



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS BAJO DOS ESCENARIOS DE CAMBIO
CLIMÁTICO PARA MAÍZ CHULPI (*Zea mays*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, EN
EL PERIODO 2019-2020”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniería en Medio Ambiente

Autora:

Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

Tutor:

Ing. Rivera Moreno Marco Antonio

Latacunga - Ecuador

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña, con C.C.050342984-7 declaro ser autora del presente proyecto de investigación: Modelación de nichos ecológicos bajo dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (*zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi, en el periodo 2019-2020, siendo Ing. Rivera Moreno Marco Antonio 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.

.....
Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

050342984-7

.....
Ing. Marco Antonio Rivera Moreno

050151895-5

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 CHIMBORAZO TAIPICANA ERIKA ALEXANDRA, identificada/o con C.C. N° **050342984-7** de estado civil **soltera** y con domicilio en Joseguango Alto Parroquia Mulalo, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector 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 de Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de investigación** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Fecha de inicio de carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno

Tema: **“MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS BAJO DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MAÍZ CHULPI (*Zea mays*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO 2019-2020”**

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/EL 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.

f) 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 18 días del mes de septiembre del 2020.

.....

Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

EL CEDENTE

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“Modelación de nichos ecológicos bajo dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (*Zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi, en el periodo 2019-2020”, de Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, 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 18 de septiembre del 2020

.....
Ing. Marco Antonio Rivera Moreno

C.C: 050151895-5

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“Modelación de nichos ecológicos bajo dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (*Zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi, en el periodo 2019-2020”, de Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, 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 18 de septiembre del 2020

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Lector 1 (PRESIDENTE)

CC: 0501444582

Mg. Jaime René Lema Pillalaza

Lector 2

CC: 1713759932

Ing. Civil Yenson Vinicio Mogro Cepeda Mg.

Lector 3

CC: 0501657514

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas que me han ayudado y me han apoyado a lo largo de estos años de estudio en especial a mi madre y a mi novio quienes me han brindado su amor, paciencia, por ser el pilar fundamental en mi vida y sobre todo por su apoyo incondicional para culminar con éxito mi carrera. A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, por ofrecer una educación de calidad y formar profesionales líderes en el país, a los docentes a quienes les debo gran parte de mis conocimientos gracias por su paciencia y enseñanza.

Erika Alexandra Chimborazo

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en especial a mi madre quien ha sido la fuente de mi fortaleza para seguir adelante que sin su ayuda y consejos no hubiese logrado cumplir mis metas, por su sacrificio, también por incentivar me a cumplir mis ideales y por su apoyo económico.

A mi novio que en las buenas y en las malas siempre me ha brindado su apoyo constantemente dándome su compañía y respaldo.

A mi pequeño hermano Mateo, quien con su ternura y amor ha sido mi gran inspiración y alegría en mis momentos difíciles.

Erika Alexandra Chimborazo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS BAJO DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MAÍZ CHULPI (*Zea mays*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO 2019-2020”

Autora: Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo modelar la distribución potencial actual y futura de la especie de maíz chulpi (*Zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi con la ayuda del programa MaxEnt se pudo determinar las áreas con probabilidades de adaptación de la especie. Para ello se utilizó el método de modelación de distribución de máxima entropía (MaxEnt) versión 3.4.1 se trabajó con 44 registros de presencia de maíz chulpi y variables bioclimáticas descargadas de la plataforma de WorldClim de estas variables se escogió ocho realizando la correlación de Pearson en el programa estadístico SPSS, para la proyección futura se utilizó variables bioclimáticas en dos horizontes de tiempo: año 2050 y 2080 utilizando los modelos de circulación global CCCMA-cgcm3_1t47 y CSIRO-mk3_5 bajo los escenarios A2 y B1. Lo que se obtuvo modelos de distribución potencial actual y futuro con un índice de confiabilidad apropiado de AUC (área bajo la curva) de 0.970, se realizó 10 réplicas mediante el tipo de ejecución de Bootstrap con prueba al azar del 25% y con 500 interacciones, lo que además se pudo determinar las variables con mayor aporte al modelo para la determinación de la adaptación de la especie las cuales fueron: Bio2 el rango de temperatura y Bio15 estacionalidad de precipitación. De esta manera se identificó que las áreas con mayores probabilidades de que la especie se adapte a las condiciones ambientales están en las zonas rurales de las Parroquias Mulalo, Joseguango Bajo, Tanicuchi y Guaytacama, también se determinó que los Cantones Pujilí y Sigchos tienen probabilidades muy bajas de adaptación. Los resultados de este modelo ayudaran con estrategias de adaptación contra el cambio climático para maíz chulpi en las zonas rurales de la Provincia de Cotopaxi, de tal forma que se busque estrategias y buenas prácticas agrícolas que contribuyen a reducir los impactos de cambio climático sobre la producción.

Palabras clave: Cambio climático, Distribución potencial, MaxEnt, Modelos de circulación global, Variables bioclimáticas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES SCHOOL

THEME: "MODELING OF ECOLOGICAL NICHES UNDER TWO CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR CHULPI CORN (*Zea mays*) IN THE PROVINCE OF COTOPAXI, IN THE PERIOD 2019-2020"

Author: Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

ABSTRACT

The main aim of this research project was to model the current and future potential distribution of the chulpi corn kind (*Zea mays*) in the Cotopaxi Province, with the help of the MaxEnt program, it was possible to determine the areas with probabilities of adaptation of the species. For this, the maximum entropy distribution modeling method (MaxEnt) version 3.4.1 was used, it was worked with 44 records of the presence of chulpi corn and bioclimatic variables downloaded from the WorldClim platform of these variables, eight were chosen by performing the Pearson correlation. In the SPSS statistical program, for the future projection bioclimatic variables were used in two time horizons: year 2050 and 2080 using the global circulation models CCCMA-cgcm3_1t47 and CSIRO-mk3_5 under scenarios A2 and B1. What was obtained models of current and future potential distribution with an appropriate reliability index of AUC (area under the curve) of 0.970, 10 replications were made using the Bootstrap type of execution with a random test of 25% and with 500 interactions, which also could determine the variables with the greatest contribution to the model for the determination of the adaptation of the species which were: Bio2 the temperature range and Bio15 precipitation seasonality. In this way, it was identified that the areas with the greatest probability that the species adapts to environmental conditions are in the rural areas of the Mulalo, Joseguango Bajo, Tanicuchi and Guaytacama parishes, it was also determined that the Pujilí and Sigchos Cantons have very low adaptation probabilities. The results of this model will help with adaptation strategies against climate change for chulpi corn in rural areas of the Cotopaxi Province, in such a way as to seek strategies and good agricultural practices that contribute to reducing the impacts of climate change on production.

Keywords: Climate change, Potential distribution, MaxEnt, Global circulation models, Bioclimatic variables.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Título del Proyecto	1
1.2. Fecha de inicio	1
1.3. Fecha de finalización.....	1
1.4. Lugar de ejecución	1
1.5. Facultad que auspicia	1
1.6. Carrera que auspicia	1
1.7. Proyecto de investigación vinculado.....	1
1.8. Equipo de Trabajo	1
1.9. Área de Conocimiento.....	1
1.10. Línea de investigación.....	1
1.11. Sub líneas de investigación de la Carrera.....	1
1.12. Línea de vinculación	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4

5.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
	ÍNDICE DE CONTENIDOS	
6.	OBJETIVOS	5
6.1.	Objetivo general	5
6.2.	Objetivos específicos	5
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
8.1.	El maíz y características del maíz (<i>Zea mays</i>)	6
8.2.	Botánica del maíz (<i>Zea mays</i>)	7
8.3.	Clasificación taxonómica del maíz	7
8.4.	Descripción del Orden Poales	8
8.5.	Nicho ecológico	8
8.6.	Cambio climático en el Ecuador	9
8.7.	Modelamiento	11
8.8.	Sistema de información geográfica	12
8.9.	MaxEnt	12
8.10.	Registros de presencia	14
8.11.	Variables Ambientales	14
8.12.	Coeficientes de correlación de Pearson	16
8.13.	Modelos de Circulación General (MCG)	17
9.	PREGUNTA CIENTÍFICA.....	18
9.1.	Respuesta a pregunta científica	18
10.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
10.1.	Tipo de investigación	20
10.2.	Métodos	20
10.3.	Técnica	20
10.4.	Instrumentos y programas informáticos	21
10.5.	Herramientas informáticas.....	21

10.6. Unidad de estudio	22
ÍNDICE DE CONTENIDOS	
10.6. Metodología del modelamiento	23
10.7. Modelos de distribución de la especie	24
11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	25
11.1. Elaboración del modelo de distribución potencial.....	25
11.2. Registros de presencia utilizados en el modelamiento	26
11.3. Modelamiento de distribución de la especie.....	29
11.4. Resultados de los modelos de distribución potencial de (Zea mays) Actual	31
11.5. Resultados de los modelos de distribución potencial de (Zea mays) Futura bajo el Modelo CCCMA	35
11.6. Resultados de los modelos de distribución potencial de (Zea mays) Futura bajo el Modelo CSIRO	46
11.7. Comparación de los Modelos de Distribución potencial de Zea mays bajo dos modelos de circulación general atmosférico CCCMA Y CSIRO.....	57
12. PRESUPUESTO.....	61
13. CONCLUSIONES.....	62
14. RECOMENDACIONES.....	63
15. BIBLIOGRAFÍA.....	64
16. ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios	4
Tabla 2: Actividades en relación a los objetivos específicos.....	5
Tabla 3: Clasificación taxonómica del maíz	8
Tabla 4: Coeficiente de Pearson de correlación	16
Tabla 5: Registros de presencia.....	26
Tabla 6: Variables seleccionadas para el modelo.....	29

Tabla 7: Validación estadística del AUC	30
Tabla 8: Presupuesto de gastos de proyecto investigativo	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de proceso de distribución potencial.....	19
Figura 2: Mapa de la Provincia de Cotopaxi	22
Figura 3: Registros de presencia del maíz chulpi (<i>Zea mays</i>)	27
Figura 4: Matriz de correlación de Pearson.....	28
Figura 5: Resultado del AUC para el maíz chulpi (<i>Zea mays</i>).....	31
Figura 6: Prueba de Jackknife de las variables bioclimáticas Actual	32
Figura 7: Modelo de distribución potencial actual	34
Figura 8: AUC Futuro 2050 escenario A2 Modelo CCCMA	35
Figura 9: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario A2 Modelo CCCMA	36
Figura 10: Distribución potencial futura escenario A2 2050	37
Figura 11: AUC Futuro 2050 escenario B1 Modelo CCCMA.....	38
Figura 12: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario B1 Modelo CCCMA	39
Figura 13: Distribución potencial futura escenario B1 2050.....	40
Figura 14: AUC Futuro 2080 escenario A2 Modelo CCCMA.....	41
Figura 15: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario A2 Modelo CCCMA	42
Figura 16: Distribución potencial futura escenario A2 2080	43
Figura 17: AUC Futuro 2080 escenario B1 Modelo CCCMA.....	44
Figura 18: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario B1 Modelo CCCMA	45
Figura 19: Distribución potencial futura escenario B1 2080.....	46
Figura 20: AUC Futuro 2050 escenario A2 Modelo CSIRO	47
Figura 21: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario A2 Modelo CSIRO.....	48
Figura 22: Distribución potencial futura escenario A2 2050	49
Figura 23: AUC Futuro 2050 escenario B1 Modelo CSIRO	50

Figura 24: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario B1 Modelo CSIRO	50
Figura 25: Distribución potencial futura escenario B1 2050.....	51
Figura 26: AUC Futuro 2080 escenario A2 Modelo CSIRO	52
Figura 27: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario B1 Modelo CSIRO	53
Figura 28: Distribución potencial futura escenario A2 2080	54
Figura 29: AUC Futuro 2080 escenario B1 Modelo CSIRO	55
Figura 30: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario B1 Modelo CCCMA	55
Figura 31: Distribución potencial futura escenario B1 2080.....	56
Figura 32: Modelos de distribución futura (Zea mays) en la Provincia de Cotopaxi	57

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del Proyecto:

Modelación de nichos ecológicos bajo dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (*Zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi, en el periodo 2019-2020

1.2. Fecha de inicio: Septiembre del 2019

1.3. Fecha de finalización: Agosto del 2020

1.4. Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi zona 3

1.5. Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.6. Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

1.7. Proyecto de investigación vinculado: Proyecto Granos Andinos

1.8. Equipo de Trabajo:

Nombres de equipo de investigadores: Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

Tutor de Titulación: Ing. Marco Rivera

Lector 1: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Lector 2: Ing. Vinicio Mogro

Lector 3: Mgs. Jaime Lema

1.9. Área de Conocimiento: Ciencias, protección del medio ambiente

1.10. Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

1.11. Sub líneas de investigación de la Carrera: Manejo y conservación de la biodiversidad

1.12. Línea de vinculación: Gestión de recursos naturales. Biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social

2. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cereal de la familia gramíneas reconocido por su forma alargada, siendo este el cultivo el de mayor importancia en el sector agrícola de la provincia de Cotopaxi, según él (CNA, 2000). Es importante por su economía y uso alimentario, además de ser considerado un generador de vida, lo que lo convierte en un elemento fundamental para nuestras vidas desde la época de nuestros ancestros.

El presente estudio permitió identificar áreas de cultivo propicias para el desarrollo del maíz, con el uso de herramientas de Sistema de información Geográfica (SIG) y modelación como MaxEnt, e información bioclimática a nivel regional, las que en conjunto se utilizan cada vez más para temas como conservación ambiental y restauración.

La modelación de nichos ecológicos bajo los escenarios y datos climáticos intergubernamentales permitió conocer en qué zonas de la Provincia de Cotopaxi se encuentran los cultivos afectados por el cambio climático, y cuáles son las áreas de futura afectación por los cambios que sufre el planeta en los factores atmosféricos (Sánchez, 2018, pág. 10).

El objetivo principal del estudio fue modelar los nichos ecológicos bajo dos escenarios de cambio climático para el maíz chulpi en la Provincia de Cotopaxi ya que en esta zona de producción del cereal se ve afectada por los cambios drásticos en variables ambientales como la temperatura y precipitación. “Por ello se realizaron modelos de nicho ecológico con el algoritmo MaxEnt basado en la máxima entropía para la especie” (Quirós et al., 2017, pág.6).

Se gestionaron datos de información geográfica, generando modelos de cambio climático, mientras que con MaxEnt se realizó un análisis predictivo del tiempo a 2050 y 2080 (utilizando capas de información del clima global del portal web Worldclim), basándose en dos modelos: CCCMA y CSIRO con escenarios A2 y B1. Adicionalmente a esto y para que el modelo sea consistente se utilizó información ambiental y datos de presencia de la especie, lo que requirió identificar los factores ambientales que determinan la distribución potencial y elaborar un perfil bioclimático de la especie (Navarrete, 2019, pág. 19).

De acuerdo con Leal los modelos de distribución potencial representan un nicho fundamental de la especie que consiste en un conjunto de condiciones que le permiten sobrevivir. Dicho de otra manera, estos modelos se relacionan con un conjunto de variables ambientales con datos de presencia de la especie en una determinada área, los cuales predicen el ambiente favorable para el desarrollo de la especie.

La metodología utilizada en la investigación se basa en el registro de presencia de datos climáticos y de la especie, los cuales ingresan a un algoritmo que identifican las condiciones ambientales favorables (o no favorables) para la supervivencia de la especie de maíz chulpi *Zea mays* (2012, pág.8).

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el cambio climático está ocasionando el deterioro del ambiente, en especial en el sector agrícola del país, por lo que, constituye un riesgo en la seguridad alimentaria de los habitantes. Con la presencia del cambio climático se reporta un aumento de temperaturas, disminución de precipitaciones, sequías, heladas y granizadas que afectan directamente en la producción agrícola. El maíz es cultivado por agricultores en toda la sierra ecuatoriana, pero los cambios climáticos están incidiendo en la baja producción y en ocasiones la pérdida de cultivos, es por ello que es importante que, mediante la modelación o el diseño de mapas, se trate de conocer cómo esta especie se adapta al cambio climático y como podrían desaparecer o aumentar las áreas de producción de este cereal.

El modelo de distribución potencial, es importante ya que permite identificar las áreas con presencia de temperaturas y precipitaciones extremas; la recopilación de coordenadas y variables climáticas, permiten la predicción de eventos climáticos a futuro, para contrarrestar el deterioro de los cultivos y de la producción en general. Siendo los beneficiarios directos de esta investigación los agricultores, ya que se puede dar a conocer los resultados generados, para que tengan una mejor planificación al momento de la siembra del maíz eligiendo las áreas donde son adecuadas e idóneas para que se adapte el cultivo de la misma manera se puede concientizar a las personas realizando buenas prácticas agrícolas. Además, junto a la academia se podrían replicar este tipo de estudios de modelamiento para dar a los campesinos herramientas técnicas que ayuden a tecnificar su producción sin dejar de lado los valores y técnicas ancestrales.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Agricultores de la Provincia de Cotopaxi Hombres=26.851 Mujeres=25.126 Total=51.977	Ministerio del Ambiente Agrocalidad Ministerio de Agricultura y Ganadería

Fuente: (INEC, 2010)

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático ha causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todo nuestro país y el mundo, por lo que, los seres vivos presentan diferentes respuestas de adaptación ante los cambios en las condiciones climáticas y ambientales, que pueden ser perjudiciales a los cultivos de maíz en la provincia de Cotopaxi y para la conservación de los ecosistemas.

Según Castaño (2002), “el cambio climático afecta con mayor fuerza a los diferentes cultivos que existe en la provincia de Cotopaxi y consecuentemente a los pequeños ecosistemas como los páramos”. (pág.13)

El modelado de nicho ecológico con lleva a la generación de mapas de distribución geográfica potencial de maíz, por lo que, puede resultar útil en determinar la distribución futura de plagas y como éstas podrían extender su impacto a zonas no atacadas actualmente bajo cambios ambientales específicos.

Cuando el terreno o las condiciones de suelo no permiten migrar altitudinalmente a las especies de maíz, se considera que el espacio es igual de vulnerable que una isla pequeña, es por ello que el modelado de cambio climático fundamenta nichos ecológicos con dos escenarios y se ha convertido en la principal herramienta para intentar predecir la futura afectación de los cultivos de maíz por cambios ambientales.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

- Modelar nichos ecológicos para dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (*Zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi, en el periodo 2020.

6.2. Objetivos específicos

- Determinar las zonas actuales del cultivo de maíz chulpi (*Zea mays*) mediante puntos de muestreo y puntos de presencia.
- Diseñar modelos de distribución de nichos ecológicos para los dos escenarios de cambio climático.
- Generar mapas de distribuciones potencial actuales y futuras bajo dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (*Zea mays*).

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2: Actividades en relación a los objetivos específicos

Objetivos específicos	Actividad	Resultado	Medio de verificación
- Determinar las zonas actuales del cultivo de maíz chulpi (<i>Zea mays</i>) mediante puntos de muestreo y puntos de presencia.	Revisión de reportes en las pág. Web. Recopilar puntos de muestreo, de diferentes fuentes, públicas o privadas.	Base de datos	Documentos
- Diseñar modelos de distribución de nichos ecológicos para los dos	Analizar las capas bioclimáticas.	Expediciones estadísticas.	Fotos Corrida de datos

escenarios de cambio climático.	Obtener capas bioclimáticas. Recortar capas	Mapas de predicción	
- Generar mapas de distribuciones potencial actuales y futuras bajo dos escenarios de cambio climático para maíz chulpi (<i>Zea mays</i>).	Comparar los modelos CCCMA Y CSIRO, entre los dos escenarios climáticos: A2 y B1	Identificación de las áreas afectadas por el cambio climático.	Mapas

Elaborado por: Erika Chimborazo

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. El maíz y características del maíz (*Zea mays*)

El maíz es una planta originaria del continente americano, se desconoce exactamente su origen y el tiempo que lleva de existir, pero han establecido como posible lugar un pequeño valle del estado de Puebla México, sin embargo, Grupo semillas aseguran que su origen es en México hace unos 7000 años (2012, pág. 2).

En Ecuador los cultivos de maíz se desarrollaron hace 6500 años, ya que investigaciones realizadas a partir de fitolitos en muestras de tierras, revelan que en la Península de Santa Elena los antiguos habitantes ya empezaron a cultivar, de tal forma convirtiéndose en un alimento que contiene muchos carbohidratos y por su extrema adaptabilidad se ha convertido en el alimento de más producción a nivel mundial (Yáñez, 2010, pág. 4).

Comúnmente se denomina maíz, por ser una palabra de origen indígena pero su nombre científico es (*Zea mays*). Es cultivado ampliamente en todo el continente americano y es Estados Unidos quien tiene la producción más grande y lo ha industrializado en formas por diversas (Ejemplode.com, 2013, pág. 1).

Cabrerizo (2006), “señala que el maíz puede dividirse en varios tipos (razas o grupos), en función de calidad, cantidad y patrón de composición del endospermo. Estos son: el maíz dentado, dulce, palomero entre otros”. (pág.26)

8.2. Botánica del maíz (*Zea mays*)

Según Maroto (1998), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

Raíces: Su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobre salen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias.

Tallo: Es en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada que puede alcanzar a una altura de 4 metros, además es robusto y no presenta ramificaciones.

Hojas: Son largas y de gran tamaño se encuentran abrazado al tallo y con presencia de velocidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Grano: La cubierta de la semilla se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano, que puede ser (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla en endospermo con el 85-90 % del peso del grano. (pág.17)

8.3. Clasificación taxonómica del maíz

De acuerdo con la clasificación efectuada por el OECD (Organización para la cooperación económica y el desarrollo), en la clasificación para el maíz del hemisferio (11), los géneros *Zea* y *Tripsacum* son incluidos en la tribu Maydeae.

El maíz (*Zea mays*), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teocintle y las del género *Tripsacum*, conocidas como

arrocillo o maicillo, son formas salvajes parientes del (*Zea Mays*) (Rodobaldo, 2009, pág. 16)

Tabla 3: Clasificación taxonómica del maíz

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Nombre común:	Maíz
Nombre científico:	<i>Zea mays</i>

Fuente: (Piñeiro, 2004)

8.4. Descripción del Orden Poales

El orden Poales se caracteriza por:

- “Presentar plantas un tanto leñosas (carrizo).
- Las hojas son planas, raramente de sección triangular.
- Semillas con embrión cilíndrico y delgado rodeado por un endospermo y un perisperma delgado.
- Además, las Poales presentan un tipo único de fruto seco” (Guevara & de Rojas, 2004, pág. 43).

8.5. Nicho ecológico

Silva & Berovides (1989). Indican que el nicho ecológico es la posición de un organismo dentro de su comunidad y ecosistema resultante de las adaptaciones estructurales.

Recalcó que el nicho es la función de la especie en la comunidad, determinada por los requerimientos de la especie para reproducirse y sobrevivir. Donde cada dimensión del nicho representa una variable ambiental importante para la supervivencia de la especie (pág.33).

