



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES EN LA
DISTRIBUCIÓN DE *Bactericera cockerelli* (Sulc.) EN CULTIVOS DE *Solanum
tuberosum* EN IMBABURA**

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

AUTORA:

Nathaly Alejandra Calderón Avila

DIRECTOR:

Ing. Gabriel Jácome A. MSc.

NOVIEMBRE, 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 ENTREGA TRABAJO TITULACIÓN
TRIBUNAL TUTOR

Ibarra, 24 de noviembre del 2022

Para los fines consiguientes, CERTIFICAMOS que la señorita NATHALY ALEJANDRA CALDERÓN AVILA autora del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES EN LA DISTRIBUCIÓN DE *Bactericera cockerelli* (Sulc.) EN CULTIVOS DE *Solanum tuberosum* EN IMBABURA”, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** entrega el documento en digital.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

MSc. Gabriel Jácome Aguirre
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

PHd. Julia Prado Beltran
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Gladys Yaguana
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 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, 24 de noviembre del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES EN LA DISTRIBUCIÓN DE *Bactericera cockerelli* (Sulc.) EN CULTIVOS DE *Solanum tuberosum* EN IMBABURA”**, de autoría de la señorita **NATHALY ALEJANDRA CALDERON AVILA** estudiante de la Carrera de INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES el tribunal tutor CERTIFICAMOS que la autora 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

PHD. Julia Prado Beltran
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Gladys Yaguana
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TRITULACIÓN

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 :	100427173
NOMBRES Y APELLIDOS:	Nathaly Alejandra Calderón Avila
DIRECCIÓN:	Atuntaqui, Calle García Moreno 01-64y El Jardin
EMAIL:	nacalderona@utn.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	2 909 991 0983624367

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES EN LA DISTRIBUCIÓN DE <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.) EN CULTIVOS DE <i>Solanum tuberosum</i> EN IMBABURA”
AUTOR:	Nathaly Alejandra Calderón Avila
FECHA:	24 de noviembre del 2022
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PRESGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Gabriel Alexis Jácome Aguirre MSc.

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

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autoría de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de noviembre de 2022

Nathaly Alejandra Calderón Avila

C.I. 100442717-3

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.

Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecer a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante a pesar de los obstáculos para llegar al final de esta etapa.

De manera especial a mis padres quien me han enseñado a trabajar y luchar por mis sueños, agradecerles por enseñarme a no decaer a pesar de las dificultades. Agradecer por el amor, confianza y paciencia que me han brindado en mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, por abrirme las puertas de sus aulas donde día a día aprendí todo lo que hoy por hoy se.

A mi director de tesis MSc. Gabriel Jácome por su paciencia, conocimientos y tiempo brindado a lo largo de la carrera y a su vez durante la elaboración del presente trabajo. A mis asesoras MSc. Julia Prado y MSc. Gladys Yaguana, por brindarme su ayuda, conocimientos y consejos.

Nathaly Alejandra Calderón Avila.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Remigio Calderón y Enma Avila, este logro no lo hubiera alcanzado sin su ayuda y apoyo, han sido mi pilar fundamental durante toda mi vida. Me han enseñado a ser una buena persona y a luchar por sus sueños.

A mis hermanos Diego Calderón y Soledad Calderón, quienes me han ayudado y han aconsejado siempre, nunca me han dejado sola y han estado conmigo siempre. A mi sobrino Mathías Calderón, quien siempre ha llenado mi vida de sonrisas, convirtiéndose en la luz de mi vida.

A mi angelito, mi abuelita Teresa Calderón, físicamente ya no está conmigo, pero siempre la tendré presente en todos mis logros, hubiera sido muy feliz por tenerla en este momento, pero le envié un abrazo hasta el cielo.

A mis primos Caro Vallejos, Steeven Nieto y Lis Calderón, gracias por apoyarme siempre y aconsejarme siempre, nunca les poder terminar de agradecer lo que han hecho por mí.

A mis amigos Belén Cabrera, Karlita Carlosama, Mishell Granda, Jimmy Varela, Paul Chuma, Pablito Coronado y Alexis Morales, porque se han convertido en personas muy importantes en mi vida, con quienes hemos compartido un sin número de aventuras, gracias por estar en mi vida. Jonathan Solano, mi mejor amigo gracias por estar conmigo en las buenas y malas, gracias por escucharme y quedarte conmigo a pesar de todo lo que hemos pasado.

A mi familia Calderón Calderón, Nieto Calderón y Avila Pineda, no me alcanzarían las palabras para agradecer a todos por apoyarme tanto a mí, como a mi familia durante este largo camino. Este logro no lo hubiera conseguido sin su apoyo incondicional. Dios les pague a todos.

Nathaly Alejandra Calderón Avila.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	3
1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte	3
1.2 Problema de investigación y justificación.....	5
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Preguntas directrices de la investigación.....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1 Modelos de distribución potencial	8
2.2 Tipos de modelos.....	9
2.2.1 Algoritmo genético para la producción de conjuntos de reglas.....	9
2.2.2 Modelo lineal generalizado.....	9
2.3 Cultivo de papa.....	11
2.3.1 Ciclo fenológico.....	11
2.4 Manejo del cultivo.....	12
2.4.1 Selección y preparación del terreno.....	12
2.4.2 Labranza.....	12
2.4.3 Época de preparación.....	13
2.4.4 Siembra	13
2.4.5 Fertilización	13
2.5 <i>Bactericera cockerelli</i> como plaga de <i>Solanum tuberosum</i>	14
2.5.1 <i>Bactericera cockerelli</i>	14
2.6 Categorías de uso de Suelo.....	18
2.7 Estrategias para el manejo agroecológico de plagas	19
2.7.1 Control cultural	19

2.7.2 Control físico	20
2.7.3 Control mecánico	20
2.7.4 Control biológico	20
2.7.5 Control químico	21
2.8 Marco legal	21
2.7.1 Constitución de la República del Ecuador	21
2.7.2 Reglamento al Código Orgánico Ambiental	22
2.7.3 Código Orgánico de Ordenamiento Territorial (COOTAD)	22
2.7.4 Ley de creación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias	23
CAPITULO III METODOLOGÍA	24
3.1. Descripción del área de estudio	24
3.1.1 Clima	25
3.1.2 Tipos de suelo	25
3.1.3 Usos de suelo	26
3.1.4 Actividades productivas	27
3.2. Métodos	29
3.2.1 Análisis de información secundaria relacionada a la presencia de <i>Bactericera</i> <i>cockerelli</i>	29
3.2.2 Modelamiento espacio temporal de la distribución potencial de <i>Bactericera</i> <i>cockerelli</i>	32
3.2.3. Planteamiento de alternativas de manejo de plagas	37
3.3 Materiales y equipos	39
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Información secundaria relacionada con la presencia de <i>Bactericera cockerelli</i>	41
4.1.1. Datos de presencia	41
4.1.2. Monitoreo mensual de <i>Bactericera cockerelli</i>	43
4.1.3. Monitoreo en etapas fenológicas	44
4.1.4. Variables climáticas	46
4.2. Modelo espacio temporal de <i>Bactericera cockerelli</i> (<i>Sulc.</i>)	51

4.2.1 Distribución potencial en la provincia de Imbabura según los resultados de los modelos mensuales.....	51
4.2.2 Contribución relativa de las variables en los modelos mensuales	52
4.2.3. Validación de los modelos mensuales	54
4.2.4. Distribución potencial en la provincia de Imbabura según el resultado del modelo generalizado del período en estudio.....	55
4.2.5 Prueba Jackknife del modelo generalizado.....	59
4.2.6 Análisis de curvas de respuesta del modelo generalizado	60
4.3. Estrategias de protección y prevención de cultivos de <i>Solanum tuberosum</i>	63
4.3.1 Matriz de Vester.....	63
4.3.2 Estrategias de prevención y control de <i>Bactericera cockerelli</i>	65
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1. CONCLUSIONES.....	81
5.2. RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS	83
ANEXOS	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de modelos de distribución de especies	10
Tabla 2. Taxonomía de <i>Bactericera cockerelli</i>	15
Tabla 3. Codificación de usos de suelo	33
Tabla 4. Pasos para la elaboración de la matriz de Vester	38
Tabla 5. Materiales y equipos por usar en la investigación	40
Tabla 6. Número de registro de <i>Bactericera cockerelli</i>	41
Tabla 7. Monitoreo de <i>B. cockerelli</i> mensual durante el período septiembre 2019 – marzo 2020.....	43
Tabla 8. Presencia de <i>Bactericera cockerelli</i> en diferentes etapas fenológicas de <i>Solanum tuberosum</i>	45
Tabla 9. Áreas de probabilidad de presencia según los modelos mensuales.	52
Tabla 10. Variables con mayor contribución en los modelos mensuales.....	53
Tabla 11. Contribución de variables a la creación de modelos mensuales.	53
Tabla 12. Valores AUC y TSS	54
Tabla 13. Problemas identificados por presencia de <i>Bactericera cockerelli</i>	63
Tabla 14. Programa de monitoreo de plagas	67
Tabla 15. Programa de semillas certificadas	69
Tabla 16. Programa de control biológico	71
Tabla 17. Programa de prácticas agroecológicas, rotación de cultivos y diversificación de agroecosistemas.....	73
Tabla 18. Programa de uso de extractos vegetales.....	76
Tabla 19. Programa de uso de variedades resistentes	78
Tabla 20. Programa de uso racional de agroquímicos	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de flujo de trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies.....	8
Figura 2. Ciclo fenológico de <i>Solanum tuberosum</i>	12
Figura 3. Ciclo biológico de <i>Bactericera cockerelli</i>	15
Figura 4. Oviposturas <i>Bactericera cockerelli</i> en hojas de pimiento	16
Figura 5. Etapa de ninfa <i>B. cockerelli</i> y sus diferentes instares	17
Figura 6. <i>Bactericera cockerelli</i> presente en <i>Solanum tuberosum</i>	18
Figura 7. Cantones que formaron parte del área de estudio.....	24
Figura 8. Usos de suelo de la provincia de Imbabura.	27
Figura 9. Forma de muestreo de oviposturas en el lote	30
Figura 10. Gráfica de Matriz de Vester.....	39
Figura 11. Puntos de presencia de <i>Bactericera cockerelli</i> en el área de estudio	42
Figura 12. Presencia total de <i>Bactericera cockerelli</i> en el período septiembre 2019-marzo 2020 y temperatura mensual en el área de estudio.....	47
Figura 13. Presencia total de <i>Bactericera cockerelli</i> en el período septiembre 2019-marzo 2020, precipitación y evapotranspiración mensual en el área de estudio.	49
Figura 14. Presencia total de <i>Bactericera cockerelli</i> en el período septiembre 2019-marzo 2020, velocidad de viento mensual en el área de estudio.	50
Figura 17. Probabilidad de presencia de <i>Bactericera cockerelli</i>	57
Figura 15. Prueba Jackknife del modelo de distribución general de <i>B. cockerelli</i>	59
Figura 16. Curvas de respuesta para variables climáticas y biofísicas. a) Curva de respuesta de uso de suelo (cobertura), b) Curva de respuesta de precipitación, c) Curva de respuesta de velocidad de viento	61
Figura 18. Matriz de Vester utilizada para la clasificación de los problemas identificados.	64

RESUMEN

El cultivo de *Solanum tuberosum* es uno de los más importantes en el Ecuador, siendo las provincias de Carchi e Imbabura las mayores productoras de la Zona Norte. La presencia de plagas y enfermedades han generado pérdidas significativas para los agricultores. En el presente estudio, se identificaron factores ambientales óptimos para el desarrollo de *Bactericera cockerelli*, mediante la aplicación de modelos de distribución potencial. El monitoreo se realizó mediante el uso de un método descriptivo, los datos fueron clasificados por etapa fenológica y puntos de presencia, para el período septiembre 2019 - marzo 2020. Los modelos de distribución fueron elaborados utilizando siete variables climáticas (precipitación, evapotranspiración, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, radiación solar y velocidad del viento) y tres variables biofísicas (elevación, uso de suelo, tipo de suelo). Los datos fueron procesados mediante el software ArcMap y MaxEnt. Se elaboraron siete modelos mensuales y un modelo general. Como resultados se obtuvo 26 puntos de presencia dentro del área de estudio. Las etapas fenológicas más vulnerables fueron floración y tuberización. Los meses de marzo, noviembre y febrero, presentaron una mayor probabilidad de presencia. La validación con AUC y TSS sugiere que son modelos “buenos” y “excelentes”. El modelo general indicó que el 0.72% de la provincia posee una alta probabilidad de presencia. Las zonas idóneas poseen temperaturas de 7 - 29 °C, con velocidades de viento de 1.3 m/s y precipitaciones mayores a 80 mm. Finalmente, se utilizó la Matriz de Vester para la identificación de los problemas e implementación de estrategias. Debido a esto, el monitoreo de los puntos de presencia contribuirá al diseño de modelos confiables con proyecciones presentes y futuras, además, las estrategias propuestas son una buena alternativa para el manejo y control de la plaga.

Palabras claves: *Bactericera cockerelli*, *Solanum tuberosum*, factores ambientales, distribución potencial.

ABSTRACT

Solanum tuberosum cultivation is one of the most important crops in Ecuador, with the provinces of Carchi and Imbabura being the largest producers in the northern region. The presence of pests and diseases has generated significant losses for farmers. Optimal environmental factors for the development of *Bactericera cockerelli* were identified through the application of potential distribution models. The monitoring was carried out using a descriptive method, the data were classified by phenological stage and points of presence, for the period September 2019 - March 2020. The models were elaborated using seven climatic variables (precipitation, evapotranspiration, maximum temperature, minimum temperature, mean temperature, solar radiation and wind speed) and three biophysical variables (elevation, land use, soil type). The data were processed using ArcMap and MaxEnt software and seven monthly models and one general model were developed. As results, 26 points of presence were obtained within the study area. The most vulnerable phenological stages were flowering and tuberization. The months of March, November and February presented a higher probability of presence. Validation with AUC and TSS suggest that they are "good" and "excellent" models. The general model indicated that 0.72% of the province has a high probability of presence. Suitable areas have temperatures of 7 - 29 °C, with wind speeds of 1.3 m/s and rainfall greater than 80 mm. Finally, the Vester Matrix was used to identify problems and implement strategies. Therefore, the monitoring of the points of presence will contribute to the design of reliable models with present and future projections, as well as the proposed strategies are good alternatives for the management and control of the pest.

Key words: *Bactericera cockerelli*, *Solanum tuberosum*, environmental factors, potential distribution.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte

El cultivo de papa es considerado uno de los productos más importantes en el Ecuador, muchas familias dependen económicamente de la producción de este tubérculo (Romero, 2019). Este cultivo se encuentra distribuido en tres zonas geográficas como expresa (Punina, 2013), ubicadas en la Zona Norte, centro y sur de Ecuador. Se estima que el 7% de la población de la Zona Norte dependen de esta actividad ya sea de forma directa o indirecta, donde la provincia del Carchi e Imbabura son los productores más importantes de la zona (Montero y Reinoso, 2010).

En la provincia de Imbabura existen alrededor de 400 productores de papa, los cuales ocupan alrededor de 546 hectáreas del área total en producción. Los cantones con mayor producción son: Otavalo, Cotacachi, Pimampiro e Ibarra este último es considerado el más importante, debido a que las comunidades como: Yuracruz y Añaspamba, son las que poseen mayor producción, seguido por Quichinche ubicada en el cantón Otavalo (INIAP, 2018). Anualmente se producen alrededor de 17.60 t/ha, de esta manera, Imbabura es una de las provincias con mayor producción de papa a nivel nacional. El ciclo de comercialización conlleva varias etapas del productor al consumidor pasando por intermediarios y posteriormente llega al consumidor (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019; Aragón et al., 2020).

Al mismo tiempo, existen diversas enfermedades y plagas que afectan al cultivo de papa. Generalmente se encuentran en zonas que poseen condiciones favorables para el desarrollo de una enfermedad. La presencia de diferentes enfermedades puede llegar a producir pérdidas significativas a los agricultores. Varias de estas enfermedades pueden producirse en cualquier etapa del cultivo, semilla, germinación, cosecha, almacenamiento o transporte (Arce, 2008; Arneson, 2001). Es así como, el cultivo de papa se ve afectado por un gran número de pseudohongos (oomicetos), bacterias, virus

e insectos, dentro de este grupo se encuentra incluido el Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli* S.). Esta plaga puede alimentarse principalmente de la savia (floema) de sus hospedadores, generando varios daños especialmente en su etapa de ninfa. (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2013).

Bactericera cockerelli Sulc (Hemiptera: Triozidae) conocido también como “Punta morada” es un insecto que perjudica los cultivos de *Solanaceae*, principalmente a *Solanum tuberosum*. En el Ecuador, el primer reporte de presencia fue registrado en la provincia del Carchi en el año 2013, afectando a los cultivos y provocando pérdidas representativas a los agricultores (Cerna, 2018; INIAP, 2018). Los síntomas provocados por *B. cockerelli* S., es el achaparramiento de las hojas, esto debido a que este insecto absorbe la savia de las hojas y a su vez inyectando una saliva tóxica para la planta (Espinoza, 2014).

Debido a esto, el uso de insecticidas con el fin de proteger los cultivos de plagas y enfermedades se ha incrementado notablemente en los últimos años, produciendo pérdidas alrededor del 40% del cultivo. El uso de insecticidas busca garantizar una mayor productividad (Martínez, 2010). Por otra parte, los impactos ambientales generados por el uso de plaguicidas en cultivos agrícolas han incrementado de manera notable. Se generan principalmente por la aplicación directa, lavado inadecuado de recipientes y filtraciones en depósitos de agua. Los residuos de plaguicidas pueden ser dispersados en el ambiente convirtiéndose en contaminantes para los sistemas bióticos y abióticos, amenazando su estabilidad y representando un peligro a la salud pública (Del Puerto et al., 2014).

Por lo tanto, el monitoreo permite determinar la dinámica poblacional de una especie, además de los factores bióticos y abióticos que se ven involucrados en la presencia y los cambios poblacionales a lo largo del tiempo. Este método permite el análisis de su distribución espacial y temporal, lo cual puede ayudar a determinar el tipo y tamaño de la muestra (Jiménez et al., 2000; Jiménez, 2007).

El monitoreo poblacional de *B. cockerelli* S. nos permite evaluar la presencia y determinar una estructura poblacional en sus diferentes estados biológicos e identificar posibles medidas de gestión (Organizaciones Internacionales Regionales Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2017). Además, los monitoreos semanales permiten observar y evidenciar las diferentes etapas de *B. cockerelli* S. El monitoreo directo permite contabilizar la cantidad de huevos y ninfas presentes en período de tiempo específico para determinar la presencia de plagas en los individuos (Davidson, 1992; Castillo et al., 2019). También, la población de individuos adultos puede ser realizada mediante un monitoreo indirecto con el uso de trampas adhesivas amarillas o naranjas, las cuales pueden ser colocadas en los bordes y en el centro de los cultivos (Ramírez et al., 2008).

1.2 Problema de investigación y justificación

Las plagas y enfermedades han llegado a afectar a los cultivos desde el comienzo de la agricultura. Para los agricultores combatir las plagas y las enfermedades es una necesidad. La presencia de diferentes plagas en algunas plantaciones representa una amenaza para los cultivos adyacentes, incluso para localidades distantes. Las plagas y enfermedades, como tal, conllevan efectos negativos para terceros y exigen medidas adicionales que tomarán las partes afectadas u organismos públicos (Sánchez, 2002).

B. cockerelli S. afecta a cultivos de *Solanaceae*, y puede llegar afectar a los tubérculos o incluso matar a la planta en su totalidad (Rubio, 2016). En la provincia de Pichincha fue reportada por primera vez en el año 2017 (Castillo et al., 2019), sin embargo, en el 2013 se conoce del primer brote en la provincia del Carchi dentro de los cultivos de papa. El desconocimiento de los factores ambientales y climáticos óptimos para el desarrollo de esta especie es uno de los principales problemas que inciden para el planteamiento de estrategias y control de la plaga dentro de la provincia de Imbabura.

De acuerdo con Castillo et al. (2019), las pruebas moleculares aplicadas a individuos de *B. cockerelli* S. indicaron que la población presente en el país es descendiente de la población existente en América del Norte y Centroamérica. Sin embargo, el daño que la especie puede ocasionar a los cultivos nacionales es realmente alarmantes, debido a que llegan afectar desde las hojas de la planta hasta la raíz, provocando incluso la muerte del individuo (Garzón et al., 2009; Melgoza et al., 2018).

Teniendo en cuenta, el estudio realizado por Manobanda (2020), en el cual, menciona que dentro de las características climáticas para la distribución de la especie se encuentra en lugares con temperaturas de entre 15 a 20°C. Sin embargo, Djaman (2019) hace referencia en su estudio que la presencia de los psídilos de *B. cockerelli* S. en los cultivos de papa incrementa cuando la temperatura promedio del aire es de 19°C. El propósito del presente estudio fue contribuir a la determinación de características climáticas óptimas para el crecimiento de *B. cockerelli* S., para que esto permita generar estrategias para el control y prevención de dicha plaga.

Esta investigación aporta al Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, contribuyendo al Objetivo 3, el cual busca fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular. El objetivo 12: Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al Cambio Climático, principalmente a la política 12.3 la cual busca implementar mejores prácticas ambientales con responsabilidad social y económica que fomenten la concientización, producción y consumo sostenible, mediante la investigación, innovación y transferencia de tecnología, ya que la presencia plagas y diversos factores ambientales son los principales problemas que afectan a los cultivos agropecuarios. Es por eso por lo que la presente investigación busca conocer las zonas con características climáticas óptimas para el desarrollo de *B. cockerelli* S., la cual afecta a los cultivos, generando un uso excesivo de insecticidas químicos los cuales pueden ayudar a la mejora del producto, pero llega afectar al suelo y otros recursos. Además de que esto puede llegar afectar el desarrollo económico y la

seguridad alimentaria (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2021, pág., 36-39).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Analizar los factores ambientales que influyen en la distribución potencial de *Bactericera cockerelli* como una de las plagas que afecta a los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) en cuatro cantones de la provincia de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la información secundaria relacionada con la presencia de *Bactericera cockerelli* en cuatro cantones de la provincia de Imbabura.
- Establecer modelos espacio temporales de distribución potencial de *Bactericera cockerelli* durante el período septiembre 2019 - marzo 2020.
- Proponer estrategias de manejo y control de la plaga *Bactericera cockerelli* para cultivos de papa.

1.4 Preguntas directrices de la investigación

- ¿Qué zonas son las más afectadas por la presencia de *Bactericera cockerelli* en cultivos de papa dentro del área de estudio?
- ¿Cuál es la distribución espacio temporal de *Bactericera cockerelli* en los cuatro cantones de la provincia de Imbabura durante el período de estudio?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Modelos de distribución potencial

Los modelos de distribución potencial también conocidos como modelos de nichos ecológicos o modelos de distribución de especies (SDM, por sus siglas en inglés), son representaciones cartográficas que utilizan variables y algoritmos informáticos, los cuales contribuyen al diseño de distribución de una especie ya sea en el presente o diseños con predicción a futuro (Mateo et al., 2011; Sofaer et al., 2019). Dentro de este tipo de modelos se utilizan variables: geológicas, topográficas, climáticas, datos de presencia y ausencia (Figura 1). La unión de estas variables define la delimitación de los factores ambientales para establecer condiciones óptimas para el desarrollo de la especie evaluada (Guisan y Zimmermann, 2000).

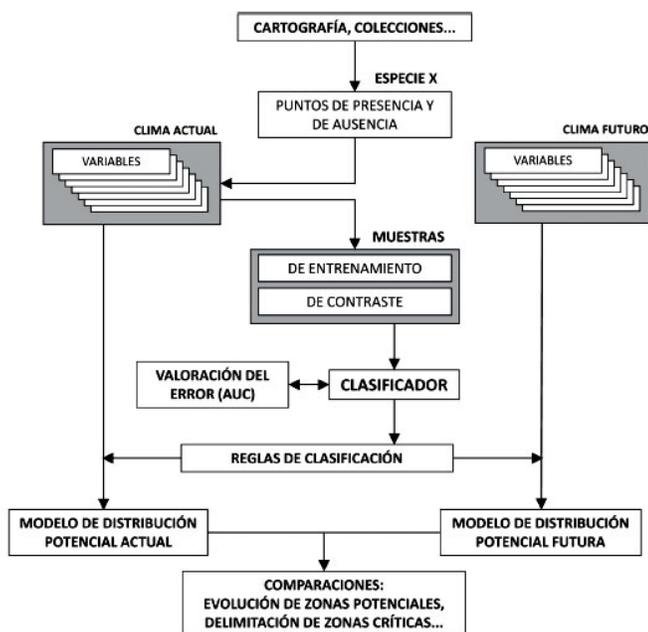


Figura 1. Esquema de flujo de trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies.

Fuente: (Mateo et al., 2011)

2.2 Tipos de modelos

2.2.1 Algoritmo genético para la producción de conjuntos de reglas

El algoritmo genético para la producción de conjuntos de reglas (GARP, por sus siglas en inglés), ayudan con la descripción de condiciones ambientales donde una especie puede desarrollarse. Para generar este modelo se necesitan datos de presencia y un conjunto de capas geográficas que representan los parámetros ambientales que podrían limitar la capacidad de supervivencia de la especie. GARP busca formar correlaciones iterativas no aleatorias entre los valores de parámetros ambientales y datos de presencia y ausencia de la especie, utilizando diferentes tipos de reglas. Cada tipo de regla implementa un método diferente para construir modelos de predicción de especies (Abrahamyan y Barševskis, 2015).

2.2.2 Modelo lineal generalizado

El modelo lineal generalizado (GLM, por sus siglas en inglés), es un tipo de regresión lineal el cual permite generar variables respuestas, en modelos de distribución de errores distintos a una distribución normal. Este modelo generaliza la regresión lineal permitiendo la relación con la variable respuesta y la magnitud de la varianza (Müller, 2004). López y Ruiz (2011) menciona que el modelo GLM busca generar y explicar la variación de una respuesta, a partir de una variable de carácter determinista y una variable de carácter aleatorio. De esta manera generando la expresión:

$$\textit{Respuesta} = \textit{Componente sistemático} - \textit{Componente aleatorio}$$

Tabla 1. Tipos de modelos de distribución de especies

Método	Modelo/ Software	Tipo de dato de especies	Referencia / URL
Métrica Gower	DOMAIN	Presencia	Carpenter et al., 1993 http://www.cifor.cgiar.org/docs/_ref/research_tools/domain/ http://diva-gis.org
Análisis del factor de nicho ecológico (ENFA)	BIOMAPPE R	Presencia y Ausencia	Hirzel et al., 2002 http://www2.unil.ch/biomapper/ Phillips et al., 2006
Maxima Entropía	MAXENT	Presencia y Ausencia	http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/ Stockwell and Peters, 1999
Algoritmo Genético (GA)	GARP3	Pseudo-ausencia	http://www.lifemapper.org/desktopgarp/
Red neuronal artificial (RNA)	SPECIES	Presencia y ausencia (o pseudo-ausencia)	Pearson et al., 2002
Regresión: Modelo lineal generalizado (GLM), Modelo aditivo generalizado (GAM), árboles de regresión potenciados (BRT), Splines de regresión adaptativa multivariante (MARS)	Implementan do en R5	Presencia y ausencia (o pseudo-ausencia)	Lehman et al., 2002 Elith et al., 2006 Leathwick et al., 2006 Elith et al., 2007
Métodos múltiples	BIOMOD	Presencia y ausencia (o pseudo-ausencia)	Thuiller, 2003
Métodos múltiples	Open Modeller	Depende del método implementado	http://openmodeller.sourceforge.net/

Fuente: Pearson R. (2007). Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners.

