ¿cuáles serían?**

Anexo 4. Mapas

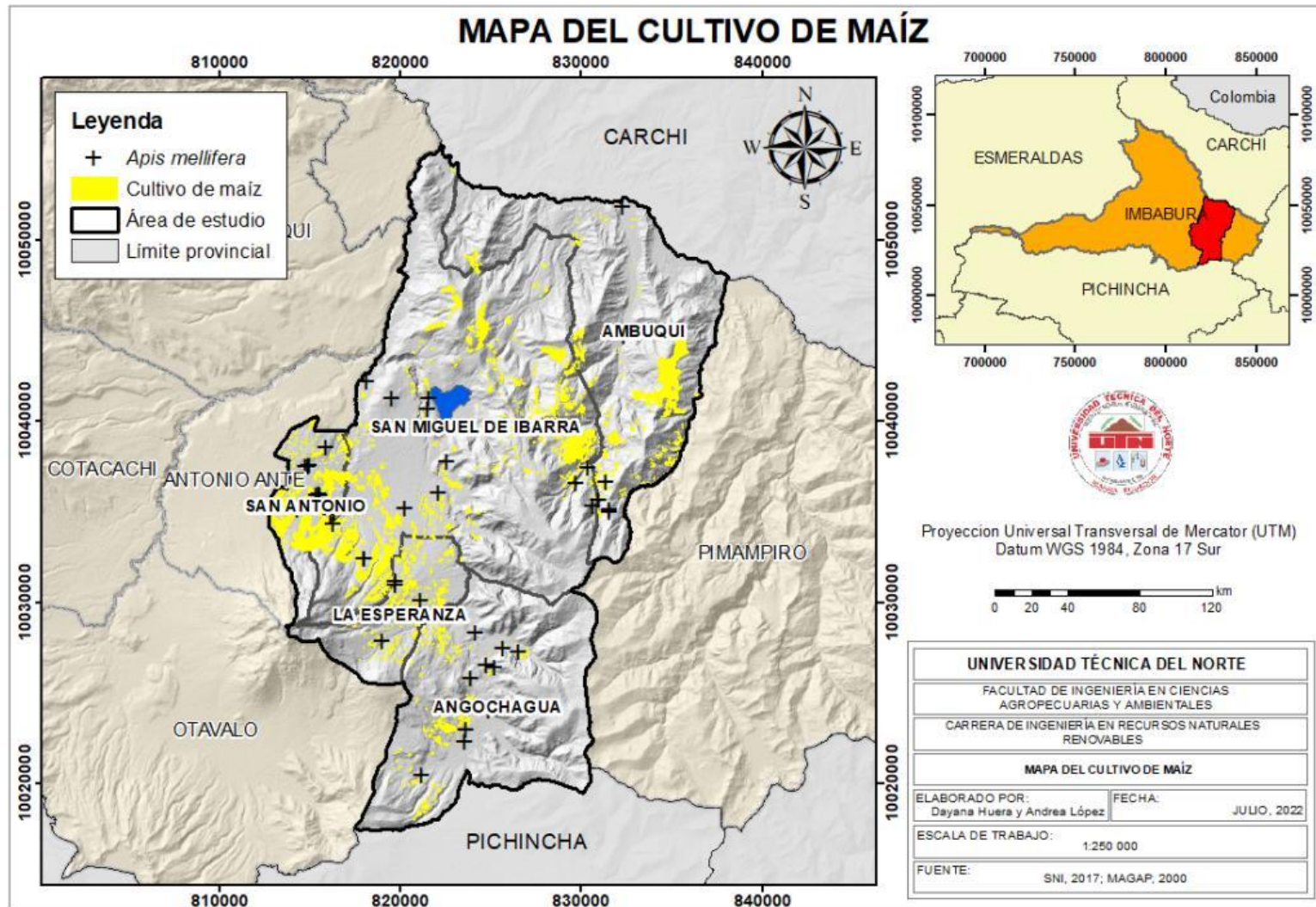
1. Mapa de ubicación del área de estudio



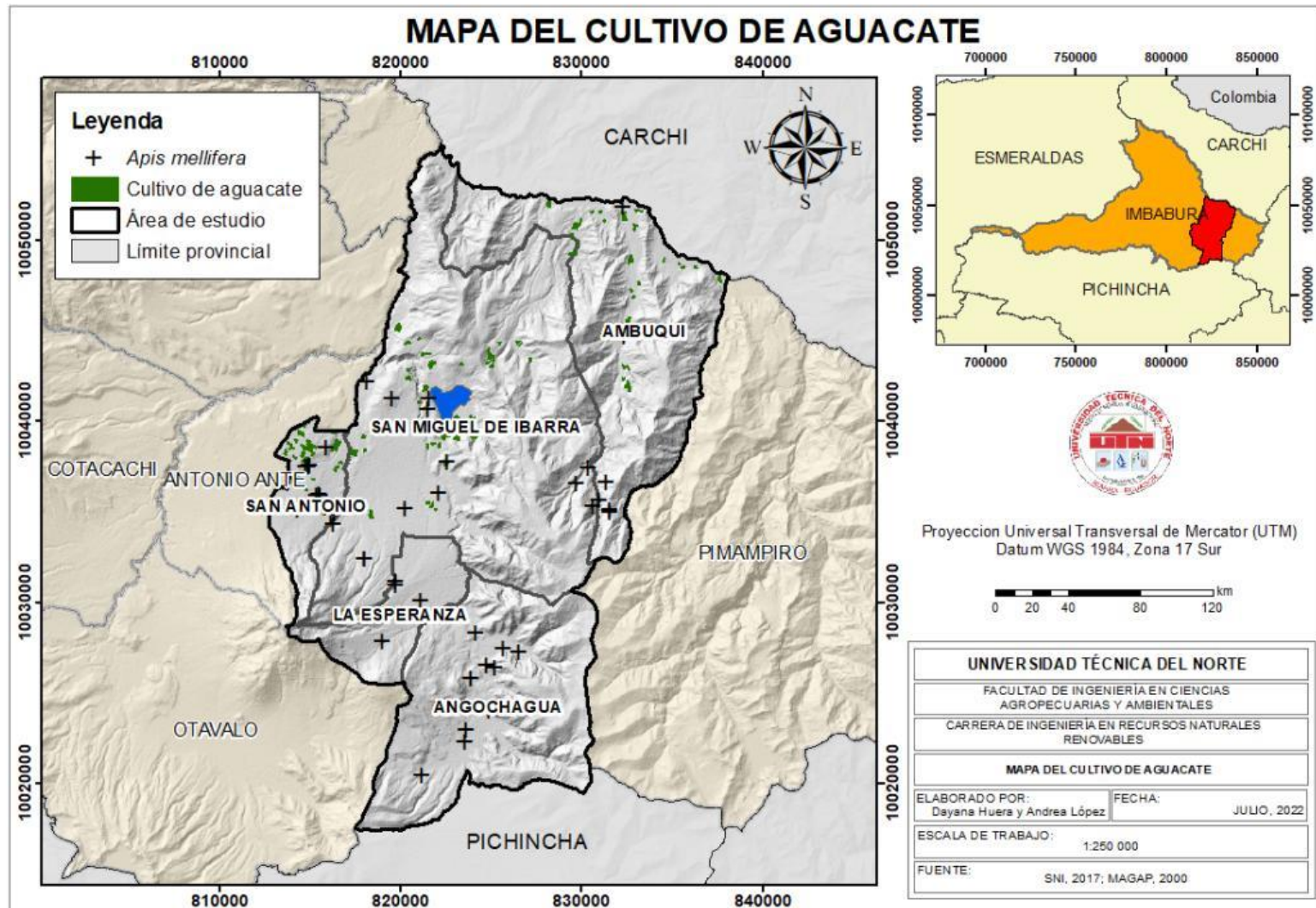
2. Mapa de ubicación de los puntos de presencia de la especie *Apis mellifera*



