

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA GEÓGRAFA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CULTIVO DE PAPA  
(*Solanun tuberosum*) BAJO UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO AL AÑO  
2050 Y SUS POTENCIALES CONFLICTOS CON ÁREAS DEL SISTEMA  
NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP), BOSQUES PROTECTORES Y  
OTRAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN DEL CANTÓN MEJÍA

DANIELA ESTEFANIA MOSQUERA ARROYO

**DIRECTOR: JORGE CAMPAÑA**

QUITO, MARZO DEL 2018

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios por permitirme culminar una etapa más de mi vida, segundo a mi familia. Mis padres Jimena y Raúl por todo el amor y dedicación que me brindaron en toda esta etapa formativa, para realizar y poder culminar uno de mis sueños.

A mi hermano Raúl por siempre confiar en mis capacidades y no faltarme con sus palabras de aliento.

A mis abuelitos que siempre me enseñaron que todo sacrificio tiene su recompensa.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo pudo llevarse a cabo gracias a la dirección de Jorge Campaña, a quien agradezco infinitamente por toda su enseñanza y paciencia en este proceso.

Agradezco también a Andrés Merino, por la calidad de persona y el aporte de sus conocimientos en este trabajo.

A María Augusta Almeida por la paciencia y consejos a lo largo de este trabajo.

A mis amigos por todas sus palabras de aliento y apoyo en este proceso.

Finalmente quiero agradecer a Dios, a mis padres y mi hermano, a quienes les tengo una gratitud inmensa por haberme dado la sabiduría y la fuerza necesaria para cumplir mis metas.

# Índice General

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Justificación.....	2
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Planteamiento del problema.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Hipótesis.....	7
1.6. Marco teórico.....	7
1.6.1. Ecología espacial.....	7
1.6.2. Modelos.....	8
1.6.2.1. Modelos predictivos.....	8
1.7. Marco conceptual.....	10
1.7.1. Cambio climático.....	10
1.7.2. Clima.....	10
1.7.3. Temperatura.....	10
1.7.4. Precipitación.....	10
1.7.5. Variabilidad climática.....	11
1.7.6. Modelo climático.....	11
1.7.7. Upgma.....	11
1.7.8. Áreas climáticamente favorables.....	11
<b>CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>12</b>
2.1. Descripción general del área de estudio.....	13
2.2. Ubicación del área de estudio.....	14
2.3. Características físicas y socio económicas.....	14
2.3.1. Características físicas.....	14
2.3.1.1. Clima.....	14
2.3.1.2. Hidrografía.....	15
2.3.1.3. Geomorfología.....	15
2.3.1.4. Suelos.....	15
2.3.1.5. Uso y cobertura del suelo.....	16
2.3.1.6. Áreas protegidas y bosques protectores.....	16
2.3.2. Características socio económicas.....	17
2.4. Distribución del cultivo de papa en el Cantón Mejía.....	19
2.5. Principales parroquias de producción de papa.....	20
2.6. Estadísticas de producción de papa del Cantón Mejía.....	20
2.7. Limitación de los cultivos de papa.....	21

<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>23</b>
3.1. Obtención de datos de presencia del cultivo de papa.....	23
3.2. Determinación de variables.....	23
3.2.1. Clima.....	24
3.2.2. Tipos de uso de suelo.....	24
3.3. Elaboración del modelo bioclimático.....	26
3.3.1. Selección de variables.....	26
3.3.2. Upgma.....	27
3.3.2.1. Datos estandarizados.....	27
3.3.2.2. Datos no estandarizados.....	27
3.3.3. Matriz de correlación.....	27
3.3.4. Aplicación del modelo bioclimático.....	27
3.4 Determinación de las zonas futuras disponibles para el cultivo de papa en el año 2050.....	29
3.4.1. Elaboración del mapa final de las zonas disponibles para el cultivo de papa para el año 2050.....	29
 <b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	 <b>31</b>
4.1 Elaboración del modelo bioclimático.....	31
4.1.1. Selección de variables.....	31
4.1.1.1. Upgma.....	31
4.1.1.2. Matriz de correlación.....	32
4.1.1.3. Variables seleccionadas.....	32
4.1.2. Aplicación del modelo bioclimático.....	33
4.1.2.1. Idoneidad climática y distribución potencial.....	33
4.1.3. Validación estadística del modelo bioclimático.....	34
4.2 Determinación de las zonas de conflicto y zonas futuras disponibles para el cultivo de papa en el año 2050.....	35
 <b>5. DISCUSIÓN.....</b>	 <b>36</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Datos generales del Cantón Mejía.....	13
<b>Tabla 2:</b> Datos generales de temperatura y precipitación de Machachi .....	15
<b>Tabla 3:</b> Uso y cobertura del suelo del Cantón Mejía .....	20
<b>Tabla 4:</b> Áreas del SNAP y Bosques Protectores del Cantón Mejía.....	21
<b>Tabla 5:</b> Parroquias donde existe producción de papa en el Cantón Mejía.....	21
<b>Tabla 6:</b> Factores que influyen en el cultivo de papa. ....	21
<b>Tabla 7:</b> Otros factores que influyen en el cultivo de papa .....	22
<b>Tabla 8:</b> Variables Bioclimáticas.....	24
<b>Tabla 9:</b> Tipos de suelos del Cantón Mejía. ....	26
<b>Tabla 10:</b> Variables seleccionadas para el modelo de cultivo de papa.....	33
<b>Tabla 11:</b> Validación estadística del modelo bioclimático para el cultivo de papa.....	34

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Mapa de ubicación del Cantón Mejía .....	12
<b>Figura 2:</b> Población activa económicamente del Cantón Mejía. ....	18
<b>Figura 3:</b> Rendimiento del Cantón Mejía en el cultivo de la papa. ....	20
<b>Figura 4:</b> Esquema de selección de áreas disponibles para el cultivo de papa para el año 2050 .....	29
<b>Figura 5:</b> Resultado del UPGMA para el cultivo de papa.....	31
<b>Figura 6:</b> Matriz de correlación para el cultivo de papa. ....	32

## Índice de Anexos

<b>Anexo I.</b> Tabla de localidades de cultivo actual de papa en el cantón Mejía .....	47
<b>Anexo II.</b> Mapa de ubicación de las zonas de cultivo de papa actual.....	53
<b>Anexo III.</b> Mapa de uso actual del suelo en el cantón Mejía. ....	54
<b>Anexo IV.</b> Mapa de idoneidad climática actual para el cultivo de papa en el cantón Mejía. ....	55
<b>Anexo V.</b> Mapa de SNAP y Bosques protectores y zonas idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el 2050 en el cantón Mejía. ....	55
<b>Anexo VI.</b> Mapa de idoneidad climática para el cultivo de papa en el año 2050 en el cantón Mejía. ....	56

## **Acrónimos**

Listado alfabético de los acrónimos utilizado en la tesis.

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

AUC: Área bajo la curva

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

GEI: Gases de Efecto invernadero

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

GAD MEJÍA: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Mejía

UPGMA: Agrupamiento pareado no ponderado utilizando media aritmética

FAO: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

IEE: Instituto Espacial Ecuatoriano

PLVR: Virus del enrollamiento de la hoja de papa

AFOLU: Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo

## **Símbolos**

A continuación, se listan los símbolos empleados en la tesis.

Símbolo: Significado

mm: Milímetros

ha: Hectáreas

km<sup>2</sup>: Kilómetros cuadrados

km: Kilómetros

Tm/ha: Toneladas métricas por hectárea

cm: Centímetros

pH: Potencial de hidrogeno

g/cm<sup>3</sup>: gramos/centímetros cúbicos

dS/m: decisiemens por metro

## Resumen

El cultivo de papa (*Solanun tuberosum*) es una de las principales actividades económicas del cantón Mejía, por lo cual, el principal impacto de esta disertación es el análisis de la distribución potencial del cultivo de papa bajo un escenario de cambio climático posible al año 2050, y cómo podría ésta afectar a las áreas del SNAP, bosques protectores y otras áreas de conservación del Cantón Mejía. Con este estudio se pretende dar a conocer los posibles inconvenientes que puede sufrir el cultivo de papa en el Cantón Mejía, perteneciente a la Provincia de Pichincha. Se podrá conocer si existen áreas con riesgos a cambios de condiciones ambientales, de forma tal que se puedan ir buscando alternativas y soluciones a estos problemas, para que al paso de los años el cambio climático afecte lo menos posible el cultivo de este tubérculo tan importante y necesario para la alimentación de la población de este Cantón. Se generó un modelo basado en el algoritmo de Máxima entropía (MaxEnt). El modelo obtuvo un valor de AUC de 0,97151 que indicó que el modelo es confiable. En cuanto a los mapas de idoneidad climática tenemos que para el periodo actual el modelo arrojó que el 48% del territorio del cantón Mejía es apto climáticamente para el cultivo de papa, es decir aproximadamente 67.970 hectáreas, pero se tiene que el cultivo aproximado es solo de 1.367 hectáreas. La mayoría del área de las parroquias del cantón Mejía, excepto la parroquia Manuel Cornejo Astorga, según el modelo MaxEnt, presentan condiciones favorables para el cultivo de papa. Para el año 2050 tenemos que existe una reducción del 80,5% del área idónea para el cultivo de papa y si se considera que las zonas pertenecientes al SNAP, bosques protectores y uso del terreno actual se mantienen entonces la reducción sería de 96% por lo cual si se cumplen las predicciones climáticas para el 2050 utilizada en este estudio se tendrán una disyuntiva si usar o no las áreas SNAP. Esta disertación puede servir como base para tomar decisiones en cuanto al conflicto de uso de suelo que se presenta con las áreas del SNAP, y de esa manera utilizar esta herramienta para guiar acciones en el uso de suelo.

## Abstract

The cultivation of potatoes (*Solanun tuberosum*) is one of the main economic activities of the canton of Mejía. Therefore, the main topic of this dissertation is the analysis of the potential distribution of the potato crop under a possible climate change scenario by the year 2050; as well as how this issue could affect certain areas such as: The SNAP, the protective forests and other conservation areas of the Mejía Canton. This study aims to raise awareness of the possible problems that the potato cultivation activity in The Canton Mejía, belonging to the Province of Pichincha, can suffer. Through this research, it will become possible to know if there are areas with risks to changes in environmental conditions, so that alternatives and solutions to these problems can be found, and thus, over the years, the climate change would affect as little as possible the cultivation of this important tuber which is extremely necessary to the people from this area. A model based on the Max entropy algorithm (MaxEnt) was generated. The model obtained an AUC value of 0.97151 that indicated that the model is reliable. As for the weather suitability maps we have for the current period, the model showed that 48% of the territory of the canton Mejía is climatically suitable for the cultivation of potatoes, that is approximately 67.970 hectares, but the current approximate crop is only of 1.367 hectares. According to the MaxEnt model, the majority of the area of the Canton Mejia presents favorable conditions for the cultivation of potatoes, except for the Manuel Cornejo Astorga parish. By the year 2050, there will be an 80.5% reduction in the ideal area for growing potatoes and if we consider that the zones belonging to the SNAP, the protective forests and current land use are maintained, then the reduction would be 96%. For this reason, if the climate predictions for 2050 used in this study are met, there will be a dilemma whether or not to use the SNAP areas. This dissertation can serve as a basis for making decisions regarding the conflict of land use that occurs with the areas of the SNAP, and at the same time to make use of this tool in order to guide actions in the use of land.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Tanto científicos como productores agrícolas han apreciado un incremento del estrés hídrico, variación en la intensidad de heladas, granizadas y lluvias, también nevadas más frecuentes a altitudes elevadas, vinculadas claramente con el cambio climático (Wenger, 2008).

“La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta que concierne a la familia de las solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles” (Ballon, 2003). Dicho tubérculo ha sido uno de los productos base de la alimentación de los ecuatorianos debido a su diversidad (Campoverde, 2013).

La papa, es uno de los ingresos más relevantes de los sistemas de producción de la Sierra ecuatoriana, así como establece una fuente significativa de alimentación e ingresos para las familias campesinas. Se estima que el 7 % de la población económicamente activa del país, tiene al cultivo de papa como su principal medio de ingreso, alrededor de 375.000 personas dependen directa e indirectamente de este tubérculo para su subsistencia (Reinoso, 2013).

En Ecuador este cultivo se encuentra establecido dentro de los de mayor importancia para la economía campesina. Cientos de familias dependen en sus ingresos de este cultivo. Además, es posible asegurar que la papa es piedra angular en la seguridad alimentaria en la Sierra del país (Devaux, 2011).

La papa es un alimento nutritivo que conlleva funciones energéticas ya que presenta un alto contenido en almidón, así como también funciones reguladoras del organismo por su alto porcentaje contenido en vitaminas, minerales y fibra. Además, posee un buen contenido de proteínas, las mismas que tienen un valor biológico relativamente alto en los alimentos de origen vegetal (Suquilanda, 2013).

La producción agrícola ha, contribuido al cambio climático; aproximadamente, el 15% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero son ocasionadas por la agricultura. Un 11% es ocasionado por la deforestación, con el propósito de convertir los bosques en tierras agrícolas. Las emisiones de (CO<sub>2</sub>) derivadas de la agricultura son

ocasionadas por el uso de combustibles fósiles empleadas para la labranza y por la quema de residuos de cultivos (Wenger, 2008).

El sector agropecuario, la silvicultura y los diferentes usos del suelo (AFOLU en inglés) son factores causantes de alrededor (~10-12GtCO<sub>2</sub> eq/año) de las emisiones GEI causadas por la producción agrícola provenientes del suelo, la ganadería, la deforestación y la gestión de nutrientes. Los nuevos estimados muestran una reducción de los flujos de CO<sub>2</sub>, debido a la deforestación decreciente y la mayor forestación. Las proyecciones indican que, a futuro, se reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub> de referencia anuales de la AFOLU; en el año 2050 la cantidad de emisiones podrá ser menor que el nivel del año 2010 y con probabilidades de que los sectores de la AFOLU pasen a ser, sumideros de CO<sub>2</sub> antes de final de siglo (IPCC, 2014).

Con la presente investigación se pretende analizar, la distribución potencial de la papa en el Cantón Mejía, perteneciente a la Provincia de Pichincha, teniendo en cuenta el cambio climático al que el medio ambiente se ve enfrentado actualmente. La hipótesis planteada para este trabajo es que, con el análisis de la distribución del cultivo de papa actual y futuro bajo el escenario de cambio climático, se podrá conocer los potenciales conflictos con áreas del SNAP bosques protectores y áreas de conservación.

## **1.1. JUSTIFICACIÓN**

La producción de papa en Ecuador se dispersa en tres zonas geográficas: norte, centro y sur de la región sierra. Las diferencias agroecológicas están determinadas no por la latitud, sino por las relaciones entre clima, fisiografía y altura. En la sierra el cultivo se origina en zonas templadas a frías con un rango de temperatura de 6° a 18°C y una precipitación de 600 a 1.200 mm. Este cultivo se desarrolla de mejor manera en suelos francos, bien drenados, húmidos y adecuadamente abastecidos de materia orgánica y nutriente. Aunque actualmente el cultivo se origine en los valles bajos, debido a presión demográfica, la tendencia futura es un desplazamiento hacia el páramo, llevando así al deterioro ambiental y el riesgo de pérdida del cultivo por heladas (Pumisacho, 2012).

