



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias

Agropecuarias y Recursos Naturales

## *CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA*

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“Determinación actual y futura de áreas vulnerables a la presencia de Mildiú (*Peronospora farinosa*) de la Quinoa en las zonas productoras de Cotopaxi, 2017”**

*Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del título de  
Ingeniera Agrónoma*

**AUTORA:**

Asipuela Haro Eva Cecilia

**TUTOR:**

Ing. Francisco Chancusig Mg.

**LATACUNGA-ECUADOR**

**Agosto-2017**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

“Yo Asipuela Haro Eva Cecilia”, declaro ser autora del presente proyecto de investigación con el tema:

**“DETERMINACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE ÁREAS VULNERABLES A LA PRESENCIA DE MILDIÚ (*Peronospora farinosa*) DE LA QUINUA EN LAS ZONAS PRODUCTORAS DE COTOPAXI, 2017”**, es original, autentica y personal. Siendo el Ing. Francisco Chancusig Mg. 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.

.....

Eva Cecilia Asipuela Haro

C.I. 172436415-1

## **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 Asipuela Haro Eva Cecilia, identificada con C.C. N°172436415-1, de estado civil Soltera y con domicilio en Pintag calle principal el Marco Sector Comuna Santa Isabel quien en lo sucesivo se denominará **EL 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/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación actual y futura de áreas vulnerables a la presencia del mildiú (*Peronospora farinosa*) de la quinua en las zonas productoras de Cotopaxi, 2017” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Fecha de inicio de carrera: **Septiembre 2012**

Fecha de finalización: **Agosto 2017**

Aprobación HCA: **Agosto 2017**

Tutor. - **Ing. Hernán Francisco Chancusig Mg.**

Tema: “**Determinación actual y futura de áreas vulnerables a la presencia del mildiú (*Peronospora farinosa*) de la quinua en las zonas productoras de Cotopaxi, 2017**”

**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/EL 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/EL 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/EL 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/EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las 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 UN DÉCIMA.-** 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 temor en la ciudad de Latacunga Julio del 2017

.....  
Eva Cecilia Asipuela Haro

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez  
**EL CEDENTE CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“DETERMINACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE ÁREAS VULNERABLES A LA PRESENCIA DE MILDIÚ (*Peronospora farinosa*) DE LA QUINUA EN LAS ZONAS PRODUCTORAS DE COTOPAXI, 2017”**, de Eva Cecilia Asipuela Haro , de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

El Tutor:



In. Francisco Chancusig Mg.

CI: 050188392-0

v

v

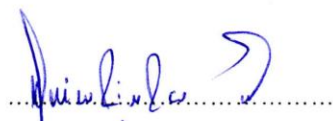
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Eva Cecilia Asipuela Haro , con el título de Proyecto de Investigación “**DETERMINACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE ÁREAS VULNERABLES A LA PRESENCIA DE MILDIÚ (*Peronospora farinosa*) DE LA QUINUA EN LAS ZONAS PRODUCTORAS DE COTOPAXI, 2017**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2017

Para constancia firman:



Ph.D. Klever Quimbiulco

**LECTOR 1**

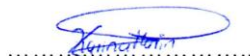
CI: 1709561102



Ing. Guadalupe López Mg.

**LECTOR 2**

CI: 180190290-7



Ing. Karina Marín Mg.

**LECTOR 3**

CI: 050267293-4

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por concederme salud y vida, sobre todo la sabiduría necesaria para permitir culminar mis estudios universitarios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.*

*Le doy gracias a mis padres por brindarme su gran amor, comprensión, paciencia, apoyo incondicional y la confianza que depositaron en mí, por ser el pilar fundamental en mi vida, mi gran fortaleza e inspiración para poder cumplir todos mis sueños.*

*Al Departamento de Granos Andinos, representante Ing. Marco Antonio Rivera Moreno por ayudarme incondicionalmente en toda esta etapa de investigación.*

*A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI que me ha dado la oportunidad de formarme académicamente.*

*También quiero expresar mi fraterno agradecimiento a los miembros de tribunal: Ing. Francisco Chancusig Mg., Ph.D. Klever Quimbiulco, Ing. Guadalupe López Mg., e Ing. Karina Marín Mg., por el apoyo brindado para realizar revisiones, correcciones y aportar con sus consejos e ideas para mejorar mi proyecto de investigación.*

***Eva Cecilia Asipuela Haro***



## DEDICATORIA

*A Dios y a mis padres Benjamín e Isabel, por ser mi fortaleza e inspiración, con su gran amor y apoyo incondicional en todos los sentidos, porque sin ellos este trabajo no sería posible.*

*A mis queridos hermanos Lidia, Lucy y David a quienes amo infinitamente, que con su amor me han enseñado a nunca rendirme por ser mi compañía, mi apoyo y mi fuerza para seguir adelante.*

*A mi sobrino Josué, quien con su ternura y cariño ha sido mi inspiración y alegría en mis momentos difíciles.*

*A mí primo Marcos, a quién quiero como mi hermano, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesto a escucharme y ayudarme en cualquier momento.*

*A toda mi familia, amigos y aquellas personas que con sus consejos supieron guiarme por el camino del bien, dándome aliento para seguir adelante y creer que un resbalón no es caída y buscar conseguir mi sueño más anhelado.*

***Eva Cecilia Asipuela Haro***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**TITULO:** “Determinación Actual y Futura de Áreas Vulnerables a la Presencia de Mildiú (*Peronospora farinosa*) de la quinua en las zonas productoras de Cotopaxi, 2017”.

**RESUMEN**

En el presente trabajo se evaluó las áreas vulnerables a la presencia de *Peronospora farinosa*, causante de mildiú, en zonas rurales de las Parroquias de Cotopaxi. Los objetivos de este estudio fueron: Identificar las áreas vulnerables con presencia de mildiú en cultivos de quinua, modelar la distribución potencial actual y futura del mildiú en la provincia de Cotopaxi con Software MaxEnt y determinar las áreas vulnerables en relación a los modelos de distribución. Se utilizó el método de modelación de distribución de máxima entropía (MaxEnt) 3.2.0 en base de 23 registros de presencia obtenidos en campo con variables bioclimáticas; se realizó modelos de distribución potencial Actual con variables bioclimáticas corregidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador y para la proyección futura se utilizó las variables bioclimáticas en dos horizontes de tiempo (años 2050 y 2080) utilizando el modelo de circulación general cccma\_cgcm3.1, en los escenarios A2 y B1; Se identificó que las áreas vulnerables a la presencia de *Peronospora farinosa* se encuentran en ciertas zonas rurales de las Parroquias Eloy Alfaro, Cochapamba, Mulaló, Aláquez, La Victoria, Pilaló, La Esperanza, Cusubamba y Panzaleo. Se obtuvieron modelos de distribución potencial Actual y Futuro con un índice de confiabilidad apropiado de AUC 0.958-0946 y finalmente se pudo determinar los modelos de distribución donde las variables con mayor influencia para el desarrollo de la enfermedad fueron: Oscilación anual de la temperatura y Precipitación anual, presentando una mayor distribución potencial de idoneidad de Mildiú dentro del área de estudio realizado. Este modelo ofrece una gran oportunidad al sector agrícola, ya que permite identificar áreas vulnerables y hacer predicciones para el futuro de la principal enfermedad que afecta al cultivo de la quinua y de esta manera poder prevenir y dar un excelente manejo tecnificado.

**Palabras clave:** Áreas vulnerables, distribución potencial, *Peronospora farinosa*, MaxEnt, Área bajo la curva y Modelos de circulación general.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** “Current and post determination of vulnerable areas within the presence of Mildiu (*Peronospora farinosa*) from quinoa in production areas of Cotopaxi, 2017”

## **SUMMARY**

In the following resume the vulnerable areas within *Peronospora farinosa* (main source of Mildiu) have been tested in the rural sectors of the parishes of Cotopaxi. The main objectives of this study were to: Identify the vulnerable areas within the presence of Mildiu, to mold a contemporary potential distribution and the future of Mildiu in the province of Cotopaxi with MaxEnt Software and to determine the vulnerable areas in relation to the models of distribution. The method of distribution modeling that was used was the Maximum Entropy (MaxEnt) 3.2.0 based on the presence of 23 registers within the field with bioclimatic variables; it was accomplished by using potential models of current distribution with bioclimatic variables corrected by the ministry of environment of Ecuador and in order to accomplish future prospects bioclimatic variables were used into two time outlooks (the years 2050 and 2080) using the general model of circulation cccma\_cgcm3.1, in the settings A2 and B1; it was possible to identify that vulnerable areas within the presence of *Peronospora farinosa* are located in certain rural areas within parishes of Eloy Alfaro, Cochapamba, Mulalo ,Aláquez, La Victoria, Pilaló, La Esperanza, Cusubamba and Panzaleo. Current and post models of distribution were obtained with a rating of appropriate reliability of AUC 0.958-0946 and finally the models of distribution could be determined where the variables with greater influence for the development of the disease were: annual temperature fluctuation and annual precipitation, presenting a greater potential for distribution of suitability of Mildiu within the area of the studies made. This model offers a great farming opportunity, due to the fact that it allows to identify vulnerable areas and to predict the future of the main disease of the cultivation of quinoa and by this way being able to prevent it and give it an excellent technical management.

**Key words:** Vulnerable areas, potential distribution, *Peronospora farinosa*, MaxEnt, downsizing and general models of circulation.

## INDICE GENERAL

<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....</b>	<b>i</b>
<b>CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....</b>	<b>ii</b>
<b>AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN;Error! Marcador no definido.</b>	
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....</b>	<b>4</b>
<b>6. OBJETIVOS:.....</b>	<b>5</b>
6.1 General.....	5
6.2 Específicos.....	5
<b>7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....</b>	<b>6</b>
<b>8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....</b>	<b>7</b>
<b>8.1 Marco teórico .....</b>	<b>7</b>
8.1.1. La Quinua .....	7
8.1.1.2 Origen .....	7
8.2 Clasificación taxonómica .....	7
<b>8.3 Descripción botánica .....</b>	<b>8</b>
<b>8.3.1 Planta .....</b>	<b>8</b>
8.3.2 Hojas.....	8
8.3.4 Inflorescencia.....	8
8.3.5 Fruto .....	8

8.4 El Mildiú.....	9
8.4.1 Sistemática.....	9
8.4.2 Morfología.....	9
8.4.3 Ciclo de vida.....	9
8.4.4 Epidemiología.....	10
8.4.5 Variación genética de Peronospora farinosa .....	10
<b>8.5 La planta.....</b>	<b>11</b>
8.5.1 Síntomas .....	11
8.5.2 Fuentes de resistencia en quinua .....	11
8.5.3 Evaluación de la enfermedad.....	12
8.6 Identificación de la enfermedad en campo .....	12
<b>8.6 Nicho Ecológico.....</b>	<b>13</b>
<b>8.7 Áreas vulnerables en distribución de especies .....</b>	<b>14</b>
<b>8.8 Modelos de distribución de especies (MDE) .....</b>	<b>14</b>
<b>8.9 MaxEnt 3.2.0 .....</b>	<b>14</b>
8.9.10 Registros de presencia .....	16
8.9.11 WorldClim.....	16
<b>8.10 Coeficientes de correlación de Pearson .....</b>	<b>17</b>
<b>8.11 Sistema de información geográfica .....</b>	<b>18</b>
<b>8.12 Qgis .....</b>	<b>19</b>
<b>8.13 Los Modelos de Circulación General (MCG) .....</b>	<b>19</b>
<b>8.14 Escenarios climáticos.....</b>	<b>19</b>
<b>9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS.....</b>	<b>20</b>
9.1 Operacionalización de las variables .....	20
<b>10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>10.1 Diseño Metodológico.....</b>	<b>21</b>
10.1.1 Tipo de Investigación .....	21
10.1.1.2 Descriptiva.....	21
10.1.1.3 Exploratoria .....	21
<b>10.2 Métodos .....</b>	<b>21</b>

10.2.1 Método inductivo.....	21
10.2.2 Método de modelación .....	21
<b>10.3 Técnica.....</b>	<b>21</b>
10.3.1 De observación .....	21
10.3.2 Fichaje. ....	21
<b>10.4 Descripción metodológica .....</b>	<b>22</b>
10.4.1 Bibliográfica documental .....	22
10.4.2 De campo.....	22
10.4.3 Unidad de estudio .....	22
10.4.4 Puntos Aleatorios.....	23
10.4.5 Registros de presencia .....	23
10.4.6 Datos climáticos y variables .....	24
10.4.6.1 Selección de variables .....	24
10.4.7 Modelos de distribución de la especie.....	26
<b>11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
11.1 Elaboración del modelo de distribución potencial .....	26
11.2 Registros de presencia utilizadas en el modelamiento .....	27
11.3 Selección de variables .....	28
11.4 Modelamiento de distribución de la especie.....	28
11.4.1 Validación estadística del modelo .....	28
11.4.2 Resultados del AUC y modelos de distribución potencial de <i>Peronospora farinosa</i> Actual y Futuro para cada escenario.....	29
11.4.2.1 Resultado del AUC de <i>Peronospora farinosa</i> Actual .....	29
11.4.2.2 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC Actual .....	30
11.4.2.3 Modelo de distribución potencial actual.....	31
11.4.3. Resultado del AUC de <i>Peronospora farinosa</i> Futuro 2050 A2 .....	32
11.4.3.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario A2 para el año 2050 .....	33
11.4.3.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario B1 para 2050.....	34
11.4.4 Resultado del AUC de <i>Peronospora farinosa</i> Futuro 2050 B1 .....	34
11.4.4.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario B1 para el año 2050 .....	35
11.4.4.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario B1 para 2050.....	36

11.4.5 Resultado del AUC de <i>Peronospora farinosa</i> Futuro 2080 A2 .....	36
11.4.5.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario A2 para el año 2080 .....	37
11.4.5.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario A2 para 2080.....	38
11.4.6 Resultado del AUC de <i>Peronospora farinosa</i> Futuro 2080 B1 .....	38
11.4.6.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario B1 para el año 2080 .....	39
11.4.6.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario B1 para 2080.....	40
11.5. Comparaciones de la Distribución potencial de <i>Peronospora farinosa</i> mediante el modelo de circulación general atmosférica cccma_cgcm3.1, en los escenarios A2 y B1 para el 2050 y 2080. ....	40
<b>12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):.....</b>	<b>43</b>
12.1 Impacto técnico.....	43
12.2 Impacto social.....	43
12.3 Impacto ambiental o económico.....	43
<b>13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>44</b>
<b>14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
14.1 CONCLUSIONES.....	45
14.2 RECOMENDACIONES .....	45
<b>15. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>46</b>
<b>16. ANEXOS. ....</b>	<b>49</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 6 :</b> Matriz de correlación.....	25
<b>Tabla 7:</b> Registro de presencia.....	27
<b>Tabla 8:</b> Variables seleccionadas para el modelo.....	28
<b>Tabla 9:</b> Validación estadística del AUC.....	28
<b>Tabla 10:</b> Presupuesto para el desarrollo de la investigación.....	44

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Actividades del proyecto.....	6
<b>Cuadro 2:</b> Clasificación taxonómica de quinua.....	7
<b>Cuadro 3:</b> Coeficiente de Pearson de correlación.....	18
<b>Cuadro 4:</b> Operacionalización de variable independiente.....	20
<b>Cuadro 5:</b> Operacionalización de variable interviniente.....	20
<b>Cuadro 6:</b> Variables climáticas (Worldclim).....	24



## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 22:</b> Manchas cloróticas en hojas de quinua.....	12
<b>Gráfico 13:</b> Cultivos susceptibles manchas rojizas o marrón.....	13
<b>Gráfico 24:</b> Área de Estudio.....	22
<b>Gráfico 25:</b> Puntos Aleatorios.....	23
<b>Gráfico 2:</b> Registro de presencia de <i>Peronospora farinosa</i> .....	27
<b>Gráfico 3:</b> AUC Actual.....	29
<b>Gráfico 4:</b> Prueba de Jackknife del AUC Actual .....	30
<b>Gráfico 5:</b> Modelo de distribución potencial actual.....	32
<b>Gráfico 6:</b> AUC Futuro 2050 A2.....	33
<b>Gráfico 7:</b> Prueba de Jackknife escenario A2 para el año 2050.....	33
<b>Gráfico 8:</b> Modelo B1 Futuro 2050.....	34
<b>Gráfico 9:</b> AUC Futuro 2050 B1.....	35
<b>Gráfico 10:</b> Prueba Jackknife escenario B1 para el año 2050.....	35
<b>Gráfico 11:</b> Modelo B1 Futuro 2050.....	36
<b>Gráfico 12:</b> AUC Futuro 2080 A2.....	37
<b>Gráfico 13:</b> Prueba Jackknife escenario A2 para el año 2080.....	37

<b>Gráfico 14:</b> Modelo A2 Futuro 2080.....	38
<b>Gráfico 15:</b> AUC Futuro 2080 B1.....	39
<b>Gráfico 16:</b> Prueba de Jackknife escenario B1 año 2080.....	39
<b>Gráfico 17:</b> Modelo B1 Futuro 2080.....	40
<b>Gráfico 18:</b> Comparación de Modelos de distribución potencial Futura para años 2050 y 2080.....	41

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> AVAL DEL ABSTRACT.....	49
<b>Anexo 2:</b> HOJA DE VIDA DEL TUTOR.....	50
<b>Anexo 3 :</b> HOJA DE VIDA DEL TUTOR.....	52
<b>Anexo 4:</b> Presencia de Mildiu ( <i>Peronospora farinosa</i> ) en cultivos de quinua en zonas rurales de Cotopaxi.....	53
<b>Anexo 5 :</b> Recopilación de datos sobre Mildiu ( <i>Peronospora farinosa</i> ) .....	53
<b>Anexo 6 :</b> Ataque de mildiu ( <i>Peronospora farinosa</i> ) en panojamiento del cultivo.....	54
<b>Anexo 7 :</b> Encuesta al agricultor sobre el estado de los cultivos de quinua.....	54
<b>Anexo 8 :</b> Encuesta al Agricultor sobre la afectación de la enfermedad a los cultivos.....	55
<b>Anexo 9 :</b> Consecuencia de la presencia de Mildiu ( <i>Peronospora farinosa</i> ) en cultivos de quinua.....	55

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

Título del Proyecto:

“Determinación actual y futura de áreas vulnerables a la presencia del mildiú (*Peronospora farinosa*) de la quinua en las zonas productoras de Cotopaxi, 2017”

**Fecha de inicio:**

10 de Octubre 2016

**Fecha de finalización:**

Agosto 2017

**Lugar de ejecución:**

Provincia de Cotopaxi

**Facultad que auspicia**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Agronómica

**Proyecto de investigación vinculado:**

Fortalecimiento de los Sistemas productivos en la comunidad a través de la generación de innovaciones tecnológicas para la producción y procedimiento de Granos Andinos (Chocho, Quinua y Amaranto).

