



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera
Ambiental

Autor:

Unaicho Mañay Alexandra Monserrath

Tutor:

Rivera Moreno Marco Antonio

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Unaicho Mañay Alexandra Monserrath, con cédula de ciudadanía No. 0650292444, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023”**, siendo el Ingeniero Marco Antonio Rivera Moreno M.Sc, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de febrero del 2024



Alexandra Monserrath Unaicho Mañay
C.C: 0650292444
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **UNAUCHO MAÑAY ALEXANDRA MONSERRATH**, identificada con cédula de ciudadanía **0650292444** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: marzo 2020 – septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, M.Sc.

Tema: “**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023**”,

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b. La publicación del trabajo de grado.

- c. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

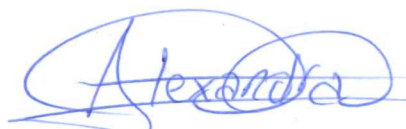
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 19 días del mes de febrero del 2024.



Alexandra Monserrath Unaicho Mañay
LA CEDENTE

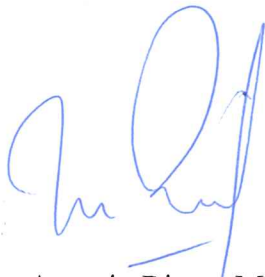
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023”, de Unaucho Mañay Alexandra Monserrath, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 19 de febrero del 2024



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno. M.Sc.

C.C: 0501518955

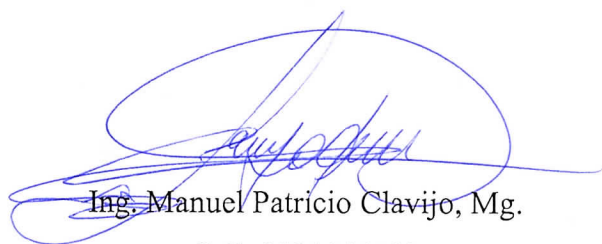
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Unaicho Mañay Alexandra Monserrath, con el título del Proyecto de Investigación: “**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

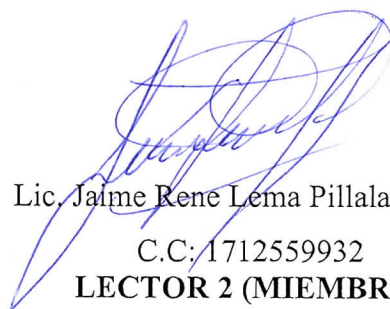
Latacunga, 20 de febrero del 2024



Ing. Manuel Patricio Clavijo, Mg.

C.C: 0501444582

LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Lic. Jaime Rene Lema Pillalaza, Mg.

C.C: 1712559932

LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Oscar Rene Daza Guerra, Mg.

CC: 0400689790

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Esta investigación de pregrado y el resultado de mi formación, se la debo a muchas personas, que no me alcanzaría esta página para detallar sus nombres, más aún, quiero citar a la Universidad Técnica de Cotopaxi que me abrió sus puertas para hacer realidad mi sueño de ser profesional, también agradecer a mi tutor de tesis, el ing. Marco Rivera, a quien admiro profundamente y anhelo algún momento retribuir la confianza prestada hacia mi persona, conjuntamente con la ing. Guadalupe López, misma que considero un gran ejemplo de mujer. Como no agradecer a cada uno de mis docentes, quienes encaminaron este trayecto con su valioso conocimiento y experiencias. A las maravillosas personas encontradas en la universidad que ahora las puedo considerar amigos, con ellos puedo asegurar que el dicho: “los amigos no te salvan solo la carrera, sino un poquito la vida” es cierto. Finalmente agradecer a mi familia que me ha apoyado económica y emocionalmente de manera incondicional en cada una de mis decisiones. Agradezco a la vida por haber puesto en mi camino a cada persona que me extendió su mano de una u otra manera para poder sacar adelante este proyecto, sin duda son una bendición; y, por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír y las malas que indudablemente me ayudaron a crecer.

Ale

DEDICATORIA

Siempre hay muchas razones para iniciar una nueva etapa o un nuevo proyecto en la vida, sin duda alguna siempre hay varios motivos que te impulsan a querer crecer, esforzarte y salir adelante; mi caso no es la excepción, es por ello que este proyecto culminado con éxito es netamente para mi Jhory, la luz que ha iluminado mi mente y ha sido la fuente de inspiración de todo el esfuerzo y dedicación a lo largo de mi carrera universitaria. Pequeñito lindo no encuentro las palabras correctas para expresar lo importan que eres para mí, de tan solo querer expresar este sentimiento mis ojos se nublan de alegría al saber que estas en mi vida y eres lo más preciado que tengo.

Ale

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023”

Autor:
Unaucho Mañay Alexandra Monserrath

RESUMEN

La investigación tiene como fin proyectar la distribución actual y futura de la *Coccinella septempunctata* en la región Sierra del Ecuador bajo dos escenarios de tiempo (2050 y 2080), basándose en las alteraciones de factores climáticos y datos de presencia de plataformas de ciencia ciudadana (INaturalist). Se elaboró la base de datos para el trabajo con un total de 199 puntos de presencia en el área de estudio. Para mejorar la calidad de los modelos de distribución se obtuvo capas bioclimáticas de la plataforma World Clim con una resolución de 30 arc/seg cada una, y se seleccionaron las capas más idóneas a través del índice de correlación de Pearson, indicando que 10 de las capas son las más óptimas para la zona (bio 1, bio3, bio 7, bio 9, bio 10, bio 12, bio 14, bio 15, bio 18 y bio 19). En el programa MaxEnt se analizó la base de datos y las capas de variables actuales, dando como resultado una mayor afluencia de la especie en las provincias de Pichincha y Cotopaxi, indicando que la probabilidad media de la presencia de la *Coccinella septempunctata* es de 8,68% que equivale el 5207,234 km² y en la probabilidad alta (PA) un área resultante de 3046,437 km² que equivale al 5,08% del área total para el año 2023. Para los modelos predictivos se utilizó los Modelos de Circulación Global HADGEM3-ES y MIROC6, bajo las proyecciones climáticas ssp126 y ssp245 para ambos años, obteniendo 8 modelos de distribución para el futuro. Los modelos de distribución indican un incremento en las probabilidades de presencia medias y altas en la zona; y una reducción en la probabilidad nula con respecto al modelo de distribución actual. Así mismo al comparar los dos escenarios de tiempo es evidente el incremento de probabilidad de adaptación a los cambios climáticos previstos. Es necesario recalcar que cada modelo fue validado con el análisis de ROC y el AUC, donde todos muestran valores superiores a 0,89 indicando confiabilidad en los resultados. Se evidencia una relación constante entre el factor clima y la dinámica de la distribución potencial de la especie, es decir, si solo se tuviera en cuenta el factor climático de la región, la *Coccinella septempunctata* extendería sus rangos de distribución en el futuro y a pesar del cambio climático la adaptabilidad de esta especie es alta.

Palabras clave: nicho ecológico, cambio climático, biodiversidad, distribución de especies, modelos predictivos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ACTUAL Y FUTURA DE ENTOMOFAUNA BENÉFICA (*Coccinella septempunctata*), UTILIZANDO INATURALIST COMO UNA HERRAMIENTA PARA REALIZAR REGISTROS DE PRESENCIA, EN LA REGIÓN SIERRA, 2023”

Author:
Unaicho Mañay Alexandra Monserrath

ABSTRACT

The research aims to project the current and future distribution of *Coccinella septempunctata* in the Ecuadorian highland region, below two scenarios of time (2050 and 2080), based on alterations of climatic factors and presence data from citizen science platforms (INaturalist). The database for the work was elaborated with a total of 199 presence points in the entire study area. To improve the quality of the distribution models, bioclimatic layers were obtained from the World Clim platform with a resolution of 30 arc/sec each, and the most suitable layers were selected through Pearson's correlation index, indicating that 10 of the layers are the most optimal for the area. The MaxEnt program was used to analyze the database and the layers of current variables, resulting in greater influx of the species in Pichincha and Cotopaxi provinces, indicating that the average probability of the presence of *Coccinella septempunctata* is 8.68%, equivalent to 5207.234 km², and in the high probability (PA) a resulting area of 3046.437 km², equivalent to 5.08% of the total area. For the predictive models, the Global Circulation Models HADGEM3-ES and MIROC6 were used, under the climate projections ssp126 and ssp245 for both years, obtaining 8 distribution models for the future. The distribution models indicate an increase in the probabilities of medium and high presence in the area; and a reduction in the null probability with respect to the current distribution model. Likewise, when comparing the two time scenarios, it is evident that there is an increase in the probability of adaptation to the expected climate changes. It is necessary to emphasize that each model was validated with the ROC analysis and the AUC, where all show values higher than 0.89 indicating reliability in the results. A constant relationship between the climate factor and the dynamics of the potential distribution of the species is evident, i.e., if only the climatic factor of the region were taken into account, *Coccinella septempunctata* would extend its distribution ranges in the future and despite climate change the adaptability of this species is high.

Keywords: ecological niche, climate change, biodiversity, species distribution, predictive models.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INFORMACIÓN GENERAL	1
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
OBJETIVOS	4
General	
Específico	
ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
Antecedentes	6
Coccinella septempunctata	9
Clasificación Taxonómica	9
Alimentación	9
Ciclo biológico de Mariquitas Coccinellidae	10
Especie Introducida.....	10
Condiciones Ambientales.....	11
Nicho Ecológico	11
MaxEnt	12
WorldClim.....	12
ArcGIS	13
Modelos de distribución.....	13
Modelos de Circulación Global o General.....	13
Modelo de distribución global MIROC6	14
Modelo de distribución global HADGEM3-ES	14
Escenario ssp126 y ssp245 en tendencias climáticas.....	14

VALIDACIÓN DE LA PREGUNTAS CIENTÍFICAS	15
METODOLOGÍA	16
Área De Estudio.....	16
Tipo de investigación.....	17
Métodos	17
Método Inductivo	
Mixto Convergente.....	
Técnicas e instrumentos.....	18
Metodología para el registro de presencia de Coccinella septempunctata	19
Datos de presencia.....	
Variables descriptivas	
Metodología del modelamiento actual	21
Proceso de datos.....	
Modelamiento de nicho ecológico	
Modelos de distribución potencial.....	22
Proceso de datos.....	
Uso de ArcGis.....	
Cambios en la probabilidad de ocupación	
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
Registro de presencia de Coccinella septempunctata	23
Determinación de las variables bioclimáticas	24
Modelación actual de la distribución de la Coccinella septempunctata	27
Validación estadística del modelo.....	27
Análisis de contribuciones de cada variable.....	31
Idoneidad climática	34
Modelo de distribución actual de la Coccinella septempunctata	35
Modelos de distribución potencial futura de Coccinella Septempunctata	37
Modelación potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo HadGEM3 para el año 2050, SSP126	37
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo HadGEM3 para el año 2050, SSP245	40
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo CIROC6 para el año 2050, SSP126	41

Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo CIROC6 para el año 2050, SSP245	43
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo HadGEM3 para el año 2080, SSP126	44
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo HadGEM3 para el año 2080, SSP245	45
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo CIROC6 para el año 2080, SSP126	46
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata bajo el modelo CIROC6 para el año 2080, SSP245	47
Comparación de la Idoneidad Climática para los Modelos de Distribución futura	48
Comparación de los Modelos de Distribución actual y futura	50
IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	54
Impacto social	
Impacto ambiental	
Impacto económico.....	
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	5
Matriz resumen de objetivos y sus resultados	
TABLA 2	9
Clasificación Taxonómica de <i>Coccinella septempunctata</i>	
TABLA 3	20
19 capas Bioclimáticas	
TABLA 4	21
Categorización del AUC	
TABLA 5	26
Agrupación de variables correlacionadas	
TABLA 6	27
Variables Bioclimáticas seleccionadas para el modelo de distribución	
TABLA 7	28
Validación estadística del AUC	
TABLA 8	32
Contribución relativa de las variables ambientales	
TABLA 9	33
Variación de las variables para la predicción de MaxEnt.	
TABLA 10	38
Promedio del umbral de corte	
TABLA 11	49
Idoneidad climática arrojada para cada modelo de distribución futura de la Catarina.....	
TABLA 12	51
Modelos de distribución para la <i>Coccinella septempunctata</i>	
TABLA 13	52
Comparación entre zonas de influencia de la especie para el año 2050.....	
TABLA 14	54
Comparación entre zonas de influencia de la especie para el año 2080.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	16
Región Interandina del Ecuador.	
FIGURA 2	24
Registros de presencia seleccionados para el modelamiento.....	
FIGURA 3	25
Matriz del coeficiente de correlación de Pearson.	
FIGURA 4	29
Análisis de ROC para <i>Coccinella Septempunctata</i>	
FIGURA 5	30
Tasa de omisión para <i>Coccinella septempunctata</i>	
FIGURA 6	31
Prueba de Jacknife de las variables bioclimáticas para <i>Coccinella septempunctata</i>	
FIGURA 7	35
Mapa de idoneidad climática actual para <i>Coccinella septempunctata</i>	
FIGURA 8	36
Modelo de distribución potencial actual de la <i>Coccinella septempunctata</i>	
FIGURA 9	37
AUC Futuro 2050 - Modelo HadGEM3 – ssp126.....	
FIGURA 10	39
Distribución bajo el Modelo de Circulación Global HadGEM3, 2050, ssp126.	
FIGURA 11	40
AUC Futuro 2050 - Modelo HadGEM3 – ssp245.	
FIGURA 12	41
Modelo de Distribución HadGEM3 – ssp245, año 2050.	
FIGURA 13	42
AUC Futuro 2050 - Modelo CIROC6 – ssp126.	
FIGURA 14	43
Modelo de Distribución CIROC6 – ssp126, año 2050.	
FIGURA 15	44

Distribución potencial de Coccinella Septempunctata- modelo CIROC6, 2050, SSP245.	
FIGURA 16	45
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - HadGEM3 para el año 2080, SSP126.....	
FIGURA 17	46
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - HadGEM3 para el año 2080, SSP245.....	
FIGURA 18	47
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - CIROC6 para el año 2080, SSP126.....	
FIGURA 19	48
Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - CIROC6 para el año 2080, SSP245.....	

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Distribución espacial actual y futura de entomofauna benéfica (*Coccinella septempunctata*), utilizando iNaturalist como una herramienta para realizar registros de presencia, en la región Interandina del Ecuador, 2023.

Fecha de inicio:

Octubre del 2023

Fecha de finalización:

Enero del 2024

Lugar de ejecución:

Ecuador, Región Sierra

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación del cambio de la cobertura vegetal, del uso y los recursos hídricos en los páramos de la Provincia de Cotopaxi

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Rivera Moreno Marco Antonio

Autora del trabajo de investigación: Unaicho Mañay Alexandra Monserrath

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Marco Antonio Rivera Moreno

Teléfonos: 0992521591

Correo electrónico: marco.rivera@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Biodiversidad

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La *Coccinella septempunctata* es una especie no nativa del Ecuador, se desconoce en tiempo en el que fue introducida al país, pero diversos estudios indican que su expansión es un hecho, más aún se desconoce a que magnitud crecen poblacionalmente (Peñaherrera et al, 2023). Es esta falta de información que impulsa al investigador realizar el presente trabajo, de esta manera contribuir con información actual y futura de esta especie, pues la identificación de la distribución actual de la *Coccinella septempunctata* sería de gran utilidad para las entidades gubernamentales ambientales, ONGs y organizaciones de conservación si así lo requiere.

Además, hay que tener en cuenta que al ser una especie introducida puede alterar o afectar a especies nativas, en ciertas áreas, donde se puede desarrollar alternativas para el control en base a las predicciones de su distribución. Por otro lado, bajo el control agrícola existen estudios realizados por Bowling et al., (2016) que mencionan a especies de mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae) alimentándose del pulgón de la caña de azúcar, es decir, actúan como controladores biológicos, siendo este el caso, con los resultados arrojados en la presente investigación sería viable identificar zonas de presencia de esta especie, con la finalidad de brindar estrategias alternas en el control de plagas, de este modo en un futuro llevar un buen manejo y conservación de los suelos.

Mediante datos de presencia en la Sierra ecuatoriana y variables climáticas, permitirá el modelamiento del hábitat de la Catarina de siete puntos, a través de mapas, tanto actuales como futuros de la conducta y distribución de la especie en la Sierra

Ecuatoriana, por tal motivo se justifica plenamente la realización de este trabajo, los resultados nos permitirán obtener datos probables de cómo está la situación de este insecto en la región Sierra y que puede suceder en un futuro si no tomamos decisiones adecuadas y de esta manera contribuir a la comunidad científica, al sector agrícola e instituciones como el Ministerio del Ambiente (MAE) mediante el enriquecimiento de conocimiento sobre biodiversidad.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Investigadores sobre entomofauna, y estudiantes que estén interesados en realizar temas similares dentro de la región Sierra, es decir, el 44,6 % de la población del Ecuador serán beneficiarios directos de la investigación.

3.2. Beneficiarios indirectos

Sectores agrícolas, los mismos que representan el 25% de la población dentro del país.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Ecuador es uno de los países con más riqueza en biodiversidad en todo el mundo, más aún la falta de información sobre las diferentes especies es muy grande, y sobre todo del grupo más grande que habita la tierra, los insectos. Los insectos son la forma más abundante de la vida animal sobre la tierra, encontrándose distribuidos en diferentes hábitats (Jiménez, 2009). Existen cada vez mayores indicios de que la distribución de los insectos está cambiando debido a las alteraciones en el clima actual. Las alteraciones climáticas terrestres están proporcionando a las especies de insectos móviles un mayor número de hábitats hospitalarios, y la intensificación de los intercambios comerciales ha aumentado las oportunidades de las especies móviles de colonizar nuevos hábitats. (Régnière, 2009).

Los insectos son un elemento importante por la función que cumplen en los ecosistemas terrestres actuando como polinizadores, descomponiendo materia orgánica animal y

vegetal, posibilitando el reciclaje de nutrientes, su incorporación al suelo y su disponibilidad para las plantas, promotores de servicios ecosistémicos y controladores biológicos de especies consideradas perjudiciales (Zumbado y Azofeifa, 2018) (Guzmán, R. et al. 2016) y las mariquitas de siete puntos no son la excepción. La falta de conocimiento sobre la diversidad y dispersión de esta especie presente en las áreas de estudio, es una problemática que actualmente trae como consecuencias la pérdida de la misma con la mala aplicación de distintos pesticidas con el fin de controlar las plagas, afectando a insectos benéficos, pues los estudios más recientes sobre este tema en el país corresponden al año 2018 (Montaño, 2021), es decir, no se le ha dado la importancia necesaria. Esto incide en los cambios de estrategias, funciones y comportamientos para la sobrevivencia de una especie en cuestión de las condiciones y recursos de su hábitat, acción mejor conocida como nicho ecológico. Dado es el posible caso de la *Coccinella septempunctata*, que debido al cambio climático una especie animal cuyo nicho climático se desplaza, puede mantenerse en el mismo lugar tolerando los cambios si tiene suficiente plasticidad fenotípica o si puede evolucionar y adaptarse rápidamente al cambio, o puede seguir gradualmente el desplazamiento geográfico por dispersión, por ejemplo, trasladándose a latitudes mayores o altitudes más altas (Herzog et al., 2010).