El fenómeno del cambio climático es un tema que se viene estudiando por décadas debido a los evidentes cambios en los patrones climáticos producto del calentamiento global y efecto invernadero (Bascopé, 2013). El aumento no limitado de las emisiones de gases de

efecto invernadero en la atmósfera conlleva al aumento de la temperatura del planeta, lo cual trae consigo efectos como el derretimiento de glaciares, el aumento de las precipitaciones y de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos, y modificaciones en las estaciones del clima (Gerald, Rosegrant, & Jawoo, 2009).

La concentración de CO<sub>2</sub>, la radiación solar, la disponibilidad de agua y temperatura son algunas de las principales variables del clima que perjudican a la agricultura (Piqueras, 2007). Con los años se ha hecho evidente que el clima cada vez más va variando, modificándose e influyendo negativamente sobre todos los factores de la sociedad, en este caso crucialmente sobre los cultivos en el Ecuador.

Según los últimos estudios realizados a nivel nacional, se prevé que hacia 2050, Ecuador no sólo sea un país más caluroso, sino también menos lluvioso y con más días nublados (Bascopé, 2013). La influencia que ha presentado el cambio climático en los diferentes sectores económicos, principalmente en los países en vías de desarrollo, los cuales tienen mayor vulnerabilidad y menor resiliencia en su población, ha sido una de las mayores preocupaciones a nivel mundial ya que ha traído consigo efectos negativos como las inundaciones, olas de calor, sequías entre otros (Fernández, 2013). Proyecciones de cambio climático en Ecuador demuestran una variación de temperatura y pluviosidad, lo cual incrementaría la vulnerabilidad de la economía ecuatoriana, y de los ecosistemas ricos en biodiversidad (Noboa, 2012).

El cambio climático tiene un efecto de doble vía en la agricultura, uno de ellos es que altera el ciclo biológico del cultivo también proporciona condiciones favorables para el desarrollo de plagas y enfermedades; cada uno de los efectos que presentará el cambio climático se verá reflejado dependiendo de varios factores de cada país como es el clima, la topografía, tipo de suelo, disponibilidad del recurso hídrico, tipo de cultivo, entre otros, los cuales pondrán en riesgo la seguridad alimentaria de la población (Agronomía, 2008).

Impactos negativos en la agricultura se verán evidenciados en efectos como en el déficit del desarrollo vegetativo, rendimiento y sanidad de cultivos, principalmente por el desarrollo de plagas en condiciones de sequía (región andina) y enfermedades en condiciones lluviosas (Vargas, 2009).

El principal aporte de esta disertación es el análisis de la distribución potencial del cultivo de papa bajo un escenario de cambio climático posible al año 2050, y cómo podría este

afectar a las áreas del SNAP, bosques protectores y otras áreas de conservación del Cantón Mejía. Con dicho estudio se pretende dar a conocer los posibles cambios en la distribución basada en el clima y como puede verse afectado el cultivo de papa en el Cantón Mejía. Se podrá contribuir si existen áreas con riesgos a cambios de condiciones ambientales de tal forma que se puedan ir buscando alternativas y soluciones a estos problemas, para que al paso de los años el cambio climático afecte lo menos posible el cultivo de este tubérculo tan importante y necesario para la alimentación de la población de este Cantón.

## **1.2. ANTECEDENTES**

El estudio de Cáceres (2012), realizó la determinación del riesgo agroclimático y socioeconómico en las zonas productoras de la papa en la provincia del Carchi e indica que por efecto del cambio climático en el sector agrícola y las áreas destinadas a los mismos se verían afectados en un futuro cercano, ya que su uso sufriría algunos cambios generando así problemas ambientales.

Por otro lado, un estudio realizado en Perú, indica que los efectos y amenazas que presenta el cambio climático en la agricultura principalmente, es la sanidad de cultivos, ya que esto involucra crecimiento de las plagas en los mismos; incremento en el costo de los cultivos ya que su producción es baja. Así como el Fenómeno del Niño en el año 1997-1998 tuvo un impacto negativo en la agricultura afectando el rendimiento de los principales productos agrícolas como son: la papa, el maíz amiláceo, maíz amarillo duro, la cebada grano, el arroz y el plátano (Vargas, 2009).

Esto también se ve evidenciado en un estudio en Costa Rica, el cual indica que al tener alteraciones en el clima la producción tendría una reconfiguración en los cultivos y por ello la intensidad con la que se usan los suelos se vería alterada. El estudio se realizó con cultivos: de arroz, papa, frijol y café dando como resultado que en el arroz la menor precipitación pluvial o las temperaturas altas inciden de manera negativa en su rendimiento, en lo que se refiere al frijol y la papa, los incrementos en la temperatura también constituyen el principal factor en la disminución de sus rendimientos (Ordaz, Ramirez, Mora, Acosta, & Serna, 2010).

En el caso específico de la papa, la repetición cada vez mayor de los fenómenos extremos como las heladas, nevadas, intensas lluvias y aumento de la T<sup>a</sup> son interpretados claramente como efectos que trae consigo el cambio climático (Alonso, 2014).

Un informe del Panel Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático establece que el calentamiento global está aquí, es causado por el ser humano y ya puede ser considerado como peligroso y posiblemente irreversible (Field, 2014). Las proyecciones del IPCC avizoran que en el año 2100 la temperatura del planeta habrá subido entre 1,8 y 4 °C, según las regiones, debido al aumento de gases de efecto invernadero. Se pronostica que esto tendrá graves consecuencias para el medio ambiente y la humanidad, ya que, según se asegura, el umbral crítico de aumento de la temperatura es de alrededor de 2 °C (Sinchi, 2015).

Los datos observados de temperatura en latinoamericana, indicados en el Quinto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, dan a conocer un incremento de 0,7 °C a 1 °C desde 1970. El cambio climático ha dado efectos negativos como: retroceso de los glaciares andinos, disponibilidad de agua insuficiente, daños en la salud humana, también como enfermedades en lugares donde no existían. De acuerdo a datos del 2012, uno de los factores principales de emisiones GEI en el país pertenecen al consumo de energía con un (46,63%), el cambio de uso de suelo y los sistemas silviculturales con un (25,35%). Los hábitos de alimentación, así como la producción y la incorporación de BPA (buenas prácticas agrícolas) son factores primordiales que influyen en las emisiones del sector agropecuario, el mismo que tiene el tercer lugar en las emisiones de GEI con un (18,17%). La generación de residuos forma parte de las emisiones con un (4,19%). Los impactos de efectos climáticos como: la vulnerabilidad al cambio climático es determinado por: la sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación de las sociedades (Ministerio del Ambiente, 2017).

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Reducir el impacto y adaptarse a los cambios del clima en la agricultura no es fácil ya que este es uno de los sectores más dependientes de las variables climáticas: temperaturas extremas, alternancia térmica, sequías prolongadas o heladas intensas; la proliferación de plagas y enfermedades; el desplazamiento de zonas productivas y menores rendimientos son escenarios que trae consigo el cambio climático a la agricultura (Redagrícola, 2016).

El Cantón Mejía se encuentra ubicado al sur-oriente de la Provincia de Pichincha de la República del Ecuador, cuenta con una superficie de 1.410,82 km<sup>2</sup> (GAD MEJÍA, 2014).

El 2,09% del cantón lo constituye el sector agrícola, el cual abarca una superficie de 2.206,96 ha, las cuales están cultivadas en su mayoría por cultivos de: ciclo corto, semipermanentes, permanentes y otras tierras agrícolas. Es caracterizado como uno de los grandes cantones agrícolas por la riqueza de los suelos volcánicos y la abundante presencia de recursos hídricos (GAD MEJÍA, 2014).

Dentro del cantón Mejía se encuentran parcelas de pequeños y medianos propietarios, los cuales son productores principalmente de maíz, habas, hortalizas y papa con una producción de 2.300 ha al año, las mismas que son destinados al mercado local y nacional (GAD MEJÍA, 2014).

Es por ello que el suelo de uso agrícola del cantón constituye la fuente de alimentación y comercio de la familia mejiense, con sus principales cultivos como es la papa, el maíz y también cultivos de ciclo corto como: haba, chocho y hortalizas (GAD MEJÍA, 2014).

El cultivo de la papa se encuentra en su mayoría en el sur y centro siendo el caso: Aloasí, El Chaupi, Aloag, Machachi y Uyumbicho entre otros, este cultivo abarca una superficie de 1.367,67 ha, que equivalen al 1,30 % de la extensión del cantón (López, 2013).

Por lo tanto, los efectos que tendría el cambio climático en estos suelos del Cantón Mejía afectarían considerablemente los beneficios económicos y alimenticios que este le proporciona a cada uno de los agricultores.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Estimar la distribución potencial del cultivo de papa (*Solanun tuberosum*) en el Cantón Mejía, su variación en un escenario del cambio climático al 2050 y los posibles conflictos con las áreas del SNAP, bosques protectores y otras áreas de conservación del Cantón Mejía.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar áreas actuales del cultivo de papa (*Solanun tuberosum*) en el Cantón Mejía.
- Desarrollar un modelo presente y futuro de la distribución potencial del cultivo de papa (*Solanun tuberosum*) en el Cantón Mejía.
- Analizar las distribuciones potenciales presentes y futuras del cultivo de papa en el Cantón Mejía.
- Identificar zonas aptas para el cultivo de papa en el futuro que podrían entrar en conflicto con las áreas del SNAP, bosques protectores y otras áreas de conservación del Cantón Mejía.

## **1.5. HIPÓTESIS**

Con el análisis de la distribución del cultivo de papa actual y futuro bajo el escenario de cambio climático, se podrá conocer los potenciales conflictos con áreas del SNAP bosques protectores y áreas de conservación del Cantón Mejía.

## **1.6. MARCO TEÓRICO**

### **1.6.1. Ecología Espacial**

Las últimas investigaciones en ecología y otras disciplinas en común han tenido una importancia de los estudios que tratan temas específicos de la dimensión espacial, por tal motivo la ecología espacial es una de las áreas activas y dinámicas en la ecología contemporánea. Uno de sus objetivos principales tiene que ver con la relación de la heterogeneidad espacial y la escala en la que se dan estos distintos procesos y por consiguiente llevar un análisis de la estructura espacial de la población. Por tal motivo, la

mayor dificultad que presenta la ecología espacial es su carácter interdisciplinar, por lo que en la mayoría de los casos obstaculiza la promulgación, dificulta la elaboración de material didáctico y el intercambio de métodos entre disciplinas. Esto se puede apreciar al considerar el incremento de información relacionada con el ambiente físico y socioeconómico (Maestre, 2008).

El estudio de la distribución de los seres vivos teniendo en cuenta su relación con el espacio y los últimos procesos ecológicos es realizado a cabo por la ecología espacial, la cual pertenece a una parte de la ecología que se encarga del estudio para analizar y comprender la dinámica de comunidades y poblaciones de organismos como efecto de los diferentes cambios en el entorno espacial (Dávalos, 2014).

El espacio constituye un recurso limitado que resulta crucial para que una especie pueda persistir en el tiempo a través de un proceso de dispersión (Rai, 2013). Por esta razón, deben apoyarse en el estudio y entendimiento de la dinámica paisajística y espacial, las acciones de conservación como la fragmentación y pérdida del hábitat, para poder diseñar estrategias que sostengan los procesos ecológicos y evolutivos en perpetuidad (Santamaría, 2006). Esta dinámica, en ocasiones puede ser poco visible, de tal forma, que para analizarse, necesita del uso de herramientas técnicas, y más aún cuando la escala temporal o espacial hace que un experimento o estudio no sea factible, en este último caso se utilizan aproximaciones de la realidad llamadas modelos (Pino, 2017).

## **1.6.2. Modelos**

Los modelos en ciencias como la geografía y la ecología son muy aplicables, desde la ilustración de una idea hasta la medición de las situaciones difíciles de la realidad. Su elaboración puede aportar al desarrollo y comprobación de hipótesis, al diseño de experimentos, a la construcción de herramientas estadísticas, a la guía de planes de manejo y al diseño de predicciones (Neuhauser, 2001).

### **1.6.2.1. Modelos predictivos**

Realizar predicciones en situaciones de gestión del ambiente y manejo de vida silvestre necesita de modelos con un alto nivel de detalle y realismo, por ejemplo, cuando se

investigan qué áreas necesitan ser preservadas para asegurar la prevalencia de una especie en peligro (Thompson, 2007). Los modelos que permiten determinar la distribución potencial de un ser vivo basándose en la relación especie – ambiente se han denominado modelos de distribución de especies (Torres & Jayat, 2010).

Generalmente, el proceso de diseño de modelos predictivos de distribución de especies se inicia con el análisis de un concepto ecológico, el cual constituirá la base teórica para desarrollar el modelo. Más adelante, se selecciona una escala espacial adecuada y un conjunto de variables que serán el insumo fundamental para ejecutar la predicción (Siles, 2004). La información recolectada tiene cuatro posibles fuentes: mapas impresos o digitales, estudios y observaciones de campo, fotografías aéreas, datos de sensores remotos como tomas satelitales y mapas resultantes de procesamiento en Sistemas de Información Geográfica (Lobo, 2003).

Cuantificar las relaciones entre las especies y el ambiente habitado por estas, han significado una pieza fundamental en ecología. Los modelos geográficos contribuyen a la evaluación del impacto de los cambios en el espacio sobre la distribución de organismos (Lobo, 2003).

Los métodos de modelos predictivos solamente requieren un conjunto de ocurrencias conocidas junto con variables de predicción tales como variables topográficas, climáticas, edáficas, biogeográficas y de detección remota (Phillips & Dudík, 2008). Dichos modelos predictivos aportan también como una herramienta popular para predecir las distribuciones de especies, ya que se consideran capaces de manejar bien los datos dispersos, muestreados de forma irregular y los errores menores de ubicación (Kramer & Wiltings, 2013).

## **1.7. MARCO CONCEPTUAL**

Los conceptos que se manejarán en esta investigación, y tomando en cuenta la temática en sí, son los siguientes:

### **1.7.1. Cambio Climático**

Según López (2009), el cambio climático es definido como la variación estadística importante en el estado promedio del clima que se mantiene por un periodo prolongado, el mismo que puede ser ocasionado por procesos naturales o antrópicos.

Por otro lado, el Panel Intergubernamental define al cambio climático como alteraciones del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima (IPCC, 2001).

### **1.7.2. Clima**

Se define el clima, como el grupo de los estados atmosféricos sobre una determinada región, es decir, así el clima está referido a un período suficientemente largo, teniendo en cuenta las variaciones periódicas y aperiódicas que se producen, y el desarrollo normal del tiempo meteorológico en el transcurso del año, en un lugar, región, continente, hemisferio o planeta, es por ello que el clima condiciona las actividades del hombre (Almorox, 2011).

### **1.7.3. Temperatura**

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia, como lo que medimos en sus movimientos medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño (Hermans, 2011).