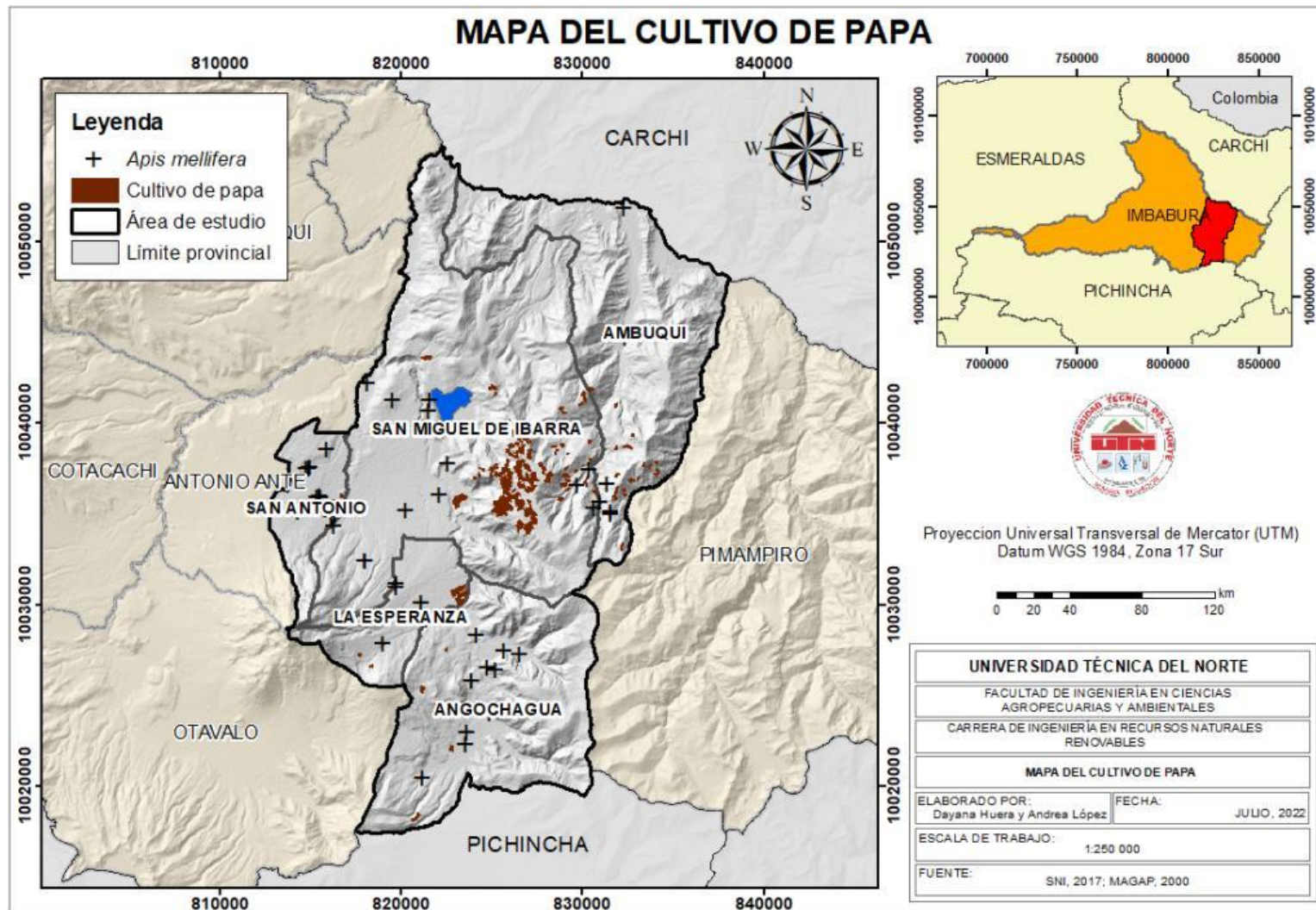
3. Mapa del cultivo de maíz (*Zea mays*) alrededor de los puntos de apiarios



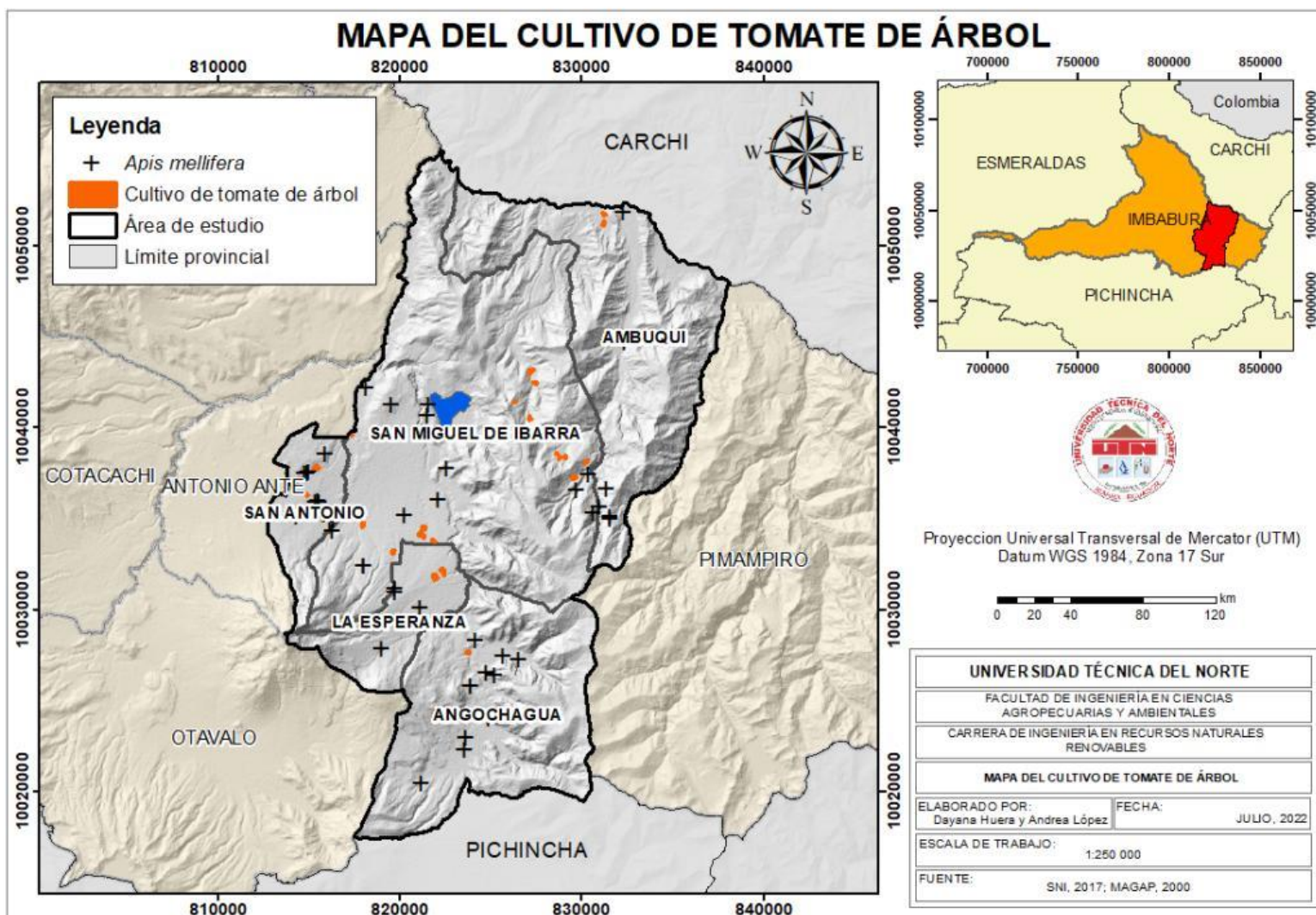
4. Mapa del cultivo de aguacate (*Persea americana*) alrededor de los puntos de apiarios



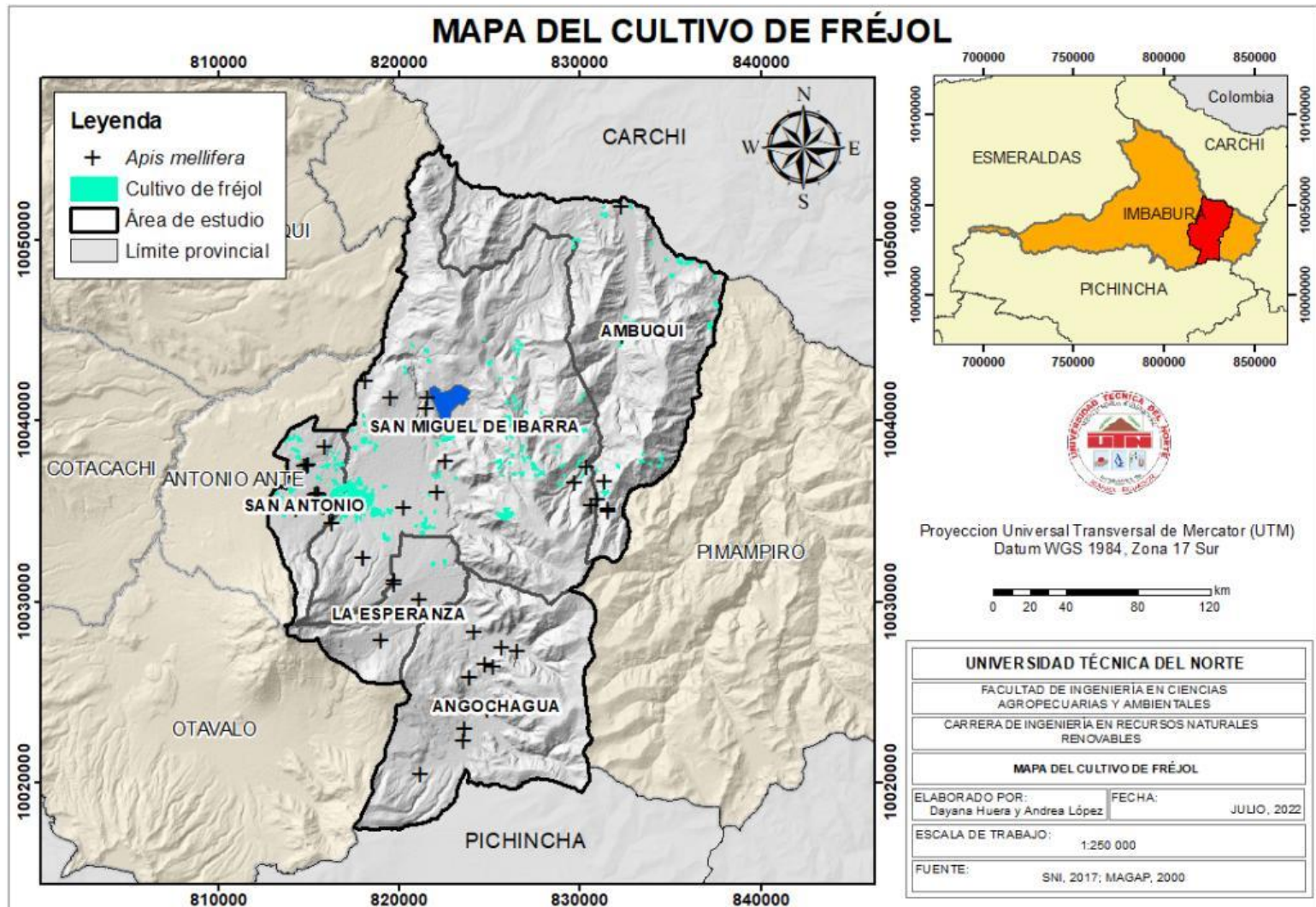
5. Mapa del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) alrededor de los puntos de apiarios



