



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*Zea mays*) Y PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA GUAYTACAMA PROVINCIA DE COTOPAXI 2020-2021”.

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de**  
**Ingeniera Agrónoma**

**AUTORA:**

Cóndor Zarchi Maryuri Liliana

**TUTOR:**

Carrera Molina David Santiago Ing. Mg.

**LATACUNGA-ECUADOR**

**Marzo 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Maryuri Liliana Córdor Zarchi, con cédula de ciudadanía No. 1752092591, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Determinación de zonas aptitudinales para los cultivos de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) mediante un modelo geográfico en la parroquia Guaytacama provincia de Cotopaxi 2020-2021”, siendo el Ingeniero Mg. David Santiago Carrera Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 08 de marzo del 2021

Maryuri Liliana Córdor Zarchi

**Estudiante**

**CC: 1752092591**

Ing. Mg. David Santiago Carrera Molina

**Docente Tutor**

**CC: 0502663180**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CÓNDOR ZARCHI MARYURI LILIANA**, identificada con cédula de ciudadanía 1752092591 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Determinación de zonas aptitudinales para los cultivos de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) mediante un modelo geográfico en la parroquia Guaytacama provincia de Cotopaxi 2020-2021**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico. - Inicio de la carrera: abril 2016 - agosto 2016 – Finalización: octubre 2020 - marzo 2021.

Aprobación en Consejo Directivo. - 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. Mg. David Santiago Carrera Molina

Tema: “Determinación de zonas aptitudinales para los cultivos de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) mediante un modelo geográfico en la parroquia Guaytacama provincia de Cotopaxi 2020-2021”.

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como

requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de marzo del 2021.

Maryuri Liliana Córdor Zarchi

**LA CEDENTE**

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga

**LA CESIONARIA**

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

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

**“DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*Zea mays*) Y PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA GUAYTACAMA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020-2021”.**, de Córdor Zarchi Maryuri Liliana, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 8 de marzo del 2021

Ing. Mg. David Santiago Carrera Molina

**DOCENTE TUTOR**

**CC: 0502663180**

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Córdor Zarchi Maryuri Liliana, con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*Zea mays*) Y PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA GUAYTACAMA PROVINCIA DE COTOPAXI 2020-2021”**., ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 8 de marzo de 2021

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Santiago Cristian Jiménez Jácome

CC: 0501946263

Lector 2

Mg. Marcela Janine Morillo Acosta

CC: 1719994392

Lector 3

Ing. Mtr. Nelly Magdalena Deleg Quichimbo.

CC: 0105013999

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme colmado de bendiciones y gozado de buena salud para terminar mi proceso de formación académica, por darme la fuerza en momentos de debilidad y salir de situaciones difíciles.

A mis padres quienes me guiaron y me enseñaron a ser una persona de bien, luchadora y persistente en mis metas, gracias a ellos he logrado superarme y cumplir una etapa en mi vida profesional.

A mis compañeros-amigos de aula con quienes compartimos gratos momentos durante los semestres de estudio.

A mi querida alma mater la Universidad Técnica de Cotopaxi quien me abrió sus puertas al conocimiento a través de enseñanzas impartidas por todos los docentes que conforman la Carrera de Ingeniería Agronómica.

Maryuri Liliana Córdor Zarchi



## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de investigación a mis padres Sylvia y José quienes son el pilar de mi vida por darme su amor incondicional, por corregirme, por sus lecciones, por su apoyo económico y moral que han logrado preservar mis metas tan importantes en mi vida de igual manera sobre mi carrera académica. Vivo y viviré orgullosa de tener los padres que tengo.

Maryuri Liliana Córdor Zarchi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (ZEA MAYS) Y PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA GUAYTACAMA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020-2021”.

**AUTOR:** Cóndor Zarchi Maryuri Liliana

**RESUMEN**

La presente investigación se llevó a cabo en la parroquia de Guaytacama del Cantón Latacunga, con el objetivo de establecer zonas aptas para el cultivo de papa y maíz, se consideró distintas variables climáticas y edáficas como son tipo y textura de suelo, pH, pendientes, precipitación, temperatura y evapotranspiración obtenida a través del método de Oudin. Con la aplicación de sistemas de información geográfica se establece un rango de 20 km a la zona de estudio donde se obtuvo 22 estaciones meteorológicas cercanas, de las cuales se presentan 5 estaciones activas, pero solo la estación M1066- COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA presenta los datos necesarios para la obtención de temperatura y precipitación anual, así como mensual. Mediante un modelo geográfico a partir del software ArcGIS se obtiene un análisis por Worldclim de isotermas e Isoyetas de la misma forma variables edáficas con la aplicación de teledetección se establece que el 44.43% presta las condiciones edafoclimáticas para el cultivo de maíz, mientras que para el cultivo de papa es nula por lo que se evidencia que no existe áreas que cumplan con los requerimientos necesarios para su desarrollo óptimo. Sin embargo, se puede utilizar diferentes métodos de agricultura ancestrales o modernos para el cultivo de papa, pero aumentara su costo de producción. Para investigaciones futuras se recomienda la obtención de datos in situ para la generación de datos climáticos y edáficos con más precisión.