**Equipo de Trabajo:**

Responsable del Proyecto: Departamento de Granos Andinos, representante Ing. Marco Antonio Rivera.

Tutor: Ing. Francisco Chancusig Mg.

CI: 050188392-0

Lector 1: Ph.D. Klever Quimbiulco

CI: 1709561102

Lector 2: Ing. Guadalupe López Mg.

CI: 180190290-7

Lector 3: Ing. Karina Marín Mg.

CI:050267293-4

Coordinador del Proyecto

Nombre: Eva Cecilia Asipuela Haro

Teléfonos: 0988293115

Correo electrónico: eva.asipuela1@utc.edu.ec

**Área de Conocimiento:**

Agricultura silvicultura y pesca\_ agricultura

**Línea de investigación:**

**Línea 2:** Desarrollo y Seguridad Alimentaria

Se entiende por seguridad alimentaria cuando se dispone de la alimentación requerida para mantener una vida saludable. El objetivo de esta línea será la investigación sobre productos, factores y procesos que faciliten el acceso de la comunidad a alimentos nutritivos e inocuos y supongan una mejora de la economía local.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Sistemas alternativos de producción agrícola.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto tuvo como finalidad determinar las áreas vulnerables a la presencia actual y futura de Mildiú (*Peronospora farinosa*) de la quinua en las Zonas Productoras de Cotopaxi mediante recopilación de datos de presencia del hongo para la elaboración de modelos estadísticos. El cual nos permitió conocer la distribución actual y futura de mildiu en las zonas productoras de quinua en los Cantones de Cotopaxi. Para lo cual se determinó 100 puntos al azar de lotes con presencia del cultivo de quinua, con un monitoreo total de los lotes, esta información se manejó bajo un software de Qgis 2.18, con la ayuda de las variables bioclimáticas se determinó las de mayor interacción, posteriormente con el uso de un software de máxima entropía se procesó los datos y se obtuvo mapas de la potencial distribución.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La quinua es un cultivo milenario de los Andes de América, que en las últimas décadas ha sido redescubierto y puesto en valor en el mundo entero. Ello se debe, principalmente, al reconocimiento de sus excepcionales cualidades nutricionales y funcionales (Cogliatti y Heter, 2009). Se produce en las provincias de la región interandina, a más de 2,500 a 3,600 m.s.n.m. Según el MAGAP, la producción de quinua creció en aproximadamente el 52% al pasar de 950 TM en el 2000 a 1,453 TM en el 2012. Tanto las superficies destinadas a la producción como la producción en toneladas de quinua han aumentado paulatinamente entre 2009 y 2013 (MAGAP, 2015). Lamentablemente, el mildiu es el agente causal más severo en el cultivo de la quinua, los mayores daños de la enfermedad se evidencian en las hojas, provocando la reducción del área fotosintética de toda la planta, y consecuentemente afecta negativamente en el desarrollo de la planta y en el rendimiento (Bonifacio, 2006). La enfermedad provoca enanismo mediante la infección sistémica y la defoliación prematura, los cuales se traducen en la reducción del rendimiento entre el 10 y el 30% y puede provocar la pérdida total en caso de variedades susceptibles (Hanco, 2013). Los períodos de sequía y precipitación (alta humedad relativa) se alteran en una misma campaña agrícola, generando condiciones adversas para el cultivo y favorables para el desarrollo de los hongos (Hanco, 2013) . Por otro lado, el cultivo tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C, es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm (Bojanic, 2011) .

Con la presente investigación, mediante datos de presencia de mildiú de acuerdo a las variables bioclimáticas obtenidas, los modelamientos permitirán obtener datos reales y precisos de cómo está la situación actual y futura de la enfermedad en las zonas identificadas y su posible acción en el futuro si no tomamos medidas adecuadas, de esta manera contribuye a la comunidad científica, al sector agrícola y a los actores de la producción de quinua en Cotopaxi y así se evitarán posibles pérdidas económicas al productor.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

El modelamiento de la presencia de la enfermedad de mildiú en las zonas productoras de quinua en Cotopaxi, beneficiará a diferentes entidades entre las cuales tenemos:

**Directos:** Agricultores, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi y personas productoras del cultivo de quinua que facilitará al productor el acceso a los factores de producción, para incrementar la productividad y por ende los ingresos de los agricultores.

**Indirectos:** Las familias de los agricultores que se dedican a este cultivo, el sector agrícola provincial, instituciones gubernamentales (MAGAP y MAE), ya que a su vez será una fuente de conocimiento sumamente importante al momento de tomar decisiones para realizar la siembra del cultivo de quinua.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

En el Ecuador, la problemática de producción del cultivo se debe a varios factores: el clima (fluctuación de temperatura, precipitación, viento), suelo (pendientes pronunciadas, poco fértiles), biológicas (presencia de plagas y enfermedades, entre las que se puede identificar el mildiú (Hanco, 2013).

El mildiú es el agente causal más importante y común en el cultivo de quinua, en cosecha ocasiona grandes pérdidas que varía entre 20 a 25%, la capacidad de desarrollo, propagación y adaptación del hongo es sorprendente en los diferentes lugares donde se cultiva la quinua, sin embargo, la infección es mayor en condiciones ambientales con alta humedad (Hanco, 2013).

Ataca principalmente a las hojas, aunque también se puede encontrar la enfermedad en los tallos, ramas e inflorescencias en variedades muy susceptibles (Hanco, 2013).

Los mayores daños de la enfermedad se presentan en las hojas, provocando la reducción del área fotosintética de la planta, y consecuentemente afecta negativamente en el desarrollo de la planta y en el rendimiento (Gómez, 2016). La enfermedad provoca el enanismo (infección sistémica) y la defoliación prematura. En ataques severos y en las fases fenológicas más críticas de la planta, la enfermedad puede provocar la pérdida total en caso de variedades susceptibles (Gómez, 2016).

El estudio de las enfermedades en quinua y su relación con organismos causales es relativamente reciente, los microorganismos patógenos (hongos, bacterias y otros) son nocivas a las plantas debido a que en su desarrollo evolutivo adquieren la capacidad de prescindir de las sustancias producidas por sus hospederos, por consiguiente, el patógeno al infectar a una planta obtiene sus nutrientes neutraliza sus reacciones de defensa y causa efectos negativos sobre su fisiología (Hanco, 2013). La enfermedad se presenta cuando la planta es dañado por la granizada, daño mecánico o helada y cuando está herida no es cicatrizada inmediatamente se introducen estos microorganismos, con las condiciones favorables para su propagación que es la alta humedad (presencia de lluvias fuertes); Causando heridas en los cultivos y posteriormente se introducen las bacterias, esto produce descomposición e inmediatamente se introducen los hongos y dañan a las plantas (Hanco, 2013). La resistencia genética es la mejor estrategia de control de la enfermedad, para ello es necesario identificar las áreas vulnerables (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

## **6. OBJETIVOS:**

### **6.1 General**

Determinar las áreas vulnerables a la presencia actual y futura del mildiú (*Peronospora farinosa*) de la quinua en las Zonas Productoras de Cotopaxi.

### **6.2 Específicos**

Identificar las áreas con presencia de mildiú en cultivos de quinua

Modelar la distribución potencial actual y futura del Mildiu en la provincia de Cotopaxi con Software MaxEnt

Determinar las áreas vulnerables en relación a los modelos de distribución

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

**Cuadro 1:** Actividades del proyecto

<b>Objetivo 1</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Metodología</b>
Identificar las áreas con presencia de mildiú en cultivos de quinua.	Generar registros de presencia de mildiú.	Puntos geográficos de presencia.	Mapa con registro de presencia.	Muestreo in-situ al azar.
<b>Objetivo 2</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Metodología</b>
Modelar la distribución potencial actual y futura del Mildiu en la provincia de Cotopaxi con software MaxEnt.	Establecer los modelos de distribución actual y futura en base a MaxEnt	Mapas de distribución actual y futura	Mapas de distribución mediante el programa MaxEnt.	Modelación.
<b>Objetivo 3</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Metodología</b>
Determinar las áreas vulnerables en relación a los modelos de distribución	Comparar los modelos de distribución actual y futura del Mildiú	Resultados de presencia actual y futura de mildiú en zonas productoras de quinua.	Modelos digitales con presencia de la enfermedad.	Análisis y comparación.

Elaborado por: Asipuela E. (2017)



## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1. Marco teórico

#### 8.1.1. La Quinoa

##### 8.1.1.2 Origen

La quinoa es una planta autóctona de los Andes, cuyo centro de origen se encuentra en algún valle de la Zona Andina y la mayor variabilidad se observa a orillas del Lago Titicaca y en su historia se reconoce que fue utilizada como alimento desde hace 5000 años (García, 2003) .

La quinoa, es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten (Bojanic, 2011) . Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo (Bojanic, 2011). El cultivo de la quinoa goza de una gran adaptabilidad en todas las zonas, desde el nivel del mar hasta más de 4000 metros de altitud, y desde los 40° de latitud sur hasta los 2° de latitud norte (García, 2003). Soporta todos los climas, desde templados cálidos hasta muy fríos, siendo muy resistente en condiciones extremas de temperatura entre -4°C y 40°C (García, 2003) .

### 8.2 Clasificación taxonómica

**Cuadro 2:** Clasificación taxonómica de quinoa

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Fanerogamae
<b>Subdivisión:</b>	Angiospermae
<b>Clase:</b>	Dicotyledonae
<b>Orden:</b>	Centropermales
<b>Familia:</b>	Chenopodiaceae
<b>Género:</b>	Chenopodium
<b>Especie:</b>	Quinoa
<b>Nombre Científico:</b>	Chenopodium quinoa Willd

Fuente: (Bojanic, 2011)

## **8.3 Descripción botánica**

### **8.3.1 Planta**

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 2 a 3 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no; esto depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven (Chalá, 2014).

### **8.3.2 Hojas**

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes (Hanco, 2013).

### **8.3.4 Inflorescencia**

Es de tipo racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se le denomina como una panoja, por el hábito de crecimiento algunas inflorescencias se difieren porque pueden ser axilares y terminales (Hanco, 2013). En algunas variedades no se tiene una diferencia clara y pueden ser ramificadas teniendo una forma cónica, el eje principal de la inflorescencia es de forma angulosa o piramidal y tiene dos surcos, donde se ubican las flores (Hanco, 2013).

### **8.3.5 Fruto**

Es aquenio, el que se encuentra cubierto por el perigonio, que cuando se encuentra en estado maduro es de forma estrellada por los cinco tépalos que tiene la flor (Hanco, 2013). El perigonio cubre solo una semilla y se desprende con facilidad al frotarlo; el color del grano está dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se encuentra la saponina que es un glucósido de sabor amargo; se ubica en la primera membrana (Hanco, 2013).

## **8.4 El Mildiú**

### **8.4.1 Sistemática**

El mildiú de la quinua es causado por *Peronospora farinosa* f.sp. *chenopodii* (Fr.) Fr., un Oomicete, que pertenece a la familia Peronosporaceae, orden Peronosporales, cuyos miembros son parásitos obligados (biotróficos) altamente especializados que parasitan plantas vasculares causando mildiú en un rango limitado de especies. *P. farinosa* ataca especies de la familia Chenopodiaceae a la cual pertenecen los géneros Beta, Spinacia y Chenopodium. Un aislamiento de *P. farinosa* sólo ataca al género del cual ha sido aislado (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

### **8.4.2 Morfología**

La morfología de este hongo consiste en una estructura vegetativa con hifas, en las cuales se forman esporangióforos y esporangios (Danielsen y Munk, 2004). Las hifas son cenocíticas (sin septa) y multinucleadas, se desarrollan en los espacios intercelulares de las hojas del hospedante y proyectan haustorios que les sirven como órganos de absorción dentro de las células (Danielsen y Munk, 2004). El patógeno ataca principalmente la hoja formando en la cara inferior esporangióforos que miden entre 167 y 227  $\mu\text{m}$  de longitud y entre 11.0 y 14.8  $\mu\text{m}$  de diámetro (Danielsen y Munk, 2004).

### **8.4.3 Ciclo de vida**

Cuando un esporangio cae sobre una hoja de quinua, germina directamente produciendo un tubo germinativo, siempre que haya humedad relativa alta en el aire ( $>80\%$ ) (Danielsen y Munk, 2004). El tubo germinativo forma en su extremo un apresorio provisto de una hifa infectiva que perfora la epidermis y después de un periodo de latencia comienza a crecer formando micelio que se desplaza por los espacios intercelulares del mesófilo. Cinco a seis días después de la penetración, durante los cuales el patógeno se ha desarrollado vegetativamente dentro del hospedante, se inicia la producción de esporangióforos que se proyectan hacia la superficie inferior de la hoja a través de los estomas (Danielsen y Munk, 2004).

Los esporangióforos, una vez que alcanzan su desarrollo máximo, forman los esporangios, que son las estructuras propagativas del patógeno capaces de mantener la epidemia durante todo el ciclo en que la planta hospedante permanece en el campo (Danielsen y Munk, 2004).

En este momento la zona afectada muestra los primeros síntomas de la enfermedad, que consisten en una ligera clorosis como prueba de que las células afectadas se están debilitando y perdiendo su capacidad de síntesis (Danielsen y Munk, 2004).

Finalmente, la parte afectada se necrosifica al tiempo que también desaparece la parte vegetativa del patógeno. Durante la época de cultivo se pueden producir varias generaciones durante las cuales el patógeno se reproduce asexualmente (esporangios) y produce infecciones sucesivas (policíclicos) (Danielsen et al., 2004). Durante este tiempo se establece entre hospedante y patógeno una suerte de equilibrio que se rompe cuando el tejido foliar parasitado comienza a deteriorarse y por lo tanto ya no puede proporcionar al patógeno los nutrientes que necesita para seguir desarrollándose vegetativamente (Danielsen y Munk, 2004).

#### **8.4.4 Epidemiología**

El estudio de una enfermedad implica el conocimiento de los distintos factores que confluyen para que ésta se produzca. El hospedante y el patógeno son agentes activos en una enfermedad, pero ésta no se produciría si las condiciones del medio ambiente no fueran favorables para el patógeno o detrimentes para la planta (Ames de Icochea & Danielsen, 2000). En el caso específico del mildiu de la quinua, temperaturas frescas y humedad alta (>80%) son factores determinantes para el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad en el campo y dentro de una región. La presencia de rocío al amanecer y la persistencia de éste hasta altas horas de la mañana permiten que las esporas de *Peronospora* germinen y penetren el tejido de la hoja para continuar con los procesos epidemiológicos comunes (Ames de Icochea & Danielsen, 2000). La germinación de los esporangios depende fundamentalmente de la presencia de humedad relativa alta y persistente, tanto así que, en años con poca precipitación, la enfermedad no se presenta o no causa mayor daño. La enfermedad puede iniciarse desde que la planta está pequeña, por el inóculo presente en el suelo o en la semilla infectada (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

#### **8.4.5 Variación genética de *Peronospora farinosa***

El conocimiento sobre la composición genética de poblaciones de un patógeno es importante para cualquier estrategia de control (Ames de Icochea & Danielsen, 2000). La variación genética en poblaciones de patógenos se debe a diferentes factores, siendo la más importante selección, recombinación sexual y para sexual, migración, mutación y fluctuación genética (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

La variación genética de *P. farinosa* en quinua ha sido muy poco estudiada, pero hay varias razones para suponer que existe una gran variabilidad dentro de las poblaciones de *P. farinosa*: 1) el hospedante tiene un alto nivel de diversidad y plasticidad genética, lo que causa un efecto de selección amplia sobre las poblaciones del patógeno, 2) *P. farinosa* ha sido detectado en quinua en zonas geográficas climáticamente muy distintas, lo que muestra la capacidad de adaptación del patógeno, y 3) la presencia del estado sexual de *P. farinosa* en todas las zonas de mayor importancia para el cultivo de quinua, le permite al patógeno expandir constantemente su diversidad genética (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

## **8.5 La planta**

### **8.5.1 Síntomas**

Los síntomas de la enfermedad son manchas amarillas pequeñas e irregulares al inicio del ataque, manchas claramente visibles cuando avanza la enfermedad y caídas de hojas en ataques severos (Bonifacio, 2006).