Existen varios tipos de modelamiento de especies utilizados para la determinación de factores ambientales de *B. cockerelli* S., como expresan Wan et al. (2020), en su estudio realizado en Europa, Mediterráneo, América del Norte, América Central y América del Sur, utilizando alrededor de 306 puntos de presencia además de seis variables bioclimáticas (Bio1, Bio2, Bio8, Bio12, Bio14 y Bio15), estas variables

fueron seleccionadas mediante el coeficiente de correlación de Pearson. El modelo de Máxima Entropía es un modelo el cual busca estimar la distribución de poblaciones, con respecto a variables bioclimáticas como temperatura, precipitación y altitud, estas variables pueden ser condicionantes para la presencia de determinada especie y predecir cambios en las zonas de distribución (Phillips, 2006; Rezende et al., 2014).

2.3 Cultivo de papa

Solanum tuberosum L. es una de las especies más relevantes en América de Sur, especialmente en los Andes de Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. El Instituto Ecuatoriano de Investigación Agraria (INIAP) en el año de 1994, realizó una recolección de todas las variedades existentes en el país, encontrando aproximadamente 400 variedades de papas. Actualmente en el país se cultivan 30 variedades y su número continúa disminuyendo. Esta especie ha sido exportada y se la cultiva incluso países europeos, los mayores productores en América Latina son: Argentina que ha alcanzado una producción anual de 22 t/ha, seguida por Chile y Brasil con producciones anuales de 15 t/ha, países como Colombia y Venezuela poseen una producción de 16 t/ha. Los países con menor producción a nivel continental son: Ecuador y Bolivia los cuales alcanzan una producción de 6 y 7 t/ha (INIAP, 2002; Scott et al., 2019).

2.3.1 Ciclo fenológico

El ciclo fenológico de un cultivo son los cambios generados externamente en la planta los cuales son influenciados por las condiciones ambientales. Existen algunos factores antrópicos como: riego, control de plagas; contribuyen a tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha, puesto que el estado del cultivo es el mejor indicador del rendimiento (FAO, 2011).

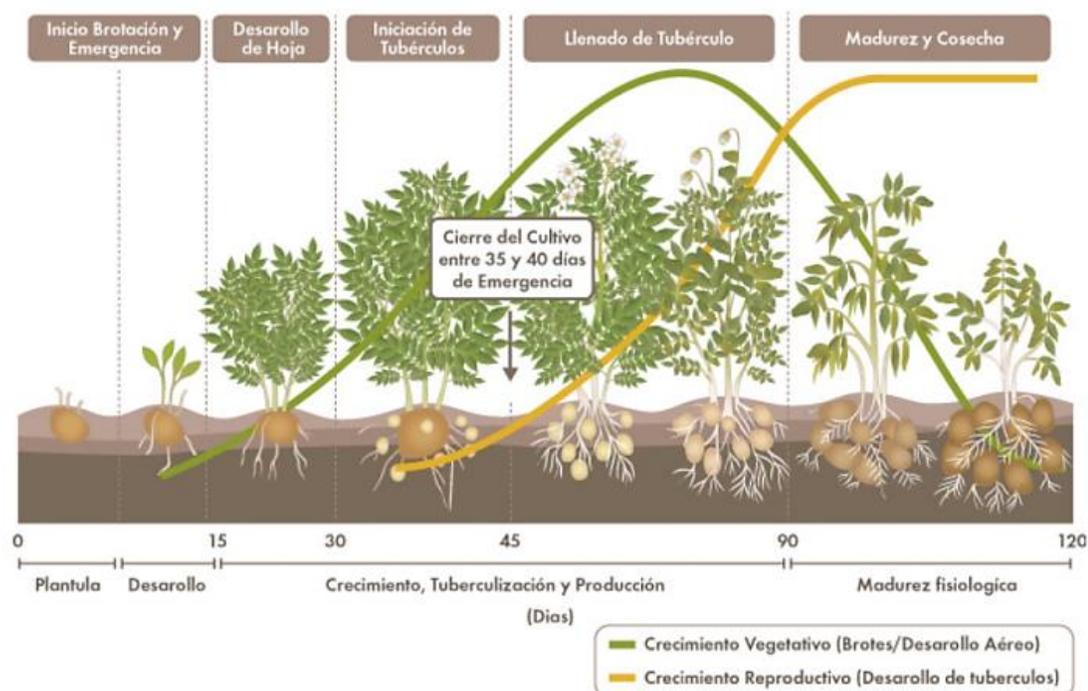


Figura 2. Ciclo fenológico de *Solanum tuberosum*

Fuente: (Cámara de comercio de Bogotá, 2015)

2.4 Manejo del cultivo

Según el INIAP (2002), para un óptimo manejo del cultivo se debe realizar las siguientes actividades:

2.4.1 Selección y preparación del terreno

Para la selección del terreno es importante tener en cuenta diversos criterios como son: presencia de plagas, tipo de suelo y cantidad de agregados que posee. Estos son factores que contribuyen al desarrollo óptimo de raíces y tubérculos, considerando que este cultivo requiere un alto grado de movimiento del suelo.

2.4.2 Labranza

La labranza es la manipulación física del suelo, la cual contribuye a mejorar las condiciones como: aeración, balance hídrico y control de malezas. Esta incluye varios factores:

- **Textura:** Textura ligera a media, requiere poca labranza para crear las condiciones ideales para el crecimiento de raíces.
- **Malezas:** Los suelos que han sido pastoreados durante un largo lapso tienen buenas propiedades físicas, alto grado de agregación y baja densidad aparente.
- **Humedad:** Los suelos con mayor humedad cercana a la capacidad de campo requieren menor energía durante la labranza. Los suelos saturados pueden ser compactados por la entrada de equipos pesados y bueyes.
- **Pendiente:** En cultivos de papa, la pendiente encontrarse por debajo del 20%, evitando la erosión de suelo, además, la dificultad para el acceso de la maquinaria.

2.4.3 Época de preparación

La preparación óptima y oportuna del suelo es uno de los factores claves para el crecimiento de tubérculos. La degradación depende de factores como: textura, grado de humedad, presencia y actividad de microorganismos (Jiménez, 2009a).

2.4.4 Siembra

La siembra se realiza en surcos con una distancia de 0.15 a 0.25 m entre plantas, con una profundidad de 0.20 m. Es recomendable utilizar semillas que hayan alcanzado su grado de madurez, brotación en varios ojos del tubérculo, libre de malezas, plagas y enfermedades (Jiménez, 2009a).

2.4.5 Fertilización

La fertilidad del suelo se mide generalmente por la disponibilidad de nutrientes para las plantas. No obstante, es importante considerar que un suelo con alta disponibilidad de nutrientes no es necesariamente óptimo para el cultivo. Por ello, el concepto de fertilidad debería incluir criterios químicos, físicos y biológicos (Jiménez, 2009a).

2.5 *Bactericera cockerelli* como plaga de *Solanum tuberosum*

Las plagas se definen como espécimen vivo que pueda generar daño sobre el medio ambiente o cultivos. Generalmente, una plaga agrícola es un animal fitófago que perjudican a la producción y desarrollo de los cultivos, reduciendo el valor económico de la cosecha y generando pérdidas económicas para los productores. Dentro de la agricultura se conoce como plaga a los insectos, ácaros, caracoles e incluso a las aves (Flaconi, 2013).

2.5.1 *Bactericera cockerelli*

Es considerado un insecto migratorio, según López (2012) la temperatura es uno de los factores ambientales más críticos para la especie, debido, a que las temperaturas mayores a 22 °C disminuyen la probabilidad de sobrevivencia de la especie. El ciclo biológico de este insecto posee tres etapas de desarrollo: huevo, ninfa y adulto, el ciclo completo de desarrollo de esta especie es de alrededor de 35 días, *B. cockerelli* S. es la principal causante de la enfermedad llamada punta morada o Zebra chip. Entre los principales síntomas se pueden encontrar el achaparramiento de las hojas, además, coloración amarillenta y morada en las puntas, abultamiento en los tallos, tubérculos poco desarrollados y en el interior se puede evidenciar un manchado con forma de estrías, también presenta una coloración oscura que es producto de la oxidación enzimática de compuestos fenólicos (Wallis y Chen, 2011; Navarre et al., 2012).

De acuerdo con Hodkinson (2009) la clasificación del psílido de papa es la siguiente:

Tabla 2. Taxonomía de *Bactericera cockerelli*

Taxón	Categoría
Orden	Hemiptera
Sub-orden	Sternorrhyncha
Super- Familia	Psylloidea
Familia	Psyllidae
Género	Bactericera
Especie	<i>Bactericera cockerelli</i>

Posee una metamorfosis que se encuentra dividida en 3 estadios de desarrollo: huevo, ninfa (5 instares) y adulto. Los machos llegan a su estado de madurez a los 27 días y pueden sobrevivir 20 días, a diferencia de las hembras las cuales llegan a su etapa de madurez a los 25 o 27 días, estas pueden sobrevivir 60 días. (Cuesta et al., 2021).

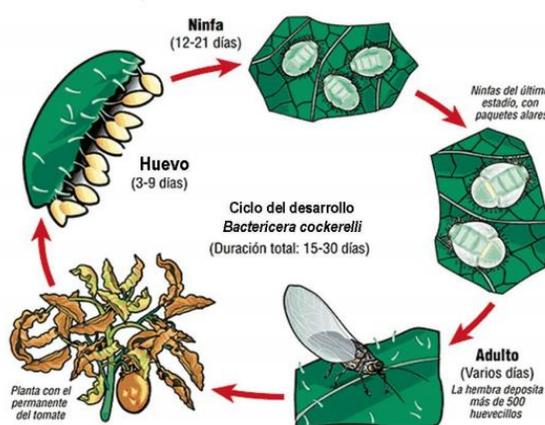


Figura 3. Ciclo biológico de *Bactericera cockerelli*

Fuente: (Villanueva, 2015)

- **Huevo.** Estos son de forma ovoide, con un color anaranjado- amarillento, en su extremo presenta un pequeño filamento, el cual le ayuda a adherirse a la superficie de la hoja, son depositados de forma separada generalmente en el envés y al borde de la hoja, miden entre 0.32 mm, su eclosión tarda entre 3-7 días (Centro de Biociencia Agrícola Internacional, 2016).



Figura 4. Oviposuras *Bactericera cockerelli* en hojas de pimiento
Fuente: (Cortez, 2011)

- **Ninfa.** Presentan una forma oval y aplanada con un color verdoso, miden de 0.23 - 1.60 mm y generalmente se encuentra en la superficie inferior de la hoja (González y García, 2012). El proceso de sus cinco instares tarda entre 14 a 17 días (Barraza, 2012):
 - a. **Primer instar:** poseen cabeza y tórax fusionados, antenas cortas, ojos rojos, conjunto de alas poco notables; tienen poco movimiento.
 - b. **Segundo instar:** se observa una división entre cabeza, tórax y abdomen, los conjuntos de alas y la segmentación en las patas se hacen visibles.
 - c. **Tercer instar:** la división de cabeza, tórax y abdomen es más pronunciada, los conjuntos de alas se encuentran bien definidos, además, se observan con mayor facilidad en mesotórax y metatórax.
 - d. **Cuarto instar:** Las patas poseen segmentaciones con mayor facilidad. La cabeza y el abdomen presentan un color verde claro y el tórax un tono más oscuro. Cada uno de los cuatro primeros segmentos abdominales presentan un par de espiráculos.
 - e. **Quinto instar:** la cabeza, tórax y abdomen están claramente divididos. Las antenas están divididas en dos partes por una hendidura central, distinguiéndose claramente las alas.

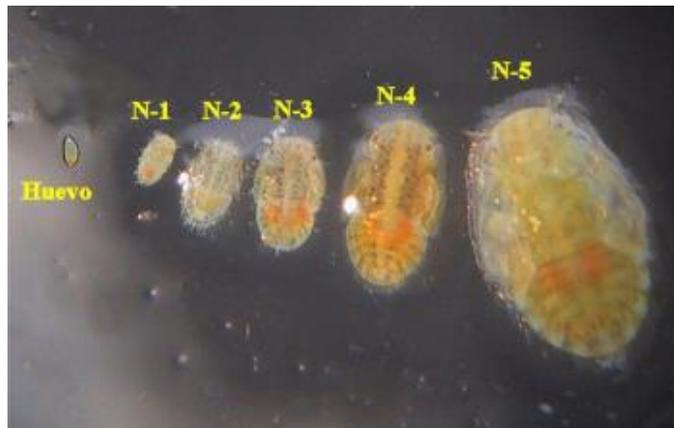


Figura 5. Etapa de ninfa *B. cockerelli* y sus diferentes instares
Fuente: (Agroproductores, 2019)

- **Adulto.** La apariencia de estos es similar a la de un pulgón de 2.5-3.0 mm de largo, color verde-amarillento cuando emerge, alas transparentes que miden 1.5 más largas que la longitud del cuerpo y venas características de la familia a la que pertenece. En los próximos siete a diez días después de la eclosión, el color del cuerpo cambia de ámbar claro a marrón oscuro o negro (Prager y Trumble, 2018a). Las hembras tienen una vida útil promedio de vida de 60 días donde pueden poner alrededor de 500 huevos en su vida. Muestra cinco segmentos visibles y más abdomen que genitales. Los machos viven en 20 días y tienen seis segmentos visibles (Villanueva,2015).



Figura 6. *Bactericera cockerelli* presente en *Solanum tuberosum*
Fuente: (OIRSA, 2017)

2.6 Categorías de uso de Suelo

- **Conservación y protección.** Área de conservación bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador,
- **Conservación y producción.** Áreas protegidas por comunidades y bajo un sistema de producción responsable y sostenible,
- **Antrópico.** Generalmente son representaciones de ciudades, pueblos y comunidades, que poseen una infraestructura,
- **Agrícola.** Zonas cultivables por pequeños o grandes agricultores, ya sea para consumo o distribución,
- **Agropecuario mixto.** Tierras dedicadas a la agricultura mixta, además de mantener la crianza de diferentes animales,
- **Agua.** Cuerpos lacustres,
- **Pecuario.** Son suelos utilizados para la crianza de ganado y cultivos de cortos periodos de tiempo,
- **Protección y producción.** Área bajo conservación bajo el Sistema Nacional de áreas protegidas y áreas privadas. Mantiene un sistema de producción responsable con el medio ambiente,
- **Tierras improductivas.** Son espacios que generalmente por su composición, pendiente y ubicación no son producidas,
- **Nubosidad.** La cantidad de nubes presentes en un determinado sector.

2.7 Estrategias para el manejo agroecológico de plagas

Las estrategias son planes para control hacia una determinada especie. Generalmente, se utilizan para el manejo de plagas fitófagas, existen diversos métodos de control, desde biológicos hasta químicos. Sin embargo, es importante reconocer que todo tipo de estrategia es aplicable cuando el umbral económico de daño no ha sido superado, para la elección de una buena estrategia se debe tomar en consideración el aspecto económico y ecológico (García et al., 2015).

2.7.1 Control cultural

El control cultural de plagas es uno de los controles más antiguos de las enfermedades. Las medidas son tomadas ante la presencia de algún patógeno con respecto a una planificación previa al proceso (Analiz, 2011). Consiste en prácticas agronómicas como: preparación del suelo, cultivos intercalados, cultivos trampas, épocas de siembra y cosecha (Toledo, 2008). Para este tipo de control existen varios conocimientos básicos que el agricultor debe poseer:

- 1) Biología y ciclo de vida del insecto y del hospedero,
- 2) Dinámica y fluctuación poblacional de las plagas,
- 3) Tasa de incremento de la población desde el inicio de la siembra hasta el nivel económico de infestación.

Es así como existen diversas tácticas de control cultural como son las prácticas agronómicas y prácticas fitosanitarias este último se encuentra constituido por la destrucción de residuos de cosecha, uso de semillas sanas, poda, remoción y destrucción de órganos afectados, y períodos libres de cultivo o barbecho (Centeno, 2016).

2.7.2 Control físico

Es el uso de agentes como: temperatura, humedad, luz solar, riego y radiación electromagnética; en altas intensidades pueden provocar la muerte de las plagas y contribuir al cambio ambiental, sin dañar el cultivo (Centeno, 2016). El uso de estos procedimientos se basa en que las plagas solo pueden sobrevivir y reproducirse dentro de ciertos límites de los factores ambientales y existen algunos procedimientos de control físico altamente novedosos y sofisticados (Jiménez, 2009b).

2.7.3 Control mecánico

Los métodos mecánicos van conjuntamente relacionados con los métodos físicos, estas técnicas son antiguas, sin embargo, estos aún son muy eficaces. El control mecánico involucra el uso de trampas, barreras, remoción y destrucción de órganos afectados (Jiménez, 2009b). Este tipo de controles se encuentran relacionados con los siguientes usos:

- 1) Barreras físicas-cercas, mallas y otros más que se consideren de exclusión,
- 2) Herramientas de labranza,
- 3) Inundación,
- 4) Asoleo del suelo,
- 5) Acobijos plásticos para eliminar y prevenir la germinación de las malezas.

Las ondas ultrasónicas son utilizadas para el control de adultos de algunas especies. Además, para atraer a algunos individuos es útil el uso de feromonas, trampas de luz y hasta algunos casos con calor o frío lo cual también se considera como un control mecánico.

2.7.4 Control biológico para *Bactericera cockerelli*

Consiste en la eliminación de la plaga por otra plaga, ya sea por la manipulación directa o indirecta de sus depredadores naturales, es decir, controlando la introducción, conservación e incremento de los enemigos naturales. De esta manera, la población de

la plaga que afecta al cultivo empezara a disminuir en comparación a la población sin dicho controlador. Para el control de plagas se utiliza parásitos y depredadores que pertenecen al grupo de entomófagos y los patógenos (parasitoides). Cuando se utilizan los parasitoides es necesario conocer que sólo requieren un hospedero individual para completar su desarrollo y un depredador debe consumir varias presas para alcanzar su estado adulto (Toledo, 2008; Zepeda, 2010).

2.7.5 Control químico

Es el uso de sustancias químicas para la prevención o disminución de las poblaciones de plagas en cultivos. Dichas sustancias químicas también conocidas como pesticidas o plaguicidas poseen una alta efectividad para los organismos contra los que han sido creados. Estos pesticidas generalmente poseen compuestos que pueden atraer, repeler o exterminar a los insectos. Para la utilización de estos productos requieren un amplio conocimiento acerca de los productos, debido a que el uso excesivo de estos puede generar daño al suelo y cultivos (Cermeli y Diaz, 2016; Chirinos et al., 2020).

2.8 Marco legal

Con base en el Art. 425 “El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008). En este sentido, la presente investigación se enmarca en los siguientes cuerpos legales.

2.7.1 Constitución de la República del Ecuador

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador Registro Oficial N° 449 publicado el 20 de octubre del 2008, la presente investigación es sustentada por el Art. 13, que consagra el derecho de todos los ciudadanos al acceso seguro y duradero

a la salud y nutrición, estipulado para tener alimentos, de preferencia de origen local. El Art. 281 define la soberanía alimentaria como un objetivo estratégico y los estados deben permitir que las personas y las comunidades alcancen un punto de autosuficiencia alimentaria de forma permanente. Además, el Art. 319 hace referencia al reconocimiento de la producción en la economía, garantizando el buen vivir de la población y salva guardando los derechos de la naturaleza, satisfaciendo la demanda interna.

2.7.2 Reglamento al Código Orgánico Ambiental

El Reglamento al Código Orgánico Ambiental mediante Suplemento Registro Oficial N° 507 el 12 de junio de 2019, en el Art. 29, hace referencia a los lineamientos ambientales para la investigación ambiental, literal C, el cual menciona la importancia de fortalecer los mecanismos de investigación de la investigación ambiental, para de esta forma fortalecer y contribuir a la toma de decisiones científicas y técnicas, es decir busca la interacción de la ciudadanía y la academia.

2.7.3 Código Orgánico de Ordenamiento Territorial (COOTAD)

La presente investigación se cita dentro del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Registro Oficial N° 303 del 19 de octubre del 2010 con última actualización el 29 de diciembre del 2017, Título III Gobiernos Autónomos Descentralizados, Capítulo II Naturaleza jurídica, sede y funcionales, Art. 41, literal C hace referencia a la fomentación de las actividades agropecuarias. Además, Título IV Descentralización y Sistema Nacional de Competencia, Capítulo IV Ejercicio de las Competencias Constitucionales, Art. 134 busca la implementación de la seguridad alimentaria y una producción sustentable de alimentos provenientes de la agricultura y fomentando el desarrollo agropecuario.

2.7.4 Ley de creación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Es importante mencionar que en el presente tema de estudio se cita la Ley de creación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIAP) con Registro Oficial 315 publicado el 04 de abril del 2004 con su última actualización realizada el 26 de febrero del 2015, donde el artículo 14 menciona que toda la información técnica y científica generada por dicha institución es propiedad de la misma, además de todos los resultados generados con la información proporcionada, de acuerdo con la Ley de Propiedad Intelectual.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura, dentro de los cantones Otavalo, Pimampiro, Cotacachi e Ibarra. Se encuentra ubicada al norte del Ecuador, posee una extensión de 480 047.47 ha, y está ubicada geográficamente desde los 78° 07' 07" hasta 78° 32' 08" longitud oeste; y, 00° 22' 16" hasta 00° 47' 42" latitud norte.

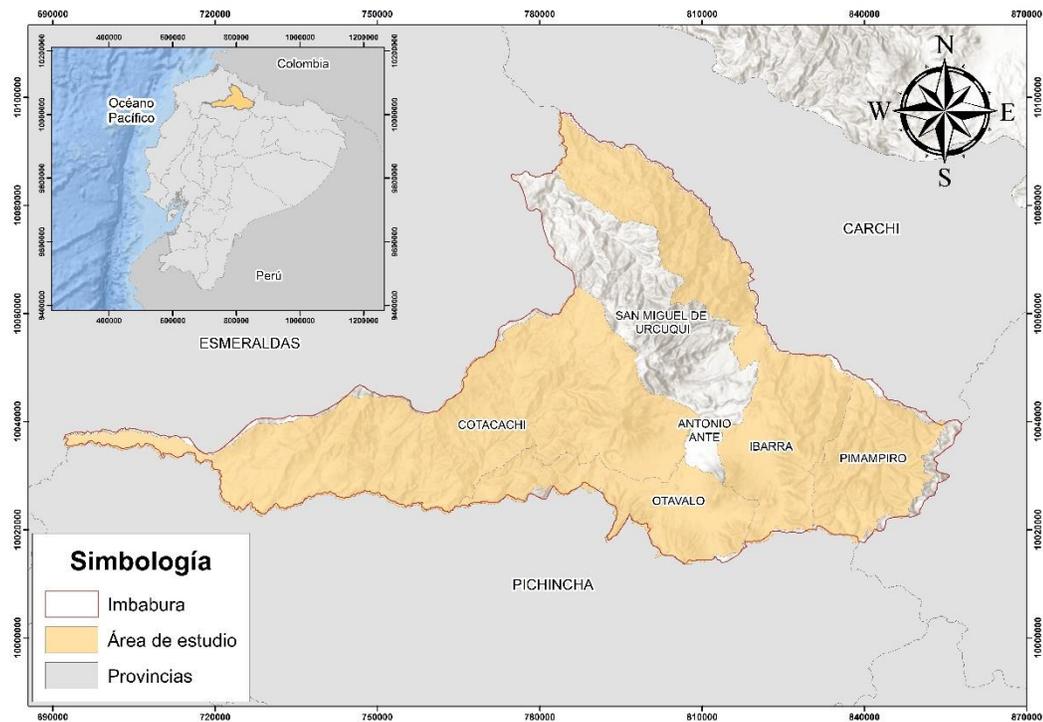


Figura 7. Cantones que formaron parte del área de estudio

3.1.1 Clima

La provincia de Imbabura se encuentra influenciada por la precipitación y altitud, originando una gran variedad de climas. Según la clasificación de Porrut existen cuatro tipos de climas: ecuatorial de alta montaña, ecuatorial mesotérmico seco, ecuatorial mesotérmico semi húmedo y tropical megatérmico húmedo (PDOTI, 2015). Esto debido a la gran cantidad de elevaciones que forman la cordillera de los Andes, dentro de la provincia se pueden encontrar 11 de los 84 volcanes presentes en el Ecuador (Jácome et al., 2020).

3.1.2 Tipos de suelo

Dentro de la provincia de Imbabura, se han identificado tres tipos de suelos:

3.1.2.1 Entisoles

Este tipo de suelo es relativamente joven, debido a que menos del 30% de fragmentos rocosos poseen escasas evidencias de desarrollo de horizontes pedogenéticos, es decir, la diferenciación de horizontes es muy complicada a simple vista, debido al poco espesor y ausencia de materia orgánica. Dentro de la provincia se han desarrollado en distintos regímenes de humedad, temperatura, vegetación, materiales parentales y edad (Ibáñez et al., 2012). Este suelo está presente en parroquias rurales como: Chugá, Ambuquí, Salinas, La Carolina y González Suárez.

3.1.2.2 Inceptisoles

Estos suelos son derivados de depósitos fluviónicos como: residuales, formados principalmente por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria, donde sus horizontes son alterados y han sufrido pérdida de bases, hierro y aluminio. Conservan considerables reservas de minerales meteorizables, incluyendo un horizonte pobre en materia orgánica (Salazar, 2015). Este tipo de suelo está presente en gran parte del

territorio de los cantones: Pimampiro, Otavalo, Urcuquí, Cotacachi, Ibarra (La Carolina, Lita) y en las faldas del volcán Imbabura.

3.1.2.3 Mollisoles

Son originados en áreas semiáridas y semihúmedas, el material parental es generalmente calcita, fundamentalmente movidos por el viento, poseen un color oscuro formado a partir de sedimentos minerales. Son considerados como suelos productivos debido a su alta fertilidad como resultado de una mayor biomasa y humificación del suelo (Fuentes, 2018). Este tipo de suelo está presente en zonas representativas de las parroquias: San Francisco de Sigsipamba, Mariano Acosta, Pimampiro, Ambuquí, La Esperanza, Angochagua, Chaltura, Imbaya, Imantag, Cahuasquí; sin duda, áreas consideradas como potenciales para la producción agrícola y pecuaria.

3.1.3 Usos de suelo

Fuentes (2018) menciona que el uso de suelo dentro de la provincia se encuentra distribuido entre bosque con una extensión de 266 667,47 ha, área agropecuaria posee una extensión de 195 479.52 ha, la vegetación arbustiva y herbácea 13 469.19 ha, cuerpo de agua 13 469.19 ha y la zona antrópica 2 470.43 ha.

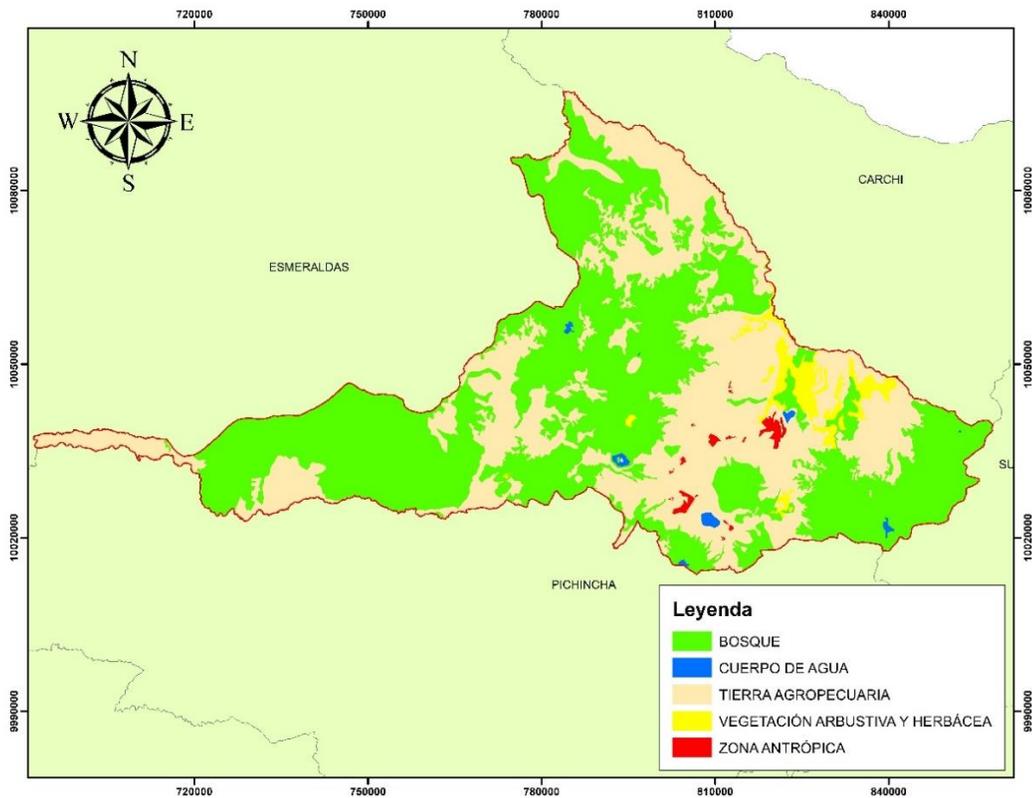


Figura 8. Usos de suelo de la provincia de Imbabura.