5. OBJETIVOS

5.1.General

Determinar la distribución actual y futura de *Coccinella septempunctata*, utilizando iNaturalist como una herramienta para realizar registros de presencia, en la Sierra Ecuatoriana, 2023.

5.2.Específicos

- Establecer registros de presencia de *Coccinella septempunctata* dentro de las áreas de estudio y las variables climáticas de relevancia que estructuran su nicho ecológico.

- Determinar la distribución potencial actual de la *Coccinella septempunctata*, en base a modelamiento de nicho ecológico en la región Sierra.
- Proyectar la distribución potencial de la *Coccinella septempunctata* para el 2050 y 2080, basado en el modelamiento de nicho ecológico y proyecciones a escenarios de cambio climático.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1

Matriz resumen de objetivos y sus resultados

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Establecer registros de presencia de <i>Coccinella septempunctata</i> dentro de las áreas de estudio y las variables climáticas de relevancia que estructuren su nicho ecológico.	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilación de datos de presencia existentes en INaturalist. - Selección de los datos más óptimos para el modelamiento. - Determinación de las variables climáticas óptimas para los modelos. 	<p>Los puntos de presencia se obtendrán en INaturalis y serán expuestos en el programa ArcMap para depurar los datos.</p> <p>Para la selección de variables se aplicó la correlación de Pearson en el programa R Studio, donde se seleccionaron aquellas que trabajan de manera individual, mientras que de las variables que se relacionan con un índice superior a 0,75 se escoge una sola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de presencia - Variables bioclimáticas - Base de datos
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS

Determinar la distribución potencial actual de la <i>Coccinella septempunctata</i> , en base a modelamiento de nicho ecológico en la región Sierra.	<ul style="list-style-type: none"> - Validación del modelo estadístico. - Elaboración de bases de datos compatibles con los programas. 	En el programa MaxEnt se procesaron los datos de presencia y las capas de bioclimáticas seleccionadas, estos resultados se exportan al programa ArcGis para su representación gráfica y análisis de áreas.	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa de distribución actual de la <i>Coccinella septempunctata</i> en la Sierra Ecuatoriana. - Mapa de idoneidad climática actual.
---	--	--	---

OBJETIVO 3	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Proyectar la distribución potencial de la <i>Coccinella septempunctata</i> para el 2050 y 2080, basado en el modelamiento de nicho ecológico y proyecciones a escenarios de cambio climático.	<ul style="list-style-type: none"> - Validación de los dos modelos de proyección futura. - Obtención de las capas para proyección en los distintos escenarios. 	En el programa MaxEnt se procesaron los datos de presencia recolectados, las capas de bioclimáticas trabajadas para el modelo de distribución actual y las capas de proyección futura, para cada modelo en los distintos escenarios de tiempo. Estos resultados se exportan al programa ArcGis para su representación gráfica y análisis de áreas.	<ul style="list-style-type: none"> - Datos Estadísticos - Mapas de distribución futura para 2 escenarios de tiempo (2050 y 2080) bajo dos modelos de proyección.

Elaborado por: Unaicho, A.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Antecedentes

La entomofauna benéfica es un grupo de gran interés por la función que cumplen en los ecosistemas terrestres actuando como polinizadores, descomponedores de materia orgánica animal y vegetal, promotores de servicios ecosistémicos y controladores

biológicos (depredadores y parasitoides) de especies consideradas perjudiciales (Zumbado y Azofeifa, 2018) (Guzmán, R. et al. 2016).

La *Coccinella septempunctata* o comúnmente conocida como mariquita de siete puntos, pertenece a la familia coleoptera Coccinellidae; en estado de larva o adultos su alimentación abarca una gran cantidad y variedad de áfidos que infestan una considerable diversidad de vegetación, ya que se puede encontrar en plantas de diferentes alturas, desde hierbas hasta árboles (Camacho et al., 2019). La *Coccinella septempunctata* tiene su origen en Europa en sitios con una temperatura promedio de 25°C, misma que es necesaria para la fase de internación del insecto, se reconoce fácilmente por su cabeza negra con dos manchas blancas separadas y élitros rojos con manchas negras; en su estado adulto pueden alcanzar una longitud de 6.5 a 7.8 mm y su longevidad va de 13.5 a 16.7 días (Perrales & Arredondo, 1999). Esta especie en particular es considerada un eficiente controlador biológico de plagas en los cultivos, cuya característica lo ha llevado a ser comercializado en masas para la depredación de plagas en invernaderos dentro de Europa, Asia y América (Li et al., 2022).

El propósito del presente estudio es identificar las áreas de presencia actual y futura de la mariquita de siete puntos (*Coccinella septempunctata*) en la provincia de Cotopaxi, ya que en Ecuador se ha reportado la presencia de especies invasivas tanto en la región costa y sierra (Carvajal, 2016). Al perder el control de las especies introducidas puede resultar perjudicial para las comunidades biológicas en las que se han introducidos, alterando los recursos naturales, servicios ambientales e impactar a las especies nativas como es el caso de las mariquitas, además afectando la producción agrícola y salud humana debido al descontrol y ausencia de conocimiento sobre sus asentamientos poblacionales generando impactos ecológicos y socioeconómicos positivos y negativos (Peñaherrera et al., 2023). Es por ello que se establecen los modelos de distribución de especies como base fundamental de la presente investigación.

En la actualidad, la distribución real y precisa de la mayoría de especies de seres vivos sigue siendo una incógnita (Obregón et al., 2014). La deficiencia de datos es el principal obstáculo para desarrollar mapas de distribución precisos. La aparición de

bases de datos de información sobre biodiversidad en plataformas de ciencia ciudadana mejora drásticamente la cantidad de información disponible para establecer la distribución actual e histórica de especies (Wang et al., 2018). A lo largo de los años, el cambio climático (atribuido directa o indirectamente a la actividad humana) ha ido generando diferentes respuestas en el patrón de distribución de la flora y fauna (Quesada et al., 2016).

Los modelos de distribución de especies ayudan a identificar zonas potenciales con datos reales de presencia en función a las características ambientales del sitio apoyado en procedimientos estadísticos y cartográficos; también se considera como un proceso de clasificación, donde interactúan variables dependientes y variables independientes, que, por lo general son características ambientales del sitio que tienen un efecto sobre la distribución de las especies de una forma directa o indirecta, por ello es recomendable combinar variables explicativas que sirven como factores limitantes y/o indicadores, posteriormente incluir variables de gran variabilidad en el área de interés y una variable no relacionada a las anteriores ; la coordinación y análisis entre estos factores brindan una descripción certera del comportamiento de los organismos en el medio (Mateo et al., 2011).

Es por ello por lo que, el modelado de especies se ha convertido en la principal herramienta para intentar predecir la futura distribución de especies por cambios ambientales (Bromm & Loeb, 2004). En los últimos años se han desarrollado varios programas para realizar modelos de distribución de grupo de especies como MaxEnt (Bromm & Loeb, 2004), que nos permite proyectar variaciones en la distribución de un grupo de insectos frente a cambios ambientales únicamente con datos de reportes georreferenciados (Quesada et al., 2016). Según Veintimilla et al. (2013), en los modelos proyectados a futuro, las especies que se encuentran en montañas altas, el rango inferior de distribución tiende a reducirse, de forma contraria aquellas especies de partes bajas o medias, donde tienen la posibilidad de colonizar en el rango superior de la distribución altitudinal.

7.2. *Coccinella septempunctata*

La *Coccinella septempunctata* o comúnmente conocida como mariquita o escarabajo, pertenece a la familia Coccinellidae, se encuentra en diversas plantas desde hierbas hasta en árboles, ya que se alimenta de grandes cantidades de áfidos por lo cual es considerada un controlador biológico (ICAC, 2021).

7.2.1. Clasificación Taxonómica

Tabla 2

Clasificación Taxonómica de Coccinella septempunctata

Taxonomía	
Reino:	Animalia
Filo:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Coleoptera
Familia:	Coccinellidae
Género:	<i>Coccinella</i>
Especie:	<i>C.septempunctata</i> (LINNAEUS, 1758)

7.2.2. Alimentación

La mariquita de siete puntos es un insecto carnívoro que se alimenta principalmente de pulgones, aunque también puede consumir cochinillas, ácaros y orugas de pequeño tamaño. Esta especie es considerada una depredadora natural de los pulgones y áfidos, por lo que es utilizada en el control biológico de plagas, incluso sus larvas también se alimentan de pulgones y otros invertebrados (Futurcrop, 2018). Las mariquitas tienen un apetito insaciable y una estrategia de alimentación donde ponen miles de huevos en colonias de insectos de los que se alimentan, de modo que cuando las larvas eclosionan,

inmediatamente tienen alimento. Normalmente, una larva durante su desarrollo es capaz de comerse unos 500 individuos de sus presas. Esto también puede variar según la especie y el alimento disponible, pero en algunos casos pueden comerse más de 1000 individuos. Su reproducción también está asociada a su alimentación, ya que se reproducen cuando sus presas poseen poblaciones en aumento considerando que comen insectos sedentarios, por otro lado, pueden hibernar cuando su presa es menos activa (Mendoza, 2020).

7.2.3. Ciclo biológico de Mariquitas Coccinellidae

Las mariquitas ponen los huevos en clusters en las hojas y son de color amarillo a naranja, con forma alargada. Las larvas son de color oscuro, en forma de lagarto, con tres pares de patas prominentes. Según las especies y la disponibilidad de presas, las larvas crecen de menos de 1,0 mm a más de 1 cm de longitud, típicamente a través de cuatro estadios larvales, en un periodo de veinte a treinta días (Ascencio, 2020). Las larvas más grandes pueden trasladarse hasta doce metros por día en busca de su presa y en algunas especies las larvas son grises o negras con bandas o manchas amarillas o anaranjadas. El último estadio larval permanece relativamente inactivo antes de agarrarse por el abdomen a una hoja u otra superficie para pupar. La pupa es oscura o amarilla-anaranjada, esta etapa dura de tres a doce días, según la especie y la temperatura; los adultos viven desde unos pocos meses hasta más de un año. Las especies comunes producen una o dos generaciones anuales (Castro, 2016). El ciclo de vida inicia con el estado de huevo que dura aproximadamente entre 21 a 25 días, la duración del estado larval tiene una duración entre 13 20 y 16 días; para el instar de pupa la duración fue de 6 a 8 días, para el instar de adulto el período fue aproximadamente 58 días (Alarcón et al, 2019).

7.2.4. Especie Introducida

La mariquita de siete puntos, o *Catarina Septempunctata*, es considerada una especie invasora en varios países, incluyendo Ecuador. Este insecto a pesar de su apariencia inofensiva, puede tener un impacto negativo en las especies nativas y en los

ecosistemas donde se establece (Iannacone & Perla, 2011). Además, se han realizado investigaciones sobre la diversidad de enemigos naturales de algunas especies de mariquita, incluyendo la *Coccinella septempunctata*, en Ecuador, estos estudios respaldan la preocupación sobre el impacto de esta especie invasora en la región (Quevedo et al., 2021.)

7.2.5. Condiciones Ambientales

Los requerimientos medioambientales para la familia Coccinellidae, a la cual pertenece la mariquita de siete puntos, incluyen la presencia de sustratos vegetales que sirvan de hábitat y alimento para las especies de presas de estos insectos. Además, se ha estudiado el efecto de la altitud sobre la distribución de los coccinélidos, lo que sugiere que estas especies pueden adaptarse a diferentes condiciones de altitud (Thomas et al, 2022).

Se ha estudiado la relación entre la temperatura y el desarrollo de diferentes especies de coccinélidos, lo que sugiere que su rango de temperatura puede variar. Por lo general, se ha observado que estas especies pueden estar activas cuando las temperaturas suben a mediados de los 60 °F (alrededor de 18 °C) al final de la tarde, luego de un período de clima más fresco. Además, se han realizado estudios sobre el efecto de la temperatura en la biología y el desarrollo de estas especies, lo que resalta la influencia de este factor en su ciclo de vida (Gyenge et al., 1998).

7.3.Nicho Ecológico

Un nicho ecológico se refiere a la función o papel de una especie en un ecosistema, incluyendo su forma de alimentarse, competir con otras especies y evitar ser atacada, es decir no se limita solo al espacio físico ocupado por la especie, sino que también incluye su papel funcional en la comunidad, su posición en la cadena alimentaria y su adaptación a los factores ambientales (López, 2007). Este concepto describe la interacción de una especie con los factores bióticos y abióticos de su entorno, y cómo utiliza los recursos disponibles, cada especie tiene su propio nicho ecológico, que puede ser único en un ecosistema, y el principio de exclusión competitiva establece que dos

especies no pueden tener exactamente el mismo nicho en un hábitat y coexistir de manera estable (CEUPE, 2020).

7.4.MaxEnt

MaxEnt es un software de modelado de nichos y distribuciones de especies que utiliza una técnica de aprendizaje automático llamada modelado de entropía máxima que busca la distribución más uniforme o más extendida de una especie en un área, mientras tiene en cuenta los límites de las variables ambientales conocidas, es un software de código abierto y se puede descargar desde su sitio web oficial (MaxEnt, 2017). Este software utiliza datos de presencia de especies y variables ambientales para predecir la distribución potencial de una especie en un área determinada (Steven, 2017).

7.5.WorldClim

WorldClim es una base de datos que proporciona datos climáticos globales de alta resolución espacial. Incluye la temperatura mensual (mínima, máxima y media), precipitaciones, radiación solar, presión de vapor y velocidad del viento, agregados en un intervalo temporal objetivo de 1970-2000, utilizando datos de entre 9.000 y 60.000 estaciones meteorológicas (Marchi et al., 2019). La versión más reciente, WorldClim 2, ofrece una resolución espacial de aproximadamente 1 km² y se ha utilizado en diversos estudios, como modelos de idoneidad de hábitats, modelización de la distribución de especies y modelización de nichos ecológicos. La base de datos es valiosa para una amplia gama de aplicaciones, como la predicción de la distribución de especies vegetales invasoras y el estudio del impacto del clima en la distribución de diversos organismos. Se ha demostrado que WorldClim 2 mejora las predicciones de temperatura en zonas topográficamente diversas, y su rendimiento se ha comparado con versiones anteriores, como WorldClim 1.4, para evaluar el impacto de la resolución de la cuadrícula en los modelos de idoneidad del hábitat. Se ha evaluado la precisión de los datos y su adecuación a distintas regiones y variables, lo que los convierte en un recurso útil para la investigación climática y ecológica (Varela, 2015).

7.6.ArcGIS

ArcGIS es un software de sistema de información geográfica (GIS) que permite a los usuarios crear, analizar y compartir mapas y datos espaciales. Se utiliza ampliamente en diversos campos, como las ciencias ambientales, la planificación urbana y el transporte. ArcGIS Online es una versión de ArcGIS basada en la nube que permite a los usuarios acceder y compartir mapas y datos desde cualquier lugar con una conexión a Internet. ArcGIS ofrece una variedad de herramientas para tareas como interpolación, aprendizaje automático y modelado de radiación solar. El software también es altamente personalizable, lo que permite a los usuarios crear sus propias herramientas y flujos de trabajo (Kne, 2022)

7.7.Modelos de distribución

Los modelos de distribución se refieren a herramientas que utilizan datos espaciales y ambientales para predecir la distribución de especies, ecosistemas o fenómenos. Estos modelos pueden ser utilizados en diversos campos, como la ecología, la agricultura y la salud pública. Por ejemplo, en un estudio sobre el buitre negro realizado por Moral (2017) se utilizó el programa ArcGIS para realizar un modelo predictivo de su distribución dispersiva, mientras que en otro estudio se empleó ArcGIS para visualizar la distribución espacio-temporal de ninfas de un insecto plaga en caña de azúcar. Estos ejemplos ilustran la aplicación de modelos de distribución en la comprensión y gestión de diferentes fenómenos en el ámbito espacial (Esri, 2015).

7.8.Modelos de Circulación Global o General

Los Modelos de Circulación Global o General (MCG o GCM, por sus siglas en inglés) son herramientas matemáticas y computacionales utilizadas para simular el comportamiento de la atmósfera y el océano a escala global. Estos modelos son fundamentales para la predicción del clima y la comprensión de los patrones de circulación atmosférica y oceánica. Utilizan ecuaciones que describen la dinámica de fluidos y principios físicos para representar fenómenos como la transferencia de calor, la radiación solar, la humedad y la dinámica de los vientos. Los MCG son utilizados

en la investigación climática, la predicción del tiempo y el estudio de los efectos del cambio climático en escalas globales y regionales (Puga et al., 2020)

7.8.1. Modelo de distribución global MIROC6

Model for Interdisciplinary Research on Climate o MIROC6 por sus siglas en inglés, es un modelo climático utilizado para simular el comportamiento de la atmósfera y el océano a escala global. Este modelo es una herramienta fundamental para la predicción del clima y la comprensión de los patrones de circulación atmosférica y oceánica. Se utiliza en la investigación climática, la predicción del tiempo y el estudio de los efectos del cambio climático en escalas globales y regionales. Este modelo es sucesor del modelo MIROC5, con una actualización de los esquemas de parametrización en el clima y al mejorar la resolución del modelo (Moya, 2018).

7.8.2. Modelo de distribución global HADGEM3-ES

El Modelo de Distribución Global HADGEM3-ES es un modelo de circulación global utilizado para analizar el cambio climático y sus impactos en la distribución de especies. Se ha empleado en estudios de proyección de distribución potencial de especies forestales en respuesta al cambio climático en regiones como el bosque húmedo ecuatoriano y la Amazonía ecuatoriana. Este modelo es una herramienta importante para evaluar los efectos del cambio climático en los ecosistemas y puede contribuir a la toma de decisiones en la conservación de la biodiversidad (Pliscoff, 2011).

7.8.3. Escenario ssp126 y ssp245 en tendencias climáticas

El escenario climático SSP126 es un escenario de referencia de baja emisión utilizado en la investigación del cambio climático. Forma parte de los Escenarios Compartidos de Referencia (SSP, por sus siglas en inglés), que describen posibles desarrollos futuros a nivel mundial en áreas como la demografía, la economía, la energía y el medio ambiente. El SSP126 se caracteriza por asumir un mundo con una rápida disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que lleva a un bajo nivel de radiación forzante en el clima. Este escenario se utiliza para explorar cómo sería el

futuro si se implementaran políticas que condujeran a una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (Ruiz, 2022).

Mientras que el escenario climático SSP245 es un escenario de emisiones intermedias utilizado en la investigación del cambio climático. También es parte de los Escenarios Compartidos de Referencia (SSP) y se caracteriza por asumir un mundo con un aumento moderado en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que lleva a un nivel medio de radiación forzante en el clima. Este escenario se utiliza para explorar posibles desarrollos futuros en áreas como la demografía, la economía, la energía y el medio ambiente, y su impacto en el clima. El SSP245 indica un forzante radiactivo de 4.5 W/m^2 en el tope de la atmósfera para finales del siglo XXI (Ruiz, 2022).