“Esta definición se apoya intencionalmente en las influencias del ambiente sobre la aptitud de organismos, desconociendo los cambios que estos a su vez provocaban sobre el medio, utilizaron esta definición para desarrollar lo que ahora se denomina teoría del nicho”. (Leibold & Geddes, 2005, pág. 21)

8.6. Cambio climático en el Ecuador

Indudablemente el clima actual se caracteriza por la incertidumbre y la variabilidad de los factores meteorológicos. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) menciona que, a pesar de las incertidumbres científicas existentes, hay una señal de la afectación de la actividad del ser humano sobre el clima (Cáceres L, 1998)

Actualmente el cambio climático global ha preocupado a los científicos, ya que se verán severamente afectadas la producción agrícola por el incremento de temperaturas y disminución en la precipitación.

A pesar que los efectos de los cambios que existe en el clima sobre la producción de los cultivos varían ampliamente de una región a otra, se espera que los cambios anticipados tengan grandes efectos principalmente en las zonas tropicales en países en vías de desarrollo con regímenes de precipitación naturalmente variables. En ese sentido, desde ya somos testigos de los impactos económicos y sociales, que serán cada vez más graves, los riesgos en la salud, por lo que cuanto más tardemos en actuar, mucho más elevadas serán las inversiones para la adaptación al aumento de la temperatura. (Barros, 2004)

8.6.1. Percepciones que tiene las comunidades agrícolas frente al cambio climático

Los efectos provocados por el cambio climático en la producción agrícola han puesto en marcha estrategias de adaptación que permiten utilizar y enfrentar irregularidades climáticas, por otro lado, la menos disponibilidad de agua que están experimentando y que en alguna medida perjudicial el bienestar y los modos de vida campesino e indígena (VanderMolen, 2011).

El cambio climático generalmente es una causa principal para la pérdida de cosechas de maíz, debido a los suelos secos; muchos de los agricultores recurren al agua de regadío con lo cual podemos minimizar las pérdidas en la producción de maíz, y en algunos sectores donde carecen de este recurso la producción es menor o simplemente no llegamos a la etapa de la cosecha, lo cual sería un año perdido de producción.

8.6.2. Plan nacional de adaptación al cambio climático del Ecuador

Los efectos adversos del cambio climático son considerados como amenazas ya que los impactos pueden poner en riesgo el desarrollo del país y la integridad a nivel mundial. Numerosas especies vegetales y animales debilitadas ya por la contaminación y la pérdida de hábitat, no sobrevivirían los próximos años al cambio climático.

Los análisis científicos señalan una tendencia creciente en la frecuencia e intensidad de los eventos metodológicos extremos en los últimos cincuenta años y se considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones, continuaran siendo más frecuentes en el futuro, lo que puede ser destrozado para la humanidad (De Cambio Climático, 2006, pág. 1)

Según Barton una adaptación planificada puede disminuir la vulnerabilidad a los impactos y disminuir los costos de que llevan asociados, por otro lado, las necesidades de adaptación pueden ser tanto a corto como a largo plazo, se toma en cuenta que la adaptación afecta a todos los sectores lo cual debe ser integrada a las políticas sectoriales (2009, pág. 21).

“Las estrategias de mitigación y adaptación deben estar interrelacionadas, la adaptación no tendrá sentido si no va acompañada de suficientes medidas de mitigación para asegurar la estabilidad de las concentraciones de gas de efecto invernadero” (De Cambio Climático, 2006, pág. 1).

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) ha manifestado que el calentamiento del planeta es inequívoco, que la influencia humana en el sistema climático es entendible, el cual las emisiones de (GDI) son las más altas de la historia.

De igual forma el Panel Intergubernamental señala que muchos de los en los últimos años la atmosfera y el océano se han calentado, los volúmenes de hielo y nieve han reducido y el nivel del mar se ha elevado. El dominio humano es indiscutible al tenor de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera, el forzamiento radiactivo positivo y el calentamiento observado, las causas del cambio climático son provocadas por aquellos procesos naturales y vinculadas con la actividad humana (Climático, 2018, pág. 7).

8.7. Modelamiento

Los modelos de distribución de especies es una nueva técnica que permite estudiar la distribución de organismos en el espacio, parten de los datos disponibles de presencia de las especies mediante diferentes procedimientos matemáticos o estadísticos, permiten inferir las zonas potencialmente idóneas para su presencia en función de diferentes características ambientales (Rubén, Felicísimo, & Muñoz, 2012, pág. 34).

Para generar modelos de distribución se emplea una base de datos de sitios asignados, para lo cual justamente MaxEnt sirve para evaluar los aspectos que se vinculan y manifiestan ambiental y espacialmente. El resultado se expresa en el espacio geográfico como mapas digitales que representa la idoneidad del habitat o la probabilidad de presencia de la especie desde el punto de vista biológico, en general cualquier variable ambiental (Politis, et al., 2018, pág. 23).

Según esta definición hay cinco elementos a destacar en cualquier modelo de distribución de especies. Registros de presencia de la especie, variables ambientales almacenadas como mapas, un algoritmo que analiza la relación entre ambas entradas, un modelo definido en el espacio ecológico, y la representación geográfica del resultado en forma de mapa (Lopez, 2012, pág. 6)

8.8. Sistema de información geográfica

Un sistema de información geográfico (SIG) particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra (Lara, 2006, pág. 16)

La gran ventaja de los SIGs es que pueden relacionar las distintas capas entre sí, lo que concede a estos sistemas unas especulares capacidades de análisis, pudiendo responder a peticiones complejas y por ello generar mapas derivados que pueden representar situaciones reales o escenarios hipotéticos o simulados de gran utilidad (Cebrián, 1988, pág. 9).

- ***QGIS***

Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto el cual soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos que se trabaja con información espacial, se puede abrir mapas digitales, crear nueva información para añadir a un mapa, modelos, ubicación de lugares en el espacio puede ser país, Cantón, Parroquia, según el shapefile que tiene documentos en polígonos, puntos o líneas adicional tablas con cualidades, siendo el inicio y apoyo para la ejecución del sistema de información. (Qgis, 2015, pág. 27)

“QGIS facilita una creciente gama de capacidades a través de sus funciones primordiales y complementos, que puede representar, editar, analizar datos y diseñar mapas imprimibles” (Sutton, 2012, pág. 3).

8.9. MaxEnt

Es un método que emplea el principio de la máxima entropía. Actualmente es uno de los programas empleados para modelar distribuciones de especies a partir de registros, utilizando archivos cartográficos en un formato y características específicas.

El algoritmo busca acoger la distribución que más se acerque a la homogeneidad restringiendo la información biológica y condiciones ambientales

del área de estudio. El algoritmo calcula la distribución geográfica en posibilidad de modelizar situaciones futuras con muestras de datos parciales o incompletos (Elith J. P., 2011, pág. 7). El resultado es un mapa en el que cada celda posee un valor de probabilidad que oscila entre 0 y 100, el cual expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie en función de las variables ambientales.

Este método puede utilizar variables cualitativas otorgando a cada valor de las variables un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene.

Las ventajas que MaxEnt ofrece sobre otros programas similares son: solo requiere datos de presencia de las especies, utiliza datos categóricos y continuos, incorpora interacciones entre variables y permite interpretar cada variable de acuerdo con su importancia para determinar la distribución. Sin embargo, no toma en cuenta los factores bióticos y abióticos al modelar los datos. (Merow, Smith, & Silander, 2013, pág. 14)

- ***Aplicaciones de modelos de distribución de especies utilizando el programa MaxEnt***

Los modelos de distribución de especies indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad, calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores.

La expresión de esta idoneidad de hábitat puede ser binaria, otorgando valor 1 a áreas idóneas y 0 a áreas no idóneas, o continua, según un rango de valores que clasifican el territorio de menor a mayor grado de idoneidad. En la construcción de estos modelos resultan críticos una serie de factores que afectan en gran medida a la precisión del resultado final. (Benito & Peñas, 2007, pág. 18)

- ***Limitantes del Modelo MaxEnt***

Las relaciones bióticas responden a la distribución de las especies a procesos complejos donde las relaciones bióticas tienen una gran influencia, ausencia del componente espacial en el proceso, no se tiene en cuenta las relaciones espaciales entre los puntos a partir de los cuales derivan, la ausencia del componente temporal en el proceso y los modelos de distribución de especies son fotografías

fijas de un instante y no reflejan ningún proceso histórico (Morales, 2012, pág. 46).

8.10. Registros de presencia

“Los registros de presencia proporcionan información de la distribución conocida de la especie en un lugar determinado y en una fecha concreta, donde esta ha sido observada y de tal manera denominados como datos biológicos” (Pineda & Malagamba, 2009, pág. 5).

La forma más básica de obtener los datos de presencia, es generando la información en terreno mediante GPS u otros tipos de herramienta. También se pueden recopilar información de forma indirecta mediante el uso de bases de datos de libre acceso, que cada vez adquieren mayor importancia. Según Castillo Existen técnicas de modelación que fusionan a las ausencias, lo cual permite una mejor discriminación de las variables descriptoras y por lo tanto un mejor ajuste final del modelo (2011, pág. 26).

8.11. Variables Ambientales

Hay que elegir un numero de variables adecuado y que releven la información más importante de la entidad natural analizada, es quizás el paso más crítico en el proceso de los modelos de distribución. El resultado final está completamente determinado por esta elección de las variables que se deben utilizar depende del tipo de especie que se esté analizando y de los objetivos que busca la identificación y caracterización del espacio ambiental donde se distribuye (Castillo, 2011, pág. 22).

- ***WorldClim***

Es un portal web abierto al público que reúne conjuntos de datos climáticos a nivel mundial de alta resolución espacial de 1 km² aproximadamente en la línea del Ecuador. Estos datos pueden ser utilizados para crear mapas y modelar con Sistemas de Información Geográfica (SIG) tales como QGIS, DIVA entre otros programas. Todos los datos se encuentran en el sistema de coordenadas WGS 84. (Centroclima, 2020, pág. 2).

(Marchi et al.,2019) mencionan que, para la precipitación y temperatura, WorldClim ofrece datos en promedio, máximo y mínimo. Es importante mencionar que, para las variables de temperatura, los valores se encuentran en grados Celsius multiplicados por 10, esto con el objetivo de evitar el uso decimal para crear archivos en formato Float y así ocupen menos espacio de almacenamiento. Los datos originales son de 30 segundos de resolución y la demás información fue derivada de ciertos datos (pág. 29).

Las variables bioclimáticas presentes en WorldClim:

- BIO1 = Temperatura media anual
- BIO2 = Rango diurno Medio (Promedio mensual (temperatura máxima – temperatura mínima))
- BIO3 = Isotermalidad (BIO2 / BIO7) (x 100)
- BIO4 = Estacionalidad de temperatura (desviación estándar x 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 precipitación (Coeficiente de variación)
- BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo
- BIO17 = Precipitación del trimestre más seco
- BIO18 = Precipitación del trimestre más cálido
- BIO19 = Precipitación del trimestre más frío

(Alonso, Estrada, & García, 2017, pág. 17)

En la base de datos global de superficies climáticas WorldClim contiene las 19 variables bioclimáticas Varela et al.(2015) siendo ampliamente utilizadas por la facilidad de su obtención, libre acceso y de uso, las cuales pueden ser discriminadas utilizando el coeficiente de Pearson (pág. 21)

8.12. Coeficientes de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación (r) de Pearson mide el grado de asociación lineal entre distintas variables, son utilizados ampliamente en varias investigaciones, donde se establece similitudes o disimilitudes entre variables representados en dimensiones de menor valor. La técnica de correlación es fundamental en la explicación de muchos fenómenos relacionados con el campo biológico. (Restrepo & González, 2007, pág. 12)

Dagnino (2014), define la correlación de Pearson como un índice de fácil ejecución e igual de fácil interpretación, en primera instancia, que sus valores absolutos oscilan entre 0 a -1 o de 0 a +1 (r) es una cantidad que puede ser negativa o positiva, siendo el primer caso la relación es perfecta positiva y en el segundo perfecta negativa y cero indica la ausencia de relación y mientras más cerca de 1 significa que la correlación es más significativa.(pág. 45)

Tabla 4: Coeficiente de Pearson de correlación

Valor del Coeficiente de Pearson	Grado de Correlación entre las Variables
$r = 0$	Ninguna correlación
$r = 1$	Correlación positiva perfecta
$0 < r < 1$	Correlación positiva
$r = -1$	Correlación negativa perfecta
$-1 < r < 0$	Correlación negativa

Fuente: (Dagnino, 2014)

8.13. Modelos de Circulación General (MCG)

Los MCG son modelos de tipo matemático y climático de escala global que permiten hacer proyecciones del clima en décadas y hasta un siglo, requieren como datos de entrada los escenarios de emisiones los cuales están relaciones con varios factores socioeconómicos tales como el aumento de la población, el crecimiento económico y prácticas en el uso de la tierra entre otros. Por lo tanto, los MCG proyectan la respuesta de muchas variables climáticas en función de un conjunto de escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. (Argeñal, 2010, pág. 45)

Los modelos de circulación general es la herramienta principal para la proyección del clima de las próximas décadas simulan flujos de energía, masa y cantidad de movimiento entre los puntos de una retícula tridimensional que se extiende por la atmosfera, los océanos y las capas superiores de la litosfera y la criosfera.

Mediante la integración temporal de estos flujos, se obtienen simulaciones de la evolución futura de los estados atmosférico (Rivera & Amador, 2008, pág. 13).

- **Escenarios climáticos**

Es una representación estimable de las variables bioclimáticas en el futuro, que puede ser construida sobre la base de diferentes supuestos o de evoluciones históricas en el pasado y componen una herramienta para analizar cómo influyen las fuerzas determinantes de las emisiones futuras, así como para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático de tal manera que se crean modelos del clima, para la evaluación de impactos (Bidegain, Coronel, & De los Santos, 2012).

“Los escenarios están agrupados de cuatro familias (A1, A2, B1. B2) que buscan vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas causantes demográficas económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultantes” (Red Ambiental de Asturias, 2020, pág. 1).

Para Rodriguez (2013) el escenario A2 es el mas pesimista, contempla una poblacion creciente y un desarrollo economico, mientras que el escenaeio B2 es

mas optimista, el cual contempla un menor crecimiento poblacional y un desarrollo económico moderado. Bajo A2 se espera que la concentración de dióxido de carbono para 2100 sea de 850 ppm mientras que bajo B2 se estima que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera será de 600 ppm (pág. 12).

9. PREGUNTA CIENTÍFICA

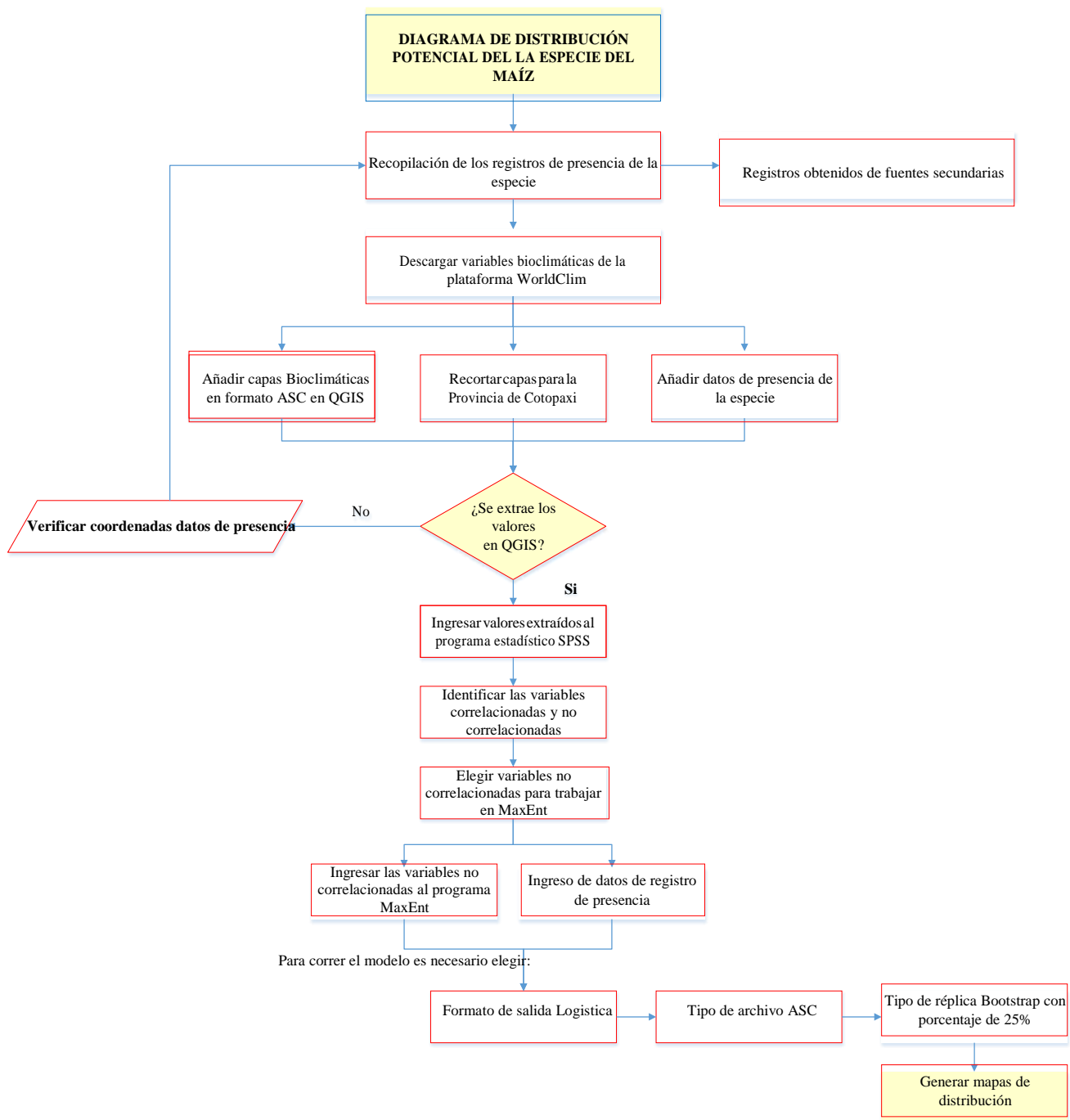
¿La determinación de las zonas de cultivo de maíz chulpi y el diseño de los modelos permitirá generar mapas de distribución potencial actuales y futuras?

9.1.Respuesta a pregunta científica:

Si puesto que en los resultados podemos identificar y realizar comparaciones con los diferentes modelos generados de distribución potencial de la especie de maíz chulpi con proyección a los años 2050 y 2080.

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 1: Diagrama de proceso de distribución potencial



Elaborado por: Erika Chimborazo

10.1. Tipo de investigación

10.1.1. Exploratoria

Se investigo la información necesaria acerca de la especie de maíz chulpi (*Zea mays*) y del daño que ocasiona el cambio climático en los cultivos acudiendo a diferentes medios como revisión bibliográfica, entrevistas, entre otros, de tal forma que se recopile datos, para los registros de presencia y la determinación de factores relevantes en la investigación.

10.1.2. Descriptiva

Se refiere a figurar los aspectos relevantes, característicos, específicos y distintivos del maíz chulpi (*Zea mays*) para establece la distribución potencial de la especie.

10.2. Métodos

10.2.1. Método inductivo

Se utilizaron registros de presencia de la especie en la Provincia de Cotopaxi, registros obtenidos mediante fuentes secundarias, variables climáticas. Así se obtuvieron los mapas de distribución actual y futura, los cuales permitieron un análisis ordenado y coherente de la especie.

10.2.2. Método de modelación

Mediante los softwares MaxEnt y QGIS se realizó el modelamiento de la distribución potencial de nichos ecológicos bajo dos modelos de cambio climático CCCMA Y CSIRO, con los escenarios A2 y B1, a través de la obtención de datos de presencia con proyección (2050-2080) e interpretación de mapas.

10.3. Técnica

10.3.1. Entrevistas

Se realizó entrevistas a los agricultores que se dedican exclusivamente a la siembra de maíz chulpi (*Zea mays*) de esta manera se conoció los problemas que ocasiona el cambio climático en los cultivos, para intentar predecir la futura afectación de los cultivos de maíz por cambios ambientales mediante mapas georreferenciados.

10.3.2. Fichas

Mediante esta técnica se recopiló información para la obtención de datos de presencia de la especie de maíz chulpi (*Zea mays*) en la provincia de Cotopaxi, lo cual permitió generar los mapas en el programa de MaxEnt, QGIS, con la ayuda de información obtenida de la población de agricultores.

10.4. Instrumentos y programas informáticos

En el proyecto de investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

10.4.1. GPS

El cual permitió obtener coordenadas exactas del área con mayor problema en los cultivos las cuales serán ingresadas en el programa de MaxEnt, QGIS para determinar las áreas con mayor problema actual y futura buscando una solución más adecuada para los problemas climáticos existentes.

10.4.2. Programa Maxent / Qgis

Se empleó el programa SIG QGIS, donde se visualizaron, analizaron y crearon datos con el formato necesario que el programa MaxEnt trabaje adecuadamente. Se produjeron las respectivas capas bioclimáticas recortadas y transformadas en formato ASC. De esta manera se generaron los mapas para ver la localización de las áreas de producción de maíz chulpi (*Zea mays*) más afectadas por el cambio climático.

10.4.3. Programa estadístico SPSS

En este programa se realizó la correlación de Pearson para las variables bioclimáticas con las que se identificó cuáles de las variables que no tienen correlación, a su vez nos permite aclarar las relaciones que tiene una variable con otra para realizar predicciones.

10.5. Herramientas informáticas

- QGIS
- MaxEnt

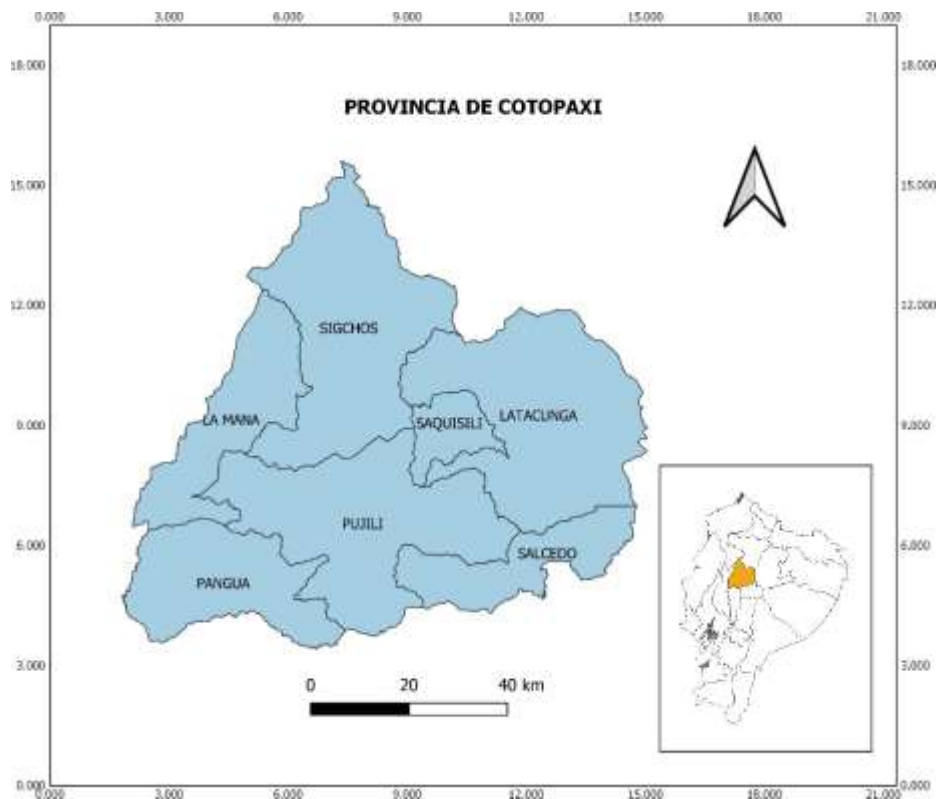
- Spss (Programa para análisis estadístico)
- Excel
- Capas bioclimáticas

10.6. Unidad de estudio

El área de estudio de este trabajo corresponde a las zonas productoras de maíz de la Provincia de Cotopaxi, la cual abarca 1596,76 ha según el INIAP (2015), se distribuye en altitudes entre 2.000-3.000 msnm en los cantones de: Latacunga, Pujilí, Salcedo, Saquisilí y Sigchos.