**Palabras claves:** meteorológicas, teledetección, edafoclimáticos, cultivos.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME:** “DETERMINATION OF SUITABLE ZONES FOR CORN (ZEA MAYS) AND POTATO (SOLANUM TUBEROSUM) CROPS USING A GEOGRAPHICAL MODEL IN THE GUAYTACAMA PARISH, COTOPAXI PROVINCE, 2020-2021”.

**AUTHOR:** Córdor Zarchi Maryuri Liliana

**ABSTRACT**

The present investigation was carried out at Guaytacama parish in the Latacunga Canton with the aim of establishing suitable areas for the cultivation of potatoes and corn, different climatic and edaphic variables were considered such as type and texture of soil, pH, slopes, precipitation, temperature and evotranspiration obtained through Oudin's method. With the application, information geographical systems, a range of 20 km is established on order to zone study where 22 nearby meteorological stations were obtained, which 5 active stations are presented, but only station M1066- COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA presents the data necessary to obtain annual temperature and precipitation, as well as monthly. Thus, using a geographical model from ArcGIS software, a Worldclim analysis of isotherms and isohyets is obtained in the same way edaphic variables with the remote sensing application, it is established that 44.43% getting the edaphoclimatic conditions for the cultivation of corn, while for the potato cultivation is null, so it is evident that there are no areas that fulfill the necessary requirements to an optimal development. However, different ancient or modern farming methods can be used for potato cultivation, but it will increase your production cost. For future research, it is recommended to obtain in situ data for the generation of climatic and edaphic data with more precision.

**Keywords:** meteorological, remote sensing, edaphoclimatic, crops.

# ÍNDICE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
4.1. Beneficiarios Directos.....	3
4.2. Beneficiarios Indirectos.....	4
5. PROBLEMÁTICA .....	4
5.1. Formulación Del Problema .....	4
6. OBJETIVOS.....	4
6.1. Objetivo General.....	4
6.2. Objetivos Específicos.....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6
7.1. Requerimientos agroecológicos de los cultivos de interés. ....	6
7.2. Cultivo de Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). ....	6
Temperatura.....	6
Suelos.....	7
Pendiente del terreno.....	8
Altitud.....	8
Vientos.....	8
Agua. ....	8
7.3. Cultivo De Maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	8
Clima .....	9
Pluviometría .....	9
Riego.....	9
Suelo .....	9
7.4. Diagnostico Territorial De La Parroquia Guaytacama .....	10

Localización de la Parroquia y Límites.....	10
Clima .....	11
Precipitación.....	12
Humedad relativa.....	12
Geomorfología y pendientes .....	13
Tipos de Suelo.....	13
Agua - Hidrografía .....	14
<b>7.5. Sistemas de información geográfica SIG .....</b>	<b>15</b>
Georreferenciación .....	16
ModelBuilder.....	16
Superposición de mapas .....	16
SQL .....	16
Teledetección .....	17
<b>9. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>9.1. Modalidad Básica De Metodología.....</b>	<b>19</b>
Aplicada.....	19
Bibliografía documental.....	19
<b>9.2. Tipo de investigación.....</b>	<b>20</b>
Descriptiva.....	20
Cuali Cuantitativo .....	20
<b>9.3. Desarrollo Metodológico .....</b>	<b>20</b>
<b>10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>10.1.Condiciones Edafoclimáticas De Los Cultivos .....</b>	<b>33</b>
Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). .....	33
Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de Maíz ( <i>Zea mays</i> ).....	33
<b>10.2.Análisis Climático .....</b>	<b>33</b>
Régimen De Precipitación .....	33
Isoyetas .....	35
Régimen De Temperatura.....	37
Isotermas .....	38
Relación Precipitación Temperatura .....	40
Relación Entre Precipitación Efectiva Y Evapotranspiración Potencial .....	41

<b>10.3. Análisis Edáfico.....</b>	<b>43</b>
<b>Zonas Aptas Para El Cultivo De Papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) .....</b>	<b>43</b>
<b>Zonas Aptas Para El Cultivo De Maíz (<i>Zea mays</i>). .....</b>	<b>44</b>
<b>11. IMPACTOS.....</b>	<b>45</b>
<b>Impacto Técnico.....</b>	<b>45</b>
<b>Impacto Social.....</b>	<b>45</b>
<b>Impacto Económico .....</b>	<b>45</b>
<b>Impacto Ambiental .....</b>	<b>45</b>
<b>12. PRESUPUESTO.....</b>	<b>46</b>
<b>13. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>14. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>15. BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>47</b>
<b>16. ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## INDICE DE MAPAS