Los escenarios climáticos SSP126 y SSP245 representan diferentes trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tienen impactos climáticos distintos. El SSP126 asume un mundo con una rápida disminución en las emisiones, lo que conduce a un bajo nivel de radiación forzante en el clima, mientras que el SSP245 representa un escenario con un aumento moderado en las emisiones, lo que resulta en un nivel medio de radiación forzante en el clima (Ruiz, 2022).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿El factor climático influye en la dinámica de la distribución potencial de *Catarina Septempunctata* a través del tiempo en la Sierra ecuatoriana?

Respuesta: Si, la distribución potencial futura para *Coccinella septempunctata* en la Sierra ecuatoriana predice una relación constante entre el factor clima y la dinámica de la distribución potencial de la especie. El estudio evidencia que las zonas idóneas en el futuro para el asentamiento de la especie son las mismas que muestran condiciones climáticas favorables o condiciones similares a las actuales haciendo posible la expansión de la especie. Es decir, si solo se tuviera en cuenta el factor climático de la región, la *Coccinella septempunctata* extendería sus rangos de distribución en el futuro,

ya que, las condiciones climáticas determinan dónde y cómo pueden sobrevivir los organismos, debido a los requisitos específicos de temperatura, humedad, luz solar que influyen directamente en la migración, adaptación o reducción de las poblaciones.

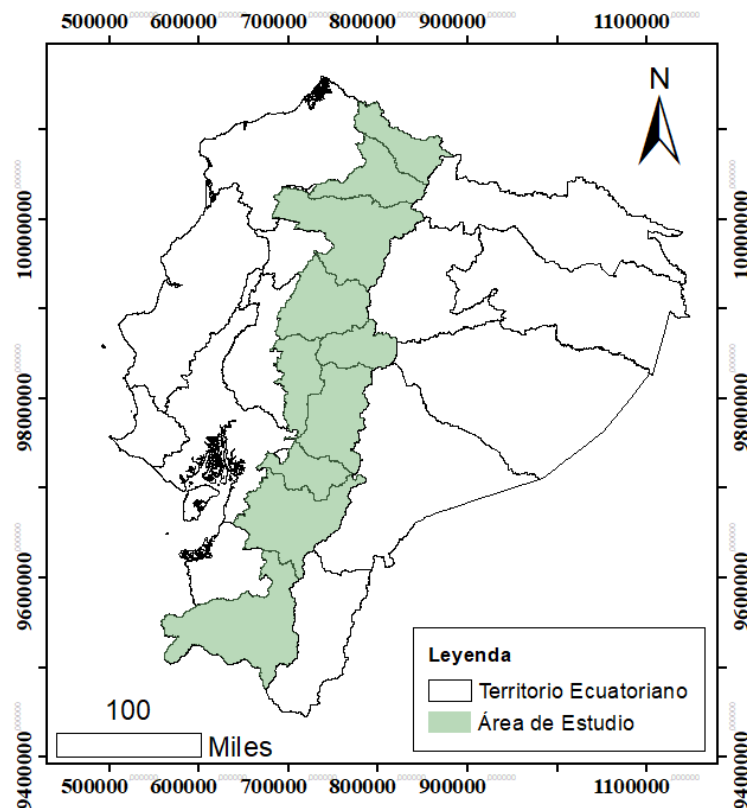
9. METODOLOGÍA

9.1. Área De Estudio

El área de estudio comprende la región Sierra del Ecuador, la cual abarca las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja, como se observa en la figura 1. La Sierra ecuatoriana posee gran diversidad de especies de flora y fauna; más aún es la región que más presión causa a las poblaciones naturales debido a su elevada población, siendo la parte más poblada del país.

Figura 1

Región Interandina del Ecuador.



La región Interandina o Sierra se caracteriza por sus bajas temperaturas y la variación del clima durante el transcurso del día, Hofstede (1998), menciona que no se puede establecer una temperatura media, debido a que la temperatura varía continuamente cada 100m de altura, plantea un aproximado de 0.6 °C de variación por cada 100 m de ascendencia; además plantea el valor nutritivo que poseen los suelos de la región aptos para el cultivo, aunque los riesgos que tienen los habitantes debido a la inestabilidad de sus pendientes y laderas es común. Otra característica que resalta la Sierra Ecuatoriana, es la Cordillera de los Andes, que atraviesa la mayoría de las provincias señaladas y está compuesta por un cordón montañoso en donde se encuentra elevaciones importantes como el ruco y el Guagua Pichincha, los Ilinizas, el Volcán Cotopaxi, entre los más sobresalientes (López & Purgache, 2016).

9.2. Tipo de investigación

La presente investigación se cataloga de tipo exploratorio y descriptivo. De tipo exploratorio puesto que es un tema poco abordado, realizándose con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de la problemática descrita anteriormente y sembrando las bases para investigaciones futuras. De tipo descriptivo ya que se caracteriza y describe la relación de la *Catarina Septempuctata* en un espacio determinado en la actualidad, además de describir un modelo potencial futuro de la especie en la sierra ecuatoriana.

9.3. Métodos

9.3.1. Método Inductivo

El método inductivo permitió explorar, comprender y analizar de manera sistemática las complejidades asociadas a la presencia de la especie. Se utilizaron los registros de presencia en la región interandina obtenidos mediante fuentes secundarias, variables climáticas de plataformas actualizadas para la obtención de mapas de distribución actual y futura de la especie.

9.3.2. Mixto Convergente

Es necesario aplicar el método mixto convergente debido a la caracterización de la investigación. Primero se establece la base de datos de presencia de la *Catarina septempunctata*, tomada de la plataforma INaturalist, misma que viene a caracterizarse de manera cualitativa, para seguidamente hacer el análisis de la base de datos de presencia y las capas climáticas a través de varios programas. Con la unión de estos datos se logró llegar a los resultados expuestos tanto gráficamente como en términos de resultados estadísticos.

9.4.Técnicas e instrumentos

La investigación se basa en una revisión bibliográfica apoyada en diversos medios como documentos en línea, libros impresos y datos de plataformas digitales como INaturalist para el registro de datos de presencia y WorldClim para proyecciones climáticas; todos son factores relevantes en la investigación.

Excel

Se empleó este software para armar las distintas bases de datos para los análisis correspondientes.

WorldClim

Esta plataforma proporcionó los datos de las diferentes variables bioclimáticas utilizadas para la distribución actual y los diferentes modelos de proyección.

Software RStudio

El programa RStudio ayudó a seleccionar las variables óptimas para los modelamientos, con el fin de evitar datos repetidos y validar los diferentes modelos.

Software MaxEnt

Esta herramienta permitió proyectar los modelos a condiciones futuras, integrando escenarios climáticos previstos en WordClim.

ArcGIS

Finalmente, este programa ayudó a hacer visible y entendible los modelos de distribución a través de mapas, generalizando los análisis anteriores y determinando

extensiones de áreas de posibles asentamientos de *Catarina Septempunctata* para un futuro.

9.5. Metodología para el registro de presencia de *Coccinella septempunctata*

9.5.1. Datos de presencia

Se recopiló información de colecta de forma indirecta mediante el uso de datos de libre acceso de ciencia ciudadana como es la aplicación iNaturalist que se encuentran correctamente georreferenciados. Esta plataforma a diferencia de otras presta información sobre diferentes taxones. Las observaciones están abiertas a cualquier público para el desarrollo de trabajos de investigación científica (Griñan, 2017). Wisz et al. (2008) mencionan que se debe tener no menos de 30 registros por especie para obtener modelos estadísticamente válidos. Para reducir la autocorrelación espacial de las observaciones, que provocaría su sobre modelado, se desecharon aquellos registros que están muy próximos entre sí, estableciendo una distancia de 1 km entre sí. Es muy recomendable realizar esta separación para evitar tener observaciones muy cercanas que produzcan modelos muy centrados en las observaciones, con baja capacidad de extrapolación a todo el territorio (Otero, 2000).

9.5.2. Variables descriptivas

Para el modelo de distribución actual se utilizaron variables bioclimáticas actuales desarrolladas por Fick y Hijmans (2017) dentro de WorldClim. Estas variables son un conjunto de 19 capas climáticas (tabla 3), derivadas de los valores mensuales de temperatura y precipitación, representando tendencias anuales, estacionalidad y valores extremos (Fick y Hijmans, 2017). Además, para determinar las variables relevantes y evitar utilizar información duplicada que podría afectar a los modelos de nicho (Urbina-Cardona et al., 2011), se seleccionaron las variables bioclimáticas mediante la correlación de Pearson, descartando las variables que presentan colinealidad ($r > 75$).

Tabla 3

19 capas bioclimáticas

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS

BIO1 = Temperatura Media Anual

BIO2 = Rango medio diurno (Media mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))

BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) ($\times 100$)

BIO4 = Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)

BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido

BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío

BIO7 = Rango Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)

BIO8 = Temperatura media del trimestre más húmedo

BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco

BIO10 = Temperatura media del trimestre más cálido

BIO11 = Temperatura media del trimestre más frío

BIO12 = Precipitación Anual

BIO13 = Precipitación del mes más húmedo

BIO14 = Precipitación del Mes Más Seco

BIO15 = Estacionalidad de las Precipitaciones (Coeficiente de Variación)

BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo

BIO17 = Precipitación del Cuarto Más Seco

BIO18 = Precipitación del trimestre más cálido

BIO19 = Precipitación del Cuarto Más Frío

Se utilizan los datos climáticos de WorldClim versión 2.1 para 1970-2000, cuya versión fue lanzada en enero de 2020. En ello se encuentra datos climáticos mensuales de temperatura mínima, media y máxima, precipitación, radiación solar, velocidad del viento, presión de vapor de agua y precipitación total; los mismos que están disponibles en las cuatro resoluciones espaciales, entre 30 segundos ($\sim 1 \text{ km}^2$) y 10 minutos ($\sim 340 \text{ km}^2$), para la presente investigación se utilizó el de 2,5 minutos, debido a que una extensión más pequeña como la de 30 segundos sería muy pesada de procesar, mientras

que una resolución más alta como la de 5 o 10 min no daría una buena información debido a la extensión del área de trabajo.

9.6. Metodología del modelo de distribución actual

9.6.1. Proceso de datos

Se realizó el modelamiento actual de nicho ecológico de *Catarina Septempuctata*, mediante el análisis de datos en el programa MaxEnt, que fue configurado dependiendo de la cantidad de registros de presencia y de la calidad de modelos de nicho obtenidos. Para este modelo se utilizaron los registros geográficos de presencia y las variables climáticas actuales seleccionadas anteriormente, que fueron analizados en base a recursos estadísticos que posee el programa para determinar la relación e influencia entre estos aspectos.

9.6.2. Modelamiento de nicho ecológico.

Para realizar los modelos de nichos actuales se exportó los sph resultantes de MaxEnt al programa ArcGis para generar el mapa de distribución actual, tomando en cuenta los valores del algoritmo de presencia mínima de los puntos de entrenamiento (Minimum Training Presence, MTP). Además, para validar el modelo se utilizó los valores AUC, que fluctúan de 0 a 1, donde 1 significa un modelo perfecto, y los valores por debajo de 0.5 indican una relación mucho menor que la esperada al azar (tabla 4) (Araujo et al., 2005). Por otra parte, se utilizaron los resultados de la prueba de Jackknife para evaluar la contribución de las variables ambientales en cada modelo predictivo de distribución.

Tabla 4

Categorización del AUC

Calificación	Rangos
Excelente	1 – 0,90
Buena	0,90 – 0,80

Aceptable	0,80 - 0,70
Mala	0,70 - 0,60
No válida	0,60 – 0,50

Fuente: Araujo et al., (2005)

9.7. Modelos de distribución potencial

Para los modelos futuros se utilizarán las variables bioclimáticas tomando en cuenta el Modelo de Circulación Global HadCM3 ya que se ha demostrado que se adapta adecuadamente a Sudamérica (Souza et al., 2011; y Torres et al., 2015)). Además, se utilizaron dos horizontes de tiempo (2050 y 2080) en los escenarios de emisiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ssp126 y ssp245. Según el IPCC (2000), estos escenarios proyectan el aumento de la temperatura superficial del planeta tomando en cuenta los posibles cambios que existirán en la producción de gases invernadero, de esta manera, el escenario ssp245 contempla la peor situación en donde el incremento de la temperatura superficial será constante, por otro lado, el escenario ssp126 contempla un aumento menos acelerado en la temperatura superficial. Generalmente, se suelen utilizar estos dos escenarios debido a que se puede evaluar el cambio climático tomando en cuenta el peor y mejor pronóstico de calentamiento global (Beltramino et al., 2015).

Para realizar estos modelos se utilizaron registros geográficos de presencia, las variables climáticas actuales y las variables climáticas de proyección bajo los escenarios climáticos ssp126 y ssp245, que fueron analizados mediante recursos estadísticos para determinar la relación e influencia entre estos aspectos.

9.7.1. Proceso de datos

Para realizar los modelos de nichos futuros se utilizó MaxEnt 3.4.1., que fué configurado dependiendo de la cantidad de registros de presencia y de la calidad de modelos de nicho obtenidos, sin embargo, tentativamente se planeó utilizar el 75% de los registros para el entrenamiento del modelo y el 25% para su prueba (Phillips et al.,

2006). Además, para validar los modelos se utilizó los valores AUC, que fluctúan de 0 a 1, donde 1 significa un modelo perfecto, y los valores por debajo de 0.5 indican una relación mucho menor que la esperada al azar (tabla 4) (Araujo et al., 2005). Por otra parte, se utilizaron los resultados de la prueba de Jackknife para evaluar la contribución de las variables ambientales en cada modelo predictivo de distribución.

9.7.2. Uso de ArcGis

Los modelos de nichos futuros, arrojados por MaxEnt, son procesados en ArcGis 10.5 para generar mapas de distribución potencial tomando en cuenta los valores del algoritmo de presencia mínima de los puntos de entrenamiento (Minimum Training Presence, MTP) de MaxEnt, ya que se ha demostrado que este punto de cohorte no subestima el área de distribución (Plasencia et al., 2014).

9.7.3. Cambios en la probabilidad de ocupación.

Se utilizará ArcGis 10.5 para cuantificar el área de cada categoría (probabilidad de presencia) de los mapas de distribución potencial, con el fin de observar cambios en la amplitud de la probable ocupación actual y futura de la *Catarina septempunctata*.

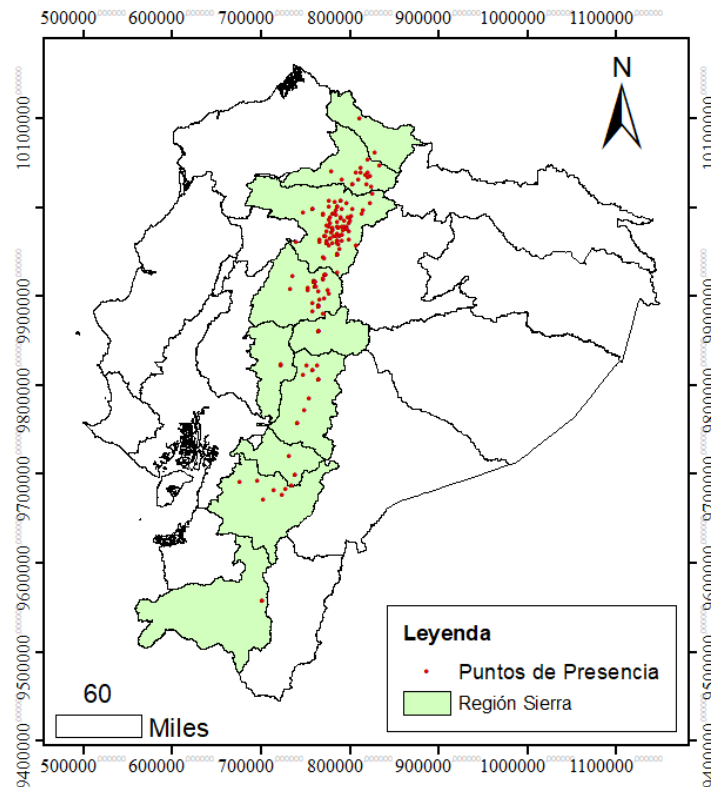
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Registro de presencia de *Coccinella septempunctata*

Se encontraron 323 puntos de presencia de la *Coccinella Septempunctata* a lo largo de la región sierra del país, teniendo mayor presencia en la provincia de Pichincha, como se puede notar en la figura 2. Para evitar la acumulación de puntos en un solo lugar no se tomaron en cuenta los puntos que se encontraban a menos de 10 km de distancia entre sí, reduciendo el 38 % de los datos, es decir se trabajó con 199 puntos de presencia distribuidas en las 10 provincias de la Sierra, con la finalidad de mejorar en el modelo.

Figura 2

Registros de presencia seleccionados para el modelamiento



A pesar que esta especie de cinderella perteneciente a la familia de escarabajos no es nativa del país, se puede observar la alta presencia y gran extensión que está alcanzando en territorio ecuatoriano pudiendo ser perjudicial para las especies nativas. (de Pando, 2007) menciona que es los modelos de distribución de especies son importantes ya que indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad. Siendo este un medio de monitoreo a largo plazo para observar el desarrollo de las poblaciones y evaluar el tipo de impacto que puede causar.