Se recopiló información de puntos de presencia del cultivo para el análisis espacial, de esta forma se obtuvo una base de datos de localizaciones pertinentes a las zonas de producción de maíz chulpi (*Zea mays*), la cual consiste en varios puntos georreferenciados. Con los puntos se generaron mapas de la distribución de la especie de tal manera que se conoció la situación presente y se pudo predecir la distribución futura de la especie en la provincia.

Figura 2: Mapa de la Provincia de Cotopaxi



Elaborado por: Erika Chimborazo

10.6. Metodología del modelamiento

Se realizó el modelamiento de nicho ecológico de maíz chulpi (*Zea mays*) utilizando el algoritmo de máxima entropía presente en el programa MaxEnt, con predicciones para el presente y futuro con proyecciones 2050 y 2080. Para realizar los modelos se utilizó registro de presencia y variables climáticas, los cuales fueron analizados mediante recursos estadísticos para determinar la relación e influencia entre estos dos aspectos.

10.6.1. Registros de presencia

Se obtuvieron 44 registros de presencia de maíz chulpi (*Zea mays*) mediante información brindado de entidades, base de datos, datos bibliográficos e informantes. En cada zona se obtuvieron puntos geográficos del cultivo mediante el uso de un GPS.

10.6.2. Datos climáticos y variables

Para realizar la distribución potencial del maíz chulpi, se utilizaron 19 variables climáticas actuales y futuras de la plataforma web WorldClim (<http://www.worldclim.org>) para el Ecuador, las cuales describen el clima con una serie de variables interpoladas a partir de un conjunto de datos globales.

Las variables climáticas de WorldClim tuvieron una resolución de 30 arc/ segundo y cubren un intervalo temporal desde el año 1970 hasta el 2000 (WorldClim, 2020). La información climática estructurada a partir de datos históricos es ampliamente utilizada en estudios de modelamiento, ya que no generan incongruencias temporales entre registros y los datos climáticos utilizados para modelar (Pérez, et al., 201, pág. 39).

Para la proyección futura se utilizó dos horizontes de tiempo, al 2050 y 2080 para cada horizonte se utilizó los escenarios CCCMA y CSIRO y por cada escenario se utilizaron los Modelos de circulación global A2 y B1 siendo así, los modelos con proyecciones más pesimistas (A2) y optimista (B1) según el IPCC (Panel intergubernamental de cambio climático).

10.6.3. Recursos estadísticos para analizar las variables

Se analizaron estadísticamente las variables bioclimáticas en SPSS Statistics 22 (<http://www.ibm.com/ec-es/>) utilizando el coeficiente de correlación de Pearson para disminuir la repetición de información de variables. Se seleccionaron todas las variables por debajo de 0.75, las variables son las que contribuyen de mejor manera a la construcción del modelo en este caso por ser menos correlacionas.

10.7. Modelos de distribución de la especie

Se genero los mapas de distribución potencial en el programa MaxEnt 3.4.1 (Phillips, 2006), mediante el cual es considerado como uno de los de mejor desempeño (Elith & Graham, 2009). Además, se ha comprobado que con el programa informático puede obtener resultados relativamente adecuados (Hernandez et al., 2006, pág.13).

Se realizaron 10 réplicas para cada uno de los modelos mediante el tipo de ejecución el bootstrap, con un porcentaje de prueba al azar del 25% de los registros de presencia para la validación de los modelos, se eligió la salida logística, creación de curvas de respuesta y estadísticos Jackknife, así mismo se trabajó con 500 interacciones como un límite superior para cada una de la corrida.(Hernandez et al., 2006, pág.13).

Para generar los modelos de distribución se utilizó las variables bioclimáticas que presentaron menor correlación en base al coeficiente de correlación de Pearson con las siguientes variables: Promedio de la temperatura anual °C, Rango de temperatura medio diurno°C, Isotermalidad , Estacional de temperatura°C, Precipitación del mes más seco Mm, Estacionalidad de precipitación Mm, Precipitación del trimestre más seco Mm, Precipitación del trimestre más frío Mm. se realizaron los modelos de distribución potencial en MaxEnt y se evaluó la calidad de los modelos en base al método de Jackknife. Finalmente se generó los mapas de distribución potencial actual y futura utilizando el umbral de corte. Además se categorizó la probabilidad de presencia en tres formas: baja, media y alta en la distribución de la especie a nivel de la Provincia de Cotopaxi.

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Elaboración del modelo de distribución potencial

El presente trabajo está relacionado con un sin número de investigaciones relacionados con distribución de especies partir de los modelos predictivos siendo posible generar mapas de distribución potencial e idoneidad de hábitat, en base a los datos de las coordenadas geográficas los cuales ayudan a tomar una decisión de conservación tentativa mientras se realice un estudio más intenso y de largo plazo, también ayudan a dirigir el esfuerzo de un área definida (Scott et al., 20002).

Se puede decir que el objetivo de este proyecto de investigación fue alcanzado satisfactoriamente porque se obtuvieron resultados consistentes gracias al método escogido para el análisis, si bien es cierto MaxEnt es una herramienta con múltiples aplicaciones y validada por diversos estudios científicos, el uso de esta aplicación combinada con herramientas SIG ayuda en la generación de mapas de distribución actual, futura y potencial de nichos ecológicos para maíz chulpi (*Zea mays*) enfocado en la Provincia de Cotopaxi el cual resulta fundamental tanto para evaluar el estado de idoneidad y estimar potenciales escenarios y de esta manera aumentar el éxito de proyectos de conservación, mitigación ante los cambios de clima que afectan a los cultivos (Patiño et al., 2008, pág. 23).

La elaboración de los modelos de distribución potencial de especies nos permitira conocer las áreas que son adecuadas para el desarrollo del maíz chulpi y si estas en un futuro aumentara o disminuira su área de adaptabilidad, de acuerdo a los cambios del área se denota la variabilidad frente a los escenarios de cambio climatico para los años 2050 y 2080 ambos escenarios cuentan con una mínima diferencia significativa.

11.2. Registros de presencia utilizados en el modelamiento

Tabla 5: Registros de presencia

Provincia	Parroquias	Número de registros
Cotopaxi	Toacaso	1
	Joseguango Bajo	7
	Aláquez	5
	Juan Montalvo	7
	Eloy Alfaro	7
	Once de Noviembre	4
	Guaytacama	2
	Tanicuchi	8
	Poaló	1
	Belisario Quevedo	1
	Ignacio Flores	1
	Total	44

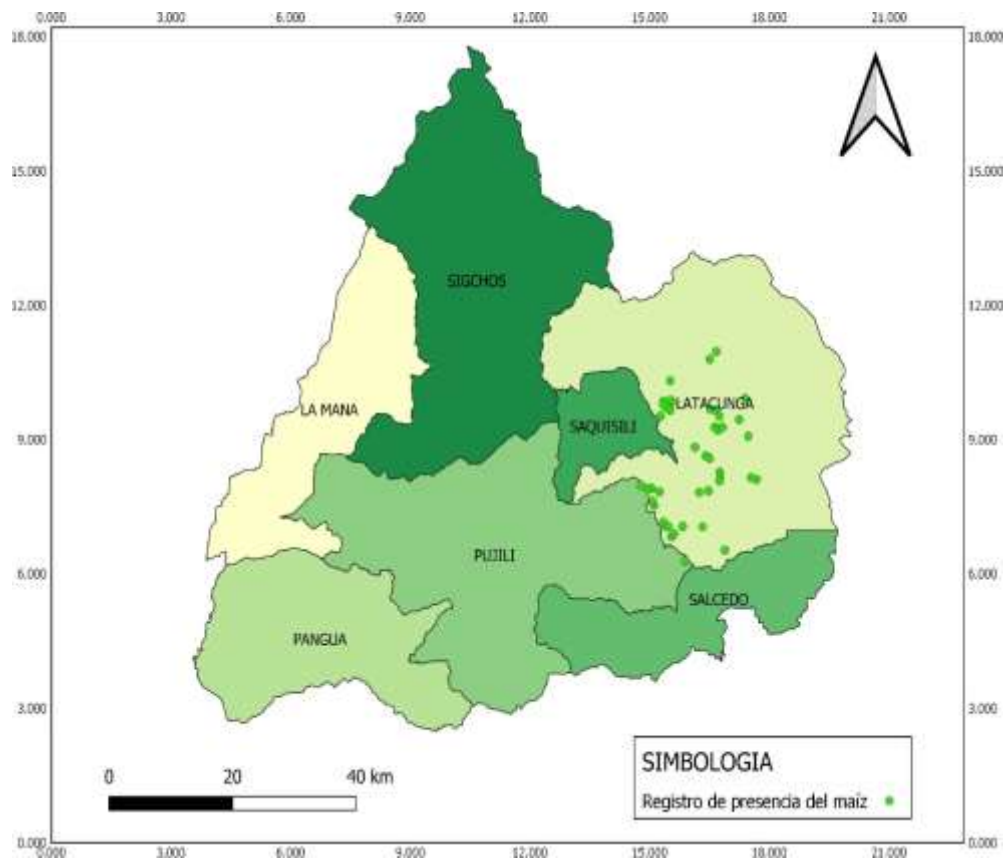
Elaborado por: Erika Chimborazo

En total se identificaron 44 registros de presencia del cultivo de maíz chulpi en la Provincia de Cotopaxi estos registros se obtuvieron in situ en once parroquias de la provincia siendo de esta manera la mayor cantidad de las mismas pertenecientes al cantón Latacunga.

No se obtuvieron registros de presencia de maíz chulpi en los Cantones de Pangua y La Mana ya que no pueden albergar el cultivo porque se ubican en las estribaciones occidentales de la cordillera, lo que significa que existen temperaturas y precipitaciones altas.

De este modo el modelamiento se realizó con los registros de presencia especificados por Parroquias en la (Tabla 5).

Figura 3: Registros de presencia del maíz chulpi (*Zea mays*)



Elaborado por: Erika Chimborazo

11.2.1. Selección de variables

En los procesos de modelamiento es importante comparar y encontrar relación entre las variables analizadas (variables bioclimáticas de WorldClim), es por ello que elaboró una matriz de correlación de Pearson (Figura 4) en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Mediante las variables bioclimáticas de WorldClim se realizó un análisis de correlación entre las 19 variables bioclimáticas enunciadas previamente es ente trabajo.

Figura 4: Matriz de correlación de Pearson

	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
Bio1	1	.718 ^{**}	-.438 ^{**}	.589 ^{**}	.991 ^{**}	.993 ^{**}	.961 ^{**}	.997 ^{**}	.992 ^{**}	.995 ^{**}	.992 ^{**}	-.830 ^{**}	-.783 ^{**}	-.669 ^{**}	.285	-.768 ^{**}	-.637 ^{**}	-.744 ^{**}	-.637 ^{**}
Bio2	.718 ^{**}	1	.229	-.048	.678 ^{**}	.651 ^{**}	.704 ^{**}	.683 ^{**}	.784 ^{**}	.673 ^{**}	.784 ^{**}	-.295	-.275	-.404 ^{**}	.115	-.253	-.323 ^{**}	-.198	-.323 ^{**}
Bio3	-.438 ^{**}	.229	1	-.927 ^{**}	-.521 ^{**}	-.513 ^{**}	-.521 ^{**}	-.478 ^{**}	-.338 ^{**}	-.510 ^{**}	-.338 ^{**}	.753 ^{**}	.826 ^{**}	.223	.026	.826 ^{**}	.290	.840 ^{**}	.290
Bio4	.589 ^{**}	-.048	-.927 ^{**}	1	.657 ^{**}	.657 ^{**}	.638 ^{**}	.628 ^{**}	.488 ^{**}	.649 ^{**}	.488 ^{**}	-.816 ^{**}	-.888 ^{**}	-.265	-.028	-.895 ^{**}	-.319 ^{**}	-.909 ^{**}	-.319 ^{**}
Bio5	.991 ^{**}	.678 ^{**}	-.521 ^{**}	.657 ^{**}	1	.994 ^{**}	.983 ^{**}	.993 ^{**}	.974 ^{**}	.998 ^{**}	.974 ^{**}	-.851 ^{**}	-.838 ^{**}	-.609 ^{**}	.204	-.822 ^{**}	-.587 ^{**}	-.794 ^{**}	-.587 ^{**}
Bio6	.993 ^{**}	.651 ^{**}	-.513 ^{**}	.657 ^{**}	.994 ^{**}	1	.957 ^{**}	.996 ^{**}	.975 ^{**}	.997 ^{**}	.975 ^{**}	-.861 ^{**}	-.827 ^{**}	-.642 ^{**}	.256	-.813 ^{**}	-.621 ^{**}	-.790 ^{**}	-.621 ^{**}
Bio7	.961 ^{**}	.704 ^{**}	-.521 ^{**}	.638 ^{**}	.983 ^{**}	.957 ^{**}	1	.961 ^{**}	.946 ^{**}	.971 ^{**}	.946 ^{**}	-.811 ^{**}	-.833 ^{**}	-.536 ^{**}	.111	-.813 ^{**}	-.511 ^{**}	-.778 ^{**}	-.511 ^{**}
Bio8	.997 ^{**}	.683 ^{**}	-.478 ^{**}	.628 ^{**}	.993 ^{**}	.996 ^{**}	.961 ^{**}	1	.983 ^{**}	.996 ^{**}	.983 ^{**}	-.849 ^{**}	-.807 ^{**}	-.659 ^{**}	.273	-.793 ^{**}	-.634 ^{**}	-.767 ^{**}	-.634 ^{**}
Bio9	.992 ^{**}	.784 ^{**}	-.338 ^{**}	.488 ^{**}	.974 ^{**}	.975 ^{**}	.946 ^{**}	.983 ^{**}	1	.979 ^{**}	1.000 ^{**}	-.772 ^{**}	-.716 ^{**}	-.673 ^{**}	.299	-.698 ^{**}	-.630 ^{**}	-.668 ^{**}	-.630 ^{**}
Bio10	.995 ^{**}	.673 ^{**}	-.510 ^{**}	.649 ^{**}	.998 ^{**}	.997 ^{**}	.971 ^{**}	.996 ^{**}	.979 ^{**}	1	.979 ^{**}	-.859 ^{**}	-.826 ^{**}	-.645 ^{**}	.251	-.813 ^{**}	-.621 ^{**}	-.790 ^{**}	-.621 ^{**}
Bio11	.992 ^{**}	.784 ^{**}	-.338 ^{**}	.488 ^{**}	.974 ^{**}	.975 ^{**}	.946 ^{**}	.983 ^{**}	1.000 ^{**}	.979 ^{**}	1	-.772 ^{**}	-.716 ^{**}	-.673 ^{**}	.299	-.698 ^{**}	-.630 ^{**}	-.668 ^{**}	-.630 ^{**}
Bio12	-.830 ^{**}	-.295	.753 ^{**}	-.816 ^{**}	-.851 ^{**}	-.861 ^{**}	-.811 ^{**}	-.849 ^{**}	-.772 ^{**}	-.859 ^{**}	-.772 ^{**}	1	.934 ^{**}	.718 ^{**}	-.395 ^{**}	.941 ^{**}	.756 ^{**}	.935 ^{**}	.756 ^{**}
Bio13	-.783 ^{**}	-.275	.826 ^{**}	-.888 ^{**}	-.838 ^{**}	-.827 ^{**}	-.833 ^{**}	-.807 ^{**}	-.716 ^{**}	-.826 ^{**}	-.716 ^{**}	.934 ^{**}	1	.458 ^{**}	-.065	.991 ^{**}	.494 ^{**}	.947 ^{**}	.494 ^{**}
Bio14	-.669 ^{**}	-.404 ^{**}	.223	-.265	-.609 ^{**}	-.642 ^{**}	-.536 ^{**}	-.659 ^{**}	-.673 ^{**}	-.645 ^{**}	-.673 ^{**}	.718 ^{**}	.458 ^{**}	1	-.878 ^{**}	.456 ^{**}	.982 ^{**}	.500 ^{**}	.982 ^{**}
Bio15	.285	.115	.026	-.028	.204	.256	.111	.273	.299 ^{**}	.251	.299 ^{**}	-.395 ^{**}	-.065	-.878 ^{**}	1	-.072	-.882 ^{**}	-.165	-.882 ^{**}
Bio16	-.768 ^{**}	-.253	.826 ^{**}	-.895 ^{**}	-.822 ^{**}	-.813 ^{**}	-.813 ^{**}	-.793 ^{**}	-.698 ^{**}	-.813 ^{**}	-.698 ^{**}	.941 ^{**}	.991 ^{**}	.456 ^{**}	-.072	1	.501 ^{**}	.959 ^{**}	.501 ^{**}
Bio17	-.637 ^{**}	-.323 ^{**}	.290	-.319 ^{**}	-.587 ^{**}	-.621 ^{**}	-.511 ^{**}	-.634 ^{**}	-.630 ^{**}	-.621 ^{**}	-.630 ^{**}	.756 ^{**}	.494 ^{**}	.982 ^{**}	-.882 ^{**}	.501 ^{**}	1	.546 ^{**}	1.000 ^{**}
Bio18	-.744 ^{**}	-.198	.840 ^{**}	-.909 ^{**}	-.794 ^{**}	-.790 ^{**}	-.778 ^{**}	-.767 ^{**}	-.668 ^{**}	-.790 ^{**}	-.668 ^{**}	.935 ^{**}	.947 ^{**}	.500 ^{**}	-.165	.959 ^{**}	.546 ^{**}	1	.546 ^{**}
Bio19	-.637 ^{**}	-.323 ^{**}	.290	-.319 ^{**}	-.587 ^{**}	-.621 ^{**}	-.511 ^{**}	-.634 ^{**}	-.630 ^{**}	-.621 ^{**}	-.630 ^{**}	.756 ^{**}	.494 ^{**}	.982 ^{**}	-.882 ^{**}	.501 ^{**}	1.000 ^{**}	.546 ^{**}	1

Elaborado por: Erika Chimborazo

Las variables que se determinaron como similares según la correlación de Pearson fueron Bio2 y la Bio9 con un índice de 0.784, y se escogió la Bio2 entre las dos variables para el modelamiento, de manera similar se realizó el análisis para el resto de variables.

Al realizar el análisis de correlación de Pearson se obtuvo 8 variables (Tabla 6), las cuales dos no tuvieron correlación entre sí, y las seis restantes fueron sujetas a selección, con un coeficiente de correlación superior a 0.75, de esta manera se usaron en el proceso de investigación para la elaboración de los modelos de distribución potencial actual y futura.

Tabla 6: Variables seleccionadas para el modelo

Variables Bioclimáticas Seleccionadas		Unidades
Bio1	Promedio de la temperatura anual	°C
Bio2	Rango de temperatura medio diurno	°C
Bio3	Isotermalidad	Adimensionales
Bio4	Estacional de temperatura	°C
Bio14	Precipitación del mes más seco	Mm
Bio15	Estacionalidad de precipitación	Mm
Bio17	Precipitación del trimestre más seco	Mm
Bio19	Precipitación del trimestre más frío	Mm

Elaborado por: Erika Chimborazo

El uso de estas variables puede ser determinadas en el desarrollo del cultivo y reflejar en las características fisiológicas y fenotípicas del Maíz Chulpi, es decir, que al ser un cultivo de ciclo corto se requieren de datos más cercanos a los registros diarios. Adicionalmente es posible que esta especie de maíz soporte más condiciones secas del ambiente, pero con poco rendimiento por parcela; y que su cultivo pueda sobrevivir con los regímenes naturales de precipitación.

La temperatura también juega un papel importante en los resultados de correlación. Como se mencionó antes, la variable correspondiente al rango de temperatura medio diurno puede ser importante por la necesidad de la especie a tener rangos de temperaturas poco variables, lo que no sucede ecosistemas de altura como los páramos.

11.3. Modelamiento de distribución de la especie

11.3.1. Validación estadística del modelo

Es primordial mencionar que la metodología utilizada en este estudio ha sido aplicada en investigaciones similares, como por ejemplo en el modelo de distribución potencial de especies exóticas invasoras, en el cual se realiza una predicción de habitad con altas tasas de éxito en el (área bajo la curva) con un valor de 0.99 lo que significa una relación totalmente positiva en el que

obtuvieron resultados satisfactorios con un AUC de valor mencionado anteriormente para la especie.

Por otro lado, el valor resultante del AUC (área bajo la curva) en nuestro trabajo de investigación (Figura 5) se realizó a partir de las ocurrencias de entrenamiento el cual fue cercano a 1 de cada replica realizada, por lo que se puede considerar como modelos muy buenos. El promedio del modelamiento fue de 0.970, lo cual muestra que los datos propuestos predicen la distribución potencial con nivel de certeza mayor al 90%, indicando la confiabilidad de los modelos.

Se estimó la distribución para el modelo del presente, como para los del futuro, mediante el valor promedio del umbral de corte de las 10 réplicas obtenidas en MaxEnt. El análisis del comportamiento de las réplicas de los modelos, según los valores del AUC resulto ser una herramienta adecuada para la selección de los mejores. De esta manera se pudo distinguir cuál es la tendencia entre réplicas y así determinar hacia donde apuntan la mayoría de los modelos, en función del tipo de distribución que sigan (Plasencia et al., 2014, pág. 17).