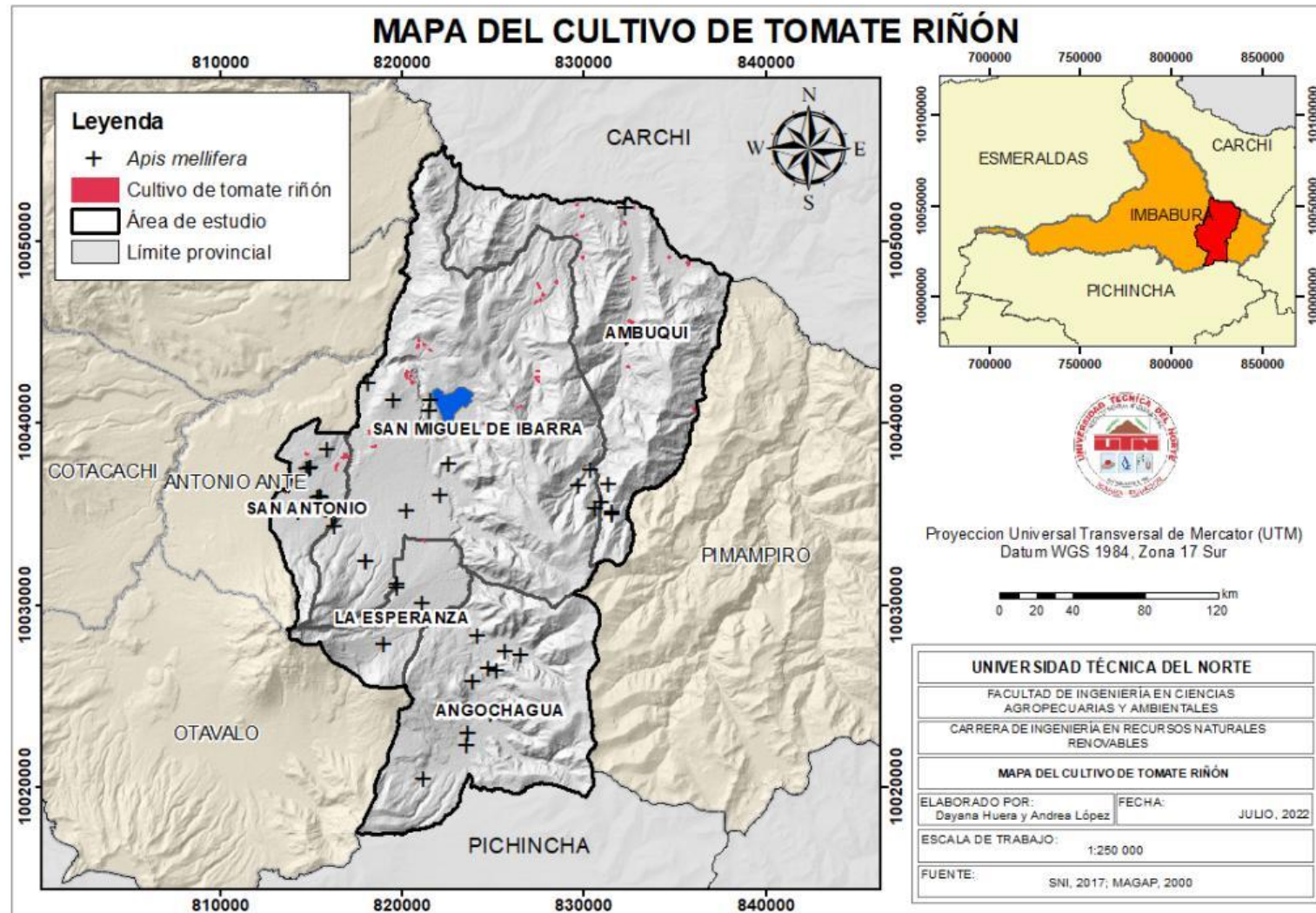
6. Mapa del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) alrededor de los puntos de apiarios



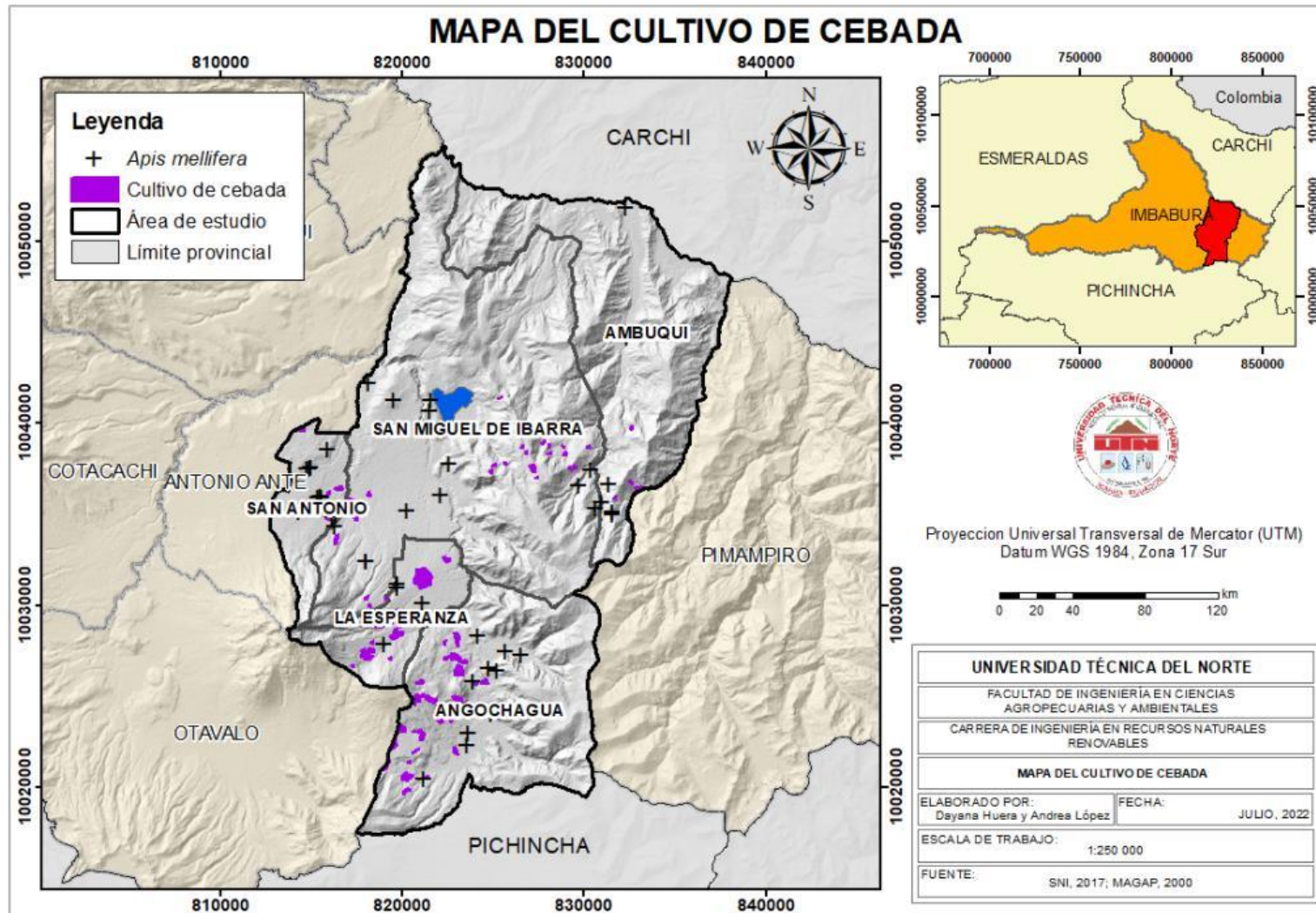
7. Mapa del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) alrededor de los puntos de apiarios