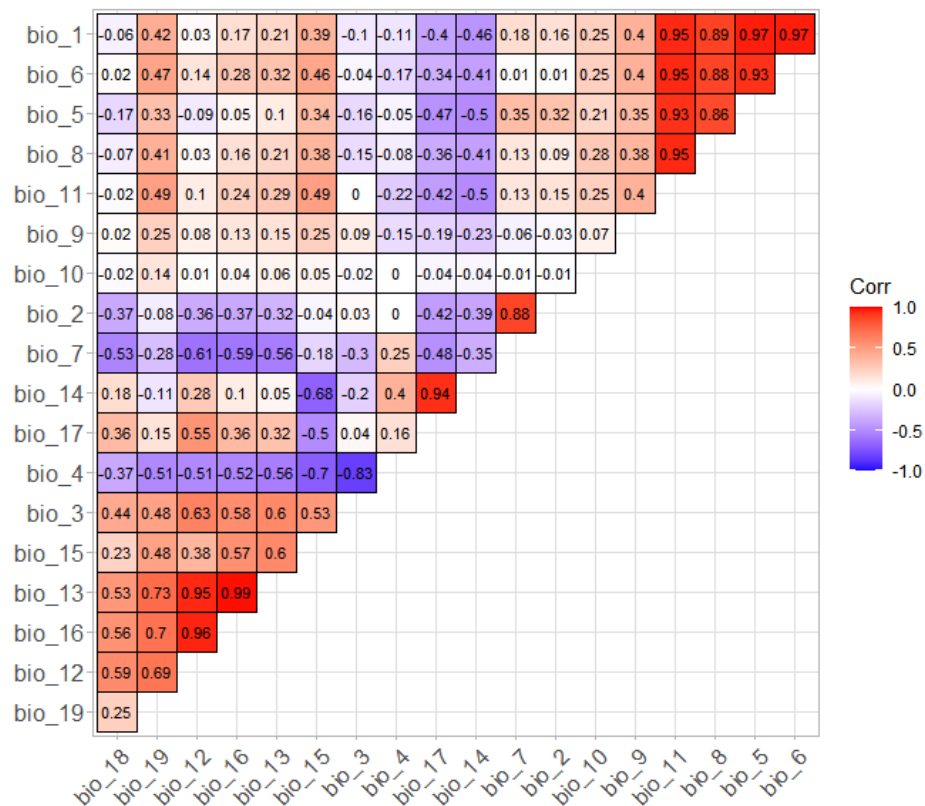
10.2. Determinación de las variables bioclimáticas

El coeficiente de la correlación de Pearson realizada con las 19 variables bioclimáticas idóneas para la elaboración de modelos predictivos de especies, más aún esta matriz nos ayuda a determinar o agrupar aquellas variables que están relacionadas estadísticamente. Para su interpretación hay que tener claro que las variables pueden estar correlacionadas de manera positiva o de manera inversa, es

decir que están altamente correlacionadas si superan los valores de 0.75 y que están correlacionadas perfectamente de manera inversa y si los valores son menores a -0.75 , o a su vez si el valor es 0 no existe correlación alguna (Romo et al., 2012). El color rojo intenso en la matriz de correlación indica un alto grado de correlación, y el color azul una correlación inversa, pero también se puede observar que hay variables como la bio 11 y la bio 3 que representan una correlación.

Figura 3

Matriz del coeficiente de correlación de Pearson



Elaborado por: Unaicho, A.

A través de la matriz de la correlación de Pearson se determinó 5 variables que no tienen una correlación con otras variables (bio_9, bio_10, bio_15, bio_18, bio_19), es decir que trabajan de manera independiente dentro de la modelación. Por otro

lado, se puede agrupar en 5 diferentes grupos distintas variables que indican un grado de correlación mayor a 0,80; como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

Agrupación de variables correlacionadas

Grupo	Variable	Valor de correlación			
Grupo 1	Bio_2 Bio_7	0,88			
Grupo 2	Bio_3 Bio_4	-0,83			
Grupo 3	Bio_14 Bio_17	0,94			
Grupo 4	Bio_12	0,96(Bio_16)	0,95(Bio_13)		
	Bio_13	0,95(Bio_12)	0,99(Bio_16)		
	Bio_16	0,96(Bio_12)	0,99(Bio_13)		
Grupo 5	Bio_1	0,95(Bio_11)	0,89(Bio_8)	0,97(Bio_5)	0,97(Bio_6)
	Bio_5	0,93(Bio_11)	0,86(Bio_8)	0,93(Bio_6)	0,97(Bio_1)
	Bio_6	0,95(Bio_11)	0,88(Bio_8)	0,99(Bio_5)	0,97(Bio_1)
	Bio_8	0,93(Bio_11)	0,86(Bio_5)	0,88(Bio_6)	0,89(Bio_1)
	Bio_11	0,95(Bio_8)	0,93(Bio_5)	0,95(Bio_6)	0,95(Bio_1)

10.2.1. Determinación de las variables representativas de cada grupo

Para los tres primeros grupos la variable a utilizar se selecciona al azar, ya que ambas variables tienen el mismo valor. Para el grupo cuatro se escoge la variable Bio_12 ya que representa la precipitación anual, información que sería más útil en el modelamiento. Finalmente, para el grupo 5 se escoge la variable climática Bio_1,

debido a que representa la temperatura; de este modo de las 10 variables que se utiliza para el modelamiento de la distribución futura, 5 representan la temperatura y 5 las precipitaciones, como se indica en la tabla 6.

Tabla 6

Variables Bioclimáticas seleccionadas para el modelo de distribución

Variables Bioclimáticas Seleccionadas	
Bio_1	Promedio de la temperatura anual
Bio_3	Isotermalidad
Bio_7	Rango de temperatura anual
Bio_9	Temperatura promedio del trimestre más seco
Bio_10	Temperatura promedio del trimestre más cálido
Bio_12	Precipitación anual
Bio_14	Precipitación del mes más seco
Bio_15	Precipitación estacional
Bio_18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio_19	Precipitación del trimestre más frío

10.3. Modelación actual de la distribución de la *Coccinella septempunctata*

10.3.1. Validación estadística del modelo

El valor resultante del AUC dentro del análisis Roc para validar el modelo se puede observar en la tabla 7, donde los valores del AUC arrojados por Maxent para cada una de las réplicas trabajadas da un promedio de 0,9056; valor muy cercano a 1, que según la categorización se cataloga como buena, es decir que los datos propuestos predicen la distribución espacial con un nivel de certeza mayor al 90%, indicando la confiabilidad del modelo.

Tabla 7*Validación estadística del AUC*

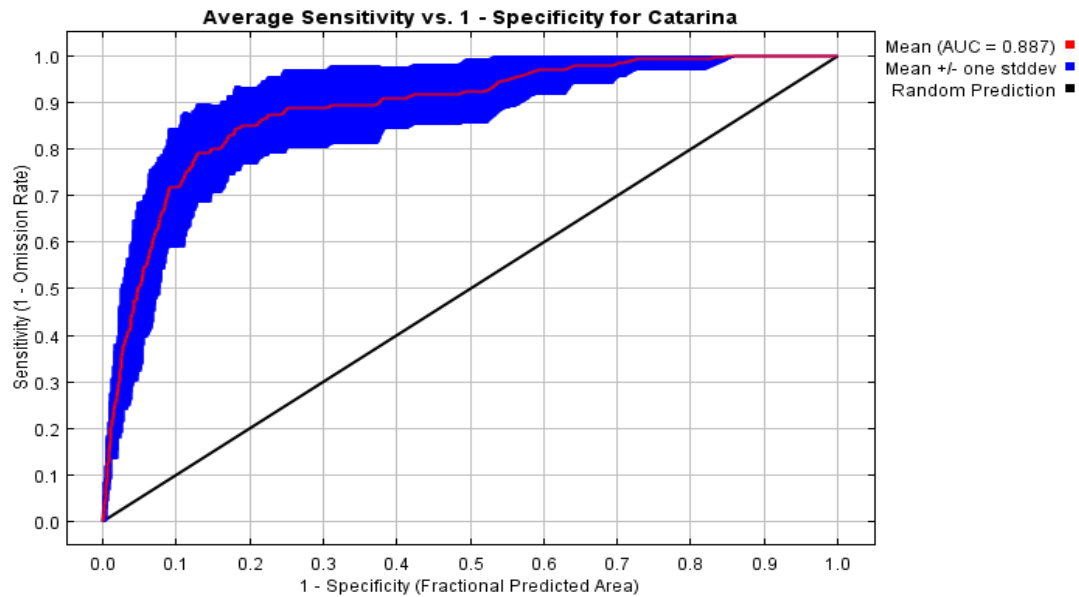
Réplica	Presencia	Modelamiento	AUC
1	199	MaxEnt	0.909
2	199	MaxEnt	0.904
3	199	MaxEnt	0.902
4	199	MaxEnt	0.903
5	199	MaxEnt	0.910
6	199	MaxEnt	0.910
7	199	MaxEnt	0.902
8	199	MaxEnt	0.905
9	199	MaxEnt	0.903
10	199	MaxEnt	0.908
Promedio			0.9056

10.3.2. Análisis de ROC y AUC para *Coccinella septempunctata*

La figura 4 presenta la curva de características operativas del receptor (ROC) para los datos de presencia de la *Coccinella septempunctata*, promediada sobre las ejecuciones repetidas, teniendo en cuenta que la especificidad se define utilizando el área prevista, en lugar de la comisión real (Phillips, 2006). El AUC (Área Bajo la Curva) de prueba promedio para las ejecuciones repetidas es 0,887 y la desviación estándar es 0,041 (color azul); mostrando la distribución estadística con un rango de 0.90 a 0.80, es decir se obtiene con estos datos un modelo de calidad.

Figura 4

Análisis de ROC para *Coccinella Septempunctata*

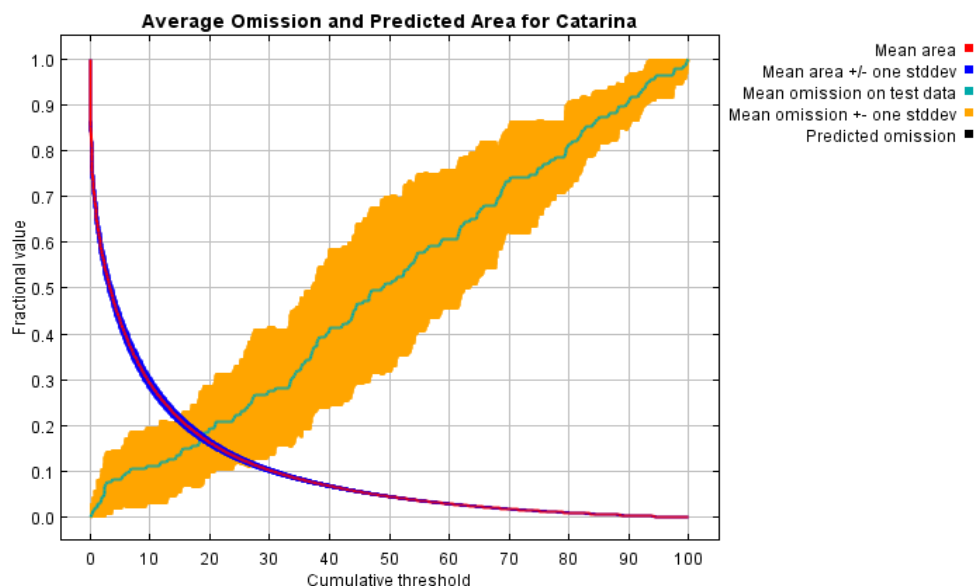


La metodología utilizada en este estudio ha sido empleada anteriormente en investigaciones similares, probando su efectividad para la predicción de modelos en Sudamérica, una de las investigaciones más reconocida bajo este modelo fue la distribución de colibríes en México para determinar los efectos potenciales del cambio climático en el mismo que obtuvieron buenos resultados con un AUC de 0,9 para cada especie (Lara et al., 2012).

La figura 5 corresponde a la estadística que indica el rendimiento del modelo de MAXENT o también conocida como Tasa de Omisión que se calcula tanto en los registros de presencia de entrenamiento como en los registros de prueba (Correira, 2019). Se observa la tasa de omisión y el área prevista en función del umbral acumulativo (color amarillo) cerca de la omisión predicha (línea turquesa), esto debido a la definición del umbral acumulativo, es decir el modelo se muestra óptimo para la predicción.

Figura 5

Tasa de omisión para *Coccinella septempunctata*

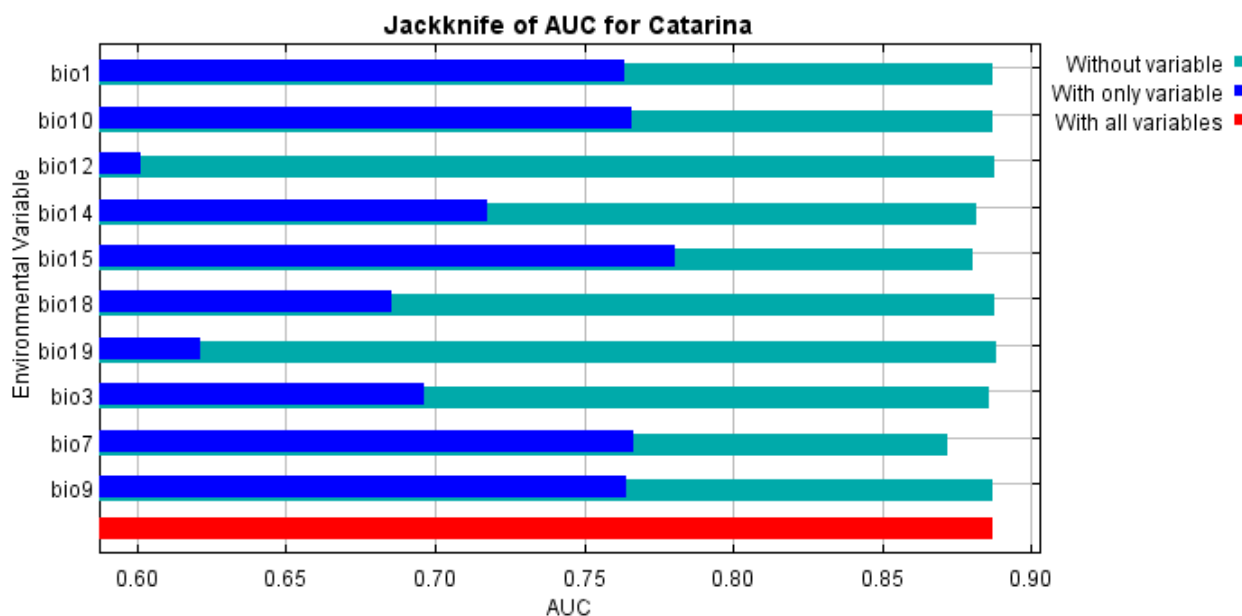


10.3.3. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

La prueba Jackknife correspondiente al AUC (Figura 6) indica el aporte o importancia de las variables al momento de generar el modelo de presencia actual de la *Coccinella septempunctata*. Con una representación en barras horizontales se observa que la variable que más contribuye al modelo es la Bio 15 correspondiente a la temporalidad de la precipitación, seguida de las variables Bio 1, Bio 7, Bio 9, Bio 10; correspondientes a la temperatura media anual, intervalo de temperatura anual, temperatura media del trimestre más seco, temperatura media del trimestre más cálido respectivamente; es decir que estas 5 variables en total trabajan de manera aislada al resto de variables e indican que las condiciones más idóneas para la existencia de la especie.

Figura 6

Prueba de Jackknife de las variables bioclimáticas para Coccinella septempunctata



Castillo & Landeros (2007) en su investigación “Precision of statistical índices” indican que la técnica de Jackknife y su aplicación determina la precisión de una estimación o un modelo, calculando el sesgo y el error estándar para una estadística; además hace mención que esta técnicas ha sido utilizada en muchas aplicaciones reales como la Tasa de crecimiento poblacional (Meyer, et al., 1986; Juliano, 1998), tamaño poblacional (Buckland & Garthwaite, 1991), estimaciones de toxicidad (Bailer & Oris, 1994), razón de variables (Buonaccorsi & Liebhold, 1988); entre otras investigaciones donde se ha validado la importancia y certeza de esta técnica.

10.3.4. Análisis de contribuciones de cada variable

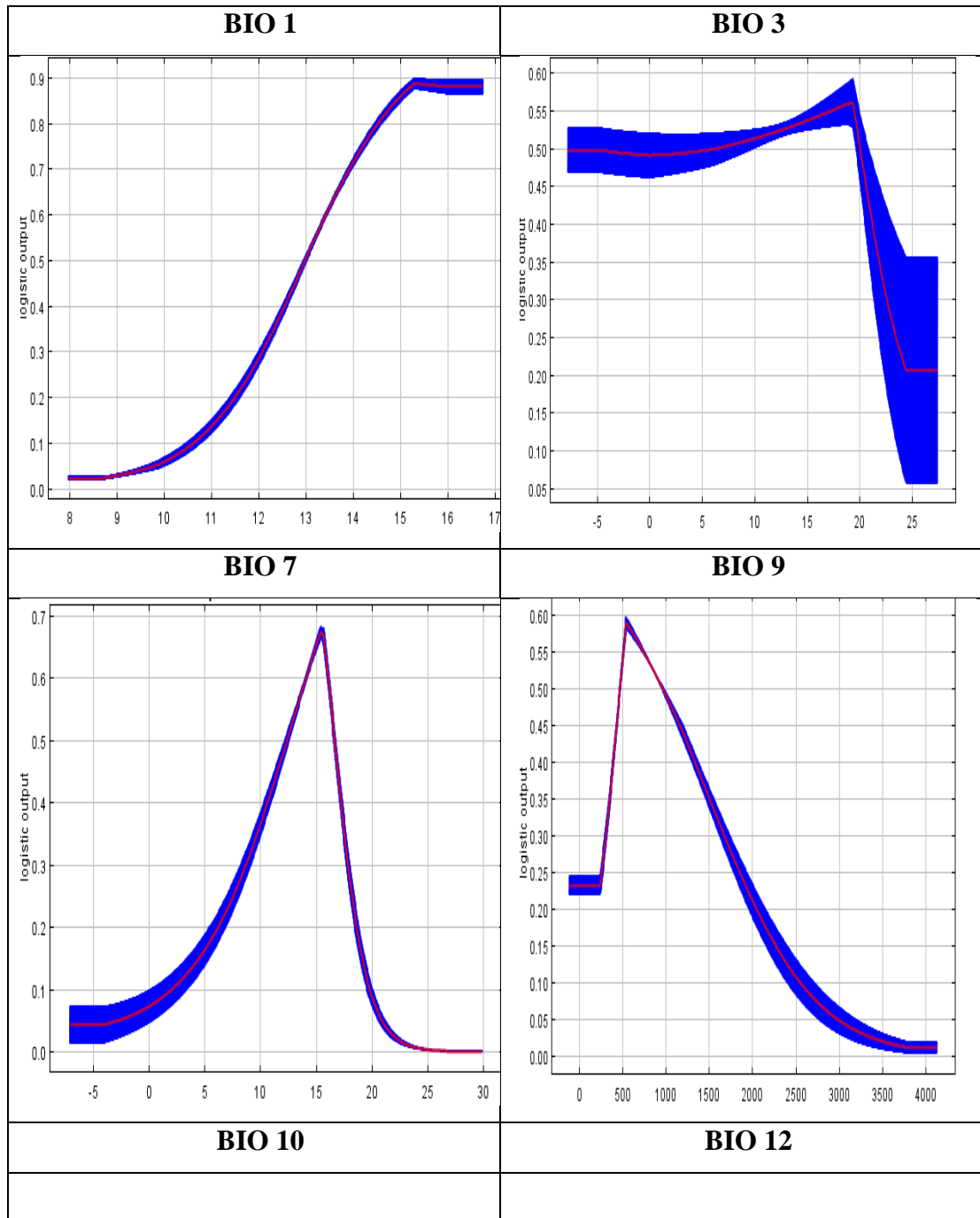
La tabla 8 proporciona estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales al modelo de MaxEnt. Para determinar la primera estimación, en cada iteración del algoritmo de entrenamiento, el aumento en la ganancia regularizada se suma a la contribución de la variable correspondiente, o se resta si el cambio en el valor absoluto de lambda es negativo. Para la segunda estimación, para cada variable ambiental por turno, los valores de esa variable sobre la presencia de entrenamiento y los datos de antecedentes se permutan aleatoriamente. El modelo se evaluó con los datos permutados y la caída resultante en el AUC.