Tabla 7: Validación estadística del AUC

Proyección	Escenario	AUC	Umbral de corte
2050 CCCMA	A2	0.967	0.24
	B1	0.968	0.14
2080 CCCMA	A2	0.967	0.23
	B1	0.966	0.18
Presente	-	0.970	0.25
2050 CSIRO	A2	0.966	0.15
	B1	0.968	0.14
2080 CSIRO	A2	0.968	0.13
	B1	0.970	0.17

Elaborado por: Erika Chimborazo

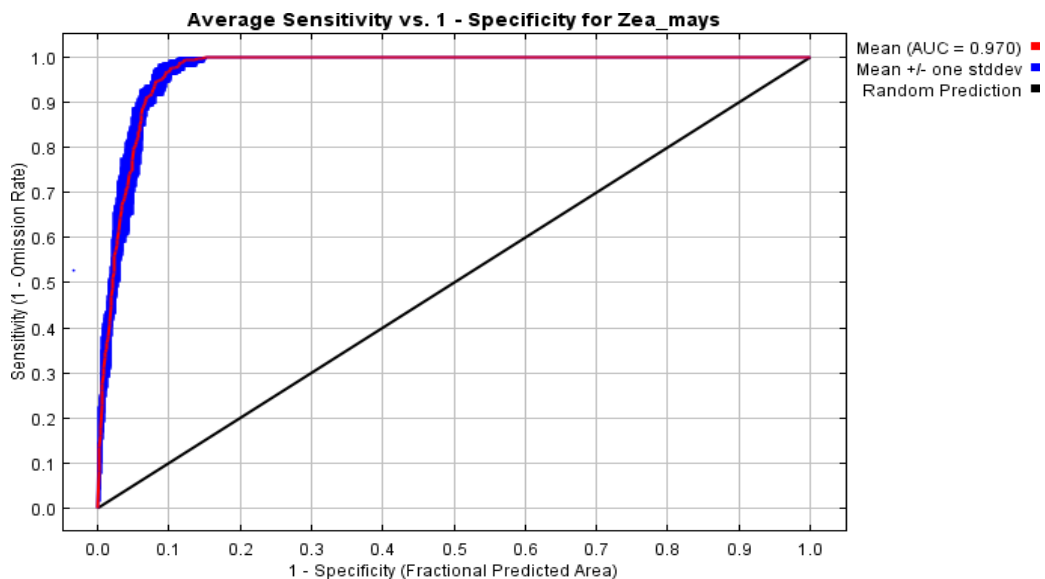
11.4. Resultados de los modelos de distribución potencial de (*Zea mays*) Actual

11.4.1. Resultado del AUC de (*Zea mays*)

La (Figura 5) representa la distribución estadística, la cual indica la confiabilidad del modelo de distribución. Con la distribución de los datos se puede aplicar la prueba de Jackknife correspondiente. El AUC para este modelo fue de 0.970.

Los valores del AUC (Área bajo de curva) indican que de 1 a 0.90 equivale a un modelo excelente, 0.90 y 0.80 significa un buen modelo, pero si es menos a 0.60 equivale a un modelo no válido. Por otra parte, las variables cuya barra azul es de mayor longitud indican que la probabilidad de distribución potencial de (*Zea mays*) es de mayor idoneidad (Vaughan & Ormerod, 2005, pág. 45)

Figura 5: Resultado del AUC para el maíz chulpi (*Zea mays*)



Elaborado por: Erika Chimborazo

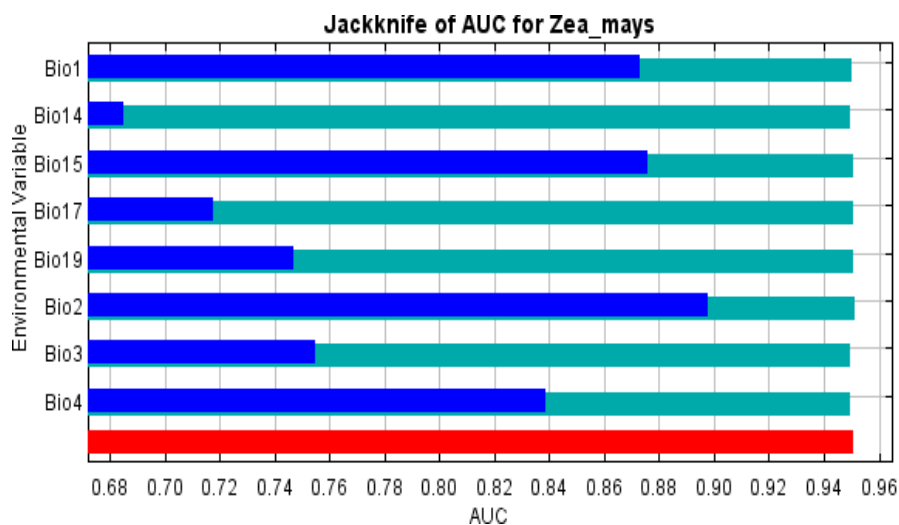
La línea roja indica el valor de AUC= 0.970 para el modelo presente, la parte azul representa la desviación estándar de AUC que tiene un valor del 0.005 que representaron las 10 réplicas y la línea negra indica la confiabilidad del modelo, es decir si está más cerca de uno es excelente el modelo.

Según el artículo científico de Cambio climático en México y distribución potencial del grupo racial de maíz cónico, realizan el modelamiento mediante el algoritmo de máxima entropía obtuvieron valores de AUC mayores a 0.9 en la mayoría de casos, siendo las más altas las réplicas 4, 12 y 17 para el grupo de maíz cónico. A través de los mapas con mayor AUC resultantes se generaron mapas consenso los cuales muestran rangos de probabilidad de existencia de la especie. Finalmente, y después de la reclasificación se obtuvieron los mapas dicotómicos donde muestra si existe o no la especie (Corral et al., 2014). Demostrando una vez más la confiabilidad probabilística para los modelos de distribución potencial.

11.4.2. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

La (Figura 6) indica el aporte de las variables bioclimáticas para realizar los modelos de distribución, en esta prueba las variables que más información aportan para el modelo son: La Bio2 y Bio15, las cuales aportan mayor ganancia cuando se las utiliza de forma aislada, de la misma manera indican cuales son las condiciones más idóneas para la existencia de la especie las cuales corresponden a: rango diurno medio de temperatura y la estacionalidad de la precipitación. Por otra parte, la Bio14 fue la variable con menor aporte dentro del modelo.

Figura 6: Prueba de Jackknife de las variables bioclimáticas Actual



Elaborado por: Erika Chimborazo

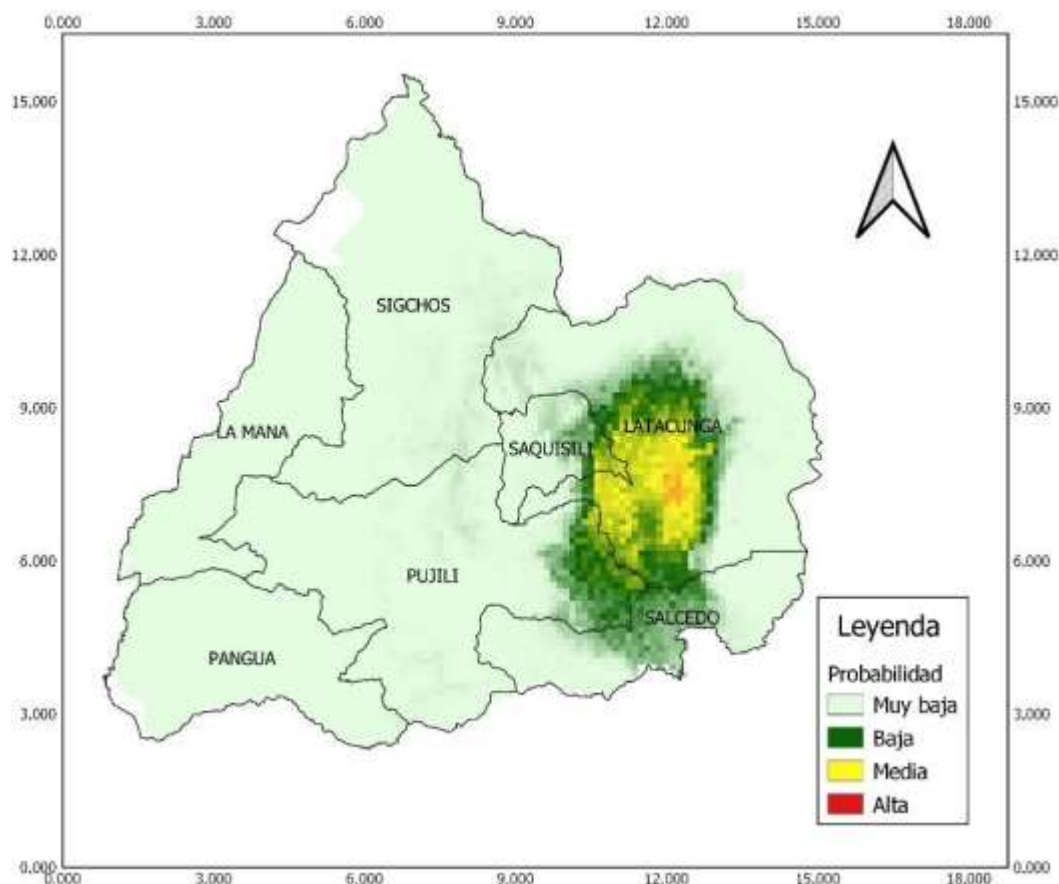
En la figura indica que las barras de color azul es el rango de importancia de las variables con las que han contribuido en el modelo para la presencia o idoneidad para la especie de (*Zea mays*). Nuevamente el gráfico muestra la necesidad de contar con datos diarios de precipitación y la importancia de la misma para las condiciones estacionales del cultivo al ser este de ciclo corto. El maíz es un cultivo que necesita de la regularidad de las precipitaciones características del callejón interandino para poder cumplir su ciclo. En este punto del trabajo vale la pena revisar las características culturales de grupos humanos relacionadas con el trabajo del campo. El maíz tradicionalmente ha sido un símbolo de la producción de la tierra porque se ajusta de manera casi perfecta con los ciclos solares, de ahí la importancia de la fiesta de la cosecha en el mes de junio, justo cuando disminuyen las precipitaciones en la sierra de nuestro país (época del solsticio). La siembra de las semillas de este producto se la hace a finales del mes de septiembre y principios de octubre para coincidir con el regreso de las lluvias. Una de las grandes virtudes de la ciencia actual es que refuerza conocimientos tradicionales con la validación de datos que actualmente se procesan con nuevos métodos y tecnología.

11.4.3. Modelo de distribución potencial actual

Para definir un área exacta se determinó el umbral promedio del mapa de distribución potencial de la especie que es de 0.970, es decir, su valor indica un modelo altamente confiable. En el mapa se puede observar que la mayor distribución potencial se encuentra en ciertas zonas rurales de las parroquias exclusivamente del Cantón Latacunga.

De igual forma se realizó una comparación con el artículo científico de efectos del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco México, en el cual realiza la prueba de Jackknife para conocer las variables que mayor información aportan al modelo. En este caso las variables bioclimáticas Bio1 y Bio2 muestran mayor ganancia por lo que parece tener información más útil para el modelo de una de las especies de maíz (Reynoso Santos et al., 2018, pág. 4).

Figura 7: Modelo de distribución potencial actual



Elaborado por: Erika Chimborazo

Para todos los modelos de distribución potencial actual y futura del maíz chulpi (*Zea mays*) en las áreas dedicadas a la producción en la Provincia de Cotopaxi. El color rojo muestra las áreas adecuadas para el establecimiento de la especie 8.546 km² lo que equivale al 0.14%, el amarillo indica una probabilidad media de presencia 247.843 km² que equivale al 4.10 %, el verde oscuro indica baja probabilidad 306.81 km² equivalente al 5.09%, mientras que el color celeste indica una mínima probabilidad de presencia de la especie 5454.249 km² el cual equivale al 90.64%, conforme las variables utilizadas en este estudio. Es necesario señalar que el mapa realza los sitios con condiciones ideales para la presencia de este cultivo, eso no quiere decir que se encuentre el mismo en otros cantones de la provincia. Los resultados expuestos dependen también de las coordenadas de registro del cultivo utilizadas para la construcción de modelo. Con una distribución

espacial de las coordenadas más equilibrada en la provincia es posible que los resultados sean distintos.

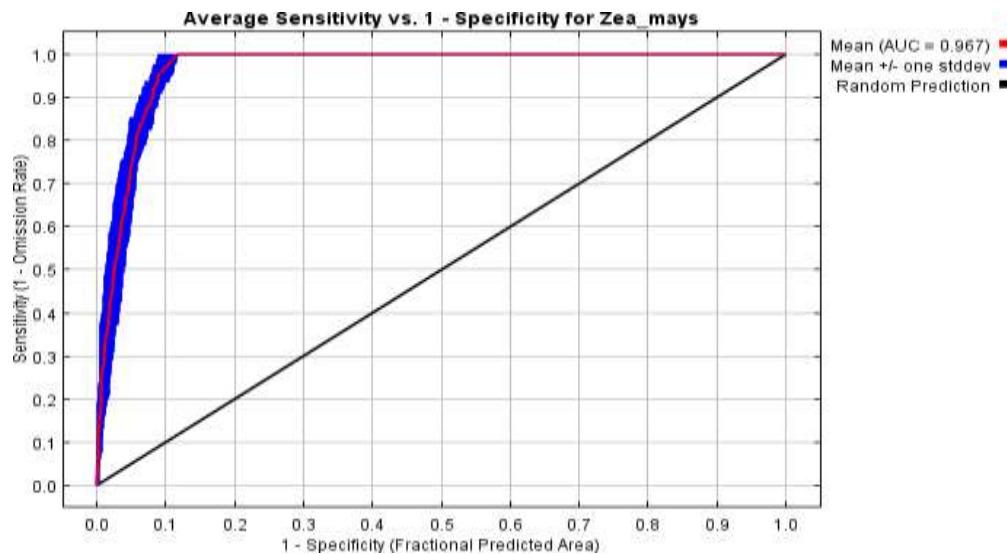
Otro aspecto a considerar corresponde a las características geomorfológicas de la provincia. Los sitios más idóneos para la presencia del cultivo corresponden a los fondos del callejón interandino en donde las temperaturas son más elevadas y hay menor cantidad de viento que puede hacer descender la temperatura. La mayor parte del área correspondiente a los cantones de Sigchos y Pujilí corresponde a zonas de altura, en donde las variaciones de temperatura en un solo día harían imposible el desarrollo del maíz chulpi. Claramente se puede visualizar que las mejores condiciones para el desarrollo de esta especie están en los valles con mejores condiciones de temperatura y regímenes de precipitación estacionales que permiten que se pueda cultivar el maíz de forma anual y hasta varias veces en un mismo año.

11.5. Resultados de los modelos de distribución potencial de (*Zea mays*) Futura bajo el Modelo CCCMA.

11.5.1. Resultado del AUC de (*Zea mays*) A2 2050

El AUC para este modelo fue de 0.967, una vez más demostrando la confiabilidad para este modelo ya que no existe una variación en los resultados.

Figura 8: AUC Futuro 2050 escenario A2 Modelo CCCMA

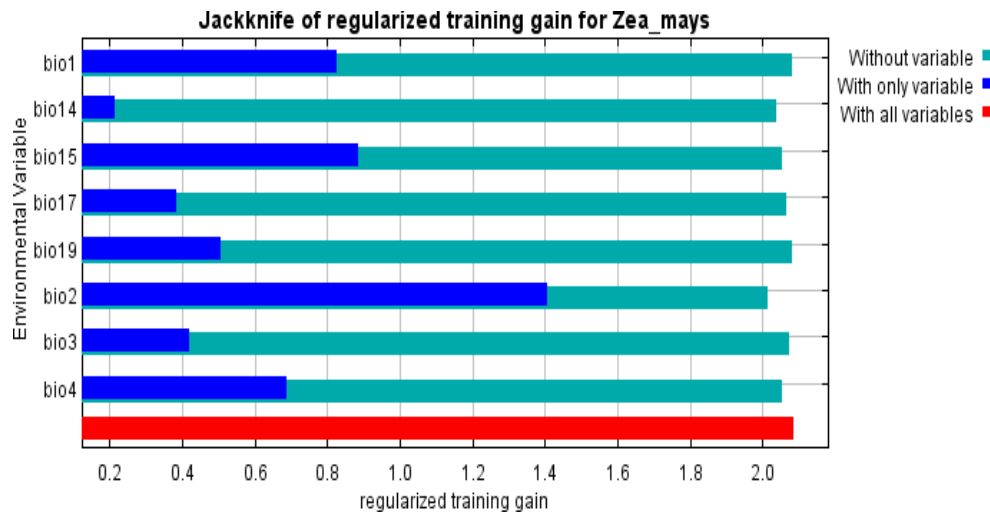


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.2. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

En esta prueba se pudo ver que las variables con mayor aporte para el modelo fueron las variables Bio2 equivalente a rango diurno medio de temperatura, seguido de Bio15 equivalente a la estacionalidad de precipitación y menos probabilidad en la variable Bio14 lo que equivale a la precipitación del mes más seco.

Figura 9: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario A2 Modelo CCCMA

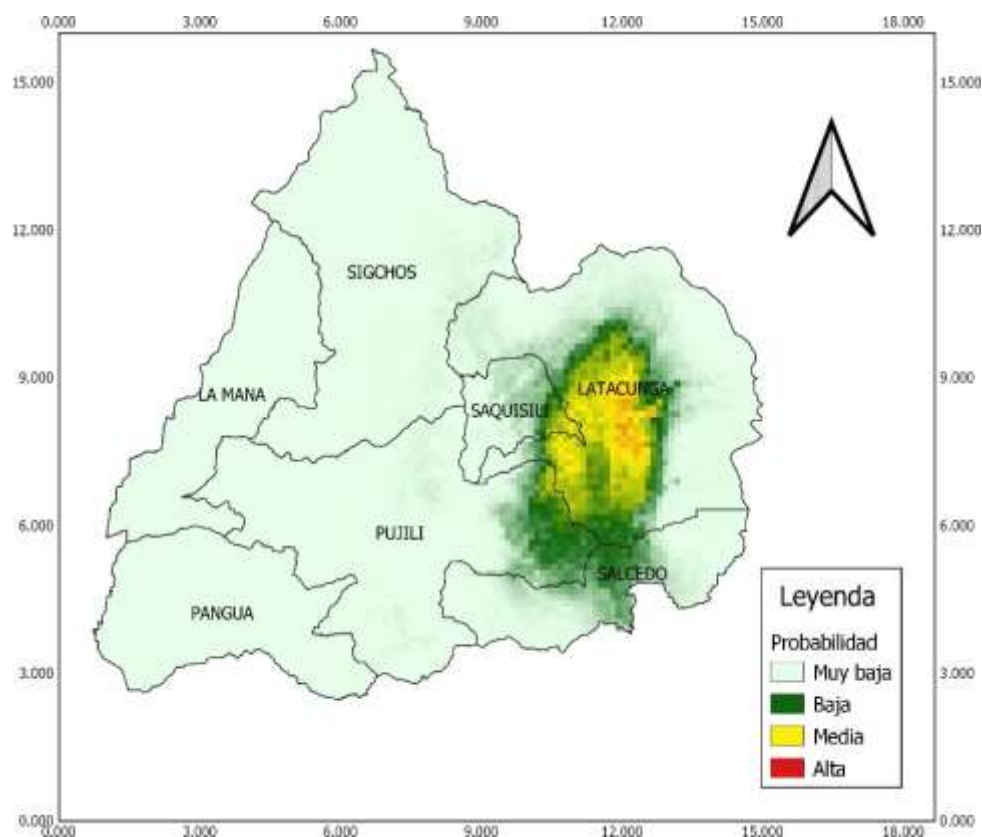


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.3. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CCCMA A2 2050.

Se obtuvo de la distribución potencial con el escenario A2 para el año 2050, en el cual se vio una diferencia significativa de la distribución potencial de la especie del maíz chulpi (*Zea mays*), disminuyendo la probabilidad de adaptabilidad de la especie especialmente en zonas rurales de dos cantones de la provincia como son Saquisilí y una parte de Pujilí, con un área de 5488.021 km² que equivale al 89.92%. En este escenario se pudo observar la presencia de la especie con mayor intensidad en las zonas rurales del cantón Latacunga especialmente en las Parroquias de: Mulalo, Joseguango Bajo con un área de 14.53 km² equivalente al 0.24% y con una (PB) probabilidad baja de 279.49 km² que equivale 4.57% de su área, y el probabilidad media (PM) con 321.363 Km² equivalente 5.27%.

Figura 10: Distribución potencial futura escenario A2 2050

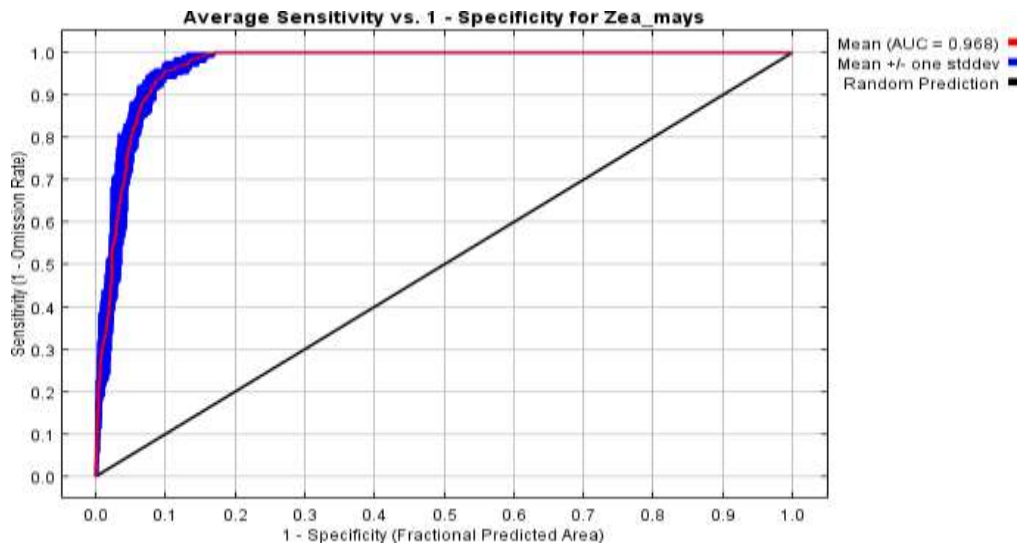


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.5. Resultado del AUC de (*Zea mays*) B1 2050 CCCMA

El AUC para este modelo fue de 0.968 similar a anterior modelo, lo que quiere decir que es confiable para la determinación de la presencia de la especie (*Zea Mays*).

Figura 11: AUC Futuro 2050 escenario B1 Modelo CCCMA



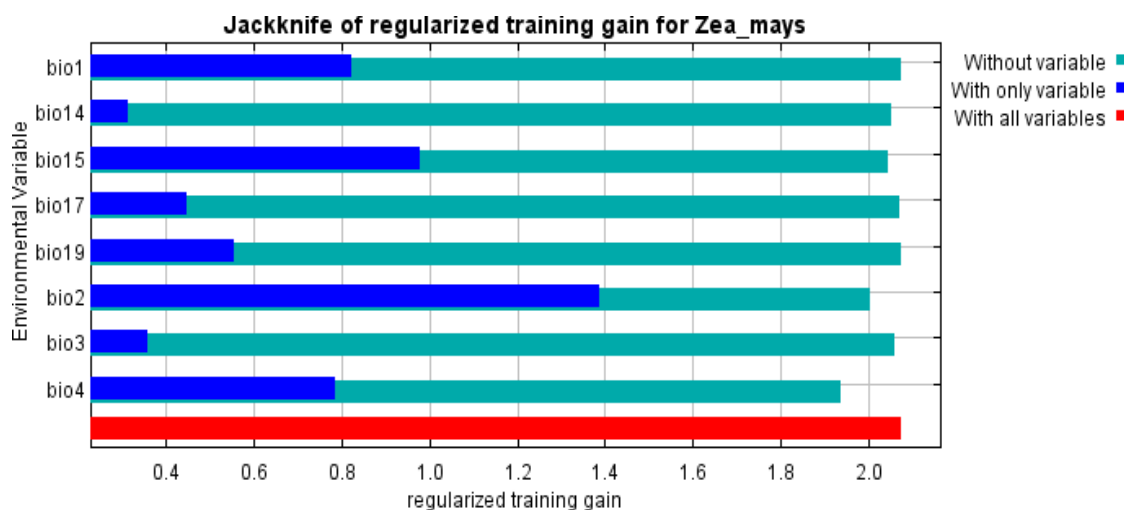
Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.6. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

Se puede observar que las variables de este escenario son similares a la del escenario A2 2050, ocupando el primer lugar la variable Bio2 equivalente al rango de temperatura seguido de la Bio15 el cual hace referencia a estacionalidad de precipitación.