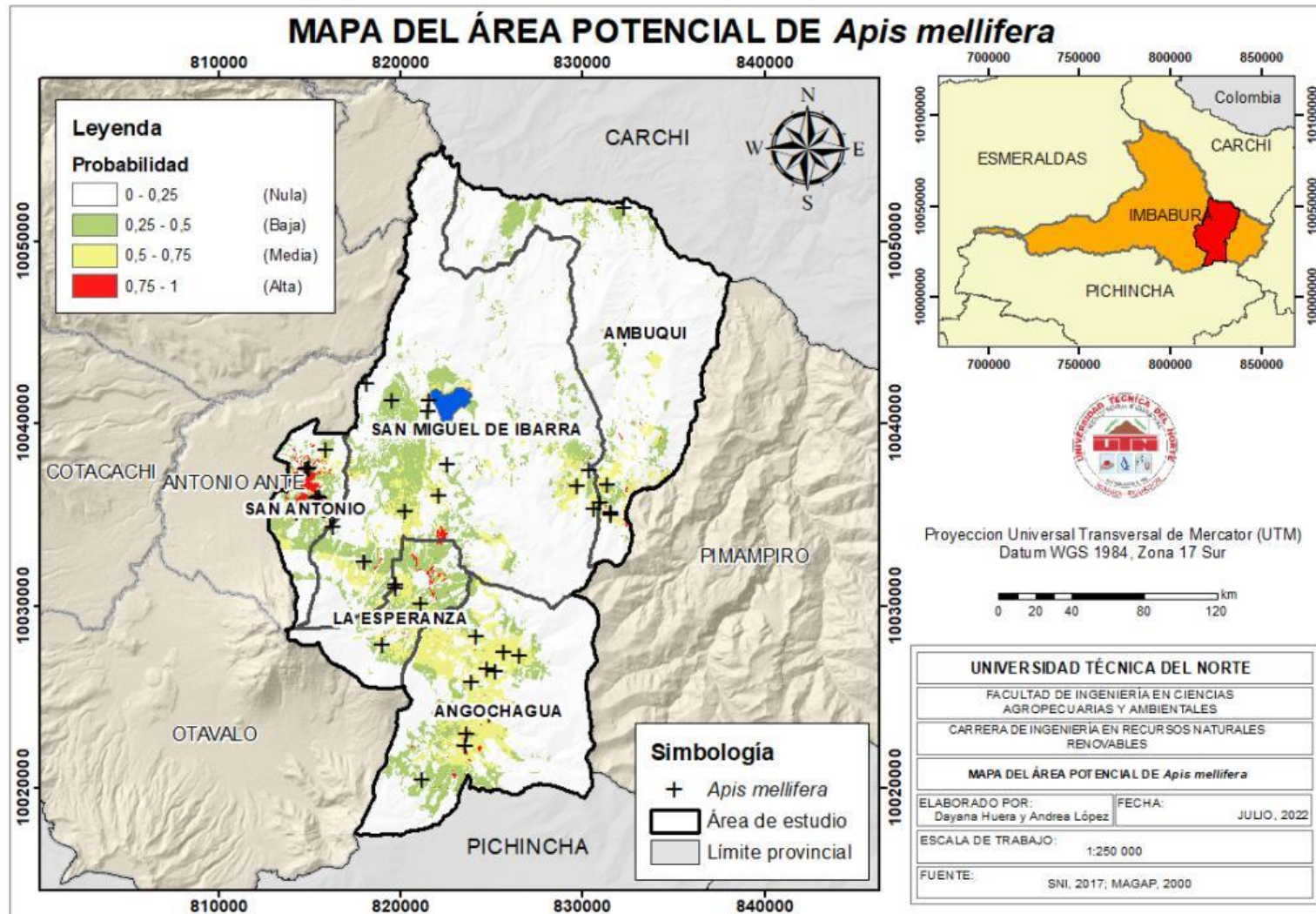
8. Mapa del cultivo de tomate riñón (*Phaseolus vulgaris* L.) alrededor de los puntos de apiarios



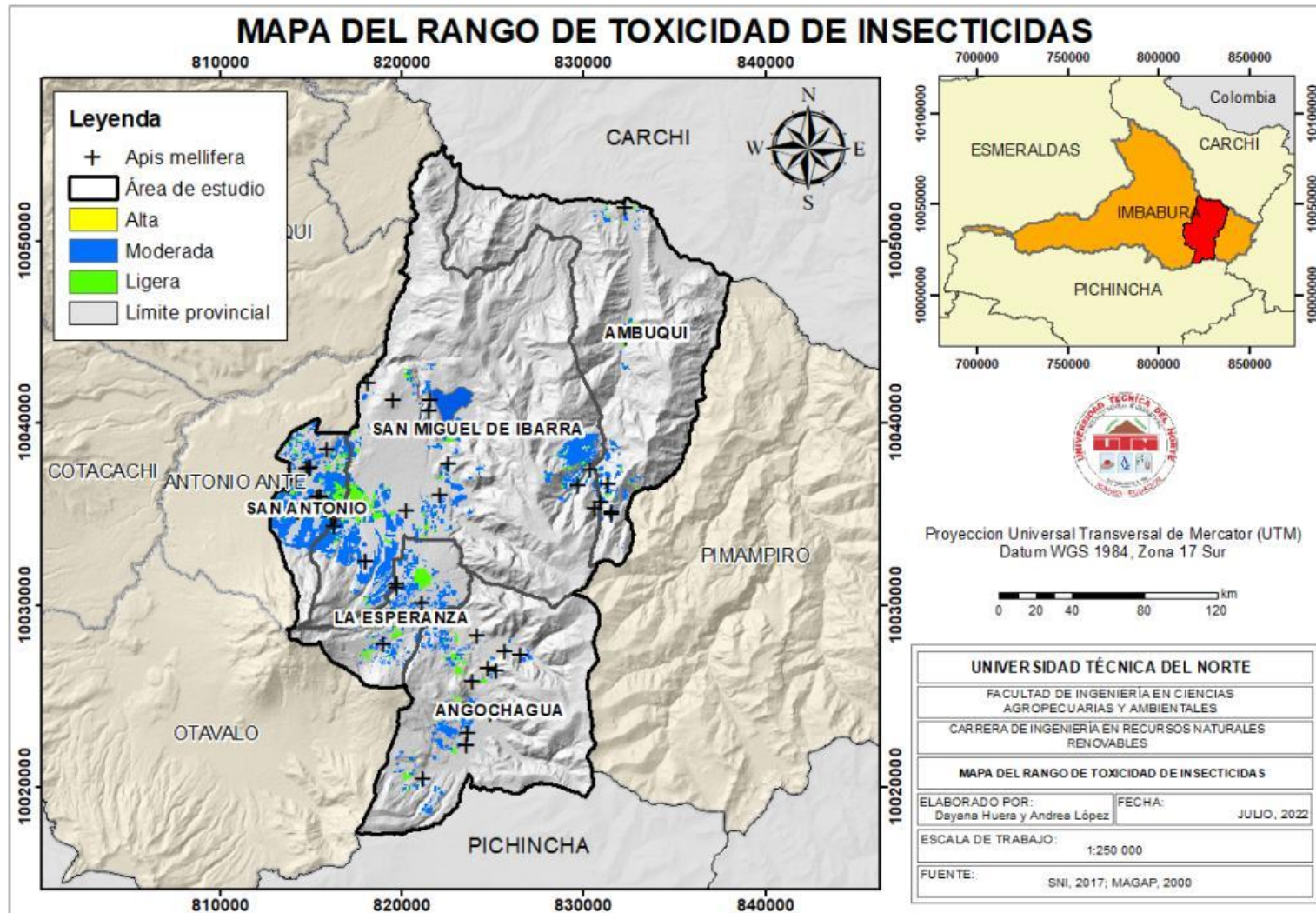
9. Mapa del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) alrededor de los puntos de apiarios