### **1.7.4. Precipitación**

Se entiende por precipitación el producto de la condensación del vapor de agua que se coloca en la superficie de la Tierra, la precipitación que se produce en la superficie de la

tierra puede producirse en diferentes formas las cuales son: lluvia, llovizna, lluvia congelada, nieve, granizo (Pérez, 2010).

#### **1.7.5. Variabilidad climática**

Se entiende por variabilidad climática a las transiciones del estado medio y a otras características estadísticas tales como: la desviación y sucesos extremos, entre otros. La variabilidad puede producirse por fenómenos naturales del sistema climático o variaciones de forzamiento externas (Argeñal, 2010).

#### **1.7.6. Modelo climático**

Son representaciones numéricas del sistema climático fundamentadas en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus elementos, en sus interacciones y procesos y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas, los modelos climáticos son utilizados como una herramienta de investigación para simular y estudiar el clima (Argeñal, 2010).

#### **1.7.7. UPGMA**

El UPGMA (Agrupamiento Pareado no Ponderado Utilizando Media Aritmética, por sus siglas en inglés) es un modelo estadístico que consiste en agrupar las variables en pares que muestren cierta similitud entre sí, de tal manera que se puedan descartar las que sean muy parecidas y no afecten significativamente al resultado (Dávalos, 2014).

#### **1.7.8. Áreas climáticamente favorables**

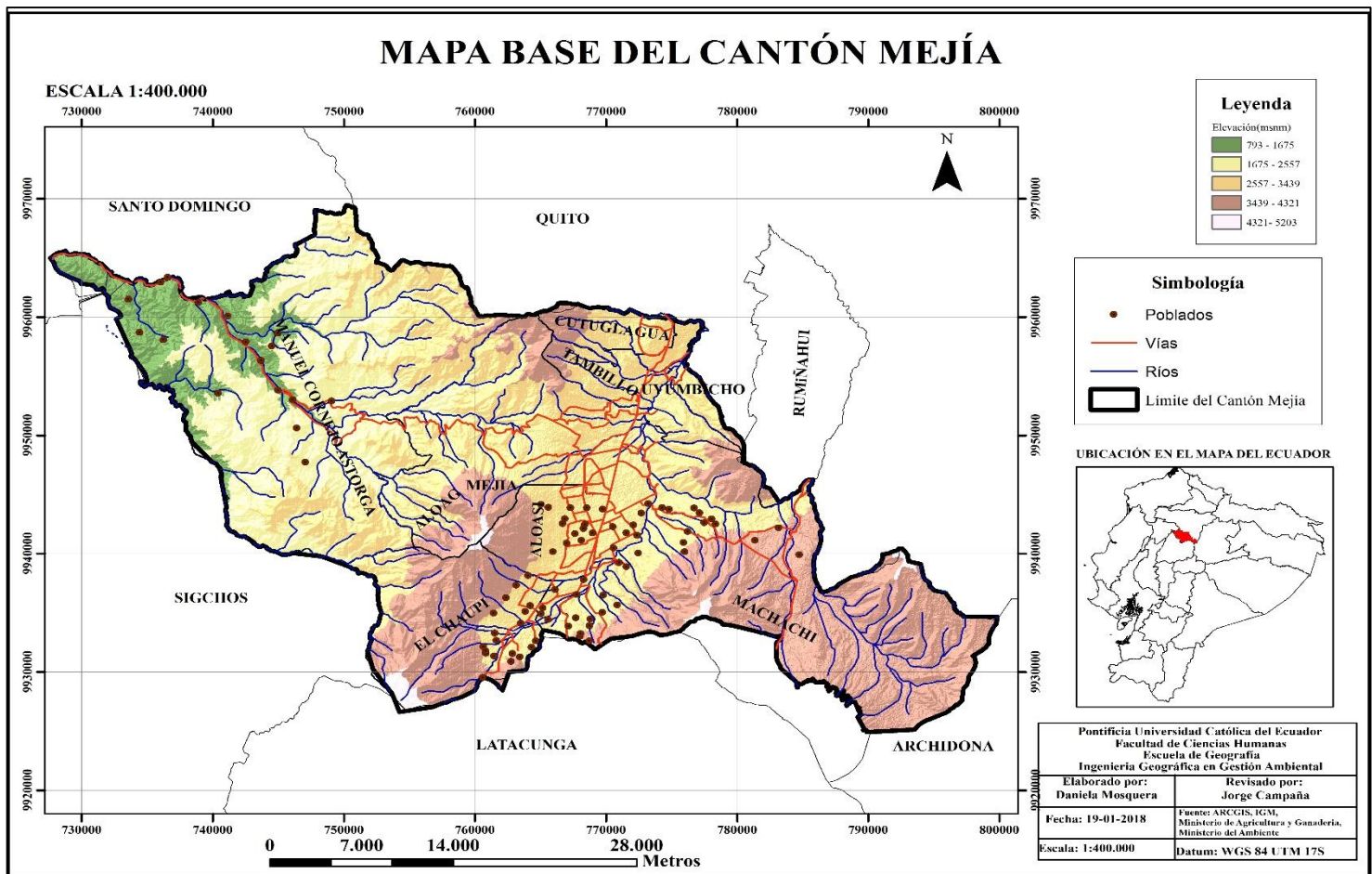
Son aquellas zonas donde se incrementa de manera sostenible la productividad, la resiliencia (adaptación), reduce/elimina GEI (mitigación) y fortalece los logros de metas nacionales de desarrollo y de seguridad alimentaria (FAO, 2010).

## CAPÍTULO II

### 2. ÁREA DE ESTUDIO

El cantón Mejía está ubicado al sur-oriente de la provincia de Pichincha, a tan solo 45 minutos de la ciudad de Quito, Capital del Ecuador. Se asienta majestuosamente en un valle de suelo fértil, envuelto de una infinidad de paisajes naturales entre montañas y nevados, que lo convierten en un maravilloso lugar visitado por turistas nacionales e internacionales. Mejía fue creado, mediante Decreto Oficial, el 23 de julio de 1883 y lleva su nombre en honor al ilustre quiteño José Mejía Lequerica. Está conformado por su Cabecera Cantonal, Machachi, y siete parroquias rurales: Alóag, Aloasí, Cutuglagua, El Chaupi, Manuel Cornejo Astorga (Tandapi), Tambillo y Uyumbicho (GAD MEJÍA, 2014).

Figura 1: Mapa de Ubicación del Cantón Mejía



Elaboración: El Autor

Fuente: (MAGAP, 2013)

## 2.1. Descripción general del área de estudio

**Tabla 1:** Datos generales del Cantón Mejía

<b>Superficie</b>	
• Total	1476 km <sup>2</sup>
<b>Altitud</b>	
• Media	3.163 msnm
• Máxima	5.126 msnm
• Mínima	1.200 msnm
<b>Temperatura</b>	
• Media	11,9 °C
• Máxima	121,5 °C
• Mínima	1,8 °C
<b>Precipitación</b>	
	Promedio 131 mm/mensual
<b>Humedad relativa</b>	
	77,6 % promedio
<b>Población (2012)</b>	
• Total	81.335 hab.
• Densidad	55,11 hab/km <sup>2</sup>

**Fuente:** (GAD MEJÍA, 2014)

El cantón Mejía históricamente se ha caracterizado por ser agrícola y ganadero. Según el Plan Estratégico Participativo Institucional 2012 la agricultura es la actividad fundamental de pequeños y medianos propietarios existiendo una agricultura extensiva dedicada a la agro exportación de brócoli, flores, entre otros (López, 2013). La distribución de la tierra posee una concentración alta en pocas manos, ya que el 56,91 % de las unidades de producción son menores a una hectárea y representan apenas el 0,87%; mientras que existen unidades con una superficie de más de 200 hectáreas y constituyen el 45 % del área total del cantón (López, 2013). La papa se encuentra entre sus productos principales.

El Cantón se conforma por 8 parroquias, una es urbana y siete rurales. La urbana es la cabecera cantonal, Santiago de Machachi. Las parroquias rurales son: Manuel C. Astorga, Tambillo, Uyumbicho, Aloasí, Alóag, El Chaupi y Cutuglagua. Cuenta en su conjunto con una población total de 81.335 habitantes (GAD MEJÍA, 2014).

## **2.2. Ubicación del área de estudio**

El área de estudio comprende el Cantón Mejía, que al norte limita con el cantón Rumiñahui, el Distrito Metropolitano de Quito, y la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Al este con el cantón Archidona de la provincia de Napo, al sur con el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi, y al oeste con el cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi y la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas (Gobierno Municipal del Cantón de Mejía, 2012).

Su ubicación es crucial y estratégica, ya que constituye un punto de integración regional: Costa – Sierra – Oriente, en nudos de interconexión cruciales a nivel nacional como es el sector de Alóag (Municipalidad de Mejía, 2003).

## **2.3. Características físicas y socio económicas**

### **2.3.1. Características físicas**

#### **2.3.1.1. Clima**

Debido a las diferencias de altitud, a su localización geográfica y orientación, el clima de esta región fluctúa desde húmedo tropical hasta los denominados climas de altura, en el caso del clima del área de estudio es frío y húmedo. En cuanto a los registros térmicos, la temperatura anual media es de 12,6 °C, con una oscilación de temperatura máxima promedio de 29,9 °C y una mínima de 6 a 0 °C (Zapperi, 2009).

**Tabla 2:** Datos generales de temperatura y precipitación de Machachi

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	12.5	12.3	12.3	12.4	12.6	12	12.2	12.2	12.4	12.2	12.2	12.4
Temperatura mín. (°C)	6.1	6.2	6.3	6.5	6.5	5.7	5.6	5.5	5.7	5.7	5.6	6
Temperatura máx. (°C)	18.9	18.5	18.3	18.3	18.7	18.3	18.8	19	19.1	18.8	18.8	18.9
Temperatura media (°F)	54.5	54.1	54.1	54.3	54.7	53.6	54.0	54.0	54.3	54.0	54.0	54.3
Temperatura mín. (°F)	43.0	43.2	43.3	43.7	43.7	42.3	42.1	41.9	42.3	42.3	42.1	42.8
Temperatura máx. (°F)	66.0	65.3	64.9	64.9	65.7	64.9	65.8	66.2	66.4	65.8	65.8	66.0
Precipitación (mm)	95	118	134	124	84	59	29	41	74	97	97	91

**Fuente:** (Climate-Data, 2017).

### 2.3.1.2. Hidrografía

El cantón cuenta con un número estimable de ríos que proviene de las vertientes naturales originadas en los nevados y páramos del cantón. En el sector oriental se aprecia la micro cuenca del Río San Pedro perteneciente a la sub-cuenca del río Guayllabamba, el mismo que es alimentado por los deshielos y vertientes de los volcanes, Atacazo, Corazón, Ilinizas, Rumiñahui, Sincholagua, Pasochoa y Cotopaxi, el área de la micro cuenca asciende aproximadamente 1.512 km<sup>2</sup>, con una longitud de 99 km de río y una pendiente del 4% (Municipalidad de Mejía, 2015).

### 2.3.1.3. Geomorfología

La franja oriental en general es plana, con una pendiente promedio del 3 %, interrumpido por rasgos geomorfológicos destacados, al oeste su morfología es abrupta, predominan pendientes mayores de 30 % (Municipalidad de Mejía, 2015).

### 2.3.1.4. Suelos

En este cantón se encuentran suelos arenosos derivados de materiales piro clásticos poco meteorizados, sin evidencia de limo, baja retención de humedad, con más de 1 % de matriz orgánica, con presencia de arena muy fina y a veces con incremento de arcilla en profundidad, tienen una gran capacidad de retención de agua, saturación de bases < 50%, generalmente de color negro, profundos, suelos limosos de áreas de humedad moderadas y humedad moderadas (Zapperi, 2009).

### 2.3.1.5. Uso y cobertura del suelo

Del total de la superficie del uso del suelo en el Cantón Mejía, un gran porcentaje está destinado al uso de bosque, pasto y paramo, seguido por el uso agrícola con cultivos de ciclo corto, semipermanentes, permanentes y otras tierras agrícolas, también el uso pecuario, de hecho, es considerado como uno de los cantones agrícolas y ganaderos de la provincia de Pichincha. El uso antrópico constituye una gran superficie del cantón el 1,80%, y finalmente el 0,12% del territorio conformado por los cuerpos de agua (GAD MEJÍA, 2014).

**Tabla 3:** Uso y cobertura del suelo del Cantón Mejía

<b>Uso del suelo</b>	<b>Hectáreas(ha)</b>	<b>%</b>
<b>Uso bioacuático</b>	1,302	0,00
<b>Uso recreacional y turístico</b>	11,647	0,01
<b>Cuerpos otros (bancos de arena)</b>	22,906	0,02
<b>Uso industrial</b>	96,771	0,07
<b>Cuerpos de agua</b>	176,239	0,12
<b>Área de uso habitacional con servicios básicos</b>	212,240	0,15
<b>Erosión</b>	650,258	0,46
<b>Área urbana</b>	2.563,501	1,80
<b>Erial (afloramiento rocoso)</b>	4.587,297	3,22
<b>Uso conservacionista</b>	5.727,636	4,03
<b>Uso agrícola</b>	8.831,511	6,21
<b>Páramo</b>	29.625,803	20,83
<b>Pasto</b>	33.402,589	23,48
<b>Bosque</b>	56.343,132	39,61
<b>Suma total</b>	142.252,838	100,00

**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** (GAD MEJÍA, 2014).

### 2.3.1.6 Áreas Protegidas y Bosques Protectores

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza define, a las áreas protegidas como una superficie de tierra y/o mar especialmente consagrada a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, también de los recursos naturales y los recursos culturales asociados y manejada a través de medios jurídicos u otros medios eficaces (UICN, 2010).

En el cantón Mejía se reconocen 8 áreas protegidas cada una de ellas localizadas en zonas con flora y fauna representativa del cantón con el fin de precautelar y conservar la biodiversidad.