<b>Mapa N° 1: Ubicación de estaciones meteorológicas para el estudio .....</b>	<b>21</b>
<b>Mapa N° 2: Isoyetas – Guaytacama.....</b>	<b>35</b>
<b>Mapa N° 3: Isotermas - Guaytacama.....</b>	<b>38</b>
<b>Mapa N° 4: Zonas Aptas Para El Cultivo De Papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) mediante un análisis edáfico por medio del software ArcGIS.....</b>	<b>43</b>
<b>Mapa N° 5: Zonas Aptas Para El Cultivo De Maíz (<i>Zea mays</i>) mediante un análisis edáfico por medio del software ArcGIS.....</b>	<b>44</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1: Barrios de Guaytacama .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabla N° 2: Tabla de actividades por objetivo. ....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla N° 3: Requerimientos de temperatura en el cultivo de papa de acuerdo a su etapa de desarrollo.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla N° 4: Estaciones meteorológicas cercanas a la parroquia de Guaytacama.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla N° 5: Descripción de las estaciones meteorológicas cercanas al estudio que se encuentran activas.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla N° 6: Descripción referente al estudio de las estaciones. ....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla N° 7: Datos generales de las estaciones meteorológicas .....</b>	<b>24</b>

<b>Tabla N° 8:</b> Datos Incompletos de Precipitación De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA En La Provincia De Cotopaxi Pertenciente A La Cuenca Del Río Amazonas, Con Registro Activo De Datos Desde 1991 Hasta El 2015 .....	26
<b>Tabla N° 9:</b> Porcentaje de espacios blancos de los datos de Precipitación De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA. ....	27
<b>Tabla N° 10:</b> Datos Incompletos de temperatura De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA En La Provincia De Cotopaxi Pertenciente A La Cuenca Del Río Amazonas, Con Registro Activo De Datos Desde 1991 Hasta El 2015. ....	28
<b>Tabla N° 11:</b> Porcentaje de espacios blancos de los datos de la Temperatura De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA. ....	29
<b>Tabla N° 12:</b> Cálculo de evapotranspiración potencial (ET <sub>o</sub> ) utilizando la formulación propuesta por Oudin.....	30
<b>Tabla N° 13:</b> Resumen de la Evapotranspiración (ET <sub>o</sub> ) en mm/mes y mm/día.....	31
<b>Tabla N° 14:</b> Resumen de precipitación efectiva (P <sub>e</sub> ) en mm/mes y mm/día.....	32
<b>Tabla N° 15:</b> Cuadro resumen de requerimientos agroecológicas del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	33
<b>Tabla N° 16:</b> Cuadro resumen de requerimientos agroecológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ). ....	33
<b>Tabla N° 17:</b> Resumen de promedios mensuales de precipitación con mínimos y máximos de la estación Cotopilalo convenio INHAMI -CESA ( M1066). ....	34
<b>Tabla N° 18:</b> Promedios anuales de precipitación de la estación meteorológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA.....	36
<b>Tabla N° 19:</b> Resumen de promedios mensuales de Temperatura con mínimos y máximos de la estación Cotopilalo convenio INHAMI -CESA ( M1066). ....	37
<b>Tabla N° 20:</b> Promedios anuales de temperatura de la estación meteorológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA.....	39
<b>Tabla N° 21:</b> Relación de precipitación y temperatura de Guaytacama. ....	40
<b>Tabla N° 22:</b> Precipitación efectiva y evapotranspiración potencial.....	41
<b>Tabla N° 23:</b> Presupuesto del proyecto.....	46

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Ubicación de la parroquia de Guaytacama. ....	11
<b>Ilustración 2:</b> Tipos de suelo en Guaytacama .....	14
<b>Ilustración 3:</b> Hidrografía.....	15

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N° 1:</b> Zonas aptas para el cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ) en la parroquia de Guaytacama. ...	52
<b>Anexo N° 2:</b> Zonas aptas para el cultivo de Papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ) en la parroquia de Guaytacama. ....	53
<b>Anexo N° 3:</b> Estaciones que se encuentran cerca de la parroquia Guaytacama.....	54

<b>Anexo N° 4:</b> Estaciones que se encuentran cerca de la parroquia Guaytacama- mapa general. ..	55
<b>Anexo N° 5:</b> Mapa de isotermas de la parroquia de Guaytacama. ....	56
<b>Anexo N° 6:</b> Mapa de isoyetas de la parroquia de Guaytacama.....	57
<b>Anexo N° 7:</b> Cálculo de evapotranspiración por método de Oudin.....	58
<b>Anexo N° 8:</b> Tabla del llenado de datos de precipitación faltantes de la estación Cotopilalo convenio INAMHI-CESA (M1066).....	58
<b>Anexo N° 9:</b> Tabla del llenado de datos de temperatura faltantes de la estación Cotopilalo convenio INAMHI-CESA (M1066).....	60
<b>Anexo N° 10:</b> Aval de traducción.....	61



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

“DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*Zea mays*) Y PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA GUAYTACAMA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020-2021”

**Fecha de inicio:**

Octubre del 2020.