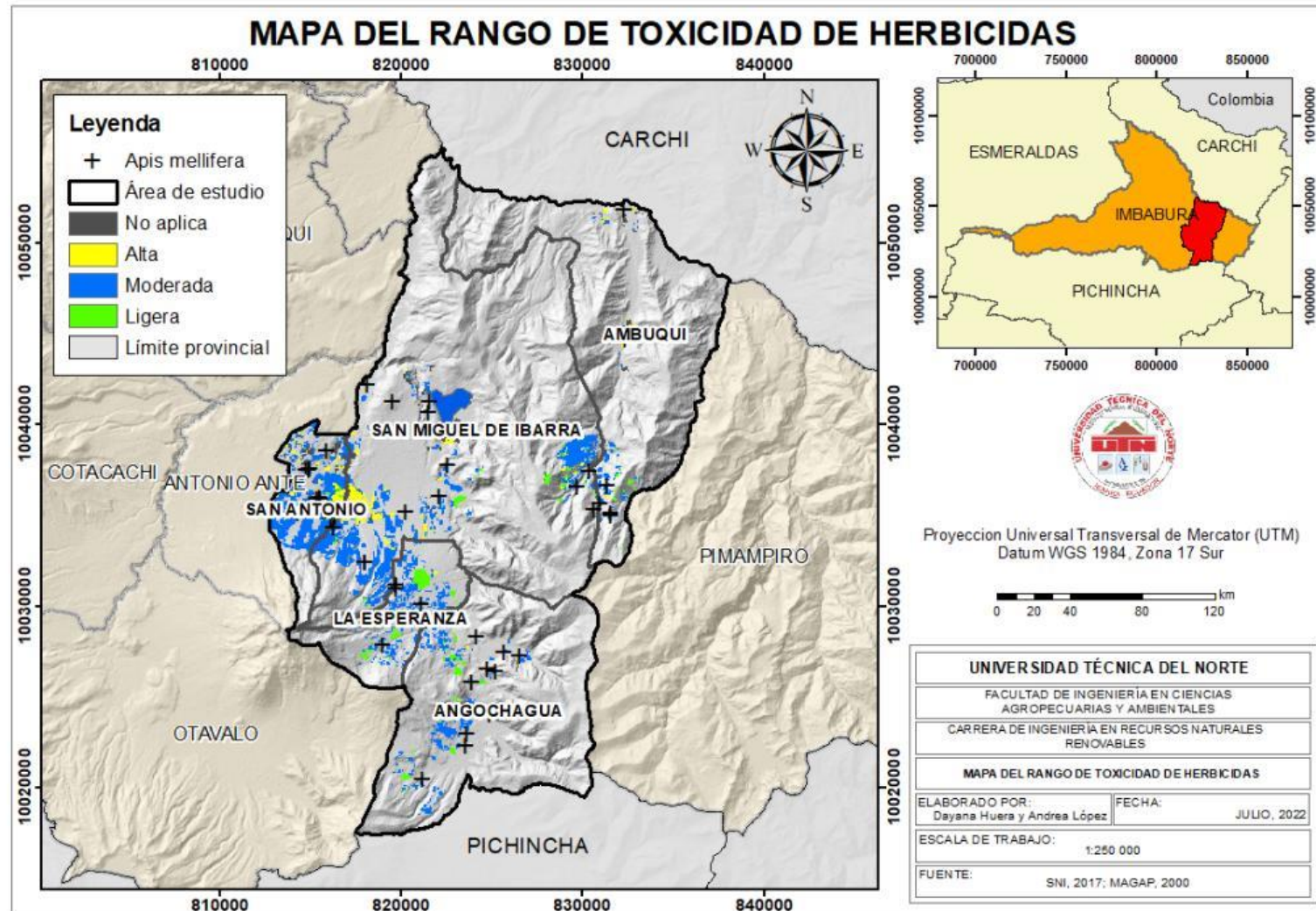
10. Mapa del área potencial del nicho ecológico de *Apis mellifera*



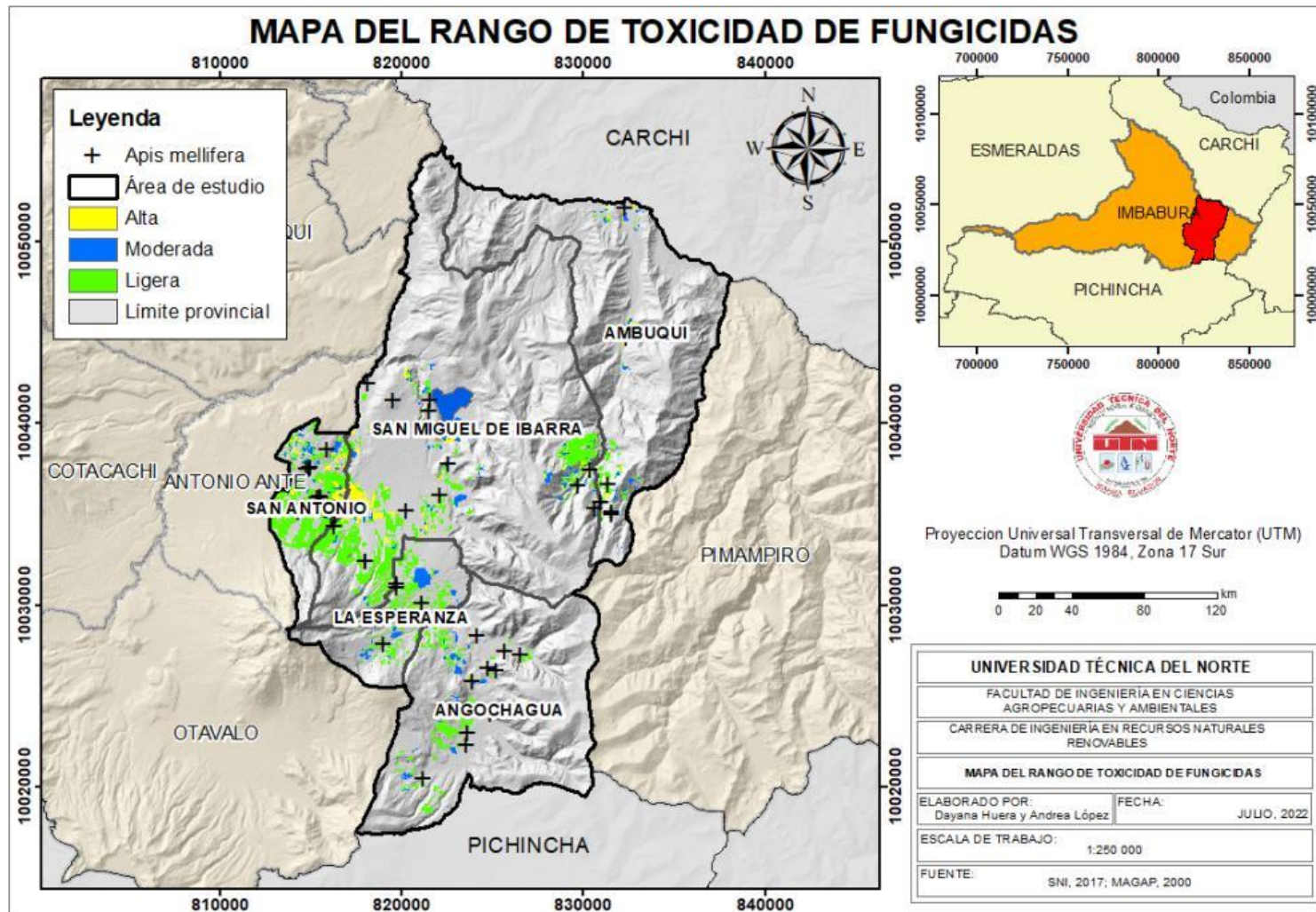
11. Mapa del rango de toxicidad de los insecticidas en los cultivos



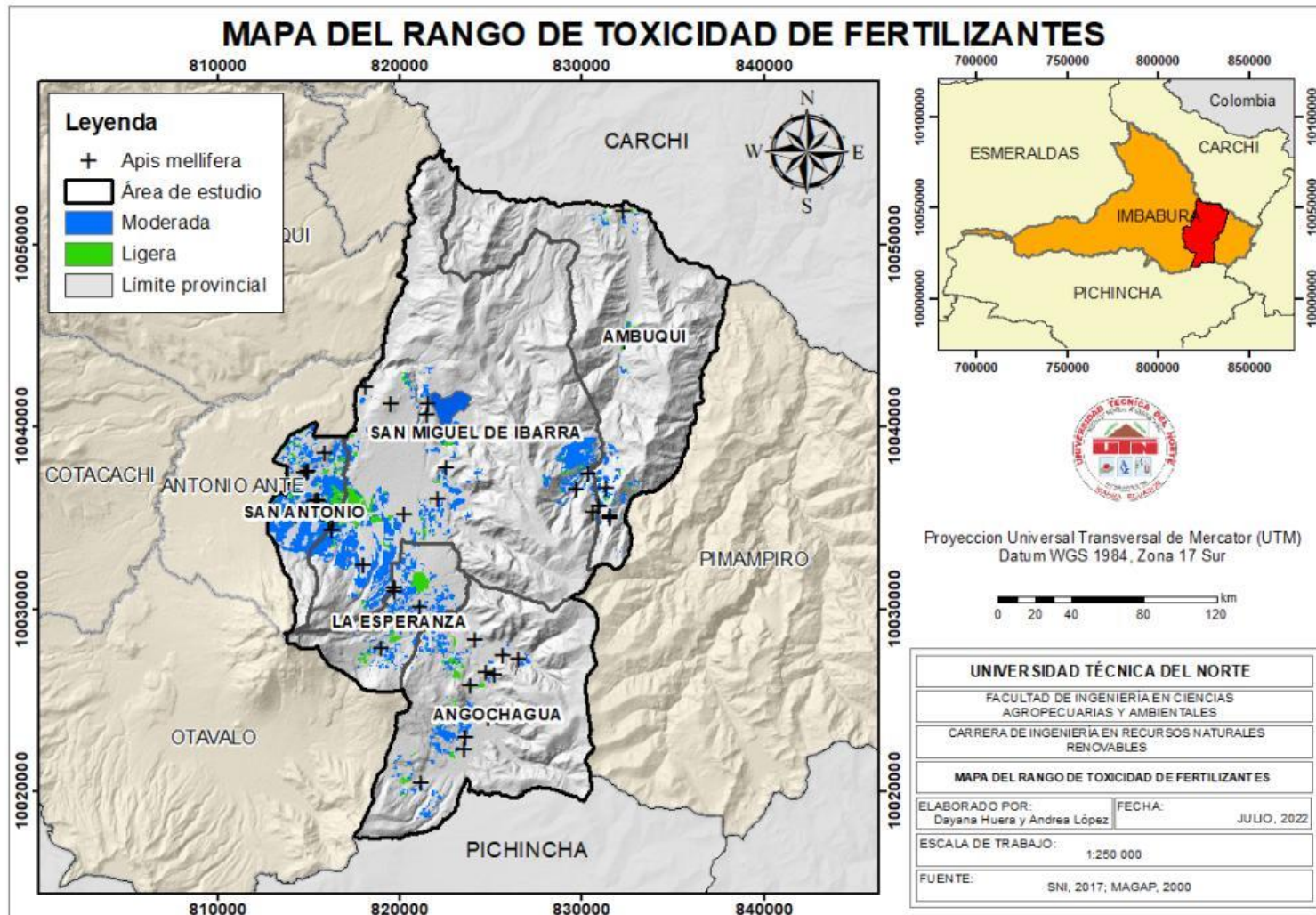
12. Mapa del rango de toxicidad de los herbicidas en los cultivos