Un efecto conocido del mildiu es la defoliación que causa en la planta. Entre más temprana es la infección, mayor es el grado de defoliación. Sin embargo, no se sabe hasta qué punto la defoliación observada en el campo es causada por mildiu. La planta de quinua se defolia por muchos factores, por ejemplo estrés abiótico producido por sequía y heladas, y por senescencia natural. A nivel de campo es difícil distinguir entre los diferentes factores que causan defoliación. (Gómez, 2016).

### **8.5.2 Fuentes de resistencia en quinua**

El método tradicional de control de mildiu en diferentes cultivos es la aplicación de fungicidas como metalaxyl (Ridomil®). Evidentemente, el uso de fungicidas presenta costos adicionales de producción y provoca desequilibrios en el medio ambiente. Además, existe el riesgo de que el patógeno desarrolle resistencia a metalaxyl, tal como se ha visto en el caso de *Phytophthora infestans* (tizón tardío) en papa. La mayoría de los productores de quinua son pequeños o medianos agricultores que tradicionalmente usan pocos insumos en su producción (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

### 8.5.3 Evaluación de la enfermedad

Para estudiar la epidemiología de una enfermedad o identificar factores de resistencia y virulencia, es necesario contar con un método de evaluación confiable y reproducible (Ames de Icochea & Danielsen, 2000). La evaluación consiste en darle un valor a los daños que causa la enfermedad en la planta. La resistencia o el efecto de un tratamiento se miden comparando la cantidad de patógeno o síntoma por planta, o por parte de planta con la cantidad presente en una planta susceptible (testigo) (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

La incidencia de una enfermedad indica el porcentaje de plantas afectadas, mientras que la severidad indica el grado de la enfermedad, generalmente expresado como el porcentaje del área foliar afectada de todo o de una parte del follaje (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

Debido a la manera de diseminación del mildiu de la quinua en el campo por medio del viento, la incidencia no es un parámetro apropiado para distinguir entre cultivares o tratamientos. En cultivares con alto nivel de resistencia, la incidencia de mildiu en años propicios para el desarrollo de la enfermedad frecuentemente alcanza el 100%. La severidad explica mejor el desarrollo de la enfermedad en términos de intensidad (Ames de Icochea & Danielsen, 2000).

### 8.6 Identificación de la enfermedad en campo

Para la identificación de la enfermedad en el campo es importante conocer las características y síntomas que presentan las plantas al ser atacadas por el hongo. El mildiu afecta principalmente al follaje de la planta. Se hace evidente inicialmente como ligeros puntitos cloróticos visibles en la cara superior de las hojas. Los puntos cloróticos crecen y forman áreas cloróticas grandes e irregulares que inicialmente se observan como clorosis en la cara superior y luego como necrosis (Danielsen y Ames, 2014).

**Gráfico1:** Manchas cloróticas en hojas de quinua



Los distintos cultivares de quinua reaccionan de manera diferente a la enfermedad. La reacción de la planta ante el ataque de *Peronospora farinosa*, o sea la expresión de los síntomas, es influenciada por el genotipo de la planta, por el genotipo del patógeno y por las condiciones del medio ambiente. Así, en los cultivares resistentes puede haber una reacción de hipersensibilidad en cuyo caso sólo se observan pequeñas manchas similares a las causadas por picadura de insectos (Danielsen y Ames, 2014). En los cultivares más susceptibles en cambio, la mancha se agranda sucesivamente tomando una coloración amarillenta, rojiza o marrón, dependiendo del pigmento que predomina en la planta. En una misma hoja es posible encontrar varias manchas pequeñas, o pocas manchas grandes que comprometen íntegramente la lámina foliar (Danielsen y Ames, 2014).

**Gráfico2:** Cultivos susceptibles manchas rojizas o marrón



En un campo afectado se observa a menudo la presencia de plantas con desarrollo limitado o completamente enanizadas, en algunos casos con las hojas distorsionadas y las inflorescencias pequeñas y retorcidas. Esto presumiblemente sea consecuencia de una infección sistémica que ocurre cuando la infección inicial se ha producido (Danielsen y Ames, 2014).

### **8.6 Nicho Ecológico**

La definición más aceptada para la presente investigación es la indicada por Hutchinson (1957), quien afirma que el nicho ecológico es un hipervolumen en un espacio ecológico multidimensional, determinado 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.

El modelado de nicho ecológico (MNE) es probablemente el método más adecuado que actualmente existe para estimar la distribución geográfica real y potencial de las especies (Guisan y Thuiller, 2005).

### **8.7 Áreas vulnerables en distribución de especies**

La vulnerabilidad de una especie ante el calentamiento global hace referencia a su capacidad para responder y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, de manera que aquellas especies que tengan una capacidad de respuesta limitada, serán las más vulnerables (Mckinney,1997).En este sentido, la vulnerabilidad de una especie ante el cambio climático dependerá fundamentalmente de dos factores importantes:1) Su capacidad para mantener poblaciones en su área de distribución actual a pesar del cambio de las condiciones ambientales, y el potencial para colonizar zonas actualmente deshabilitadas pero que serán climáticamente favorables en el futuro (Mckinney,1997).

### **8.8 Modelos de distribución de especies (MDE)**

Un MDE, es una construcción numérica que define en el espacio ecológico las relaciones que existen entre la presencia de una especie y los valores de variables ambientales con influencia en su distribución (Pando & Peñas de Giles, 2007). El resultado se expresa en el espacio geográfico como un mapa digital que representa la idoneidad del hábitat o la probabilidad de presencia de la especie (según el método utilizado para construir la relación) (Pando & Peñas de Giles, 2007).

Según esta definición, hay cinco elementos a destacar en cualquier MDE: registros de presencia de la especie, variables ambientales almacenadas como mapas digitales, 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 (López, 2012).

### **8.9 MaxEnt 3.2.0**

MaxEnt 3.2.0 es un programa de multiuso basado en una aproximación estadística llamada máxima entropía que permite hacer predicciones utilizando información incompleta, en este caso datos de presencia u ocurrencia de la distribución potencial de una especie (Philips et al., 2006, 2008). El resultado es un mapa en el que cada celda posee un valor de probabilidad que fluctúa 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 la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene (Phillips et al., 2006). Las ventajas que MaxEnt ofrece sobre otros programas similares son: sólo 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. Pero no es totalmente confiable ya que no toma en cuenta factores bióticos y abióticos al modelar los datos (Phillips et al., 2006).

### **8.9.1 Aplicaciones de modelos de distribución de especies utilizando el programa MaxEnt**

Entre las principales aplicaciones que se pueden citar de MaxEnt se encuentran la priorización de zonas para iniciativas de conservación biológica, restauración ecológica, modelaciones de efectos del cambio climático sobre los ecosistemas y la evaluación de patrones de propagación de especies invasivas y plagas (Morales, 2012).

En cuanto a la distribución futura de plagas, este programa resulta útil, al determinar cómo ésta podría extender su impacto a zonas no atacadas actualmente bajo cambios ambientales específicos. Por otro lado, el cambio climático no solo puede afectar a las actividades económicas o de conservación de especies, sino que también a la salud humana.

MaxEnt ha sido utilizado en los estudios de distribución de enfermedades tropicales como la leishmaniasis, frente a potenciales cambios en el clima (Morales, 2012).

El uso de esta aplicación combinada con herramientas SIG ayuda en la generación de mapas de distribución actual y potencial de especies nativas, lo que resulta fundamental tanto para evaluar el estado de conservación de las especies, como para evaluar potenciales sitios para desarrollar iniciativas de conservación y restauración (Morales, 2012).

MaxEnt permite determinar o predecir cómo variaría la distribución de una especie o un grupo de especies frente a cambios ambientales de temperatura, humedad, entre otros (Morales, 2012).

### **8.9.10 Limitaciones de los modelos**

La hipótesis de pseudoequilibrio y representatividad, supone que la distribución de la especie es estable en el tiempo y el espacio, algo que normalmente se desconoce.

Las relaciones bióticas: la distribución de las especies responde a procesos complejos donde las relaciones bióticas tienen una gran influencia, ausencia de la componente espacial en el proceso, no se tienen en cuenta las relaciones espaciales entre los puntos a partir de los cuales derivan, la ausencia de la 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).

### **8.9.10 Registros de presencia**

El registro de presencia nos proporciona información de la distribución conocida de la especie mediante una colección de ubicaciones puntuales donde esta ha sido observada denominados como datos biológicos (Villar, 2014).

### **8.9.11 WorldClim**

“WorldClim es un conjunto de capas climáticas globales con una resolución espacial de aproximadamente 1 kilómetro cuadrado. Los datos pueden ser utilizados para el mapeo y modelado espacial en un SIG o con otros programas de ordenador” (Hijmans et al., 2005).

### **Las variables bioclimáticas presentes en WorldClim:**

- La media estadística del calor o frío del año en el BIO1
- El rango diurno Promedio en el mes en el BIO2
- Externalidad (BIO2/BIO7) (\* 100) en el BIO3
- Cantidad del frío o calor dentro de una temporada (Desvió estándar \*100)en el BIO4
- Temperatura superior del mes más caliente en el BIO5
- Grados de temperatura del tope inferior del mes más frío en el BIO6
- Categoría de calor o frío al año (BIO5-BIO6) en el BIO7
- Estándar de temperatura cada tres meses en los más húmedo en el BIO8
- Cociente de temperatura en tres meses en el más seco en el BIO9
- La media de los grados en el trimestre caliente en el BIO10
- Centro de temperatura más fría en el trimestre en el BIO11
- Lluvias al año en el BIO12
- Lluvias del mes más húmedo en el BIO13
- Las Lluvias en el mes más seco en el BIO14
- Periodo de lluvia en el BIO15
- En tres meses más húmedo las precipitaciones en el BIO16
- Los tres meses más seco en los que llueve en el BIO17
- Lluvias del trimestre más caliente en el BIO18
- Del trimestre más frío las lluvias en el BIO19

Las 19 variables bioclimáticas disponibles en la base de datos global de superficies climáticas WorldClim (Varela et al., 2015) son ampliamente utilizadas por la facilidad de su obtención, libre acceso y uso, las cuales pueden ser discriminadas utilizando el coeficiente de correlación de Pearson.

#### **8.10 Coeficientes de correlación de Pearson**

El coeficiente de correlación  $r$  de Pearson expresa en qué grado los sujetos tienen el mismo orden en dos variables. Si los sujetos más altos pesan más y los más bajos pesan menos, entre peso y altura tendremos una correlación positiva: a mayor altura, mayor peso. Si los de más edad corren más despacio y los más jóvenes corren más deprisa, entre edad y velocidad tendremos una correlación negativa; a mayor edad, menor velocidad. Los coeficientes de correlación pueden ser por lo tanto positivos o negativos.

Lo que expresan estos coeficientes se entiende bien mediante su representación gráfica, los diagramas de dispersión en los que las dos variables están simbolizadas con las letras X e Y (Morales, 2011). El valor del coeficiente de correlación oscila entre 0 y  $\pm 1$ ; una correlación igual a 0 significa ausencia de relación. Si de los mejores profesores unos investigan mucho y otros nada o muy poquito y de los profesores que no son tan buenos docentes unos investigan y publican mucho y otros no investigan nada, entre productividad en investigación y calidad de la docencia no hay relación (que no hay que confundir con relación negativa). Los coeficientes de correlación se calculan con toda facilidad en programas informáticos (como EXCEL y el SPSS)(Morales, 2011).

**Cuadro 3:** Coeficiente de Pearson de correlación

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

Fuente: (Pita y Pértega, 2007 )

### 8.11 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 (Jiménez, 2008).

Los sistemas de información geográfica (SIG), cuyas referencias datan de algunas décadas atrás, se han posicionado como una tecnología básica imprescindible y eficaz, para capturar, almacenar, manejar, analizar, moldear y mostrar datos especialmente referidos. Consiste en mejorar datos específicos, con las peculiaridades y requerimientos que ellos conllevan (Jiménez, 2008).

### **8.12 Qgis**

Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License que soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos raster y bases de datos (Sutton, 2012).

“QGIS facilita una creciente gama de capacidades a través de sus funciones primordiales y complementos. Puede representar, gestionar, editar, analizar datos y diseñar mapas imprimibles” (Sutton, 2012). Además, incluye una potente funcionalidad de análisis a través de la integración con GRASS. Funciona en Linux, Unix, Mac OSX y Windows, soporta numerosas funcionalidades y formatos vectoriales, raster y bases de datos (Sutton, 2012).

### **8.13 Los Modelos de Circulación General (MCG)**

Los MCG son modelos climáticos de escala global que permiten hacer proyecciones del clima en décadas y hasta un siglo. Requieren como datos de entrada los escenarios de emisiones de los GEI y aerosoles, los cuales están relacionadas con factores socioeconómicos tales como el aumento de la población, el crecimiento económico, el costo y la disponibilidad de fuentes de energía, las pautas de producción y consumo, y cambios de 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 GEI (Argeñal, 2010).

### **8.14 Escenarios climáticos**

Es una representación estimable de una variable o conjunto de variables en el futuro (población mundial, actividad industrial, emisión de CO<sub>2</sub>, nivel medio del mar, temperatura, precipitación, etc...), que puede ser construida sobre la base de diferentes supuestos o de evoluciones históricas en el pasado (Gómez, 2009).

Existen dos grandes familias de escenarios. Los escenarios “A” describen un mundo futuro con alto crecimiento económico, mientras que en los “B” ese crecimiento es moderado. Los escenarios comprenden una línea evolutiva similar en lo que respecta a sus características demográficas, sociales, económicas y de cambio tecnológico y está constituido por cuatro familias de escenarios: A1, A2, B1 y B2 (SNMH, 2005).

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

¿La distribución potencial de Mildiú (*Peronospora farinosa*) actual y futura, influirá en la selección de áreas vulnerables a la presencia del hongo en las zonas productoras de quinua en Cotopaxi?

### 9.1 Operacionalización de las variables

**Cuadro 1:** Operacionalización de variable independiente

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>
La distribución potencial de Mildiú ( <i>Peronospora farinosa</i> ) actual y futura	Mapas de distribución potencial actual y futura.	% de idoneidad

Elaborado por: Asipuela E. (2017)

**Cuadro 5 :** Operacionalización de variable interviniente

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>
Áreas vulnerables a la presencia de mildiú en las zonas productoras de quinua en Cotopaxi.	Comparación del área probable de ocupación actual y futura en base a los modelos de distribución potencial.	% de idoneidad

Elaborado por: Asipuela E. (2017)

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **10.1 Diseño Metodológico**

#### **10.1.1 Tipo de Investigación**

##### **10.1.1.2 Descriptiva.**

La investigación fue de tipo descriptiva porque se destacan las características o rasgos de la situación, fenómeno u objeto de estudio. Se determinó los aspectos relevantes, característicos, específicos y distintivos de *Peronospora farinosa* para establecer su distribución potencial.

##### **10.1.1.3 Exploratoria**

Se registró la presencia de *Peronospora farinosa* efectuando recorridos en el campo con los puntos aleatorios.

### **10.2 Métodos**

#### **10.2.1 Método inductivo**

Utilizando registros de presencia de *Peronospora farinosa* en áreas vulnerables obtenidas contrastándolos con variables climáticas y de cultivo predominante en zonas productivas de Cotopaxi, se obtuvo mapas de distribución potencial actual y futura de la enfermedad.

#### **10.2.2 Método de modelación**

Mediante el uso de software MaxEnt 3.2.0, se realizó un modelamiento de la distribución potencial de *Peronospora farinosa* en estudio, para la obtención de proyecciones de distribución potencial actual y futura.

### **10.3 Técnica**

#### **10.3.1 De observación**

Esta técnica se utilizó para tomar los datos en campo y se aplicó en los puntos de muestreo en la unidad de estudio para la visualización de la enfermedad que afecta al cultivo de quinua.

#### **10.3.2 Fichaje.**

Mediante la investigación se realizó fichas técnicas donde se registró los datos de presencia del mildiú en cultivos de quinua en las zonas productoras de Cotopaxi.