La variable ambiental que más disminuye la ganancia cuando se omite es Bio4, que por tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

Figura 12: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario B1 Modelo CCCMA

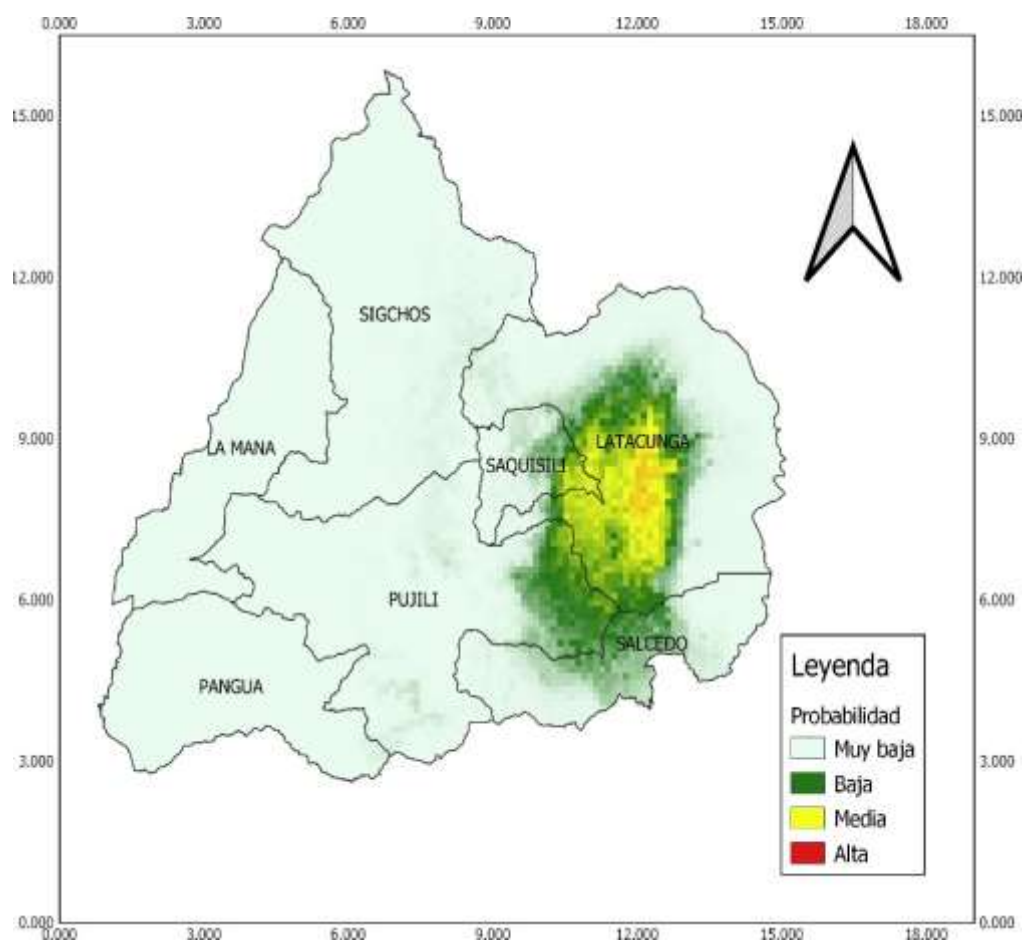


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.7. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CCCMA B1 2050.

En el escenario B1 para el año 2050 se vio una diferencia significativa de la distribución potencial de la especie, de tal manera que la probabilidad de idoneidad de que la especie se adapte al cambio de temperaturas es baja especialmente en los Cantones Sigchos y Pujilí con una área de 5271.789 km² que equivale al 86.30% de su área, con (PB) de 472.642 km² que equivale al 7.73%, con probabilidad media (PM) de 337.607 equivalente a 5.52% y con probabilidad alta (PA) de 21.368km² que equivale al 0.35%.

Figura 13: Distribución potencial futura escenario B1 2050

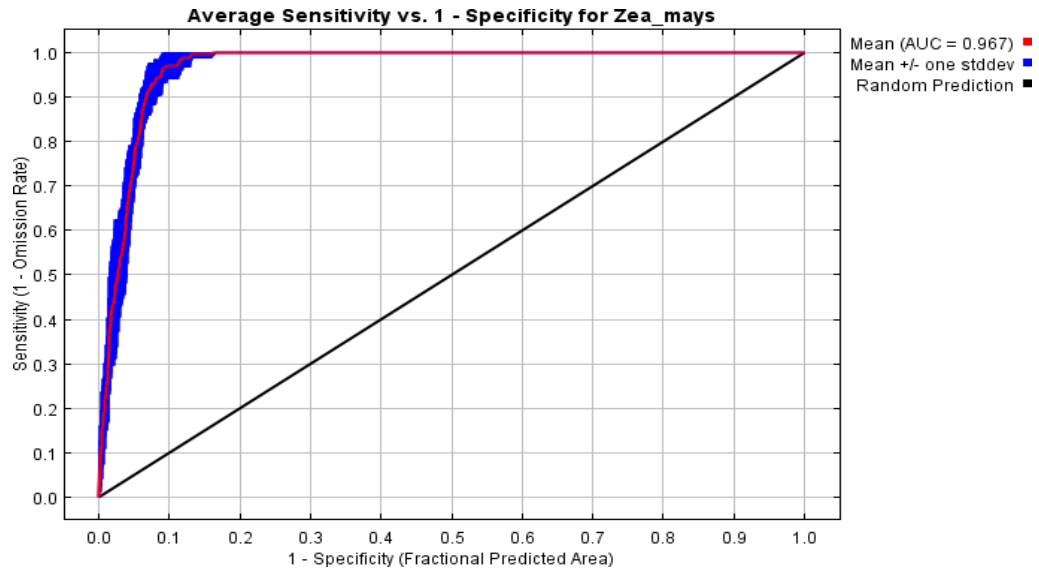


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.8. Resultado del AUC de (Zea mays) A2 2080 CCCMA

Para este modelo el AUC fue de 0.967, de igual forma existe una mínima variación de los resultados en relación con los demás modelos lo que quiere decir que es un modelo netamente confiable porque supera el 0.75.

Figura 14: AUC Futuro 2080 escenario A2 Modelo CCCMA

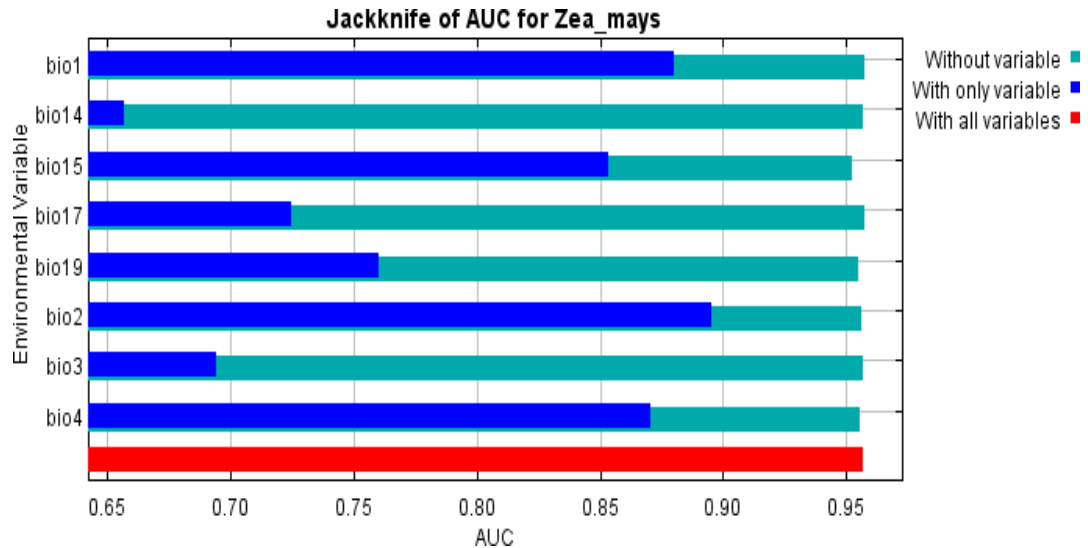


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.9. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

La siguiente figura muestra que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es Bio2, que por lo tanto parece la información más útil por sí misma, en este caso la variable que disminuye la ganancia cuando se omite es Bio1 que por lo tanto tiene la mayor cantidad de información.

Figura 15: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario A2 Modelo CCCMA

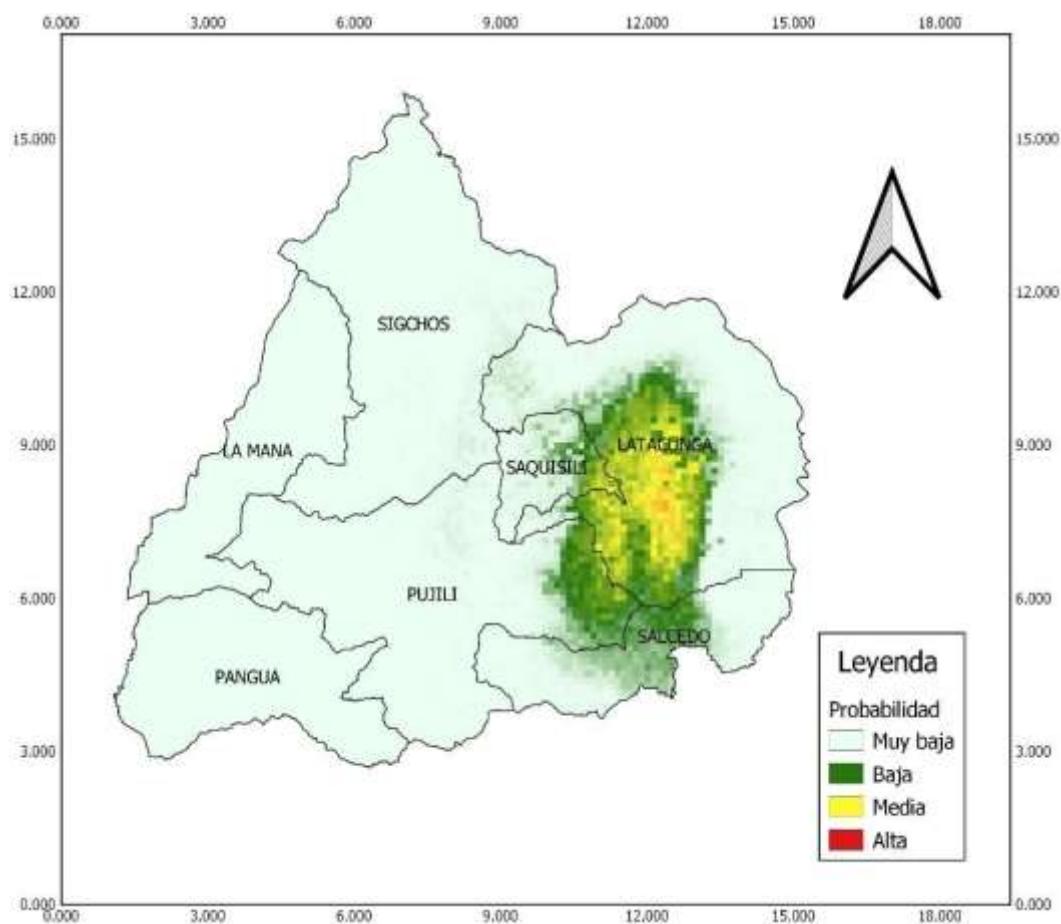


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.10. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CCCMA A2 2080.

En el escenario A2 para el año 2080, indicó un área con baja probabilidad de que la especie se adapté a las condiciones climáticas con un área de 399,996 km² en el Cantón Salcedo, a diferencia de los modelos anteriores que presentan un porcentaje y área más alto, las zonas rurales del Cantón Latacunga como es la Parroquia Joseguango Bajo presenta probabilidad alta (PA) con un área de 0.855 km² que equivale al 0.013%, además se puede observar que existe una probabilidad muy baja (PMB) de que la especie se adapte en ciertas zonas de Sigchos, La Mana y Pujilí de 5428.192 km² que equivale al 88.87%.

Figura 16: Distribución potencial futura escenario A2 2080

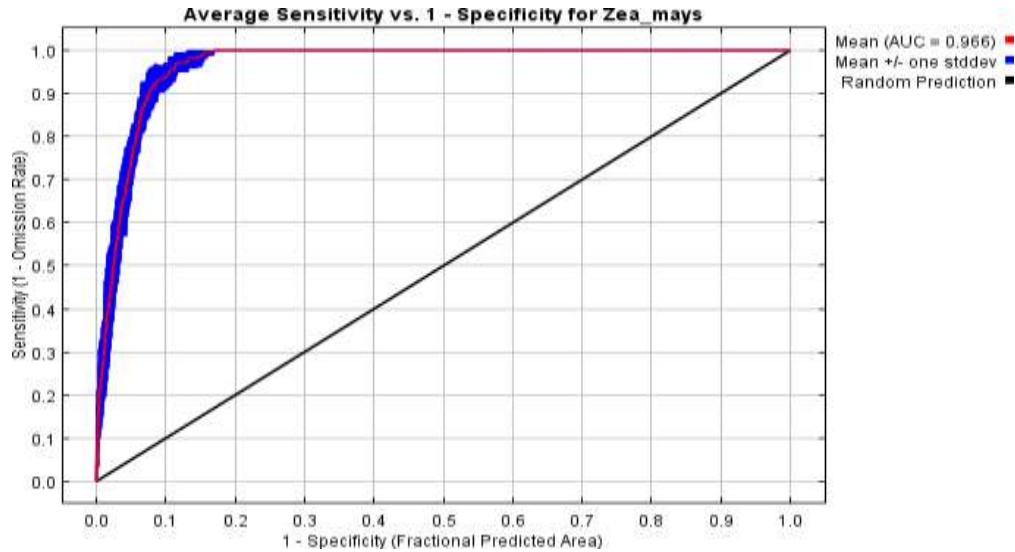


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.11. Resultado del AUC de (*Zea mays*) B1 2080 CCCMA

El AUC para este modelo fue de 0.966 muy similar a los resultados de los modelos obtenidos, lo que afirma una vez más la confiabilidad de los modelos ya que todo fueron valores próximos a uno.

Figura 17: AUC Futuro 2080 escenario B1 Modelo CCCMA

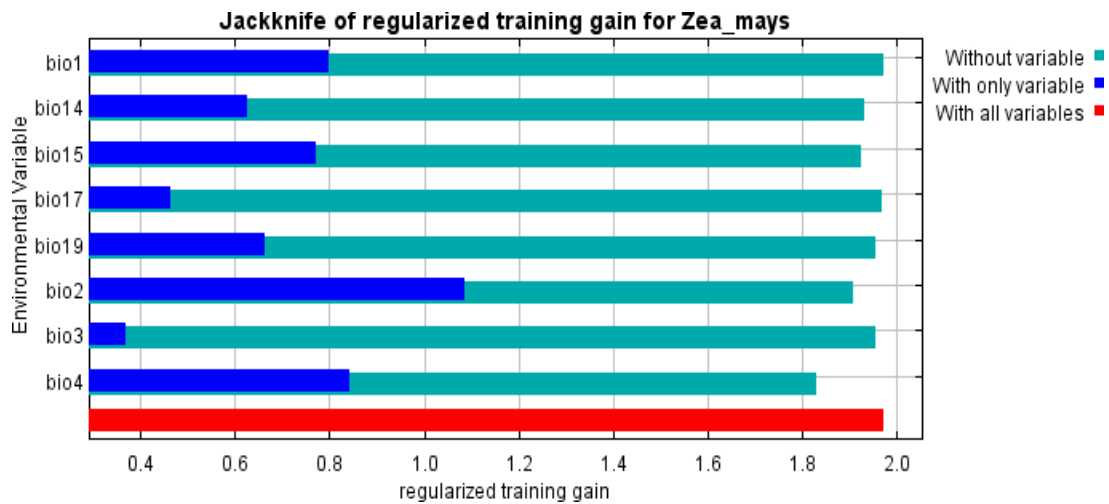


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.12. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

En la (Figura 18), se demostró la estabilidad de los rangos probabilísticos donde afirman que las variables que más información de aporte dan a los modelos para la presencia de (*Zea mays*) son las variables siguientes: Bio2 rango diurno de temperatura, muy seguida de la Bio4 el cual corresponde a Estacionalidad de la temperatura y con menor probabilidad de presencia en la Bio3 lo que corresponde a Isotermanlidad.

Figura 18: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario B1 Modelo CCCMA

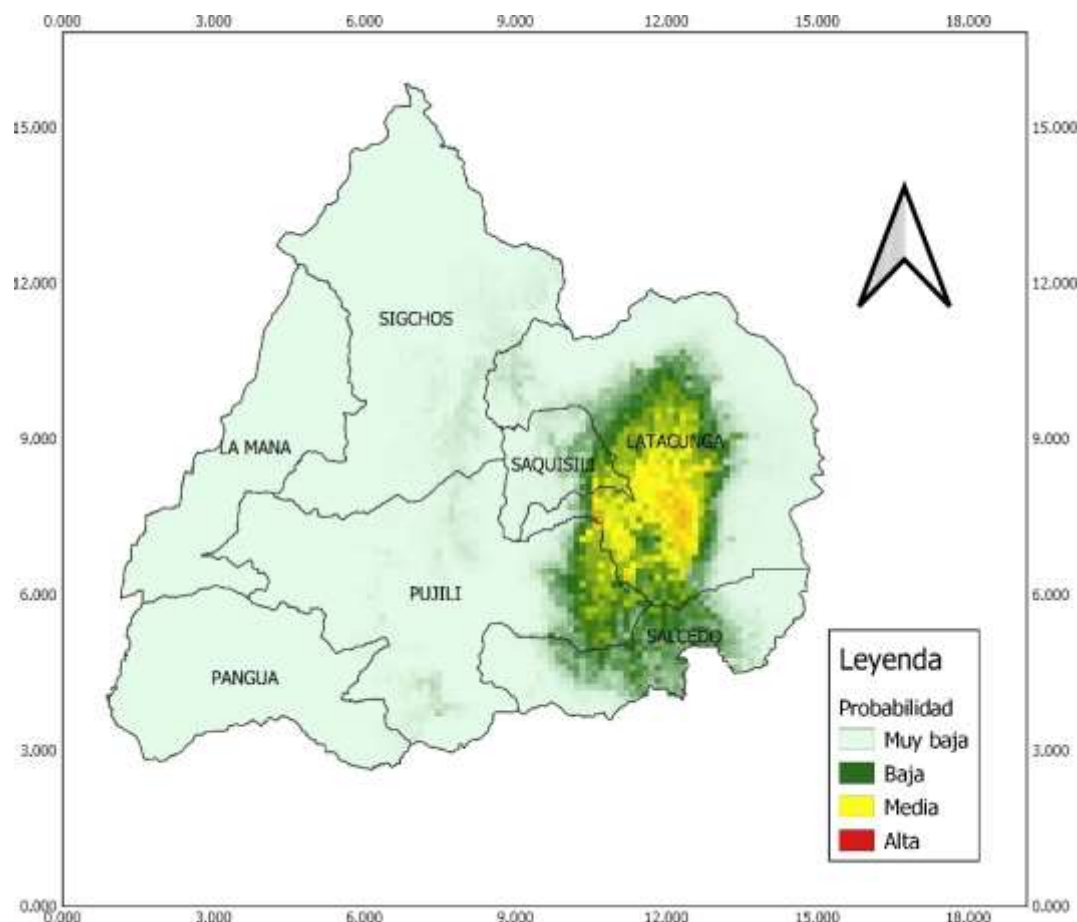


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.5.13. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CCCMA B1 2080.

El resultado de la distribución potencial con el escenario B1 para el año 2080 indicó que la especie de (*Zea mays*) está en zonas rurales de la Provincia de Cotopaxi al igual que el resto de modelos, de tal manera que la (PM) tiene un área de 352.136 km² que equivale el 5.76% en la zonas rurales de Tanicuchi, Guaytacama y Alaquez lo que representa un aumento de 1.66% de la distribución actual y en la probabilidad alta (PA) un área resultante de 18.803 km² que equivale al 0.30 % lo que significa un aumento del 0.16% de la distribución actual, mientras que existe una probabilidad baja (PB) con un área de 468.368 km² que equivale al 7.66%.

Figura 19: Distribución potencial futura escenario B1 2080



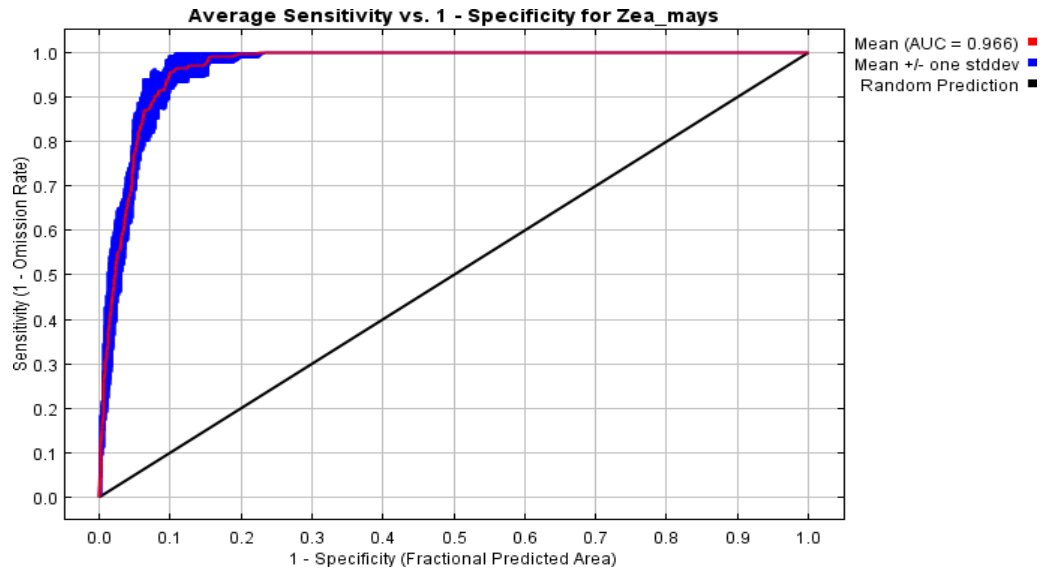
Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6. Resultados de los modelos de distribución potencial de (*Zea mays*) Futura bajo el Modelo CSIRO.

11.6.1. Resultado del AUC de (*Zea mays*) A2 2050 CSIRO

El AUC para este modelo fue de 0.966, lo que significa que el modelo se desempeña de buena manera, siendo esta una buena referencia brindado por MaxEnt ya que trabaja solo con datos de presencia y no de ausencia, sabiendo que el tiende a ser mayor para especies con rangos estrechos en relación al área de estudio.