**Tabla 4:** Áreas del SNAP y Bosques Protectores del Cantón Mejía

<b>Nombre</b>	<b>Superficie(ha)</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Conservación</b>
Área de recreación El Boliche	91,749	Parroquia Machachi	Alta y media
Bosque Protector Río Tambo y Tamboyacu	9.317,39	Parroquia Machachi	Alta y media
Bosque Protector Subcuenca del Río Toachi	14.638,43	Parroquia Alóag y Manuel Cornejo Astorga	Alta y media
Bosque Protector Toachi Pilatón	26.043,60	Parroquia Alóag y Manuel Cornejo Astorga	Alta y media
Bosque Protector Umbría	9.71,249	Parroquias El Chaupi y Aloasí	Alta y media
Parque Nacional Cotopaxi	12.645,81	Parroquia Machachi	Alta y media
Refugio de Vida Silvestre Pasochoa	6.18,748	Parroquias Uyumbicho y Tambillo	Media
Reserva Ecológica Los Ilinizas	22.471,61	Parroquias Manuel Cornejo Astorga	Alta y media

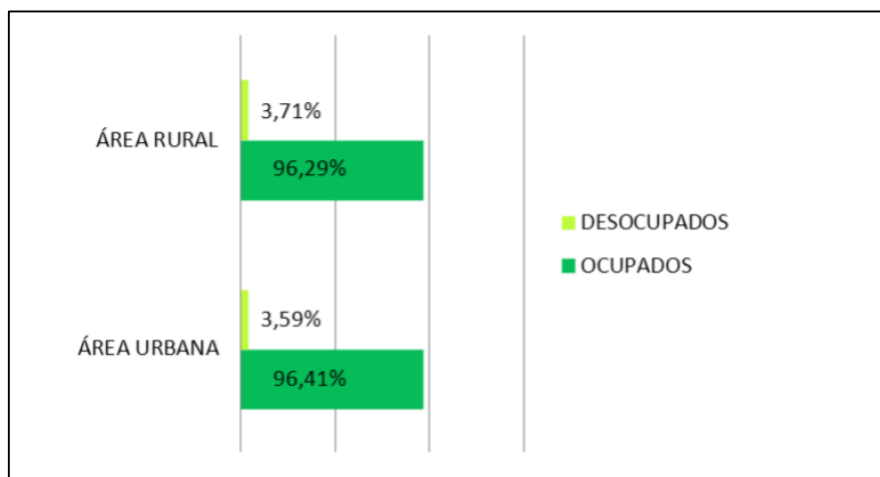
**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** (GAD MEJÍA, 2014).

### **2.3.2. Características socio económicas**

Según datos del censo INEC 2010, en el cantón Mejía el 55,39 % del total de la población en edad económicamente activa, realiza alguna actividad, de los cuales el 96,31 % están ocupados, o sea, claramente desempeña un trabajo remunerado; mientras que el 3,69 % no se encuentran laborando, ya sea porque están en búsqueda de empleo (por primera vez) o se encuentran cesantes (Morejón, 2015).

**Figura 2:** Población activa económicamente del Cantón Mejía.



**Elaboración:** IEE

**Fuente:** (Morejón, 2015)

En términos generales, en el cantón Mejía un número considerable de la población en edad de trabajar es económicamente activa, es decir se dedica a diversas actividades de producción de bienes y servicios (López , 2013).

Según López (2013), el cantón Mejía cuenta como referencia en su economía cuatro ejes importantes que son:

- Actividad industrial y manufacturera.
- Actividad agrícola ganadero.
- Economía de prestación de servicios.
- Actividad turística.

- **Actividad industrial y manufacturera**

El cantón Mejía muestra un desarrollo industrial interesante en la provincia; existe una variedad de fábricas que brindan servicio a nivel local y nacional, dando trabajo tanto a propios como extraños del cantón (incentivando la migración). Se tiene diferentes tipos de fábricas dedicadas a diversas actividades, así tenemos, por ejemplo: agrícola ganadera, agroindustria, alimentación, elaboración de lácteos y carnes, embotellamiento de agua y gaseosas, reciclaje, textiles, entre otras (Morejón, 2015).

- **Actividad agrícola ganadero**

La agricultura es la actividad preponderante de pequeños y medianos propietarios existiendo una agricultura extensiva dedicada a la agro exportación de flores, brócoli, entre otros, mientras que la ganadería corresponde más bien a las grandes propiedades, haciendas y empresas. La distribución de la tierra presenta una altísima concentración en pocas manos, pues el 56,91 % de las unidades de producción son menores a una hectárea y representan apenas el 0,87 % de la superficie; mientras que se tiene propiedades de más de 200 hectáreas y representan el 45 % del área total del cantón (López , 2013).

- **Economía de prestación de servicios**

En el cantón existe un total de 2 501 establecimientos comerciales que satisfacen las necesidades de las áreas vinculadas a la manufacturera, servicios, comercio, agricultura, etc.; dentro de estos se destacan con un mayor número los establecimientos de comercio (57,42 %) y de servicios (31,87 %) (Morejón, 2015).

- **Actividad turística**

La actividad turística en el cantón va adquiriendo importancia como eje de desarrollo económico local. El cantón cuenta con varios atractivos turísticos como por ejemplo parques, montañas, bosques, reservas ecológicas, fuentes, páramos, cascadas, senderos, plazas, fiestas populares, gastronomía, bailes, danzas y lugares de distracción y cultura. Asimismo, se cuenta con varios servicios turísticos como restaurantes, hoteles, hosterías, hostales y propuestas de distracción y recreación (López , 2013).

#### **2.4. Distribución del cultivo de papa en el Cantón Mejía**

El cultivo de la papa se encuentra mayoritariamente en la parte sur y centro del Cantón Mejía, en las parroquias de: El Chaupi, Aloasí, Uyumbicho, Alóag y Machachi, aunque también se localiza una considerable extensión dispersa a lo largo de barrios como son: Güitig Bajo, Santa Clara y El Tambo. El cultivo de papa abarca una superficie de 1.367,67 ha, que equivalen al 1.30 %; y, la producción de este cultivo constituye en el sustento de los habitantes, ya sea como autoconsumo o comercialmente, luego de la venta en el mercado, motivo por el cual se encuentran en todas las comunidades del cantón (López, 2013).

## 2.5. Principales parroquias de producción de papa

La parroquia Aloasí con el 2.3% del área, tiene condiciones para el desarrollo de actividades agrícolas sin limitaciones, las actividades principales económicas están relacionadas con: el sector hidroeléctrico y el sector agrícola, dentro del cual uno de los alimentos más producidos es la papa, lo cual se puede observar en la tabla 5 (Molina, 2012).

**Tabla 5:** Parroquias donde existe producción de papa en el Cantón Mejía.

<b>Parroquia</b>
El Chaupi Aloasí,
Uyumbicho Alóag
Machachi

**Elaboración:** El Autor

**Fuente:** (GAD MEJÍA, 2014)

## 2.6. Estadísticas de producción de papa del Cantón Mejía

Dentro de la provincia Pichincha, el cantón Mejía constituye el 20.9 Tm/ha del rendimiento promedio.

**Figura 3:** Rendimiento del Cantón Mejía en el cultivo de la papa.

<b>PICHINCHA</b>	<b>18.8</b>
CAYAMBE	25.6
<b>MEJÍA</b>	<b>20.9</b>
PEDRO MONCAYO	21.2
QUITO	11.1

**Elaboración:** IEE

**Fuente:** (Morejón, 2015)

## 2.7. Limitación de los cultivos de papa

Dentro de las principales afectaciones al cultivo se encuentran los factores bióticos. Los factores bióticos constituyen las plagas de insectos y las enfermedades. Tal es el caso del gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) y de las polillas de papa (*Lep: Gelechiidae*), que representan en la actualidad las plagas más peligrosas para el cultivo en Ecuador debido a que pueden producir pérdidas totales del tubérculo (Aranda, 2013).

Otros factores de importancia están referidos a las enfermedades virales y fungosas. La incidencia del virus del enrollamiento de la hoja (PLRV) y del tizón tardío destacan entre los principales factores limitantes, que incrementan el riesgo de pérdidas, elevan los costos necesarios para combatir las enfermedades, y disminuyen los rendimientos, reduciendo así la rentabilidad del productor. Se ha señalado además que hay problemas con la calidad sanitaria del tubérculo-semilla disponible, de manera que se reduce el atractivo de producir papa al presentarse mayores costos, mayor riesgo de pérdida y menores rendimientos (Herrera & Scott, 1993).

**Tabla 6:** Factores que influyen en el cultivo de papa.

<b>Variedades inadecuadas</b>
1. Madurez muy tardía
2. Madurez muy temprana
3. Periodo de reposo corto
4. Período de reposo largo
5. Poca aceptación en el mercado
6. Inadecuada para procesamiento
7. Inadecuada para alimentación de ganado
<b>Problemas con el tubérculo semilla</b>
8. Problemas sanitarios
9. Problemas fisiológicos
10. Escasez
11. Alto costo
<b>Enfermedades bacterianas</b>
12. Marchitez bacteriana
13. Pierna negra
14. Pudrición blanda de tubérculos
<b>Enfermedades fungosas</b>
15. Tizón tardío
16. Tizón temprano

**Fuente:** (Herrera & Scott, 1993).

Existen numerosos factores previos al almacenamiento de los tubérculos que afectan su conservación e inciden en la calidad del producto. Se puede señalar que alrededor del 70% de los problemas habidos durante el almacenamiento se relacionan en forma directa o indirecta con el manejo agronómico del cultivo, la cosecha, el transporte y el proceso de manipulación de las papas durante el entrojado y la selección final del producto antes de su uso o comercialización (Orena, 2015).

La producción y la inestabilidad de los precios son consideradas la restricción más importante para una producción mayor de papa, tanto en el caso de países de baja como los de alta producción de dicho cultivo. Este factor eleva el riesgo de los productores. El productor al no contar con la certeza de tener un resultado favorable se orientaría hacia otros productos, según el costo relativamente alto de la producción de papa. A parte de los mencionados, el problema de mercadeo alcanza atención en la medida en que la comercialización facilita al productor percibir el resultado económico de la campaña. Así, los elevados costos de comercialización que se traducen en altos precios estarían causando una falta de incentivo de la demanda en algunos casos, y en otros limitando la participación del productor en el precio final (Orena, 2015).

**Tabla 7:** Otros factores que influyen en el cultivo de papa

<p>Inestabilidad de precios y producción          Precio alto          Tizón tardío de la papa          Polilla de la papa          Virus de enrollamiento de la hoja (PLRV)          Problemas sanitarios          Escasez          Áfidos          Insectos          Falta de productos procesados          Diseño inadecuado de almacenes          Altos costos de comercialización          Falta variedad con cualidades para procesar          Capacidad insuficiente de almacenamiento          La papa no está en la dieta tradicional          Problemas de transporte          Pierna negra          Inadecuadas para procesamiento          Enfermedades (pudrición)          Alto costo</p>
---

**Fuente:** (Herrera & Scott, 1993)

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. OBTENCIÓN DE DATOS DE PRESENCIA DEL CULTIVO DE PAPA

Los datos obtenidos sobre el cultivo de papa fueron proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. De esta manera, se obtuvieron los shapes del cultivo de papa a una escala de 1:25.000 a nivel nacional.

El primer proceso fue realizar un raster a todo el shape del cultivo de papa en base de la cobertura de condiciones climáticas, posteriormente se obtuvo una lista de todas las celdas donde existe un registro del cultivo de papa.

Consecuente a este paso, se realizó la depuración de puntos del cultivo de papa, que presenten algún tipo de autocorrelación climática. Para esto se corrió una rutina en el software R, gracias al cual se eliminaron registros cuyas coordenadas se repetían o tenían una proximidad menor a 2 km (Anexo I) (Cuesta, y otros, 2017).

De los cuales se obtuvieron una lista de 200 puntos de localidades válidas (Anexo II).

#### 3.2. DETERMINACIÓN DE VARIABLES

Las variables utilizadas en este estudio fueron seleccionadas de acuerdo con un modelo predictivo y un análisis en base a datos cuantitativos, con lo cual es posible asignar valores a los puntos de entrada del modelo y a toda el área de alcance del análisis.

En base a lo mencionado en el marco teórico se realizó una preselección de las variables a utilizarse, considerando las que tendrían relación con la distribución del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Las variables seleccionadas son:

- Clima
- Uso de suelo

### 3.2.1. Clima

La información climática fue obtenida a partir de los datos mensuales de temperatura máxima y mínima y precipitación total del Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental publicado por el MAE el 30 de Julio del 2013 cuya resolución es de 1 km x 1 km. Se utilizó la función “bioclim” del paquete “climates” (Vanderwal, 2011). Diseñado para el software R (R Core Team, 2013), para generar las 19 variables bioclimáticas (Tabla 8) usadas por Worldclim (Cameron & Hijmans, 2005).

**Tabla 8:** Variables Bioclimáticas

<b>Código</b>	<b>Variable</b>
<b>Bio 1</b>	Temperatura media anual
<b>Bio 2</b>	Rango de temperatura diurno medio (Temp.Max-Temp.Mín)
<b>Bio 3</b>	Isotermalidad (BIO2/BIO7) *(100)
<b>Bio 4</b>	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar *100)
<b>Bio 5</b>	Temperatura máxima del más caliente
<b>Bio 6</b>	Temperatura mínima del mes más frío
<b>Bio 7</b>	Rango de temperatura anual (Bio 5-Bio 6)
<b>Bio 8</b>	Temperatura media del trimestre más húmedo
<b>Bio 9</b>	Temperatura media del trimestre más seco
<b>Bio 11</b>	Temperatura media del trimestre más caliente
<b>Bio 12</b>	Temperatura media del trimestre más frío
<b>Bio 13</b>	Precipitación anual
<b>Bio 14</b>	Precipitación del mes más húmedo
<b>Bio 15</b>	Precipitación del mes más seco
<b>Bio 16</b>	Precipitación del trimestre más húmedo
<b>Bio 17</b>	Precipitación del trimestre más seco
<b>Bio 18</b>	Precipitación del trimestre más caliente
<b>Bio 19</b>	Precipitación del trimestre más frío

### 3.2.2. Tipos de uso de suelo

Los datos de tipo de suelo fueron obtenidos a partir de la base cartográfica nacional a escala 1:50.000 del Sistema Nacional de Información.

Los tipos de suelos encontrados en el cantón Mejía de acuerdo con sus características físicas.

### **Inceptisol**

Son suelos con características poco precisas al igual que sus horizontes. En zonas de clima frío, se presenta acopio de materiales orgánicos en la superficie debido a condiciones de baja degradación. Presentan un pH ácido, malas condiciones de drenaje y pueden contener minerales de arcilla amorfa como la alófana (Lizarazo & Restrepo, 2014).

### **Mollisol**

Son suelos de color oscuro, con altos contenidos de materia orgánica, bien fértiles ya que se encuentran en zonas cálidas de valles, con altos contenidos de arcillas y buena cantidad de cationes que forman bases y sales nutritivas para las plantas. Presentan texturas pesadas debido a condiciones de mecanización continua lo que los hace susceptibles a procesos de compactación (Lizarazo & Restrepo, 2014).

### **Histosol**

Son suelos orgánicos que presentan un horizonte O bastante profundo, debido a la acumulación de tejidos de plantas que no han sufrido procesos de descomposición por condiciones de baja temperatura y alta humedad. Estos suelos se encuentran saturados de agua al menos una vez por año, y se pueden encontrar en zonas de páramo corriendo el riesgo de uso para fines agrícolas por su uso como sustrato orgánico. De estos suelos depende en gran medida la regulación hídrica de los páramos y el abastecimiento de agua en nuestro país (Lizarazo & Restrepo, 2014).

### **Entisol**

Son suelos derivados de fragmentos de roca suelta, que están formados típicamente por arrastre y depósito de materiales sedimentarios que son transportados por la acción del agua. Son suelos jóvenes y sin horizontes genéticos naturales (Lizarazo & Restrepo, 2014).