## 10.4 Descripción metodológica

### 10.4.1 Bibliográfica documental

Mediante la revisión bibliográfica se recabo información acerca de los problemas fitosanitarios que presenta el cultivo de quinua, con énfasis en mildiu dicha información fue organizada en fichas bibliográficas. A demás se investigó a cerca de usos y bondades del programa Qgis 2.18 para determinar las áreas vulnerables de la enfermedad.

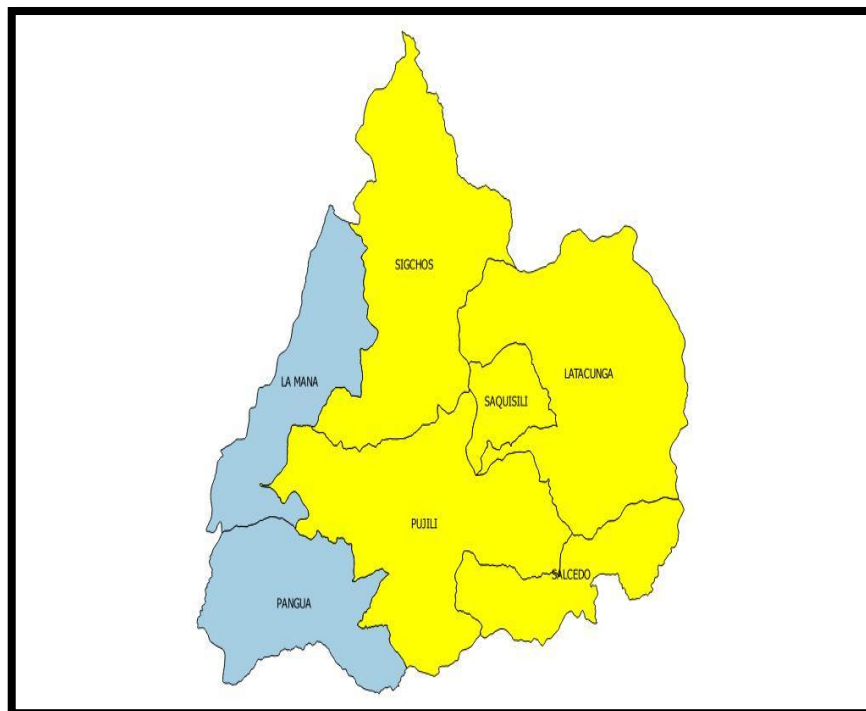
### 10.4.2 De campo

Una vez determinado los puntos de muestreo en zonas productoras, a través del programa Qgis 2.18 se determinó los lugares donde existe producción de quinua y se realizó la verificación de presencia de la enfermedad en campo en los cantones Salcedo, Sigchos, Saquisilí, Latacunga y Pujilí.

### 10.4.3 Unidad de estudio

El área de estudio comprende la Provincia de Cotopaxi, específicamente en parroquias rurales de los cantones Pujilí, Saquisilí, Salcedo, Sigchos y Latacunga donde se verificó la presencia de quinua.

**Gráfico 3:** Área de Estudio

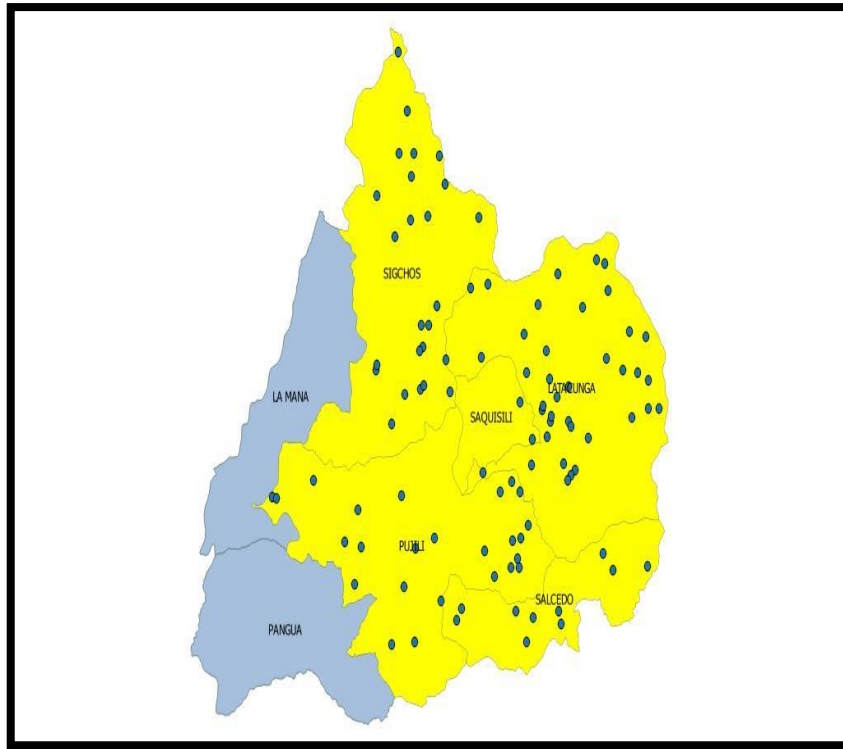


Elaborado por: Asipuela E. (2017)



#### 10.4.4 Puntos Aleatorios

**Gráfico 4:** Puntos Aleatorios



Elaborado por: Asipuela E. (2017)

#### 10.4.5 Registros de presencia

Con los 100 puntos aleatorios se realizó registros de presencia de *Peronospora farinosa* en el campo, con un monitoreo total de los lotes, mediante plan o diseño de la investigación, selección de muestra, recolección, análisis de datos y presentación de resultados.

El total de registros obtenidos fueron 100, de los cuales 42 fueron eliminados por encontrarse en lugares muy cercanos (menores a 10 km) de los demás registros y 35 fueron eliminados por ser muy similares a los demás registros, el total de puntos eliminados fueron 77. Finalmente se obtuvo 23 registros de presencia reales con los cuales se trabajó en la investigación.

### 10.4.6 Datos climáticos y variables

**Cuadro 6:** Variables climáticas (Worldclim)

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango de temperaturas diurnas
BIO3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
BIO4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar * 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 lluvioso
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 lluvioso
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más lluvioso
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío

**Fuente:** (Varela, 2015).

#### 10.4.6.1 Selección de variables

Se realizó la discriminación de variables según los índices de correlación y análisis de comparación entre variables, donde se realizó la matriz de correlación (Tabla 5) en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (Visauta, 2005). Mediante las variables bioclimáticas (Worldclim) que es una plataforma que provee acceso a datos climáticos globales para la realización de modelos, se realizó un análisis previo de correlación de Pearson entre las 19 variables bioclimáticas, se seleccionaron las 5 variables que no presentaron colinealidad con otras variables ( $r < 0,75$ ), las cuales fueron: Bio1: Promedio de la temperatura anual, Bio7: Oscilación anual de la temperatura, Bio3: Isotermalidad, Bio12: Precipitación anual y Bio17: Precipitación del cuatrimestre más seco.

Tabla 1: Matriz de correlación

	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	6	Bio17	Bio18	Bio19
Bio1	1	,275	-,220	,252	,	,983**	,375	,995**	,963**	,990**	,966**	-,204	-,218	,156	-,294	-,238	,131	-,087	,104
Bio2	,275	1	,108	,252	,530**	,104	,778**	,272	,214	,312	,205	-,585**	-,592**	,611**	-,702**	-,639**	,228	-,619**	,119
Bio3	-,220	,108	1	-,922**	-,461*	-,208	-,540**	-,304	,024	-,334	,014	,654**	,646**	,133	,239	,626**	,388	,577**	,512*
Bio4	,252	,252	-,922**	1	,593**	,181	,795**	,336	-,013	,380	-,008	-,850**	-,842**	,085	-,469*	-,839**	-,312	-,799**	-,460*
Bio5	,897**	,530**	-,461*	,593**	1	,819**	,742**	,921**	,762**	,943**	,765**	-,588**	-,600**	,300	-,558**	-,624**	,052	-,493*	-,050
Bio6	,983**	,104	-,208	,181	,819**	1	,223	,975**	,964**	,961**	,969**	-,084	-,100	,059	-,175	-,111	,113	,039	,107
Bio7	,375	,778**	-,540**	,795**	,742**	,223	1	,425*	,169	,478*	,168	-,901**	-,903**	,441*	-,744**	-,930**	-,045	-,883**	-,211
Bio8	,995**	,272	-,304	,336	,921**	,975**	,425*	1	,935**	,998**	,939**	-,267	-,278	,151	-,318	-,298	,096	-,146	,059
Bio9	,963**	,214	,024	-,013	,762**	,964**	,169	,935**	1	,918**	,998**	,021	,008	,118	-,151	-,013	,199	,128	,220
Bio10	,990**	,312	-,334	,380	,943**	,961**	,478*	,998**	,918**	1	,921**	-,318	-,329	,169	-,355	-,349	,087	-,200	,040
Bio11	,966**	,205	,014	-,008	,765**	,969**	,168	,939**	,998**	,921**	1	,022	,006	,137	-,176	-,016	,223	,130	,235
Bio12	-,204	-,585**	,654**	-,850**	-,588**	-,084	-,901**	-,267	,021	-,318	,022	1	,982**	-,141	,572**	,991**	,371	,972**	,555**
Bio13	-,218	-,592**	,646**	-,842**	-,600**	-,100	-,903**	-,278	,008	-,329	,006	,982**	1	-,251	,661**	,990**	,250	,984**	,455*
Bio14	,156	,611**	,133	,085	,300	,059	,441*	,151	,118	,169	,137	-,141	-,251	1	-,805**	-,258	,821**	-,244	,724**
Bio15	-,294	-,702**	,239	-,469*	-,558**	-,175	-,744**	-,318	-,151	-,355	-,176	,572**	,661**	-,805**	1	,678**	-,532**	,609**	-,301
Bio16	-,238	-,639**	,626**	-,839**	-,624**	-,111	-,930**	-,298	-,013	-,349	-,016	,991**	,990**	-,258	,678**	1	,245	,971**	,447*
Bio17	,131	,228	,388	-,312	,052	,113	-,045	,096	,199	,087	,223	,371	,250	,821**	-,532**	,245	1	,289	,953**
Bio18	-,087	-,619**	,577**	-,799**	-,493*	,039	-,883**	-,146	,128	-,200	,130	,972**	,984**	-,244	,609**	,971**	,289	1	,475*
Bio19	,104	,119	,512*	-,460*	-,050	,107	-,211	,059	,220	,040	,235	,555**	,455*	,724**	-,301	,447*	,953**	,475*	1

Elaborado por: Aspuela E. (2017)

A continuación, una breve descripción de la matriz para una mejor comprensión:

El color amarillo de los contornos representa las 19 variables bioclimáticas que posee Worldclim, el color rojo indica que cuando dos variables están relacionadas equivale a uno y los demás colores enmarcados como el verde, azul y amarillo, de la misma manera representan la colinealidad que existe entre las variables al momento de realizar el análisis de correlación.

Finalmente, las variables seleccionadas para cada uno de los modelos, con el uso de un software de máxima entropía (MaxEnt) 3.2.0 se procesó los datos y se obtuvo mapas de la potencial distribución; para el presente, se utilizaron las variables bioclimáticas corregidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador y para la proyección futura de idoneidad de *Peronospora farinosa* se utilizó las variables bioclimáticas en dos horizontes de tiempo (2050 y 2080) utilizando el modelo de circulación general ccma\_cgcm3.1, en los escenarios A2 y B1.

#### **10.4.7 Modelos de distribución de la especie**

Los mapas de distribución potencial fueron generados en el programa MaxEnt 3.2.0 (Phillips et al. 2006), considerado como uno de los de mejor desempeño (Elith & Graham 2006). Además, se ha comprobado que con este programa se pueden obtener resultados relativamente adecuados con tamaños de muestra pequeños (Hernández et al., 2006). Se realizaron 100 réplicas para cada modelo utilizando como método de remuestreo el bootstrap, con el 30% de registros de presencia para la validación del modelo (Hernández et al., 2006).

Para la generación de los modelos de distribución se utilizaron las variables bioclimáticas que presentaron menos correlación en base al coeficiente de correlación de Pearson con las siguientes variables: Temperatura promedio anual (°C), Oscilación anual de la temperatura (°C) (Cociente entre parámetros 5 y 6), Isotermalidad (°C) (Cociente entre parámetros 2 y 7), Precipitación anual (mm) y Precipitación del cuatrimestre más seco (mm). Consecuentemente, se realizaron los modelos de distribución potencial en MaxEnt y se evaluó la calidad de los modelos en base a los valores de AUC, así mismo se evaluó la influencia de las variables de los modelos en base a jackknife. Finalmente, se realizaron mapas de distribución potencial utilizando el umbral de corte *minimum training presence* en Qgis.

### **11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **11.1 Elaboración del modelo de distribución potencial**

A partir de modelos predictivos es posible confeccionar mapas de distribución potencial e idoneidad de hábitat, la cual ayuda a tomar una decisión de conservación tentativa mientras se realice un estudio más intensivo y de largo plazo; también ayuda a dirigir el esfuerzo de la investigación a un área definida (Scott et al., 2002). De tal modo que el objetivo de este estudio fue alcanzado al obtener resultados bastante confiables de las áreas vulnerables actuales y futuras a la presencia de *Peronospora farinosa* en las zonas productoras de quinua en Cotopaxi. 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 y potencial de *Peronospora farinosa* y resulta fundamental tanto para evaluar el estado de idoneidad y estimar potenciales escenarios y de esta manera aumentar el éxito de proyectos de conservación, prevención de la enfermedad en los cultivos.

## 11.2 Registros de presencia utilizadas en el modelamiento

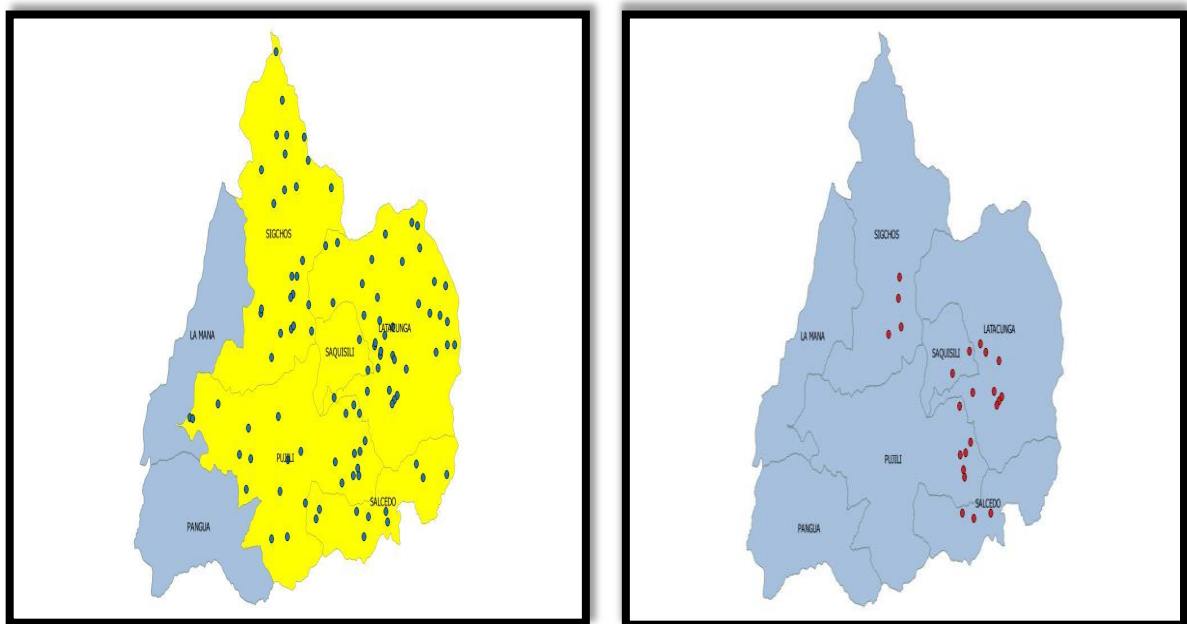
**Tabla 2:** Registro de presencia

Cantones de Cotopaxi	Número de registros
Latacunga	8
La Maná	0
Pangua	0
Pujilí	6
Salcedo	3
Saquisilí	2
Sigchos	4
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>

Elaborado por: Asipuela E. (2017)

Se pudo evidenciar que el mayor número de registro de presencia se obtuvo en el cantón Latacunga con 8 registros de presencia. De tal modo que el número de registros de presencia aparentemente influyó en la exactitud del modelamiento.

**Gráfico 5:** Registro de presencia de *Peronospora farinosa*



Elaborado por: Asipuela E. (2017)

### 11.3 Selección de variables

Al realizar el análisis de correlación de Pearson se obtuvo 5 variables (Tabla 3) que no tuvieron colinealidad entre sí, las cuales se usó en el proceso de investigación para la elaboración de los modelos de distribución potencial.