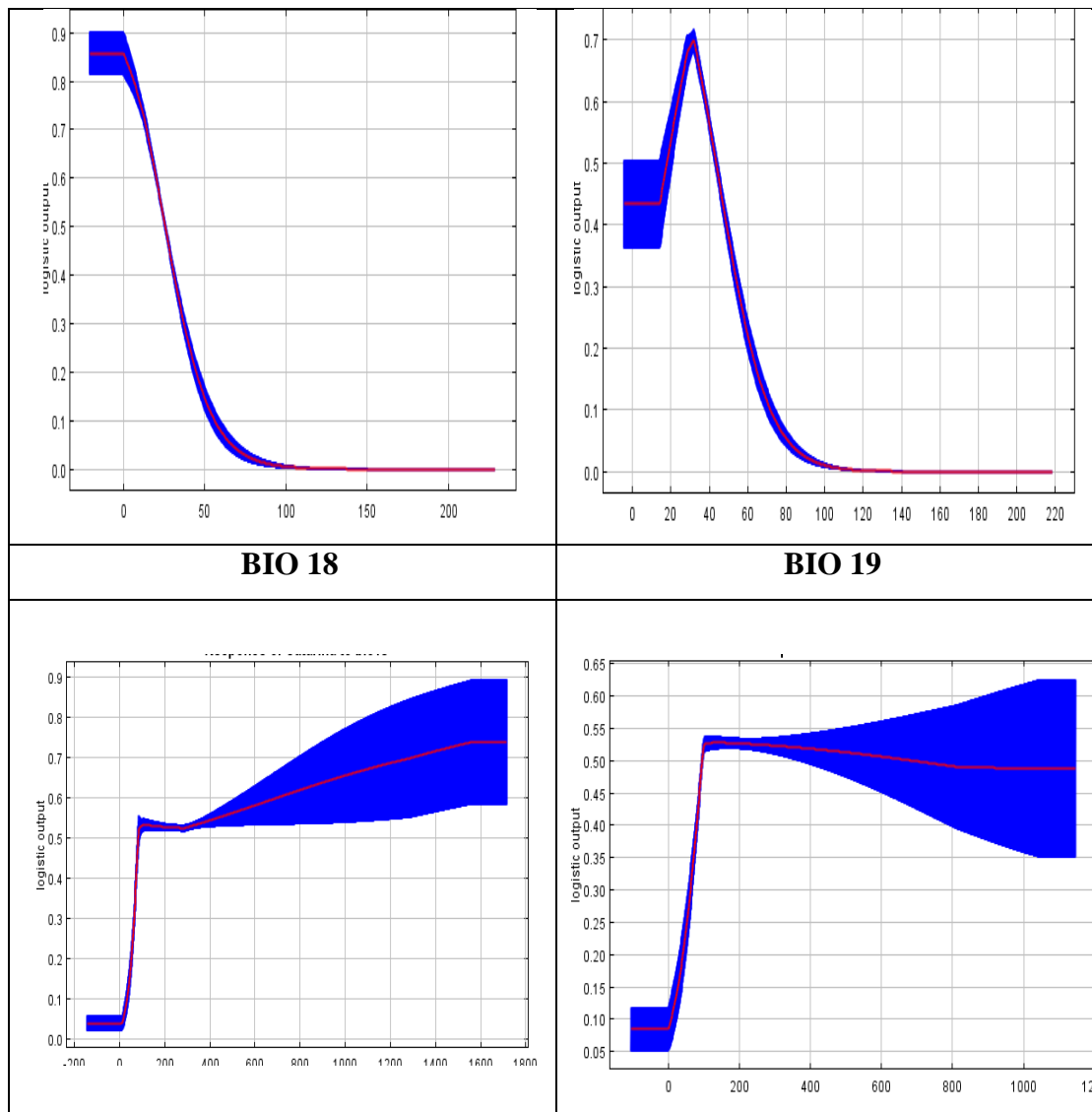
Tabla 8*Contribución relativa de las variables ambientales*

Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutación
bio7	42.2	24.6
bio3	20.6	6.5
bio1	12	0,6
bio19	10.4	3.4
bio15	7.3	39,8
bio14	3.1	19.6
bio9	2.2	1
bio12	1.1	3.4
bio18	1.1	1.2
bio10	2.1	4.1

En la tabla 9, las curvas muestran cómo cada variable ambiental afecta la predicción de MaxEnt. Las curvas muestran cómo cambia la probabilidad prevista de presencia a medida que varía cada variable ambiental, manteniendo todas las demás variables ambientales en su valor promedio de muestra. Es decir, las curvas muestran el efecto marginal de cambiar exactamente una variable, mientras que el modelo puede aprovechar conjuntos de variables que cambian juntas. Las curvas muestran la respuesta media de las 10 series replicadas de MaxEnt (rojo), y la media +/- una desviación estándar (azul). En contraste con las curvas de respuesta marginal anteriores, cada una de las siguientes curvas representa un modelo diferente, es decir, un modelo de MaxEnt creado utilizando únicamente la variable correspondiente. Estos gráficos reflejan la dependencia de la idoneidad prevista tanto de la variable seleccionada como de las dependencias inducidas por las correlaciones con otras variables.

Tabla 9*Variación de las variables para la predicción de MaxEnt.*



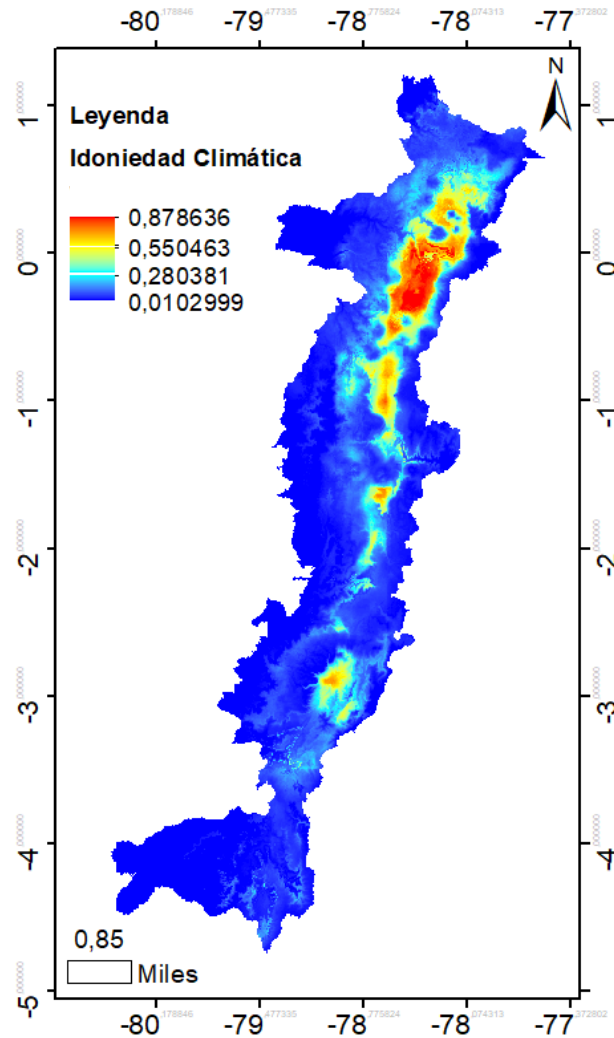


10.3.5. Idoneidad climática

El mapa de idoneidad climática (Figura 7) muestran la probabilidad de presencia en base a las características climáticas de cada pixel. Este mapa es de gran importancia para conocer las posibles áreas con zonas mayormente idóneas de la presencia de la *Coccinella septempunctata* dentro del mapa de la distribución actual en relación con el clima. Indicando zonas de mayor idoneidad en la parte centro norte de la región Sierra con un 0,87 % de probabilidad de existencia de la especie, descendiendo a valores de 0,01 que indica una menor idoneidad o casi nula principalmente en la parte sur.

Figura 7

Mapa de idoneidad climática actual para *Coccinella septempunctata*



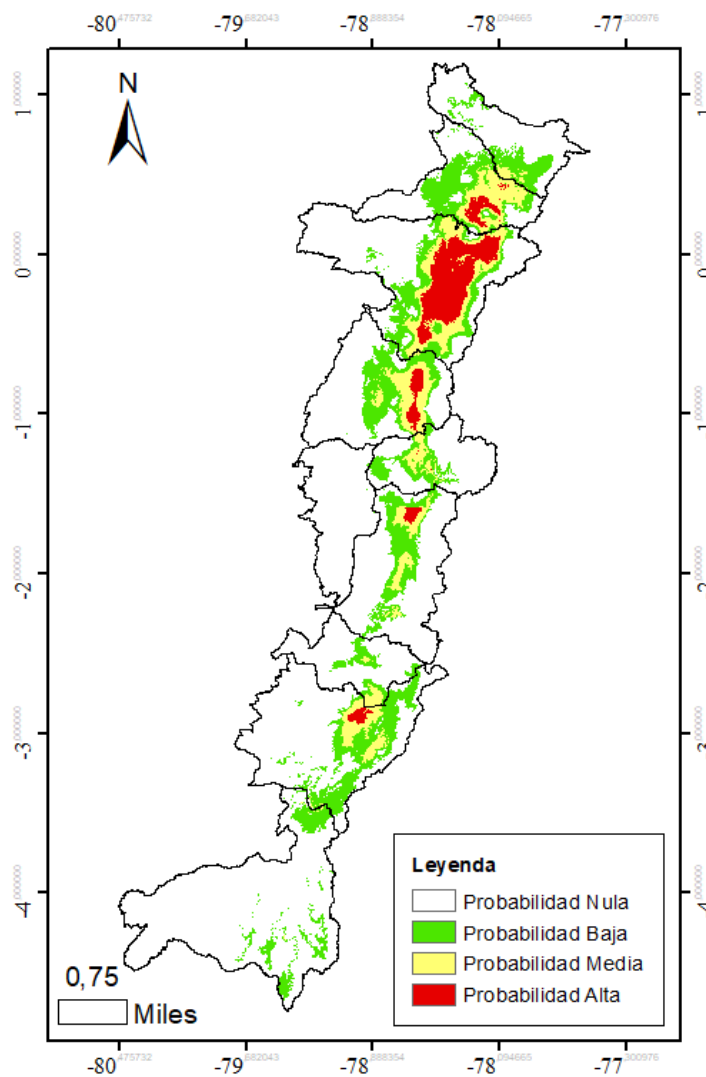
10.3.6. Modelo de distribución actual de la *Coccinella septempunctata*

Para definir un área exacta se determinó el umbral promedio del mapa de distribución potencial de la especie, valor que corresponde a 0,887 indicado por el AUC. En la figura 8 se observa el modelo de distribución potencial actual de la *Coccinella septempunctata* en la zona Interandina del Ecuador correspondiente a un área de 59930,78 Km². Dentro de esta área se clasificó la presencia de este insecto como nula, baja, media, alta y muy alta; observando que la mayor distribución potencial se

encuentra en las provincias de Pichincha y Cotopaxi. Las provincias que menor distribución presentaron son: Bolívar, Azuay, Cañar y Loja. Es decir que la probabilidad media (PM) de la presencia de la *Coccinella septempunctata* es de 8,68% que equivale el 5207,234 km² y en la probabilidad alta (PA) un área resultante de 3046,437 km² que equivale al 5,08% del área total de la Región Sierra. Contrariamente la probabilidad nula y baja son las más altas, con un 64,27% y un 22,05% respectivamente.

Figura 8

Modelo de distribución potencial actual de la Coccinella septempunctata



10.4. Modelos de distribución potencial futura de *Coccinella Septempunctata*

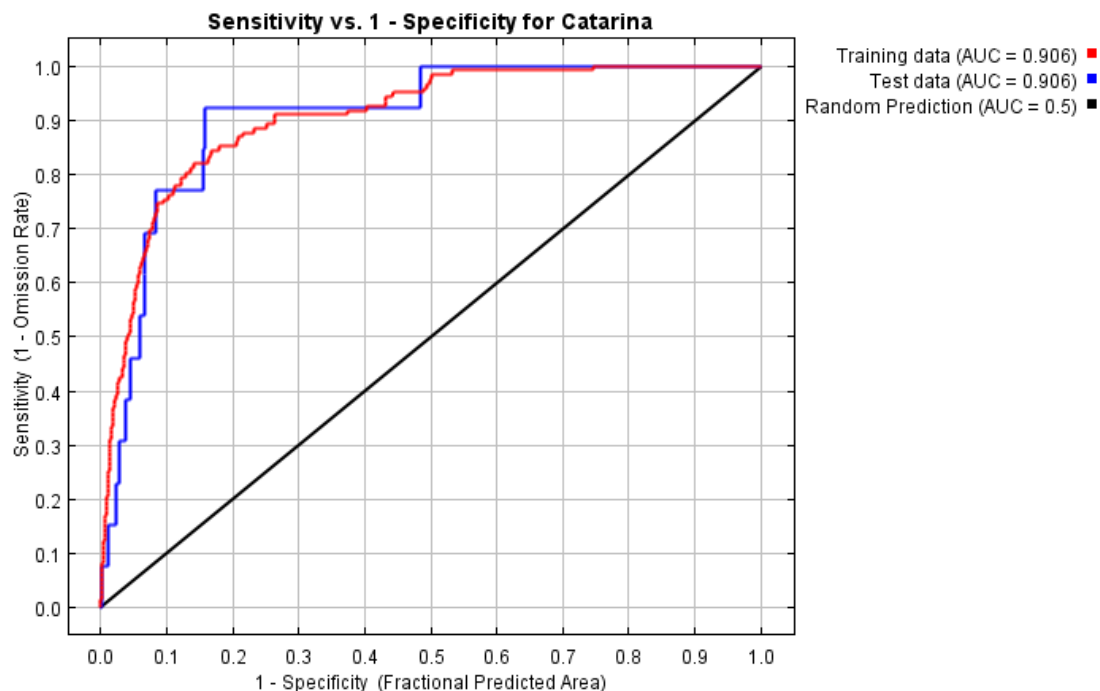
10.4.1. Modelación potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo HadGEM3 para el año 2050, SSP126

AUC de *Coccinella Septempunctata*, HadGEM3-2050-SSP126

El Área Bajo la Curva (Figura 9), para este modelo predictivo fue de 0.906, es decir que existe confiabilidad para este modelamiento ya que no existe una variación en los resultados.

Figura 9

AUC Futuro 2050 - Modelo HadGEM3 – ssp126



Elaborado por: Unaucho, A.

Se afino la distribución tanto para el modelo presente, como para los del futuro, mediante el valor promedio del umbral de corte (Tabla 10) del promedio de las réplicas obtenidas en MaxEnt (Dávalos, 2014). La línea de corte resultante fue de 0,304 la cual

se utilizó para descartar la probabilidad nula de idoneidad para la Catarina y así obtener una distribución potencial más precisa.

Tabla 10

Promedio del umbral de corte

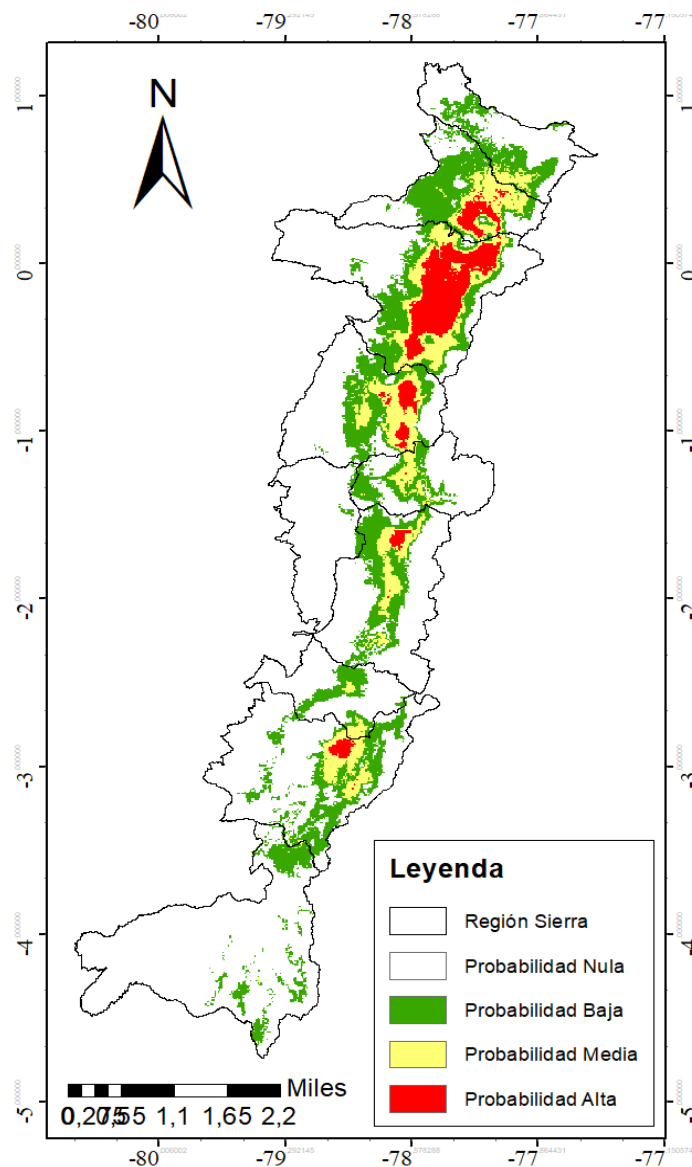
Umbral acumulativo	Umbral logístico	Descripción	Área fraccionaria predicha	Tasa de omisión de formación
1.000	0.022	Valor acumulado fijo 1	0,651	0.008
5.000	0.067	Valor acumulado fijo 5	0,426	0,074
10.000	0.111	Valor acumulado fijo 10	0,297	0.090
0.356	0.010	Presencia mínima en formación	0.746	0.000
11.888	0,131	10 percentil de presencia en el entrenamiento	0.263	0,098
20.271	0.227	Igual sensibilidad y especificidad del entrenamiento	0.164	0.164
23.176	0.262	Máxima sensibilidad y especificidad del entrenamiento	0,142	0.180
21.287	0.240	Igual sensibilidad y especificidad de la prueba	0,156	0.180
21.157	0.238	Máxima sensibilidad de la prueba más especificidad	0,157	0.180
2.544	0,042	Omisión de entrenamiento de equilibrio, área prevista y valor umbral	0.533	0.008
12.925	0.143	Igualar la entropía de las distribuciones umbralizadas y originales.	0.247	0,115
PROMEDIO			0.304	

La figura 10 muestra la distribución potencial bajo el Modelo de Circulación Global HadGEM3 para el año 2050 en el escenario ssp126. Se puede observar la presencia de la especie con mayor intensidad de la *Coccinella Septempunctata* en las áreas donde la

idoneidad climática muestra áreas con mejores condiciones previstas. También nos predice una reducción del área de baja probabilidad de presencia en comparación con el modelo de distribución actual. Es decir que la probabilidad media (PM) de la presencia de la *Coccinella septempunctata* es de 9% que equivale el 5393,77 km², mientras que en la probabilidad alta (PA) este valor disminuye al 5% con un área de 2996,53 km² en comparación del modelo actual.