Figura 20: AUC Futuro 2050 escenario A2 Modelo CSIRO

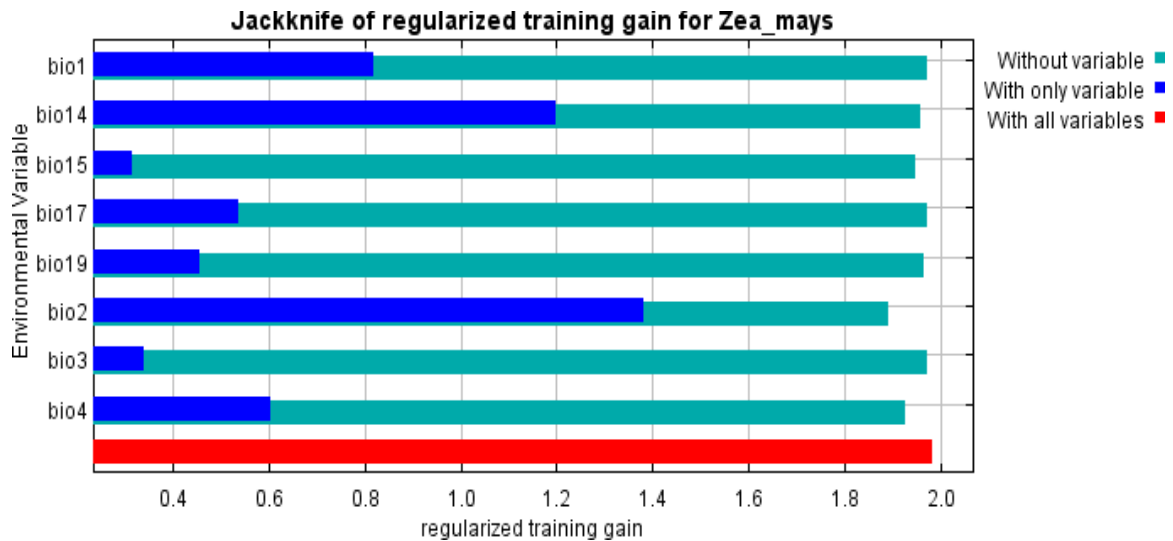


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.2. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

La prueba de Jackknife en el escenario A2 para el año 2050 CSIRO muestra importancia de las variables, la cual indica que la variable con mayor ganancia es Bio2, Bio14 y Bio15 parece tener la información más útil por sí misma, es decir el rango de temperatura y las demás variables aportan en menor cantidad, pero de tal manera influyen en el modelo.

Figura 21: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario A2 Modelo CSIRO

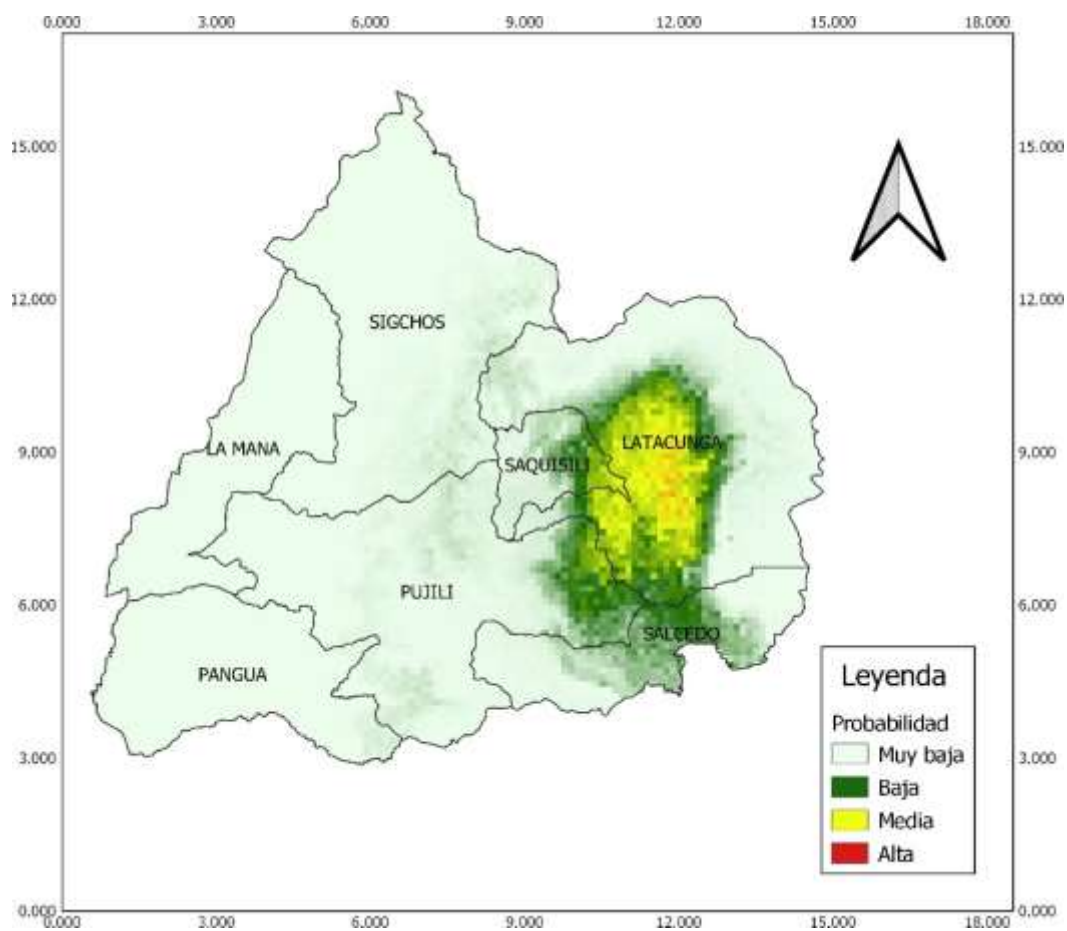


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.3. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CSIRO A2 2050.

El resultado de la distribución potencial con el escenario A2 para el año 2050 indicó un área de 384.617 km² que equivale el 6.29%, para (*Zea mays*) con una probabilidad media (PM) de que la especie se adapte a los cambios ambientales, a diferencia del modelo CCCMA bajo el escenario B1 las condiciones para que la especie se adapte es mayor. Lo que significa que en este modelo existe cambios significativos, también se observa que la probabilidad baja (PB) cuenta con un área de 446.146 km² que equivale al 7.30% de que la especie llegue adaptarse en el Cantón Salcedo y ciertas zonas rurales del Saquisilí y con una probabilidad (PA) de 19.658 km² que equivale al 0.32%.

Figura 22: Distribución potencial futura escenario A2 2050

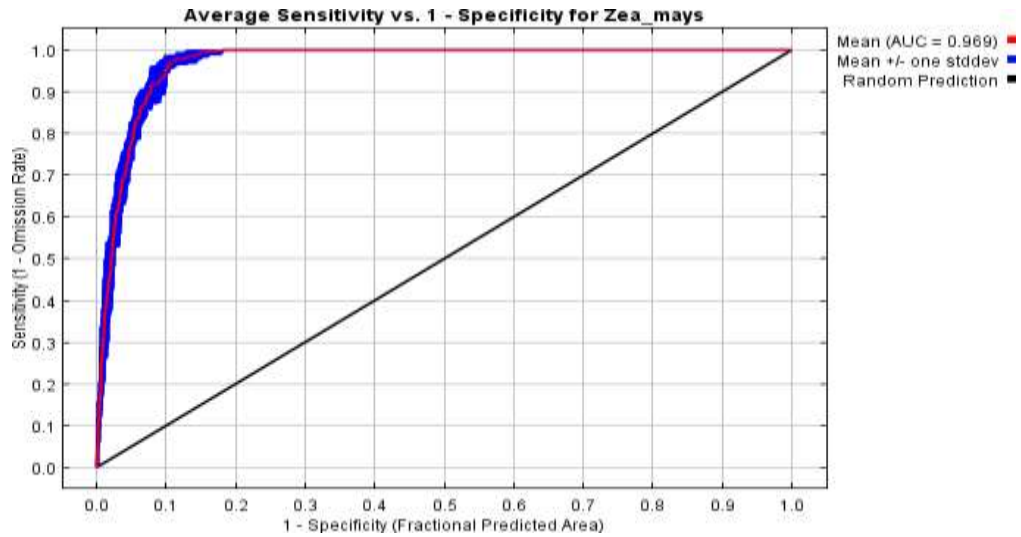


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.4. Resultado del AUC de (*Zea mays*) B1 2050 CSIRO

El AUC para este modelo fue de 0.969 el cual indica que el modelo se desempeña de buena manera.

Figura 23: AUC Futuro 2050 escenario B1 Modelo CSIRO

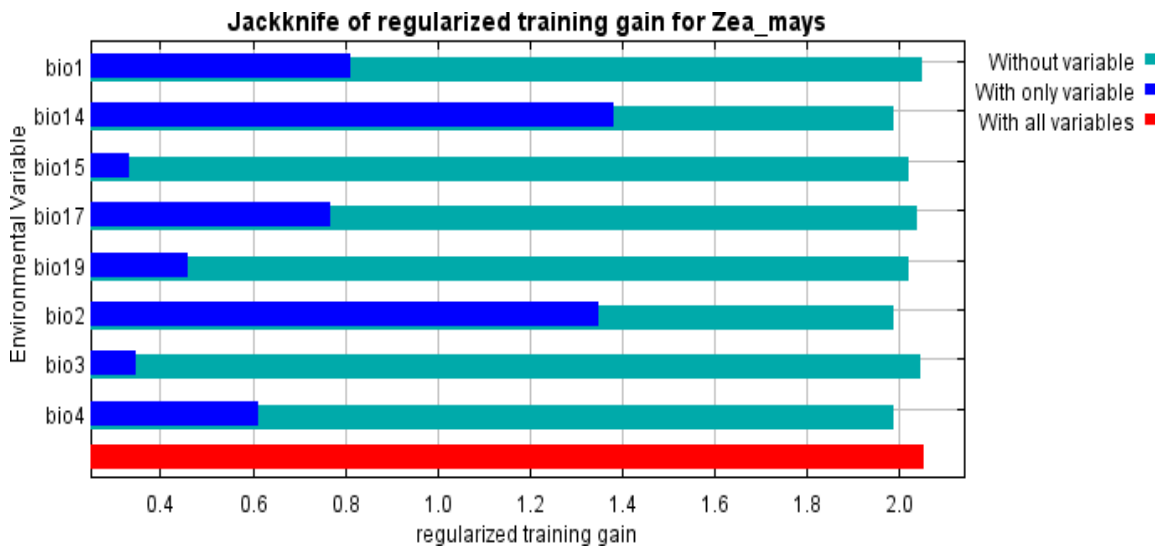


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.5. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

Se puede observar que las variables de este escenario son diferentes al escenario A2 2050, Csiro ocupando el primer lugar la variable Bio14 equivalente a la precipitación del mes más seguido de la Bio2 el cual hace referencia al rango diurno medio de temperatura.

Figura 24: Prueba de Jackknife Futuro 2050 escenario B1 Modelo CSIRO

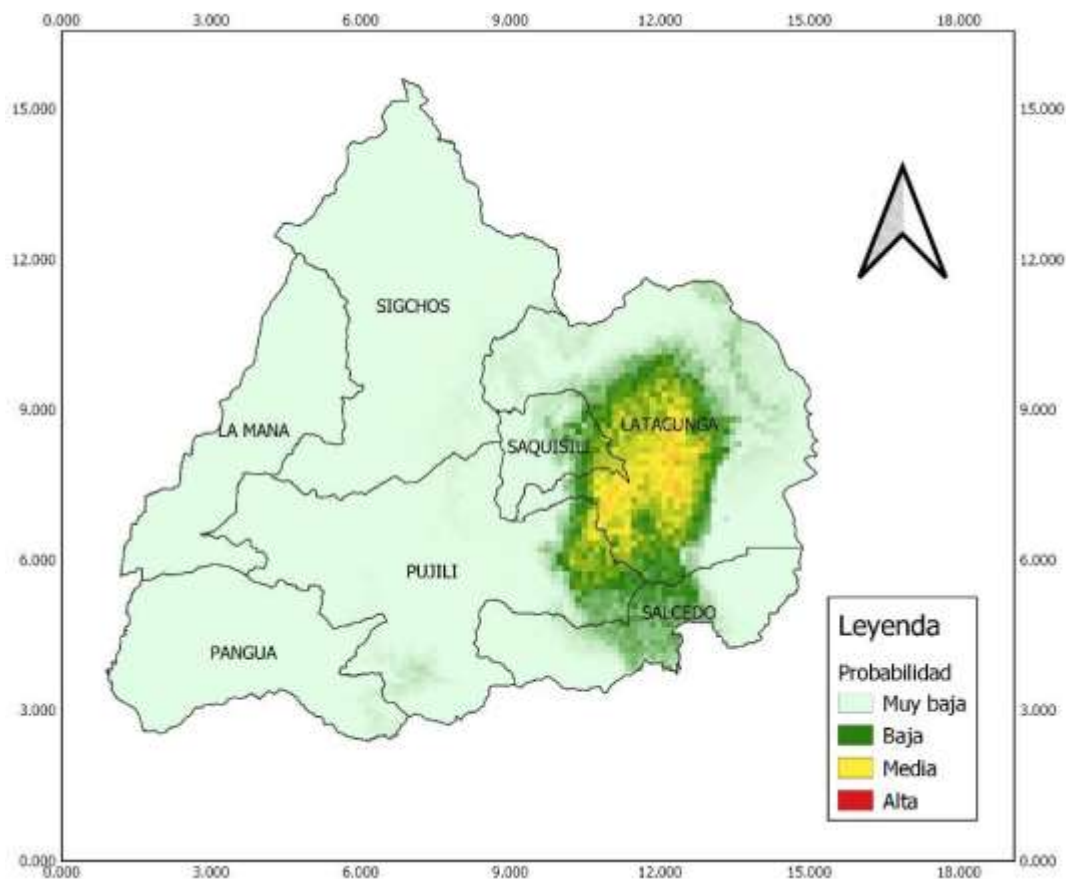


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.6. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CSIRO B1 2050.

En el escenario B1 para el año 2050, las Parroquias con probabilidad media (PM) de adaptación de (*Zea mays*) son: Joseguango Bajo, Tanicuchi y Guaytacama con un área de 377.778 km² que equivale el 6.18%, la cual presenta una disminución progresiva de temperatura, además existe una probabilidad baja (PB) en ciertas zonas rurales del Cantón Latacunga como es el caso de la Parroquia de Mulalo y también en el Cantón Salcedo con un área de 458.967 km² que equivale al 7.51%, en este escenario también se puede observar que las probabilidades altas (PA) de que la especie se adapte al cambio climático son de bajo índice con un área de 14.530 km² que equivale el 0.23%.

Figura 25: Distribución potencial futura escenario B1 2050

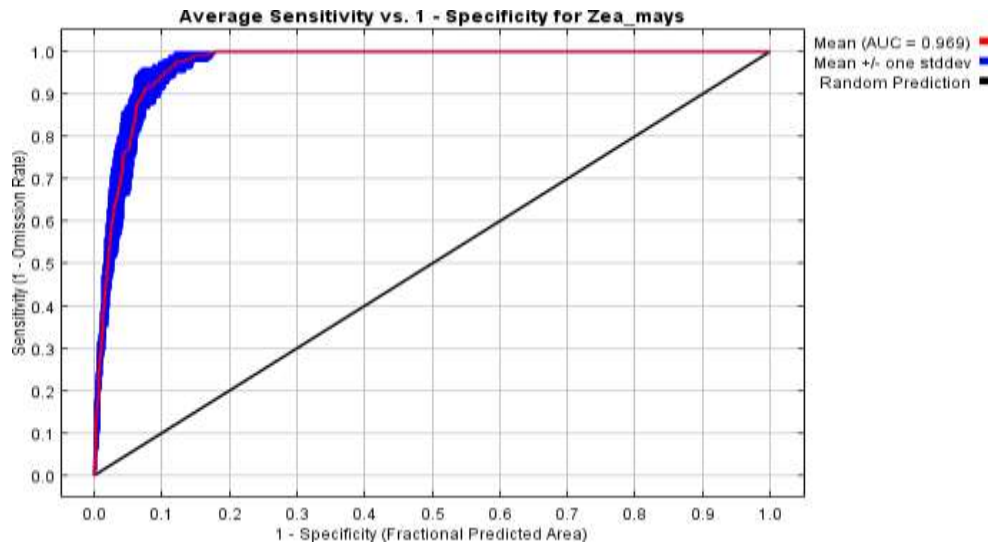


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.7. Resultado del AUC de (Zea mays) A2 2080 CSIRO

Para este modelo el AUC fue de 0.969, de igual forma existe una mínima variación de los resultados en relación con los demás modelos lo que quiere decir que es un modelo netamente confiable porque supera el 0.75.

Figura 26: AUC Futuro 2080 escenario A2 Modelo CSIRO

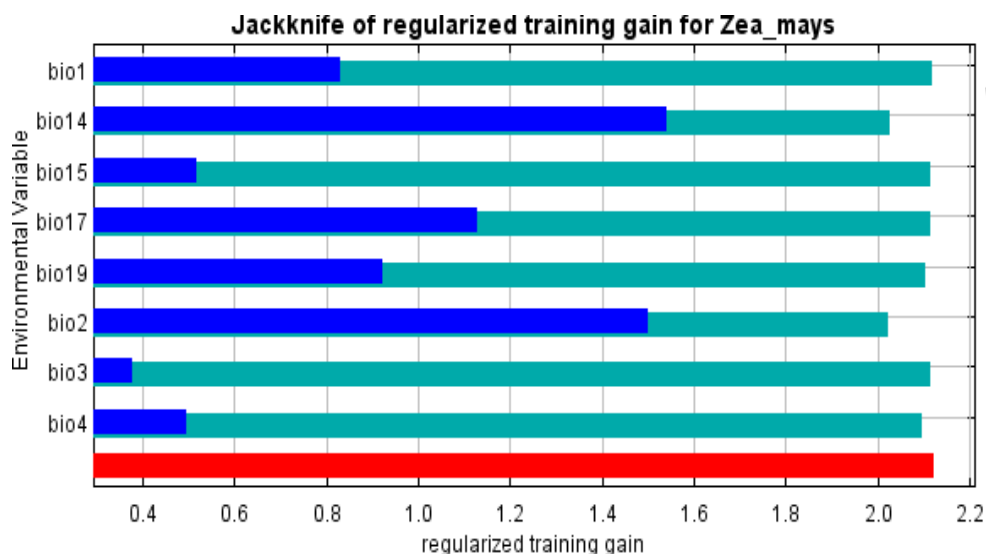


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.8. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

La siguiente figura muestra que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es Bio14, por lo tanto, parece la información más útil por sí misma, en este caso la variable que disminuye la ganancia cuando se omite es Bio3 en su caso tiene la mayor cantidad de información.

Figura 27: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario B1 Modelo CSIRO

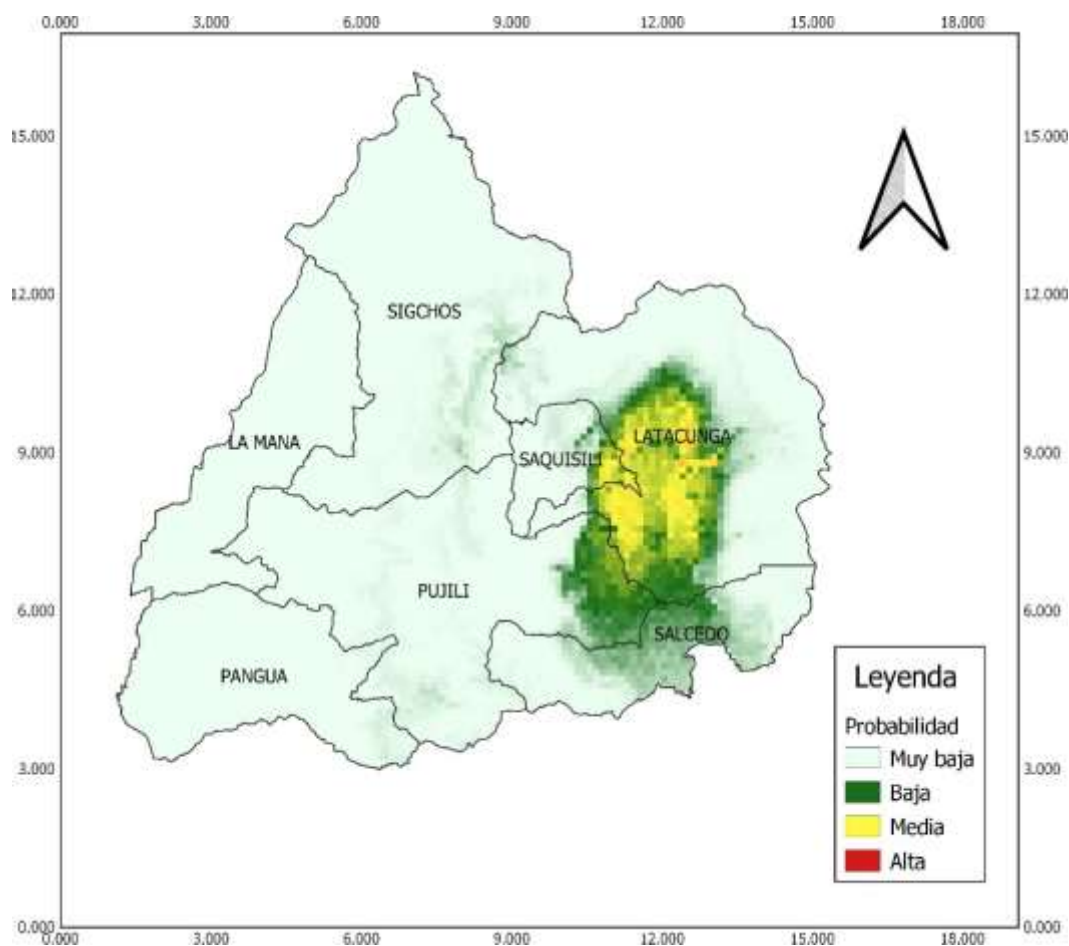


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.9. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CSIRO A2 2080.

El modelo de distribución potencial para el escenario A2 para el año 2080 indica que las zonas productoras de maíz se verán afectadas con un porcentaje de incidencia bajo (PB) especialmente en el cantón Salcedo y Pujilí con un área de 406.828 km² que equivale el 6.76%, con probabilidad media (PM) de 375.214 km² que equivale el 6.23% y con (PA) de 7.692 km² que equivale el 0.12%, lo que se espera un incremento gradual en la temperatura.

Figura 28: Distribución potencial futura escenario A2 2080



Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.10. Resultado del AUC de (*Zea mays*) B1 2080 CSIRO

El AUC para este modelo fue de 0.971 un cambio significativo de todas formas los resultados siguen siendo confiables para realizar de los modelos, ya que todo fueron valores próximos a uno.