**Fecha de finalización:**

Marzo del 2021.

**Lugar de ejecución:**

- Parroquia Guaytacama - Cantón Latacunga - Provincia de Cotopaxi – Zona 3.

**Facultad que auspicia**

- Facultad De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Agronómica.

**Proyecto de investigación vinculado**

Proyecto de la determinación de calidad de sitios

**Equipo de Trabajo:**

Tutor: Ing. MSc. David Carrera	CC. 050266318-0
Lector 1: Ing. Santiago Jiménez Mg.	CC. 050194626-3
Lector 2: Marcela Morillo M.Sc.	CC. 171999439-2
Lector 3: Ing. M.Sc. Nelly Deleg	CC. 010501399-9

Investigadora: Maryuri Liliana C3ndor Zarchi CC. 175209259-1

**3rea de Conocimiento:**

Agricultura - Agricultura, silvicultura y pesca - producci3n agropecuaria

**L3nea de investigaci3n:**

**L3nea 1:**

- a. An3lisis, conservaci3n y aprovechamiento de la biodiversidad local

**Sub l3neas de investigaci3n de la Carrera:**

- a. Producci3n agr3cola sostenible

**L3nea de vinculaci3n**

- a. gesti3n de recursos naturales, biodiversidad, biotecnolog3a y gen3tica para el desarrollo humano social.

## **2. DESCRIPCI3N DEL PROYECTO**

Se realiz3 un an3lisis edafoclim3tico a trav3s de la utilizaci3n de estaciones meteorol3gicas cercanas a la zona de estudio, para obtener datos de precipitaci3n y temperatura de la zona que permiten determinar estaciones de siembra para los cultivos, la generaci3n de mapas cartogr3ficos que indican zonas aptas para establecer el cultivo de ma3z y papa mediante la utilizaci3n de sistemas de informaci3n Geogr3fica (SIG).

## **3. JUSTIFICACI3N DEL PROYECTO**

La parroquia Guaytacama se encuentra en la Provincia de Cotopaxi, a 12 km del cant3n Latacunga, con una superficie aproximada de 27 km<sup>2</sup>, compuesta de suelos arenosos y franco arenosos lo cual tiene como caracter3sticas de fertilidad con altos contenidos de nutrientes como calcio, nitratos y magnesio, aptos para cultivos que alcanzan alta productividad (INEC, 2001).

La presente investigaci3n busca establecer zonas aptas que ayuden a aumentar la producci3n de papa y ma3z para Guaytacama por medio de la agricultura de precisi3n que permite el uso de

nuevos sistemas modernos como herramientas para incrementar la eficiencia y calidad en la producción por lo que evita pérdidas económicas por el uso innecesario de insumos agrícolas, porque los agricultores establecen sus cultivos en zonas con pendientes elevadas y baja fertilidad con el fin de cumplir la necesidad económica y alimenticia familiar, por lo que este estudio delimita zonas agrícolas con respecto a las condiciones edafoclimáticas de cultivo de interés mediante teledetección con imágenes satelitales por medio del software ArcGis y herramientas como el Microsoft Excel que permiten generar bases de datos climatológicos de temperatura y precipitación por lo que se identifican zonas favorables bajo la relación suelo- agua- planta.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Indica (INEC, 2010), la población de la parroquia de Guayacana pertenece al 5.8 % de la población total del Cantón de Latacunga, cuenta con un total de 10.028 habitantes de acuerdo al último censo realizado por el INEC en el 2010.

Guaytacama está conformado por 15 barrios (**Tabla N° 1**) que tiene como actividad económica principal la agricultura, ganadería, silvicultura y el resto de la población se dedica a otras actividades como el comercio, la gastronomía, el turismo entre otros (PDOT, 2019).

**Tabla N° 1:** Barrios de Guaytacama

<b>Barrios que existen en la actualidad en Guaytacama</b>		
Barrio Centro.	La Floresta.	Santa Inés.
Cevallos.	La Libertad.	San Sebastián.
Cuicuno.	Pilacoto.	Santa Teresita.
El Calvario.	Pupana Sur.	Yanashpa.
Guamani Narvaez	Santa Ana.	12 de octubre.

**Fuente:** (PDOT, 2019)

##### 4.1. Beneficiarios Directos

Siendo así los beneficiarios directos los moradores que son medianos y pequeños agricultores que se dedican a la producción y comercialización del cultivo de maíz (*Zea mays*) y la papa (*Solanum tuberosum*) de la Parroquia Guaytacama que pertenece al Cantón Latacunga provincia Cotopaxi, por ser partícipes del proyecto la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## 4.2. Beneficiarios Indirectos

La Universidad Técnica de Cotopaxi, La Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales y los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica que podrán basarse en la información obtenida para su posterior investigación y fomentar su área de conocimiento. Además, se verán beneficiados investigadores cuyos resultados serán parte del proceso de titulación.