Figura 10

Distribución bajo el Modelo de Circulación Global HadGEM3, 2050, ssp126.



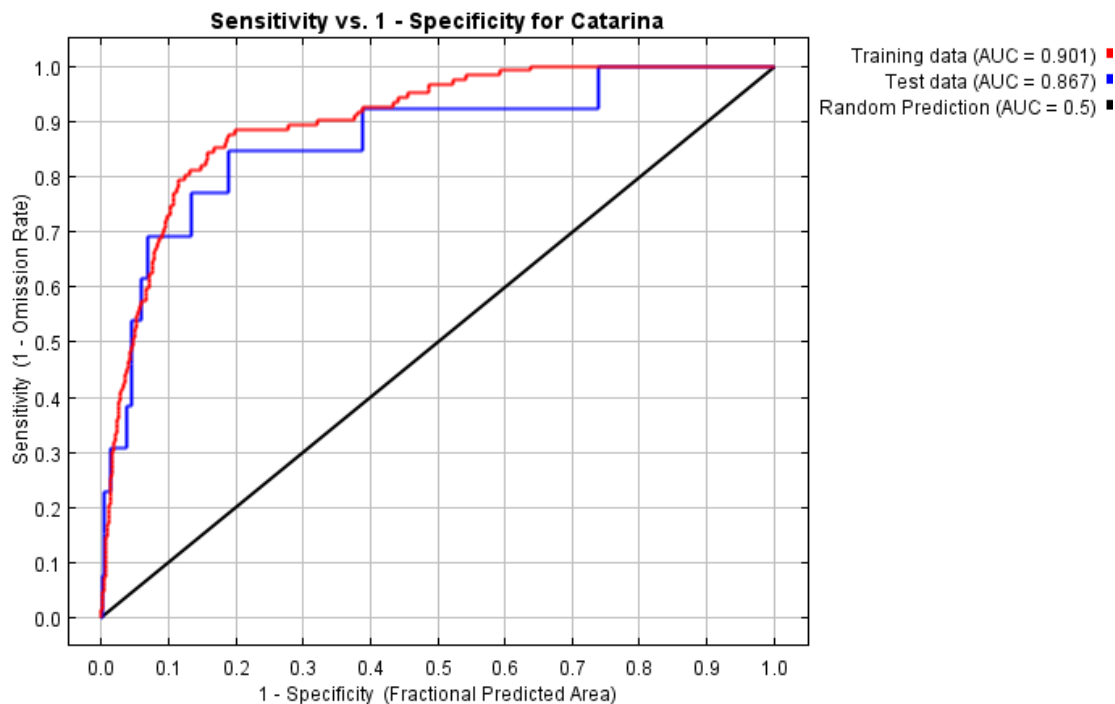
10.4.2. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo HadGEM3 para el año 2050, SSP245

AUC de *Coccinella Septempunctata*, HadGEM3-2050-SSP245

El Área Bajo la Curva (Figura 11), para este modelo predictivo fue de 0.901, es decir que existe confiabilidad para este modelamiento ya que no existe una variación en los resultados.

Figura 11

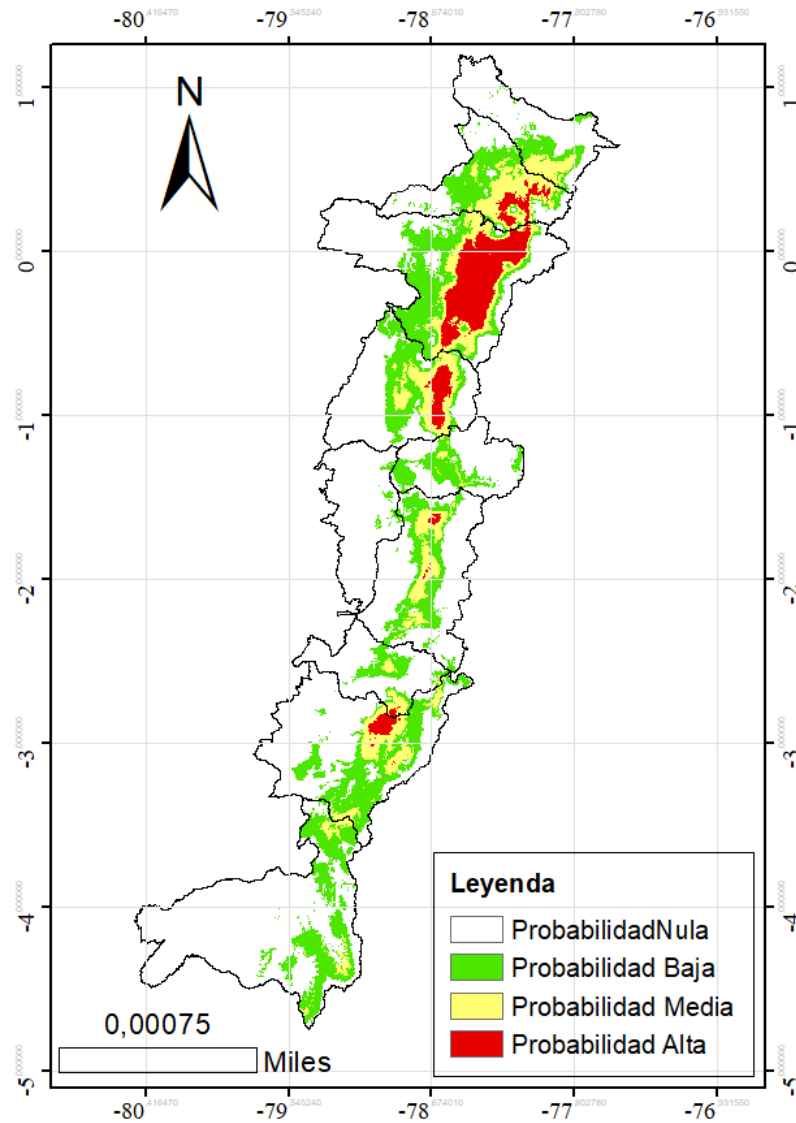
AUC Futuro 2050 - Modelo HadGEM3 – ssp245



El resultado de la distribución potencial con el escenario SSP245 para el año 2050 (Figura 12) indicó un área con probabilidad media (PM) 6248 km² que equivale el 10,42%. En la probabilidad alta (PA) un área resultante de 3251,6 km² lo que representa aumento del 0,34% de la distribución actual.

Figura 12

Modelo de Distribución HadGEM3 – ssp245, año 2050



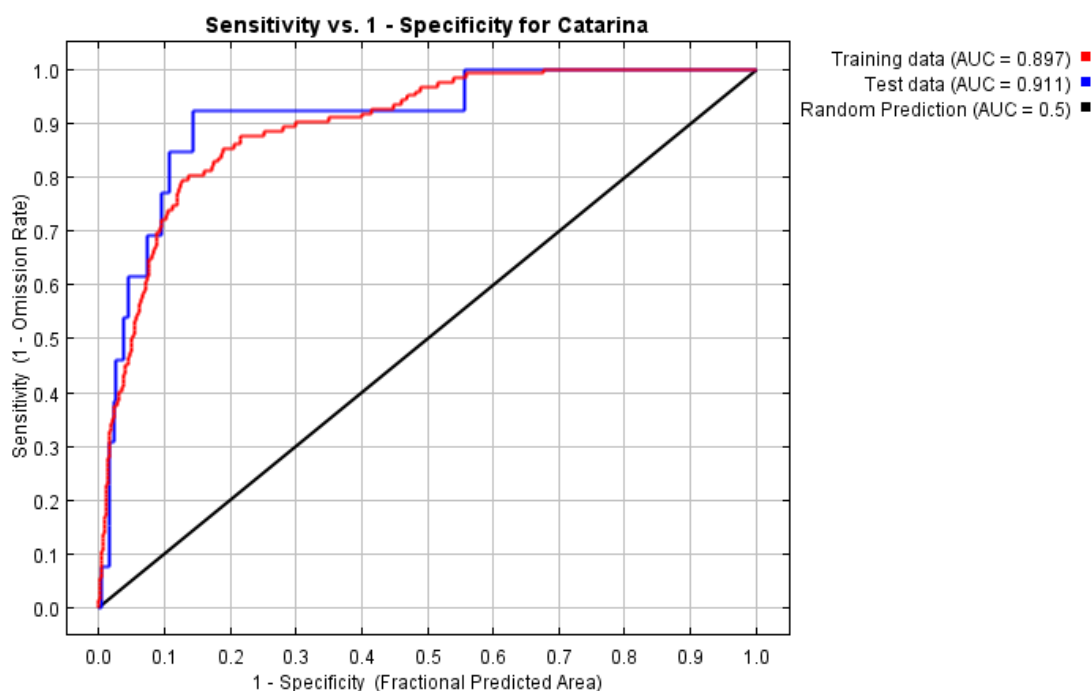
10.4.3. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo CIROC6 para el año 2050, SSP126

AUC de Coccinella Septempunctata, CIROC6-2050-SSP126

El Área Bajo la Curva (Figura 13), para este modelo predictivo fue de 0.89 es decir que existe confiabilidad para este modelamiento ya que no existe una variación en los resultados.

Figura 13

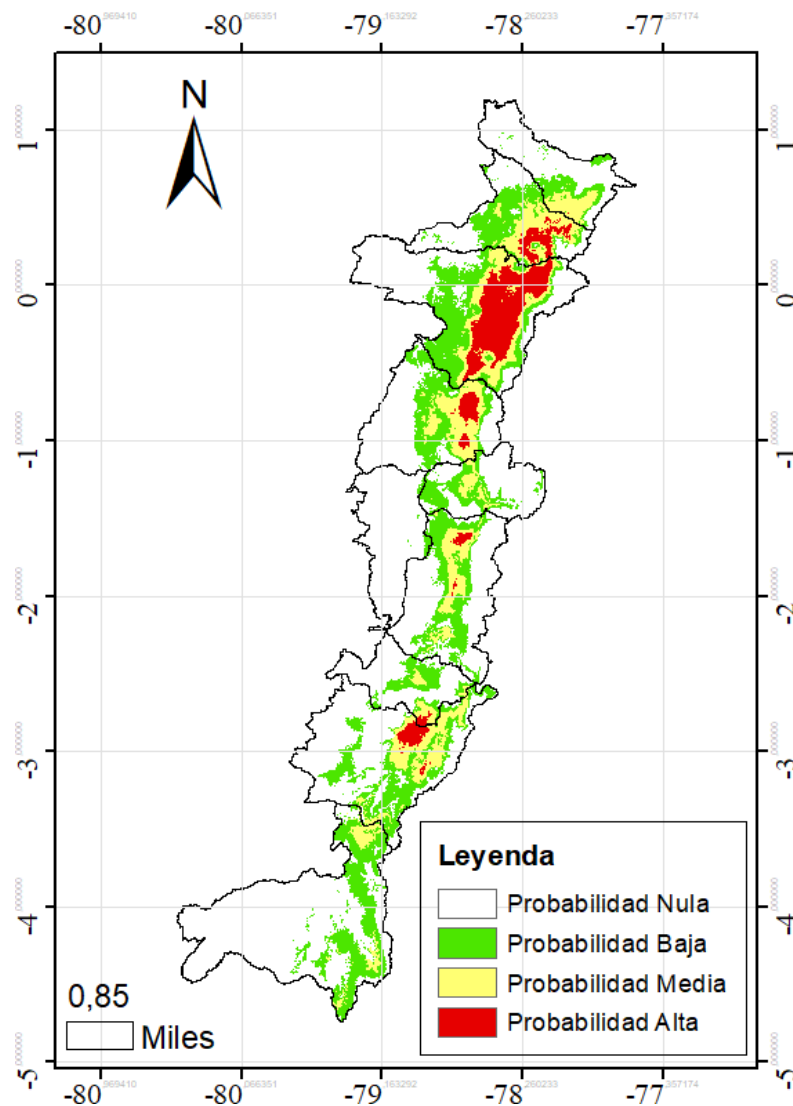
AUC Futuro 2050 - Modelo CIROC6 – ssp126



El resultado de la distribución potencial con el escenario SSP245 para el año 2050 (Figura 14) indicó un área con probabilidad media (PM) 5734,665 km² que equivale el 9,56 %, y en la probabilidad alta (PA) un área resultante de 3146 km² que equivale al 5,24% del área total.

Figura 14

Modelo de Distribución CIROC6 – ssp126, año 2050

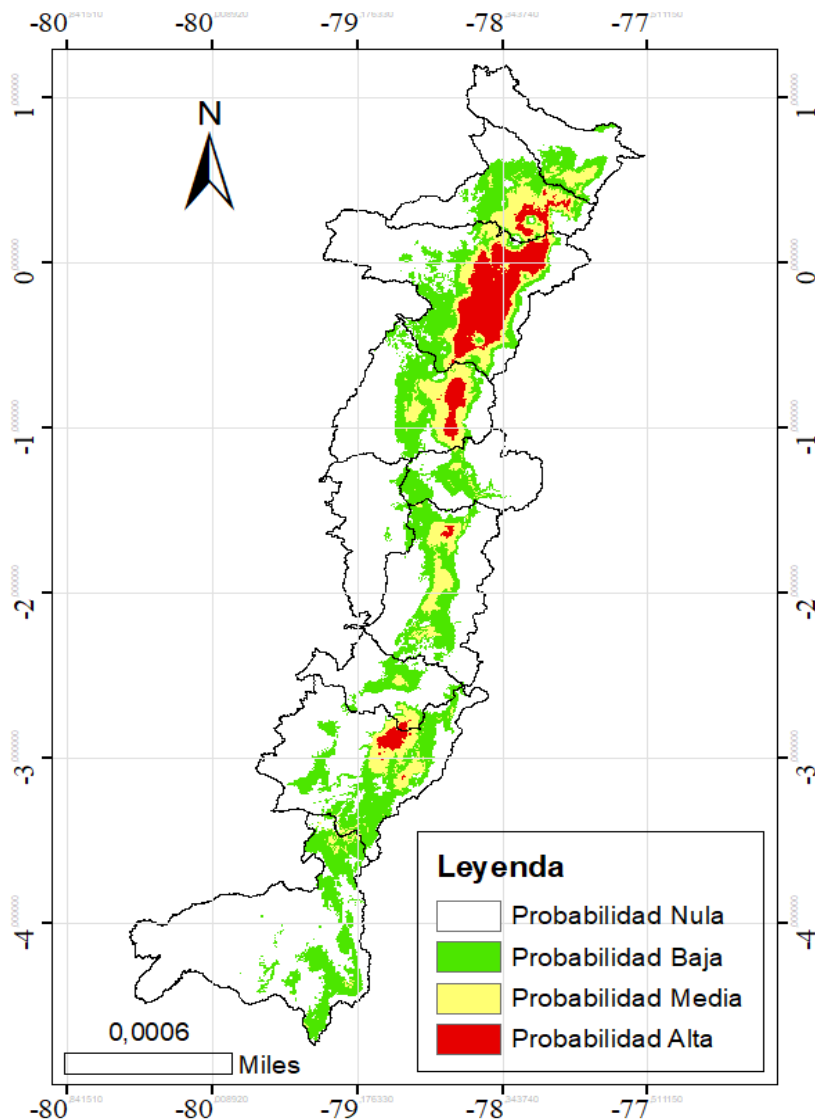


10.4.5. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo CIROC6 para el año 2050, SSP245

El resultado de la distribución potencial para este modelo (Figura 15) indicó un área con probabilidad media (PM) 5889,9 km² que equivale el 9,82 %, y en la probabilidad alta (PA) un área resultante de 3245 km² que equivale al 5,41 % del área total. Mientras que el Área Bajo la Curva para este modelo predictivo fue de 0.905 (Anexo 1), es decir, que existe confiabilidad para este modelamiento ya que no existe una variación en los resultados.

Figura 15

Distribución potencial de Coccinella Septempunctata- modelo CIROC6, 2050, SSP245



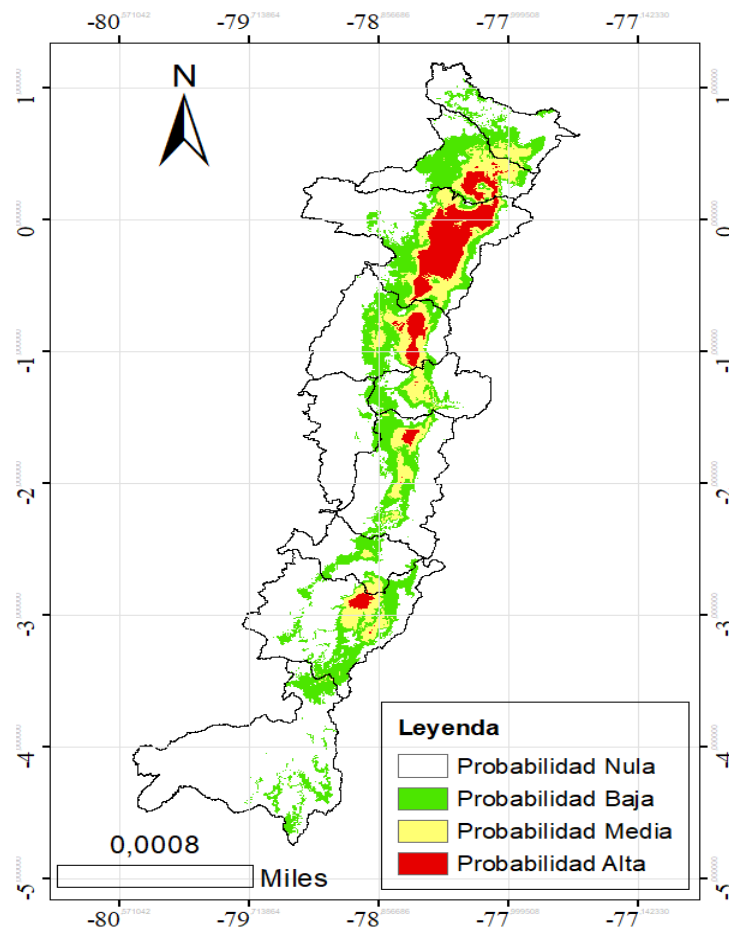
10.4.6. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo HadGEM3 para el año 2080, SSP126

El resultado de la distribución potencial para este modelo (Figura 16) indicó un área con probabilidad media (PM) 6092 km² que equivale el 10,16 %, y en la probabilidad alta (PA) un área resultante de 3092 km² que equivale al 5,15 % del área total. Mientras

que el Área Bajo la Curva (Anexo 2) para este modelo predictivo fue de 0.901, es decir, que existe confiabilidad para este modelamiento ya que no existe una variación en los resultados

Figura 16

*Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* - HadGEM3 para el año 2080, SSP126*



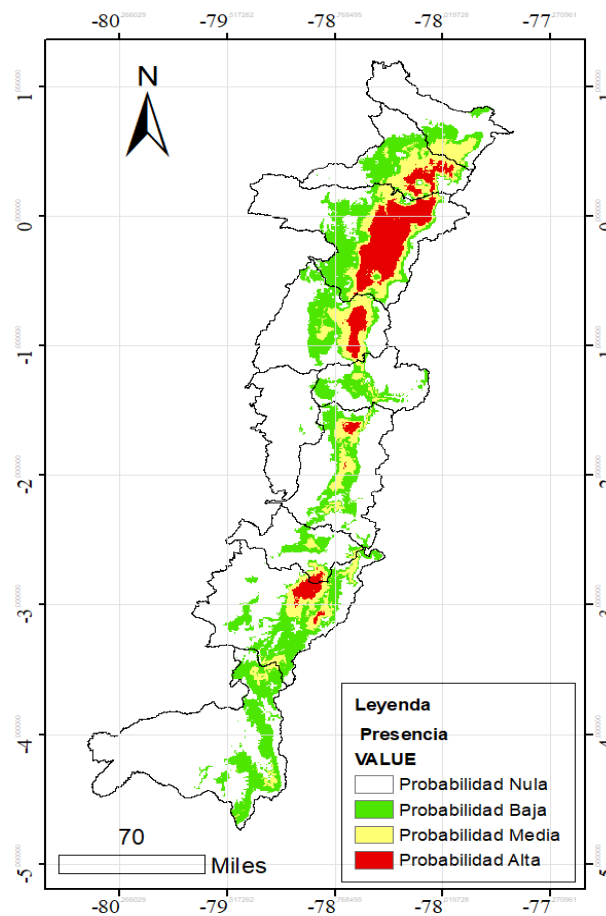
10.4.7. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo HadGEM3 para el año 2080, SSP245

El resultado de la distribución potencial para este modelo (Figura 17) indicó un área con probabilidad media (PM) 7191,6 km² que equivale el 12 %, y en la probabilidad

alta (PA) un área resultante de 4009 km² que equivale al 6,68 % del área total. Mientras que el AUC para este modelo predictivo fue de 0.899 (Anexo 3), es decir, que existe confiabilidad para este modelamiento.