Figura 29: AUC Futuro 2080 escenario B1 Modelo CSIRO

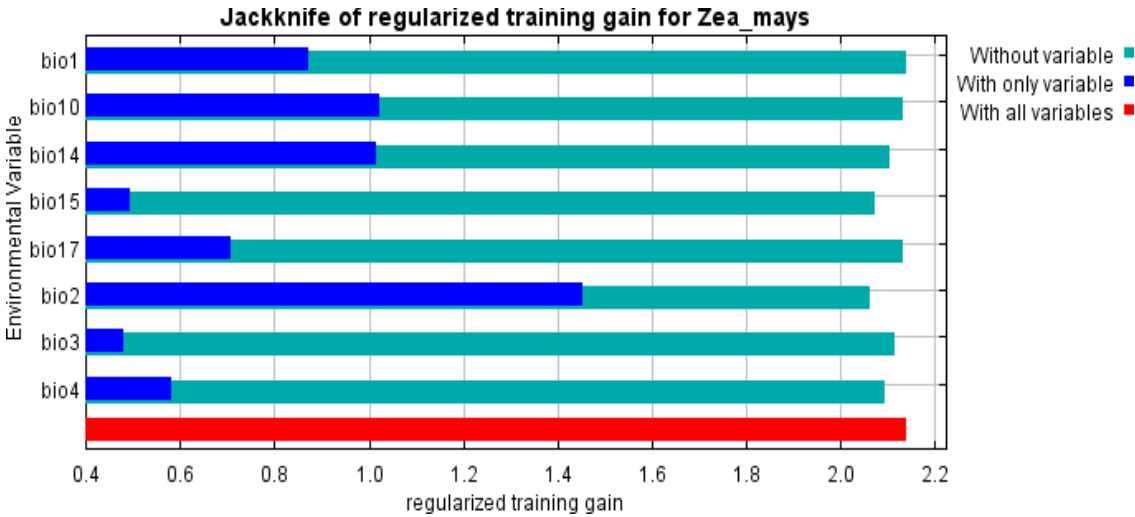


Elaborado por: Erika Chimborazo

11.6.11. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC

En la (Figura 30), indica las variables que más información de aporte dan a los modelos para la presencia de (Zea mays) son las variables siguientes: Bio2 rango diurno de temperatura, muy seguida de la Bio19 el cual corresponde a la Precipitación del cuarto más frío.

Figura 30: Prueba de Jackknife Futuro 2080 escenario B1 Modelo CCCMA

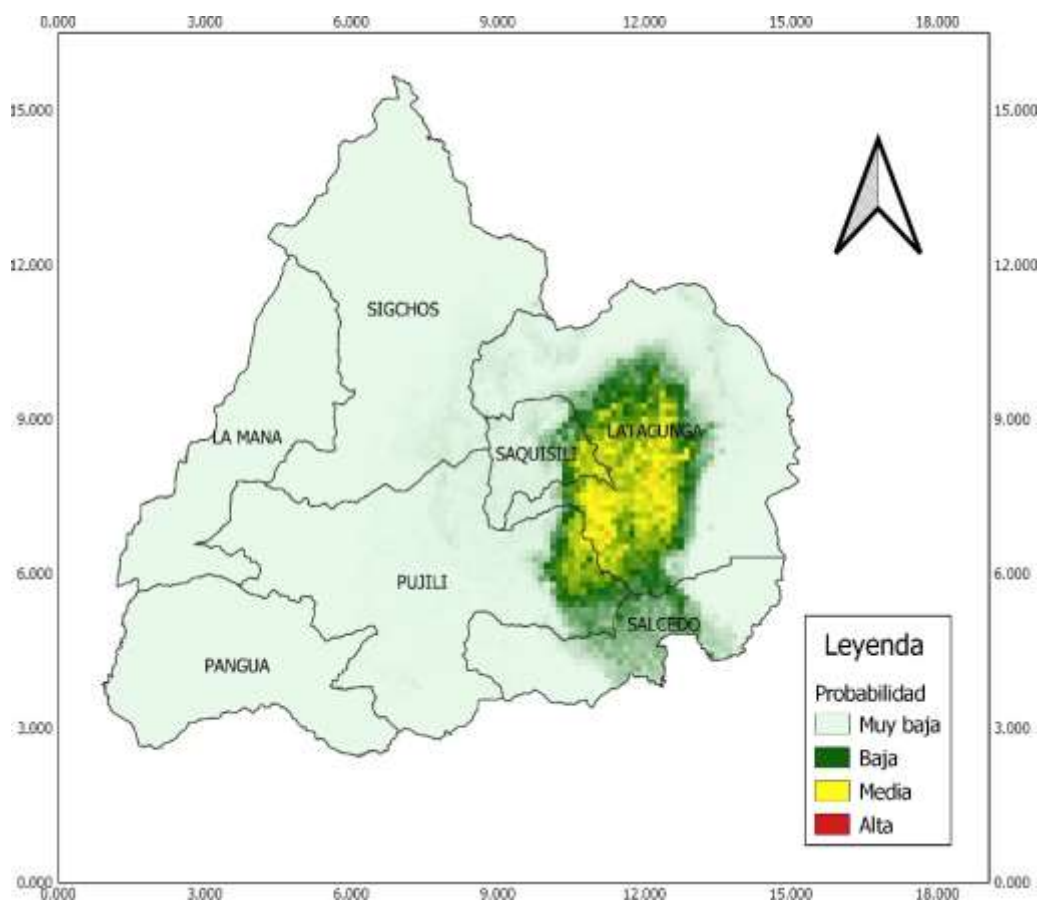


Elaborado por: Erika Alexandra

11.6.12. Modelo de Distribución potencial futuro bajo el modelo de circulación general atmosférico CSIRO B1 2080.

En el resultado de la distribución potencial con el escenario B1 indica que existe un índice muy bajo de la probabilidad alta (PA) con un área de 2.564 km² que equivale el 0.04% de que la especie se adapte a las condiciones ambientales, pero si existe la incidencia de maíz chulpi, el cual presenta la probabilidad (PM) de 359.829 km² que equivale al 5.89% de que la especie se adapte en las zonas rurales como Tanicuchi, Joseguango bajo y Guaytacama, además en el Cantón Salcedo hay bajas probabilidades de que esta especie se adapte 343.587 km² que equivale el 5.62% y probabilidades muy bajas de 5397.422 km² que equivale el 88.36%.

Figura 31: Distribución potencial futura escenario B1 2080

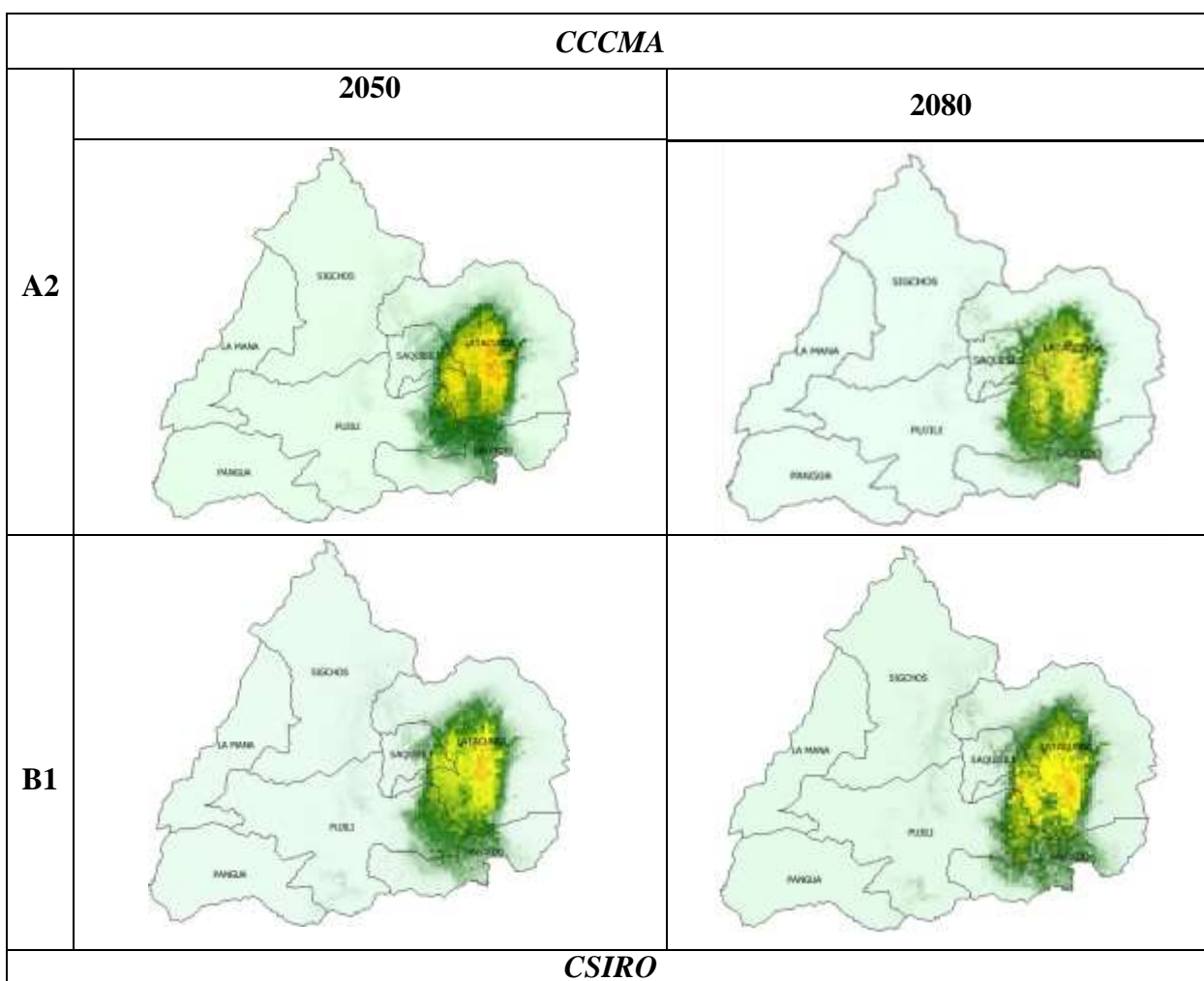


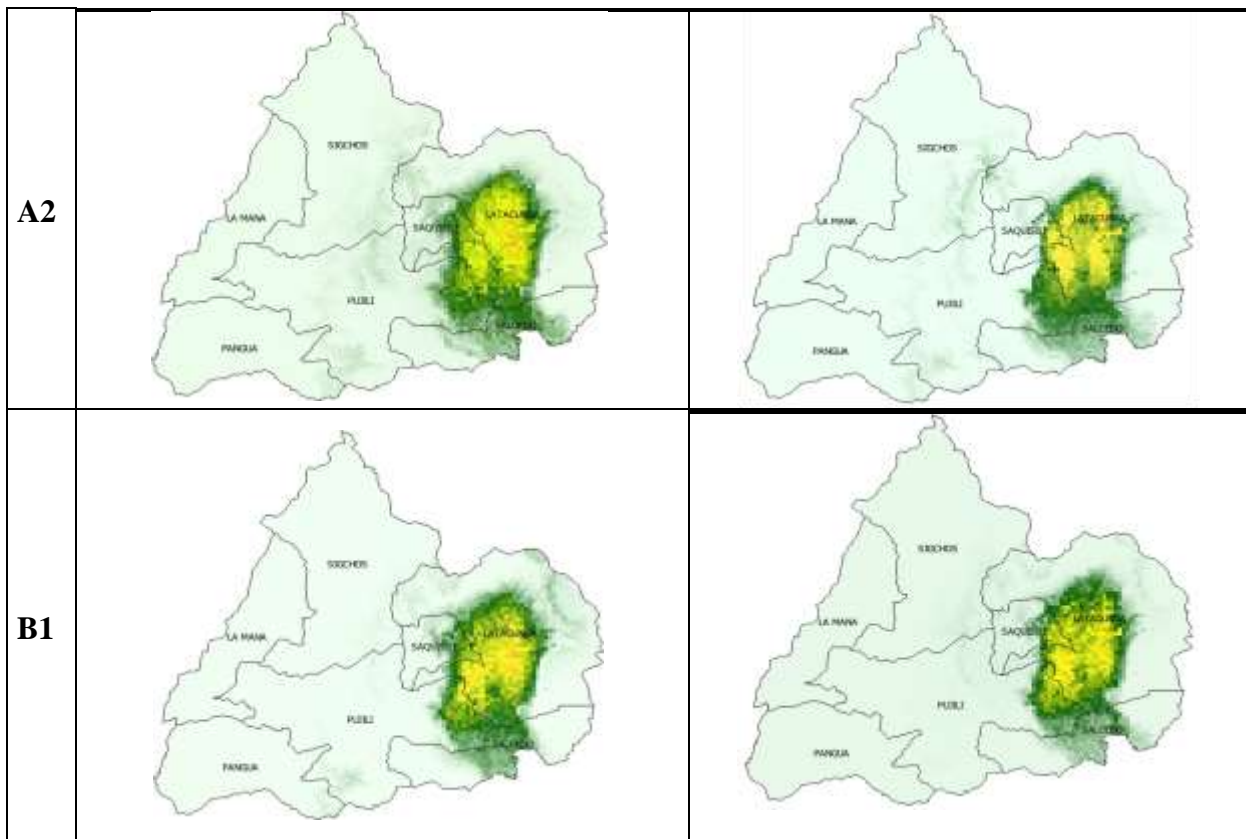
Elaborado por: Erika Chimborazo

11.7. Comparación de los Modelos de Distribución potencial de *Zea mays* bajo dos modelos de circulación general atmosférico CCCMA Y CSIRO

Las proyecciones obtenidas mediante la modelación permitieron comparar las predicciones las cuales se puede identificar las zonas adecuadas para el establecimiento de desarrollo de la especie, bajo dos modelos de circulación global. Los cambios en el rango climático de la especie para los años 2050 y 2080 bajo dos escenarios A2 y B1 que muestran en la (Figura 16) patrones distintos de respuesta.

Figura 32: Modelos de distribución futura (*Zea mays*) en la Provincia de Cotopaxi





Elaborado por: Erika Chimborazo

Se realizó la comparación entre las distribuciones potenciales de los modelos CCCMA cgm3_1t47 y CSIRO mk3_5 bajo los escenarios A2 y B1 bajo el mismo horizonte de tiempo (2050 y 2080) y se pudo observar que la especie va a tener probabilidades altas de adaptación para el año 2050 bajo el escenario A2 del modelo CCCMA con un área de 14.53 km² el cual es el que más índice alto presenta, mientras que la probabilidad media se presenta en el escenario A2 2050 CSIRO con un área de 384,617 km².

El modelo CSIRO bajo el escenario B1 indica que en el año 2050 tiene probabilidades medias de adaptación, con un área de 377,778 km², por lo que existe un continuo decrecimiento de las probabilidades de adaptación de la especie conforme avanzan los años, además la comparación indicó que la mayor probabilidad alta del modelo CSIRO se encuentra en el escenario B1 2050 con un área de 14,530 km² mientras que la menor probabilidad alta se presenta en el escenario B1 2080 del modelo CSIRO con un área de 2,564 km²

Se puede observar que en todos los mapas de distribución potencial futura en las zonas de probabilidad media y baja no se ven cambios significativos en la adaptación de la especie a las condiciones ambientales principalmente en las Parroquias rurales de Mulalo, Joseguango Bajo, Alaquez y Tanicuchi.

La comparación de los modelos indica que la tendencia de la distribución de la especie es la misma variando en el tamaño de sus áreas que muestran condiciones aptas para la especie, de tal forma que los mapas generados de la distribución potencial actual y futuro representan una guía para la investigación y planificación de acciones de control y prevención en las áreas identificadas como zonas aptas o no para la especie, teniendo en cuenta que los mapas generados con proyección al futuro son una probabilidad (Dávalos, 2014, pág. 6).

Los resultados de los modelos indican cambios particularmente en el aumento de la temperatura, en menor medida en la precipitación, lo cual se debe considerar que a pesar de las proyecciones obtenidas en este trabajo de una u otra manera concuerdan con otros estudios realizados se debe tomar en cuenta que no es posible determinar con exactitud las condiciones climáticas futuras. (Wilches, 2008, pág. 2)

Finalmente, los resultados de este trabajo pueden ser aplicados en diferentes acciones de prevención, control y mitigación en este caso se podría realizar un análisis de las pérdidas de la producción del maíz chulpi (*Zea mays*) a causa del cambio climático y buscar estrategias y buenas prácticas agrícolas que contribuyen a reducir la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), con los cuales puedan implementar los agricultores para minimizar los impactos de cambio climático sobre la producción. (Martinez et al., 2017, pág. 14).

Es importante mencionar que el modelamiento es una herramienta necesaria para realizar proyecciones de distribución potencial de especies. Para ello se debe tener presente las características que pueden cambiar el entorno así también los factores externos que continuamente influyen en los procesos ambientales (Pliscoff & Fuentes, 2011).

También se debe tener en cuenta que el cambio climático afecta a los cultivos, provocando enfermedades y plagas por la variación de temperatura y precipitación, afectando de este modo la salud del ser humano, pero que se puede mitigar concientizando a las personas que se dedican a la agricultura generando cultivos sostenibles y a su vez, con la investigación realizada proporcionar y resultados donde los agricultores resulten beneficiados ya que podrán planificar y sembrar en las áreas que tienen mayor probabilidad de adaptación para el maíz chulpi.

En tanto a los resultados los modelos presentan la habilidad para reproducir el clima presente y su variación la cual añade confianza a los escenarios A2 y B1 en los años 2050 y 2080, existen muchas investigaciones que demuestran la factibilidad que tiene el modelamiento teniendo en cuenta que se utiliza el método únicamente para datos presencia. En distintos países se ha desarrollado una serie de estudios ya que el cambio climático afecta a todo tipo de cultivos causando impactos sociales y económicos por las pérdidas productivas que esto genera, sin embargo en el Ecuador se ha realizado estudios para determinar las áreas vulnerables de las especies que son afectadas por enfermedades y plagas en los cultivos ocasionado por el mismo cambio climático.

12. PRESUPUESTO

Tabla 8: Presupuesto de gastos de proyecto investigativo

Recursos	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tecnológicos	Computadora	64 hrs.	\$0.70	\$44.80
	Gps	1	\$40.00	\$40.00
	Cámara	1	\$45.00	\$45.00
Oficina o escritorio	Libreta de campo	1	\$2.00	\$2.00
	Esferos	4	\$0.40	\$1.60
	Lápiz	2	\$0.80	\$1.60
	Borrador	2	\$0.50	\$1.00
	Papel resma	1	\$4.00	\$4.00
Otros	Transporte	4	\$75.00	\$300
	Alimentación	2	\$110.00	\$220
	Impresiones	450	\$0.20	\$90.00
	Anillados	3	\$2.00	\$6.00
	Empastado	1	\$70.00	\$70.00
			Subtotal	\$826.00
			10% Imprevistos	\$82.60
			Total	\$908.60

Elaborado por: Erika Chimborazo

13. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la identificación de las áreas con probabilidad de adaptación alta de la especie se determina que la zona rural de la parroquia Mulalo y Joseguango Bajo cuenta con un área de 8.546 km² que equivale al 0.14% de su área total, lo que significa que tiene un índice alto de probabilidad de estabilidad de la especie *Zea mays* ante el cambio climático en la distribución potencial actual, lo cual es propicio para el crecimiento, desarrollo y producción de la especie.
- Es necesario señalar que los cantones como Pangua y La Maná no pueden albergar el cultivo porque se ubican en las estribaciones occidentales de la cordillera, en donde hay temperaturas y precipitación más altas por lo cual indica que las probabilidades de adaptación de la especie al cambio climático son muy bajas con 5454.249 km² que equivale al 90.64%.
- Mediante el modelamiento de nichos ecológicos de distribución potencial actual aplicado en MaxEnt se generó mediante el programa SPSS la correlación entre los registros de presencia y variables bioclimáticas con un formato de salida logística del AUC que arrojó un 0.970 el cual expresa los valores que mayormente son superiores a 0.70 lo que indica que los modelos realizados son adecuados y confiables.
- El modelo CCCMA de circulación global bajo sus dos escenarios A2 y B1 para los horizontes de tiempo 2050 y 2080 es el modelo que mejor predicción tiene para el futuro ya que sus características demuestran y es considerado uno de los más confiables.
- Las áreas de cultivo de maíz chulpi en la Provincia de Cotopaxi con probabilidad media de adaptabilidad al cambio climático son las zonas centro del Cantón Latacunga, con un área de 247.843 km² que equivale al 4.10% por lo que estas zonas deberían estar sujetas a protección y conservación para evitar degradación de los terrenos y disminución de la producción.

14. RECOMENDACIONES

- Es sustancial que los agricultores y la población generen estrategias y buenas prácticas agrícolas ya que de esta manera pueden favorecer las labores de conservación de las especies y realizar una planificación para la siembra, se debe mencionar que el maíz es un producto tradicional por lo que es necesario mantener su producción con proyectos que pueden incluir huertos familiares urbanos y periurbanos.
- Es fundamental señalar que para complementar los resultados de este estudio se debe tener coordinadas mejor distribuidas, ya que los datos proporcionados están concentrados en un área de poco espacio, por ello los resultados se ubican casi siempre en los mismos espacios.
- Se recomienda la aplicación de modelamiento de distribución potencial ya que es importante dentro del área ambiental y que nos ayuda a identificar en que lugares se puede encontrar diferentes especies y su adaptabilidad al clima además se puede generar proyectos para los agricultores a utilizar aplicaciones móviles simples que arrojen datos de ubicación de cultivos periódicamente.
- Es de gran importancia mencionar que estos modelos sugieren proponer áreas de compensación al impacto ambiental ejercido por actividades antropogénicas para la conservación del ecosistema. Además, que estas zonas deben propender a la conservación de bosques húmedos tropicales que ayudan a la conservación integral de cuencas hidrográficas de la costa ecuatoriana.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Carné, J., Estrada-Peña, A., & García-Martín, A. (2017). Análisis comparativo de la información de temperatura de las bases de datos WorldClim, ECA&D y MODIS en el Paleártico Occidental. *Geographicalia*, 69(1).
- Argenal, F. (2010). Variabilidad climática y cambio climático en Honduras. Tegucigalpa: PNUD.
- Ballesteros-Barrera, C., Jiménez-García, D., & Hernández-Cárdenas, G. (2011). El impacto potencial del cambio climático sobre los Agroecosistemas. El caso del cultivo del maíz, proyecciones al futuro. *Aragón GAD Jiménez GYM. Huerta L (eds) Manejo Agroecológico de Sistemas*, 2, 1-14.
- Barros, V. (2004). *Cambio climático global*. Libros del zorzal.
- Barton, J. R. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 5-30.
- Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (7), 100-119.
- Bidegain, M., Coronel, G., Ríos, N., & De Los Santos, B. (2012). Escenarios climáticos futuros para Paraguay. *Meteorologica*, 37(2), 47-55.
- Cabrerizo, H. (2006). Mejoramiento Genético y Biotecnología, Introducción a la Genética del Maíz.
- Cáceres, L., Mejía, R., & Ontaneda, G. (1998). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 27(3).