Fuente (Fuentes, 2018)

3.1.4 Actividades productivas

Según la Prefectura de Imbabura (2020) las actividades productivas dentro de la provincia son realizadas generalmente por productores independientes que trabajan ocupando tierras propias y en varios casos son propiedades de alquiler, el proceso productivo está centrado en el grupo doméstico y comercial.

3.1.4.1 Actividades productivas del cantón Cotacachi

Dentro de las actividades productivas del cantón Cotacachi se encuentra que la agricultura es la principal actividad económica, seguido de la producción manufacturera, artesanal y finalmente el turismo. Dentro del cantón se mantiene muchos sistemas agrícolas tradicionales como las chacras campesinas. Además, las

comunidades tratan de mantener las semillas debido a que muchas de ellas se encuentran en peligro de desaparecer, este sistema provee de múltiples beneficios a las familias campesinas (GAD Cotacachi, 2015).

3.1.4.2 Actividades productivas del cantón Ibarra

En el cantón Ibarra, la Población Económicamente Activa del sector agropecuario representa el 11.61% (9367 personas), seguido por el sector industrial y el sector de servicios. Dentro del cantón existen alrededor de 647 has de cultivo de papa, donde en muchas zonas del cantón aún se mantiene el uso de semillas naturales, autóctonas del lugar, cosechadas y preparadas domésticamente, pero de variedades diferentes. El uso de fertilizantes e insecticidas es evidente, sin embargo, el uso de los mismo no es controlado (GAD Ibarra, 2020).

3.1.4.3 Actividades productivas del cantón Otavalo

En el cantón Otavalo, el sector agropecuario y ganadero representa el 18.73%, es decir, 7 035 personas dedicadas a la agricultura dentro del cantón, ocupando alrededor de 5 882 ha dedicadas al cultivo de diferentes productos agrícolas como maíz suave, maíz duro seco, maíz suave seco, frejol tierno y papa, donde este último presenta un mayor rendimiento a nivel cantonal en comparación de los productos antes mencionados, debido, a que posee un rendimiento de 8.5 t/ha y a nivel nacional posee un rendimiento de 8.31 t/ha (GAD Otavalo, 2015).

3.1.4.4 Actividades productivas del cantón Pimampiro

El sector agropecuario dentro del cantón Pimampiro es parte del sector primario debido a que alrededor de 3 216 habitantes se dedican a la agricultura, considerado una de las actividades con mayor participación, existen 3 855 has sembradas con cultivos de ciclo corto, donde el fréjol era el cultivo más representativo, seguido por el cultivo de tomate riñón y brócoli entre otros, el cultivo de papa posee una extensión de 280 ha

de cultivo. Sin embargo, la papa no es considerado uno de los productos principales dentro de la economía del cantón (GAD Pimampiro, 2014).

3.2. Métodos

3.2.1 Análisis de información secundaria relacionada a la presencia de *Bactericera cockerelli*

3.2.1.1 Datos de presencia

Los datos que fueron utilizados para la presente investigación fueron generados y proporcionados por la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Técnica del Norte, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Centro Internacional de la papa (CIP), durante la investigación “Dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* (*Sulc*) en el cultivo de papa, provincia de Imbabura” (Tocagón et al., 2020). Los datos fueron depurados y evaluados, con base en los registros de presencia de *B. cockerelli* S., debido a que dentro de los registros también existían reportes de otras especies.

3.2.1.2 Monitoreo

El método utilizado dentro de la investigación realizada por Tocagón et al., (2020), se basó en un método descriptivo, el cual consiste en generar la información de forma detallada, referente al desarrollo de la especie, en los lotes de cultivo de papa de los diferentes cantones (Veiga et al., 2008).

3.2.1.3 Unidad de observación

La unidad de observación consistió en lotes establecidos por los productores con áreas de 500 a 2 500 m², en los cuales el uso de pesticidas sea mínimo, en estos lotes se seleccionaron 20 plantas al azar en forma de “X”, siguiendo un recorrido en “S” para las evaluaciones.



Figura 9. Forma de muestreo de oviposturas en el lote

Fuente: (Tocagón et al., 2020)

3.2.1.4 Número de oviposturas

Se calculó el desove en 20 plantas seleccionadas de diferentes parcelas en forma de X, cada 15 días, iniciando 30 días después de la siembra hasta el final de la etapa de floración. Cada planta fue evaluada durante 5 min, desde el ápice hasta la base. Las hojas fueron evaluadas por el haz y envés de las hojas, en periodos de tiempo de 9:00 am. - 3:00 pm (Tocagón et al., 2020).

3.2.1.5 Número de ninfas

El número de ninfas fue evaluado por el mismo método utilizado para el desove, es decir, cada 15 días de 9:00 am a 3:00 pm. El conteo fue realizado en tres hojas compuestas inferiores y tres hojas de la parte media de la planta (Tocagón et al., 2020).

3.2.1.6 Número de adultos

El conteo de adultos se realizó mediante trampas amarillas, a partir de los 30 días después de la siembra y evaluados cada 15 días, con trampas fueron colocadas en

el borde y centro de las parcelas. El número de trampas colocadas dependieron del tamaño de la parcela, con un total de 8 trampas por hectárea (Cuesta et al., 2018), por lo que el número de trampas depende del área de la parcela. Por al tamaño de los psílidos fue importante el uso de lupas para la identificación, tal como lo sugieren Cuesta et al. (2021).

3.2.1.7 Selección e identificación de lotes

La selección de parcelas se abordó con el personal del INIAP y se realizaron visitas al sitio. Los criterios de selección de los lotes son:

1. Parcelas debe pertenecer a un pequeño productor
2. Uso reducido de plaguicidas
3. Compromiso del agricultor de mantener el cultivo durante el período de estudio.

Los lotes fueron georreferenciados, registrando a su vez: parroquia, localidad, nombre del agricultor y la altitud. Para identificarlos, se colocaron rótulos al inicio de cada lote con las iniciales: L1, L2, L3, L4, L5.

3.2.1.9 Variables climáticas

Los datos de las diferentes variables fueron obtenidos del Anuario Meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 2019-2020, teniendo en cuenta las estaciones meteorológicas: Inguincho (M0001), Otavalo (M0105) e Ibarra – INAMHI (M1240) presentes en la provincia de Imbabura. Se obtuvieron valores máximos y valores mínimos de manera mensual para las variables temperatura, precipitación, vapor de agua y velocidad del viento. Estos datos fueron clasificados en un documento de Excel para posteriormente obtener los valores de la provincia.

3.2.2 Modelamiento espacio temporal de la distribución potencial de *Bactericera cockerelli*

3.2.2.1 Datos de presencias de la especie

Los datos fueron recopilados durante el ciclo fenológico de *Solanum tuberosum*, es decir, desde la siembra hasta la cosecha, a partir de julio 2019 - marzo 2020. Sin embargo, con base en el número de presencias registradas, se decidió trabajar únicamente con los datos del período septiembre 2019 - marzo 2020, debido a que el número de presencias registrados en los meses de julio y agosto fueron menores a 10, afectando así la efectividad del modelo.

Estos datos de presencia de la especie fueron exportados en un archivo de texto denominado valores separados por comas (CSV, por sus siglas en inglés), con relación a cada mes durante el muestreo de *B. cockerelli S.* en los diferentes lotes cultivados dentro de la provincia (Jácome et al., 2019a).

3.2.2.2. Variables climáticas y biofísicas

Para determinar la distribución de *B. cockerelli S.* se utilizaron variables climáticas y biofísicas. Las variables climáticas utilizadas fueron: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, precipitación, radiación solar, velocidad del viento y evapotranspiración, las cuales fueron descargadas del sitio web Worldclim (www.worldclim.org), estas variables contienen información global en formato ráster con una resolución espacial de 0.0083 la cual equivale a 1 km² (Fick y Hijmans, 2017). Adicionalmente, se empleó la variable “elevación” que fue obtenida del portal web (www.worldclim.org), “tipo de suelo” descargada del portal web Soil Grids (<https://soilgrids.org/>) y “uso de suelo” que se la obtuvo desde el portal web del Ministerio de Agricultura (www.sipa.agricultura.gob.ec) con información nacional en un formato shapefile (.shp), las categorías de la variable uso de suelo fueron codificadas como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Codificación de usos de suelo

Categoría de uso	Código
Conservación y protección	1
Conservación y producción	2
Antrópico	3
Agrícola	4
Agropecuario mixto	5
Agua	6
Pecuario	7
Protección y producción	8
Tierras improductivas	9
Nubosidad	10
Inf. No disponible	11
Avícola	12
Acuícola	13

Los datos fueron preparados utilizando ArcGIS 10.8, empleando el sistema de coordenadas GCS_WGS_1984. Los archivos en formato *shapefile* (.shp) fueron transformados a formato ráster con la herramienta *polygon to raster*, utilizando un tamaño de celda (X= 0.0001 y Y= 0.0001) el tamaño de celda fue reajustado con ayuda de la herramienta *resample*, para los archivos restantes con el fin de garantizar una misma resolución espacial (Jácome et al., 2018 y Jácome, 2018). Todos los archivos ráster fueron recortados al tamaño del área de estudio con ayuda de la herramienta *raster to polygon* ajustando los recortes dentro de *environments settings*, verificando la extensión del procesamiento *processing extent* con el fin de garantizar que todos los archivos puedan cubrir la misma área. Todos los archivos fueron transformadas a formato ASCII (.asc) mediante el uso de la herramienta *raster to ASCII* formato requerido para correr el modelo en MaxEnt (Jácome et al., 2019a; Moya et al., 2017).

Finalmente, los archivos de las variables ambientales fueron unificados con ayuda de la herramienta *raster calculator*, donde todos los archivos mensuales fueron sumados y divididos para 12. Generando un archivo anual o generalizado de cada una

de las variables, recortando y ajustando la extensión de cada uno de los archivos para su posterior transformación en archivos ASCII (.asc).

3.2.2.3 Modelo de máxima entropía (MaxEnt)

Elith y otros autores (2011) mencionan que el modelamiento de nichos ecológicos es una de las principales herramientas para la distribución de una especie. Para la generación de dichos modelos es importante contar con variables climáticas, puntos de ausencia y presencia de la especie. Existe una relación matemática y estadística que genera un valor para cada lugar, donde se generan similitudes ambientales con la distribución conocida de la especie, demostrando con valores los puntos con mayor y menor posibilidad para el desarrollo de una especie (Phillips et al., 2006; Mateo, 2011).

Es así como, este método es uno de los más utilizados para inferir distribuciones de especies y tolerancias ambientales (Warren y Seifert, 2011; Moreno et al., 2011). Este software generalmente implementa un algoritmo de máxima entropía (medida de incertidumbre existente), generando la distribución de probabilidad sobre los píxeles presentes en el área de estudio, el principio de máxima entropía considera que la estimación de una distribución de probabilidad desconocida es la solución menos sesgada maximizando su entropía y se encuentra sujeto a algunas limitantes (Torres y Jayat, 2010).

Por lo tanto, para el modelo de distribución del psílido de papa (*B. cockerelli* S.) se emplearon puntos de presencia en formato CSV, asimismo, siete variables climáticas y tres variables físicas como: uso de suelo, tipo de suelo y elevación en formato ASCII (.asc), además, de seleccionar las opciones de *create response curves*, *Do Jackknife to measure variable importance*, debido a que estas opciones sirven para realizar una clasificación relativa de las variables y ayuda a reconocer contribuyeron dentro del modelo (Norris, 2014). En formato de salida *logistic*, en tipo de archivo de salida se seleccionó “.asc”. Dentro de las configuraciones básicas se encendieron *random seeds* y el resto de las configuraciones por defecto, en porcentaje de prueba

aleatoria se decidió trabajar al 25%. En configuraciones avanzadas se seleccionó *add sample to background*, *Add al simples to backgorund*, *write plot data* y se omitió las opciones *extrapolate* y *do clamping*, en máximo de interacciones se eligieron 5 000. En configuraciones experimentales se escogió *write background prediction*, dejando de esta forma las opciones restantes por defecto.

Se realizaron siete modelos de distribución potencial para el período septiembre 2019-marzo 2020, además de un modelo general que resulto útil para la comparación de los resultados obtenidos en los diferentes modelos, enfoque propuesto por Jácome et al. (2019a).

3.2.2.3 Prueba Jackknife

La prueba Jackknife es un modelo propuesto por Quenouille en 1949, mediante este proceso se reducen las iteraciones innecesarias de datos, proporcionando información útil para construir un modelo de distribución de especies. De esta manera nos demuestra cuando una variable es utilizada de forma aislada y como la ausencia de esta genera una gran pérdida de información dentro del modelo, la información de dicha variable no puede ser compensada por otra variable (Valencia y Mesa, 2009; Borja, 2009). Se realizó la prueba Jackknife para obtener la contribución de las diferentes variables climáticas y biofísicas, de esta manera se identificó la variable con mayor eficacia para la distribución de la especie (Jácome et al., 2019b).

3.2.2.4 Curvas de respuesta

Las curvas de respuesta muestran el efecto marginal de una variable, es decir, la predicción logística y como esta puede cambiar el modelo, además de contar con una desviación estándar, éstas muestran la probabilidad predicha de las condiciones adecuadas para la presencia de la especie a evaluar con la variable de predicción particular utilizada para desarrollar el modelo MaxEnt (Phillips et al, 2006).

Para el análisis de las curvas se eligieron las variables con mayor aporte al modelo según la prueba Jackknife, debido a que en el eje “X” se puede encontrar la variación de la variable evaluada y en el eje “Y” la probabilidad de presencia de la especie en el área de estudio. De esta manera es posible conocer cómo se encuentran relacionadas las diferentes variables (Correia, 2019).

3.2.2.5 Validación del modelo

Se aplicaron dos pruebas para la validación del modelo de distribución:

- **Curva ROC**

Se validó el modelo mediante el cálculo de la Curva de Característica Operativa Relativa (curva ROC, por sus siglas en inglés). Esta es una curva creciente basada en diferentes puntos de corte, que indica la relación entre la sensibilidad (eje Y) y especificidad (eje X). Ambos ejes se encuentran en valores entre 0 y 1, generalmente existe una línea de referencia denominada línea de no-discriminación que nace desde el punto (0;0) al punto (1;1) (Del Valle, 2017; Cerda y Cifuentes, 2012).

El área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) representa la medida de separabilidad, equivalente a la prueba estadística de U de Mann Whittney. El AUC es una representación gráfica que sirve para la evaluación de los datos de presencia y ausencia, mediante el análisis de probabilidad que al tomar al azar un par de casos de presencia o ausencia, este modelo puede adjudicar un valor de presencia (Izquierdo y Crespo, 2011).

El valor de AUC se encuentra comprendido entre 0-1; donde 1 indica que los casos son clasificados correctamente, 0.5 indica los modelos no son diferentes a la clasificación al azar y los valores menores a 0.5 indican que este modelo es realmente malo debido a que clasifica erróneamente los casos al azar (Mateo et al., 2011). Araujo y Guisan (2006) mencionan que una guía general para la clasificación de la precisión

del modelo tomando en cuenta el AUC es: 0.50-0.60 = insuficiente; 0.60-0.70 = pobre; 0.70-0.80 = promedio; 0.80-0.90 = bueno y de 0.90-1 = es un modelo excelente.

- **True skill statistics**

La verdadera estadística de habilidad (TSS, por sus siglas en inglés) fue utilizada para la evaluación de la precisión en pronósticos, donde compara el número de pronósticos correctos y los menos atribuibles generando un hipotético pronóstico utilizando la siguiente fórmula (Allauche et al., 2006).

$$TSS = \frac{ad - bc}{(a + c)(b + d)}$$
$$= Sensitivity + Specificity - 1$$

Los valores comprendidos en la prueba TSS van desde -1 a +1, de esta manera los modelos con valores menores 0.4 se denominan como “modelos pobres”, los valores entre 0.4 a 0.8 “modelos buenos” y los valores mayores a 0.8 “modelos excelentes” (Gallien et al., 2012).

3.2.3. Planteamiento de alternativas de manejo de plagas

3.2.3.1. Matriz de Vester

Se aplicó la matriz de doble entrada, la cual permite identificar las causas-efectos, asignando un valor categórico al grado de causalidad que merece cada problema, seguido de una clasificación de los problemas de acuerdo con las características de causa-efecto de cada uno de ellos. De esta forma, se construye un eje de coordenadas donde en el eje X se sitúan los valores de los activos y en el eje Y, el de los pasivos, y se interpreta cada cuadrante, en términos de problemas críticos-indiferentes y activos-pasivos (Parra y Muñoz, 2014).

Esta matriz se utilizó para el reconocimiento de las afectaciones de la plaga al cultivo de papa contribuyendo a la identificación de los problemas más evidentes y de esta forma generar alternativas de manejo y control de la especie plaga. La calificación de los problemas dentro de la matriz dependerá única y exclusivamente del investigador (Parra y Muñoz, 2014). La Matriz de Vester es considerada como un proceso sistemático. Por lo cual, Corredor et al. (2019) aconsejan seguir rigurosamente los siguientes pasos:

Tabla 4. Pasos para la elaboración de la matriz de Vester

Pasos	Descripción
Paso 1	Listado de problemas
Paso 2	Análisis de relación causal
Paso 3	Suma de activos y pasivos
Paso 4	Construcción de plano cartesiano
Paso 5	Identificación de problemas central, causas y efectos

Fuente: (Corredor et al., 2019)

Para el análisis de la relación causal entre los problemas se deben tener en cuenta los diferentes criterios como son: No tiene una relación de causalidad (0), relación de causalidad baja (1), relación de causalidad media (2) y finalmente relación de causalidad alta (3) (Montalba, 2018). Los problemas serán categorizados según la siguiente clasificación:

- **Problemas activos o causas:** Se consideran problemas causas, debido a que este tipo de problemas influye sobre los demás, pero a su vez no son causados por otros problemas.
- **Problemas pasivos o consecuencia:** Son considerados problemas consecuencia, no tienen una influencia importante sobre otros, pero son causados por la mayoría de los problemas.

- **Problemas críticos:** Generalmente es una causa considerable de otros y es causado por los demás problemas.
- **Problemas indiferentes:** No tienen un efecto sobre otros problemas y tampoco es provocado por otro problema.

Pinzón (2012) recomienda que para una adecuada y correcta ubicación de la división de los cuadrantes se aplique la siguiente fórmula:

$$Eje (x; y) = \frac{(Valor\ máximo - Valor\ mínimo)}{2} + Valor\ mínimo$$

La grafica de los problemas categorizados se representa de la siguiente manera:

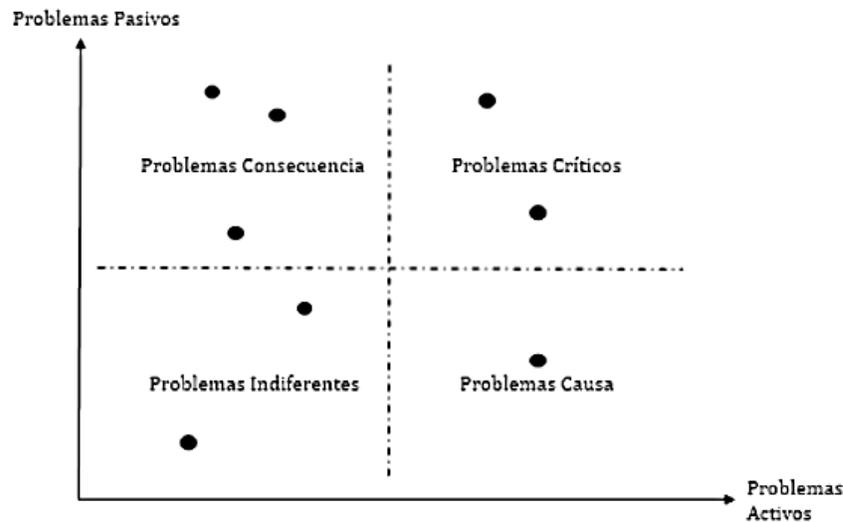


Figura 10. Gráfica de Matriz de Vester

Fuente: Montalba, 2018

3.3 Materiales y equipos

Para el presente trabajo de investigación se utilizó varios materiales y equipos; adicionalmente, se hizo uso de diferentes softwares para el proceso del modelamiento de la distribución potencial de la plaga en análisis (Tabla 5).

Tabla 5. Materiales y equipos por usar en la investigación

Materiales	Equipos	Software
Libreta de campo	Laptop	ArcGIS 10.8
Esferos	Transporte	MaxEnt 3.4.4
	Cámara fotográfica	SPSS
	GPS	XLSTAT

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Información secundaria relacionada con la presencia de *Bactericera cockerelli*

4.1.1. Datos de presencia

La información proporcionada por parte de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria juntamente con el INIAP y Centro Internacional de la papa (CIP), respecto al número de puntos de presencia de *B. cockerelli* S, fue analizada y depurada dando como resultado 26 puntos de presencia en el área de estudio durante el período establecido. Los datos recolectados durante el período septiembre 2019 - marzo 2020, se encuentran distribuidos como se indican en la tabla 6 respecto a la presencia de *B. cockerelli* S. Estos fueron georreferenciados en WGS-1984-17N y se pueden observar en la Figura 11.

Tabla 6. Número de registro de *Bactericera cockerelli*

Año	Mes	Puntos de presencia de <i>B. cockerelli</i>
2019	Septiembre	13
2019	Octubre	14
2019	Noviembre	15
2019	Diciembre	17
2020	Enero	14
2020	Febrero	10
2020	Marzo	8

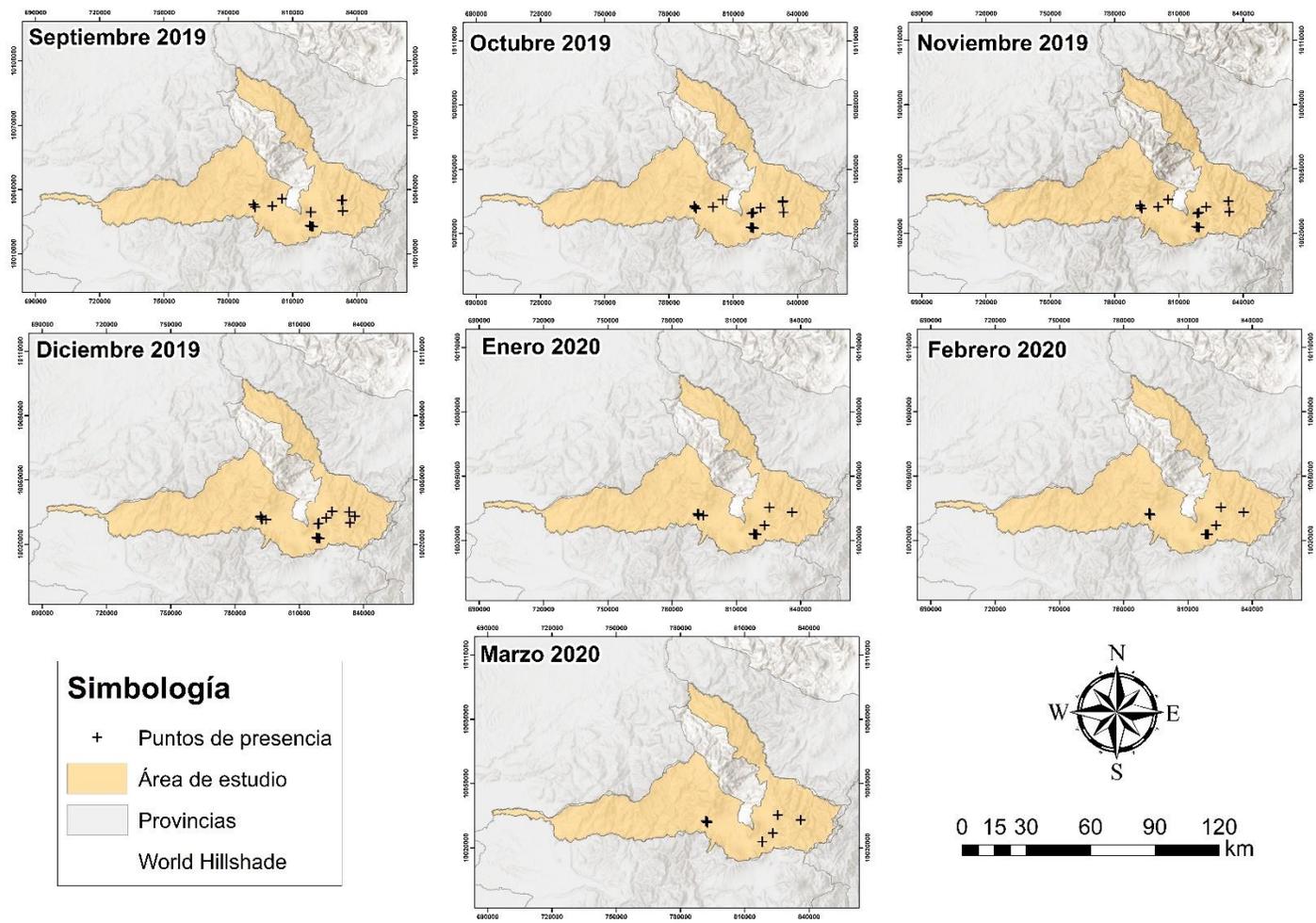


Figura 11. Puntos de presencia de *Bactericera cockerelli* en el área de estudio

4.1.2. Monitoreo mensual de *Bactericera cockerelli*

Los resultados obtenidos indican una mayor presencia en el mes de septiembre en el cantón Ibarra con un total de 161 individuos contabilizados. En el mes de octubre se evidenció una mayor presencia en el cantón Cotacachi con 220 individuos, seguido por el mes de noviembre con 164 individuos en el cantón Ibarra. En los meses de enero y febrero fueron contabilizados 161 y 141 individuos respectivamente (Tabla 7) lo cual indica que esta especie puede encontrarse en altitudes de 2 618 m s.n.m. - 3 103 m s.n.m. Estas altitudes se encuentran ubicadas en los pisos altitudinales montano bajo y montano donde su temperatura varía de los 6 °C - 18 °C según Holdridge (1982).

Tabla 7. Monitoreo de *B. cockerelli* mensual durante el período septiembre 2019 – marzo 2020

Meses/Cantones		Otavalo	Ibarra	Pimampiro	Cotacachi
Altitud (m s.n.m.)		3162 - 3318	2618-3103	2700- 3190	2700-3100
Septiembre	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	120.00	161.00	43.00	36.00
Octubre	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	93.00	16.00	78.00	220.00
Noviembre	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	66.00	24.00	4.00	164.00
Diciembre	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	73.00	39.00	0.00	46.00
Enero	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	70.00	161.00	11.00	41.00
Febrero	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	64.00	141.00	18.00	58.00
Marzo	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	120.00	32.00	0.00	36.00

Rubio et al. (2014) mencionan que la altitud óptima para el desarrollo de *B. cockerelli* S. se encuentra entre los 2 600 y 3 500 m s.n.m. donde la temperatura varía desde 7.78 °C - 13.03 °C. Teniendo en cuenta que las poblaciones disminuyen de una manera muy significativa a partir de los 3 200 m s.n.m., donde se presentan temperaturas de 9.14 °C. Por otra parte, la temperatura óptima para el desarrollo de *B. cockerelli* S. varía desde los 21-27°C, la temperatura mayor a 32 °C es perjudicial para la especie debido a que reduce el número de oviposturas y eclosión (Capinera, 2001 como citó Masapanta, 2020). En el estudio realizado por Butler et al. (2012), determinó que las temperaturas óptimas para el desarrollo de adultos son 26.7 °C – 29 °C, debido a que los individuos desarrollados a esta temperatura presentaron una mejor supervivencia. En la zona agrícola de Sayula ubicada a 1 800 m s.n.m. - 2 100 m s.n.m., llegaron a detectar poblaciones numerosas de *B. cockerelli* S. en esta zona se presentan menor precipitación y temperatura más altas (Rubio et al., 2006), datos que coinciden con los obtenidos en la presente investigación.