**Tabla 9:** Tipos de suelos del Cantón Mejía.

TABLA CBIOF 2	Orden de suelos del Cantón Mejía	
	Superficie	
Orden de suelo USDA 2006	ha	%
Andisol	38.965,89	27,58
Mollisol	12.872,60	9,11
Entisol	1.826,70	1,29
Tierras misceláneas	730,92	0,52
No aplicable	1.805,16	1,28

Fuente: IEE-SENPLADES 2013  
Elaboración: EQUIPO PDOT GAD. MEJÍA 2014

**Fuente:** (GAD MEJÍA, 2014)

La papa puede crecer en la mayoría de los suelos, aunque son recomendables suelos con poca resistencia al crecimiento de los tubérculos. Los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación, que además facilitan la cosecha. Sin embargo, se pueden alcanzar altas producciones en suelos con textura arcillosa al aplicar materia orgánica y regulando las frecuencias de riego. Suelos con una profundidad efectiva mayor 50 cm, son necesarios para permitir el libre crecimiento de estolones y tubérculos de la planta. El cultivo tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5.0 a 7.0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1.20 g/cm<sup>3</sup>, contenido de materia orgánica mayor a 3.5 % y una conductividad eléctrica menor a 4dS/m (Intagri, 2017).

### 3.3. ELABORACIÓN DEL MODELO BIOCLIMÁTICO

Se realizó el modelamiento utilizando datos del clima teniendo en cuenta las características de las variables, por tal motivo el resultado no será afectado por la diferencia en resolución espacial o incompatibilidad con las otras variables.

#### 3.3.1. Selección de variables

La variable “Clima” está compuesta en total por 19 variables bioclimáticas, las cuales fueron analizadas estadísticamente con el fin de determinar el grado de influencia de cada una en los puntos del cultivo de papa en el Cantón Mejía. Para ello, se intersecaron los puntos georreferenciados de la base de datos con cada una de las variables bioclimáticas, obteniendo una matriz de valores cuantitativos correspondientes a cada punto de presencia del cultivo de papa (Anexo 2).

El siguiente paso consistió en descartar las variables que no tengan suficiente relevancia en el modelamiento, para lo cual se utilizaron dos tipos de análisis estadístico: UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean, en inglés), y la respectiva matriz de correlación.

### **3.3.2. UPGMA**

El UPGMA es un modelo estadístico que permite agrupar las variables en pares que muestren cierta similitud entre sí, de tal manera que se puedan descartar las que sean muy parecidas y no afecten significativamente al resultado. En nuestro estudio se determinó la similitud de las variables comparando los valores numéricos de cada columna de datos. El análisis fue realizado utilizando datos estandarizados y no estandarizados.

#### **3.3.2.1. Datos estandarizados**

La información de cada variable fue estandarizada restando el valor promedio de los datos y dividiendo para el valor de la desviación absoluta media. Se obtuvo una lista de valores para cada variable con una misma unidad de media.

#### **3.3.2.2. Datos no estandarizados**

Las variables conservan sus valores originales y se genera una escala numérica que abarque los datos.

### **3.3.3. Matriz de correlación**

Para realizar la matriz de correlación de las variables identificadas por el UPGMA, se procedió con una matriz de doble entrada enlistando todas las variables en la horizontal y de igual manera en la vertical, así se forma una tabla donde cada variable se relaciona con las demás y se puede observar un valor numérico en cada relación, si este valor se acerca a 1 significa que las dos variables están altamente correlacionadas y por tanto una de ellas debería ser descartada para el modelamiento. En el caso que el valor de la correlación tienda a 0, las dos variables serían potencialmente útiles para el análisis.

### **3.3.4. Aplicación del modelo bioclimático**

El modelo bioclimático se lo realizó en MaxEnt con los datos de presencia registrados en la base de datos y las variables bioclimáticas de mayor importancia.

MaxEnt es un programa para modelar distribuciones de especies a partir de registros de especies solo de presencia (Elith, Phillips, Hastie, Dudík, & Yates, 2010). Este método es uno de los más utilizados para inferir distribuciones de especies y tolerancias ambientales (Warren & Seifert, 2011).

Dicho software implementa un algoritmo de máxima entropía que genera la distribución de probabilidad sobre los píxeles presentes en el área de estudio, el principio de máxima entropía considera que, en la estimación de una distribución de probabilidad desconocida, la solución menos sesgada es aquella que maximiza su entropía, sujeto a algunas limitantes (la asociación entre las localidades de presencia y las variables ambientales (Torres & Jayat, 2010).

Es un método de aprendizaje automático de propósito general con una formulación matemática simple y precisa, y tiene una serie de aspectos que lo hacen adecuado para el modelado de distribución de especies (Phillips, Anderson, & Schapire, 2006).

El proceso se lo realizó un total de diez veces, de tal manera que en cada corrida el programa seleccionó al azar una muestra diferente con el 75% de los datos de presencia y evaluó la eficacia del modelo con el otro 25%. Lo descrito anteriormente fue programado mediante la metodología de (Cuesta, y otros, 2017). Con la ayuda del software R (R Core Team, 2013).

Para la validación del modelo se usó el valor de AUC (Area Under the Curve, en inglés) que fue de 0.9715, lo cual demuestra que es un valor muy cercano a 1, comprobando así que el modelo es válido. Al cumplir con estos parámetros, se corrió el modelo con el 100% de los datos de presencia para obtener un primer mapa correspondiente a la idoneidad climática para el establecimiento del cultivo de papa en el Cantón Mejía.

Con el software MaxEnt (Phillips & Anderson, 2006), se generó un umbral de presencia/ausencia para cada corrida que fue de 0.1650. El umbral determina desde qué valor el modelo predice áreas altamente probables para el establecimiento del cultivo de la papa. Se tomó el valor promedio del umbral de todas las corridas como parámetro de corte para seleccionar únicamente las áreas altamente probables del mapa de idoneidad climática y obtener un segundo mapa correspondiente a la distribución potencial del cultivo de papa en el cantón Mejía. El área potencial resultante del modelamiento bioclimático fue considerada como el límite geográfico para los análisis posteriores.

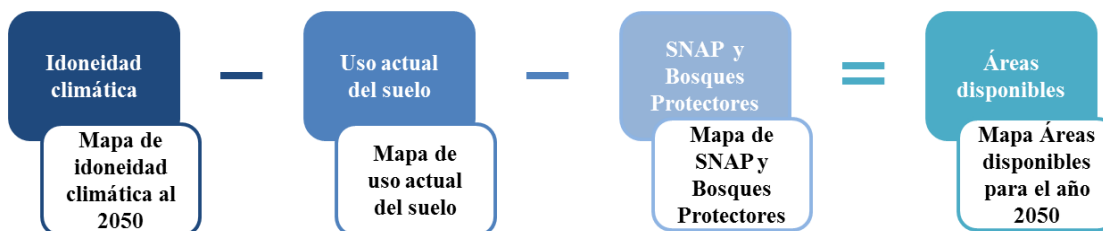
### 3.4 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS FUTURAS DISPONIBLES PARA EL CULTIVO DE PAPA EN EL AÑO 2050

#### 3.4.1. Elaboración del mapa final de las zonas disponibles para el cultivo de papa para el año 2050.

Una vez que se contaba con los resultados de las áreas idóneas para el cultivo obtenidas del modelo MaxEnt y con la información del uso actual del suelo y las áreas que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y Bosques protectores, se procedió a calcular el resultado final utilizando el método de álgebra de mapas.

Para realizar este análisis se comprobó que todas las capas de información se encuentren bajo el mismo sistema de referencia espacial que para este trabajo es el sistema de coordenadas geográficas (UTM WGS 1984 Zona 17S). Como primer resultado se realizó un mapa donde se tiene el área disponible para el cultivo de papa y el 2050 en conjunto con las zonas que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y Bosques protectores públicos y privados con el fin de observar las áreas que están en conflicto. El siguiente paso consistió en sustraer del mapa de idoneidad climática para el cultivo de papa para el año 2050 las zonas que según el uso actual del suelo no son aptas para el cultivo de papas y también las zonas que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y Bosques protectores para al final obtener un mapa correspondiente a las áreas disponibles para el cultivo de papa en el cantón Mejía para el año 2050 (Figura 4).

**Figura 4:** Esquema de selección de áreas disponibles para el cultivo de papa para el año 2050.



Como resultado final se elaboró un mapa que contiene los siguientes ítems para el análisis:

- Zonas idóneas climáticamente para el cultivo de papa al 2050.
- Zonas que son idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el presente y en el 2050.
- Zonas son idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el presente, pero no en el 2050.
- Zonas disponibles obtenidas del procedimiento mostrado en la figura 4.

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ELABORACIÓN DEL MODELO BIOCLIMÁTICO

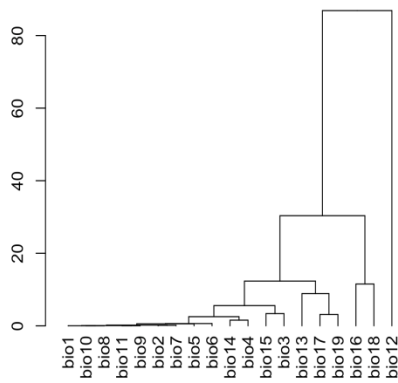
#### 4.1.1. Selección de Variables

##### 4.1.1.1. UPGMA

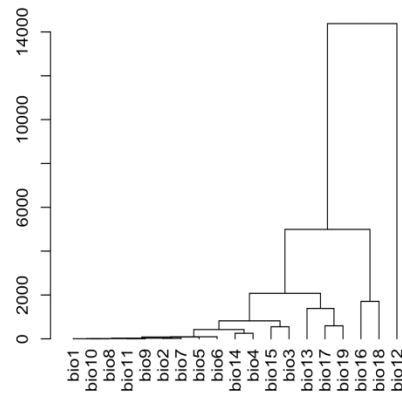
El UPGMA fue calculado para los datos estandarizados y otro con datos no estandarizados (Figura 5).

**Figura 5:** Resultado del UPGMA para el cultivo de papa

UPGMA Cultivo Papa - DATOS ESTANDARIZADOS



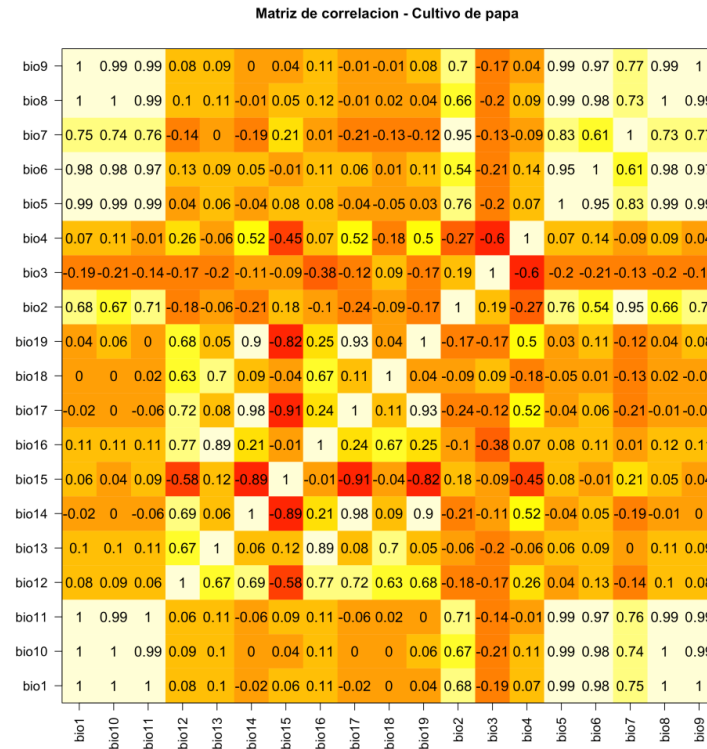
UPGMA Cultivo papa - DATOS NO ESTANDARIZADOS



#### 4.1.1.2. Matriz de correlación

Se realizó la matriz de correlación para el cultivo de papa y el resultado se muestra en la figura 6.

**Figura 6:** Matriz de correlación para el cultivo de papa.



#### 4.1.1.3. Variables Seleccionadas

Se analizaron todas las variables disponibles y aquellas determinadas como similares según el UPGMA fueron analizadas en función de los valores de la matriz de correlación. Las variables que tienen un coeficiente de correlación mayor a 0.85 fueron sujetas a selección de tal manera que se tomó una sola para aportar al modelo. Las variables seleccionadas para cada uno de los modelamientos se encuentran en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Variables seleccionadas para el modelo de cultivo de papa.

Bio 13 Precipitación anual
Bio 15 Precipitación del mes más seco
Bio 6 Temperatura mínima del mes más frío
Bio14 Precipitación del mes más húmedo
Bio 8 Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio 19 Precipitación del trimestre más frío
Bio 13 Precipitación anual
Bio 1 Temperatura media anual
Bio 12 Temperatura media del trimestre más frío
Bio 7 Temperatura rango anual

#### **4.1.2. Aplicación del modelo bioclimático**

##### **4.1.2.1. Idoneidad climática y distribución potencial**

El modelamiento en MaxEnt dio como resultado los mapas de idoneidad climática para el cultivo para dos épocas: la actual y al 2050 (Anexos V y VI), la información que suministra estos mapas es la probabilidad de cultivo en base a las características climáticas de cada pixel.

Se observa que para los dos casos las zonas más idóneas están concentradas en la zona central y este del cantón Mejía.

Para determinar el área exacta de idoneidad del cultivo de papa actual para el 2050 se calculó el umbral del mapa de idoneidad climática, es decir, el valor (probabilidad) a partir del cual el modelo MaxEnt indica que los resultados obtenidos son altamente confiables.

Tanto para el mapa de idoneidad de cultivo de papa actual como el de idoneidad de cultivo de papa para el año 2050, el umbral promedio calculado fue 0.16507; seguidamente el

área seleccionada en ambos mapas fue aquella que tenía un valor igual o mayor a dicho umbral y no se incluyeron los valores restantes.

El mapa de idoneidad de cultivo actual muestra que aproximadamente 48% del área del cantón Mejía es idónea para el cultivo de papa, es decir, aproximadamente 74.174 hectáreas (Anexo IV) pero solo 1.367 hectáreas son cultivadas actualmente. La mayoría del área de las parroquias del cantón Mejía, excepto la parroquia Manuel Cornejo Astorga, según el modelo MaxEnt presentan condiciones favorables para el cultivo de papa.

En el caso del mapa de idoneidad del cultivo de papa para el 2050 se observa una disminución significativa del área idónea que tiene un valor de 14.463 hectáreas (Anexo VI) lo que significa una reducción del 80,5 % con respecto al área idónea actual para el cultivo de papa; la ubicación de las áreas idóneas bioclimáticamente para el año 2050 se encuentra en las parroquias Machachi, El Chaupi, Aloasí y Alóag.

#### 4.1.3. Validación estadística del modelo bioclimático

Los resultados del cálculo del AUC y el umbral de presencia/ausencia se muestran en la Tabla 11 a continuación:

**Tabla 11.** Validación estadística del modelo bioclimático para el cultivo de papa

<b>Corrida</b>	<b>AUC</b>	<b>Umbral</b>
<b>1</b>	0.98	0.0648
<b>2</b>	0.96	0.1289
<b>3</b>	0.9734	0.0195
<b>4</b>	0.9768	0.177
<b>5</b>	0.9679	0.0707
<b>6</b>	0.9738	0.1777
<b>7</b>	0.9657	0.3098
<b>8</b>	0.9712	0.1525
<b>9</b>	0.975	0.2885
<b>10</b>	0.9713	0.2613
<b>Promedio</b>	0.97151	0.16507

El valor resultante del AUC para cada corrida fue muy cercano a 1. En promedio se obtuvieron los valores de 0.97151, por tanto, se determinó que el modelo es confiable.