Figura 17

Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - HadGEM3 para el año 2080, SSP245



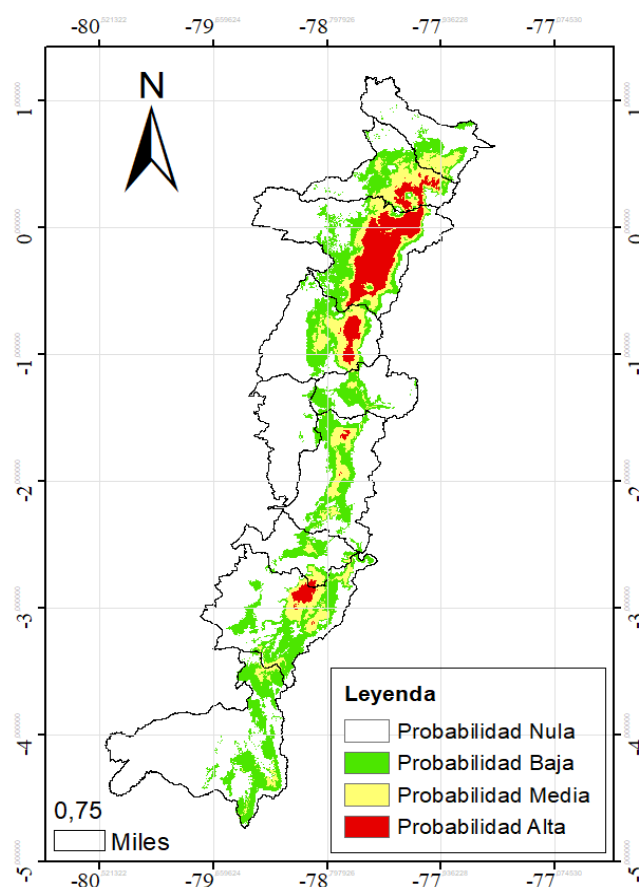
10.4.8. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo CIROC6 para el año 2080, SSP126

El resultado de la distribución potencial para este modelo (Figura 18) indicó un área con probabilidad media (PM) 6532 km² que equivale el 10,08 %, y en la probabilidad

alta (PA) un área resultante de 4521 km² que equivale al 7,54 % del área total. Mientras que el AUC para este modelo predictivo fue de 0.898 (Anexo 4), es decir, que existe confiabilidad para este modelamiento.

Figura 18

Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - CIROC6 para el año 2080, SSP126



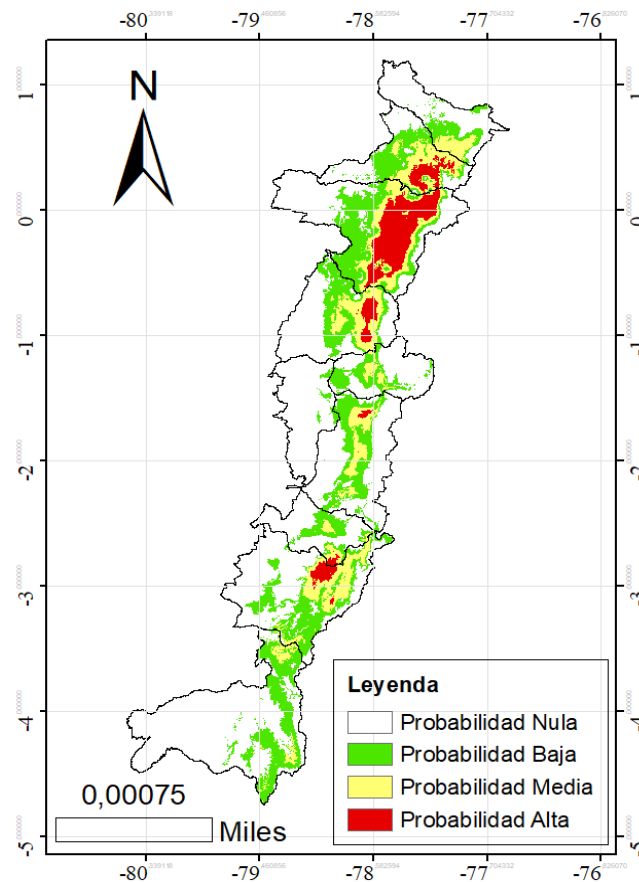
10.4.9. Modelo de distribución potencial de *Coccinella Septempunctata* bajo el modelo CIROC6 para el año 2080, SSP245

El resultado de la distribución potencial para este modelo (Figura 19) indicó un área con probabilidad media (PM) 6871 km² que equivale el 11,46 %, y en la probabilidad

alta (PA) un área resultante de 4998,21 km² que equivale al 8,33 % del área total. Mientras que el AUC para este modelo predictivo fue de 0.897 (Anexo 5), es decir, que existe confiabilidad para este modelamiento.

Figura 19

Modelo de distribución potencial de Coccinella Septempunctata - CIROC6 para el año 2080, SSP245



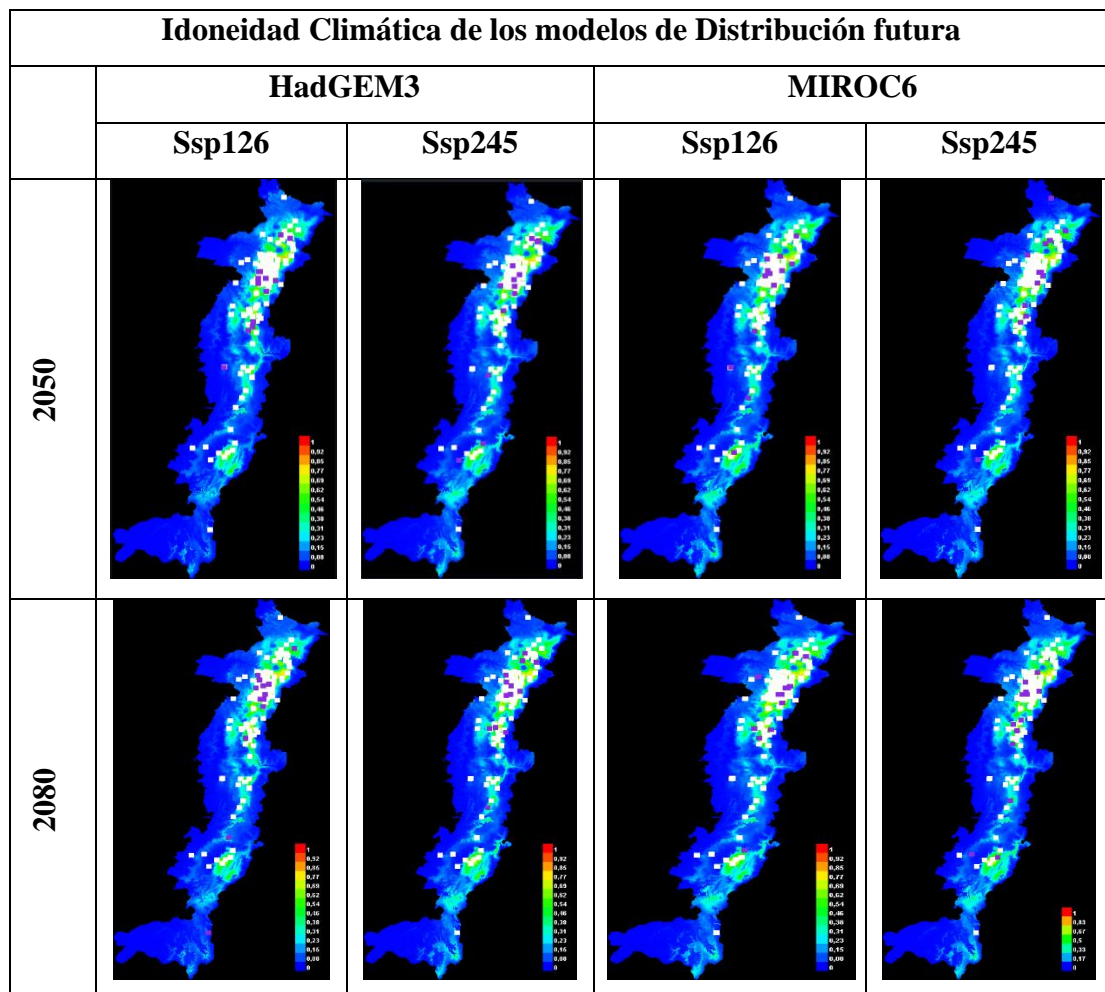
10.5. Comparación de la Idoneidad Climática para los Modelos de Distribución futura

La tabla 11 es una representación gráfica de la idoneidad climática arrojada por MaxEnt para cada modelo de distribución futura de la Catarina. Los colores más cálidos

muestran áreas con mejores condiciones previstas para dicho tiempo y modelo. Los puntos blancos muestran las ubicaciones de presencia utilizadas para el entrenamiento, mientras que los puntos violetas muestran las ubicaciones de prueba.

Tabla 11

Idoneidad climática arrojada para cada modelo de distribución futura de la Catarina.



En base a las características climáticas de cada pixel los diferentes escenarios de climas muestran variaciones en las áreas climáticas óptimas de la especie. La variación que existe entre cada resultado predictivo puede estar regido a causas naturales, así como a alteraciones de origen antropogénico, pues el impacto altamente negativo que deja el

hombre en el ambiente influye de manera directa en las alteraciones climáticas (UNICEF, 2022). Teniendo en cuenta que los modelos que se emplean para producir estas proyecciones están a diversas escalas de tiempo, con una diferencia de 30 años, y bajo dos escenarios distintos, uno que proyecta reducciones en emisiones contaminantes (ssp126) y otro que incrementa levemente las emisiones actuales (ssp245); explican la diferencia que existe entre las condiciones que muestra cada mapa, pues los valores que predicen estos modelos afectan la temperatura, la lluvia, entre otros factores climáticos claves para el desarrollo de las especies.

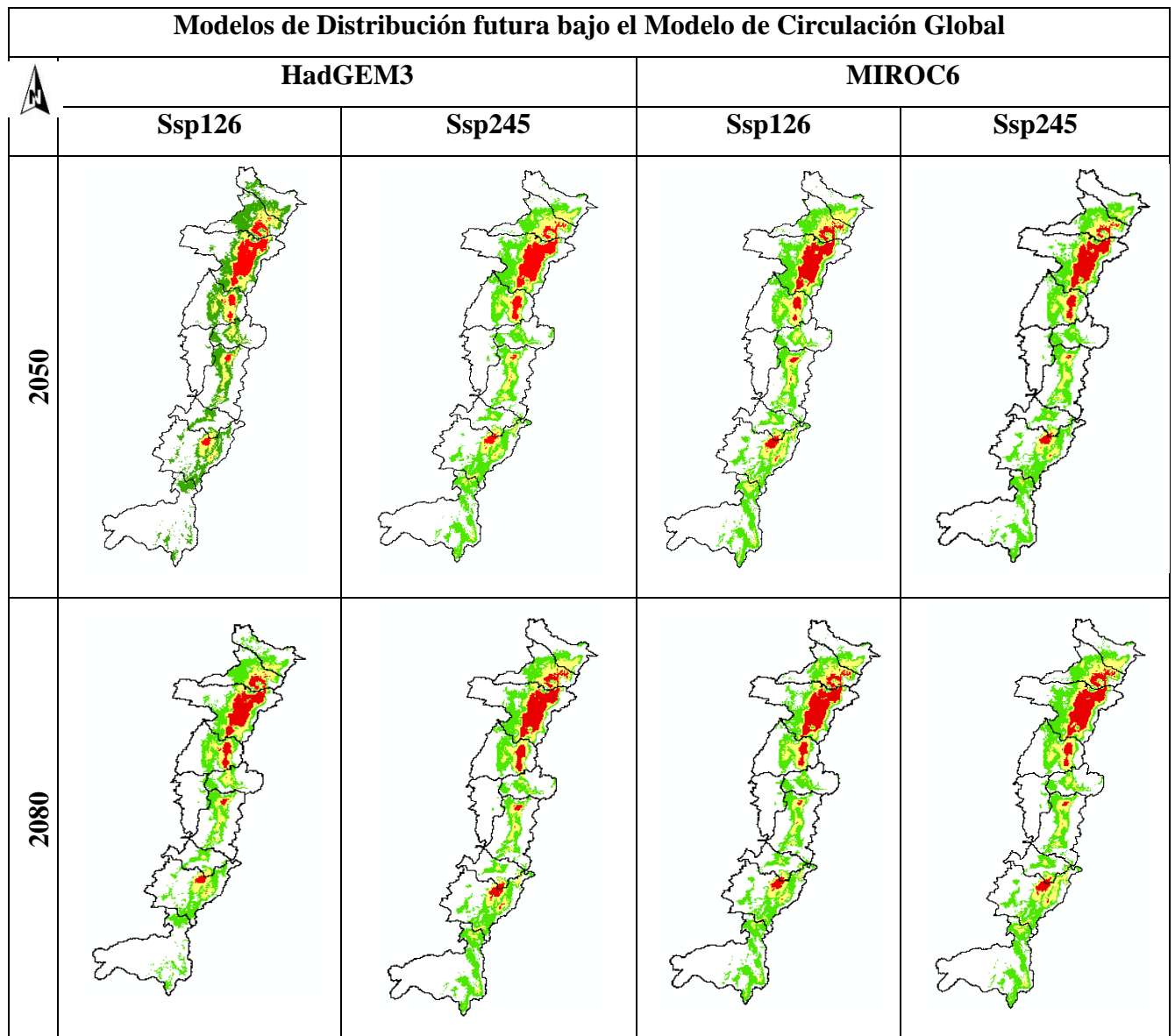
Existe una relación directa entre las variaciones climáticas y el desarrollo de una especie. Tan solo la temperatura es un factor fundamental para determinar la distribución de una especie, influyendo directamente en el ciclo de vida y las actividades que realizan dentro de sus hábitats, por ende, procesos de colonización de nuevas áreas al tratar de adaptarse a nuevas condiciones climáticas (Prinzio, 2017). Es decir que las condiciones climáticas determinan dónde y cómo pueden sobrevivir los organismos, ya que tienen requisitos específicos de temperatura, humedad, luz solar; además, es importante tener en cuenta que la distribución de las especies no depende solo del clima, sino que también de otras variables ambientales y de la historia geológica del lugar donde se encuentran que determinan su rango de distribución haciéndolas migrar, adaptarse o reducir su población (Bravo et al, 2011).

La tabla 11 permite comprender cómo las especies responden a los cambios climáticos utilizando dos modelos de distribución espacialmente explícitos que consideran las condiciones climáticas actuales y los modelos climáticos del futuro. Es necesaria esta comparación que demuestra que las *Coccinella* son especies generalistas, es decir, tienen una amplitud de nicho, condición beneficiosa de los cambios climáticos, ya que pueden expandir su área de distribución geográfica (Bravo et al, 2011).

10.6. Comparación de los Modelos de Distribución actual y futura

Tabla 12

Modelos de distribución para la Coccinella septempunctata



Las proyecciones realizadas (tabla 12) permitieron comparar los cambios en el rango climático de la especie, en los ocho modelos de proyección, de esta manera identificar diferencias entre áreas de distribución para el futuro en los distintos escenarios bajo dos modelos de circulación global. El color blanco indica la probabilidad nula que en un futuro la *Coccinella septempunctata* establezca colonias en esas zonas, el color verde la probabilidad baja, el color amarillo la probabilidad media y el color rojo la probabilidad alta que esta especie se extienda a dichas zonas. En la tabla 13 se compara las zonas de influencia de la especie en los distintos modelos de distribución para el

año 2050, esta tabla muestra los datos estadísticos presentados anteriormente, donde se observa que el valor de la probabilidad media (PM) en todos los modelos de proyección son más altos que el valor de la distribución actual, más aún, tiene mayor incremento bajo el modelo MIROC6, en ambas proyecciones (ssp126 y ssp 245). La probabilidad nula disminuye en todos los modelos futuros, deduciendo que existe un incremento en las probabilidades de extensión de la especie. Para la probabilidad alta se observa un incremento en los valores, a excepción del modelo HadGEM3 en el primer escenario (ssp126), pero incrementando el valor en la probabilidad media, deduciendo que en un futuro donde se disminuye las emisiones a la atmósfera hay más probabilidad de expansión de la especie. En general en todos los modelos se visualiza un aumento de las probabilidades de crecimiento y una disminución en las probabilidades baja y nula, es decir que es un futuro a pesar del cambio climático la adaptabilidad de esta especie es alta.