Es importante mencionar que la dinámica poblacional de *B. cockerelli* S. puede variar dependiendo de la variedad de la especie de *Solanum tuberosum*, como menciona Caipe (2021), quien encontró que los lotes cultivados con la variedad Superchola presentaron presencias de 4 a 10 individuos de *B. cockerelli* S. Resultados similares presentó Dalgo (2020), quien registro 0.30 huevos por planta dentro de las etapas iniciales del cultivo, demostrando la susceptibilidad que esta variedad posee.

4.1.3. Monitoreo en etapas fenológicas

La presencia de *B. cockerelli* S. varía dependiendo de la etapa fenológica del cultivo de *Solanum tuberosum*. La presencia es más evidente en las etapas de floración y tuberización (Tabla 8), se pueden encontrar huevos, ninfas y adultos del psílido de papa, generando pérdidas dentro del cultivo debido a que es el causante de la enfermedad conocida como “Zebra chips”, enfermedad que provoca un manchado en la parte interna de los tubérculos (Rubio, 2011).

Tabla 8. Presencia de *Bactericera cockerelli* en diferentes etapas fenológicas de *Solanum tuberosum*

Etapa fenológica	Emergencia	Desarrollo Vegetativo 1	Desarrollo vegetativo 2	Prefloración	Floración e inicio de tuberización	Tuberización
	(35-45)	(45-60)	(60-75)	(75-90)	(90-120)	>120
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max	177.0	424.0	454.0	336.0	582.0	493.0

Resultados similares a los encontrados en esta investigación obtuvo Moreta (2021) quien menciona que las etapas fenológicas mayormente vulnerables es la floración o a partir de los 55 días después de la siembra. Debido a la aparición de los adultos e individuos en sus diferentes instares biológicos de *B. cockerelli* S., mostrando varias anomalías en el desarrollo fenológico del cultivo. Caranqui (2019) muestra resultados similares en los cultivos de pimiento, donde el cultivo presenta una mayor incidencia de la plaga a partir de la etapa de floración.

Es así como, los individuos contaminados desde las primeras etapas de crecimiento pueden perderse, al contrario de aquellos que se han visto afectados en etapas más adultas donde se produce un pardeamiento en los tubérculos generando pérdida de la calidad del producto. El rendimiento del cultivo puede disminuir desde 10% hasta 100% generando grandes pérdidas económicas (Galindo, 2018).

Así mismo, Walker et al. (2011) en su estudio determinaron que, durante la etapa de prefloración se registraron entre 1 y 4 adultos por trampa en los monitoreos realizados durante tres días seguidos; mientras que, en la etapa de maduración se registraron un total de 34 adultos por trampa. Esto difiere del estudio realizado por Caipe (2021) quien registró un total de 14 individuos por planta durante la etapa fenológica de maduración.

Además, la población de adultos de *B. cockerelli* S., se ve altamente atraída por los cultivos de *Solanum tuberosum* en etapa de madurez, debido a la coloración

amarillenta que la planta empieza a tomar, lo cual ha sido demostrado con el uso de trampas amarillas y naranjas (Puma, 2021). El mayor daño en el cultivo es producido por la plaga en su etapa de ninfa, sin embargo, los adultos también pueden ocasionar daño, pero este debe estar presente en grandes cantidades (Serrano y Pérez, 2006).

De igual importancia, la presencia de huevos y adultos incrementa de forma drástica en la etapa final de desarrollo del cultivo de *Capsicum annuum L* como menciona Vinueza (2021) quien al estudiar tres localidades registro una mayor presencia de ovipositoras, debido a que las hojas poseen componentes y nutrientes que pueden ser muy apetecibles para la plaga (Prager y Trumble, 2018b)

4.1.4. Variables climáticas

4.1.4.1 Temperatura

Según el anuario del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2017), se puede evidenciar que la temperatura mensual mínima (tmin) en los meses de diciembre, noviembre, octubre y enero presentaron un mayor número de presencia que oscilaron entre 4.8 - 5.7 °C. Las temperaturas máximas (tmax) de los meses antes mencionados estuvieron entre 22.2 - 23.8 °C. De esta manera, fueron las temperaturas más altas registradas durante el periodo de estudio (Figura 12).

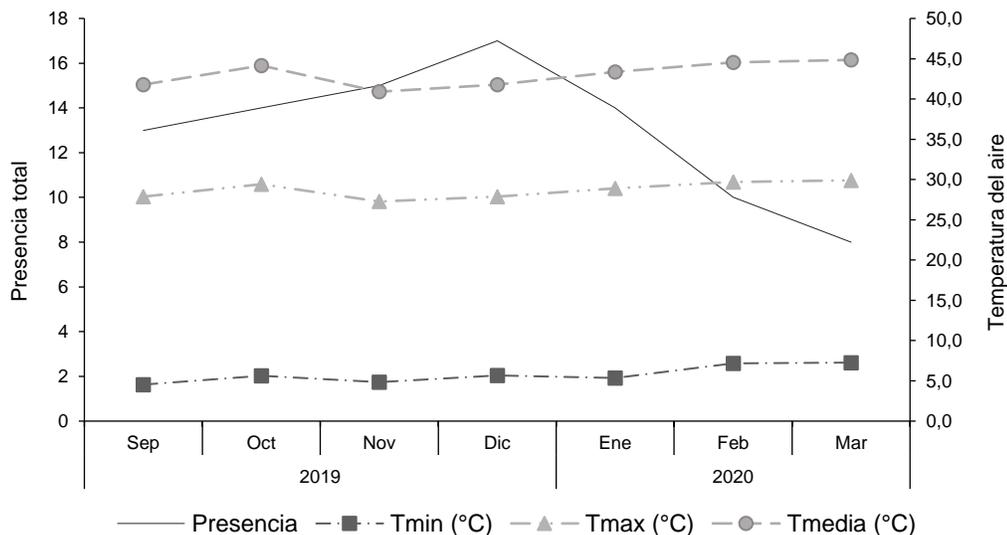


Figura 12. Presencia total de *Bactericera cockerelli* en el período septiembre 2019-marzo 2020 y temperatura mensual en el área de estudio.

En el estudio realizado por Tran et al. (2012) enfatizan que el rango de temperaturas para el desarrollo óptimo del psílido de papa se encuentra a partir de los 9°C - 27°C donde el desarrollo aumenta a medida que la temperatura incrementa. Además, Summer et al. (2020) observaron que los tiempos de desarrollo de los diferentes estadios aumentaron notablemente cuando se encontraban expuestos a temperaturas desde 15°C - 27 °C.

De manera similar, Abdullad (2018) argumenta, que el psílido de papa no puede llegar a sobrevivir a bajas temperaturas y tampoco sobreviven en temperaturas demasiado altas, debido a que es un componente crítico para el crecimiento de la plaga que no tolera temperaturas mayores a 30 °C. En altas temperaturas se reduce o interrumpe la ovoposición por lo que tienden a migrar en épocas muy cálidas o épocas frías. El desarrollo de las ninfas depende altamente de la temperatura y de la planta hospedadora. A diferencia de los adultos las ninfas son sedentarias, el ciclo de vida es muy dependiente de la temperatura, y pueden desarrollarse a los 21 o 35 días en

temperaturas de 21 - 35 °C. La ovoposición, eclosión y supervivencia es baja a temperaturas de 35°C (Moreno et al., 2021).

Además, existe una fuerte relación entre el desarrollo de *B. cockerelli* S. con la temperatura ambiental, como lo menciona Antolínez et al., (2019), durante su investigación en campo, los primeros registros de adultos fueron realizados cuando la temperatura ambiental se encontraba sobre los 15°C, incrementando su densidad poblacional y el mayor número de presencia del psílido se realizó cuando las temperaturas oscilaban los 25 °C.

De igual forma, Manobanda (2020) mencionó que dentro de las características climáticas para la distribución de la especie se encuentra en lugares con temperaturas de entre 15 a 20°C. Sin embargo, Djaman (2019), hace referencia que la presencia de los psídeos de *B. cockerelli* S. en los cultivos de papa incrementa cuando la temperatura promedio del aire es de 19°C.

4.1.3.2 Precipitación y evapotranspiración

La precipitación medida en milímetros equivale a la altura del agua por metro cuadrado. En el mes de octubre se presentó una precipitación de 148.03 mm y en febrero con 170.50 mm, donde los valores más altos de precipitación mensual registrados durante el período de estudio. La evaporación es la cantidad de vapor de agua emitido por un cuerpo de agua, con base en la unidad de superficie y tiempo (INAMHI, 2013). El mes de enero presentó un valor de 124.5 ETc que fue el mes con una mayor evaporación, seguido por el mes de agosto, septiembre y octubre con valores de 108.73 - 114.97 ETc de evapotranspiración (Figura 13).

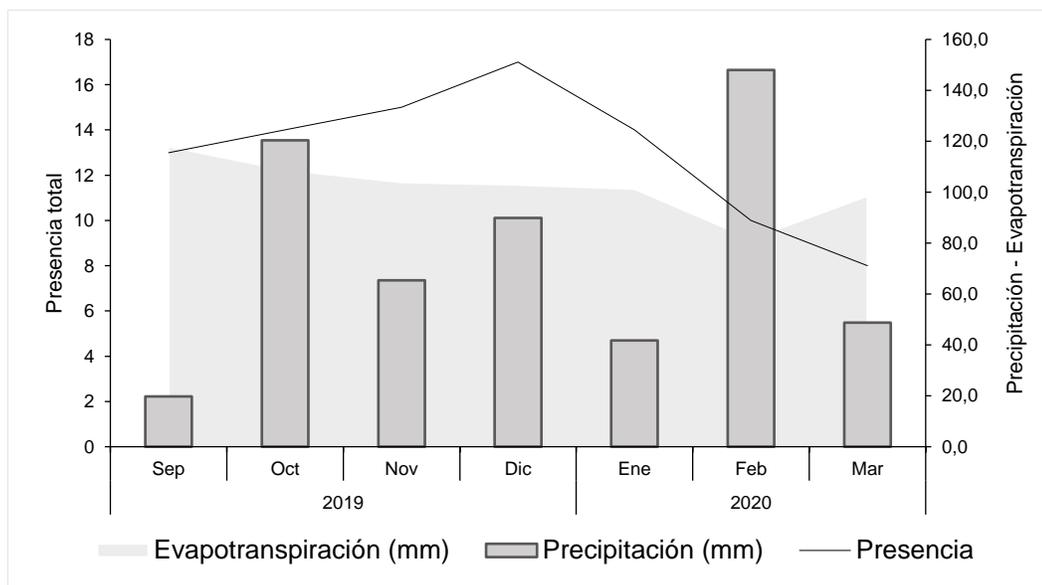


Figura 13. Presencia total de *Bactericera cockerelli* en el período septiembre 2019-marzo 2020, precipitación y evapotranspiración mensual en el área de estudio.

La presencia de *B. cockerelli* S. puede incrementar a partir de 250 mm de precipitación debido a que los insecticidas son lavados en cultivos de *Solanum tuberosum*, por tanto, a mayor precipitación menor la eficacia de éstos (Prager, 2013). Además, el psílido de papa puede incrementar su presencia a medida que la precipitación y humedad relativa aumentan, sin embargo, a medida que la temperatura aumenta y la humedad disminuye, el ciclo biológico de la plaga también se ve afectado generando un retraso y disminuyendo su tiempo de vida (Yanchatipan, 2020).

Así mismo, Vinuesa (2021) presentó resultados similares donde en su estudio en el mes de noviembre presentó una precipitación más elevada con valores de 238.27 mm, además de coincidir con la época de fructificación presentando 91 individuos en una planta, de esta manera, es uno de los valores más altos registrados para la presencia de la plaga. No obstante, Tamborindeguy et al. (2017) menciona que las poblaciones de *B. cockerelli* S. disminuyen de forma considerable en época seca; además el estrés

hídrico y la humedad relativa pueden ayudar a que el número de ninfas aumente considerablemente.

Al contrario, de lo explicado en el párrafo anterior, Baltazar (2016) menciona que la precipitación influye de forma significativa en la disminución de la plaga, debido a que se genera un lavado y ahogamiento de los individuos lo que reduce la presencia de la especie. Así mismo, Gutiérrez et al. (2020) señalan que el movimiento o dispersión de la plaga en los diferentes cultivos tienden aumentar notoriamente en los días con menor precipitación. Sin embargo, Lewis (2014) menciona que los factores ambientales que afectan a cualquier población de insectos son mucho más difíciles de determinar durante el trabajo en campo.

4.1.3.3 Velocidad del viento

Se considera viento al movimiento del aire en la superficie de la tierra, tomando en cuenta la dirección y velocidad en metros por segundo. Los meses octubre, noviembre y diciembre presentaron un mayor número de presencias y velocidades de 2.22 – 2.69 m/s conocidos como ráfagas de vientos (Figura 14).

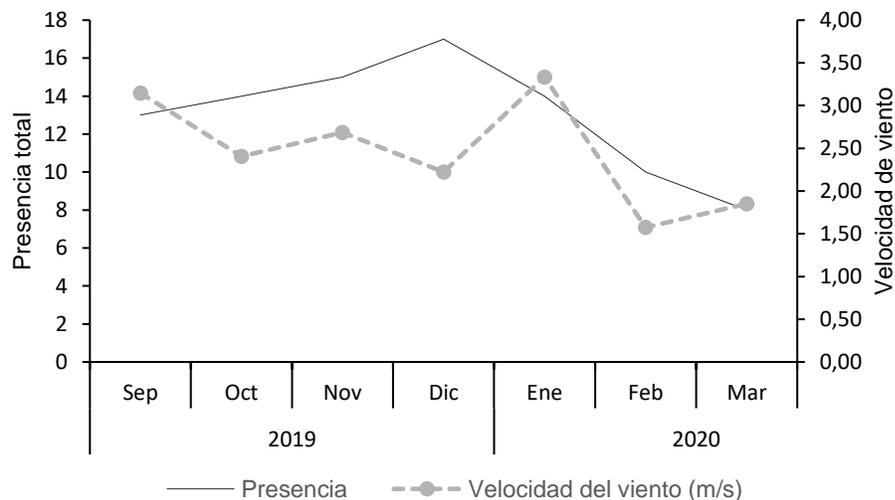


Figura 14. Presencia total de *Bactericera cockerelli* en el período septiembre 2019-marzo 2020, velocidad de viento mensual en el área de estudio.

La dispersión de los psílido de papa se encuentra relacionado con la velocidad del viento, según lo menciona Moreno y otros autores (2021). Para estos autores, las poblaciones se ven influenciadas por las altas temperaturas, bajas precipitaciones y la dispersión de la especie se encuentra influenciada por la dirección y velocidad del viento. Según EMPPO (2020) *B. cockerelli* S. es considerado un fuerte volador, generalmente estos psílicos migran con el viento y temperaturas cálidas, y además si estos cuentan con condiciones favorables, pueden reproducirse y desarrollarse durante todo el año. Cameron et al. (2013) en su estudio realizado con 1 808 psílicos en 68 trampas, presentaron una alta tasa de dispersión. De esta manera, registraron un alto número de vuelos diurnos además de velocidades del viento de 1.8 - 3.8 m/s.

De igual importancia, la población de *B. cockerelli* S. incrementó de forma muy notoria en los meses de mayo, junio, julio y agosto esto debido a la temperatura media del aire registrada, durante estos meses. La infección generada por el psílido de papa incrementó, revelando una baja incidencia entre el 0.22 y el 6.25%, con registros de vientos desde 1.9 - 2.6 m/s; los adultos fueron recogidos en los períodos de picos de presencia (Djaman et al., 2019).

4.2. Modelo espacio temporal de *Bactericera cockerelli* (Sulc.)

4.2.1 Distribución potencial en la provincia de Imbabura según los resultados de los modelos mensuales

A juzgar por las variables climáticas, biofísicas y los puntos georreferenciados del psílido de papa (*B. cockerelli* S.), se obtuvo un modelo de distribución con lugares idóneos para la presencia de la especie, con base en las características climáticas, se clasificaron en cuatro rangos de probabilidad de presencia correspondiente a nula (0.0 – 0.25), baja (0.25-0.50), media (0.50 – 0.75) y alta (0.75 – 1.0).

Los meses con una probabilidad alta de presencia de *B. cockerelli* S. (0.75-1.00) fueron: marzo, noviembre y febrero, cubriendo áreas de 6 283 ha, 5 088 ha y 4 700 ha respectivamente, dentro de los cantones Ibarra, Otavalo, Cotacachi, Pimampiro y San Miguel de Urcuquí. La probabilidad media (0.50-0.75) fue evidente en el mes de marzo con un área de 35 059 ha, febrero con un área de 19 565 ha y noviembre con un área 18 324 ha, cubriendo los seis cantones pertenecientes a la provincia de Imbabura, especialmente las parroquias: Angochagua, La Esperanza, Imantag, Quiroga, Mariano Acosta, González Suárez, San Rafael, Eugenio Espejo, Andrade Marín, Cahuasqui, Otavalo y San Pablo (Tabla 9 y Anexo 4)

Tabla 9. Áreas de probabilidad de presencia según los modelos mensuales.

Año	Mes		Probabilidad			
			Nula	Baja	Media	Alta
			0.00 – 0.25	0.25 – 0.50	0.50 – 0.75	0.75 – 1.00
2019	Septiembre	Área (ha)	444 264	25 240	8 182	2 361
	Octubre	Área (ha)	457 403	13 915	6 417	2 312
	Noviembre	Área (ha)	424 905	31 730	18 324	5 088
	Diciembre	Área (ha)	456 858	16 222	4 616	2 352
2020	Enero	Área (ha)	468 269	6 761	2 652	2 365
	Febrero	Área (ha)	388 379	67 403	19 565	4 700
	Marzo	Área (ha)	352 525	86 179	35 059	6 283

4.2.2 Contribución relativa de las variables en los modelos mensuales

Luego de evaluar todas las variables se determinó que las más relevantes en cada modelo mensual fueron: temperatura mínima (tmin), vapor de agua (vapr), elevación (elev), uso de suelo (cob) y velocidad del viento (wind). Estas variables aportaron de una manera constante en los modelos mensuales elaborados, ya que brindan información de una manera independiente (Tabla 10 y Anexo 3).

Tabla 10. Variables con mayor contribución en los modelos mensuales.

Variables	2019				2020		
	Sep.	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1 Uso de suelo	x	x		x	x	x	x
2 Velocidad de viento (m/s)	x	x	x		x	x	
3 Temperatura media (°C)			x	x			x
4 Temperatura máxima (°C)							
5 Temperatura mínima (°C)	x	x	x	x	x	x	x
6 Precipitación (mm)							
7 Vapor de agua (ETc)	x	x	x	x	x	x	x
8 Radiación solar (W/m ²)							
9 Elevación (m s.n.m.)	x	x	x	x	x	x	x
10 Tipo de suelo							

Esto se explica debido a que *B. cockerelli* S. no es capaz de sobrevivir en temperaturas muy bajas, debido a que la principal forma de dispersión es a través del viento y se encuentra principalmente en zonas agropecuarias (Tabla 11).

Tabla 11. Contribución de variables a la creación de modelos mensuales.

Variable	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Uso_suelo	45.90	59.90	43.30	50.80	47.20	54.20	47.20
Tmin	43.70	35.90	0.80	0.40	0.00	4.70	44.50
Prec	7.70	4.10	5.00	0.00	0.00	1.40	7.00
Wind	0.00	0.10	49.90	44.10	52.80	38.00	0.00
Vapr	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	1.70	0.00
Tipo_suelo	2.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Tmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
Tavg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Srad	0.00	0.00	1.00	4.00	0.00	0.00	0.10
Elev	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40

4.2.3. Validación de los modelos mensuales

Para validar los modelos se obtuvieron valores relacionados con alta, media, baja y nula incidencia de *B. cockerelli S.*, considerando las variables climáticas y biofísicas evaluadas. El valor del AUC obtenido al ejecutar los siete modelos para la distribución de la especie *B. cockerelli S.*, determinó valores de entrenamiento de 0.71 en el mes de octubre 2019 siendo considerado como modelo “promedio”, el mes de enero 2020 posee un valor de entrenamiento de 0.86 de esta manera se considera un modelo “bueno”, basado en la clasificación mencionada por Araujo y Guisan (2006). Los meses restantes poseen valores mayores a 0.90, representativos de un modelo “muy bueno” o “excelente” por las consideraciones antes expuestas. En cuanto a la estadística de habilidades reales o TSS ejecutado a los modelos mensuales se obtuvieron valores desde 0.54 para el mes de octubre 2019, siendo el valor más bajo; mientras el valor más alto fue 0.92, para el mes de marzo 2020; estos valores representan “buenos modelos” y “modelos excelentes” (Tabla 12).

Tabla 12. Valores AUC y TSS

Año	Mes	Número de registros	AUC	TSS
2019	Septiembre	13	0.98	0.58
2019	Octubre	14	0.71	0.54
2019	Noviembre	15	0.97	0.69
2019	Diciembre	17	0.94	0.76
2020	Enero	14	0.86	0.80
2020	Febrero	10	0.99	0.67
2020	Marzo	8	0.97	0.92

En relación con los valores obtenidos por Lobo y Jiménez (2008) consideran que el valor del AUC depende exclusivamente del área de estudio y el número de presencia registradas. Teniendo en cuenta el estudio realizado por Wan et al. (2020) en el cual obtuvo 86 modelos, donde el valor más bajo fue 0.26, además, valores de 0.74 y 0.82 definiendo sus modelos como bueno y aceptables respectivamente. También

Quin (2017) presentó resultados de AUC de 0.79 estableciendo su modelo como “bueno” al tener una capacidad de predicción correcta mejor que la predicción aleatoria.

De la misma forma, en otro estudio elaborado por Plasencia et al. (2020) realizaron un modelo deductivo con base en las observaciones en campo registradas, para un área donde se encontraban 274 parches de hábitat idóneo. Para la validación del modelo se utilizó el índice Kappa y TSS, donde obtuvieron valores de 0.84 y 0.85 respectivamente, de esta manera consideraron la capacidad predictiva de los modelos fue “Muy Buena”. Del mismo modo, Allouche et al. (2006) mediante un análisis de comparación entre AUC, TSS y Kappa, evidenció que el análisis de correlación entre AUC y TSS obtuvieron un valor de 0.85, denominando a sus modelos como confiables o muy buenos.

4.2.4. Distribución potencial en la provincia de Imbabura según el resultado del modelo generalizado del período en estudio

Con base en las variables climáticas, biofísicas y los puntos georreferenciados de psílido de papa (*B. cockerelli* S.), se obtuvo un modelo de distribución con lugares idóneos para la presencia de la especie, basado en las características climáticas fueron clasificados en cuatro rangos de probabilidad de presencia correspondiente a nula (0.0 – 0.25), baja (0.25-0.50), media (0.50 – 0.75) y alta (0.75 – 1.0).

Las zonas con un hábitat natural idóneo para la presencia del psílido, con una alta probabilidad de presencia (0.75 – 1.0), correspondieron a un área total de 3 436 ha es decir 0.72% de la superficie de la provincia, cubriendo parroquias como Ambuquí, San Miguel de Ibarra, La Esperanza, Angochagua, San Pablo, González Suárez, Otavalo, Doctor Miguel Egas Cabezas, Eugenio Espejo, Pataquí, San José de Quichinche, San Rafael, Selva Alegre, Cotacachi, Quiroga, Imantag, Plaza Gutiérrez,

Tumbabiro y Urcuquí pertenecientes a los cantones de Ibarra, Otavalo, Cotacachi y San Miguel de Urcuquí, cubriendo altitudes desde los 2 600 - 3 500 m s.n.m. Mientras, la probabilidad media y baja cubrieron un área total de 6 665 ha (1.39 %) y 28 048 ha (5.84 %) respectivamente, para altitudes mayores 2 000 m s.n.m. Finalmente, 92.05% (441 900 ha) de la superficie de la provincia tiene una probabilidad nula de presencia de *B. cockerelli* S. (Figura 17).

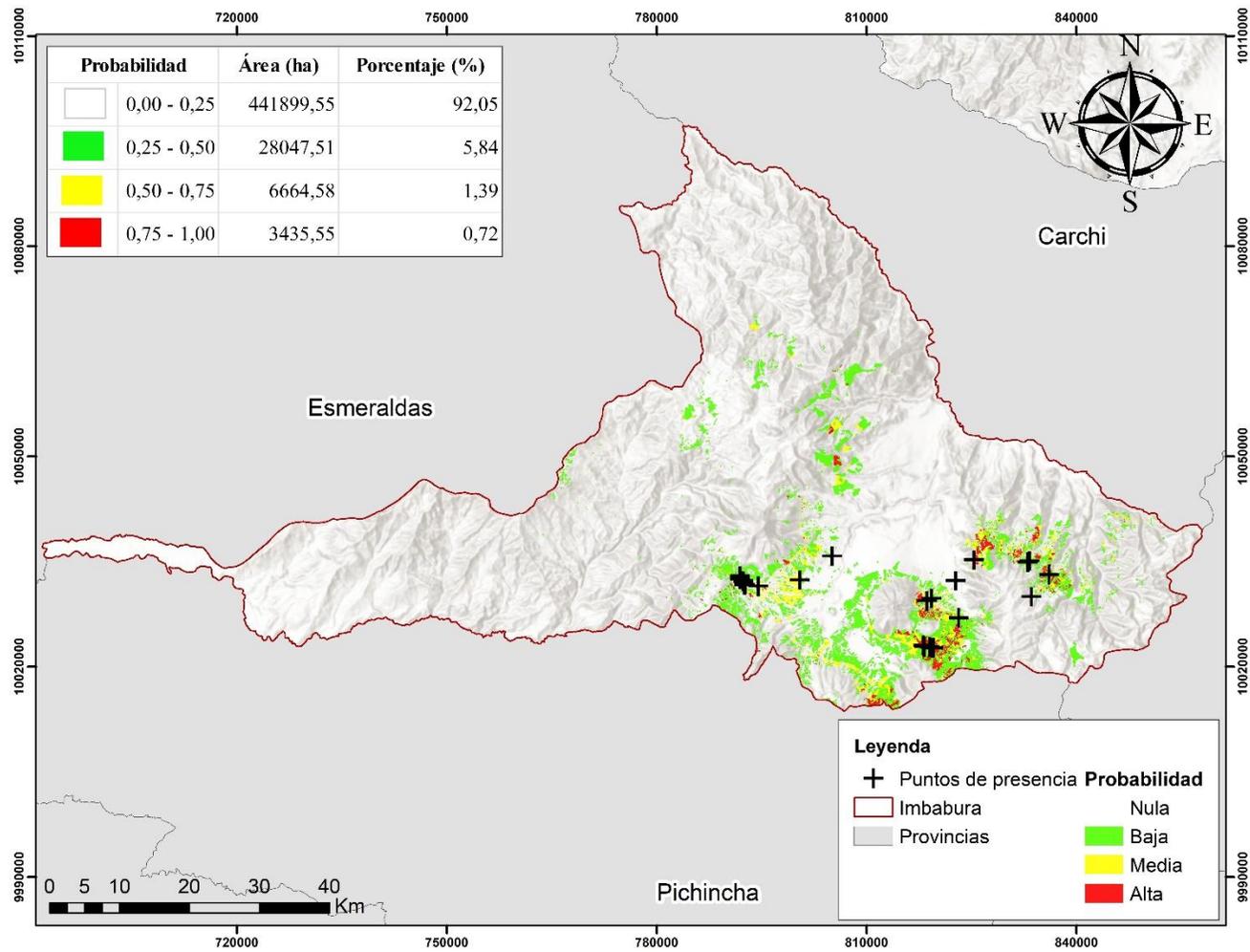


Figura 15. Probabilidad de presencia de *Bactericera cockerelli*

Arbeláez et al. (2020) sugieren que “el modelo refleja la información entre la atmósfera y el océano que se intercambian una vez al día”, además, mencionan que los mapeos predictivos de vegetación y la dinámica de una determinada especie puede verse afectada por el incremento de la temperatura diurna y la precipitación dentro de las zonas andinas, además añaden que la humedad relativa es una importante variable para determinar la presencia de una o varias especies de plagas. De igual importancia, Valenzuela et al. (2020) mencionan que la construcción de modelos en MaxEnt para especies específicas es muy importante, principalmente con diferentes combinaciones de parámetros en lugar de la utilización de las opciones por defecto y para la optimización del modelo debe existir un cierto grado de complejidad.