El valor resultante del umbral fue de 0.165, este valor indica la probabilidad sobre la cual podría existir cultivo de papa. El área que se encuentra sobre el umbral se determina como zona idónea y el área que se encuentra bajo el umbral se determina como zona no idónea.

#### **4.2 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE CONFLICTO Y ZONAS FUTURAS DISPONIBLES PARA EL CULTIVO DE PAPA EN EL AÑO 2050**

Primero se generó un mapa que se muestra en el anexo VI donde se observan las áreas que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y Bosques Protectores del Ecuador y las zonas idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el 2050 y se puede observar las zonas en conflicto que abarca un área de 9.397 ha. Los resultados nos indican que se tiene un área de 12.353 ha disponible en las zonas que son idóneas climáticamente para el cultivo de papa al 2050, se tiene un área de 9.934 ha en zonas que son idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el presente y en el 2050, para las zonas que son idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el presente y en el 2050 el área obtenidas es de 65.645 ha y el área disponible para el cultivo de papa para el 2050 se calculó en 2.955 ha después de restar las áreas pertenecientes al SNAP y Bosques Protectores y las zonas que según el mapa de uso de suelos no son aptas para uso agrícola.

## 5. DISCUSIÓN

Un modelo es una aproximación mediante métodos científicos de la realidad que muestra un resultado a partir de la información disponible. En función a lo anterior, se puede concluir que el objetivo de este proyecto fue alcanzado al tener como resultado las áreas actuales de idoneidad climática para el cultivo de papa en el cantón Mejía que es validado al coincidir el modelo obtenido con la ubicación de los cultivos actuales de papa, a partir de este resultado se analizó el escenario de idoneidad de áreas para el cultivo de papa al año 2050 obteniéndose un resultado que muestra el alto impacto del cambio climático de cumplirse las predicciones climáticas para el 2050 ya que se tiene una reducción en el área idónea climáticamente para el cultivo de papa.

En este trabajo se utilizó la información más actualizada que se encontraba disponible al momento de realizar el estudio. No obstante, cabe recalcar que se podría alcanzar un nivel más alto de precisión al contar con datos más detallados ya que la resolución de los datos climáticos disponibles es 1 km x 1 km.

El mapa de áreas idóneas climáticamente actuales para el cultivo de papa en conjunto con los mapas del uso de suelo presente en el cantón Mejía permitirá a los entes encargados analizar la posibilidad de incrementar la extensión de cultivo de papa ya que el área cultivada actualmente solo representa el 1,84% del área que el modelo MaxEnt nos indica como idóneas, pero para que esto sea posible hay que tomar en cuenta otras variables como la economía y productividad ya que en el informe del GAD de Mejía 2015 indica que 34.680 ha se utilizan para la actividad pecuaria y solo 2.206 para la actividad agrícola, donde casi la mitad 1.367 ha se utilizan en el cultivo de papa. Por lo cual, para incrementar el área destinada al cultivo de papa, se necesitaría reducir el área destinada a las actividades pecuarias lo cual generaría menos ingresos a los dueños de la tierra, lo cual incidirá en la economía del cantón Mejía, a nivel de social y generación de empleo sería más beneficioso incrementar el área del cultivo de papa ya que genera más oportunidades de empleo que la actividad pecuaria y a nivel ambiental también sería más benevolente el cultivo de papa con respecto a la actividad pecuaria pero se puede decir que en función de las zonas de cultivo actual de papa el factor que mayor influye es el económico al ser la actividad pecuaria más rentable económicamente con respecto al cultivo de papa.

En cuanto al mapa de áreas idóneas climáticamente para el cultivo de papa al año 2050 nos invita a reflexionar ya que tenemos una dramática reducción de 80,5% del área

disponible y si incluimos las áreas pertenecientes al SNAP y Bosques protegidos la reducción del área disponible pasa a ser de 96% lo que nos plantea que para el 2050, de cumplirse las predicciones climáticas usadas en este estudio, se tendrá la disyuntiva de si mantener las áreas pertenecientes al SNAP y Bosques protectores o afectar dichas zonas para incrementar las áreas disponibles para el cultivo de papa lo cual las leyes actuales de la República del Ecuador no permiten lo que nos lleva a especular que el cantón Mejía deje de ser una zona productora de papa lo cual implicaría efectos económicos y sociales profundos a la población que provocaría consecuencias como disminución de la calidad de vida debido a factores como aumento del precio de alimentos como la papa y por ende afectando así a la seguridad alimentaria; por otro lado, también existirá migración de la población a otras zonas del país, por lo cual se debe urgir a las autoridades competentes y población en general a luchar sin pausa contra el cambio climático para así revertir las predicciones climáticas al 2050 y en consecuencia tener mayor cantidad de áreas para cultivo de papa.

Finalmente, los resultados de este proyecto pueden ser aplicados en diferentes acciones como tomando en cuenta los datos actuales para incrementar las áreas cultivadas de papa así la implementación de planes de reducción de los efectos predichos al 2050 debido al cambio climático.

## 6. CONCLUSIONES

- En promedio se obtuvieron los valores de AUC de 0,97151 que indica que el modelo es confiable.
- El mapa de idoneidad de cultivo actual muestra que aproximadamente 48% del área del cantón Mejía es apta climáticamente para el cultivo de papa.
- Solo 1.367 hectáreas son cultivadas actualmente en el cantón Mejía por lo cual en base a los resultados de idoneidad climática para el cultivo de papa actual esta área se puede incrementar.
- Actualmente, la mayoría del área de las parroquias del cantón Mejía, excepto la parroquia Manuel Cornejo Astorga, según el modelo MaxEnt presentan condiciones favorables para el cultivo de papa, aunque no se espera un incremento del cultivo de papa debido a que la actividad pecuaria es la más desarrollada en el cantón.
- Del mapa de idoneidad del cultivo de papa para el 2050 se observa una disminución significativa del área idónea que tiene un valor de 12.353 hectáreas lo que significa una reducción del 80,5 % con respecto al área idónea actual para el cultivo de papa.
- De las áreas idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el 2050 se tiene que, de las 14.463 hectáreas, 9.397 hectáreas se encuentran en áreas pertenecientes al SNAP y Bosques Protectores y 2.955 hectáreas se encuentran en zonas sin ningún conflicto.
- Si suponemos que las áreas pertenecientes al SNAP y Bosques protegidos se mantendrán al 2050, la reducción del área disponible para el cultivo de papa pasa a ser de 96%, es decir, solo 2.955 hectáreas disponibles, que, aunque es mayor del doble del área cultivada actualmente no implica que se siga manteniendo el cultivo de papa ya que la actividad pecuaria es la principal en las zonas rurales del cantón Mejía debido a su mejor rentabilidad económica respecto al cultivo de papa.
- Los resultados obtenidos en este trabajo de disertación permiten a las autoridades competentes y población en general a luchar sin pausa contra el cambio climático para así revertir las predicciones climáticas al 2050 y en consecuencia tener mayor cantidad de áreas para cultivo de papa.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda tomar como base los resultados obtenidos en este estudio como ejemplo para ser aplicado a otras actividades productivas como por ejemplo la ganadería.
- Se recomienda realizar análisis sociales y económicos para determinar el impacto del cambio de clima sobre el cultivo de papa y las zonas analizadas en esta disertación, debido a que habrá grandes cambios en cuanto al clima, y por ende traerá consigo efectos sociales y económicos al cantón Mejía.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Agronomía. (2008). *Facultad de Agronomía*. Retrieved 04 17, 2017, from Influencia del cambio climático en la agricultura de Latinoamérica:  
[http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/index.php/Influencia\\_del\\_cambio\\_clim%C3%A1tico\\_en\\_la\\_agricultura\\_de\\_Latinoam%C3%A9rica](http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/index.php/Influencia_del_cambio_clim%C3%A1tico_en_la_agricultura_de_Latinoam%C3%A9rica)
- Almorox, J. (2011). *Definiciones: Climatología. Clima*. Retrieved 05 08, 2017, from Universidad Politécnica de Madrid: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/introduccion/definiciones-climatologia-clima>
- Alonso, J. (2014). Cinco iniciativas andinas que estarían contribuyendo a la adaptación de la papa al cambio climático. *Redepapa*, 19-20.
- Aranda, J. (2013, junio 20). Ecuador: Factores que contribuyen a la productividad de la papa. *El Productor*, 40. Retrieved from <https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/ecuador-factores-que-contribuyen-a-la-productividad-de-la-papa/>
- Argeñal, F. (2010, 11). *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras*. Honduras: PNUD. Retrieved 06 2017, 13, from [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/GOLFONSECA/0173/14%20variabilidad%20climatica%20Honduras.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/GOLFONSECA/0173/14%20variabilidad%20climatica%20Honduras.pdf)
- Ballon, A. L. (2003). *La cuestión peruana replanteada: hacia la reforma del Estado peruano*. Lima.
- Bascopé, A. (2013). *Estudio: “Cambio Climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequía”*. Retrieved from [http://www.odepa.cl/wp-content/files\\_mf/1388169148cambioClimatico.pdf](http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1388169148cambioClimatico.pdf)
- Cáceres, R. (2012). *Determinación del riesgo agroclimático y socioeconómico en las zonas productoras de la papa en la provincia del Carchi*. Tesis de ingeniería. Quito-Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Cameron, J., & Hijmans, R. (2005). Geographic data analysis and modeling. *International Journal of Climatology*, 25-26.
- Campoverde, A. (2013). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la industrialización y comercialización de papa estilo francesa congelada y empacada al vacío lista para freír, ubicada en el norte de la ciudad de Quito*. Quito.
- Cuesta, F., Merino, Á., Muriel, P., Baquero, F., Freile, J., Torres, O., & Peralvo, M. (2017, 08 23). *Escenarios de impacto del cambio climático sobre la biodiversidad en el Ecuador continental y sus implicaciones en el SNAP*. Quito: CONDESAN.

- Cushicóndor, A. (2013). *Diseño de un centro de visitantes para el desarrollo turístico de la ciudad de machachi, cantón mejía –provincia de pichincha*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Dávalos, S. (2014). *Aplicación de un modelo predictivo de ocurrencia de sitios de anidación y dormideros del cóndor andino (vultur gryphus) como aporte a la conservación de la especie en el ecuador*". Tesis de ingeniería. Quito-Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Devaux, A. (2011). La papa y la seguridad alimentaria en la región andina: situación actual y desafíos para la innovación. *Cuarto Congreso Ecuatoriano de la Papa*. Guaranda.
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudík, M., & Yates, C. (2010, 11 25). *A statistical explanation of MaxEnt for ecologists*. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x/full>
- FAO. (2010). *Agricultura "climáticamente inteligente"*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i1881s.pdf>
- Fernández, M. E. (2013, 03 1). *Efectos del Cambio Climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores*. Retrieved 04 17, 2017, from evaluación del riesgo agroclimático por sectores: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>
- Field, C. (2014). *IPCC*. Retrieved from [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf)
- GAD MEJÍA. (2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mejía*. Retrieved 04 15, 2017, from Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento del Cantón Mejía: <http://www.municipiodemejia.gob.ec/documents/ordenanzas/act-pdot-2015.pdf>
- Gerald, N., Rosegrant, M., & Jawoo, K. (2009). *El cambio climático el impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington: IFPRI. Retrieved from [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)
- Gobierno de Pichincha . (2014). *Agenda Productiva Provincial*. Ecuador.
- Gobierno Municipal del Cantón de Mejía. (2012). *Plan Estratégico Participativo Institucional 2012*. Ecuador: Balanced.
- Hermans, L. (2011, 08 8). *Calor y Temperatura*. Retrieved 05 11, 2017, from <http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/index.html>

- Herrera. (1995). *Factores limitantes a la producción y uso de la papa: resultados de la encuesta a los programas nacionales de América Latina*. Lima.
- INIAP. (2015, Febrero 4). *INIAP dio a conocer en el Cantón Mejía las variedades de papa mejoradas*. Retrieved from <http://www.iniap.gob.ec/web/iniap-dio-a-conocer-en-el-canton-mejia-las-variedades-de-papa-mejoradas/>
- Intagri. (2017, Octubre 15). *INTAGRI*. Retrieved from <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa#>
- IPCC. (2001). *Cambio climático*. Retrieved 05 11, 2017, from <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014 Mitigación del Cambio Climático*. Suiza: Corbis.
- Kramer, S., & Wiltings, A. (2013, 07 02). The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions*, 1. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.12096/full>
- Lizarazo, C., & Restrepo, J. (2014, Febreo 4). *Biología de Suelos*. Retrieved from <https://biologiadesuelos2014.wordpress.com/clasificacion/>
- Lobo, J. (2003). *Modelos predictivos: Un atajo para describir la distribución de la diversidad biológica*. . España: Asociación Española de Ecología Terrestre.
- López. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000*. Ecuador.
- Maestre, F. (2008). *Introducción al análisis espacial de datos en ecología y ciencias ambientales: métodos y aplicaciones*. España: DYKINSON.
- Ministerio del Ambiente. (2017, Mayo). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático*. Quito-Ecuador. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>
- Molina, C. (2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de Aloasi 2012-2025*. Dirección de Gestión de Desarrollo Comunitario e Inclusión Social: Pichincha.
- Monteros, A. (2016). *Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Quito, Ecuador* . Ecuador.

- Morejón, A. (2015). *Propuesta de un modelo de gestión turística sostenible para la consolidación del ecoturismo en la cabecera cantonal Machachi del cantón Mejía*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Municipalidad de Mejía. (2003). *Plan de Desarrollo Estratégico del Cantón Mejía*. QUITO.
- Municipalidad de Mejía. (2015). *Plan de Desarrollo Estratégico*. Machachi.
- Neuhauser, C. (2001). Mathematical challenges in spatial ecology. *Notices of the American Mathematical Society*, 48.
- Noboa, S. J. (2012, 01). *Avances de investigación*. Madrid: CeALCI. Retrieved 04 17, 2017, from Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador: <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2014/08/AI66.pdf>
- Ordaz, J. L., Ramirez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). *Efectos del Cambio Climático en Costa Rica*. COSTA RICA: MEXICO DF. CEPAL. Retrieved from DFID.
- Orena, S. (2015). *INIA*. Retrieved from <http://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=86>
- PDEC. (2015). *Municipalidad de Mejía*. Retrieved from [http://www.municipiodemejia.gob.ec/downloads/lotaip2014/S/PLAN\\_DE\\_DESARROLLO\\_CANTON\\_MEJIA.pdf](http://www.municipiodemejia.gob.ec/downloads/lotaip2014/S/PLAN_DE_DESARROLLO_CANTON_MEJIA.pdf)
- Pérez, G. (2010, 03). *Ciclo Hidrológico*. Retrieved 05 11, 2017, from <http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>
- Phillips, S., & Anderson, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distribution. *EcolModel*, 231-259.
- Phillips, S., & Dudík, M. (2008, 03 28). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 1. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x/full>
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006, 06 25). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438000500267X>
- Pino, J. (2017). *Ecología Terrestre y Gestión de la Biodiversidad*. . Barcelona.
- Piqueras, M. (2007, Septiembre 10). *Sector agrario y cambio climático*. Retrieved from <https://ecologistasenaccion.org/article17906.html>
- Pumisacho, M. S. (2012). *El cultivo de papa en el Ecuador*. Quito: CIP.