13. Mapa del rango de toxicidad de los fungicidas en los cultivos



14. Mapa del rango de toxicidad de los fertilizantes en los cultivos



Anexo 5. Matrices de impacto ambiental

1. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales del maíz (*Zea mays*)

Procesos	Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	(+/-)	Importancia del impacto										Tipo alerta	
					IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IdIc	IdIC
Preparación del terreno	Labor de arado y rastrado	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	1	1	2	1	4	1	1	17	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	1	1	2	1	4	1	1	17	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	19	Bajo
		Vibraciones	Contaminación acústica	-	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	17	Bajo
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables	-	1	4	2	1	1	2	1	1	1	2	22	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo, erosión del suelo	-	2	1	1	1	1	2	4	1	2	4	24	Bajo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	2	1	4	2	1	2	4	1	2	4	28	Moderado
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	2	4	4	2	1	1	4	1	2	4	33	Moderado
		Emisión de gases contaminantes	Alteración a la calidad del aire	-	2	4	1	1	1	1	1	1	1	2	23	Bajo
	Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	12	4	4	1	1	1	4	4	4	4	67	Severo
	Cuidados y fertilización	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación del suelo	-	4	2	1	1	1	2	4	1	4	2	32	Moderado

Cuidados culturales	Siembra	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	2	1	1	1	1	1	1	1	2	17	Bajo	
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	2	4	4	1	1	2	4	4	2	4	36	Moderado
		Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	4	17	Bajo
		Generación de olores	Contaminación al aire	-	2	4	4	1	1	1	4	1	2	1	29	Moderado
	Deshierba	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	1	1	1	4	4	1	4	22	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	-	2	4	2	1	1	2	4	1	4	4	33	Moderado
		Generación de olores	Contaminación al aire	-	1	4	4	1	1	1	4	1	2	1	26	Moderado
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	18	Bajo
	Control malezas	Uso de herramientas agrícolas	Alteración a la calidad del suelo	-	2	1	1	1	1	2	1	4	1	1	20	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	2	1	4	1	1	2	1	1	1	1	20	Bajo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	2	8	2	1	1	2	4	4	2	4	42	Moderado
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	4	4	2	1	2	4	1	4	4	54	Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	8	8	4	4	1	2	4	1	2	4	62	Severo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	-	8	4	1	1	1	2	4	1	4	4	50	Moderado
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	Bajo

Producción	Cosecha	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	8	2	1	1	2	4	4	2	4	60	Severo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	2	1	4	1	1	2	1	1	1	1	20	Bajo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	8	4	2	1	2	4	1	2	4	60	Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	8	8	4	2	1	2	4	1	2	4	60	Severo
		Generación de olores	Contaminación al aire	-	4	4	4	1	1	2	4	1	2	1	36	Moderado
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	4	8	2	1	1	2	4	4	2	4	48	Moderado
		Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	14	Bajo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	8	1	2	1	2	4	1	2	4	57	Severo
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	8	8	4	2	1	2	4	1	2	4	60	Severo
		Generación de olores	Contaminación al aire	-	4	4	4	1	1	2	4	1	2	1	36	Moderado
		Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	1	1	2	1	4	1	1	17	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	14	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	14	Bajo

Vibraciones	Contaminación acústica	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	14	Bajo
Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	14	Bajo

2. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales del aguacate (*Persea americana*)

Importancia del impacto																Tipo alerta
Procesos	Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	(+/-)	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IdIc	IdIC
Preparación del terreno	Plateo	Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	2	1	2	4	4	2	4	1	1	4	30	Moderado
		Deforestación	Erosión del suelo, disminución biodiversidad de flora y fauna	-	8	1	2	4	4	2	4	1	1	4	48	Moderado
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	1	2	2	2	2	4	1	1	2	42	Moderado
		Remoción de capa vegetal	Degradación del suelo	-	4	1	4	2	2	2	4	1	1	4	34	Moderado
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	4	2	4	2	2	1	4	1	1	2	33	Moderado
		Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	2	2	2	1	4	1	2	20	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	2	2	2	1	4	1	2	20	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	19	Bajo
		Vibraciones	Contaminación acústica	-	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	19	Bajo

Sistema de propagación	Ahoyado	Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables	-	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	16	Bajo
		Emisión de gases contaminantes	Contaminación de RRNN	-	2	4	2	4	4	1	4	1	1	4	35	Moderado
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	2	1	2	4	2	2	4	4	1	2	29	Moderado
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	2	1	2	2	2	1	4	1	1	2	23	Bajo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	2	2	2	2	4	2	4	1	2	4	31	Moderado
	Siembra	Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	8	1	1	2	4	2	4	4	2	4	49	Moderado
		Formas de riego	Agotamiento de RRNN	-	8	4	1	2	2	1	1	1	4	2	46	Moderado
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	4	4	2	2	4	1	4	1	2	4	40	Moderado
		Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	4	4	4	2	4	2	4	1	2	4	43	Moderado
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	2	1	2	2	1	4	1	1	2	21	Bajo
Manejo agronómico	Fertilización	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	4	2	4	2	4	4	2	4	58	Severo

Riego	Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	4	1	1	1	4	1	2	2	44	Moderado
	Formas de riego	Agotamiento de RRNN	-	8	1	2	2	2	2	4	4	4	4	50	Moderado
	Lixiviación	Contaminación a los RRNN	-	4	1	4	2	4	2	4	1	4	4	39	Moderado
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	8	2	2	2	2	2	4	4	4	4	52	Severo
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	2	2	4	2	4	2	4	1	2	2	31	Moderado
	Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	4	4	2	4	2	1	4	1	2	4	40	Moderado
	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	17	Bajo
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	2	4	4	4	4	2	4	1	2	4	39	Moderado
	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	-	2	4	4	4	4	2	4	1	2	4	39	Moderado
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	2	2	1	4	1	1	2	19	Bajo
Control fitosanitario	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	8	4	2	4	2	4	4	2	4	66	Severo
	Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	4	1	1	1	1	1	2	2	41	Moderado

Producción	Poda	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	-	8	8	4	2	2	1	4	1	2	4	60	Severo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	4	1	4	1	1	2	1	4	1	1	29	Moderado
		Generación de ruido	Contaminación acústica	-	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	21	Bajo
	Cosecha	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	2	1	4	1	1	2	1	1	1	1	20	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	4	1	1	2	2	1	1	4	1	2	28	Moderado

3. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales de la papa (*Solenum tuberosum*)

Procesos	Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	(+/-)	Importancia del impacto											Tipo alerta
					IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IdIc	IdIC
Preparación del terreno	Subsolado y arado	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	-	2	1	2	4	4	2	4	1	1	4	30	Moderado
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	2	1	2	4	4	2	4	1	1	4	30	Moderado
		Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	2	2	2	2	2	4	1	1	2	23	Bajo
		Vibraciones	Contaminación acústica	-	1	2	2	2	2	2	4	1	1	2	23	Bajo
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables	-	1	1	4	2	2	1	4	1	1	2	22	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo, erosión del suelo	-	8	1	1	2	2	2	1	4	1	2	41	Moderado
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	1	1	2	2	2	1	4	1	2	41	Moderado
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	4	4	4	1	1	2	1	1	1	1	32	Moderado
		Emisión de gases	Contaminación de RRNN	-	2	4	4	1	1	2	1	1	1	1	26	Moderado

Surcado	contaminantes														
	Deforestación	Erosión del suelo, disminución biodiversidad de flora y fauna	-	8	1	1	2	2	1	1	1	1	2	37	
	Remoción de capa vegetal	Degradación del suelo	-	8	1	2	4	4	1	4	1	1	4	47	
	Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	2	1	2	4	2	2	4	4	1	2	29	
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	2	1	2	2	2	1	4	1	1	2	23	
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	8	4	4	2	4	2	4	1	2	4	55	
	Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	8	1	4	2	4	2	4	4	2	4	52	
	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	1	2	2	1	1	1	4	2	19	
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	8	4	2	2	4	1	4	1	2	4	52	
	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	-	8	2	4	2	4	2	4	1	2	4	51	

Quebrando la Latencia del Semilla	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	2	2	1	4	1	1	2	19	Bajo
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	4	2	4	2	4	4	2	4	58	Severo
	Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	4	1	1	1	4	1	2	2	44	Moderad o
	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	4	4	2	2	2	4	1	4	4	55	Severo
	Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	4	1	4	2	4	2	4	1	4	4	39	Moderad o
	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	17	Bajo
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	8	4	4	2	4	2	4	1	2	2	53	Severo
	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	-	8	2	4	4	2	2	4	1	2	4	51	Severo
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	17	Bajo
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	4	4	4	2	4	1	2	4	57	Severo
	Generación de olores	Contaminación al aire	-	1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	23	Bajo