Por otra parte, el modelo de distribución potencial realizado por Toapanta (2020) encontró que la probabilidad muy alta es de 0.98% con un área total de 596 536 ha y una probabilidad alta de 8.92% de presencia de *B. cockerelli* S. en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Azuay. En la Zona centro del país presentan climas fríos y semihúmedos con elevaciones de entre 3 000 – 4 000 m s.n.m. Esta especie cuenta con una fácil adaptación a las diferentes altitudes. Sin embargo, no posee la capacidad de adaptarse fácilmente a las variaciones climáticas, demostrando que la provincia de Imbabura es muy propensa a la presencia de *B. cockerelli* S.

En cambio, mediante el uso del modelo MOHC-HADGEM2-ES, Toapanta (2020) proyectó una mayor presencia de *B. cockerelli* S. para el año 2050 por efecto del cambio climático. Este modelo presentó un mejor desempeño dentro de MaxEnt con valores de AUC de 0.95, es decir, es un modelo muy confiable para la predicción de especies invasoras.

4.2.5 Prueba Jackknife del modelo generalizado

La prueba Jackknife determinó que la temperatura mínima (tmin), temperatura media (tavg), vapor de agua (vapr), elevación (elev), velocidad del aire (wind) y uso de suelo (cobertura), son variables que aportan de manera significativa a la construcción del modelo (Figura 15).

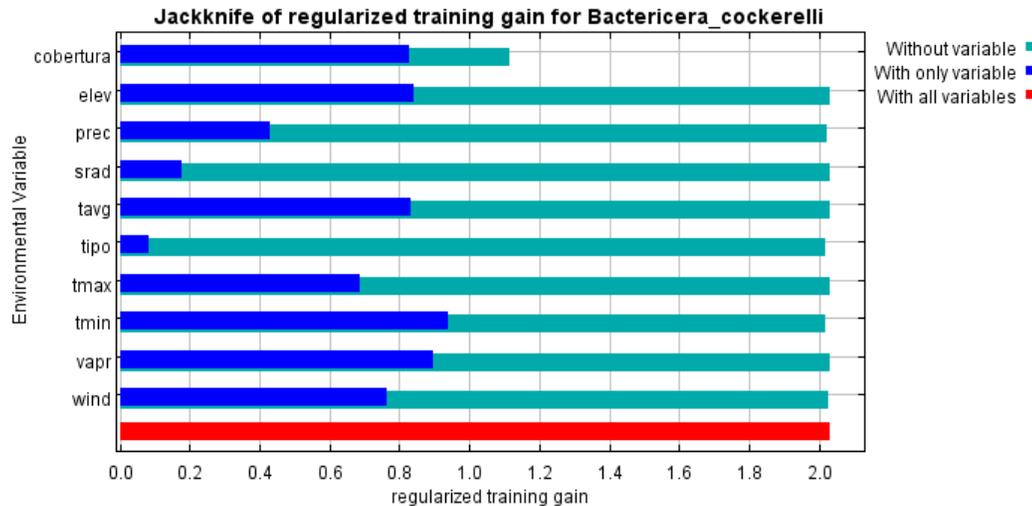


Figura 16. Prueba Jackknife del modelo de distribución general de *B. cockerelli*

Una de las principales variables que aporta al modelo es la velocidad del viento, Garzón et al. (2009) señalan que la especie posee un hábito migratorio muy alto especialmente con las pequeñas corrientes de viento, y de esta manera pueden llegar a infestar cultivos aledaños. *B. cockerelli* S. posee una alta preferencia por cultivos de la familia *Solanaceae*, contando con un amplio rango de hospederos de esta familia (Liu y Trumble, 2009). Es así como su presencia es evidente en algunas zonas agrícolas donde predominan los monocultivos de Solanáceas, con temperaturas de 7°C - 32°C. También Falconez en su estudio realizado en el 2020 menciona que los adultos de *B. cockerelli* S. son dispersados por el viento y al volar pueden alcanzar altitudes de 1.5 km.

De la misma forma, las ráfagas de viento contribuyen al crecimiento de la población de la especie como lo menciona Crespo (2012) quien, además, durante el período de su estudio en el cual tuvo temperaturas de alrededor de 20.1 °C. Determinó que estas variables influyeron en el desarrollo de huevos, ninfas y adultos. Así mismo registraron que las precipitaciones muy intensas, favorecen la mayor dispersión de huevos y ninfas, haciendo que el contagio se mayor entre individuos de *Solanum tuberosum*.

De igual importancia, para López (2012), los adultos pueden volar grandes distancias y las ninfas también pueden ser dispersadas con ayuda del viento, debido a que esta especie no tolera altas temperatura y tiende a moverse a lugares más frescos. De forma similar, ocurre cuando la presencia de solanáceas ha disminuido por diversos factores, esta puede migrar dentro de la misma parcela o a otras cercanas afectando a cultivos aledaños (Schaper, 2012).

4.2.6 Análisis de curvas de respuesta del modelo generalizado

Al analizar las curvas de respuesta de algunas de las variables utilizadas en el modelo se pudo evidenciar que existe una alta probabilidad de presencia del psídilo de *B. cockerelli* S. en áreas con temperaturas desde los 7 - 29 °C, con velocidades de viento a partir de 1.3 m/s y tiende a disminuir cuando las ráfagas de viento alcanzan a los 4.0 m/s. En relación con la precipitación la presencia de *B. cockerelli* S. es evidente desde los 45 mm e incrementa a partir de los 80 mm. Respecto de la variable de uso de suelo se pudo evidenciar una alta probabilidad de presencia de la plaga en los suelos agrícolas, agrícolas mixtos, tierras pecuarias, protección y producción. Finalmente, la presencia de *B. cockerelli* S. es evidente en altitudes desde los 150 m s.n.m. - 4500 m s.n.m.

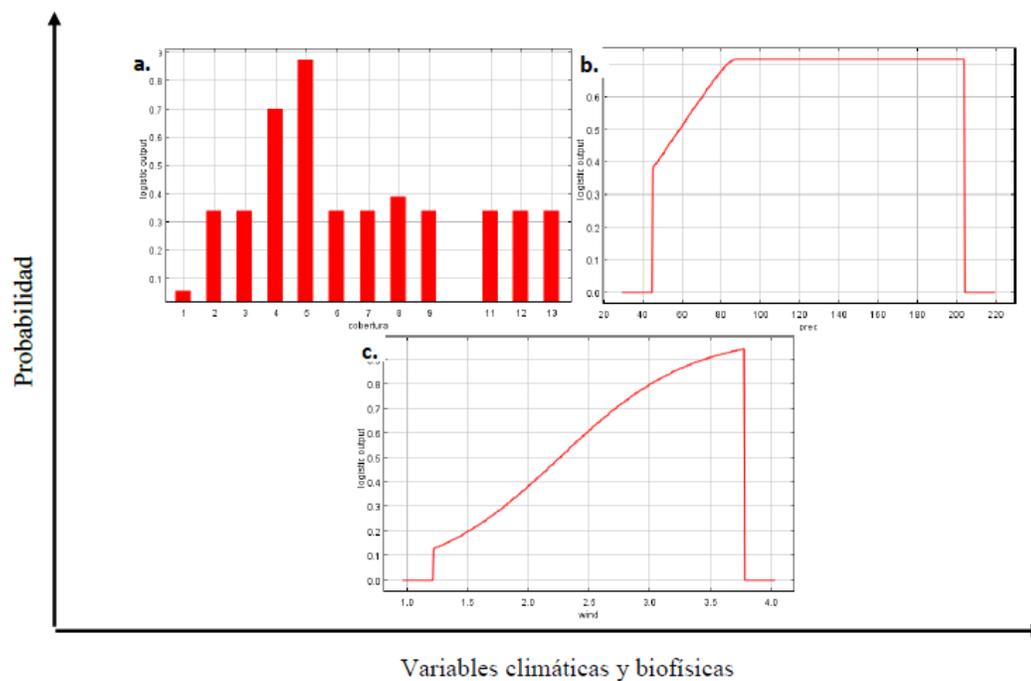


Figura 17. Curvas de respuesta para variables climáticas y biofísicas. **a)** Curva de respuesta de uso de suelo (cobertura), **b)** Curva de respuesta de precipitación, **c)** Curva de respuesta de velocidad de viento

El psílido de papa (*B. cockerelli* S. y *Bactericera nigricornis*) posee un alto grado de transmisión en cultivos de papa y zanahoria, ya que son plagas consideradas polífagas que se alimentan principalmente de cultivos de Solanáceas y otras familias. La frecuencia e importancia de la transmisión de estas plagas son determinaciones inciertas en campo (Teresani et al., 2015). Antolnez et al., (2019) sugieren el incremento de estudios a nivel de transmisión de dichas plagas.

En este sentido, *B. cockerelli* S. es una de las plagas que afecta mayormente a los cultivos de solanáceas durante los últimos años. Esta plaga puede llegar afectar y generar daños a los cultivos debido por alimentación directa, induciendo el amarillamiento de las hojas, retrasando el crecimiento de las plantas y reduciendo el tamaño del fruto ya que es el principal transmisor de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Castillo et al., 2018; Delgado et al., 2019).

De forma similar, Ramos (2018) en su estudio de fluctuación poblacional de *B. cockerelli* S. en cultivos de papa mencionó que la especie se puede encontrar en lugares con temperaturas medias de 17.5°C - 20.5 °C y precipitaciones que fluctúan desde los 300 mm - 1800 mm. En el presente estudio se obtuvo resultados similares según el modelo elaborado, debido a que los valores obtenidos indican que la especie se puede encontrar desde los 7°C y su presencia disminuye considerablemente a partir de los 29°C, a diferencia de la precipitación puesto que, los resultados obtenidos nos indica que a mayor precipitación menor será la presencia de *B. cockerelli* S.

Por otra parte, Gutiérrez et al. (2020) observaron que la presencia del psílido de papa en los cultivos reduce en verano, debido a las bajas precipitaciones. Esto por cuanto presentan una mayor dificultad para movilizarse por la maleza a causa del escasas hídrica, lo cual promueve al riego artificial de cultivos para tener menor impacto negativo respecto al rendimiento de los cultivos de papa.

Es así como, los datos obtenidos en la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos por Rubio y otros autores (2011) quienes en su investigación mencionan que las altitudes estimadas para la presencia del psílido de papa es a partir de los 2 600 m s.n.m. debido a que se puede encontrar las mejores condiciones para el desarrollo de la especie. A partir de los 3 500 m s.n.m. la presencia disminuye notablemente, mientras, Falconez (2020) menciona que la presencia de los psíldos de papa *B. cockerelli* S. es evidente en altitudes > 1 000, principalmente en cultivos de solanáceas quienes son los sus principales hospederos.

De igual importancia, Cameron y otros autores (2013) mencionaron que se registró una mayor dispersión de adultos de *B. cockerelli* S. en períodos de 10:00 am - 6:00 pm, horario en que el viento alcanzó velocidades de 1.9 m/s - 2.6 m/s. También Djaman (2019) en su estudio menciona que el psílido de papa puede dispersarse en

ráfagas de viento de 1.8 m/s - 3.8 m/s, datos que coinciden con los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.3. Estrategias de protección y prevención de cultivos de *Solanum tuberosum*

4.3.1 Matriz de Vester

Con base en la literatura investigada se identificaron diversos problemas relacionados con la presencia del psílido de papa en cultivos de *Solanum tuberosum*. Los cuales fueron codificados como P1; P2; P3; ...; P11. (Tabla 13)

Tabla 13. Problemas identificados por presencia de *Bactericera cockerelli*

PROBLEMAS	
P1	Amarillamiento de hojas
P2	Coloración purpura en las hojas
P3	Achaparramiento de hojas
P4	Crecimiento de tubérculos aéreos
P5	Crecimiento retardado
P6	Pardeamiento del sistema vascular
P7	Ensanchamiento de tallos
P8	Tubérculos con betas oscuras
P9	Tubérculos delgados, pequeños y blandos
P10	Quemadura en follaje
P11	Muerte prematura de la planta

De los 11 problemas identificados, dos se consideran críticos, cuatro problemas consecuencias, cuatro problemas indiferentes y un problema causa.

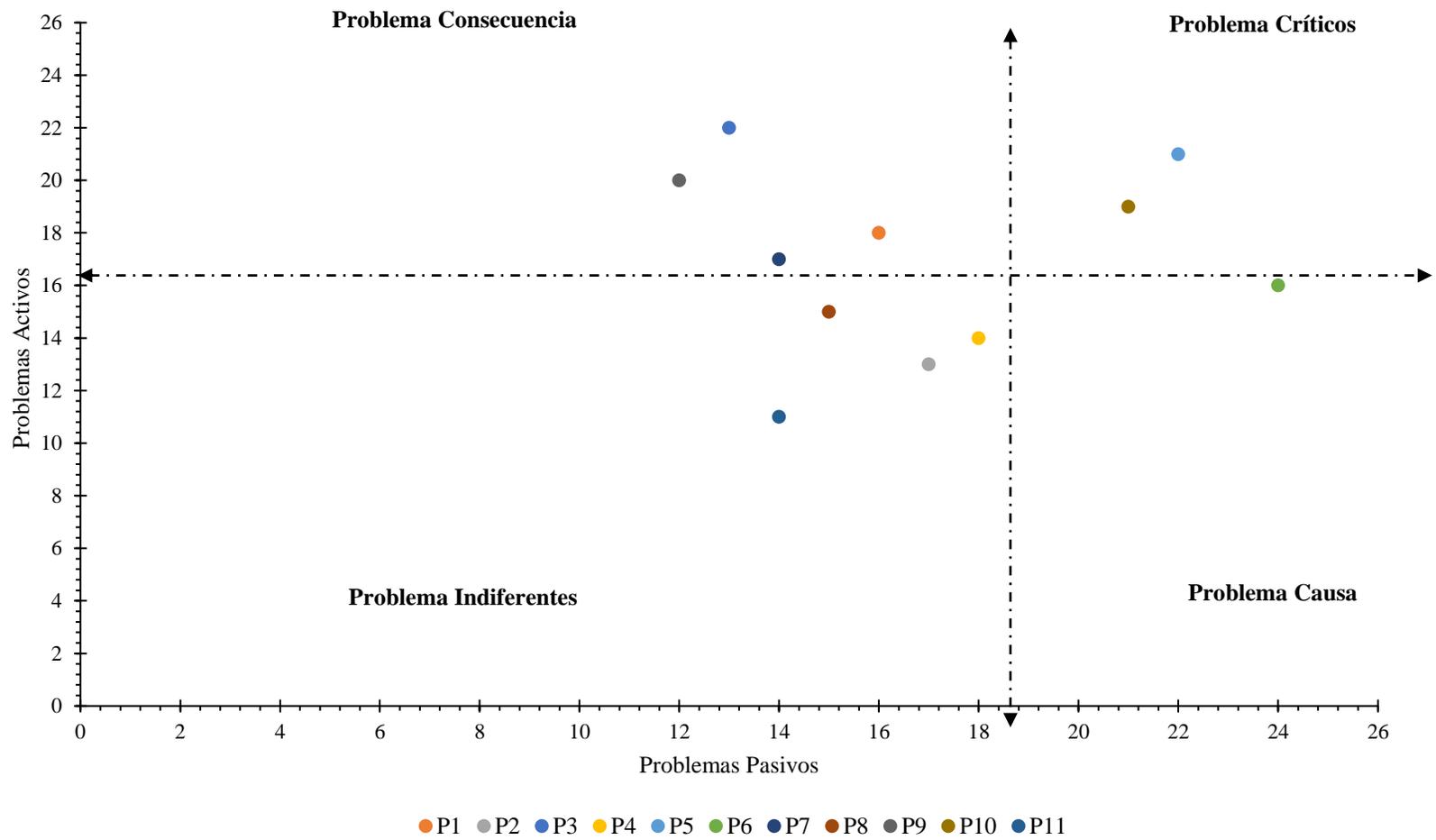


Figura 18. Matriz de Vester utilizada para la clasificación de los problemas identificados.

4.3.2 Estrategias de prevención y control de *Bactericera cockerelli*

4.3.2.1 Manejo agroecológico de plagas

El manejo agroecológico de plagas (MAP), busca el aprovechamiento de la biodiversidad de cultivos y los beneficios que estos poseen. Siendo considerado un conjunto de estrategias que ayuda al control e inhibición de plagas, además, es un método que contribuye a la restauración ecológica y seguridad alimentaria (Castro, 2018; Suquilanda, 2017). Los principales responsables de estos programas son el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Gobierno Provincial de Imbabura, las estrategias se encuentran dirigidas principalmente a los GADs Parroquiales y comunidades afectadas. El principal objetivo de este manual es establecer estrategias para el control y prevención de *B. cockerelli* S. en las zonas afectadas, contribuyendo a la agricultura sustentable, además, la creación de talleres acerca de la importancia sobre la conservación de los recursos genéticos y biodiversidad.

Estrategia 1. Programa de monitoreo de plagas

El monitoreo de plagas tiene como principal objetivo reconocer la evolución del problema fitosanitario para la generación de estrategias para el manejo y control de plagas en cultivos y el ecosistema. El correcto monitoreo ayuda a conocer el grado de infestación. Además, un registro periódico de monitoreos, contribuye a generar el valor estimado de densidad y presencia de la plaga (Sánchez, 2016).

Para un correcto control de plagas se debe generar un umbral, el cual es un indicativo para la creación de una acción preventiva, y de esta manera evitar pérdidas económicas, generando pérdidas significativas ya sea en el rendimiento o en la calidad del producto. El monitoreo depende del ciclo y tipo de cultivo (Sandoval et al., 2020).

El monitoreo directo consiste en la revisión con lupa de las plántulas, en algunas ocasiones esta técnica no es muy eficiente debido a que muchos de estos patógenos pueden ser nocturnos, dificultando su visibilidad, además de considerar el tamaño del cultivo convirtiéndolo en un método mucho más complicado (López, 2020; Castresana et al., 2019).

El monitoreo indirecto consiste en la colocación de trampas dentro de los cultivos, generalmente, estas trampas son utilizadas con sustancias que puedan atraer a los individuos, estos sistemas actúan durante el día y la noche, resultando más eficiente para la generación de reportes de plagas (Oliveros, 2016; Castresana et al., 2019).

Objetivo General

Capacitar a los grupos de interés acerca de los monitoreos y generar medidas de control para patógenos.

Tabla 14. Programa de monitoreo de plagas

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
Proyecto de monitoreo de plagas de cultivos	Capacitación a los agricultores acerca de la importancia del monitoreo de plagas en cultivos.	Listas de participantes, material de capacitación, fotografías, información recolectada, informes de capacitaciones.	\$ 2 500	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Cursos prácticos de enseñanza respecto a los monitoreos en cultivos			Gobierno Provincial de Imbabura
	Seguimiento de monitoreos a los agricultores, en las diferentes parcelas			GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de registro e inventario de plagas en cultivos.	Capacitación acerca de la importancia del registro e identificación de plagas.	Listas de participantes, material de capacitación, fotografías, información recolectada, informes de capacitaciones.	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Creación de sistema informático para el registro de plagas en cultivos.			Gobierno Provincial de Imbabura
	Evaluación de registros, e implementación de estrategias para el control de patógenos.			GADs Municipales y Parroquiales

Estrategia 2. Programa de semillas certificadas

Las semillas son consideradas la base de la cadena agroalimentaria, convirtiéndose en un punto de interés para el desarrollo de la agricultura (Perelmuter, 2018). El rendimiento de los cultivos se encuentra determinado por las semillas, además, contribuyen a la conservación de la seguridad alimentaria y la diversidad genética de la zona. Las semillas deben encontrarse en óptimas condiciones, es decir, debe encontrarse libre de plagas y enfermedades, además, deben ser semillas en un punto de madurez que permita el crecimiento de plantas adecuadas (Andrade et al., 2015).

Las semillas certificadas son todas aquellas consideradas puras para la producción, la selección y producción de estas semillas contribuye al mejoramiento del rendimiento de los cultivos. Las semillas de papa deben cumplir con ciertas cualidades, como encontrarse perfectamente identificadas y separadas por variedades, libre de enfermedades y plagas, además, de poseer un tamaño estándar de esta manera puedan contribuir a la demanda de los productores y consumidores (Sibaja y Álvarez, 2021; Chaves et al., 2018; Pacheco, 2021).

Hernández (2019) menciona que el porcentaje de transmisión para el psílido de papa por semillas es muy bajo, debido a que las semillas infectadas generalmente no generan brotes y en el caso de hacerlo la probabilidad de supervivencia es muy baja. Existen casos aislados en los que la semilla contagiada llega a generar brotes aparentemente normales, sin embargo, la planta se encuentra infectada, por lo que se considera mejor eliminar y evitar contagios al resto de la producción.

Objetivo general

Crear un sistema de control y almacenamiento de semillas certificadas, mediante convenios dentro de la provincia de Imbabura.

Tabla 15. Programa de semillas certificadas

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
	Capacitación acerca del uso de semillas nativas y los beneficios por el uso de estas.			Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
Proyecto de uso de semillas nativas	Entrega de semillas nativas y registro de los agricultores beneficiarios.		\$ 3 000	Gobierno Provincial de Imbabura
	Evaluación y seguimiento a los agricultores beneficiarios del proyecto.	Lista de beneficiarios, registro de semillas entregadas, material de capacitación, fotografías, informes de seguimiento.		GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de implementación de semillas resistentes	Capacitación acerca de las semillas resistentes, el uso y beneficios de estas.		\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Gobierno Provincial de Imbabura
	Seguimiento y evaluación del rendimiento de las semillas cultivadas y rendimiento de los cultivos.			GADs Municipales y Parroquiales

Estrategia 3. Programa de control biológico

Los controladores biológicos de *B. cockerelli* S. son parasitoides y algunos hongos entomopatógenos, sin embargo, estos últimos aún se encuentran bajo procesos de evaluación, debido a que bajo condiciones específicas pueden ser muy efectivos para el control de la plaga como lo menciona Rodríguez y Lomeli (2021). Se conocen ocho enemigos naturales para *B. cockerelli* S., de los cuales se mencionan dos a continuación. (Hernández, 2016)

Chrysoperla carnea conocida generalmente como crisopas, pertenecientes a la familia Crysopidae. Estos insectos son conocidos por su alta capacidad reproductiva y alta agresividad biológica, características que son consideradas significativas para el control biológico. A demás, de ser considerado como un potencial controlador de *B. cockerelli* S., donde el tercer instar larval de *C. carnea* es el mejor reductor de poblaciones (Oviedo, 2021; Salas et al., 2015; Ail et al., 2012).

Tamarixia triozae insecto perteneciente a la familia Eulophidae, alta capacidad para controlar el psílido de papa, debido a que las hembras de esta especie se alimentan principalmente de ninfas de *B. cockerelli* S. A demás poseen un período de preoviposición corto y el desarrollo de los huevecillos se ven influenciadas por la alimentación de la madre (Hernández, 2016; Luna, 2015; Cerón, 2014).

Objetivo general

Generar un registro de controladores biológicos para los cultivos de *Solanum tuberosum*, en la provincia de Imbabura.

Tabla 16. Programa de control biológico

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
Proyecto de capacitación e implementación del controlador biológico <i>Chrysoperla carnea</i>	Capacitación acerca del uso de <i>Chrysoperla carnea</i> como controlador biológico, beneficio del uso de estos, modo de aplicación y control de estos.	Lista de beneficiarios, registro de controladores biológicos, material de capacitación, fotografías, informes de seguimiento.	\$ 6 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Evaluación y seguimiento sobre el uso de controladores biológicos			GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de capacitación e implementación del controlador biológico <i>Tamarixia triozae</i>	Capacitación acerca del uso de <i>Tamarixia triozae</i> como controlador biológico, beneficio del uso de estos, modo de aplicación y control de estos.	Registro de asistencias, registro de agricultores beneficiarios, registros fotográficos e informes	\$ 6 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Evaluación y seguimiento sobre el uso de controladores biológicos			Gobierno Provincial de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales

Estrategia 4. Programa de implementación de prácticas agroecológicas, rotación de cultivos y diversificación de agroecosistemas

Las prácticas agroecológicas son una buena alternativa para la conservación, eficiencia energética y generar un equilibrio ecológico de los sistemas productivos, de esta manera contrarrestando la erosión y pérdida de nutrientes, además del mejoramiento productivo y preservación de la biodiversidad agrícola y nativa de las zonas agrícolas (Young et al, 2016).

La rotación de cultivos es una técnica de manejo considerada una técnica de sustentabilidad de la producción, esta práctica consiste en alternar cultivos en ciclos distintos en una misma parcela. El principal objetivo de esta técnica es contribuir al control de enfermedades y plagas. Los cultivos alternados deben ser evaluados ya que no deben necesitar los mismos nutrientes y a su vez no ser infectados por las mismas plagas (Silva et al., 2015; Ramos et al., 2018).

La diversificación de agroecosistemas consta por rotación de especies, cultivos intercalados, sistemas agroforestales y policultivos, además estos pueden ser complementados con la implementación de nutrientes orgánicos como el uso de residuos de cosecha o compost orgánico, ya que la alta cantidad de materia orgánica y actividad biológica en el suelo mejorara notablemente la producción y fertilidad del mismo, y esta asociación también ayudará a la prevención de plagas y enfermedades para las especies cultivadas (Altieri et al. 2012; Nicolls et al. 2015).

Objetivo general

Realizar talleres enfocados en la educación sobre las buenas prácticas agrícolas, rotación de cultivos y diversificación de agroecosistemas.

Tabla 17. Programa de prácticas agroecológicas, rotación de cultivos y diversificación de agroecosistemas

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
Proyecto de rotación de cultivos	Implementación de rotación de cultivos, plantando diferentes especies durante distintos ciclos en una misma parcela.		\$ 2 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Diversificación de cultivos, el cual busca cosechar múltiples especies vegetales en un mismo ciclo y espacio geográfico.	Registros fotográficos, registros de participantes, material impartido		Gobiernos Provinciales de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de cultivos asociados	Capacitación acerca de los cultivos asociados y los beneficios que estos aportan a las parcelas.		\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Implementación de cultivos asociados para evitar una erosión de suelo, además, de mejorar los cultivos.			Gobiernos Provinciales de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales

Estrategia 5. Programa de uso de extractos vegetales

Los extractos vegetales son concentrados obtenidos por maceración en líquidos como agua, alcohol o éter. Muchas de las especies utilizadas poseen un efecto que impide el crecimiento normal de los insectos. Es decir, no matan al insecto directamente, al contrario, afectan el comportamiento e interrumpen el desarrollo del individuo. Sin embargo, algunas especies poseen algunas toxinas que pueden actuar como insecticida sobre la planta (Meza, 2020; Melendez, 2010; Hikai et al., 2017).