- R Core Team. (2013). *A language and environment for statistical computing*. Vienna.
- Rai, V. (2013). *Spatial Ecology Patterns and Processes*. India: ISBN. Retrieved from ISBN.
- Redagrícola. (2016, 12). Definición de prioridades para adaptarse al cambio climático en la agricultura. p. 42.
- Reinoso, I. (2013). *INIAP*. Retrieved from [www.iniap.gob.ec](http://www.iniap.gob.ec)
- Santamaría, L. (2006). La ecología espacial como punto de encuentro entre la ecología animal y vegetal. Modelos espacialmente explícitos de dispersión endozoócora. *Ecosistemas Revista científica de ecología y medio ambiente*, 100-105.
- Siles, G. (2004). *Modelos Predictivos de Distribucion de Especies de Vegetacion Potencial en Incedio del Puerto de Las Palomas, Sierra de Cazorla*. . Jaen: Universidad de Jaén .
- Sinchi, E. (2015). *Diagnóstico de la cadena agroindustrial de la papa para el procesamiento de hojuelas de colores en inalproces con productores del conpapa – tungurahua procedentes de tres zonas*. Tesis de ingeniería. Quito. Universidad Central del Ecuador.
- Suquilanda, M. (2013). *Manual Técnico de Producción Orgánica de Cultivos Andinos*. Quito.
- Thompson, S. (2007). Plant Propagation Fronts and Wind Dispersal: An Analytical Model to Upscale from Seconds to Decades Using Superstatistics. *The American Naturalist*, 171.
- Torres, R., & Jayat, P. (2010, 12). *Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (cingulata, artiodactyla y rodentia) típicas del Chaco en Argentina*. Retrieved from [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0327-93832010000200008](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832010000200008)
- Torres, R., & Jayat, P. (2010). Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (cingulata, artiodactyla y rodentia) típicas del Chaco en Argentina. *Scielo*, 336-347.
- UICN. (2010). Categorías de Manejo de Áreas Protegidas de la UICN. *Nature Needs Half*, 1.
- Vanderwal, J. (2011). Package climates: methods for working with weather and climate. *R Project*, 4-10.
- Vargas, P. (2009, 06). *Banco Central de Reserva del Perú*. Retrieved 04 17, 2017, from El cambio climático y sus efectos en el Perú: <http://www.riesgoycambioclimatico.org/biblioteca/archivos/DC1136.pdf>

- Vargas, P. (2009, 07). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú*. Retrieved 05 2017, 04, from <http://www.riesgoycambioclimatico.org/biblioteca/archivos/DC1136.pdf>
- Warren, D., & Seifert, S. (2011, 03 01). *Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria*. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/10-1171.1/full>
- Wenger, R. (2008). La papa y le cambio climatico. *InfoResource*, 5-10.
- Zapperi, P. (2009, Agosto). *CEPEIGE*. Retrieved from <http://www.cepeige.org/Revista3/E1%20CAMBIO%20CLIMATICO%203.pdf>

## ANEXOS

**Anexo I.** Tabla de Localidades de cultivo actual de papa en el cantón Mejía

N°	X	Y	N°	X	Y
1	716663,8987	9642169,26	48	732663,8987	9784169,26
2	667663,8987	9647169,26	49	723663,8987	9785169,26
3	755663,8987	9695169,26	50	748663,8987	9785169,26
4	753663,8987	9698169,26	51	752663,8987	9786169,26
5	753663,8987	9700169,26	52	747663,8987	9787169,26
6	743663,8987	9707169,26	53	749663,8987	9788169,26
7	740663,8987	9708169,26	54	773663,8987	9791169,26
8	743663,8987	9709169,26	55	776663,8987	9792169,26
9	741663,8987	9711169,26	56	768663,8987	9793169,26
10	746663,8987	9712169,26	57	770663,8987	9793169,26
11	750663,8987	9713169,26	58	764663,8987	9795169,26
12	735663,8987	9714169,26	59	759663,8987	9796169,26
13	720663,8987	9714169,26	60	757663,8987	9797169,26
14	741663,8987	9714169,26	61	745663,8987	9799169,26
15	703663,8987	9722169,26	62	743663,8987	9801169,26
16	726663,8987	9727169,26	63	759663,8987	9801169,26
17	728663,8987	9736169,26	64	747663,8987	9801169,26
18	742663,8987	9746169,26	65	746663,8987	9804169,26
19	744663,8987	9747169,26	66	739663,8987	9805169,26
20	747663,8987	9747169,26	67	741663,8987	9808169,26
21	729663,8987	9748169,26	68	744663,8987	9814169,26
22	734663,8987	9748169,26	69	711663,8987	9815169,26
23	751663,8987	9751169,26	70	772663,8987	9816169,26
24	760663,8987	9751169,26	71	775663,8987	9817169,26

25	753663,8987	9753169,26	72	777663,8987	9820169,26
26	766663,8987	9753169,26	73	774663,8987	9821169,26
27	758663,8987	9754169,26	74	744663,8987	9822169,26
28	746663,8987	9755169,26	75	776663,8987	9823169,26
29	763663,8987	9756169,26	76	745663,8987	9824169,26
30	734663,8987	9757169,26	77	747663,8987	9827169,26
31	747663,8987	9757169,26	78	744663,8987	9827169,26
32	740663,8987	9762169,26	79	759663,8987	9831169,26
33	738663,8987	9765169,26	80	768663,8987	9831169,26
34	729663,8987	9769169,26	81	779663,8987	9833169,26
35	756663,8987	9769169,26	82	772663,8987	9834169,26
36	733663,8987	9771169,26	83	721663,8987	9857169,26
37	753663,8987	9771169,26	84	725663,8987	9858169,26
38	755663,8987	9771169,26	85	726663,8987	9860169,26
39	733663,8987	9773169,26	86	728663,8987	9861169,26
40	741663,8987	9777169,26	87	724663,8987	9861169,26
41	743663,8987	9779169,26	88	730663,8987	9863169,26
42	749663,8987	9780169,26	89	715663,8987	9864169,26
43	745663,8987	9780169,26	90	718663,8987	9865169,26
44	731663,8987	9782169,26	91	753663,8987	9883169,26
45	746663,8987	9782169,26	92	752663,8987	9886169,26
46	727663,8987	9784169,26	93	750663,8987	9888169,26
47	729663,8987	9784169,26	94	752663,8987	9888169,26
95	753663,8987	9890169,26	143	759663,8987	9888169,26
96	752663,8987	9893169,26	144	840663,8987	10055169,3
97	740663,8987	9894169,26	145	847663,8987	10055169,3

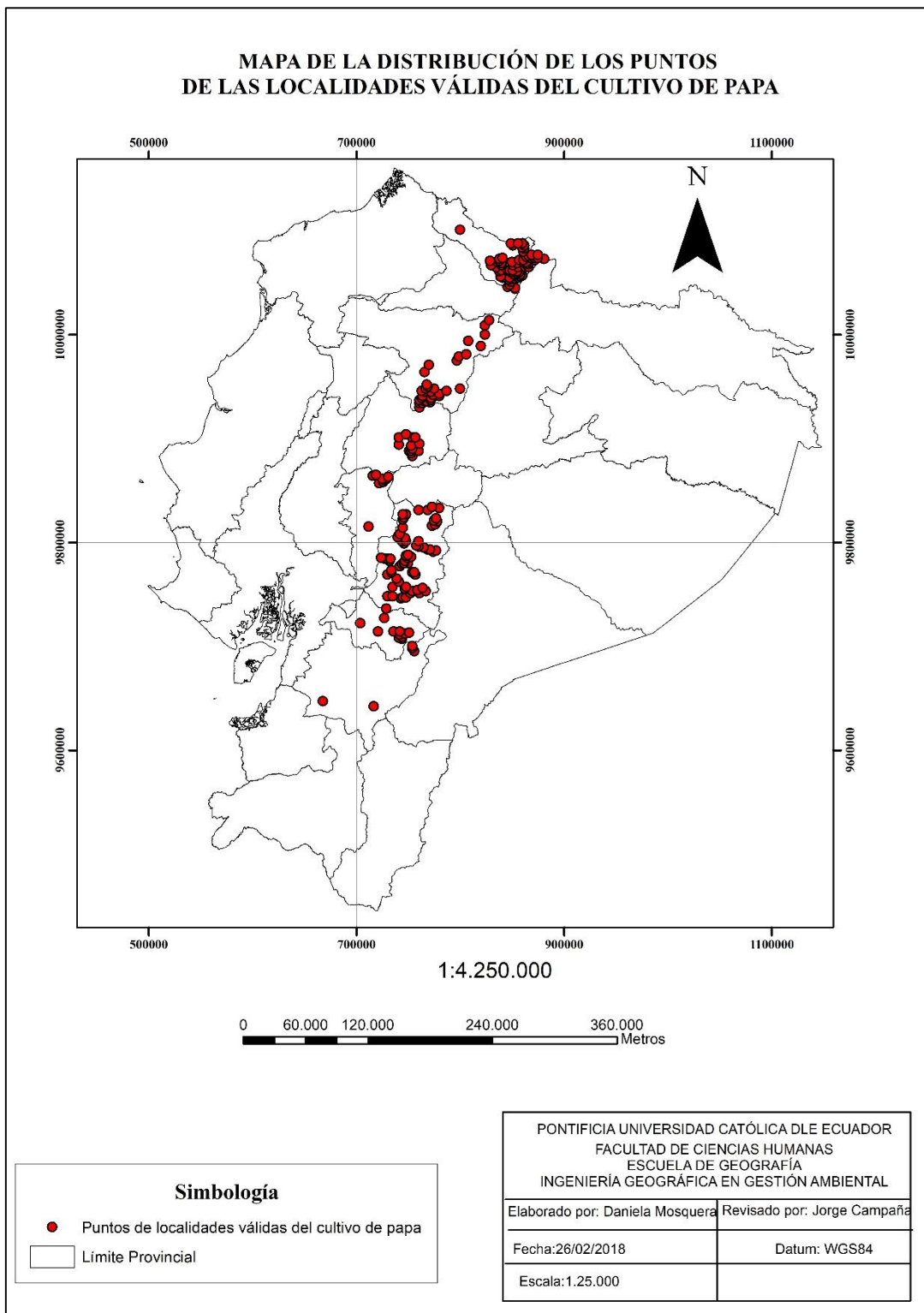
98	760663,8987	9895169,26	146	855663,8987	10055169,3
99	753663,8987	9901169,26	147	838663,8987	10056169,3
100	756663,8987	9901169,26	148	857663,8987	10056169,3
101	740663,8987	9901169,26	149	853663,8987	10057169,3
102	747663,8987	9904169,26	150	859663,8987	10057169,3
103	760663,8987	9930169,26	151	851663,8987	10058169,3
104	760663,8987	9934169,26	152	857663,8987	10058169,3
105	763663,8987	9934169,26	153	854663,8987	10059169,3
106	770663,8987	9935169,26	154	848663,8987	10060169,3
107	765663,8987	9936169,26	155	856663,8987	10060169,3
108	767663,8987	9936169,26	156	837663,8987	10061169,3
109	760663,8987	9937169,26	157	854663,8987	10061169,3
110	771663,8987	9937169,26	158	839663,8987	10062169,3
111	762663,8987	9939169,26	159	845663,8987	10062169,3
112	771663,8987	9939169,26	160	847663,8987	10062169,3
113	763663,8987	9941169,26	161	850663,8987	10062169,3
114	779663,8987	9941169,26	162	834663,8987	10065169,3
115	773663,8987	9942169,26	163	855663,8987	10065169,3
116	779663,8987	9943169,26	164	862663,8987	10065169,3
117	765663,8987	9945169,26	165	865663,8987	10065169,3
118	771663,8987	9945169,26	166	829663,8987	10067169,3
119	762663,8987	9946169,26	167	839663,8987	10067169,3
120	786663,8987	9946169,26	168	850663,8987	10067169,3
121	766663,8987	9948169,26	169	865663,8987	10068169,3
122	774663,8987	9948169,26	170	863663,8987	10068169,3
123	799663,8987	9948169,26	171	839663,8987	10069169,3

124	768663,8987	9950169,26	172	854663,8987	10069169,3
125	767663,8987	9952169,26	173	835663,8987	10070169,3
126	765663,8987	9964169,26	174	849663,8987	10070169,3
127	769663,8987	9971169,26	175	860663,8987	10070169,3
128	796663,8987	9975169,26	176	863663,8987	10070169,3
129	798663,8987	9979169,26	177	828663,8987	10071169,3
130	805663,8987	9981169,26	178	837663,8987	10071169,3
131	819663,8987	9989169,26	179	856663,8987	10072169,3
132	807663,8987	9994169,26	180	860663,8987	10072169,3
133	823663,8987	10000169,3	181	871663,8987	10072169,3
134	823663,8987	10009169,3	182	837663,8987	10073169,3
135	827663,8987	10014169,3	183	880663,8987	10073169,3
136	852663,8987	10045169,3	184	840663,8987	10074169,3
137	845663,8987	10046169,3	185	867663,8987	10074169,3
138	847663,8987	10048169,3	186	871663,8987	10074169,3
139	848663,8987	10051169,3	187	874663,8987	10074169,3
140	846663,8987	10053169,3	188	863663,8987	10075169,3
141	849663,8987	10054169,3	189	865663,8987	10076169,3
142	852663,8987	10054169,3	190	868663,8987	10077169,3
191	860663,8987	10080169,3			
192	861663,8987	10083169,3			
193	859663,8987	10084169,3			
194	850663,8987	10086169,3			
195	861663,8987	10086169,3			
196	848663,8987	10088169,3			
197	859663,8987	10088169,3			