**Tabla 4:** Variables seleccionadas para el modelo

Variables Bioclimáticas Seleccionadas		Unidades
<b>Bio1</b>	Promedio de la temperatura anual	°C
<b>Bio7</b>	Oscilación anual de la temperatura	°C
<b>Bio3</b>	Isotermalidad	Adimensionales
<b>Bio12</b>	Precipitación anual	mm
<b>Bio17</b>	Precipitación del cuatrimestre más seco	mm

Elaborado por: Asipuela E. (2017)

### 11.4 Modelamiento de distribución de la especie

#### 11.4.1 Validación estadística del modelo

El valor resultante del AUC en cada replica para *Peronospora farinosa* fue muy cercano a 1. El promedio del modelamiento fue entre 0,93 y 0.91 lo cual muestra que los datos propuestos predicen la distribución espacial con un nivel de certeza mayor al 90%, indicando la confiabilidad del modelo.

**Tabla 1:** Validación estadística del AUC

Proyección	Escenario	AUC	Umbral de corte
<b>2050</b>	A2	0.958	0.18
	B1	0.955	0.15
<b>2080</b>	A2	0.952	0.16
	B1	0.949	0.14
<b>Presente</b>	-	0.946	0.21

Elaborado por: Asipuela E. (2017)

Se estimó la distribución tanto para el modelo presente, como para los del futuro, mediante el valor promedio del umbral de corte de las 100 réplicas obtenidas en MaxEnt. Las líneas de cortes resultantes fueron entre 0.21 y 0.14 lo cual se utilizó para descartar la probabilidad nula de idoneidad para *Peronospora farinosa* y así obtener una distribución potencial más precisa.

El análisis del comportamiento de las réplicas de los modelos, según los valores del AUC, resultó ser una herramienta adecuada para la selección de los mejores. De esta manera se pudo distinguir cuál es la tendencia entre las réplicas y así determinar hacia donde apuntan la mayoría de los modelos, en función del tipo de distribución que sigan (Plasencia et al., 2014).

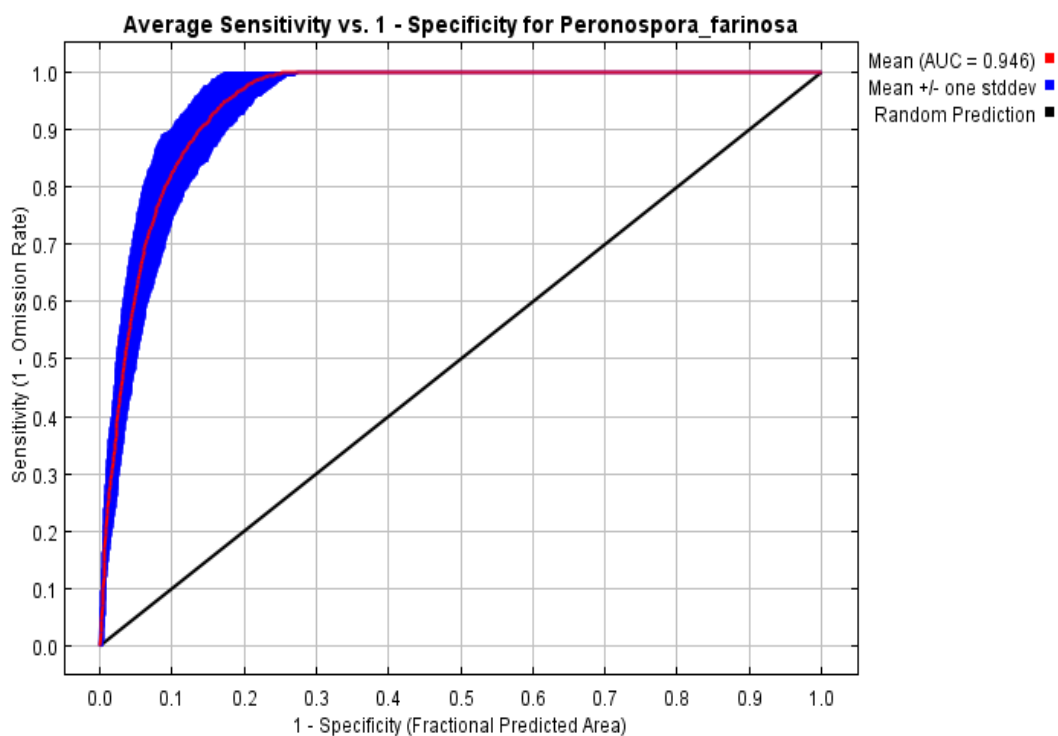
#### 11.4.2 Resultados del AUC y modelos de distribución potencial de *Peronospora farinosa* Actual y Futuro para cada escenario

##### 11.4.2.1 Resultado del AUC de *Peronospora farinosa* Actual

Este gráfico es un modelo estadístico que representa la confiabilidad del modelo de distribución y a través del mismo se obtiene el Jackknife correspondiente. El AUC para este modelo fue de 0.946 el cual indica la certeza del modelo siendo superior a 0.75.

Los valores del AUC (Área bajo la 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  $< 0.60$  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 *Peronospora farinosa* es de mayor idoneidad (Vaughan y Ormerod, 2005).

**Gráfico 6:** AUC Actual



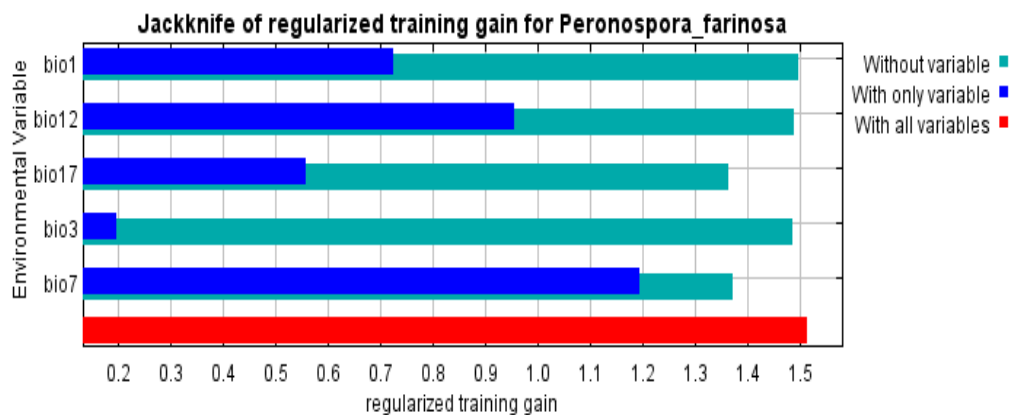
**Elaborado por:** Asipuela E. (2017)

La línea roja es el valor de AUC= 0.946 para el modelo presente, la parte azul representa la desviación estándar de AUC que presentaron las 100 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 distribución actual y potencial de *Amazona finschi* y *Aras militaris* (Aves) en la Barranca de Batopilas y Urique, México: Modelaje mediante algoritmos de máxima entropía; obtuvieron las AUC mayores a 0.9 en todos los casos, siendo las más altas las réplicas número 4,12 y 17 para la especie *Aras militaris* y 2,3 17 para *Amazona finschi*. 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 (Guisan, 2007), demostrando una vez más la confiabilidad probabilística para los modelos de distribución potencial.

#### 11.4.2.2 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC Actual

La prueba de Jackknife es un test de importancia, el cual indica el aporte de las variables para realizar los modelos de distribución. En esta prueba, las variables que aportaron mayor información al modelo fueron las variables Bio1: Promedio de la temperatura anual, Bio7: Oscilación anual de la temperatura, Bio3: Isotermalidad, Bio12: Precipitación anual y Bio17: Precipitación del cuatrimestre más seco, superan el 0.75 de valores del AUC (Área bajo la curva), reflejando confiabilidad en la distribución potencial y proporcionando información útil para diseñar estrategias de conservación, como por ejemplo, el decreto de áreas protegidas (Vaughan y Ormerod, 2005).

**Gráfico 7:** Prueba de Jackknife del AUC Actual



Elaborado por: Asipuela E. (2017)



Las barras de color azul, indican el rango de importancia de las variables con las que han contribuido en el modelo para la presencia o idoneidad en este caso *Peronospora farinosa*.

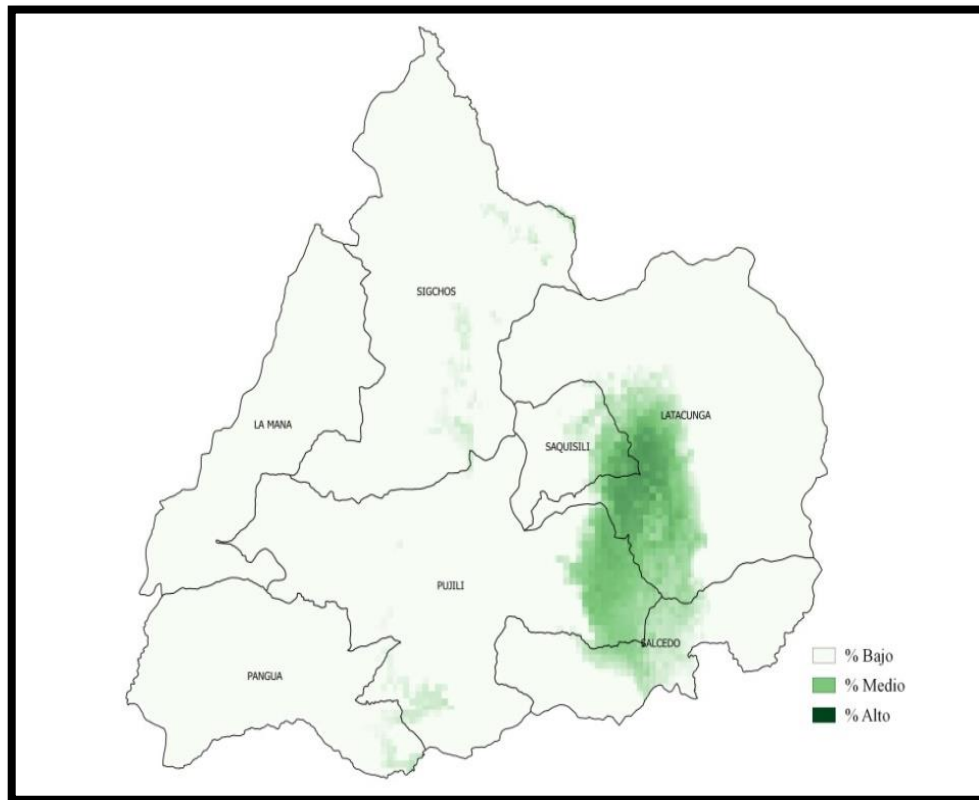
Las variables para este test con mayor información fue la Bio1 correspondiente a temperatura promedio anual, B12: precipitación anual, Bio7: precipitación del cuatrimestre más seco y menor probabilidad en B3: Isotermalidad.

#### **11.4.2.3 Modelo de distribución potencial actual**

Para definir un área exacta se determinó el umbral promedio del mapa de distribución potencial de la especie que fue de 0,946 es decir del valor (probabilidad) desde el cual el modelo predice que el resultado es altamente confiable. En el mapa resultante se pudo observar claramente que la mayor distribución potencial se encuentra en ciertas zonas rurales de las parroquias de los cantones: Latacunga, Saquisilí y Pujilí. Los Cantones que menor distribución presentaron son: ciertas zonas de los cantones de Sigchos, Salcedo y una mínima parte de presencia en Pangua.

De igual forma se realizó una comparación con el artículo científico de distribución actual y potencial de *Amazona finschi* y *Aras militaris*, en la prueba de navaja (Jackknife) indicó que las variables que aportan más al modelo de distribución de *Amazona finschi* fueron: Bio9, Bio6 y Bio 19, las cuales indicaron que las condiciones más idóneas para la existencia de la especie son áreas con precipitación y temperaturas más frías. Las variables más importantes en la distribución de *Aras militaris* fueron: Bio 12, Bio13, Bio16, Bio18 y Slope, en donde se también aparece la precipitación como un factor influyente en la existencia de la especie (Guisan, 2007).

**Gráfico 8 :** Modelo de distribución potencial actual



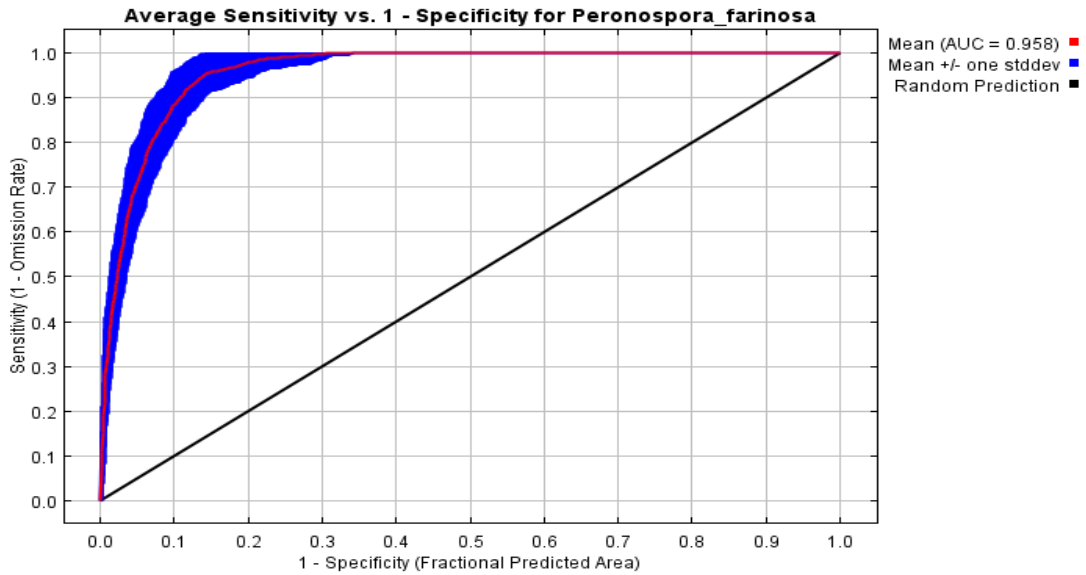
**Elaborado por:** Asipuela E. (2017)

Para todos los modelos de distribución potencial tanto actual y futura de *Peronospora farinosa* en áreas productoras de quinua en Cotopaxi: El color verde oscuro indica las áreas (potenciales) adecuadas para el establecimiento de la enfermedad: verde claro indican menos probabilidad de presencia: blanco indica cero probabilidades de presencia para *Peronospora farinosa*.

#### **11.4.3. Resultado del AUC de *Peronospora farinosa* Futuro 2050 A2**

El AUC para este modelo fue de 0.958, una vez más demostrando la confiabilidad para este modelo ya que no existe una gran variación en los resultados.

Gráfico 9 : AUC Futuro 2050 A2

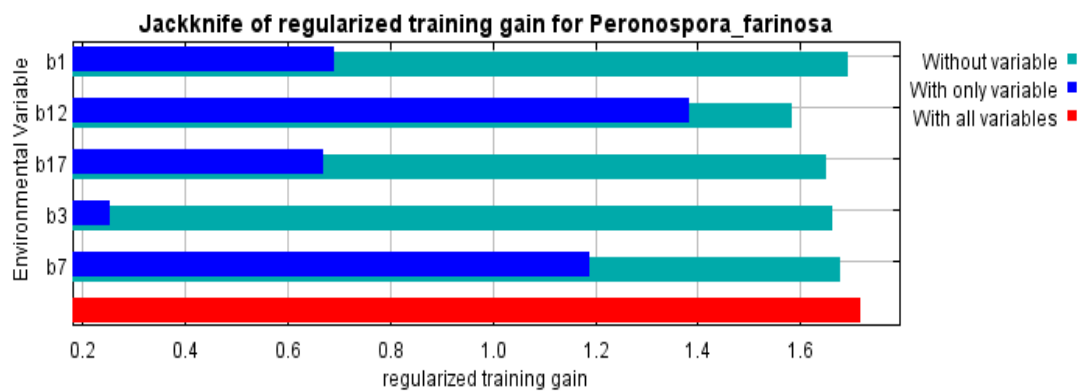


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

#### 11.4.3.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario A2 para el año 2050

En esta prueba se pudo ver que las variables con mayor aporte para el modelo fueron las variables B12 equivalente a precipitación anual, seguido de B7 equivalente a oscilación anual de la temperatura y menor probabilidad en la variable B3 lo que equivale a la temperatura promedio anual.