Operaciones agrícolas	Siembra	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	2	1	2	2	1	4	1	1	2	42	Moderado
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	4	2	4	2	4	2	4	4	2	4	42	Moderado
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	8	2	4	2	2	2	4	1	4	4	51	Severo
		Formas de riego	Agotamiento de RRNN	-	4	1	4	2	2	1	4	1	2	4	34	Moderado
		Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	8	4	4	2	2	2	4	4	4	4	58	Severo
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	2	2	4	2	2	2	4	1	4	4	33	Moderado
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	2	4	4	2	4	1	2	4	55	Severo
		Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	2	2	2	2	4	1	2	2	45	Moderado
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	4	1	4	1	1	2	1	1	1	1	26	Moderado
	Rascadillo o deshierba	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo, erosión del suelo	-	8	4	4	2	1	1	4	4	2	2	52	Severo

Riego	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	2	4	2	4	2	4	4	2	4	54	Severo
	Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	8	1	4	1	1	1	1	1	2	2	39	Moderado
	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	20	Bajo
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	8	4	4	1	1	1	4	4	2	2	51	Severo
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución biodiversidad	-	8	4	4	1	1	2	1	1	1	1	44	Moderado
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	2	2	1	1	4	1	2	19	Bajo
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	2	4	4	2	4	1	1	4	54	Severo
	Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	2	4	4	2	4	1	1	4	50	Moderado
	Lixiviación	Alteración a la calidad del suelo	-	4	2	2	2	2	2	4	1	1	2	32	Moderado
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	8	4	4	2	2	2	4	1	1	4	52	Severo
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	4	2	4	2	2	1	4	1	1	2	33	Moderado

Medio aporque y aporque	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	2	1	1	2	2	2	1	4	1	2	23	Bajo
	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo, erosión del suelo	-	8	4	1	2	2	2	4	4	2	2	51	Severo
	Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	8	1	4	1	1	2	1	1	1	1	38	Moderad o
	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	17	Bajo
	Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	8	4	4	2	2	2	1	4	4	2	53	Severo
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamient o de especies, disminución biodiversidad	-	4	4	2	4	4	1	4	1	1	4	41	Moderad o
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	2	4	2	2	4	4	1	2	26	Moderad o
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	2	2	2	2	4	1	4	2	51	Severo
Control de plagas	Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	2	2	4	2	4	1	2	4	49	Moderad o
	Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	4	2	1	2	4	2	4	4	2	4	39	Moderad o

Producción	Cosecha	Generación de residuos sólidos	Contaminación al suelo	-	1	1	1	2	2	1	1	1	4	2	19	Bajo
		Alteración a la calidad del agua	Contaminación del agua	-	8	4	2	2	4	1	4	1	2	4	52	Severo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación al suelo	-	8	2	4	2	4	2	4	1	2	4	51	Severo
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	1	1	1	2	2	1	4	1	1	2	19	Bajo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	-	8	4	4	2	4	2	4	4	2	4	58	Severo
		Generación de olores	Contaminación al aire	-	8	2	4	1	1	1	4	1	2	2	44	Moderado
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución o pérdida de biodiversidad	-	8	4	2	2	2	2	4	4	4	4	56	Severo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	-	8	4	4	2	4	2	4	1	4	4	57	Severo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	-	4	1	2	2	2	2	4	4	4	4	38	Moderado
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	-	4	4	4	2	4	2	4	1	2	2	41	Moderado

Cambio de la composición del suelo	Degradación parcial o total del suelo.	-	8	1	2	4	2	1	4	1	2	4	46	Moderad o
--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

4. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales del tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

Procesos	Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Importancia del impacto										Tipo alerta	
				IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IdIc	IdIC
Preparación del terreno	Rastra, arado y trazado	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	1	4	1	1	1	21	Bajo
		Generación de vibraciones	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	1	4	1	1	1	21	Bajo
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables, contaminación del aire	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	1	2	2	2	2	4	4	1	2	27	Mod
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	4	2	2	2	2	2	4	4	1	2	35	Mod
		Alteración a comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	2	2	2	2	2	4	4	1	4	37	Mod
		Emisión de CO2	Contaminación de RRNN	2	2	2	4	2	2	4	4	1	4	33	Mod
	Sistema de riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	8	2	1	2	2	1	1	1	4	4	44	Mod

Manejo agronómico	Siembra	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	2	2	4	1	1	2	1	4	1	2	26	Mod
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	2	2	2	2		4	4	1	4	29	Mod
	Abono y fertilización	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	2	20	Bajo
		Emisión de gases contaminantes	Alteración a la calidad del aire	8	4	2	2	4	1	4	4	2	4	55	Severo
		Cambio de la composición del suelo	Degradación del suelo	4	2	2	2	2	4	4	4	4	4	42	Mod
		Alteración a la calidad del suelo	Alteración a la calidad del suelo	4	2	2	4	2	4	4	4	4	4	44	Mod
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	2	4	1	1	1	1	1	1	2	22	Bajo
		Alteración a la calidad del agua	Alteración a la calidad del agua	4	2	2	4	2	4	4	4	4	4	44	Mod
		Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	4	1	1	2	1	1	1	2	23	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	8	2	2	2	2	2	4	4	4	4	52	Severo

Poda y deshierba	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	8	2	2	4	2	2	4	4	4	4	54	Severo
	Generación de olores	Alteración a la calidad del aire	2	2	4	1	1	2	4	4	2	1	29	Mod
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	2	4	1	1	1	1	4	1	1	24	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	2	2	4	1	1	2	1	1	1	2	23	Bajo
	Alteración a comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	1	2	2	2	4	4	4	4	4	40	Mod
Tutoraje	Generación de residuos	Contaminación del suelo	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	16	Bajo
Manejo fitosanitario	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	4	2	4	1	1	1	1	1	1	2	28	Mod
	Alteración a la calidad del agua	Alteración a la calidad del agua	8	2	2	4	2	2	4	4	4	4	54	Severo
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	8	2	2	4	2	4	4	4	2	4	54	Severo
	Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	2	2	4	1	1	2	1	1	1	2	23	Bajo
	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	4	2	2	2	2	4	4	4	4	4	42	Mod

Producción	Cosecha	Alteración a comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	8	2	2	4	2	4	4	4	4	4	56	Severo
		Generacion de olores	Contaminación del aire	2	2	4	1	1	2	4	4	2	2	30	Mod
		Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Degradación del suelo	2	2	4	1	1	1	1	1	1	2	22	Bajo
		Emisión de CO2	Contaminación de RRNN	2	2	2	2	2	2	4	4	2	4	32	Mod
		Generación de vibraciones	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	1	4	1	1	1	21	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	1	4	1	1	1	21	Bajo
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables, contaminación del aire	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	19	Bajo

5. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales del frejol (*Phaseolus vulgaris*)

Procesos	Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Importancia del impacto										Tipo alerta	
				I N	E X	M O	P E	R V	S I	AC	E F	P R	MC	IdI c	IdIC
Preparación del terreno	Rastra, arado y trazado	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	2	2	4	2	1	1	1	4	1	4	28	Mod
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	1	1	1	4	1	2	20	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	2	2	4	1	1	2	1	1	1	1	22	Bajo
		Generación de vibraciones	Contaminación acústica	2	2	4	1	1	2	1	1	1	1	22	Bajo
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables, contaminación del aire	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	4	2	2	2	2	1	4	4	1	4	36	Mod
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	4	2	4	2	2	1	1	4	1	4	35	Mod
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	2	4	2	2	1	4	4	1	4	38	Mod
		Emisión de CO2	Contaminación de RRNN	2	2	1	2	2	2	4	4	1	2	28	Mod
	Sistema de riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	8	2	4	4	2	2	4	4	2	4	54	Severo
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	4	2	1	1	2	1	4	4	1	2	32	Mod

Manejo del Cultivo	Fertilizaci ón	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	1	2	1	2	4	1	1	2	24	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	19	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	19	Bajo
		Emisión de gases contaminantes	Alteración a la calidad del aire	2	4	2	2	2	2	4	4	2	4	36	Mod
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	2	4	2	2	1	4	4	2	4	33	Mod
		Cambio de la composición del suelo	Degradación del suelo	2	2	4	2	2	1	1	4	2	4	30	Mod
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	1	2	4	2	2	1	1	4	1	2	24	Bajo
		Alteración a la calidad del agua	Polución del agua	4	2	4	2	2	1	4	4	2	4	39	Mod
		Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	1	2	2	2	4	1	2	4	28	Mod
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	2	4	2	2	2	1	4	4	2	4	35	Mod
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	2	4	1	2	2	2	4	4	2	4	35	Mod
		Generación de olores	Alteración a la calidad del aire	2	2	4	1	1	2	4	4	2	1	29	Mod
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	1	2	1	2	2	2	4	1	1	4	24	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	2	4	2	2	1	4	4	1	4	32	Mod
	Siembra	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	2	1	1	4	1	2	21	Bajo