- Caicedo, C. (2006) El maíz en la alimentación humana. Disponible en: www.infoagro.com. Consultado el 14/06/2020.
- Castaño, C. (2002). Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en condición hotspot y Global Climatic Tensor. Bogotá, Colombia. IDEAM.
- Cebrián, J. A. (1988). Sistemas de Información Geográfica, Aplicaciones de la Informática a la Geografía y Ciencias Sociales. Síntesis, Madrid, 87-110.
- Centroclima. (2020). WorldClim. Obtenido de CRRH: <http://centroclima.org/clima/worldclim/>
- Climático, I. N. (2018). *Causas del cambio climático*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico>
- CNA. (2000). *Censo nacional agropecuario*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>
- Corral, J. A. R., González, J. D. J. S., Ojeda, G. R., Díaz, J. L. R., Puga, N. D., de la Cruz Larios, L., & Villaseñor, P. Z. (2014). Cambio climático en México y distribución potencial del grupo racial de maíz cónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (10), 1871-1883.
- Coto Fonseca, A. F. (2016). Cambios en distribución potencial y amenaza de cuatro cultivos agrícolas según modelación de máxima entropía para cuatro escenarios de cambio climático en Costa Rica.
- Dávalos Sánchez, I. S., (2014). Aplicación de un modelo predictivo de ocurrencia de sitios de anidación y dormideros del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) como aporte a la conservación de la especie en el Ecuador (Bachelor's thesis, Quito/PUCE/2014).
- De Cambio Climático, O. E. (2006). Plan nacional de adaptación al cambio climático. *Oficina Española de Cambio Climático. Torreguil, España.*

- Ejemplode.com. (2013). características del maíz. Obtenido de https://www.ejemplode.com/36-biologia/3533-caracteristicas_del_maiz.html.
- Elith, J., & Graham, Ch., (2009) do they? How do they? Why do they differ? On finding reasons for differeing performances of species distribution models. *Ecography* 32:66-77.
- Elith, J., Phillips, SJ, Hastie, T., Dudík, M., Chee, YE y Yates, CJ (2011). Una explicación estadística de MaxEnt para ecologistas. *Diversidad y distribuciones*, 17 (1), 43-57.
- Grupo semillas. 2012.” El Maíz en el Ecuador”. Disponible en: www.ecuadorxporta.org/htm/index.htm. Consultado el 17/08/2012.
- Guevara, L., & de Rojas, C. B. (2004). Caracterización morfológica y relaciones fenéticas entre especies de los órdenes liliales y poales. *Bioagro*, 16(2), 99-112.
- Hernández, P. A., Graham, H., & Albert, D., (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29:773-785.
- INIAP. (2015). “Producción de semillas categoría certificada para el Proyecto Nacional de Semillas de Agrocadenas Estratégicas del MAGAP”. Obtenido de <https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2019/04/Proyecto%20Producci%C3%B3n%20de%20Semillas.pdf>
- Lara, E. L., Simeón, C. P., & Navarro, J. G. M. (2006). Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza*.
- Leal-Nares, Ó., Mendoza, M. E., Pérez-Salicrup, D., Geneletti, D., López-Granados, E., & Carranza, E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinezii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(4), 1152-1170.

- López, J. M., (2012). “Distribución potencial de especies de la familia araliaceae de la región madidi”.
- Marchi, M., Sinjur, I., Bozzano, M. y Westergren, M. (2019). Evaluación de WorldClim Versión 1 (1961–1990) como base para el uso sostenible de los recursos forestales y ambientales en un clima cambiante. *Sostenibilidad*, 11 (11), 3043.
- Maroto, J. (1998). *Horticultura herbácea especial*. 4ta Edición. Ediciones Mundi prensa Madrid España, 589-593 pp.
- Martínez-Méndez, N., Aguirre-Planter, E., Eguiarte, L. E., & Jaramillo-Correa, J. P. (2016). Modelado de nicho ecológico de las especies del género *Abies* (Pinaceae) en México: Algunas implicaciones taxonómicas y para la conservación. *Botanical Sciences*, 94(1), 5-24.
- Martínez-Rodríguez, B. V. M. R., Harvey, C. I. D. C. A., Alpízar, F., & CASCADA, P. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. *Turrialba, Costa Rica*.
- Merow, C., Smith, MJ y Silander Jr, JA (2013). Una guía práctica de MaxEnt para modelar las distribuciones de especies: qué hace y por qué son importantes los insumos y la configuración. *Ecografía*, 36 (10), 1058-1069.
- Navarrete Macedo, C. E. (2019). Distribución potencial de especies forestales amenazadas y endémicas raras mediante modelos de nicho ecológico.
- Patiño, F., Condori, B., Segales, L., & Cadima, X. (2008). Distribución potencial, actual y futura de especies silvestres de papa endémica de Bolivia. *Revista de agricultura*, (44).
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R., (2006). Maximun entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190: 231-259.

- Pineda-López, R., & Malagamba Rubio, A. (2009). Primeros registros de presencia y reproducción del mirlo dorso rufo (*Turdus rufopalliatu*s) en la ciudad de Querétaro, Querétaro, México. *Huitzil*, 10(2), 66-70.
- Plasencia, A. Escalona, G., & Esparza, G., (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. pp 471-490.
- Pliscoff, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, (48), 61-79.
- Politis, G. G., Domic, A. I., Bonomo, M. A. R. I. A. N. O., & Capriles, J. M. (2018). Modelamiento de los parámetros ambientales de la distribución de sitios Goya-Malabrigo mediante Maxent. *Goya-Malabrigo: arqueología de una sociedad indígena del Noreste argentino*, 289-305.
- Qgis, D. T. (2015). QGIS geographic information system. Open source geospatial Foundation project, 1(2), 1-10.
- Quirós, M. Q., Vargas, L. G. A., Aguilar, D. A., & González, A. R. (2017). 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), 1-12.
- Red, Ambiental de Asturias. (2020). *Escenarios de Emisiones SRES del IPCC*. Obtenido de http://movil.asturias.es/medioambiente/articulos/ficheros/EscenariosEmisiones_.pdf
- Restrepo, L. F., & González, J. (2007). From pearson to Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.
- Reynoso Santos, R., Pérez Hernández, M. J., López Báez, W., Hernández Ramos, J., Muñoz Flores, H. J., Cob Uicab, J. V., & Reynoso Santos, M. D. (2018). El nicho ecológico como

herramienta para predecir áreas potenciales de dos especies de pino. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(48), 47-68.

- Rivera, E. R., & Amador, J. A. (2008). Predicción estacional del clima en Centroamérica mediante la reducción de escala dinámica. Parte I: Evaluación de los modelos de circulación general CCM3. 6 y ECHAM4. 5. *Revista de matemática: teoría y aplicaciones*, 15(2), 131-173.
- Rodobaldo. (2009). El cultivo del maiz su origen y clasificacion. el maiz en Cuba. Cultivos tropicales.
- Rodríguez, C. E. (2013). Escenarios climáticos de cambio climático: incertidumbres y certezas. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/respuestas-desde-la-educacion-y-la-comunicacion-al-cambio-climatico/1%20E%20Rodriguez%20Camino%20CC%20Bases%20Fisicas_tcm30-70632.pdf
- Rubén, G. Mateo., Felicísimo, Ángel., & Muñoz, Jesús. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar.
- Sánchez Mera, M. B. (2018). Distribución potencial de especies exóticas invasoras en Ecuador continental ante escenarios de cambio climático (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Scott, M., Heglund, J., Morrison, M., Hauffler, J., Raphael, M., Wall, A. & Samson, F.,(2002). Predicción de sucesos de especies: cuestiones de precisión y escala. *Prensa de la isla, Washington*, 21: pp 219-228
- Silva Rodríguez, A., & Berovides Álvarez, V. (1989). Acerca del concepto de nicho ecológico.
- Sutton, T., (2012). Importancia y uso de Qgis. 1-17

- Vander Molen, K. (2011). Percepciones de cambio climático y estrategias de adaptación en las comunidades agrícolas de Cotacachi.
- Varela, S., Terribile, L. C., de Oliveira, G., Diniz-Filho, J. A. F., González-Hernández, J., & Lima-Ribeiro, M. S. (2015). ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. *Revista Ecosistemas*, 24(3), 88-92.
- Vaughan, P., & Ormerod, J., (2005). Los desafíos continuos de los modelos de prueba de distribución de especies. *revista de ecología aplicada*. 42 (4): 720 – 730.
- Villamonte Cuneo, G. O. (2018). Modelamiento del efecto del cambio climático en el nicho ecológico fundamental de especies de podocarpáceas peruanas en Sudamérica. Galindo, L. M. (2008). *La economía del cambio climático*.
- Viteri, A., & Cordero, E. V. (2010). Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo, y silvicultura (forestal) en el Ecuador. *P. Cuenca, & V. Cordero, Edits.) Recuperado el, 23*.
- Yáñez, (2010). Características específicas del maíz seco.
- Wilches, G., (2008). Programa Conjunto de Integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático. Bogotá.

16. ANEXOS

Anexo 1: Aval de Inglés



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita egresada de la Carrera de **INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**, de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: ERIKA ALEXANDRA CHIMBORAZO TAIPICAÑA**, cuyo título versa **“MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS BAJO DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MAÍZ CHULPI (ZEA MAYS) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO 2019-2020”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Septiembre del 2020

Atentamente,

M.Sc. Erika Cecilia Borja Salazar
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502161094



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo 2. Hoja de vida de los investigadores

Anexo 2.1. Tutor



Unidad de Administración de Talento Humano



FICHA SIITH

Favor ingresar todos los datos solicitados, con absoluta veracidad, esta información es indispensable para el ingreso de los servidores públicos al Sistema Informático Integrado de Talento Humano (SIITH)



DATOS PERSONALES

NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANA	0501518955	0501518955		MARCO ANTONIO	RIVERA MORENO	25/2/1967	196705000225	CASADO
DISCAPACIDAD	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	MODALIDAD DE INGRESO	FECHA DEL PRIMER INGRESO AL SECTOR PÚBLICO	FECHA DE INGRESO A LA INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO AL PUESTO	GENERO	TIPO DE SANGRE
			CONCURSO	1/1/1986	1/1/2011	1/1/2011	MASCULINO	ORH+
TELÉFONOS		DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
32810712	992521591	PADRE ALBERTO SEMANATE	SIMÓN BOLÍVAR	2-07		COTOPAXI	LATACUNGA	LA MATRÍZ
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA				
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA		
		marco.rivera@utc.edu.ec	marantorimo@yahoo.es	MESTIZO				
CONTACTO DE EMERGENCIA			DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES					
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	NOMBRES	APELLIDOS	No. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA	FECHA		
32810712	992521071	HILDA BEATRÍZ	ROMÁN CAMPAÑA					
FORMACIÓN ACADÉMICA								
NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. de REGISTRO (SENESCYT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	AREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAIS
TERCER NIVEL	1020-10-973554	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE		RECURSOS NATURALES	10	SEMESTRES	ECUADOR
4TO NIVEL - MAESTRÍA		UNIVERSIDAD DE SALSBURG	MASTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		RECURSOS NATURALES			
EVENTOS DE CAPACITACIÓN								
TIPO	NOMBRE DEL EVENTO (TEMA)		EMPRESA / INSTITUCIÓN QUE ORGANIZA EL EVENTO	DURACIÓN HORAS	TIPO DE CERTIFICADO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PAÍS
CONGRESO	CONGRESO BINACIONAL ECUADOR - PERÚ "AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019		UTC- LA MOLINA	18	EXPOSITOR	21-ene-19	22-ene-19	ECUADOR
CONFERENCIA	XV INTERNATIONAL LUPIN CONFERENCE 2019		PROMPA	32	EXPOSITOR	18-mar-19	21-mar-19	BOLIVIA
JORNADA	JORNADA DE RECUPERACION Y CONSERVACION SUSTENTABLE DE SUELOS		GAD PROVINCIAL - UTC - MAG	16	EXPOSITOR		23-nov-18	ECUADOR
FORO	XIV FORO REGIONAL ANDINO PARA EL DIÁLOGO E INTEGRACIÓN DE LA EDUCACIÓN AGROPECUARIA Y		UPEL - UNIVERSIDA FRANCISCO DE PAULA ACOPIA	40	PONENTE	22-oct-18	26-oct-18	COLOMBIA
ENCUENTRO	1ER ENCUENTRO DE REDES ACADÉMICAS AGROPECUARIAS - ERA		UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR	40	PONENTE	24-sep-18	28-sep-18	ECUADOR
SEMINARIO	II SEMINARIO INTERNACIONAL DESARROLLO LATINOAMERICANO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR		REDEC - UPEEC-UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA	13	PONENTE	2-ago-18	3-ago-18	COLOMBIA
SEMINARIO	SEMINARIO LATINOAMERICANO SIEMBRA, COSECHA, SECADO, ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN DE		BOLSA DE PRODUCTOS	9	PARTICIPANTE	23-mar-18	23-mar-18	ECUADOR
SEMINARIO	NUEVAS ALTERNATIVAS PARA UNA AGRICULTURA EFICAZ		AGROEXPO - CREAR COMUNICACIÓN	9	PARTICIPANTE	24-mar-18	24-mar-18	ECUADOR
SEMINARIO	ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS CAREN 18-18		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40	PARTICIPANTE		2-mar-18	ECUADOR
CONGRESO	III CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UTC - LA MANA		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	24	PONENTE	29-ene-18	31-ene-18	ECUADOR
SEMINARIO	ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS CAREN 17-18		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40	PARTICIPANTE/EXPOSITOR		22-sep-17	ECUADOR
JORNADAS	SEGUNDAS JORNADAS AGRONÓMICAS		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		EXPOSITOR		19-jun-17	ECUADOR
CONGRESO	I CONGRESO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTABLE		UTC - CIDE	40	EXPOSITOR/PARTICIPACIÓN		25-may-17	ECUADOR
CONGRESO	CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		UTC - CECATERE	40	CONFERENCISTA /APROBACIÓN		3-feb-17	ECUADOR
JORNADA	JORNADAS CIENTÍFICAS INTERNACIONALES, CAMINO A LA VISIBILIZACIÓN		UCAB-UTC-UCV	40	APROBACIÓN	26-sep-16	30-sep-16	ECUADOR
CURSO	CURSO DE DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	24	ASISTENCIA	4-abr-16	8-abr-16	ECUADOR
JORNADA	SISTEMA DE FORMACIÓN PROFESIONAL		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40	APROBACIÓN	14/3/2016	18-mar-16	ECUADOR
CURSO	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		GAD PROVINCIAL DE COTOPAXI	40	PARTICIPACIÓN	23-jun-15	26-jun-15	ECUADOR
TALLER	TALLER DE PLATAFORMAS VIRTUALES - DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	48	APROBACIÓN	jun-15	jun-15	ECUADOR
CONGRESO	V CONGRESO MUNDIAL DE LA QUINUA		FAO/UNJU/INTA/senasa	40	APROBACIÓN	27-may-15	30-may-15	ARGENTINA

SEMINARIO	DESARROLLO DE UNA CULTURA CIENTÍFICA: CAMINO A LA INVESTIGACIÓN DE EXCELENCIA EN LA UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40	APROBACIÓN	16-mar-15	20-mar-15	ECUADOR
JORNADA	SEGUNDAS JORNADAS CIENTÍFICAS 2015 "Cultura científica colaborativa en los procesos de	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	32	APROBACIÓN	23/3/2015	25/3/2015	ECUADOR
CURSO	AUDITORÍA AMBIENTAL	RECAI/GEFORAMB/CONSORCIO UNIVERSITARIO	40	APROBACIÓN	9/2/2015	13/2/2015	ECUADOR
SEMINARIO	DISEÑO Y PROCESAMIENTO DE INSTRUMENTOS CUANTITATIVOS DE INVESTIGACIÓN	CAPACITACIONES MOREANO /UTC	32	APROBACIÓN	10/12/2014	12/12/2014	ECUADOR
SEMINARIO	MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELO	UTC	40	APROBACIÓN	1/12/2014	5/12/2014	ECUADOR
CONGRESO	SEGUNDO CONGRESO MUNDIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	PNUMA/CGA/EMAC/ANECE/ MINISTERIO DEL AMBIENTE	40		25/11/2014	28/11/2014	ECUADOR
CURSO	FUNCIONALIDAD, MANEJO Y OPERATIVIDAD DEL MEDIDOR DE GASES DE FUENTES MÓVILES	UTC	40	APROBACIÓN	4/11/2014	7-nov-14	ECUADOR
JORNADA	JORNADAS CIENTÍFICAS, "Ciencia, Tecnología y Propiedad Intelectual, en la Sociedad del	UTC	40		3/10/2014		ECUADOR
SEMINARIO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES	UTC	40	APROBACIÓN	1/9/2014		ECUADOR
CURSO	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO A PROCESOS AGROINDUSTRIALES	UTC	54	APROBACIÓN	25/7/2014	14/8/2014	ECUADOR
SEMINARIO	SEMINARIO INTERNACIONAL "AGROECOLOGÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA	COTOPAXI/UTC/FEDECOX/FEP P	40	APROBACIÓN	15/7/2014	19/7/2014	ECUADOR
JORNADA	JORNADA DE CAPACITACIÓN POR EL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE	GOBIERNO PROVINCIAL COTOPAXI/UTC/CESA/FEPP	40	APROBACIÓN		5/6/2014	ECUADOR
CURSO	TUTOR VIRTUAL EN ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE MOODLE	ECUADOR/UTC/COMPUTERS NETWORKS	40	APROBACIÓN		MAYO/2014	ECUADOR
CURSO	CAPACITACIÓN SOBRE ELABORACIÓN DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS	UTC/UEA	40	APROBACIÓN	24/3/2014	28/3/2014	ECUADOR
SEMINARIO	SEMINARIO DE DIDÁCTICA EN EDUCACIÓN SUPERIOR	PARA LA ENSEÑANZA ESPECIALIZADA	42	APROBACIÓN		15/11/2013	ECUADOR
JORNADA	PRIMERA JORNADA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	COTOPAXI/UTC/	40	APROBACIÓN	9/12/2013	13/12/2013	ECUADOR
FORO	II FORO "YASUNÍ MÁS ALLA DEL PETRÓLEO"	UTC	24			16/10/2013	ECUADOR
CONGRESO	IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA	MOLINA	30		10/9/2013	12/9/2013	PERÚ
CURSO	FITOMEJORAMIENTO Y SISTEMAS DE SEMILLAS	INIAP/UTC	40	APROBACIÓN	12/11/2013	16/11/2013	ECUADOR
CONGRESO	IV CONGRESO MUNDIAL DE LA QUINUA	MAGAP/MRECI/INIAP/UTN	40	APROBACIÓN	8/7/2013	12/7/2013	ECUADOR
JORNADA	JORNADAS ACADÉMICAS "GESTIÓN ACADÉMICA EN EL AULA UNIVERSITARIA	UTC	32	APROBACIÓN	12/3/2013	15/3/2013	ECUADOR
JORNADA	JORNADAS ACADÉMICAS "REFORMA UNIVERSITARIA EN LA UTC. RETOS Y PERSPECTIVAS	UTC	40	APROBACIÓN		1/9/2013	ECUADOR
CURSO	EVALUACIÓN DE TIERRAS, FERTILIZACIÓN DE SUELOS Y AGRESIVIDAD CLIMÁTICA	UTC/SENESCYT/IEE	40	APROBACIÓN	14/10/2013	18/10/2013	ECUADOR
CURSO	CURSO PARA FACILITACIÓN DE PROCESOS PARTICIPATIVOS	SALAS Y TILLMAN PARTNER	40	APROBACIÓN	28/5/2012	1/6/2013	ECUADOR
CURSO	CURSO TALLER "ORDENAMIENTO Y MODELAMIENTO DE DATOS EN ARCGIS"	INIAP/IRD	32	APROBACIÓN	14/5/2012	22/5/2012	ECUADOR
CURSO	CURSO TALLER "SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA	INIAP/IRD	24	APROBACIÓN	21/3/2012	23/3/2013	ECUADOR
SEMINARIO	ACTUALIZACIÓN ACADÉMICA PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: CARRERA DE AGRONOMÍA.	UTC/MAGAP/AGROCALIDAD	30	APROBACIÓN	5/1/2011	7/1/2011	ECUADOR
TALLER	TALLER INTENSIVO SOBRE AGRO-CLIMATOLOGÍA Y TÉCNICAS CIENTÍFICAS RELACIONADAS	UNIVERSIDAD NAYOR SAN ANDRÉS	50	APROBACIÓN	9/11/2009	14/11/2009	BOLIVIA

PROGRAMA

TRAYECTORIA LABORAL RELACIONADA AL PUESTO							
NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN	UNIDAD ADMINISTRATIVA (DEPARTAMENTO / ÁREA / DIRECCIÓN)	DENOMINACIÓN DEL PUESTO	TIPO DE INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO	FECHA DE SALIDA		MOTIVO DE SALIDA
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA	PROGRAMA DE LEGUMINOSAS Y GRANOS ANDINOS	INVESTIGADOR AGROPECUARIO	PÚBLICA OTRA	1/12/1985	1/10/2013		RENUNCIA

MISIÓN DEL PUESTO

los sectores productivos públicos como privados, bajo principios, tanto en los sectores productivos públicos como privados, bajo principios morales y éticos frente al desarrollo y la vinculación con los sectores

ACTIVIDADES ESENCIALES

Investigador del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Desde 1996 hasta septiembre de 2013

Docente de la cátedra de Botánica General y coordinador de pasantías pre- profesionales en el Instituto Agropecuario Simón Rodríguez. Latacunga (abril 2010 – octubre 2010).

Docente de la cátedra de Cultivos de Clima Frío y templado de la carrera de Ingeniería agronómica de la UTC.

FIRMA

Anexo 2.2. Estudiante

HOJA DE VIDA



DATOS PERSONALES:

Apellidos y Nombres: Erika Alexandra Chimborazo Taipicaña

Fecha Nacimiento: 18 de febrero de 1994

Nacionalidad: ecuatoriana

Cédula Ciudadanía: 050342984-7

Cedula Militar:

Domicilio Actual: Parroquia Mulalo, Barrio Joseguango Alto
Latacunga - Cotopaxi

Estado Civil: Soltera

Correo electrónico: alex_erika94@hotmail.com
alex.erika94@gmail.com

Números de contacto: 0999270107 - 032230041

Licencia de conducir: Tipo "B"

Tipo de Sangre: A Rh positivo

FORMACION ACADEMICA:

1999 - 2005 Primaria – Unidad Educativa Patria

2005 - 2011 Secundaria – Colegio Militar N°13 Patria Bachiller en
CIENCIAS GENERALES.

2015 – 2018 Sexto semestre en ing. Ambiental (Universidad Técnica de Cotopaxi) Actualmente

IDIOMAS:

Castellano: Nativo

Inglés: Nivel medio

CURSOS Y SEMINARIOS:

2014 Curso de Enfermería.

Instituto San Gabriel.

Duración 80 horas

2016 Manejo de sistemas operativos, Excel, Word, Power Point, Visio y servicio al cliente.

“Cetec”

24 Horas

2018 Manejo de Instrumentación Ambiental

“Universidad Técnica de Cotopaxi”

16 Horas

2018 Seminario Internacional en fiscalización, seguimiento y control ambiental

“Universidad Técnica de Cotopaxi”

24 Horas

EXPERIENCIA PROFESIONAL:

2011 - 2013 Cajera En Reparación de Calzado, Atención y servicio al cliente
Cyber - Locutorio (CHE LUIS).

2013 – 2014 Asistente Administrativa de la Empresa GRINME S.A.

2014 Asistente de Recursos Humanos de Florícola San Fulgencio

2014 - 2015 Asistente de secretaria y contabilidad en la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez. C.M.G.

2017 Pasante en Novacero en el área de Sistemas de Gestión Integrado, (Departamento de Medio Ambiente)

REFERENCIAS PERSONALES:

Ing. Luis Rocha (Novacero)

- 0987984106

Ing. Paulina Lema (GRINME SA)

- 0984847869

Tlga: Patricia Zapata (CMG)

- 0984794903