Gráfico10 : Prueba de Jackknife escenario A2 para el año 2050

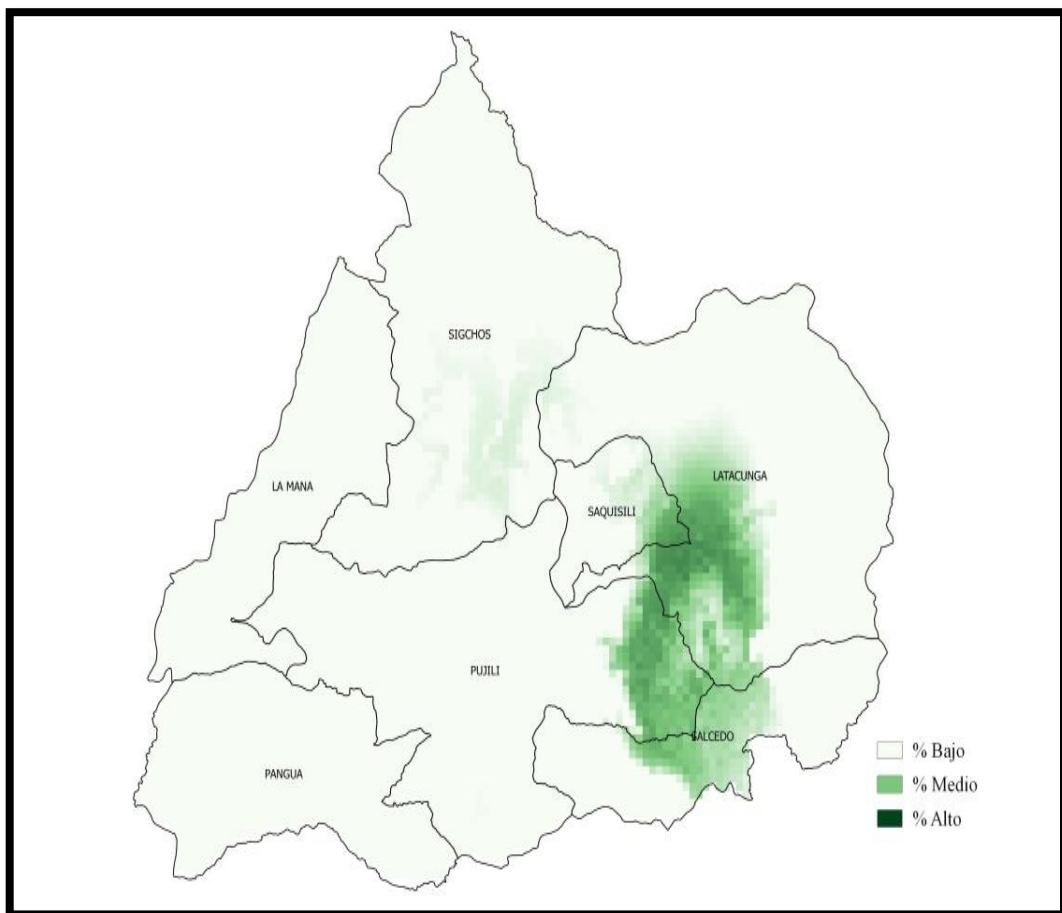


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

### 11.4.3.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario B1 para 2050

En el escenario B1 para el 2050, se vio una diferencia significativa de la distribución potencial de la enfermedad, disminuyendo la probabilidad de idoneidad de *Peronospora farinosa* especialmente en zonas rurales del cantón Sigchos. En este escenario se pudo ver la presencia de la enfermedad con mayor intensidad en las zonas rurales de Latacunga y Pujilí específicamente en las Parroquias de: Eloy Alfaro, Cochapamba, La Victoria, Pilaló, La Esperanza y Panzaleo.

**Gráfico 11:** Modelo B1 Futuro 2050

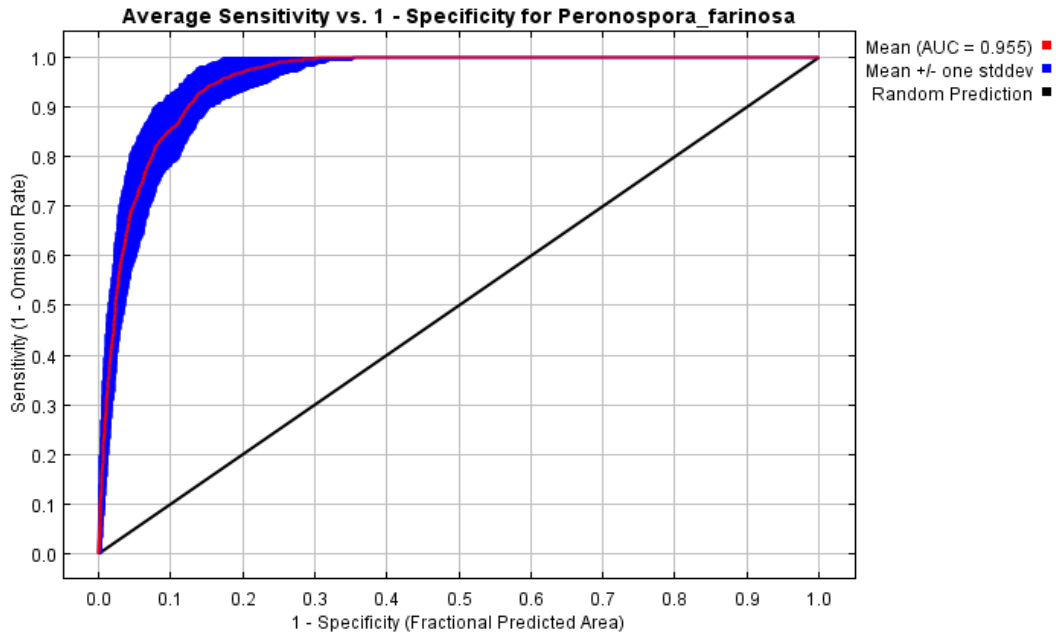


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

### 11.4.4 Resultado del AUC de *Peronospora farinosa* Futuro 2050 B1

El AUC para este modelo fue de 0.955 muy similar a los demás modelos anteriores, lo que quiere decir que es confiable para la determinación de la presencia de *Peronospora farinosa*.

Gráfico 12 : AUC Futuro 2050 B1

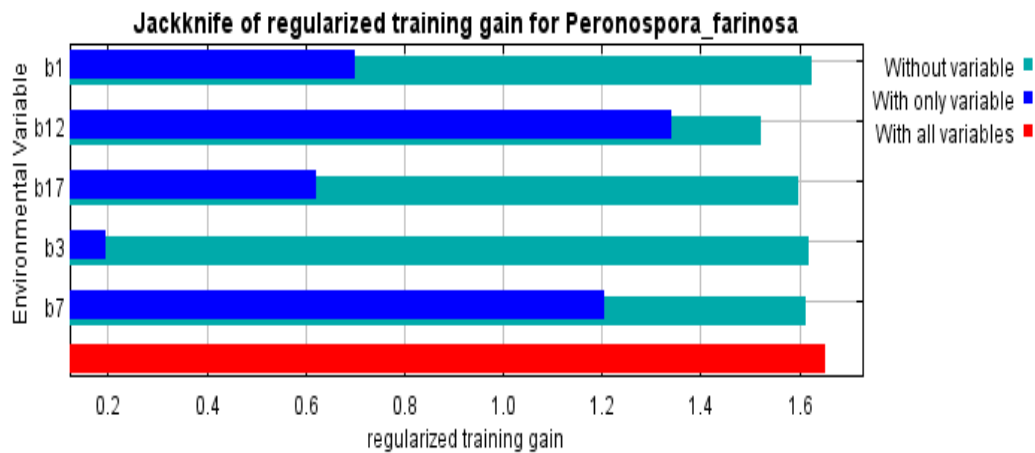


Elaborado por: Eva Asipuela

#### 11.4.4.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario B1 para el año 2050

Se puede ver que las variables de este escenario son muy similares a la del escenario B1 del 2050, ocupando el primer lugar la variable Bio12 equivalente a precipitación anual seguido de B7 equivalente a oscilación anual de la temperatura y de la misma manera un menor rango de probabilidad para la B3 lo que equivale a isothermalidad.

Gráfico 13: Prueba Jackknife escenario B1 para el año 2050

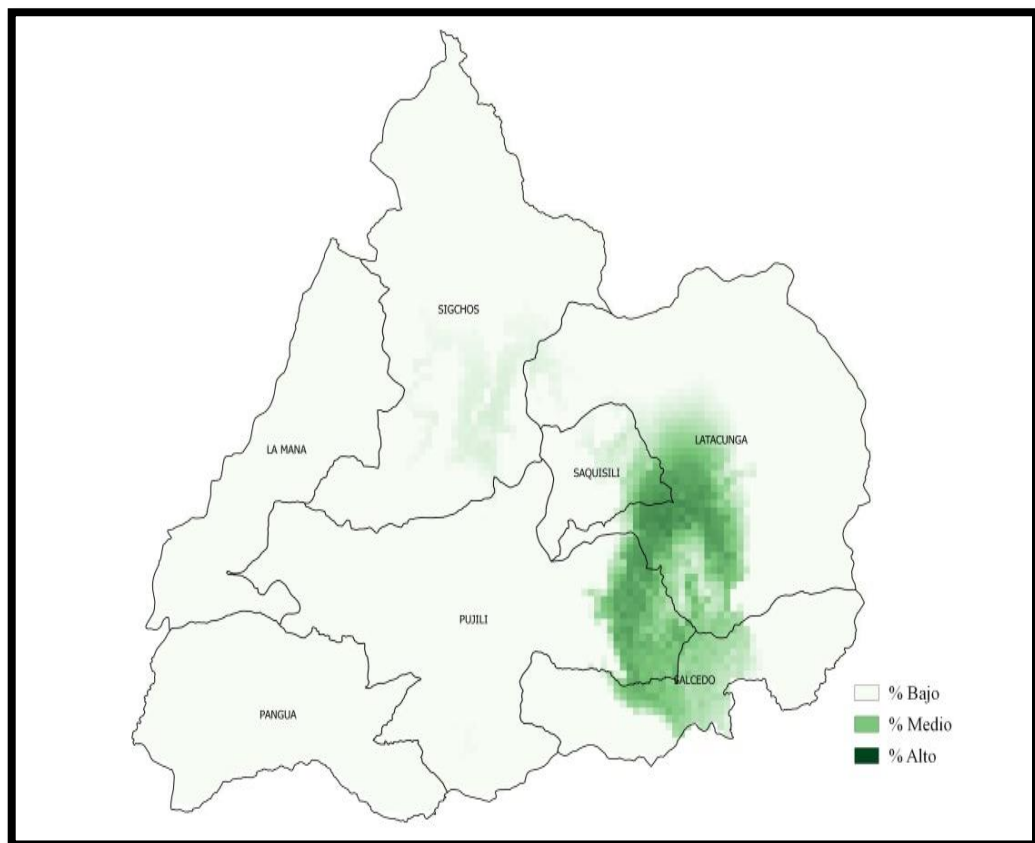


Elaborado por: Eva Asipuela

#### 11.4.4.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario B1 para 2050

En el escenario B1 para el 2050, se vio una diferencia significativa de la distribución potencial de la enfermedad, disminuyendo la probabilidad de idoneidad de *Peronospora farinosa* especialmente en zonas rurales del cantón Sigchos y de la misma manera disminuye un poco la intensidad de la enfermedad en las zonas de estudio realizado.

**Gráfico 14 :** Modelo B1 Futuro 2050

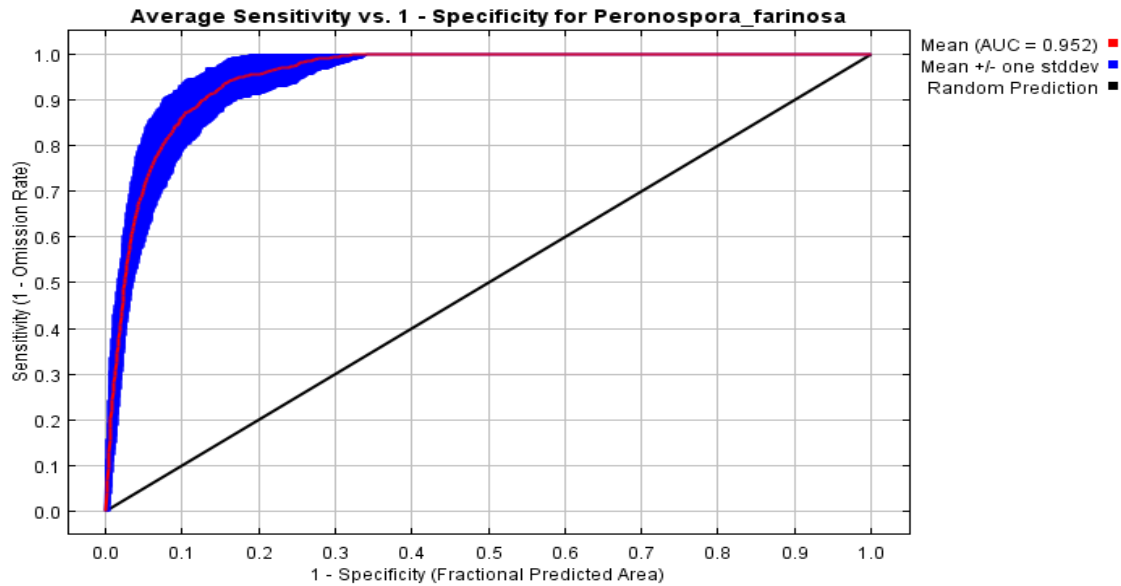


**Elaborado por:** Eva Asipuela

#### 11.4.5 Resultado del AUC de *Peronospora farinosa* Futuro 2080 A2

El AUC para este modelo fue de 0.952, de igual manera existe una mínima variación de resultados en relación con los demás modelos lo que quiere decir que es un modelo netamente confiable porque supera el 0.75

Gráfico 15 : AUC Futuro 2080 A2

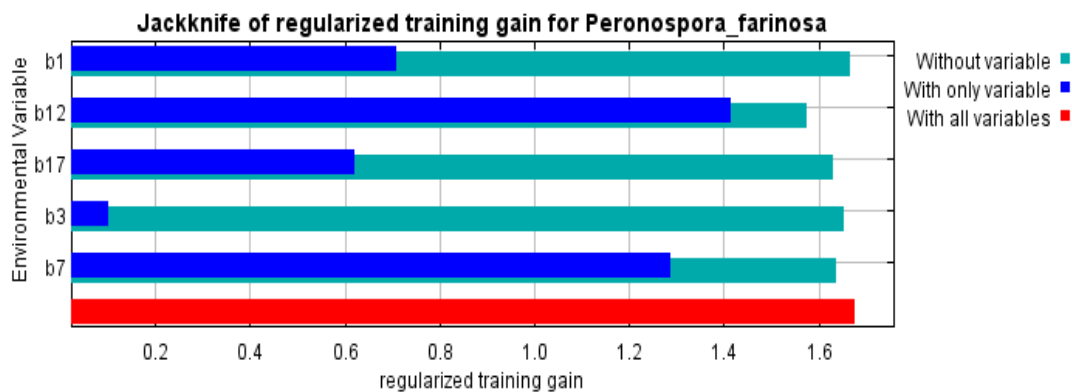


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

#### 11.4.5.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario A2 para el año 2080

El Jackknife de este modelo indicó que las variables casi permanecen estables, no existe una gran diferencia de probabilidad de idoneidad de *Peronospora farinosa* en comparación con los modelos anteriores. De la misma manera la variable con mayor probabilidad es la B12 correspondiente a precipitación anual y muy seguida de la B7 correspondiente a oscilación anual de la temperatura con menor probabilidad de presencia en la B3 lo que corresponde a Isotermalidad.

Gráfico16 : Prueba Jackknife escenario A2 para el año 2080

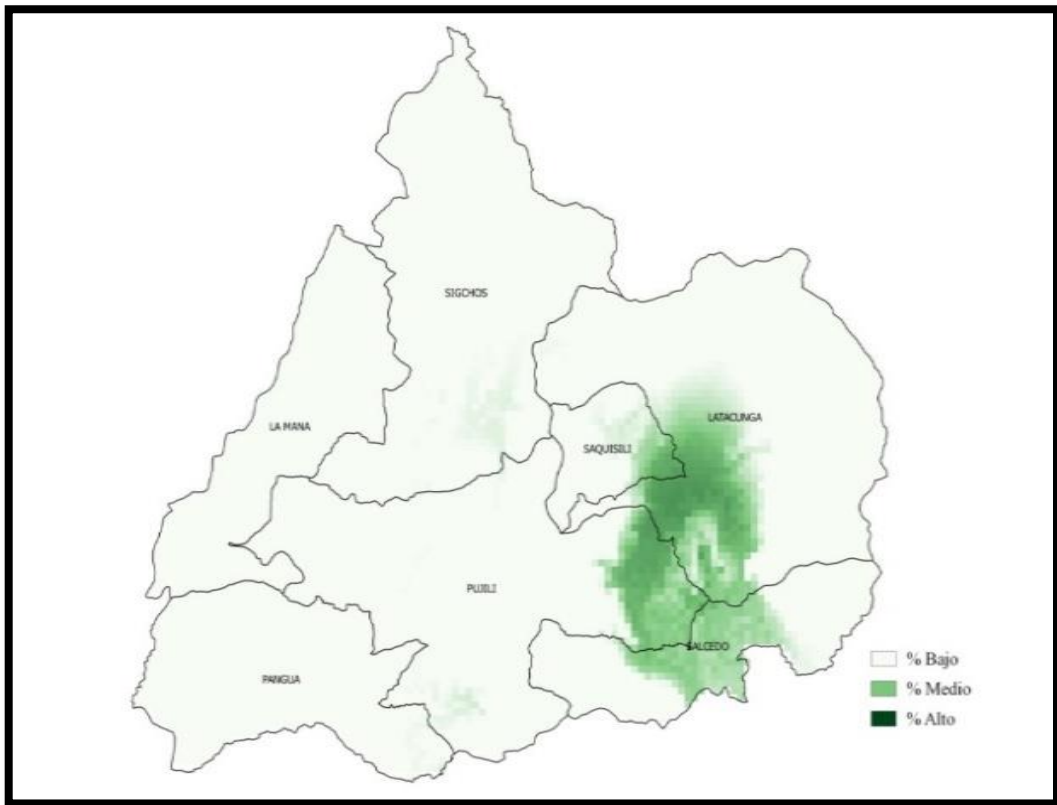


Elaborado por: Eva Asipuela

### 11.4.5.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario A2 para 2080

En el escenario A2 para el 2080, indicó un área con menor intensidad de la enfermedad que los modelos anteriores con presencia de idoneidad en las zonas rurales de Latacunga y Pujilí. También se pudo ver la probabilidad de idoneidad en ciertas zonas de Saquisilí y Salcedo con un rango medio probabilístico.