Control malezas	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	Bajo
	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación del suelo	4	2	4	2	2	1	4	4	2	4	39	Mod
	Cambio de la composición del suelo	Degradación del suelo	4	2	4	2	2	1	1	4	2	4	36	Mod
	Alteración a la calidad del agua	Degradación del suelo	8	2	4	2	2	1	4	4	2	4	51	Severo
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	2	1	2	2	1	1	4	1	2	24	Bajo
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	8	4	4	4	2	2	4	4	2	4	58	Severo
	Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	2	2	1	2	2	2	4	4	2	4	31	Mod
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	Severo
	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	2	2	1	2	2	1	4	4	2	4	30	Mod
	Generación de olores	Alteración a la calidad del aire	4	2	4	1	1	2	4	4	2	1	35	Mod
Aporque	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	1	2	1	2	2	2	4	1	1	2	22	Bajo
Manejo fitosanitario	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	2	4	2	1	1	1	4	2	2	27	Mod
	Alteración a la calidad del agua	Polución del agua	8	4	4	2	2	1	4	4	2	4	55	Severo

Producción	Cosecha	Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	4	2	4	2	2	1	4	4	2	4	39	Mod
		Cambio de la composición del suelo	Degradación del suelo	4	2	4	2	2	1	1	4	2	4	36	Mod
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	8	4	4	2	2	2	4	1	2	4	53	Severo
		Generación de residuos peligrosos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	1	2	2	2	4	1	2	4	28	Mod
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	2	2	2	2	2	1	4	4	2	4	31	Mod
		Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	8	4	4	4	2	1	4	4	2	4	57	Severo
		Generación de olores	Alteración a la calidad del aire	2	4	4	1	1	2	4	1	2	1	30	Mod
		Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	2	2	4	2	2	1	1	1	1	4	26	Mod
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	2	2	1	2	2	2	4	1	1	4	27	Mod
		Generación de ruido	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	2	4	1	1	1	22	Bajo
		Generación de vibraciones	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	2	4	1	1	1	22	Bajo
		Emisión de CO2	Contaminación de RRNN	4	4	4	2	2	2	4	1	1	2	38	Mod
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables, contaminación del aire	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	15	Bajo

6. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales del tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Hill)

Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Importancia del impacto											Tipo alerta
			I N	E X	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	M C	IdI c	IdIC
Construcción Invernadero	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	16	Bajo
	Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	4	2	4	2	2	2	4	1	1	4	36	Mod
	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	4	2	4	4	2	2	1	1	1	4	35	Mod
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	4	4	2	2	2	1	4	1	4	40	Mod
	Generación de ruido	Contaminación acústica	2	4	4	1	1	1	4	4	1	1	31	Mod
Arado, cruza y surcado	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Generación de ruido	Contaminación acústica	2	4	4	1	1	1	4	1	1	1	28	Mod
	Generación de vibraciones	Contaminación acústica	2	4	4	1	1	1	4	1	1	1	28	Mod
	Consumo de combustible	Alteración a la calidad del aire	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	21	Bajo
Fertilización	Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	2	4	2	2	2	4	4	1	4	33	Mod
	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	2	2	4	4	2	2	1	1	1	4	29	Mod
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	4	4	2	2	2	1	1	1	4	37	Mod
	Emisión de CO2	Alteración a los RRNN	2	4	4	2	2	2	4	1	1	2	32	Mod
	Alteración a la calidad del suelo	Agotamiento de RRNN	2	2	4	2	2	2	4	4	1	4	33	Mod

	Alteración a la calidad del agua	Polución del agua	4	2	4	4	4	2	4	4	1	4	43	Mod
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	1	4	2	1	1	1	4	1	2	24	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del aire	2	2	1	2	1	2	4	1	1	2	24	Bajo
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	4	4	2	2	2	4	4	1	4	43	Mod
	Generación de olores	Alteración a los RRNN	2	4	4	2	1	2	4	1	1	1	30	Mod
	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	1	2	1	2	4	1	1	2	24	Bajo
Siembra	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	2	4	2	2	2	4	4	1	4	33	Mod
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	1	1	4	2	1	1	1	4	1	2	21	Bajo
	Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	2	2	4	2	2	2	4	4	4	4	36	Mod
Sistema de Riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	8	2	4	4	2	1	1	4	4	4	52	Severo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	1	2	1	2	4	1	1	2	24	Bajo
Tutoraje y podas	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	2	2	1	2	1	2	4	1	1	2	24	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14	Bajo
Deshierba	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	1	1	4	1	1	1	1	4	2	2	21	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14	Bajo

Aporque	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	1	1	2	2	1	2	4	1	2	2	21	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	1	1	2	2	1	2	4	1	2	2	21	Bajo
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	1	4	2	1	1	1	4	1	2	24	Bajo
	Alteración a la calidad del agua	Polución del agua	8	4	4	4	4	2	4	4	2	4	60	Severo
	Alteración a la calidad del suelo	Degradación del suelo	4	4	4	2	2	2	4	4	2	4	44	Mod
Manejo fitosanitario	Emisión de gases peligrosos	Alteración de los RRNN	8	4	4	2	2	2	4	1	2	4	53	Severo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Alteración a la calidad del suelo	4	2	2	2	1	2	4	1	2	2	32	Mod
	Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	36	Mod
	Alteración a comunidades de fauna	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	8	4	4	2	2	2	4	4	2	4	56	Severo
	Generación de olores	Alteración a la calidad del aire	4	4	4	1	1	2	4	1	2	2	37	Mod
Cosecha	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Bajo
	Generación de residuos sólidos	Alteración de los RRNN	2	2	1	2	1	2	4	1	1	2	24	Bajo
	Emisión de CO2	Alteración de los RRNN	4	4	4	2	2	2	4	1	1	2	38	Mod
	Generación de ruido	Contaminación acústica	2	4	4	1	1	1	4	1	1	1	28	Mod
	Generación de vibraciones	Contaminación acústica	2	4	4	1	1	1	4	1	1	1	28	Mod

[illegible]

7. Matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales de la cebada (*Hordeum vulgare*)

Procesos	Subprocesos	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Importancia del impacto											Tipo alerta
				IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IdIc	IdIC
Preparación del terreno	Rastra, arado y trazado	Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	19	Bajo
		Generación de vibraciones	Contaminación acústica	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	17	Bajo
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables, contaminación del aire	1	4	2	1	1	2	1	1	1	2	22	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación del suelo	2	1	1	1	1	1	4	1	2	4	23	Bajo
		Alteración a comunidades de flora	Erosión del suelo, disminución biodiversidad	2	1	4	4	1	1	4	1	2	4	29	Mod
		Alteración a comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	2	4	4	4	1	1	4	1	2	4	35	Mod
		Emisión de gases contaminantes	Contaminación de RRNN	2	4	1	1	1	2	1	1	1	2	24	Bajo

Manejo del Cultivo	Sistema de riego	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	12	4	4	1	1	1	4	4	4	4	67	Severo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Erosión del suelo	1	1	1	1	1	1	4	1	4	2	20	Bajo
		Alteración a la calidad del suelo	Contaminación del suelo	2	1	1	1	1	1	4	1	4	2	23	Bajo
	Abono y fertilización	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	1	1	1	1	1	1	4	1	2	20	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	2	1	1	1	1	2	1	1	1	4	20	Bajo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	2	4	2	1	1	1	4	1	1	4	29	Mod
		Generación de olores	Contaminación del aire	2	4	4	1	1	2	4	1	1	1	29	Mod
	Siembra	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	1	1	1	1	1	1	4	1	2	20	Bajo
		Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	2	1	1	1	1	1	1	4	1	4	22	Bajo
	Poda y deshierba	Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	19	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	18	Bajo
		Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	2	4	2	1	1	1	4	1	1	4	29	Mod

Control malezas	Alteración a comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	2	8	4	4	1	1	4	1	2	4	43	Mod
	Generación de olores	Contaminación del aire	2	4	4	1	1	2	4	1	1	1	29	Mod
	Alteración a la calidad del suelo	Contaminación del suelo	8	2	1	1	1	2	4	1	4	2	44	Mod
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	8	1	1	1	1	1	1	4	1	4	40	Mod
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	8	4	4	1	1	1	4	4	1	4	52	Severo
	Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	8	1	2	1	1	2	1	1	1	4	39	Mod
Manejo fitosanitario	Alteración de comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	8	4	4	2	1	4	4	2	4	53	Severo
	Generación de olores	Contaminación del aire	8	4	4	2	1	1	4	1	1	1	47	Mod
	Consumo de agua	Agotamiento de RRNN	4	1	1	1	1	1	1	4	1	4	28	Mod
	Emisión de gases peligrosos	Alteración a la calidad del aire	4	8	4	2	2	2	4	4	1	4	51	Severo
	Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	4	1	1	1	1	2	1	1	1	4	26	Mod
	Alteración a comunidades de fauna terrestre	Desplazamiento de especies, disminución de biodiversidad	4	8	4	4	1	1	4	4	2	4	52	Severo

Producción	Cosecha	Generación de olores	Contaminación del aire	4	8	4	1	1	1	4	1	1	1	42	Mod
		Uso de maquinaria	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	Bajo
		Uso de herramientas agrícolas	Agotamiento de RRNN	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	Bajo
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	14	Bajo
		Emisión de gases contaminantes	Contaminación de RRNN	1	4	1	1	1	2	4	1	1	4	26	Mod
		Consumo de combustible	Presión a los RRNN no renovables, contaminación del aire	1	4	2	1	1	2	1	1	1	4	24	Bajo
		Generación de ruido	Contaminación acústica	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	19	Bajo
		Vibraciones	Contaminación acústica	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	17	Bajo

Anexo 6. Registro fotográfico

1. Aplicación de encuestas a los apicultores





2. Aplicación de entrevistas a los agroservicios





3. Visita a apiarios y observación de colmenas