Dentro de los tejidos vegetales existen diversas sustancias que forman un sistema de defensa para el organismo. Conocidas como alelomonas, estos son compuestos moleculares que producen efecto repelente, repulsivos y tóxicos para la población de insectos (Meza, 2020). Para el aprovechamiento de dichos extractos deben ser considerados algunos aspectos como:

- a. Planta perenne,
- b. Distribución amplia y fácil cultivo,
- c. Utilizar órganos de fácil renovación (hojas, flores y frutos),
- d. Evitar el uso de raíces y cortezas,
- e. Especies de fácil obtención, manejo y cultivo,
- f. Tener más usos complementarios,
- g. No tener un alto valor económico,
- h. Eficaz en bajas dosis.

El uso de extractos vegetales dentro de la agricultura es considerado una alternativa sustentable, contribuyendo a la producción de alimentos, productores y consumidores. Generalmente se utilizan especies con acción insecticida, repelente o fungicida, caracterizado por la eficacia, costos y por la capacidad de no generar una resistencia (Ledesma, 2015; Vargas et al., 2021). Entre las especies generalmente utilizadas son: *Allium sativum* (Ajo), *Ambrosia arborescens* (marco), *Cinopodium tomentosum* (tiglan), *Lavandula officinalis* (lavanda) y *Chenopodium album* (Falsa quinua).

Objetivo general

Fomentar el uso de extractos vegetales, como una alternativa de control de plagas en las diferentes parroquias de la provincia de Imbabura.

Tabla 18. Programa de uso de extractos vegetales

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
Proyecto de capacitación de extractos vegetales	Capacitación a los beneficiarios, acerca del uso y modo de preparación de extractos vegetales.	Registro de asistencias, registros fotográficos e informes	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Cursos prácticos para obtención de extractos vegetales.			Gobierno Provincial de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de implementación y vigilancia sobre uso de extractos vegetales	Selección de extractos a utilizarse.	Registro de asistencias, registros fotográficos e informes	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Seguimiento al modo de uso de estos productos.			Gobierno Provincial de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales

Estrategia 6. Programa de uso e implementación de variedades resistentes

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias tiene un registro de más de 550 variedades nativas de *Solanum tuberosum*, alrededor de 20 de estas variedades han sido mejoradas, entre las especies mejoradas encontramos Superchola, INIAP-Victoria, INIAP-Cecilia, INIAP-Natividad, INIAP.Yana shungo, INIAP-Puca shungo, INIAP-Fripapa e INIAP-Gabriela, estas variedades han sido mejoradas debido a las características agronómicas y propiedades nutricionales que estas poseen (Cuesta et al., 2014; Mastrocola et al., 2016).

Existen variedades con un alto valor para científicos y agricultores por sus propiedades organolépticas y su valor cultural. Las variedades nativas poseen un mayor contenido de nutrientes, además, cuentan con un alto contenido de carotenoides, flavonoides y antocianinas dándole un valor único. Entre algunas de las variedades con estas características encontramos: Puña, Uvilla, Chaucha, Alpargata, Carrio, Bolona, Leona negra, Pata de perro entre otras variedades (Monteros et al., 2005)

Dalgo (2020) en su estudio acerca de la presencia de *B. cockerelli* S. en tres variedades de papa en condiciones naturales, mencionó que el psílido de papa no tiene preferencia por alguna variedad. Sin embargo, demostró que la variedad INIAP-Fripapa registró un menor porcentaje de incidencia en comparación al resto de variedades evaluadas, por lo que concluyó que esta variedad posee una mayor tolerancia a la presencia de *B. cockerelli* S.

Objetivo general

Incentivar el uso de variedades nativas y resistentes a los diferentes patógenos, que afectan a los cultivos de los agricultores en la provincia de Imbabura.

Tabla 19. Programa de uso de variedades resistentes

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
Proyecto de capacitación sobre variedades resistentes	Capacitación acerca de las variedades resistentes.	Registro de asistencias, registros fotográficos e informes	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Evaluación de conocimientos impartidos por parte de los capacitadores.			Gobierno Provincial de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de implementación de variedades resistentes a patógenos	Seguimiento del crecimiento acerca del uso de semillas resistentes.	Registro de asistencias, registros fotográficos e informes	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Registro de variedades utilizadas.			Gobierno Provincial de Imbabura
	Evaluación del rendimiento de cultivos con las variedades utilizadas.			GADs Municipales y Parroquiales

Estrategia 7. Programa de uso racional de agroquímicos

El uso de agroquímicos ha sido una alternativa en muchos casos más económica y efectiva para la intervención de enfermedades y plagas en los cultivos, debido a la presencia de metales como el cobre (Cu), cobalto (Co), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg) entre otros químicos. Sin embargo, a lo largo del tiempo estos han llegado afectar al suelo, cultivos, agricultores y consumidores (Sosa et al, 2021; Moreno, 2017).

El modo de acción de agroquímicos es utilizado para la protección donde es importante el uso de estos es importante antes de la infección del patógeno invada en tejido. Se denominan agroquímicos curativos a todos aquellos que pueden eliminar a los patógenos antes de la infección y aparición de los síntomas. Muchos agroquímicos llegan a inhibir algunas etapas específicas de los patógenos. El uso de los agroquímicos posee una mayor efectividad en las etapas iniciales son dosis recomendadas por el comerciante (Acuña, 2019).

Objetivo general

Capacitar a los agricultores de las comunidades acerca del uso racional de agroquímicos y alternativas con menor impacto al ambiente.

Tabla 20. Programa de uso racional de agroquímicos

Proyecto	Actividades	Indicadores	Presupuesto	Responsable
Proyecto de capacitación acerca del uso de agroquímicos	Capacitación del uso racional, impactos positivos y negativos de agroquímicos.	Registro de asistencias, registros fotográficos e informes	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Socialización de agroquímicos más eficientes para los patógenos a estudiar			Gobierno Provincial de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales
Proyecto de seguridad alimentaria	Realizar un taller para dar a conocer acerca de la importancia de la seguridad alimentaria.	Registro de asistencias, registros fotográficos e informes	\$ 3 000	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
	Incentivar a los agricultores a generar productos más saludables.			Gobierno Provincial de Imbabura GADs Municipales y Parroquiales

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En el periodo de estudio se registraron un total de 26 puntos de presencia dentro de la provincia de Imbabura, además, los resultados muestran que las etapas fenológicas del cultivo de *Solanum tuberosum*, con mayor vulnerabilidad ante la presencia del psílido de papa son: floración y tuberización.
- El análisis realizado a los modelos mensuales en comparación con el modelo general, respecto a las variables y número de presencias registradas para *B. cockerelli* S., demostró que las zonas idóneas para el desarrollo de la especie poseen temperaturas de 7 - 29 °C, velocidad de viento de 1,3 m/s y disminuye con ráfagas mayores a 4 m/s y precipitaciones a partir de 80 mm. Donde el 0,72% del área total de la provincia cumplen con estas características, es decir, poseen una alta probabilidad para la presencia de *B. cockerelli* S.
- Las estrategias propuestas en este estudio con base en los problemas identificados por la presencia de *B. cockerelli* S. en cultivos de *Solanum tuberosum*, se consideran como manejo agroecológico de plagas. Entre las más importantes y accesibles para los agricultores son el monitoreo de plagas, uso de semillas certificadas y la diversificación de cultivos. Las mismas, ayudaran solucionar los diferentes problemas a corto, mediano y largo plazo, mejorando así los cultivos, garantizando el bienestar de la población y el ingreso de los agricultores.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos periódicos a los cultivos de la familia *Solanaceae*, debido a que estos son los más afectados por la presencia de *B. cockerelli* S., además, generar un registro de puntos de presencia de la especie, y de esta manera en un futuro poder generar modelos más confiables para establecer estrategias óptimas para el control y prevención de la especie.
- La distribución de *B. cockerelli* S. con las presencias actuales de la especie resultó efectiva, sin embargo, para una mayor eficacia en los modelos con proyección a futuro se debe poseer datos de presencia y áreas de cultivos actualizados con ayuda de las respectivas entidades públicas y privadas. De manera que, la información disponible pueda contribuir a investigaciones futuras, además, es recomendable el uso de otros softwares para la creación de modelos, de manera que, estos puedan contribuir a una comparación entre resultados.
- La presente investigación pone en evidencia las zonas más vulnerables dentro de la provincia de Imbabura a la presencia de *B. cockerelli* S. Los programas establecidos a corto, mediano y largo plazo deben ser considerados por la comunidad y por las instituciones interesadas, con el fin de evitar la propagación de la especie, además de evitar las pérdidas económicas y productivas para los agricultores, contribuyendo a la protección de los recursos naturales y manteniendo la seguridad alimentaria para la población.

REFERENCIAS

- Abdullah, N. (2018). *Life history of the Potato Psyllid Bactericera cockerelli (Homoptera: Psyllidae) in Controlled Environment agriculture in Arizona*. African Journal of Agricultural Research Vol. 3 (1), pp. 060-067
- Antolínez, C. A., Moreno, A., Ontiveros, I., Pla, S., Plaza, M., Sanjuan, S., y Fereres, A. (2019). *Seasonal abundance of psyllid species on carrots and potato crops in Spain*. Insects, 10(9), 287.
- Abrahamyan, A., & Barševskis, A. (2015). *Populations dynamics in sizes of wild Melissa officinalis L. (Lamiaceae) during the last decade in Armenia*. Journal of Medicinal Plants Studies, 3, 21-26.
- Acuña, I., Bravo, R., Gutiérrez, M., Muñoz, M., Olivares, R., Sagredo, B., Sandoval, C., Solano, J., y Gatica, J. (2019). *Tizón tardío de la papa: Estrategia de manejo integrado con alertas temprana*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 399.
- Allouche, O., Tsoar, A., & 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.
- Valencia, E., & Mesa, (2009). *Técnica de Jackknife y estimadores en un modelo lineal*. Redalyc.org, XV (41), 285-290.
- Adjemian, J., Girvetz, E., Beckett, L. y Foley, J. (2006). *Analysis of Genetic Algorithm for Rule-Set Production (GARP) Modeling Approach for Predicting Distributions of Fleas Implicated as Vectors of Plague, Yersinia pestis, in California*. Journal of medical entomology. 43. 93-103. 10.1603/0022-2585(2006)043[0093: AOGAFR]2.0.CO;2.

- Agroproductores (2019). *Paratrioza (Bactericera cockerelli)* [Sitio web]. Jalisco, México. <https://agroproductores.com/bactericera-cockerelli/>
- Ail, C., Flores, M., Cerna, E., Badi, M., Landeros, J., Ochoa, Y., & Aguirre, L. (2012). *Respuesta funcional de diferentes instares larvales de Chrysoperla carnea (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) sobre ninfas de Bactericera cockerelli (Sulc) (Homoptera: Psyllidae)*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 44(2), 279-288.
- Allouche, O., Tsoar, A., y Kadmon, R. (2006). *Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa, and the true skill statistic (TSS)*. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1223–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214>.
- Altieri, M., Ponti, L., Nicholls, C. (2012). *Soil Fertility, Biodiversity and Pest Management. En Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Analiz, S. (2011). *Control cultural*. Unidad de Fitopatología. Facultad de agronomía Pg. 5
- Andrade, J., Kromann, P., & Otazú, V. (2015). *Manual para la producción de semilla de papa usando aeroponía: diez años de experiencias en Colombia, Ecuador y Perú*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Aragón, J., Basantes, F., Albuja, M. y Merino, J. (2020). *Agroproductive chain of potatoes (Solanum tuberosum): and analysis in Carchi and Imbabura*. Natura@economía. ISSN 2226-9479
- Arbelaez, J., Giraldo, A., Villa, G., Espinosa, L., Gutierrez, M., & Orozco, G. (2020). *Population dynamics of Diatraea spp. Under different climate offer conditions*

in Colombia. bioRxiv., 8. Obtenido de <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.02.20.957977v1.abstract>

Arce, F. (2008). *El cultivo de la patata* (2a. ed.). Mundi-Prensa. Pg. 155-166. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/35825?page=155>

Arneson, P.A. 2001 *Epidemiología de las Enfermedades de las Plantas: Los Aspectos Temporales. The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-A-2001-0524-01.

Baltazar, H. (2016). *Factores climáticos que influyen en la diversidad de insectos en Spartium junceum L. (Fabales: Fabaceae)*. *Prospectiva Universitaria*, 13(2), 30-48.

Barraza, S. (2012). *Fluctuación poblacional de Bactericera cockerelli (Sulc) en Huachichil, Arteaga, Coahuila* [Tesis de Pregrado]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Borja, M. (2009). *Modelamiento de nicho ecológico de las ranas de cristal [Amphibia: Anura: Centrolenidae] del Ecuador a partir de registros de museología: predicción del área de ocupación y evaluación en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador* [Tesis de Maestría]. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador

Butler, C., & Trumble, J. (2012). *The potato psyllid, Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies*. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5(2), 87–111. doi:10.1163/187498312x634266

Cámara de Comercio de Bogotá (2015). *Manual de papa*. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial.

- Cameron, P. J., Wigley, P. J., Charuchinda, B., Walker, G. P., & Wallace, A. R. (2013). *Farm-scale dispersal of *Bactericera cockerelli* in potato crops measured using Bt mark-capture techniques*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 148(2), 161–171. doi:10.1111/eea.12085
- Caranqui, C. (2019). *Daños de *Bactericera cockerelli* Sulc. (Paratrioza) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en la Comunidad de Juan Montalvo, Provincia de Carchi*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Castillo, C., Fu, Z., y Burckhardt, D. (2019). *First record of the tomato potato Psyllid *Bactericera cockerelli* from South America*. *Bulletin of Insectology*, 72(1), 85–91. <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol72-2019-085-091castillo-carrillo.pdf>
- Castillo, C., Paltrinieri, S., Bustamante, J., y Bertaccini, A. (2018). *Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador*. *Australasian Plant Pathology*, 47(3), 311–315. doi:10.1007/s13313-018-0557-9
- Castresana, J., Rosenbaum, J., & Gagliano, E. (2019). *Transición del manejo de plagas convencional hacia el agroecológico mediante la transferencia de técnicas de control integrado de plagas en tomate bajo cubierta en Concordia-Provincia de Entre Ríos, Argentina*. *Idesia (Arica)*, 37(3), 17-27.
- Centeno, G., (2016). *Métodos de controles: cultural, físico y mecánico*. Fundamentos del Manejo Integrado del Insecto Plagas.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacionh (2016). *Bactericera cockerelli (tomato/tomato psyllid)*. Obtenido de Invasive Species Compendium: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643>

- Centro Internacional de la Papa. (2013). *Guía fotográfica de las principales plagas del cultivo de papa en Ecuador*. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/04/0060841-1.pdf>
- Cerda, J., y Cifuentes, L. (2012). *Uso de curvas ROC en investigación clínica: Aspectos teórico-prácticos*. *Revista chilena de infectología*, 29(2), 138-141. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182012000200003>
- Cermeli, M. y Díaz, G. (2016). *Control químico de insectos plaga*. Universidad Central de Venezuela. Departamento de zoología agrícola.
- Cerna, E., Hernández, O., Ochoa, Y., Landeros, J., Aguirre, L., y Hernández, A. (2018). *Morphometric of immatures and life tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) from populations of Northeastern Mexico*. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 53–60. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6543>.
- Cerón, C., Lomeli, J., Rodríguez, E., & Torres, A. (2014). *Fecundidad y alimentación de *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre el psílido de la papa *Bactericera cockerelli**. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5), 893-899. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000500014&lng=es&tlng=es
- Chaves, I., Rey, A., & Rodríguez, G. (2018). *La invocabilidad de la acción de cumplimiento frente a los compromisos suscritos en el Paro Nacional Agrario de 2013: un análisis desde la regulación de las semillas certificadas en Colombia*. *Juridicas*, 15(1), 28-45.
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, S., Solis, J., y Geraud, F. (2020). *Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en*

cultivos de algunas provincias de Ecuador. Ciencia Tecnología Agropecuaria. ISSN 0122-8706. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276

Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización. (2017). Registro Oficial Suplemento, 303, de 19 de octubre de 2017. Asamblea Nacional de la República del Ecuador

Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial, 387, de 4 de noviembre de 2015, 60-74. Asamblea Nacional de la República del Ecuador.

Corredor, E., Páez, E. y Fonseca, J. (2019). *Desarrollo y extensión rural: Estrategias para el fortalecimiento de la agricultura familiar campesina*. Bogotá – Colombia. Grupo de investigación GIGASS. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. ISBN: 978-958-651-730-0

Correia, M. (2019). *Criterios confiables para la construcción del modelo de máxima entropía (MaxEnt) orientados a a pesquería con red de cerco en el Pacífico Oriental*. DOI:[10.13140/RG.2.2.36673.81769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36673.81769)

Cortez, E. (2011) *Capacitación en el manejo y control de Zebra chip (Candidatus liberobacter solanacearum) y su vector el psílido del papa (Bactericera cockerelli)* [Archivo PDF]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIAF).

Crespo, L.; Vera, J.; Bravo, H.; López, J.; Reyna, R.; Peña, A.; Manuel, V. & Garza, R. (2012) *Distribución espacial de Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa (Brot.))* Agrociencia, Vol. 46, núm. 3, abril-mayo, 2012, pp. 289-298 Colegio de Postgraduados Texcoco, México

Cuesta, X. Rivadeneira, J., Pumisacho, M., Montesdeoca, F., Velásquez, J., Reinoso, I., Monteros, C., (2014). *Manual de cultivo de papa para pequeños*

productores. Segunda Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa, Quito, Ecuador. 98p.

Cuesta, X., Peñaherrera, O., Velásquez, J., y Catillo, C. (2018). *Guía de manejo de la punta morada de la papa*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Cuesta, X., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Racines, M. y Castillo, C. (2021). *Guía de manejo de la punta morada de la papa*. Segunda edición. Manual técnico No. 104. Quito (Ecuador). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 20 p.

Dalgo, N. (2020). *Evaluación de un sistema de manejo integrado de *Bactericera cockerelli* y su relación con punta morada de la papa en Tumbaco, Pinchicha*. [Tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador-Quito: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21455/1/T-UCE-0004-CAG244.pdf>

Caipe, Y. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de *bactericera cockerelli* sulc en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* l.) en el cantón Pimampiro* [Tesis de pregrado]. Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte.

Davidson, R. (1992). *Plagas de insectos agrícolas y de jardín*. Limusa

Del Puerto, A., Suárez, S. y Palacio, D. (2014). *Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 52(3), 372-387. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es&tyng=es.

- Del Valle, A. (2017). *Curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) y sus aplicaciones*. (Trabajo de Grado). Departamento de Estadística e Investigación Estadística. Universidad de Sevilla.
- Delgado, J., Beltrán, M., Cerna, E., Aguirre, L., Landero, J., Rodríguez, Y., & Ochoa, Y. (2019). *Candidatus Liberibacter solanacearum patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control*. *TIP*. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 22, e177. Epub 04 de marzo de 2020. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.177>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Tablada, M., y Robledo, C. (2018). *Infostat versión 2018*. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Djaman, Ko, Charles Higgins, Shantel Begay, Komlan Koudahe, Samuel Allen, Kevin Lombard, and Michael O. Neill. (2019). *Seasonal Occurrence of Potato Psyllid (Bactericera cockerelli) and Risk of Zebra Chip Pathogen (Candidatus Liberibacter Solanacearum) in Northwestern New Mexico*. *Insects* 11(3):1–13.
- Egúsqüiza, R., (2012). *Manual Integrado de plaga de papa. Manual Técnico*. Agrobanco. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/032-b-papa.pdf>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Espinoza, H. (2014). *El psílido de la papa, Bactericera cockerelli, un problema que podemos manejar*. Departamento de Protección Vegetal de La FHIA, La Lima, Cortés, Honduras, C.A.

- European and Mediterranean Plant Protection Organization (2020) *PM 9/25 (2) Bactericera cockerelli and 'Candidatus Liberibacter solanacearum'*. ISSN 0250-8052. DOI: 10.1111/epp.12685
- Falconez, J. (2020). *Ciclo biológico de (Bactericera cockerelli) bajo condiciones controladas, en tres localidades Salache, Cotopaxi 2020*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. *WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315.
- Flaconí, J. (2013). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de kiwicha*. (Archivo PDF). Recuperado de: https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha_MIPE_.pdf
- Fuentes, V. (2018). *Caracterización de la cobertura vegetal y el uso del suelo para la provincia de Imbabura – Ecuador*. University of Salzburg.
- Galindo, K. (2018). *Transmisión transovárica de “Candidatus Liberibacter solanacearum” por Bactericera cockerelli en Solanum tuberosum L.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de parasitología. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45427/K%2065545%20Galindo%20Gil%2c%20Karen%20Ivoon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gallien, L., Douzet, R., Pratte, S., Zimmermann, N.E., Thuiller, W. (2012). *Invasive species distribution models – how violating the equilibrium assumption can create new insights*. Glob. Ecol. Biogeogr. 21, 1126-1136.

- García, R., Machado, L., Piñón, D., Gómez, A., & Ventura, M. (2015). Diagnóstico fitosanitario y recomendaciones de manejo agroecológico de plagas en comunas de las provincias de Guayas y Santa Elena. *Cumbres*, 1(1), 17-22.
- Garzón, J., Cárdenas, O., Bujanos, R., Marín, A., Becerra, A., Velarde, S., Reyes, C., González, M., & Martínez, J. (2009). *Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad 'permanente del tomate' en México*. *Agricultura Técnica En México*, 35(1), 58–69.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cotacachi, (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cotacachi 2015-2035*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Ibarra, (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Geoportal. <https://www.ibarra.gob.ec/site/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo, (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Otavalo- Provincia de Imbabura*. Recuperado de: <https://www.otavalo.gob.ec/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Pimampiro, (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2027. Pimampiro Tierra del Sol*. Recuperado de: <http://www.destinopimampiro.gob.ec/>
- Gobierno Provincial de Imbabura, (2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Imbabura 2015-2035*. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000180001_PDOT%20IMBABURA%202015-2035_SIGAD_15-08-2015_22-50-42.pdf
- González, M., y García, C. (2012). *Uso de Biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa*. *Ra Ximhai*, 8(3), 31-45.

Guisan, A., y Zimmermann, N. E. (2000). *Predictive habitat distribution models in ecology*. *Ecological Modelling*, 135(2–3), 147–186.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)

Gutierrez, J., Bloom, E., Wohleb, C., Wenninger, E., Rondon, S., Jensen, A., y Crowder, D. (2020). *Landscape structure and climate drive population dynamics of an insect vector within intensely managed agroecosystems*. *Ecological Applications*, 30(5), e02109. doi:10.1002/eap.2109

Hernández, S. (2016). *Biología y respuesta comportamental de Tamarixia triozae (Hymenoptera: Eulophidae) sobre Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae) en jitomate y chile*.

Hernández Rosales, J. G. (2019). *Identificación de Bactericera cockerelli Sulc en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) parroquia Santa Martha de Cuba, Cantón Tulcán, Provincia del Carchi*. Universidad Técnica de Babahoyo.

Hikai, W., Baeshen, R., y Said-Al, H. (2017). *Botanical insecticide as simple extractives for pest control*. *Cogent Biology*, Vol 3, https://www.researchgate.net/publication/321060449_Botanical_insecticide_as_simple_extractives_for_pest_control.

Hodkinson, I., 2009. *Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis*. *Journal of Natural History*, 43(1/4):65-179.

Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura. Pg. 17-35.

Ibañez, S., Gisbert, J. M., & Moreno, H. (2011). *Entisoles*. Editorial Universidad Politecnica de Valencia, 10.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12883/Entisoles.pdf?sequence=3>

- Instituto Nacional de Investigación Agraria (2002). *El cultivo de papa en el Ecuador*. (Archivo PDF). <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (2003). *Sistematización de tecnologías desarrolladas para el control de Tecia solanivora, dentro de un programa de manejo integrado de plagas*. Boletín técnico N° 4.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2018). *Guía de Manejo de la punta Morada de la papa*. Manual Técnico No. 104. (Archivo PDF). Recuperado de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5345/1/iniapscmt104.pdf>
- Izquierdo, F. y Crespo, E. (2011). *Área Bajo la Curva: Estima de la evolución de la glucemia en una Prueba de Sobrecarga Oral*. Comparación con otros criterios diagnósticos. 10.13140/2.1.3651.8086.
- Jácome, G (2018). *Spatial and temporal dynamic patterns of dengue fever in Ecuador based on the maximum entropy model, GIS, and PLS regressions* [Tesis de maestría]. Kyung Hee University.
- Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, V., Padilla, C., Tanaí, I. & Pupiales, N. (2020). *Los volcanes de Imbabura y su tiempo geológico*. Imbabura, Ecuador.
- Jácome, G., Valarezo, C., Yoo, C. (2018). *Assessment of water quality monitoring for the optimal sensor placement in lake Yahuarcocha using pattern recognition techniques and geographical information systems*. Environ. Monit. Assess. 190 (4). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6639-x>.

- Jácome, G., Vilela, P., & Yoo, C. K. (2019a). *Social-ecological modelling of the spatial distribution of dengue fever and its temporal dynamics in Guayaquil, Ecuador for climate change adaption. Ecological Informatics*, 49(November 2018), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.11.001>
- Jácome, G., Vilela, P., Yoo, C. (2019b). *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*. Volume 400. Pages 60-72. ISSN 0304-3800. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.03.014>.
- Jiménez M. (2009a). *Diseño de un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el Cultivo de Papa en la Finca Paso Ancho S.A.* Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Cartago, Costa Rica.
- Jiménez, E. (2009b). *Métodos de control de plagas*. (Archivo pdf). Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. Recuperado de: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>
- Jiménez, S. (2007). *La señalización y el pronóstico de plagas. Origen, desarrollo y retos. Fitosanidad*, 11(3), 51-56.
- Jiménez, S., Cortiñas, D. (2000) *Distribución temporal y espacial y consideraciones para el monitoreo de Thrips palmi en papa en Cuba. Manejo Integrado de Plagas* 57: 54-57, Costa Rica, 2000.
- Ledesma, M. (2015). *Evaluación de la eficiencia de extractos vegetales y agentes microbiológicos para el control del barrenador del fruto de la naranjilla Neoleucinodes elegantalis. Río Negro, Tungurahua.* Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador.

- Lewis, O. (2014). *The temperature dependent development of Bactericera*. (p. 64). Texas A&M University.
- Liu, D., & Trumble, J. T. (2007). *Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (Bactericera cockerelli)*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123(1), 35–42. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00521.x>
- Lobo, J. M., & Jiménez V, A. (2008). *AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models*. *Global Ecology and Biogeography*, 145-151.
- López Grisales, N. (2020). Identificación y conteo de insectos (mosca blanca, trips y minador de hoja) capturados en trampa adhesiva mediante visión e inteligencia artificial. Caso Flores El Trigal.
- López, B. (2012). *Variación genética de Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en las zonas paperas de México* [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Nuevo León., 1–92.
- López, E. y Ruiz, M. (2011). *Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R*. *Revista Española de Pedagogía*. N.º 248, enero -abril 2011, 59-8.
- Luna, A. (2015). *Toxicidad y residualidad de insecticidas sobre Tamarixia triozae (BURKS) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide de Bactericera cockerelli (SULC) (Hemiptera: Triozidae)*.
- Manobanda, M., (2020). *Bioecología de Bactericera cockerelli (Sulc.) en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.) en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi* [Tesis de maestría]. Universidad Técnica de Ambato.