**Gráfico 17 :** Modelo A2 Futuro 2080



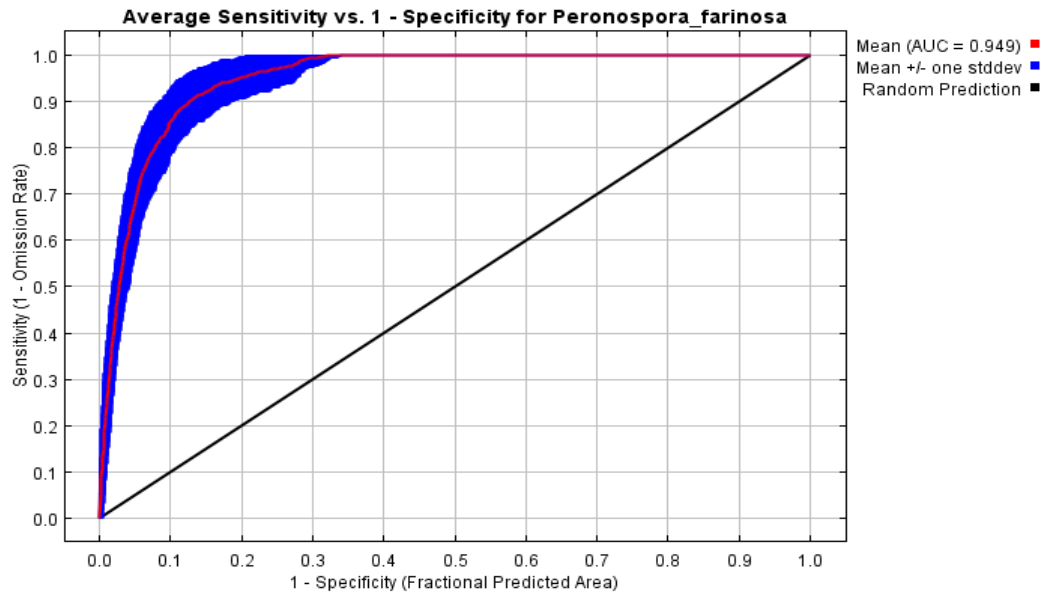
Elaborado por: Asipuela E. (2017)

### 11.4.6 Resultado del AUC de *Peronospora farinosa* Futuro 2080 B1

El AUC para este modelo fue de 0.949 muy similar a los resultados de los modelos obtenidos, lo que afirma una vez más la confiabilidad de los modelos ya que todos fueron valores muy próximos a uno.



Gráfico 18 : AUC Futuro 2080 B1

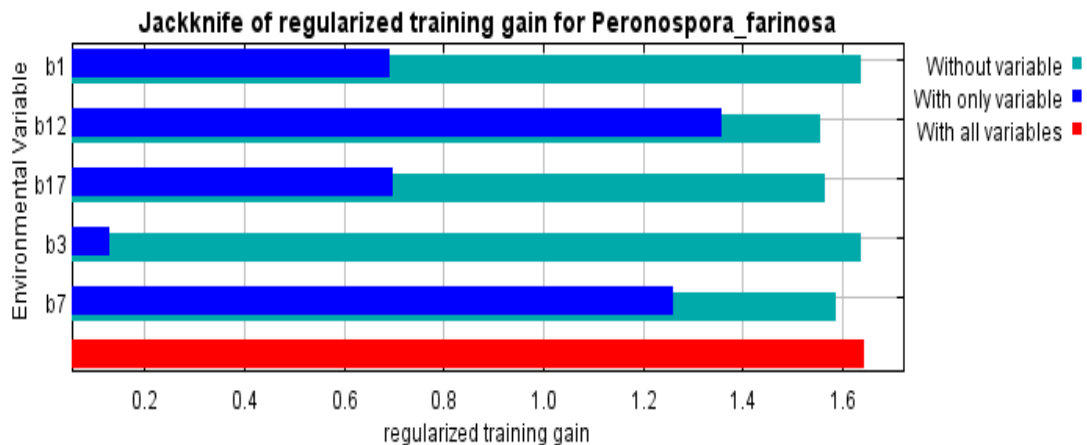


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

#### 11.4.6.1 Prueba de Jackknife correspondiente al AUC futuro para el escenario B1 para el año 2080

Esta última prueba de importancia, de igual forma 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 *Peronospora farinosa* son las variables B12: precipitación anual y muy seguida de la B7: oscilación anual de la temperatura y con menor probabilidad de presencia en la B3 lo que corresponde a Isotermalidad.

Gráfico 19 : Prueba de Jackknife escenario B1 año 2080

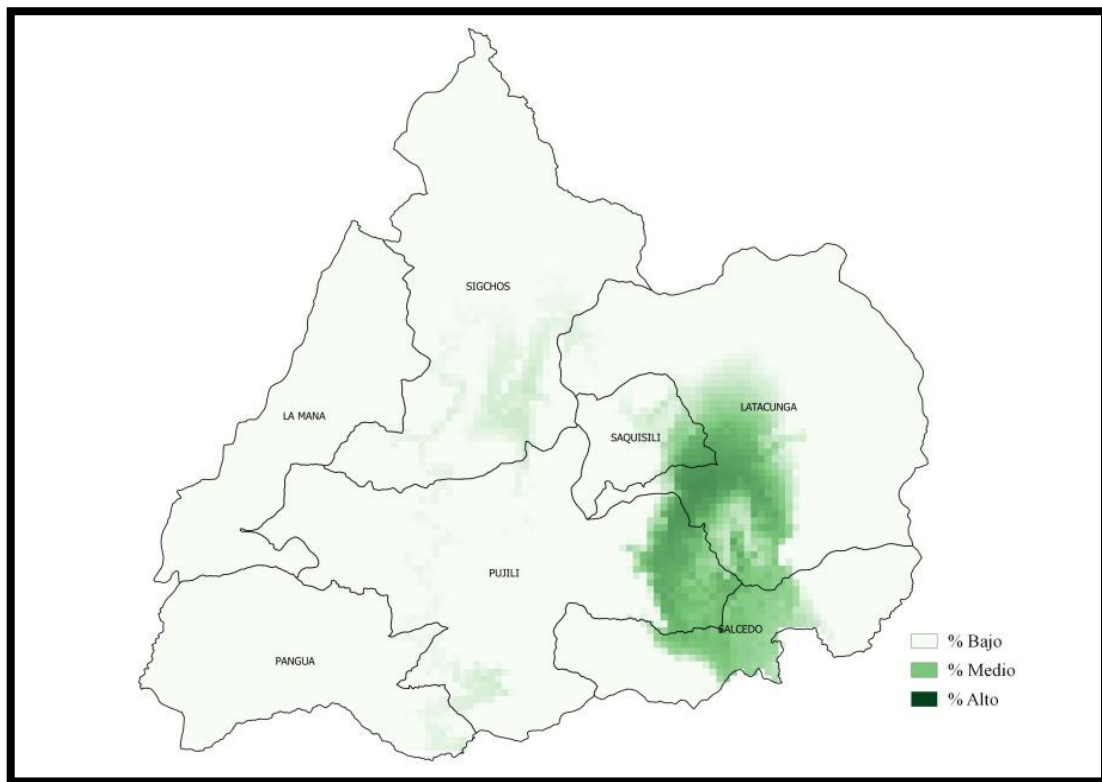


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

#### 11.4.6.2 Modelo de distribución potencial futuro con escenario B1 para 2080

En este modelo se pudo ver que la enfermedad va estar presente en ciertas zonas rurales de Cotopaxi, al igual que el A2 para 2080, principalmente en ciertas zonas rurales de los cantones de Latacunga, Pujilí y Salcedo, siendo las áreas más vulnerables a la presencia de *Peronospora farinosa*.

**Gráfico 20 :** Modelo B1 Futuro 2080

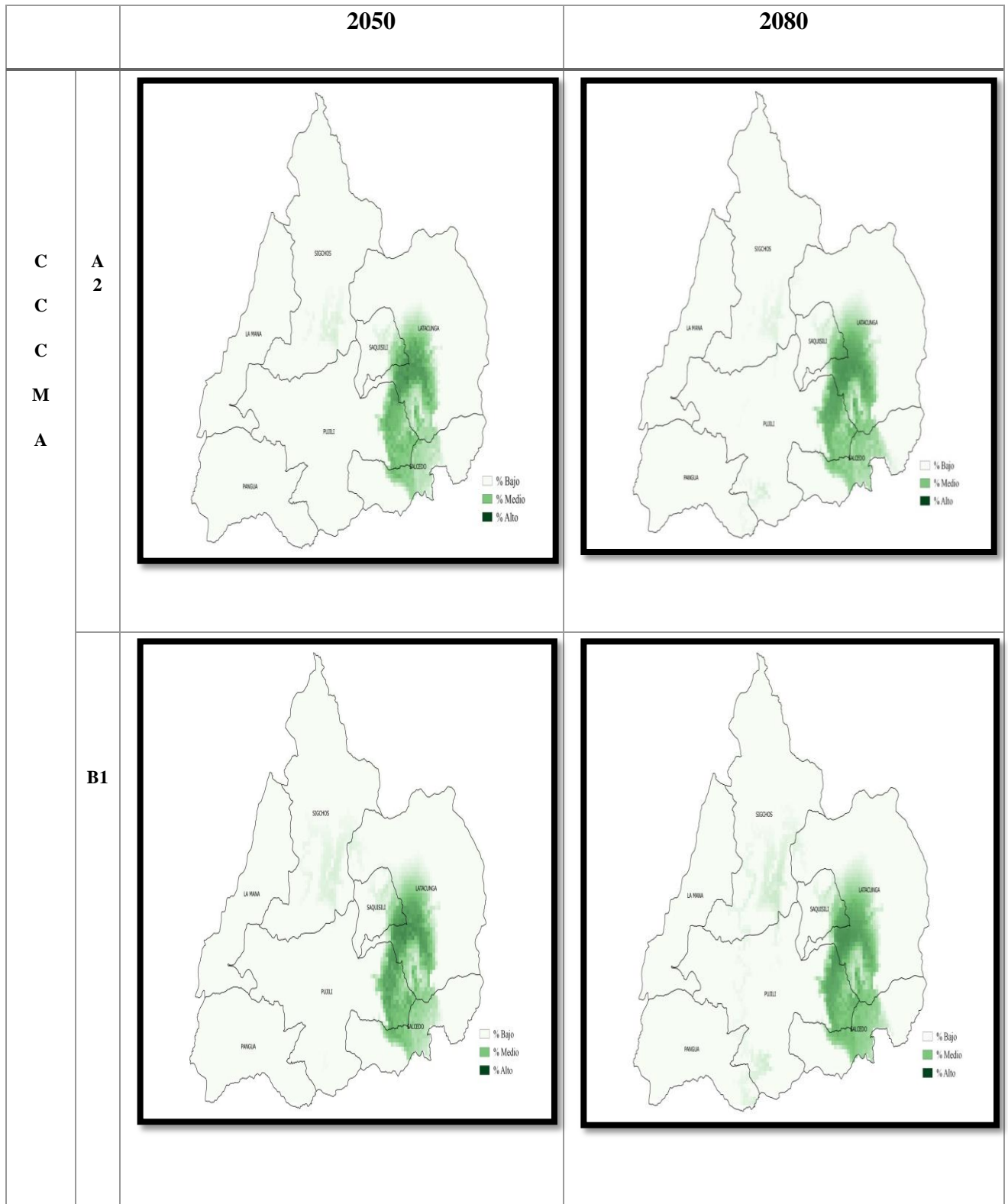


Elaborado por: Asipuela E. (2017)

#### 11.5. Comparaciones de la Distribución potencial de *Peronospora farinosa* mediante el modelo de circulación general atmosférica cccma\_cgcm3.1, en los escenarios A2 y B1 para el 2050 y 2080.

Las proyecciones obtenidas mediante la modelación permitieron comparar predicciones para identificar las zonas más vulnerables a través del modelo de circulación global. Los cambios en el rango climático de la especie para el 2050 y el 2080 bajo los escenarios A2 y B1 donde muestran diferentes proyecciones en el futuro.

**Gráfico 21:** Comparación de Modelos de distribución potencial Futura para años 2050 y 2080



Elaborado por: Asipuela E. (2017)

Se realizó la comparación de la distribución potencial del modelo CCCMA bajo el mismo horizonte de tiempo (2050 y 2080) y se pudo observar muy claramente que la enfermedad va incrementar en las zonas rurales estudiadas para el año 2050, donde las áreas con mayor probabilidad de la enfermedad son las zonas rurales de los cantones Latacunga, Pujilí y Salcedo, lo que corresponde a las parroquias Eloy Alfaro, Cochapamba, La Victoria, Pívalo La Esperanza, Cusubamba y Panzaleo; mientras que para el escenario A2,B1 del año 2080, la probabilidad de que exista presencia de la enfermedad es menor, esto puede ser debido a los cambios climáticos y diferentes pisos agroecológicos.

Finalmente, al realizar una ligera comparación con el artículo científico de la rana toro, los modelos de distribución potencial también presentaron valores de área bajo la curva altos (AUC=0,842-0,86) para entrenamiento del modelo (Urbina et al., 2011). El umbral de “minimum training presence” fue bajo (0,1) y el mejor valor de regularización, escogido a partir del valor más bajo en el criterio de selección de jackknife fue 1 (Urbina et al., 2011). Los valores del estadístico 1 y el rango relativo reflejaron altos valores de similitud entre los diferentes modelos globales de circulación (CCCMA-CGCM31, CSIRO\_MK30 y IPSL\_CM4) al comparar el mismo horizonte de tiempo (2050 o 2080) y de la misma manera todas las poblaciones invasoras reportadas para Colombia coinciden con áreas potencialmente adecuadas para la idoneidad de la especie (Urbina et al., 2011). Las proyecciones geográficas de distribución de la especie en el futuro mostraron un incremento en las áreas adecuadas para el establecimiento de la especie, al igual que los modelos de distribución potencial obtenidos para el año 2050 de *Peronospora farinosa* en áreas vulnerables de Cotopaxi. A pesar de que las diferentes proyecciones a futuro de la distribución, muestran algunas diferencias debido a los supuestos y la sensibilidad en demostrar cambios climáticos locales. Todos los escenarios muestran una tendencia permanente (actual y futura) de ambientes adecuados para la idoneidad de la enfermedad.

Los mapas de distribución potencial actual y futuros representan una guía para la investigación y planificación de acciones de control y prevención en las áreas vulnerables identificadas, tomando en cuenta que los mapas futuros son una probabilidad (Dávalos, 2014).

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):**

### **12.1 Impacto técnico**

Gracias a la investigación realizada se pudo obtener modelos predictivos de información sobre la distribución potencial de áreas vulnerables a la presencia de *Peronospora farinosa* en ciertas zonas rurales de las parroquias de los cantones de Cotopaxi y de esta manera poder ayudar a las personas quienes se dedican a la producción de quinua, donde puedan tomar medidas adecuadas de prevención y control de dicha enfermedad al momento de realizar las siembras.

### **12.2 Impacto social**

Actualmente existe un incremento en las pérdidas de producción del cultivo de quinua por problemas fitosanitarios Mildiu (*Peronospora farinosa*), con los datos obtenidos en la presente investigación los productores de quinua de las áreas vulnerables podrán realizar estrategias de prevención para estos problemas fúngicos.