## 5. PROBLEMÁTICA

En el Ecuador la producción agrícola crece en áreas destinadas para la exportación y agroindustria, orientándose únicamente al monocultivo, mediante el aumento de la frontera agrícola, la misma que lleva un ritmo de crecimiento del 3% anual, sin tomar en cuenta las necesidades de la población. Mientras tanto, decrece cada vez más los terrenos cultivados para consumo interno. (Saltos & Vázquez, 2009).

Los agricultores realizan la siembra de los cultivos sin previo conocimiento relacionadas a las necesidades hídricas, nutricionales, adaptación a las condiciones climáticas y edáficas por lo que dificulta a los habitantes a cultivar productos propios de la zona debido a la baja rentabilidad.

La parroquia de Guaytacama dedicada a los cultivos andinos considerados como componentes básicos en la producción agrícola disminuye cada vez más en diferentes áreas por la búsqueda de mayor rendimiento y calidad de productos ha generado como alternativa rentable el monocultivo de brócoli para reemplazar los cultivos tradicionales.

### 5.1. Formulación Del Problema

¿Existen zonas aptas para el cultivo de Maíz y papa de acuerdo a las necesidades edafoclimáticas en la parroquia de Guaytacama en la provincia de Cotopaxi?

## 6. OBJETIVOS

### 6.1. Objetivo General

Determinar zonas aptitudinales para los cultivos de Maíz (*Zea mays*) y Papa (*Solanum Tuberosum*) mediante un modelo geográfico de la parroquia Guaytacama provincia de Cotopaxi

## 6.2. Objetivos Específicos

- Establecer las variables que influyen en el crecimiento de los cultivos de maíz y papa, tomando en cuenta los requerimientos edafoclimáticos de cada cultivo dentro de la Parroquia de Guaytacama.
- Elaborar una base de datos de precipitación y temperatura de estaciones meteorológicas cercanas a la parroquia Guaytacama
- Elaborar sub modelos para el análisis de mapas edáficos y climáticos.

*Tabla N° 2: Tabla de actividades por objetivo.*

OBEJTIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Establecer las variables que influyen en el crecimiento de los cultivos de maíz y papa, tomando en cuenta los requerimientos edafoclimáticos de cada cultivo dentro de la Parroquia de Guaytacama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de las necesidades de temperatura precipitación, altitud, pendiente, suelos, textura y concentración de iones hidronio en el suelo (pH) , de los cultivos maíz y papa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de requerimientos para el desarrollo óptimo del cultivo de maíz y papa.</li> </ul>	Tablas de requerimientos para cada cultivo
Elaborar una base de datos de precipitación y temperatura de estaciones	Identificación de estaciones meteorológicas y agroclimáticas, con un radio de 20km.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos climáticos de la zona para la realización de cálculos de requerimientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapas generados desde ArcGIS</li> <li>• Libro en Excel con datos</li> </ul>

<p>meteorológicas cercanas a la parroquia Guaytacama</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de un Excel que contenga todos los datos de las estaciones cercanas a la parroquia de Guaytacama</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar sub modelos para el análisis de mapas edáficos y climáticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar mapa de estudio a partir del shapefile</li> <li>• Generar un Modelo de Elevación Digital (DEM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de mapas con zonas aptas para los cultivos</li> </ul>	<p>Mapas generados en el ArcGIS</p>

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 7.1. Requerimientos agroecológicos de los cultivos de interés.

### 7.2. Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum*).

#### Temperatura.

Para el cultivo de la papa, la mayor limitante son las temperaturas, ya que si son inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C afectan irreversiblemente el desarrollo del cultivo, mientras que la temperatura óptima para una mejor producción va de 17 a 23 °C. Por ese motivo, la papa se siembra a principios de la primavera en zonas templadas y a finales de invierno en las regiones más calurosas. En los lugares de clima tropical cálido se siembra durante los meses más frescos del año. La papa es considerada una planta termo periódica, es decir, necesita una variación de las temperaturas entre

el día y la noche. Dicha variación debe ser entre 10 a 25 °C en el aire. La temperatura del suelo adecuada para el desarrollo de tubérculos debe ser de 10 a 16 °C durante la noche y de 16 a 22 °C en el día. Cuando la oscilación de estas temperaturas es menor a las especificadas anteriormente, se ve afectado el crecimiento y tuberización de la papa (INTAGRI, 2017).

**Tabla N° 3:** *Requerimientos de temperatura en el cultivo de papa de acuerdo a su etapa de desarrollo.*

Etapa	Temperatura
<b>En el ambiente</b>	
Dos semanas después de la siembra	13 °C
Desarrollo foliar	12 a 14 °C
Elongación de tallo y floración	18 °C
Formación de tubérculos	16 a 20 °C
<b>En el suelo</b>	
En el suelo Emergencia y crecimiento foliar	21 a 24 °C
Formación de tubérculos	15 a 24 °C

**Fuente:** (Rubio et al.,2000)

### **Suelos.**

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 4 dS/m (INTAGRI, 2017) .