- Martínez, Nubilde. (2010). *Manejo integrado de plagas: Una solución a la contaminación ambiental*. *Comunidad y Salud*, 8(1), 073-082. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-32932010000100010&lng=es&tyt=es.
- Masapanta, J. (2020). *Monitoreo de *Bactericera cockerelli* en dos variedades de papa bajo manejo fitosanitario no químico en el cantón Pedro Moncayo* [Tesis de maestría]. Universidad Central del Ecuador.
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rojano, P., Haro, F., Rivadeneira Ruales, J. & Cuesta Subía, H. X. (2016). *Catálogo de variedades de papa del Ecuador*.
- Mateo, R., Felicísimo, A. y Muñoz, J. (2011). *Species distributions models: A synthetic revision*. *Revista chilena de historia natural*. 84. 217-240.
- Melendez, E. (2010). *Efecto de Extractos Vegetales en la Reducción Poblacional de *Meloidogyne spp.** Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *Archivo Historico*, 105.
- Melgoza, C., León, C., López, J., Hernández, L., Velarde, S. y Garzón, A. (2018). *Presencia de *Candidatus Liberibacter Solanacearum* En *Bactericera cockerelli* Sulc Asociada Con Enfermedades En Tomate, Chile y Papa*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(3):499–509.
- Mena C. (2004). *Manejo integrado de los insectos plaga del Chile*. En: *CursoTaller Producción y Manejo Integral del Cultivo del Chile*. Consejo Nacional de Productores de Chiles, S.C. Zacatecas, México, pp. 22-30.
- Meza Vera, R. J. (2020). *Actividad insecticida de extractos vegetales para el control de insectos plaga en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*)*. Quevedo, Ecuador.

- Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2019). *Principales cultivos de la provincia de Imbabura. Cifras agro-productivas.*
<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Montalba, M. (2018). *Integración de la teoría del pensamiento poderoso OTSM – TRIZ con la herramienta de análisis de escenarios futuros Wheel y la Matriz de Vester. Caso de estudio: Monitoreo de incendios forestales en el Territorio Nacional utilizando sistemas de drones de sobrevuelo* [Tesis de pregrado]. Repositorio Digital Usm. Universidad Técnica Federico Santa María.
<http://hdl.handle.net/11673/24615>
- Monteros, C., Cuesta, X., Jiménez, J., & Lopez, G. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador.* INIAP Archivo Histórico.
- Monteros, C., y Reinoso, I. (2010). *Biodiversidad y oportunidades de mercado para las papas nativas ecuatorianas.* Quito. INIAP. 11 p.
- Moreno R, Zamora R, Molina J-R, Vásquez, A. y Herrera M (2011). *Predictive modeling of microhabitats for endemic birds in South Chilean temperate forest using Maximum entropy (MaxEnt).* Ecol. Informat. 6: 364-370
- Moreno, A., Miranda, M. y Fereres, F. (2021). *Psyllids as major vectors of plant pathogens.* Entomologia. Generalis, Vol. 41 (2021), Issue 5.
- Moreno, N. M. (2017). *Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos.* Revista Médica de Homeopatía, 10(1), 9-13.
- Moreta, K. (2021). *Evaluación de insecticidas en la infestación de Bactericera cockerelli según la etapa fenológica de la papa (Solanum tuberosum) en el cantón Bolívar, provincia del Carchi* [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

- Moya, W, Jácome, G, Yoo, C. (2017). *Past, current, and future trends of red spiny lobster based on PCA with MaxEnt model in Galapagos Islands, Ecuador. Ecol Evol.* 2017; 7: 4881– 4890. <https://doi.org/10.1002/ece3.3054>
- Müller, M. (2004). *Generalized Linear Models.* 10.1007/978-3-642-21551-3_24.
- Muñoz, L. (2018). *Elaboración de un modelo predictivo de distribución potencial del cultivo Chenopodium quinua willd. basado en necesidades edafoclimáticas con objeto de determinar las zonas de correctas adaptaciones extremadura* [Tesis de maestría]. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura.
- Navarre, D.A.; Shakya, R.; Holden, J. and Crosslin, J.M. 2009. *LCMS analysis of phenolic compounds in tubers showing zebra chip symptoms.* American J. of Potato Research 86: 88–95.
- Nicholls, C., Altieri, M., & Vázquez, L. (2015). *Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas.* Agroecología, 10(1), 61-72.
- Norris, D. (2014). *Model Thresholds are More Important than Presence Location Type: Understanding the Distribution of Lowland tapir (Tapirus Terrestris) in a Continuous Atlantic Forest of Southeast Brazil.* Tropical Conservation Science, 529–547. <https://doi.org/10.1177/194008291400700311>
- Oliveros, A. (2016). *Apoyo en las prácticas de labores MIPe en el cultivo de rosa variedad Red intuition y Pink intuition en la empresa flores la MANA SAS municipio de Tocancipá, Cundinamarca* [Tesis de pregrado]. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2017). *El psílido de la papa y tomate Bactericera (Paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y*

la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA. El Salvador: Corporativo Editorail Tauro.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO., (2011). *Fenología del cultivo*.

Oviedo, M. (2021). *Cría y reproducción de crisopas, Chrysoperla carnea (Stephens) para control biológico, Guayas*. Universidad Agraria Del Ecuador.

Pacheco Terrazas, V. H. (2021). *Uso de semillas certificadas y fiscalizadas de hortalizas en Bolivia y las ventajas y beneficios en la producción*.

Parra, C., y Muñoz, J. (2014). *Dinámica ambiental y económica en la localidad de Puente Aranda en Bogotá*. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 14(27–2), 28. <https://doi.org/10.18359/rlbi.505>

Perelmuter, T. (2018). *Apropiación de semillas. Ciencia, tecnología y política*.

Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., y Arya, S. P. (2006). *Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina*. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

Pinzón, C. (2012). *Propuesta metodológica para correlacionar el comportamiento del tránsito vehicular mixto y las variables ambientales que afectan las condiciones de la calidad de vida en las vías urbanas*. [Tesis de Maestría]. Facultad de estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana.

Plasencia, L., Viña, N., Padilla, M. y Iñigo, E. (2020). *Distribution of Cuban Gnatcatcher (Polioptila lembeyi) in the south-east of Cuba, implications for conservation*. *Novitates Caribaea*, (16), pp. 32–43. doi: 10.33800/nc.vi16.225.

- Prager, S. M., Vindiola, B., Kund, G. S., Byrne, F. J., & Trumble, J. T. (2013). *Considerations for the use of neonicotinoid pesticides in management of Bactericera cockerelli* (Šulk) (Hemiptera: Triozidae). *Crop Protection*, 54, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.08.001>
- Prager, S. y Trumble, J. (2018a). *Psyllids: Biology, Ecology, and Management*. In *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato* (pp. 163–181). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
- Prager, S. y Trumble, J. (2018b). *Psyllids sustainable managment of arthropod pests of tomato*. Elsevier Inc, 163-181.
- Prefectura de Imbabura, (2018). *Datos Generales provincia de Imbabura*. <https://www.imbabura.gob.ec/>
- Prefectura de Imbabura, (2020). *Agenda Productiva de Imbabura*. <https://www.imbabura.gob.ec/>
- Puma, B. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de Bactericera cockerelli Sulc. en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.) en el cantón Cotacachi* [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec>
- Punina, E. (2013). *Evaluación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum) C.V. "FRIAPAPA" a la aplicación de tres abonos completos* [Tesis de pregrado]. Facultad de Ciencias agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato.
- Quin, X. (2017). *Analysis of historical and current distribution of potato psyllid (Bactericera cockerelli) and the induced plant disease psyllid yellows, in relation to standard climate indices. department of biology. University of Lethbridge*.

Quispe Cajahuanca, T. (2016). *Biogeografía y cambio climático en el Perú: análisis de escenarios climáticos y endemismo de Phyllodactylus interandinus, Bachia intermedia y Stenocercus huancabambae, entre Amazonas y Cajamarca, distritos de El Milagro y Bellavista*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6503>

Ramírez, M., Santamaria, E., Mendez, J., Rios, J., Hernandez, J., & Pedro, J. (2008). *Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratriozia (Bactericera cockerelli Sulc.) (Homoptera: Triozidae) en el cultivo de chile jalapeño (Capsicum annum L.)*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 7(1), 47-56.

Ramos, H., & Tandazo, J. (2018). *Sistema de rotación de cultivo de papa en la cuenca del río Vilcanota, en la región Cuzco, Perú*. Journal of Science and Research, 3(4), 24-33.

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). Registro Oficial Suplemento, 507, de 12 de junio del 2019. Asamblea Nacional de la República del Ecuador.

Rezende, V., Oliveira, A., Eisenlohr, P., Kamino, L., y Vibrans, A. (2014). *Restricted geographic distribution of tree species calls for urgent conservation efforts in the Subtropical Atlantic Forest*. Biodiversity and Conservation, 1-15. <http://doi.org/10.1007/s10531-014-0721-7>

Rodríguez, E., & Lomeli, J. (2021). *Parasitoides y depredadores de Bactericera cockerelli, y sus agentes potenciales de control biológico en México*. En Memorias del II Congreso de Control Biológico Aplicado (p. 36).

- Romero, C. (2019). *Rendimiento de semilla prebásica de papa (Solanum tuberosum) variedad chaucha roja, proveniente del sistema de producción aerónico*. Carrera Ingeniera Agronómica. Universidad Técnica de Ambato.
- Rubio, O., Almeyda, I., Cadena, M., & Lobato, R. (2011). *Relación entre Bactericera cockerelli y presencia de Candidatus Liberibacter psyllaourous en lotes comerciales de papa*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(1), 17-28. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000100002&lng=es&tlng=es.
- Rubio, O., Almeyda, J.; Moreno, J., Sánchez, J., Sosa, R., Borbon, J. Diaz, C., Garzón, J., Rocha, R., y Cadena, M. (2006). *Effect of seed provenance on seed traits of Cakile edentula (Brassicaceae), a coastal dune stabilizing species*. Botanical Sciences, 97(1), 74–81. <https://doi.org/10.17129/botsci.2050>
- Rubio, O; Almeyda, I; Cadena, M. y Lobato, R. (2014). *Relación entre Bactericera cockerelli y presencia de Candidatus Liberibacter psyllaourous en lotes comerciales de papa*. Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA, 10(3), 159–169.
- Salas, M., González, M., & Martínez, O. (2015). *Capacidad de consumo de Chrysoperla carnea (Stephens, 1836) (Neuróptera: Chrysopidae) sobre Bactericera cockerelli (Sulc, 1909) (Hemíptera: Psyllidae)*. Folia Entomológica Mexicana (nueva serie), 1(1), 1-6.
- Salazar, L. (2015). *Propiedades de un inceptisol derivado de granito y sus implicaciones en la susceptibilidad a deslizamientos*. Revista Cenicafé 66(1): 61-75.
- Sánchez Toapanta, J. M. (2016). *Sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica y generación de alertas para la prevención temprana de plagas y enfermedades en el cultivo de papa en la parroquia Quimiag del Cantón*

Riobamba de la Provincia de Chimborazo [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones.

Sánchez, A. (2002). *Plaguicidas y Fitosanitarios, Sanidad Ambiental*. XIII Congreso Nacional Farmacéutico.

<https://www.portalfarma.com/Profesionales/jornadasycongresos/informacion/Documents/2.3Sanidad%20Ambiental.%20Plaguicidas.pdf>

Sandoval Pillajo, A. L., Checa Cabrera, M. A., Díaz Vásquez, R. A., & Acosta Espinoza, J. L. (2021). *Sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades y plagas en plantas ornamentales*. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 505-511.

Schaper, E. (2012). *Proceso de Arribo de Bactericera cockerelli (Sulc) y su Relación con la Aparición de Síntomas de Punta Morada en el Cultivo de la Papa Solanum tuberosum L. en Coahuila y Nuevo León*. 66.

Scott, G. J., Petsakos, A., & Juarez, H. (2019). *Climate change, food security, and future scenarios for potato production in India to 2030*. *Food security*, 11(1), 43-56.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, [SENPLADES], (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025*. Quito. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Pág, 36-39.

Serrano Cervántes, L., y Pérez, D. (2006). *Información verbal sobre el causante de la enfermedad puta morada* [Archivo pdf].
https://ri.ues.edu.sv/1573/2/13100253_Ej.2.pdf

- Siabato, W., & Guzmán, J. (2019). *La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa*. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 28(1), 1–22. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Sibaja, F. & Álvarez, J. (2021). *De las semillas criollas a las semillas certificadas Maíz y agronomía en Antioquia (1920-1980)*. Anuario de Historia Regional y de las Fronteras, 26(1), 153-186. Epub December 30, 2020. <https://doi.org/10.18273/revanu.v26n1-2021005>
- Silva, P., Vergara, W., & Acevedo, E. (2015). *Rotación de cultivos. Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío*. Boletín INIA N°308, 196p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile, 49-68.
- Sofaer, H. R., Jarnevich, C. S., Pearse, I. S., Smyth, R. L., Auer, S., Cook, G. L., Edwards, T. C., Guala, G. F., Howard, T. G., Morisette, J. T., y Hamilton, H. (2019). *Development and Delivery of Species Distribution Models to Inform Decision-Making*. *BioScience*, 69(7), 544–557. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz045>
- Sosa, G., & Belgrano, M. J. (2021). *Desarrollo de nuevas formulaciones para incrementar la eficiencia y el uso racional de agroquímicos*. Anuario de Investigación USAL, (7).
- Summer, J., Sjölund, M., Carnegie, Y., Hight, F., Ouvrard, D., Greenslade, A., Bell, J., Sigvald, R., Kenyon, D. (2020). *A diagnostic real-time PCR assay for the rapid identification of the tomato-potato psyllid, Bactericera cockerelli (Šulc, 1909) and development of a psyllid barcoding database*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230741>

- Tran, L. T., Worner, S. P., Hale, R. J., & Teulon, D. A. J. (2012). *Estimating development rate and thermal requirements of Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae) reared on potato and tomato by using linear and nonlinear models*. Environmental entomology, 41(5), 1190-1198.
- Tamborindeguy, C., Huot, O. B., Ibanez, F., y Levy, J. (2017). *The influence of bacteria on multitrophic interactions among plants, psyllids, and pathogen*. Insect Science, 24(6), 961–974. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12474>
- Yanchatipan, D. M. (2020). *Monitoreo del Psílido Bactericera cockerelli en el Cultivo de Papa (Solanum tuberosum l.) en el Campus CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi–Salache, 2020*. Universidad Técnica de Cotopaxi UTC. Ecuador, Latacunga Universidad Técnica de Cotopaxi UTC
- Teresani, G., Hernández, E., Bertolini, E., Siverio, F., Marroquín, C., Molina, J., Hermoso de Mendoza, A., & Cambra, M. (2015). *Search for potential vectors of 'Candidatus Liberibacter solanacearum': population dynamics in host crops*. Spanish Journal of Agricultural Research, 13(1), e1002. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015131-6551>
- Toapanta, B. (2020). *Áreas de vulnerabilidad ambiental a la presencia actual y futura de Bactericera cockerelli (Sulc) en el cultivo de la papa en la sierra ecuatoriana en el período 2020* [Tesis de maestría]. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga – Ecuador.
- Tocagón, S., Guacán, S., Puma, B., y Castillo, C. (2020). *Dinámica poblacional de Bactericera cockerelli (Sulc) en el cultivo de papa, provincia de Imbabura*. Jornadas Internacionales de investigación Científica. Universidad Técnica del Norte. Pg. 95-103.
- Toledo, J. (2008). *Manejo Integrado de plagas*. México. Pg. 23-24

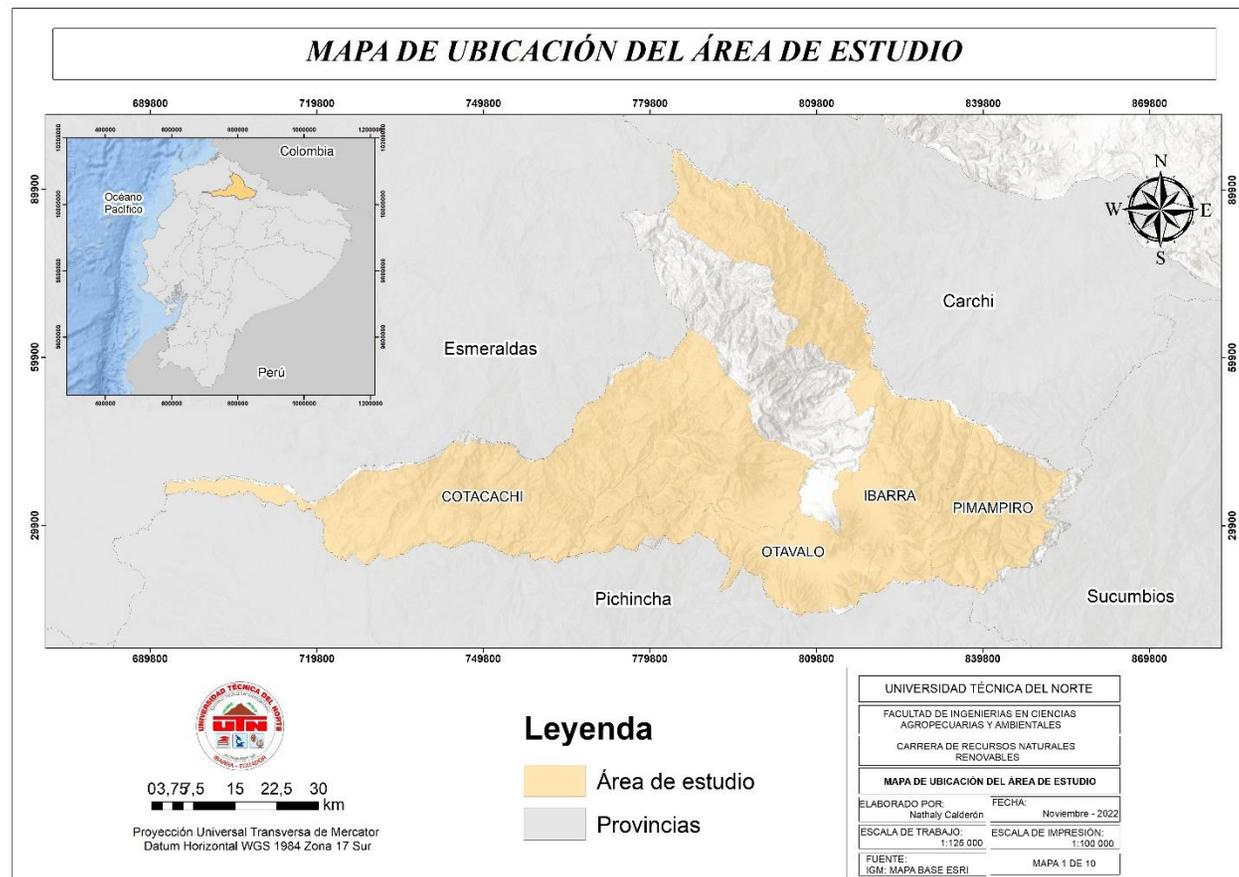
- Torres, R., y Jayat, P. (2010). *Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (cingulata, artiodactyla y rodentia) típicas del Chaco en Argentina*. Scielo, 336-347.
- Tran, L., Wornwer, S., Hale, R. Teuon, D. (2012). *Estimating Development Rate and Thermal Requirements of Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae) Reared on Potato and Tomato by Using Linear and Nonlinear Models*. Environ. Entomol. 41(5): 1190-1198 (2012); DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EN12124>
- Valenzuela, I., Sandanayaka, M., Powell, K., Norng, S. y Vereijssen, J. (2019). *Feeding behaviour of Bactericera cockerelli (Šulc) (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae) changes when infected with Candidatus Liberibacter solanacearum*. Arthropod-Plant Interactions (2020) 14:653–669. <https://doi.org/10.1007/s11829-020-09777-2>
- Vargas, R., & Margoth, D. (2021). *Efecto de la aplicación de extractos vegetales sobre la dinámica poblacional de Bactericera cockerelli en el cultivo de papa*. Universidad Central del Ecuador.
- Veiga, J., Fuente, E. & Zimmermann, M. (2008). *Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño*. Medicina y Seguridad Del Trabajo, 54(210), 81–88. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2008000100011>
- Villanueva, O., (2015). *Caracterización molecular del receptor de la vitelogenia en Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae)*. Universidad Autónoma de Nueva Leon.
- Vinueza, S. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de Bactericera cockerelli Sulc. en plantaciones de pimiento (Capsicum annum l.) en el Valle del Chota*. Universidad Técnica del Norte. (Archivo PDF). Recuperado de:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11055/2/03%20AGP%20286%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

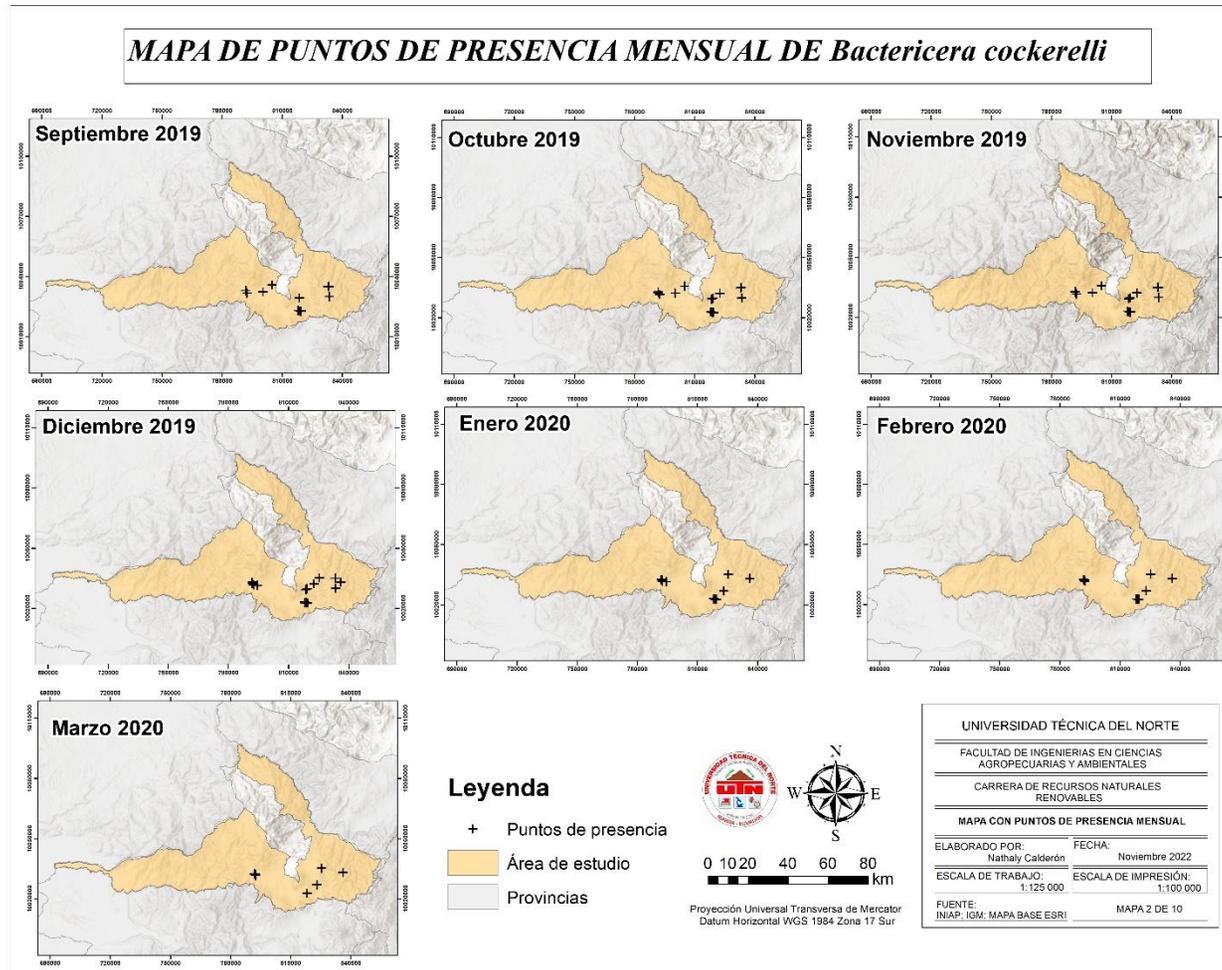
- Walker, G., MacDonald, F., Larsen, N. y Wallace, A. (2011). *Monitoring Bactericera cockerelli and associated insect populations in potatoes in South Auckland*. New Zealand Plant Protection (64), 269-275. doi: <https://doi.org/10.30843/nzpp.2011.64.6009>
- Wallis, C.M. and Chen, J. (2011). *Zebra chip symptoms are associated with increased phenolic, pathogenesis-related protein, and amino acid levels*. Proceedings of the 11th Annual Zebra Chip Reporting Session. Workneh F., Rashed A., and Rush C.M. Editors. San Antonio, Tx. p 159-162.
- Wan, Jing & Wang, Rui & Ren, Yonglin & McKirdy, Simon. (2020). *Potential Distribution and the Risks of Bactericera cockerelli and Its Associated Plant Pathogen Candidatus Liberibacter Solanacearum for Global potato production*. Insects. 11. 298. [10.3390/insects11050298](https://doi.org/10.3390/insects11050298).
- Warren, D. L., y Seifert, S. N. (2011). *Ecological niche modeling in Maxent: The importance of model complexity and the performance of model selection criteria*. *Ecological Applications*, 21(2), 335–342. <https://doi.org/10.1890/10-1171.1>
- Yong, A., Crespoles, A., Benítez, B., Pavón, M. y Almenares, G. (2016). *Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de San Andrés, Municipio La Palma*. *Cultivos Tropicales*. <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2756.3761>
- Zepeda, I. (2010). *Manejo Integrado De Plagas: Una Solución a la contaminación ambiental*. *Comunidad y Salud*, 8(1), 73–82.