### **12.3 Impacto ambiental o económico**

Con esta información, los muestreos preventivos pueden ser enfocados a zonas específicas haciendo más eficiente esta labor, con el consiguiente ahorro de recursos económicos con el fin de ayudar en la asignación de recursos para detección y tratamiento de las zonas más propensas a ser afectadas por la invasión de la enfermedad. Con esta investigación se ayudará a prevenir a los agricultores realizar siembras en épocas inadecuadas, el uso en exceso de agroquímicos y de esta manera evitar la contaminación ambiental realizando las buenas prácticas agrícolas y así mejorar su calidad de vida generando mayores ingresos económicos y cultivos libres de enfermedades.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

**Tabla 5:** Presupuesto para el desarrollo de la investigación

<b>DETALLE</b>	<b>CANT</b>	<b>VALOR UNITARIO COSTO /ALQUILER \$</b>	<b>COSTO TOTAL \$</b>
<b>1.EQUIPOS/MATERIALES</b>			
-GPS (Alquiler)	5 veces	50.00	250.00
-Cámara	1	250.00	250.00
-Computadora	1	500.00	500.00
-Celular	1	250.00	250.00
-Tablet	1	100.00	100.00
-Cuaderno de registro	2	1.25	2.50
-Lápices	4	0.35	1.40
-Software-Licencia		50.00	50.00
<b>Subtotal</b>			<b>1358.90</b>
<b>2. SERVICIOS</b>			
-Transporte	5 salidas	20.00	100.00
-Internet,copias,anillados		50.00	50.00
<b>Subtotal</b>			<b>150.00</b>
<b>3. ALIMENTACIÓN</b>			
-Refrigerio y almuerzos al equipo de investigadores	5 salidas	20,00	100.00
<b>Subtotal</b>			<b>100.00</b>
<b>4.PERSONAL</b>			
-Investigador	1	500.00	500.00
-Asesor del proyecto	1	150.00	150.00
-Profesional para la capacitación del programa	3 veces	50.00	150.00
<b>Subtotal</b>			<b>800.00</b>
-Compañeros(estudiantes) de la UTC que deseen contribuir con la investigación		-	-
<b>5. IMPREVISTOS</b>		50.00	<b>50.00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>2.458.9</b>

Elaborado por: Asipuela E. (2017)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se identificó las áreas vulnerables con presencia de mildiú (*Peronospora farinosa*) mediante registros de presencia en zonas rurales de las parroquias de Cotopaxi lo que respecta a: Eloy Alfaro, Cochapamba, Mulaló, Aláquez, La Victoria, Pilaló, La Esperanza, Cusubamba y Panzaleo.
- ✓ Se obtuvieron modelos de distribución potencial actual y futuro con un índice de confiabilidad apropiado de AUC 0.958-0946 y sus respectivas pruebas de Jackknife que es un método de remuestreo que nos permitió obtener datos de presencia a cerca de *Peronospora farinosa*, los cuales indicaron que las variables que aportaron más al modelo de distribución potencial son las variables: Bio12 equivalente a precipitación anual y Bio7 equivalente oscilación anual de la temperatura y menor probabilidad de presencia para la Bio3 correspondiente a la Isotermalidad, siendo muy similares en todos los modelos tanto para el actual y los modelos futuros.
- ✓ En relación a los modelos obtenidos se pudo determinar, tanto para la distribución potencial del presente y futuro que hubo mayor tendencia de la enfermedad en las parroquias rurales de Mulaló, Aláquez, Pilaló, La esperanza y La Victoria.

### 14.2 RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones que se pueden realizar luego de la culminación de la presente investigación, se mencionan las siguientes:

- ✓ Se recomienda realizar más inventarios, investigaciones y análisis de distribución potencial de las especies de flora y fauna, con el fin de aumentar la información de las interacciones entre las posibles plagas y enfermedades tales como *Peronospora farinosa*.
- ✓ Con estos modelos se sugiere proponer áreas de compensación al impacto ambiental ejercido por actividades antropogénicas para la conservación del ecosistema.
- ✓ Es recomendable que los estudiantes y docentes realicen más investigaciones sobre el uso y bondades que proporciona el programa MaxEnt para poder realizar más estudios de predicciones con los demás cultivos y de esta manera poder prevenir y contribuir al sector agrícola.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Ames de Icochea, T., & Danielsen, S., (2000). El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la Zona Andina. pp 1-32
- Argeñal, F., (2010). Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras. SERNA-PNUD. 85 pp.
- Bojanic, A., (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. obtenido de <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
- Bonifacio, A., (2006) Estudio de perspectiva para los productos del altiplano y valles centrales de los andes la paz. Ics-Onudi.Naciones Unidas,pp.34.
- Chalá, M., (2014). Evaluación agronómica de líneas f5 de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*), en dos localidades de la serranía.Tesis de grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito: UCE. 93 p.
- Danielsen, D., & Ames, T., (2014).Mildiu *Peronospora farinosa* de la quinua *chenopodium quinoa willd.* en la zona andina, manual técnico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Perú: Centro Internacional de la papa (cip) royal danish ministry of foreign affairs the royal veterinary and agricultural university, 1-11.
- Danielsen, S., Munk, L., (2004) Evaluación de los métodos de evaluación de la enfermedad en la quinua para su capacidad de predecir el rendimiento causado por el mildiu. 23: pp 219 - 228.
- Dávalos, I., (2014). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 224 p.
- Elith, J., & Graham, Ch., (2009) do they? how do they? Why do they differ? on finding reasons for differing performances of species distribution models. *ecography* 32: 66-77.
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudík, M., Yates, C., (2011). A Statistical Explanation of Maxent for Ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57.
- García, M., (2003). Estudio de Agroclim y análisis de resistencia a la sequía de la quinua para una estrategia de riego en el Altiplano boliviano. Bélgica. 556 p.
- Gómez, E., (2016). Guía de cultivo de la quinua. obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>.
- Guisan, A., Graham, CH., Elith, J., (2007). Species Distribution Modelling Group. Sensitivity of predictive species distribution models to change in gain size.*Divers.Distrib.*13: pp 332-340



- Guisan, A., Thuiller, W., (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *ecology letters*, v. 8, n. 9, p. 993-1009, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>
- Hanco, J., (2013). Cultivo de la quinua en puno-perú descripción, manejo y producción. obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/cultivo-quinua-puno-peru/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>
- Hernandez, 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.
- Hijmans, R., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *international journal of climatology*, 25(15), 1965-1978.
- Hutchinson, G., (1957). Concluding remarks. cold spring harbor symposia on quantitative biology 22:415-427.
- Jiménez, A., (2008). Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de auroaprendizaje con arcgis. méxico d.f, méxico : alfraomega grupo.
- Lopez, J. M., (2012). “Distribucion potencial de especies de la familia araliaceae de la region madidi”.pp 1-9.
- MAGAP., (2015). Análisis Sectorial Quinua. 3: pp 1-17
- Mckinney, M., (1997). Extinction vulnerability and selectivity:combining ecological and paleontological views.annual review of ecology and systematics 28:495-516
- Cogliatti, M., Heter, D., (2009). Perspectivas de producción de quinua en la región agrícola del centro de la provincia de buenos aires. pp 1-79.
- Morales, P., (2011). El coeficiente de correlación . obtenido de [http://www.unizar.es/ice/images/stories/materiales/curso\\_06\\_2016/01.%20documento%201%20\(correlaciones\).pdf](http://www.unizar.es/ice/images/stories/materiales/curso_06_2016/01.%20documento%201%20(correlaciones).pdf)
- Pando B., & Peñas de Giles J., (2007). Aplicación de Modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la península ibérica. *geofocus* 7: 100-119.
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R., (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *ecological modelling*, 190: 231-259.
- Phillips, S., Udik, M., (2008) Modeling of species distributions with maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, v. 31, p. 161-175.

- Phillips, S., Dudík, M., Elith, J., Graham, H., y Lehmann, A., (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for back-ground and pseudo-absence data. *ecological applications* 19: 181-197.
- Pita, S., & Pértega, S., (2007). Relación entre variables cuantitativas. *cad aten primaria*, 4, 141-4.
- 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.
- Scott, M., Heglund, J., Morrison, M., Haufler, J., Raphael, M., Wall, A. y Samson, F., (2002). Predicción de sucesos de especies: cuestiones de precisión y escala. *Prensa de la isla, washington*, 21: pp 219-228
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Senamhi. (2005). Escenarios de cambio climático en el Perú al 2050: pp 1-29
- Sutton, T., (2012). Importancia y uso del Qgis. 1-17
- Urbina, J., Cardona, N., y Castro, F., (2011). Distribución del nicho ecológico actual y Futuro de anfibios y reptiles invasores: competencias en las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en Colombia. Pp. 180-188.
- Varela, S., Ribeiro, S., Terribile, L., (2015). Una breve guía de las variables climáticas del último máximo glacial para biogeógrafos. 37: 001-8
- 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.
- Villar, B., (2014). Presencia de *Hydrochoerus hydrochaeris* (Hydrochoeridae, Rodentia, Mammalia) en la cuenca del río Carcarañá, Santa Fe, Argentina. Comentarios acerca de su conservación y biogeografía en Argentina. pp 1-8.
- Visauta, B., (2005). Análisis estadístico con SPSS windows (Vol I: Estadística Básica. Vol II: Estadística Multivariante). Madrid: McGraw Hill.

## 16. ANEXOS.

### Anexo 1: AVAL DEL ABSTRACT

16. ANEXOS



Anexo N° 1. Solicitud de Ingles.

### CENTRO DE IDIOMAS

### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural 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 Srta. Egresada de la Carrera de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **ASIPUELA HARO EVA CECILIA**, cuyo título versa, **“DETERMINACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE ÁREAS VULNERABLES A LA PRESENCIA DE MILDIÚ (*Peronospora farinosa*) DE LA QUINUA EN LAS ZONAS PRODUCTORAS DE COTOPAXI, 2017”**, 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 al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Agosto del 2017

Atentamente,

  
 .....  
**Lic. Marcelo Pacheco Pruna**  
**C.C.050261735-0**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**



## Anexo 2 : HOJA DE VIDA DEL TUTOR




Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Unidad de Administración de Talento Humano



FICHA SIITH								
DATOS PERSONALES								
NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANA	0501883920		llene si es extranjero	FRANCISCO HERNAN	CHANCUSIG	10/03/1973	SARGENTO DE RESERVA	CASADO
DISCAPACIDAD	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	MODALIDAD DE INGRESO	FECHA DEL PRIMER INGRESO AL SECTOR	FECHA DE INGRESO A LA INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO AL PUESTO	GENERO	TIPO DE SANGRE
NO			CONCURSO DE MEREcimientos Y O	01/09/2002	04/10/2004	04/10/2004	MASCULINO	ORH+
MODALIDAD DE INGRESO LA INSTITUCIÓN			FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº CONTRATO	CARGO	UNIDAD ADMINISTRATIVA	
ejemplo: ATO SERVICIOS PROFESIONALES								
CONTRATO SERVICIOS OCASIONALES								
NOMBRAMIENTO			28/01/2009			PROFESOR TITULAR AUXILIAR TIEMPO		RECTORADO
TELÉFONOS		DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
32690562	992742266	SUCRE	24 DE MAYO	S/N	A UNA CUADRA DEL CENTRO DE SALUD	COTOPAXI	LATACUNGA	GUAYTACAMA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA				
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA		
32266164	223	<a href="mailto:francisco.chancusig@utc.edu.ec">francisco.chancusig@utc.edu.ec</a>	<a href="mailto:f_chan2010@hotmail.com">f_chan2010@hotmail.com</a>	MESTIZO		SI		
CONTACTO DE EMERGENCIA				DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES				
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	NOMBRES	APELLIDOS	No. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA	FECHA		
32690562	998631007	SILVIA DEL PILAR	CASA GUAYTA	TERCERA	LATACUNGA	23/06/2011		
INFORMACIÓN BANCARIA			DATOS DEL CÓNYUGE O CONVIVIENTE					
NÚMERO DE CUENTA	TIPO DE CUENTA	INSTITUCIÓN FINANCIERA	APELLIDOS	NOMBRES	No. DE CÉDULA	TIPO DE RELACIÓN	TRABAJO	
60401002971	AHORRO	CACPECO	CASA GUAYTA	SILVIA DEL PILAR	0502525835	CONVIVIENTE	HOSPITAL PROVINCIAL LATACUNGA	
INFORMACIÓN DE HIJOS					FAMILIARES CON DISCAPACIDAD			
No. DE CÉDULA	FECHA DE NACIMIENTO	NOMBRES	APELLIDOS	NIVEL DE INSTRUCCIÓN	PARENTESCO	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	
0550413751	26/11/2009	DUCELIS FRANCISCO	CHANCUSIG CASA	EDUCACIÓN BÁSICA (3ER CURSO)	PADRE			
0550688642	10/09/2001	DAFNE ANAHI	CHANCUSIG CASA	BACHILLERATO	PADRE			

NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO (SENESCYT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAÍS
TERCER NIVEL	1020-02-179938	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTC	INGENIERO AGRONOMO		AGRICULTURA	10	SEMESTRES	ECUADOR
4TO NIVEL - MAERSTRÍA	1032-15-86062407	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL UTE	MAGISTER EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL		EDUCACIÓN	4	SEMESTRES	ECUADOR
4TO NIVEL - MAERSTRÍA		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE	MAGISTER EN AGRICULTURA SOSTENIBLE		AGRICULTURA	4	SEMESTRES	ECUADOR
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	
ENCUENTRO	ENCUENTRO DE EDUCACIÓN INTERCULTURAL BILINGÜE	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	8 HORAS	APROBACIÓN	27-oct-15	27-oct-15	ECUADOR	
TALLER	CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA Y METEOROLOGÍA	INGENIERO DESCENTRALIZADO	30 HORAS	APROBACIÓN	23-sep-15	25-sep-15	ECUADOR	
TALLER	IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	48 HORAS	APROBACIÓN	03-mar-15	11-jun-15	ECUADOR	
SEMINARIO	IDENTIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40 HORAS	APROBACIÓN	25-may-15	29-may-15	ECUADOR	
JORNADA	REUNIÓN COLABORATIVA EN LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	24 HORAS	APROBACIÓN	23-mar-15	25-mar-15	ECUADOR	
CURSO	MANEJO Y OPERATIVIDAD DEL MEDIDOR DE GASES DE EFUELO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40 HORAS	APROBACIÓN	04-nov-14	07-nov-14	ECUADOR	
SEMINARIO	USO DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40 HORAS	APROBACIÓN	22-sep-14	26-sep-14	ECUADOR	
SEMINARIO	AGROECOLOGÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	40 HORAS	APROBACIÓN	22-jul-14	26-jul-14	ECUADOR	
SEMINARIO	PERSPECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD ECUATORIANA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	16 HORAS	APROBACIÓN	14-jun-14	15-jun-14	ECUADOR	
SEMINARIO	CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y GENERO	SEGURO Y ASEGURAMIENTO DE	24 HORAS	APROBACIÓN	18-jun-14	20-jun-14	ECUADOR	
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	
UNIDAD EDUCATIVA SAN JOSÉ DE GUAYTACAMA	ÁREA DE CIENCIAS NATURALES	PROFESOR SECUNDARIO	PÚBLICA OTRA	01/09/2002	05/07/2011		RENUNCIA VOLUNTARIA FORMALMENTE PRESENTADA	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO	SEGUNDO VOCAL PRINCIPAL	PÚBLICA OTRA	27/07/2009	23/06/2010		POR REMOCIÓN	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO	PRIMER VOCAL PRINCIPAL	PÚBLICA OTRA	01/09/2010	28/09/2015		POR REMOCIÓN	
MISIÓN DEL PUESTO								
VARIABLE EN LOS MAS ALTOS NIVELES DEL CONOCIMIENTO								
ACTIVIDADES ESSENCIALES								
VINCULACION-INVESTIGACIÓN								

  
 FIRMA

## Anexo 3: HOJA DE VIDA DEL TUTOR

NACIONALIDAD		CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANA		172436415-1			EVA CECILIA	AIPUELA HARO	16/02/1991		SOLTERA
TELÉFONOS			DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	Nº	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	
2008-191	0988293115	EL MARCO			COMUNA SANTA ISABEL	PICHINCHA	QUITO	PINTAG	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA					
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA			
		<a href="mailto:eva.asipuela1@utc.edu.ec">eva.asipuela1@utc.edu.ec</a>	<a href="mailto:evis-baby@hotmail.com">evis-baby@hotmail.com</a>	MESTIZO					
FORMACIÓN ACADÉMICA									
NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO (SENESCYT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	PERIODO S APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAÍS	
SEGUNDO NIVEL		COLEGIO TÉCNICO HUMANÍSTICO GENERAL PINTAG	QUÍMICO BIÓLOGO		CIENCIAS EN QUÍMICA	6	AÑOS	ECUADOR	
TERCER NIVEL		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	INGENIERA AGRÓNOMA		AGRICULTURA	10	SEMESTRES	ECUADOR	

---

**FIRMA:**

**Anexo 4:** Presencia de Mildiu (*Peronospora farinosa*) en cultivos de quinua en zonas rurales de Cotopaxi



**Anexo 5 :** Recopilación de datos sobre Mildiu (*Peronospora farinosa*)



**Anexo 6:** Ataque de mildiu (*Peronospora farinosa*) en panojamiento del cultivo



**Anexo 7:** Encuesta al agricultor sobre el estado de los cultivos de quinua





**Anexo 8:** Encuesta al Agricultor sobre la afectación de la enfermedad a los cultivos



**Anexo 9:** Consecuencia de la presencia de Mildiu (*Peronospora farinosa*) en cultivos de quinua