**Pendiente del terreno.**

La pendiente tiene una relación muy estrecha con la retención y captación de agua, además de la profundidad del suelo y acceso de maquinaria. Para una buena productividad del cultivo se recomienda una pendiente de 0.0 a 4.0 %, pendientes mayores a 4.1 % ocasionan que disminuya la producción del tubérculo. Una manera de manejar las fuertes pendientes es mediante el surcado en curvas a nivel o mediante terrazas (INTAGRI, 2017).

**Altitud.**

La altitud puede variar, pues el cultivo se desarrolla bien desde alturas mínimas de 460 hasta los 3,000 msnm, pero la altitud ideal para un buen desarrollo se encuentra desde los 1,500 a 2,500 msnm, claro está que bajo estas condiciones se da la mejor producción de la papa (Cruz, 2010).

**Vientos.**

Los vientos tienen que ser moderados, con velocidades no mayores a 20 km/h, ya que las plantas de papa pueden sufrir daños y reducciones en su rendimiento.

**Agua.**

Los requerimientos hídricos varían entre los 500 a 700 milímetros por ciclo de producción, lo cual dependerá de las condiciones de temperatura, capacidad de almacenamiento del suelo y de la variedad. Las mayores demandas existen en las etapas de germinación y crecimiento de los tubérculos, por lo que es necesario efectuar algunos riegos secundarios en los períodos más críticos del cultivo, cuando no se presenta precipitación (Guillermo, 2007).

**7.3. Cultivo De Maíz (*Zea mays*)**

El maíz es un cultivo que se da fácilmente a alturas de 2100 – 3000 msnm este cultivo tiene distintas exigencias para su desarrollo, tiene necesidades nutricionales de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), dependiendo en la etapa fenológica que se encuentre del mismo, además necesita un suelo barroso-salino, bien drenados profundos y con elevada capacidad de retención de agua, un pH que oscila entre 6 a 7 y una pendiente de 0 al 10 %. Las exigencias climáticas de este cultivo son de 25



a 30 °C de temperatura y una precipitación entre 600 y 900 mm durante el ciclo de este cultivo (Caicedo, 2001).

### **Clima**

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para el fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C (Huayaney & Chaca, 2013).

### **Pluviometría**

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenidos de 40 a 65 cm.

### **Riego**

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Guillermo, 2007).

### **Suelo**

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena

circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (Guillermo, 2007).

#### **7.4. Diagnostico Territorial De La Parroquia Guaytacama**

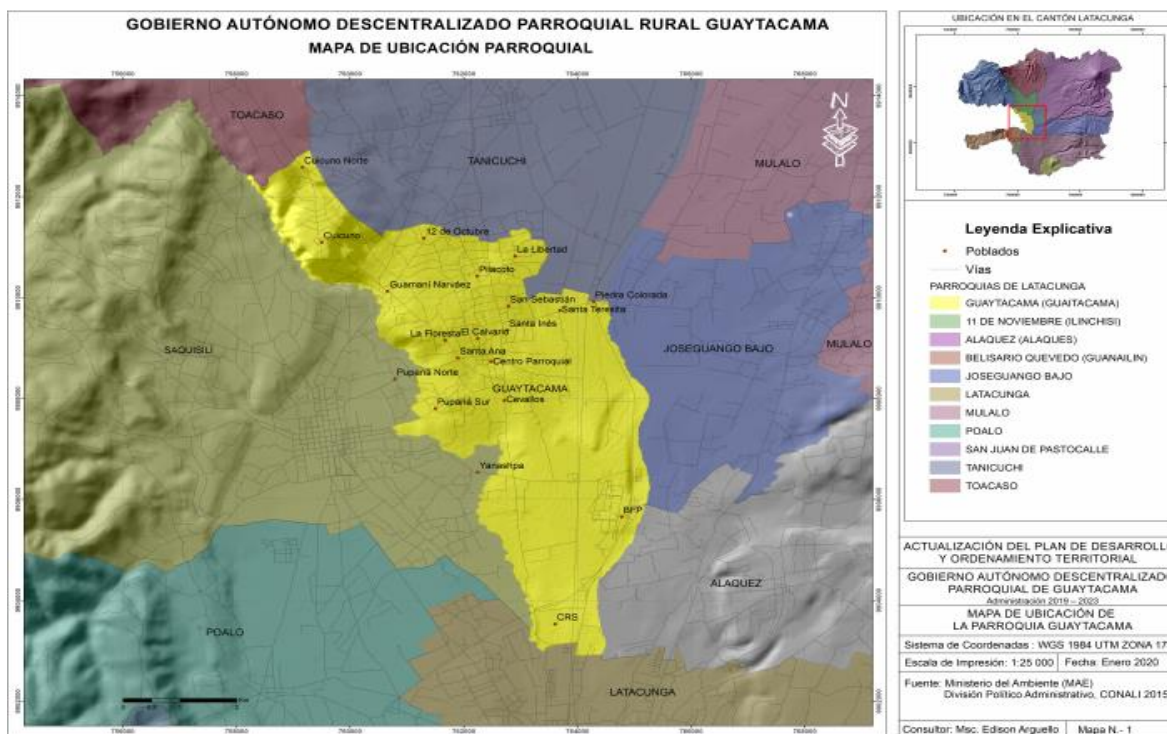
##### **Localización de la Parroquia y Límites**