Tabla 13

Comparación entre zonas de influencia futura de la especie para el año 2050

Tipo de probabilidad	Áreas Actuales	Áreas futuras – 2050			
		HadGEM3		MIROC6	
		Ssp126	Ssp245	Ssp126	Ssp245
Probabilidad Nula	38517,51 km ²	36627,22 km ²	37362,07 km ²	35793,48 km ²	36991,4 km ²
Probabilidad Baja	13214,73 km ²	14913,26 km ²	13069,11 km ²	15002,4 km ²	13804,48 km ²
Probabilidad Media	5207,234 km ²	5393,77 km ²	6248 km ²	5734,665 km ²	5889,9 km ²
Probabilidad Alta	3046,437 km ²	2996,53 km ²	3251,6 km ²	3146 km ²	3245 km ²
Área Total	59930,78 Km²				

En la tabla 14 se compara las zonas de influencia de la especie en los distintos modelos de distribución para el año 2080, la tabla muestra los datos estadísticos presentados anteriormente, donde se observa que el valor de la probabilidad nula es menor en todos los modelos en comparación a la distribución actual, lo que indica que existirá un

incremento en las otras posibilidades de presencia. La probabilidad media y la probabilidad alta aumenta significativamente en comparación al tamaño de nichos de esta especie, indicando que para este año a pesar del cambio climático la adaptabilidad de esta especie también es alta. Estos resultados están directamente relacionados con la idoneidad climática presentada en la tabla 11, pues en base a los mapas donde representaba con colores más cálidos las áreas con mejores condiciones previstas se observa la similitud entre el modelo de distribución.

Tabla 14

Comparación entre zonas de influencia de la especie en los distintos modelos de distribución para el año 2080

Tipo de probabilidad	Áreas Actuales	Áreas futuras – 2080			
		HadGEM3		MIROC6	
		Ssp126	Ssp245	Ssp126	Ssp245
Probabilidad Nula	38517,51 km ²	36717,02 km ²	34287,9 km ²	35401 km ²	35899,03 km ²
Probabilidad Baja	13214,73 km ²	14029,76 km ²	14442,28 km ²	13476,78 km ²	12162,5 km ²
Probabilidad Media	5207,234 km ²	6092 km ²	7191,6 km ²	6532 km ²	6871 km ²
Probabilidad Alta	3046,437 km ²	3092 km ²	4009 km ²	4521 km ²	4998,21 km ²
Área Total	59930,78 Km²				

Al comparar los resultados para el año 2050 y 2080 (tabla 13 y 14) se evidencia que existirá un incremento de las áreas de presencia para el año 2080, bajo todos los modelos predictivos, es decir que es un hecho la expansión de esta especie invasora en la zona interandina del país. En el modelo HadGEM3 se observa que un incremento en los valores para la probabilidad media de un año al otro, contrariamente estos valores disminuyen en el modelo CIROC6, pero incrementando en los valores de probabilidad baja, esta variación es posible por el escenario más lejano de tiempo, donde el modelo

busca ser lo más exacto, afirmando el incremento de posibilidades de extensión de la especie, pero no en magnitudes precisas.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1. Impacto social

Los resultados del presente trabajo enriquecen el conocimiento sobre biodiversidad tanto para la comunidad científica como para la población en general, ya que se ha sustentado ampliamente los posibles beneficios y contra beneficios que puede representar en las zonas donde se distribuyen las *Coccinella septempunctata*, además al trabajar con datos confiables tomados de INaturalis promueve a más usuarios a compartir y conocer este tipo de espacios donde no solo interactúan expertos o científicos, sino cualquier persona que algún tipo de afición por la naturaleza.

11.2. Impacto ambiental

Este tipo de trabajos que nos permiten conocer las zonas de presencia de una especie en específico son de gran ayuda al momento de establecer planes de protección y control tanto en flora y fauna, comprendiendo la dinámica de los ecosistemas y contribuir a la conservación de la biodiversidad. Por otro lado, el estudio de la distribución de especies, especialmente de las especies invasoras, es crucial para evaluar y mitigar los impactos negativos en la biodiversidad, ya que estas especies pueden o no, causar la disminución de poblaciones nativas, pérdidas económicas y afectaciones a la salud. Además, la pérdida de biodiversidad debido a la transformación de hábitats y ecosistemas por actividades humanas, como la urbanización y la simplificación de la naturaleza, resalta la importancia del conocimiento y la conservación de la distribución de las especies.

11.3. Impacto económico

El conocimiento de la distribución de las especies tiene un impacto económico significativo en varios aspectos, primordialmente en la agricultura, el manejo de plagas

basado en el conocimiento de la distribución de especies puede afectar la producción agrícola y los costos de control, lo que a su vez influye en la rentabilidad de las explotaciones agrícolas y pecuarias. Así mismo, el impacto de las especies invasoras en la biodiversidad y la economía es un tema relevante, ya que pueden causar pérdidas económicas significativas, afectando la productividad agrícola, la salud humana y generando costos de control y erradicación. Además, la transformación de hábitats y ecosistemas debido a la pérdida de biodiversidad también tiene implicaciones económicas, ya que puede afectar sectores como el turismo y la industria forestal.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones

Se determinó mediante la generación de mapas de distribución que las áreas de presencia de *Coccinella septempunctata* son principalmente las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Azuay y Chimborazo al poseer mayor idoneidad climática para la especie.

El área de distribución potencial actual con alta probabilidad para *Coccinella septempunctata* es de 5207,234 km² equivalente al 8,68 % del área total, observándose una mayor concentración de la especie en la provincia de Pichincha.

La distribución potencial futura para *Coccinella septempunctata* en la Sierra ecuatoriana predice una relación constante entre el factor clima y la dinámica de la distribución potencial de la especie lo que confirma la hipótesis planteada en la presente investigación, es decir, si solo se tuviera en cuenta el factor climático de la región, la *Coccinella septempunctata* extendería sus rangos de distribución en el futuro.

12.2. Recomendaciones

Las instituciones y organismos pertinentes como la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad, deberían poner mayor énfasis en este tipo de problemáticas, como es la falta de conocimiento, y por ende la falta de bases científicas para poder desarrollar distintos programas de conservación y control ambiental, ya que con más información se puede generar modelos de mejor calidad o actualizar los ya existentes.

Es importante considerar que el área de distribución de una especie está determinada por factores que operan con diferentes intensidades y a diferentes escalas tanto espaciales como temporales, y que la elaboración de mapas de distribución más precisos puede beneficiar de forma significativa a las especies amenazadas o amenazantes.

Para mejorar la precisión en el mapeo de especies, se debe tomar en cuenta la resolución de datos, de preferencia que sean obtenidos con sensores remotos de alta resolución que se puedan integrar con los datos de campo, para obtener una visión más completa y precisa el mapeo de hábitats y distribución de especies. El uso de herramientas de predicción cartográfica también es indispensable para generar mapas potenciales de distribución de especies, lo que puede ayudar a predecir las zonas más probables de asentamiento de especies invasoras.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J., Yanqui, F., Moreno, S., Nuñez, A., Arostegui, E., Buendía, M., & Garay, E. (2019). Is the seven-point ladybird (*Coccinella septempunctata*) effective in the biological control of the whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*)? *Scientia Agropecuaria*, 489 - 495.
- Araujo, M. (2005). Validation of species – climate impact models under climate change. *Global Change Biology*.1504 – 1513p
- Ascencio, D., Alvarado, O., Lara, J., Jarquín, R., y Ávila, V. (2020). Aspectos Biológicos de Coccinélidos Asociados a *Opuntia ficus indica* en San Luis Potosí, México. *Southwestern Entomologist*, 45(3), 725-732.
- Bowling, R., Brewer, J., Kerns, L., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, E., (2016). Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*
- Bravo, J., Sánchez, G., Gelviz, M., (2011). Estudio de la distribución de las especies frente al cambio climático. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_EcoConserBiolo/gerardo_sanchez/2011CuadernosBio.pdf
- Bromm, V., & Loeb, A. (2004). Accretion onto a primordial protostar. *New Astronomy*, 9(5), 353–364. <https://doi.org/10.1016/j.newast.2003.12.006>
- Camacho, J. A., Díaz, F. Y., Moreno Llacza, S. M., Fernandez, A. N., León, E. A., Buendía Molina, M. A., & Garay, E. (2019). Is the seven-point ladybird (*Coccinella septempunctata*) effective in the biological control of the whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*)? *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 489–495. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.05>
- Carvajal, V., (2016). ALGUNOS REGISTROS DE COCCINELLIDAE EN LA CIUDAD DE QUITO Y LISTA ANOTADA DE ESPECIES PARA ECUADOR. <https://biologia.epn.edu.ec/index.php/coccinellidae-quito>

- Castro, L. (2016). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Obtenido de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19643/1/LILIANA%20TESIS%20OPSRA %20EMPASTAR%20enero%2013%20.%202016.docx](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19643/1/LILIANA%20TESIS%20OPSRA%20EMPASTAR%20enero%2013%20.%202016.docx)
- CEUPE. (2020, May 14). *¿Qué es el nicho ecológico?* Ceupe; Ceupe. <https://www.ceupe.com/blog/que-nicho-ecologico.html>
- Correia, M., (2019). CRITERIOS CONFIABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE MÁXIMA ENTROPÍA.
- Esri, (2015). *Cómo funciona la herramienta Crear cubo de espacio-tiempo—ArcGIS Pro | Documentación.* Arcgis.com. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmorecreatecube.htm>
- Fick, S.E., y Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315
- Futurcrop*, (2018, May 14). Control Biológico de plagas, Coccinellidae. <https://futurcrop.com/que-comen-las-mariquitas/>
- Griñan, M. (2017). Evaluando diferentes fuentes de datos para el modelado de la distribución de especies: datos de presencia de ciencia ciudadana y de introducciones históricas. *Universidad Miguel Hernández de Elche*, 36. [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4296/1/TFG_Griñan Pozo%2C M^a Carmen.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4296/1/TFG_Griñan%20Pozo%20M%C3%A1rquez%20Carmen.pdf)
- Guzmán, R., Calzontzi, J., & Salas, M. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*, 32(3), 370–379. <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v32n3/0065-1737-azm-32-03-00370.pdf>
- Gyenge, J., Edelstein, J., & Salto, C. (1998). Efectos de la temperatura y la dieta en la biología de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27(3), 345-356. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591998000300004>
- Herzog, S., Jørgensen, P., Martínez Güingla, R., Martius, C., Anderson, E., Hole, D., Larsen, T., Marengo, J., Ruiz Carrascal, D., Tiessen, H. (2010): Efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes tropicales: el estado del conocimiento científico. Resumen para tomadores de decisiones y responsables

de la formulación de políticas públicas. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), São José dos Campos, Brasil.

Hofstede, R. (s. f.). *GEOGRAFÍA, ECOLOGÍA Y FORESTACIÓN DE LA SIERRA ALTA DEL ECUADOR*.

Iannacone, J., & Perla, D. (2011). INVASIÓN DEL DEPREDADOR HARMONIA AXYRIDIS (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) Y UNA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL EN EL PERÚ. *The Biologist*, 9.

ICAC, (2021), Insecticidas ecológicos para controlar el gusano rosado de la cápsula, *Pectinophora gossypiella* (Saunders)

IPCC, (2020). El cambio climático proyectado y sus impactos - CIE SYR Resumen para responsables de políticas. https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spms3.html

Jiménez, E. (2009). Manejo integrado de plagas. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.

Kne, L., (2022). *ArcGIS Online*. Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge; <https://www.semanticscholar.org/paper/ArcGIS-Online-Kne/c26709602c57d7dd415014b7113e3eef7f32e0c4>

Lara, C., Feria-Arroyo, T., Dale, J., Muñoz, J., Del Coro, M., Ornelas, J., Ortiz-Pulido, R., Rodríguez-Flores, C., Díaz-Valenzuela, R., MartínezGarcía, V., Díaz-Palacios, A., Partida, R., Enríquez, P., Rangel-Salazar, L., & Schondube, J. (2012). Potential effects of the climate change in the distribution of hummingbirds: a study case with hummingbirds from the genus *Amazilia* and *Cyanthus*. *Ornitología Neotropical*, 23: 57-70

Li, Y. Y., Chen, J. J., Liu, M. Y., He, W. W., Reynolds, J. A., Wang, Y. N., Wang, M. Q., & Zhang, L. S. (2022). Enhanced Degradation of Juvenile Hormone Promotes Reproductive Diapause in the Predatory Ladybeetle *Coccinella septempunctata*. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.877153>

López, B., Purgache, G., (2016). *"IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES A LA PRESENCIA ACTUAL Y FUTURA DE LA TÓRTOLA*. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7761/1/PC-000797.pdf>

- López, M., (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental.
- Mateo, R., Felicísimo, Á., & Muñoz, J. (2011). REVISTA CHILENA DE HISTORIA NATURAL Species distributions models: A synthetic revision. In *Revista Chilena de Historia Natural* (Vol. 84).
- Marchi, M., Sinjur, I., Bozzano, M., & Westergren, M. (2019). Evaluating WorldClim version 1 (1961-1990) as the baseline for sustainable use of forest and environmental resources in a changing climate. *Sustainability (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/su11113043>
- Maxent. (2017). Modelación de nichos y distribuciones de especies. Amnh.org. https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Mendoza, E., (2020). CRÍA Y REPRODUCCIÓN DE COCCINÉLIDOS CON LA UTILIZACIÓN DE DISTINTAS FUENTES DE ALIMENTACIÓN EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA”
- Monataño, D. (2021). Nuevo estudio: en los últimos 26 años Ecuador ha perdido más de 2 millones de hectáreas de bosques. MONGABAY. Periodismo ambiental independiente en Latinoamérica. <https://es.mongabay.com/2021/03/nuevo-estudio-en-los-ultimos-26-anos-ecuador-ha-perdido-mas-de-2-millones-de-hectareas-de-bosque/>
- Moya, A. (2018). Evaluación del Modelo Climático Global MIROC5 y estimaciones de temperatura y precipitaciones para las zonas sur y norte del Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 05(02). <https://doi.org/10.18259/acs.2015028>
- Nicolás, S. (s. f.). *Precisión de los índices estadísticas: Técnicas de jackknife & bootstrap (Precision of statistical indices: Jackknife & bootstrap techniques)*.
- Obregón, R., Arenas, S., Gil, F., Jordano, D., & Fernández, J. (2014). Biología, ecología y modelo de distribución de las especies del género “Pseudophilotes” Beuret, 1958 en andalucía (sur de España) (Lepidoptera: Lycaenidae). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 42(168), 501–516. <https://www.redalyc.org/pdf/455/45540983001.pdf>

- Otero, M. (2000). *Informe sobre el Modelado de la Distribución Potencial de las Especies*.
https://www.udc.es/export/sites/udc/gibe/_galeria_down/FB_CACC2017/5_Informe_modelado_FV5_11.pdf_2063069294.pdf
- Pando, B., Peña, J., (2007). *APLICACIÓN DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES A LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SURESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA*.
- Peñaherrera, E., Domínguez, M., Cisneros D., (2023). Siguiendo los pasos de las mariquitas introducidas en el Ecuador. *Siembra*, vol. 10, núm. 3, Esp., e5541, 2023
- Perrales, M., Arredondo, H., (1999). FICHA TÉCNICA CB-20 *Coccinella septempunctata* L. (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL DIRECCIÓN DEL CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA. CB20
- Phillips S.J., Anderson R.P., y Schapire R.E. (2006). Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259.
- Plasencia, H., Escalona G., & Esparza-Olguín, L. (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 30(3), 471-490. <https://doi.org/10.21829/azm.2014.30372>
- Plissock, P., & Castillo, T. (2011, May). *Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: Una revisión de las...* ResearchGate; unknown.
https://www.researchgate.net/publication/260508203_Modelacion_de_la_distribucion_de_especies_y_ecosistemas_en_el_tiempo_y_en_el_espacio_Una_revision_de_las_nuevas_herramientas_y_enfoques_disponibles
- Prinzio, C., (2017, April 18). *El cambio climático y sus efectos sobre los seres vivos*. Acerca Ciencia. <https://www.acercaciencia.com/2017/04/18/el-cambio-climatico-y-sus-efectos-sobre-los-seres-vivos/>
- Puga, N. D., Olguín, J. L. L., Corral, J. A. R., Eguiarte, D. R. G., Paredes, J. D. G., González, S. M., & González, M. R. C. (2020). Impact of climate change on

the potential distribution of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in Mexico. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 11, 93–106. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11S2.4705>

Quesada, M., Acosta, L., Arias, D., & Rodríguez, A. (2016). Modelación de nichos ecológicos basado en tres escenarios de cambio climático para cinco especies de plantas en zonas altas de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(34), 01. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i34.2991>

Quevedo, V. A., Olaya, J. C., & Torres, D. C. (2021). *DIVERSIDAD DE ENEMIGOS NATURALES DE ALGUNAS ESPECIES DE MOSCAS BLANCAS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN ECUADOR*.

Régnière, J. (2009). Predicciones de la distribución continental de insectos a partir de la fisiología de las especies. Canadá.

Romo, H., Sanabria, P., & García-Barros, E. (2012). Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución de lepidópteros del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae)

Ruiz, P., Conde, C., & Vásquez, J., (2022, December 13). *Guía de Escenarios de Cambio Climático CMIP6. Tres Estudios de Caso*. ResearchGate; unknown. https://www.researchgate.net/publication/366230897_Guia_de_Escenarios_de_Cambio_Climatico_CMIP6_Tres_Estudios_de_Caso

Souza, A., et al. (2011) The Arduino Board: A Low Cost Option for Physics Experiments Assisted by PC. Institute of Physics, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Thomas D. Landis, R., Kasten D., y Kim M., (2022). Prevención de Problemas y Manejo Holístico de Plagas

Torres, S., Sossa, C., Khoury, C., (2015). Impacto del cambio climático para el 2020 en la distribución potencial de *Achira* (*Canna indica* L.) en Colombia usando tres modelos de circulación global de la familia de escenarios de emisión A2. *Revista Ingeniería y Región*. 2015;13(1):91-102

- UNICEF, (2022). *Medio ambiente y cambio climático*. Unicef.org.
<https://www.unicef.org/es/medio-ambiente-cambio-climatico>
- Varela, S., Terribile, L., Oliveira, G., Diniz-Filho, J. A. F., González-, J., & Lima, M. (2015). ecoClimate, a new open-access repository with variables for the past, present and future climatic scenarios. *Ecosistemas*, 24(3), 88–92.
<https://doi.org/10.7818/ecos.2015.24-3.11>
- Veintimilla, D., Finegan, B., Delgado, D., Vilchez, S., Imbach, P., & Zamora, N. (2013). Identificación y caracterización de tipos de bosque tropical sobre un gradiente altitudinal en Costa Rica: el caso “Caribe - Villa Mills.” 144.
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/758/1/T-SENESCYT-0343.pdf>
- Wang, Y., Casajus, N., Buddle, C., Berteaux, D., & Larrivé, M. (2018). Predicting the distribution of poorly-documented species, Northern black widow (*Latrodectus variolus*) and Black purse-web spider (*Sphodros Niger*), using museum specimens and citizen science data. *PLoS ONE*, 13(8), 1–14.
- Wisn, M., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A., Graham, C., Guisan, A., Elith, J., Dudík, M., Ferrier, S., Huettmann, F., Leathwick, J., Lehmann, A., Lohmann, L., Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J., ... Zimmermann, N. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5), 763–773.
<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00482.x>
- Zumado, M., & Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. Guía Básica de Entomología, 204 pp. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>

14. ANEXOS

Anexo 1. *Aval de traducción*