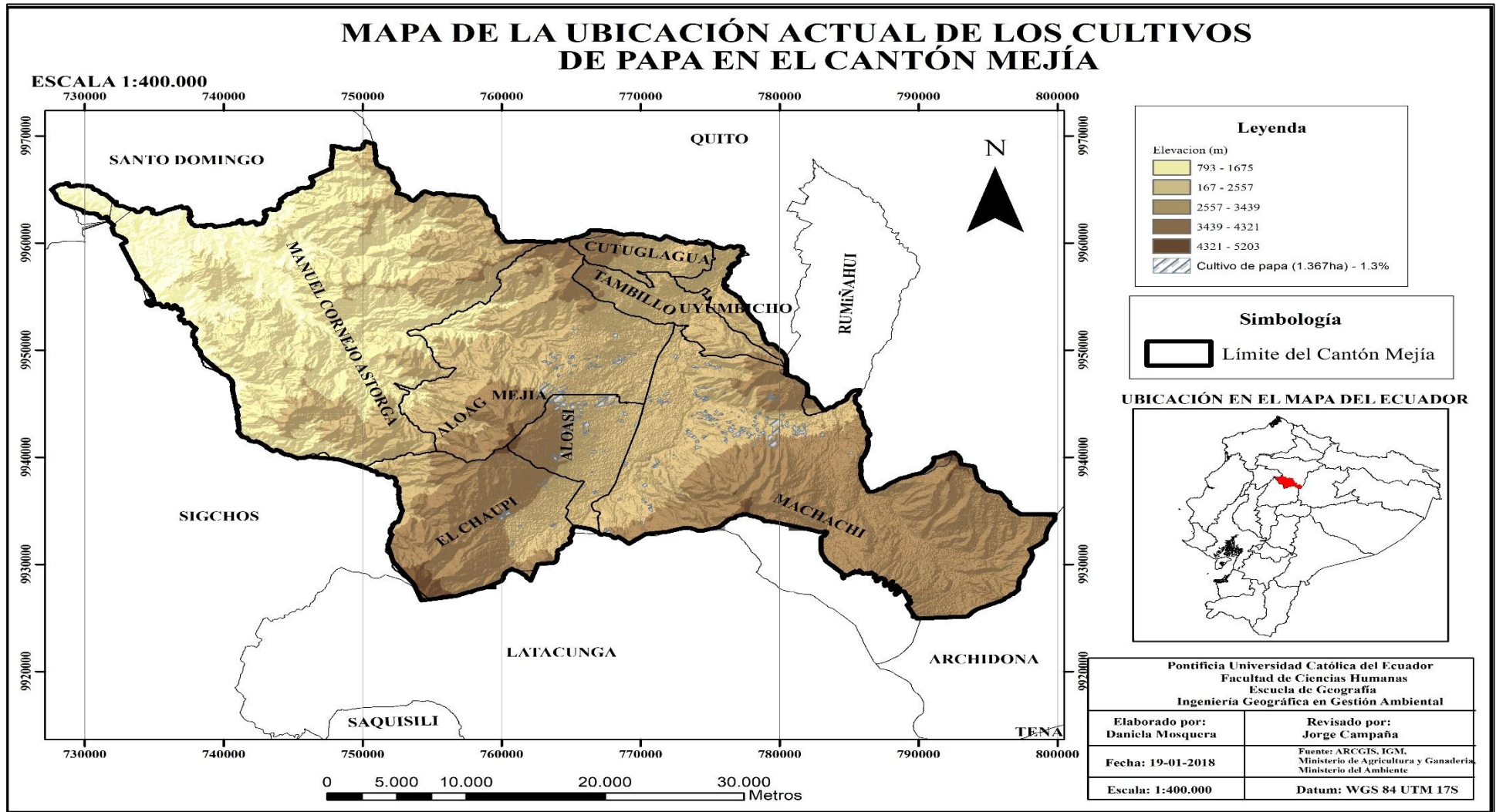
198	855663,8987	10088169,3			
200	799663,8987	10101169,3			
201	874663,8987	10077169,3			

**Fuente:** (MAGAP, 2013)

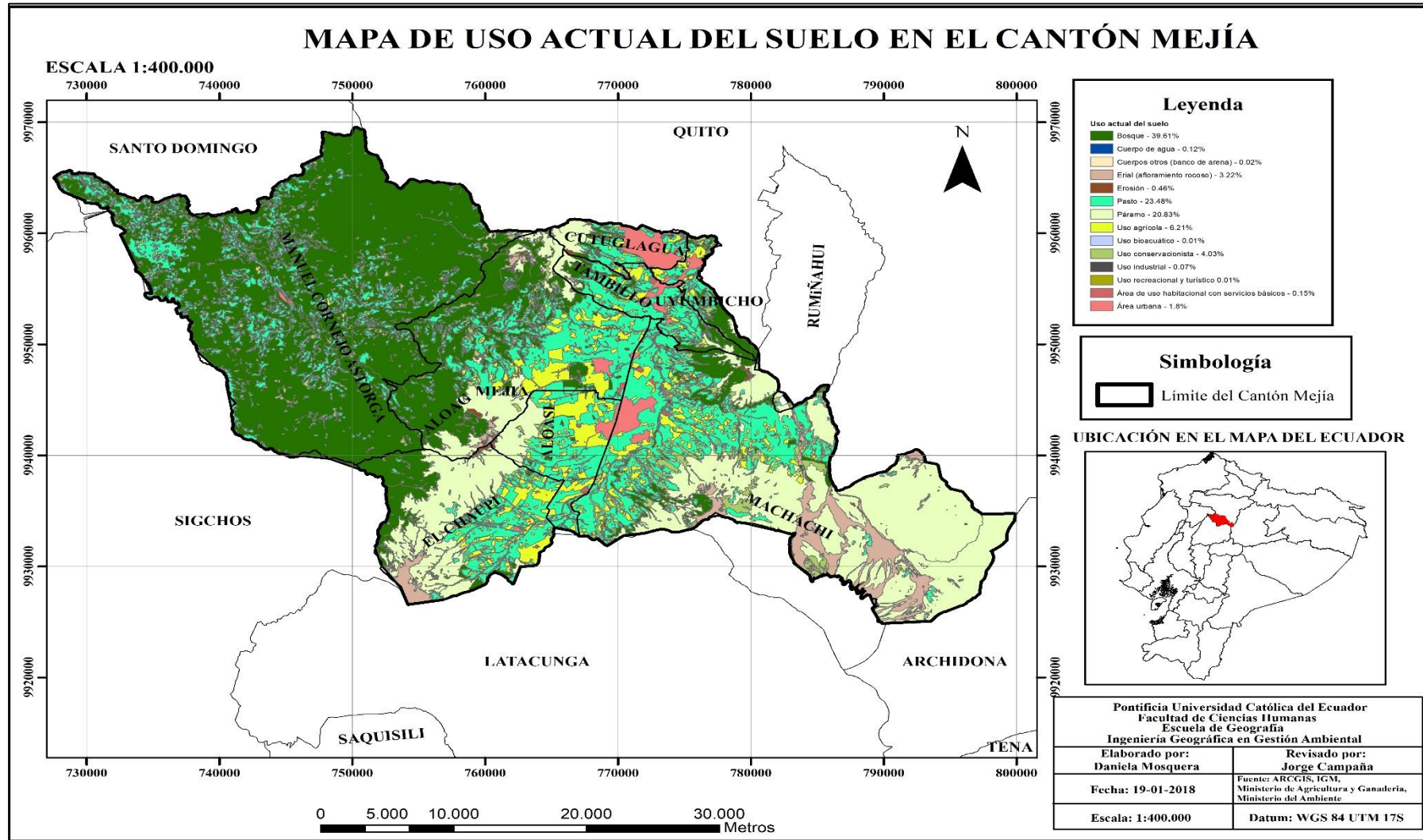
**Anexo II.** Mapa de la distribución de los puntos de las localidades válidas del cultivo de papa.



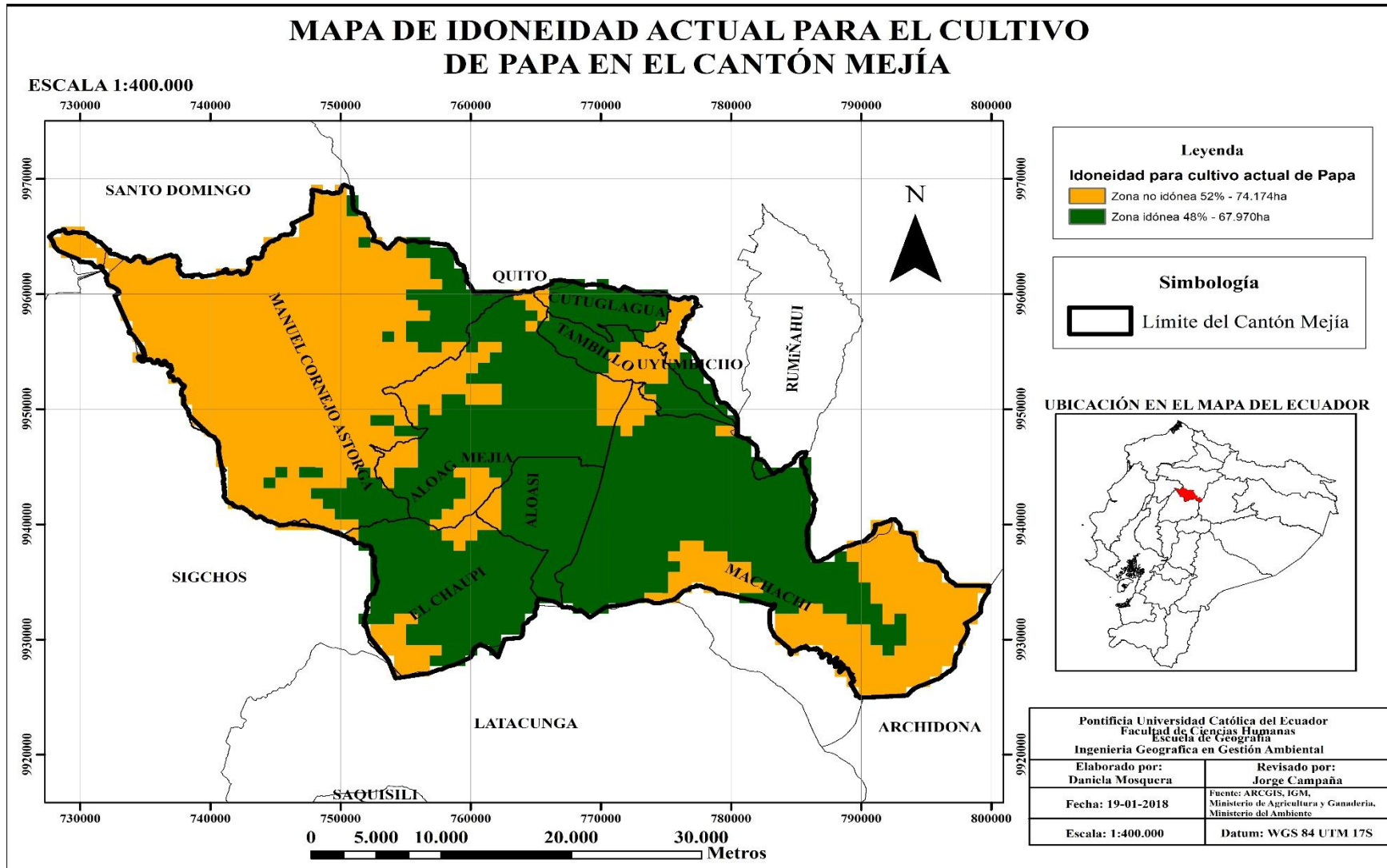
Anexo III. Mapa de ubicación de las zonas de cultivo de papa actual



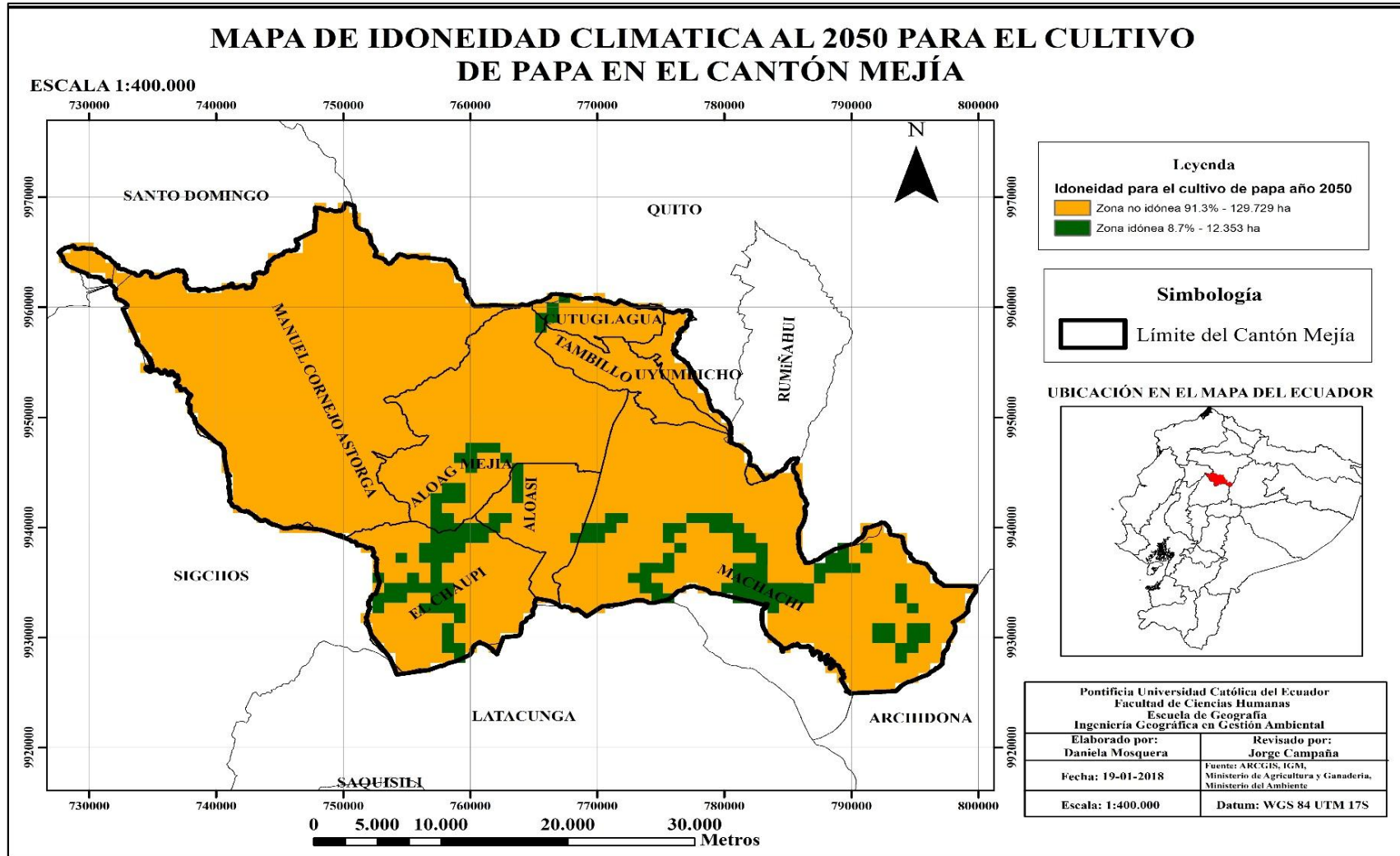
Anexo IV. Mapa de uso actual del suelo en el cantón Mejía.



Anexo V. Mapa de idoneidad climática actual para el cultivo de papa en el cantón Mejía.



Anexo VI. Mapa de idoneidad climática para el cultivo de papa en el año 2050 en el cantón Mejía.



Anexo VII. Mapa de SNAP y Bosques protectores y zonas idóneas climáticamente para el cultivo de papa en el 2050 en el cantón Mejía.