Una de las principales provincias de la República del Ecuador es Cotopaxi, que está ubicada en el centro norte del Ecuador, sobre la cordillera de Los Andes; el cantón principal es Latacunga dentro del cual se encuentra la parroquia de Guaytacama. La parroquia Guaytacama se encuentra a 12 km al norte de Latacunga, sus límites son:

- **Al norte:** con las parroquias de Toacaso y Tanicuchí, separada la primera por la colina Yugsiloma y la segunda por el Fundo San Mateo.
- **Al sur:** San Felipe y Poaló separada la primera por el río Pumacunchi, la quebrada Pucayacu y una zanja que deslinda los predios Rumipamba y la Calera, hasta llegar al Rio Cutuchi, dividiéndole la última un ejido comunitario
- **Al oriente:** el río Cutuchi.
- **Al occidente:** Cantón Saquisilí, dividiéndola de éste, desde el norte el río Pumacunchi; y, hasta el punto llamado Calicanto, desde aquí en camino público hasta la mitad de un ejido común llamado Calzada que va a tomar los linderos de Poaló y termina en el mismo Pumacunchi.

Forman parte de su territorio parroquial, los siguientes barrios: Centro, Cevallos, Yanashpa, Pupana norte, Pupana Sur, Santa Ana, La Floresta, Guamani Narváez, Cuicuno, 12 de Octubre, Pilacoto, La Libertad, San Sebastián, Santa Inés, El Calvario (SNI, 1998).

Se debe indicar que se ha realizado un proceso de actualización de límites territoriales por parte del Comité Nacional de Límites Internos (CONALI), motivo por el que la denición de límites parroquiales aún se encuentra en proceso de legalización; sin embargo, ya existe un informe de la Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos donde se describen los límites georreferenciados para claridad de las poblaciones (PDOT, 2019).



*Ilustración 1: Ubicación de la parroquia de Guaytacama.*

*Fuente:* (PDOT, 2019)

## Clima

La parroquia de Guaytacama se encuentra en los valles de la Cordillera de los Andes, su temperatura promedio esta entre los 12 y 20°C, con precipitaciones de 500 a 700 mm anuales, con dos períodos de lluvia no bien definidos pero que se enmarcan entre febrero-mayo y octubre-noviembre (INAMHI, 2019).

Su Clima, como la generalidad de los pueblos de la Región Interandina, Guaytacama posee un clima templado andino, cuya temperatura fluctúa entre los 8°C por las mañanas y los 18°C al medio día (SNI, 1998).

Los tipos de clima en la parroquia son:

- Ecuatorial mesotérmico semi húmedo, que estaría abarcando la mayor del territorio parroquial y es el más característico de la zona interandina. Por lo variado de la topografía que se presenta en el territorio, con distintas características de los pisos altitudinales que predominan en la zona (SNI, 1998).

- Mesotérmico semifrío, es un clima seco sin exceso de agua propio del valle interandino y que cubre gran parte de la geografía parroquial. En las cuales la falta de humedad es uno de los principales indicadores, los suelos presentan estas características debido a que la precipitación media anual alcanza un valor aproximado de 50% del valor que se deriva de la relación de evapotranspiración potencial. Lo que además genera que el balance hídrico presente claro síntomas de déficit durante casi todo el año (SNI, 1998).

### **Suelo**

Uso de suelo agrícola en la parroquia de Guaytacama. En la actualidad existen sistemas de teledetección los mismos que nos ayudan a visualizar los diferentes cultivos que se producen en nuestro país, así como también paramos, bosques, pastizales, cuerpos de agua, etc. Esta información es muy importante porque se podría determinar el mal uso del suelo, pero sin duda el mayor beneficio será para nuestros campesinos, siempre y cuando esta sea bien utilizada, ya que podría ser una ayuda para las autoridades a la hora de tomar decisiones respecto a políticas públicas. El cambio de uso de suelo puede tener diversas explicaciones, autores como Geist & Lambin, (2001), explican que la modificación de la cobertura y uso del suelo son consecuencia de factores políticos, económicos, culturales y ecológicos. Otros autores determinan que los aspectos socioeconómicos y el poco interés de las autoridades en realizar estudios sobre el uso de suelo provoca más de una dificultad para integrar aspectos biofísicos y humanos (Nagendra et al., 2004)

### **Precipitación**

En la estación meteorológica Cotopaxi-Clirsen se registra un promedio de precipitación de 1.205,6 m.m. anuales; en el sector de Cotopilaló el promedio de precipitación es de 687,6 m.m. anuales, en el caso de la estación de Saquisilí la pluviosidad media es de 914,3 m.m.; mientras que en la zona baja del cantón la estación Rumipamba Salcedo registra un promedio de 563,9 m.m. (PDOT, 2014).