ANEXOS

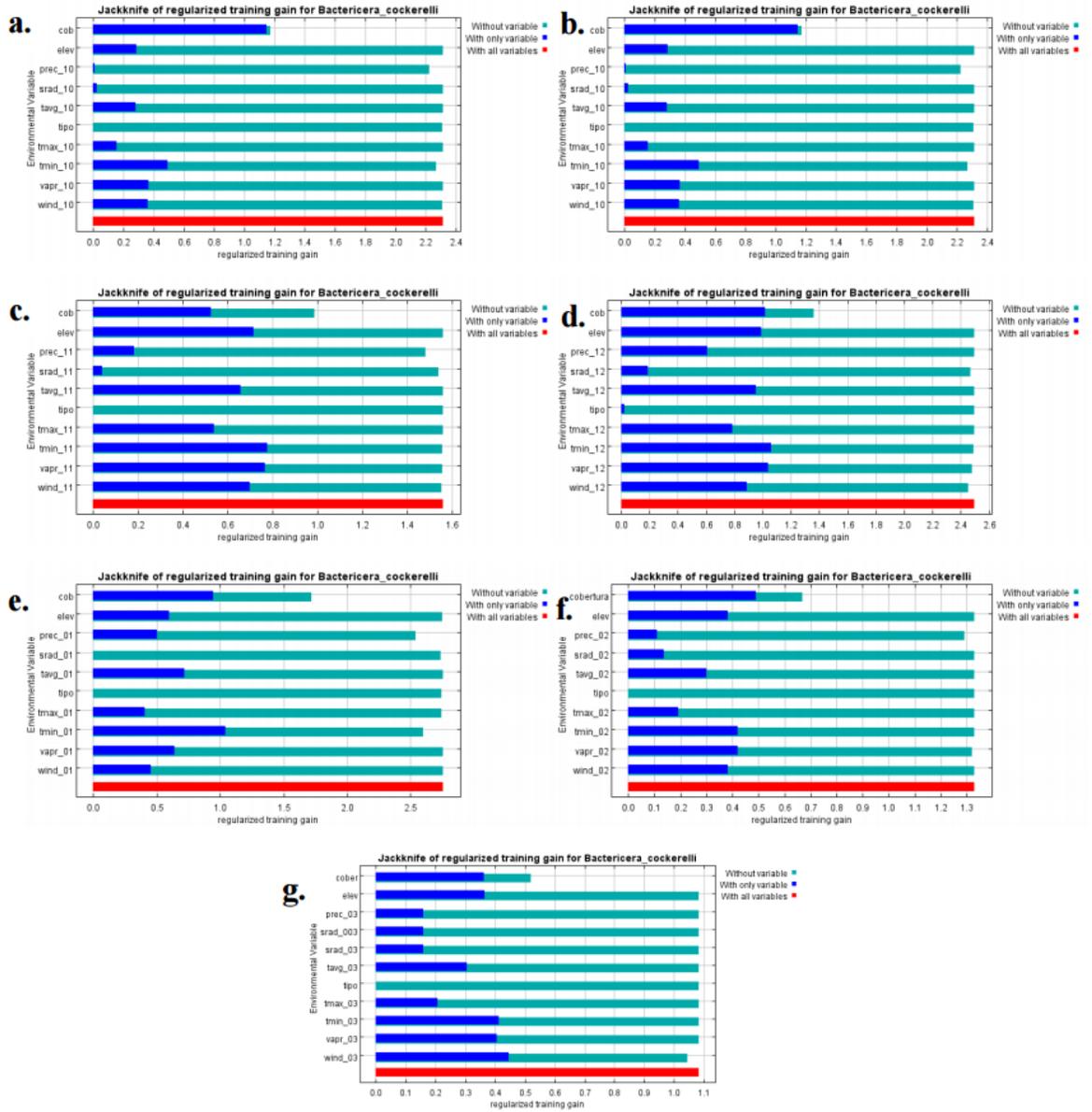
Anexo I Mapa de ubicación del área de estudio



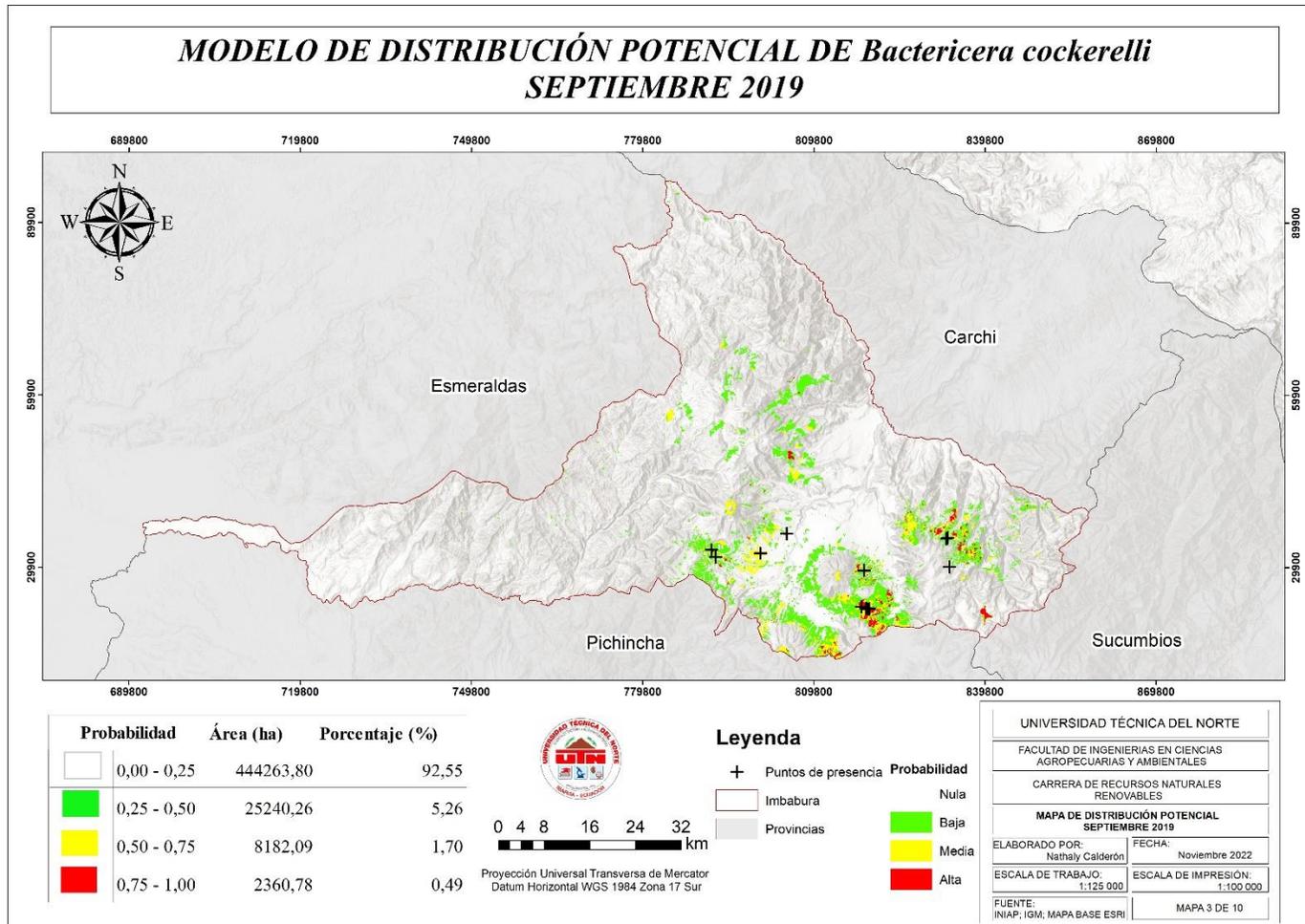
Anexo 2 Puntos de presencia mensual de *Bactericera cockerelli*



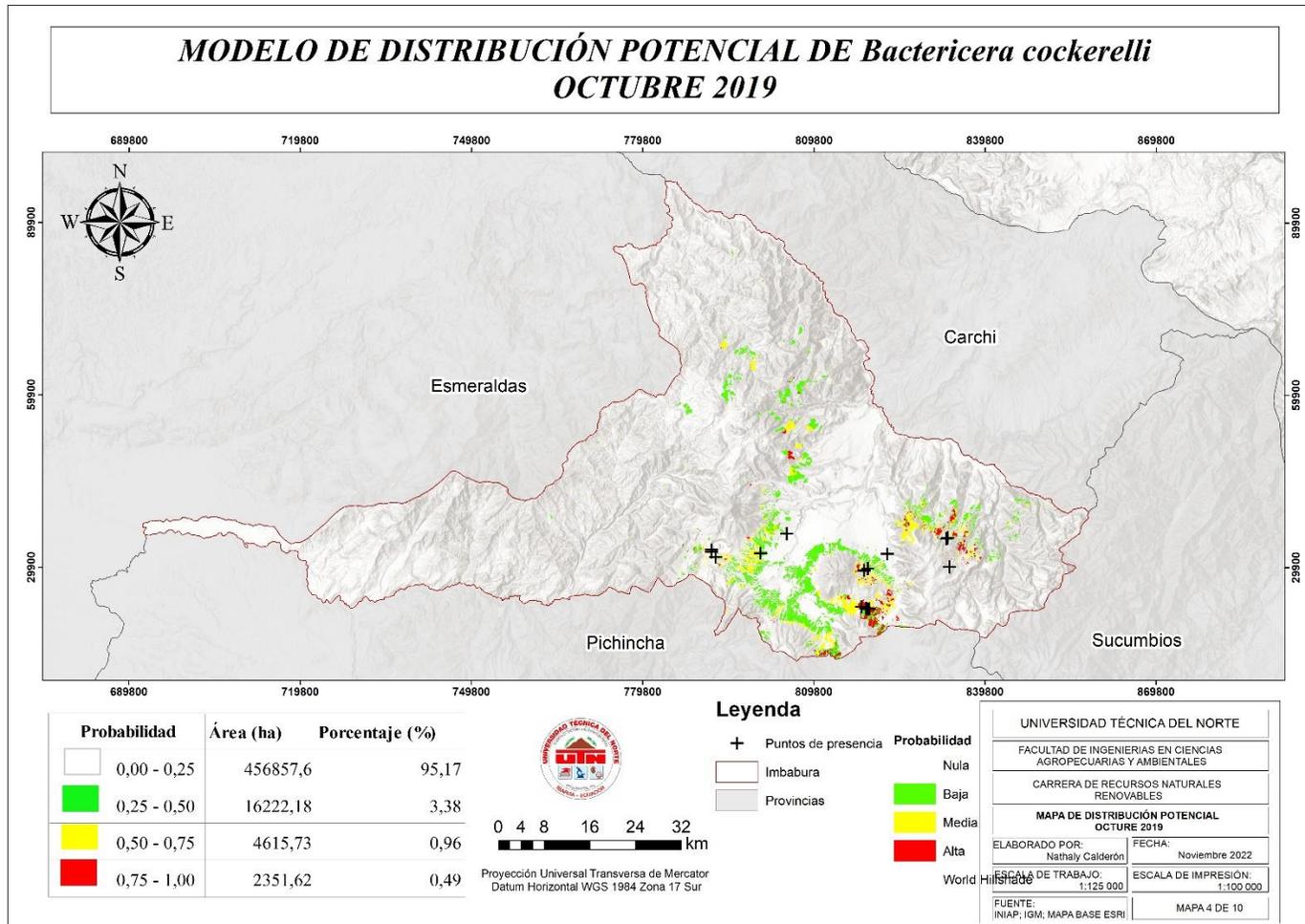
Anexo 3 Prueba Jackknife modelos mensuales a. septiembre 2019, b. octubre 2019, c. noviembre 2019, d. diciembre 2019, e. enero 2020, f. febrero 2020, g. marzo 2020.



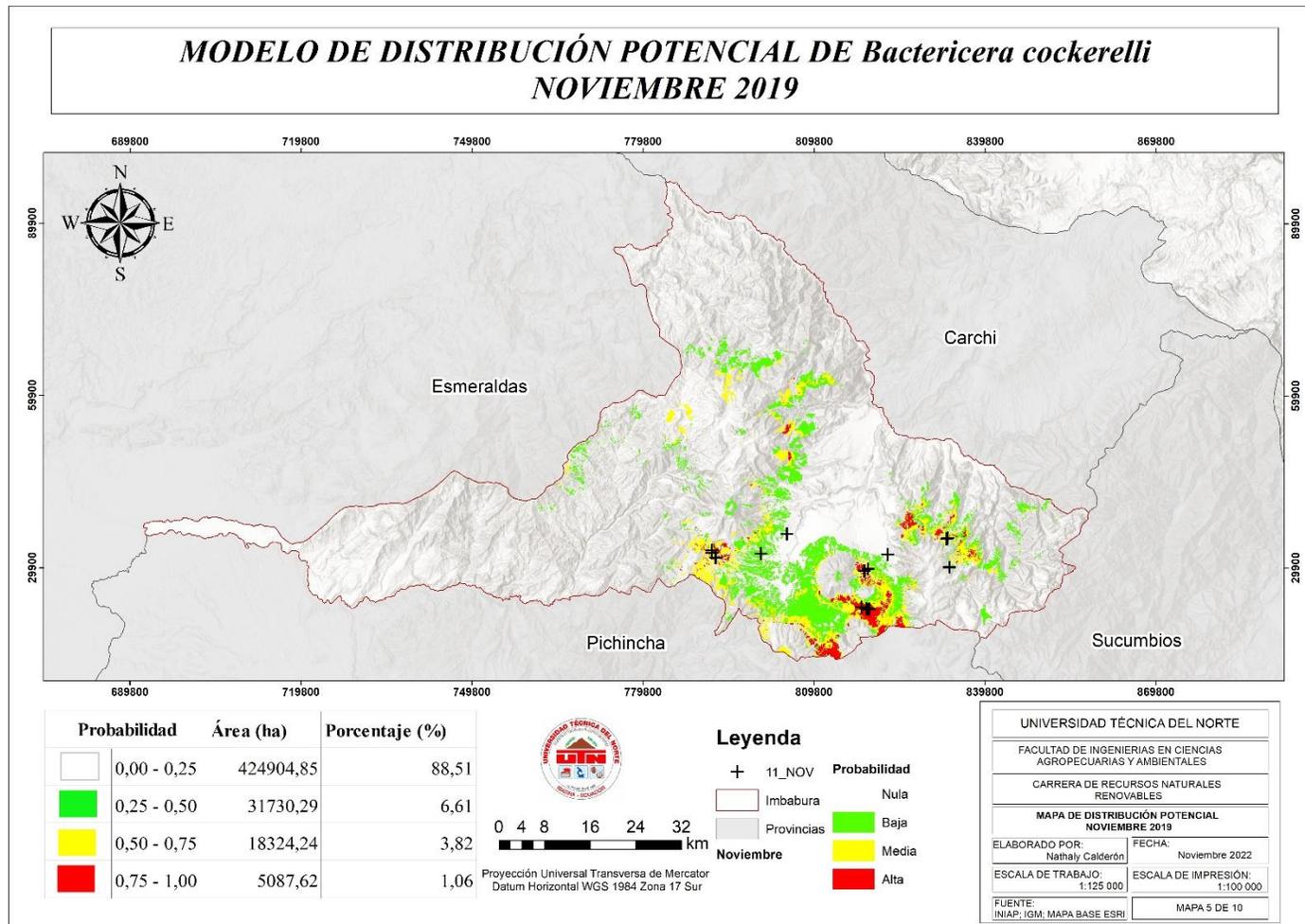
Anexo 4 Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de septiembre 2019



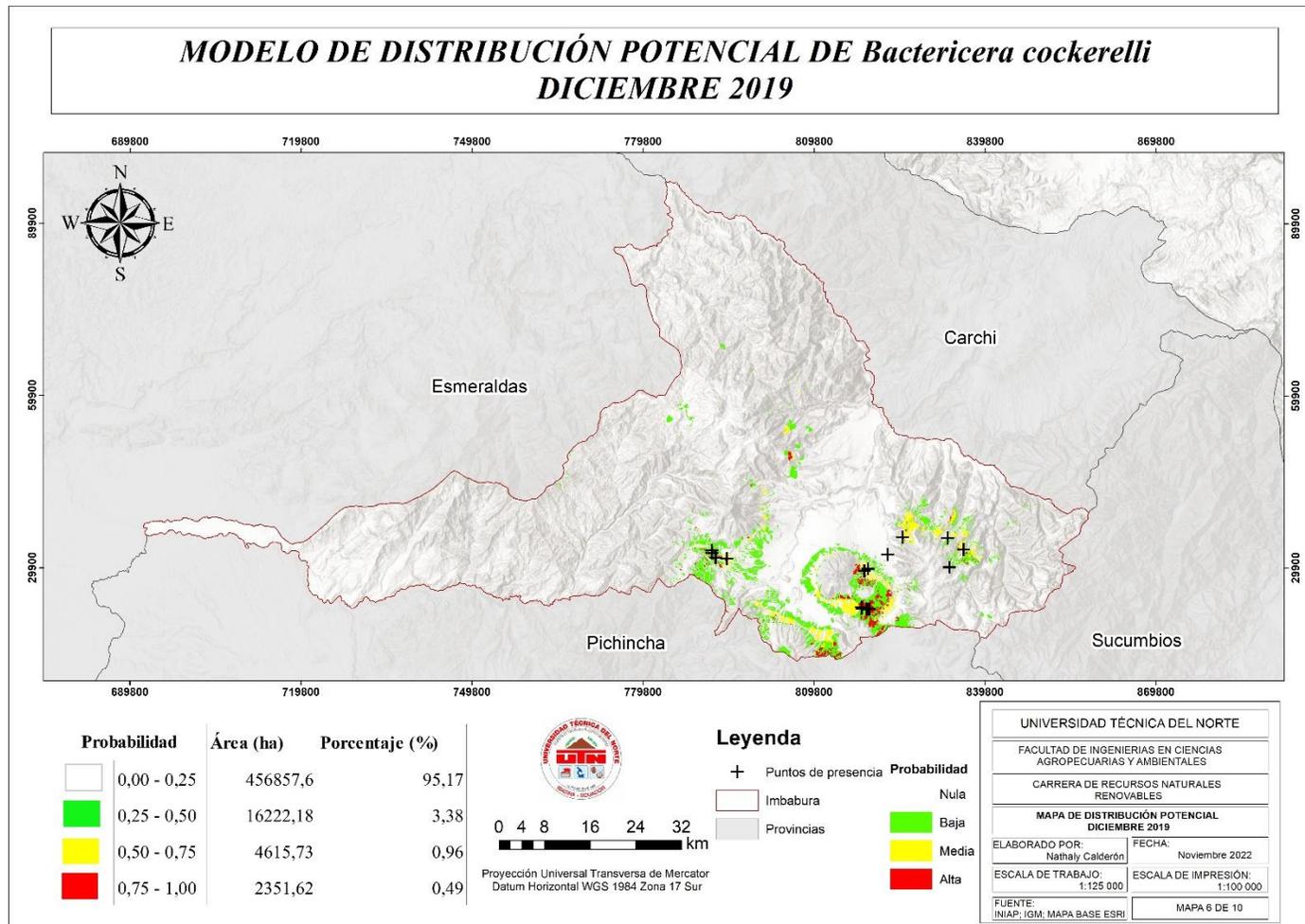
Anexo Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de octubre 2019



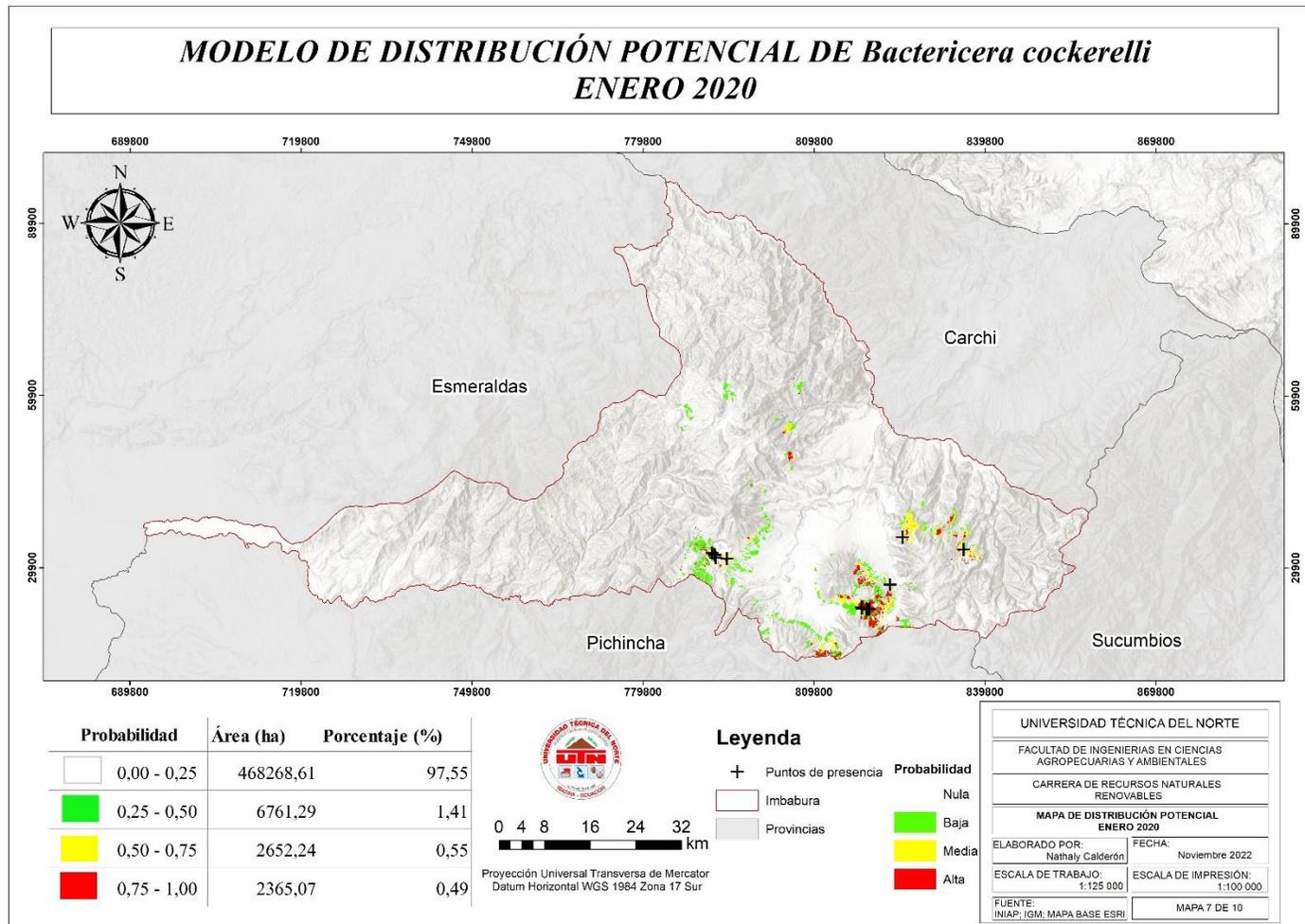
Anexo Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de noviembre 2019



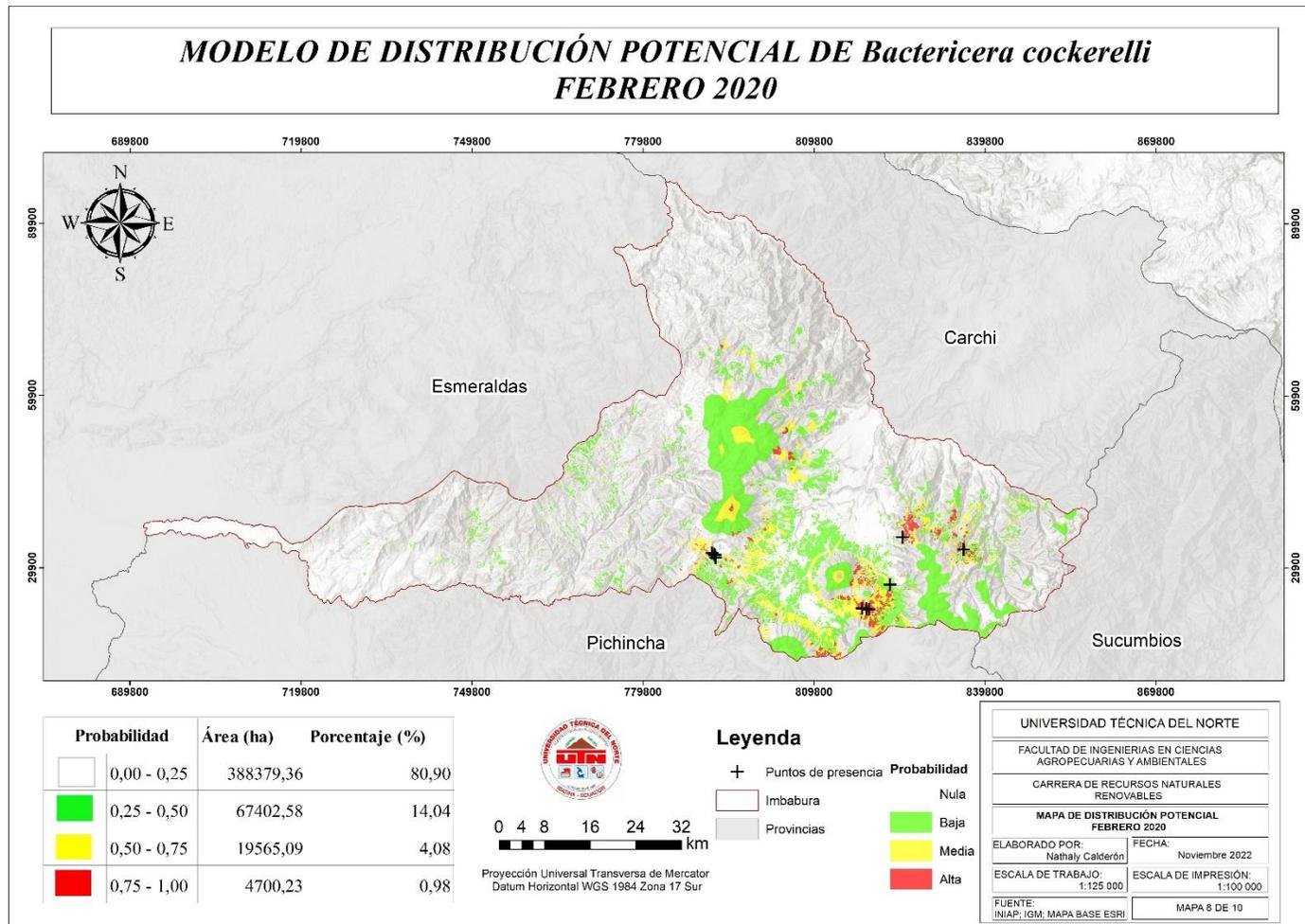
Anexo Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de diciembre 2019



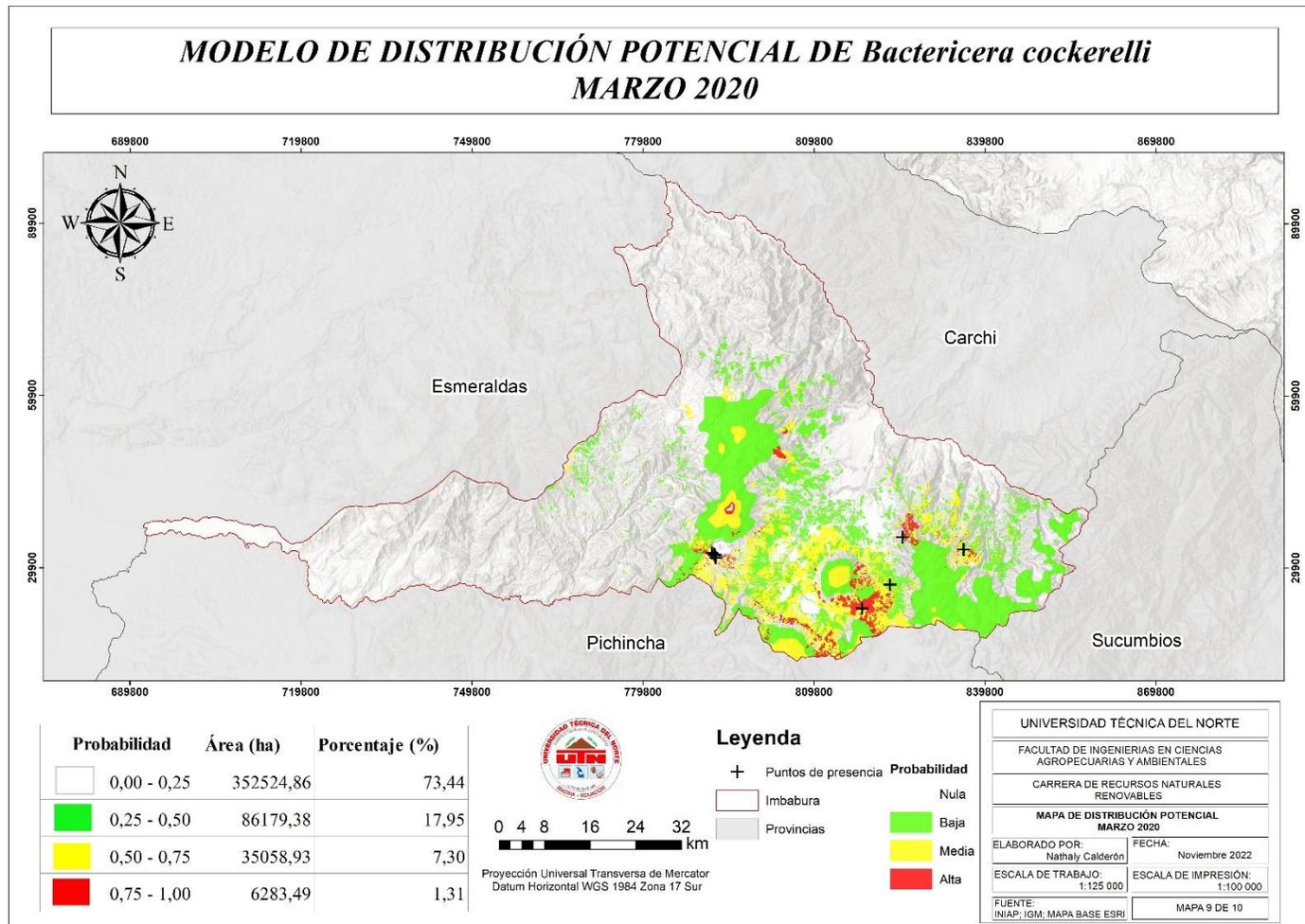
Anexo Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de enero 2020



Anexo. Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de febrero 2020



Anexo. Distribución potencial *Bactericera cockerelli* mes de marzo 2020



Anexo 5. Modelo general de Distribución Potencial de *Bactericera cockerelli*