### **Humedad relativa**

La humedad relativa, esta se considera como una variable que busca estimar (en porcentaje), el grado atmosférico de saturación. Dentro del Cantón Latacunga este parámetro es de alrededor del 84,6% aunque en las zonas más altas llega hasta el 94,0%; mientras que en las zonas más bajas la humedad relativa es de 74,1%. En el período analizado de 1987 a 2010, el año menos húmedo fue

el 2.001 en el que además se registraron menores cantidades de precipitación y mayor temperatura mensual promedio en todas las estaciones (PDOT, 2014).

### **Geomorfología y pendientes**

La Parroquia de Guaytacama se encuentra dentro de un espacio con pocos accidentes montañosos, pese a encontrarse enclavado entre las cordilleras occidental y oriental; como se ha indicado su temperatura promedio guarda relación con aquellas características propias del valle interandino (SNI, 1998).

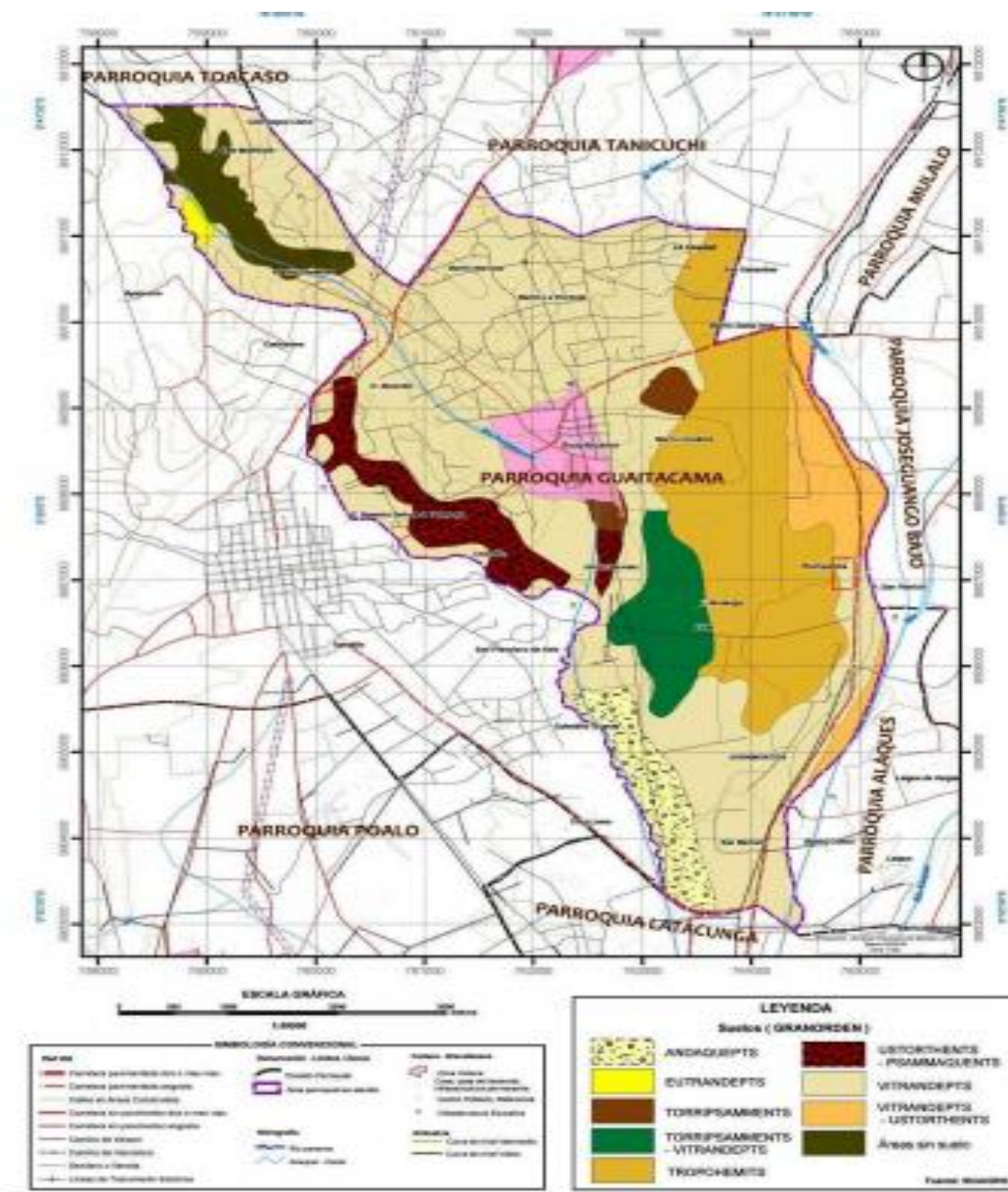
La Parroquia de Guaytacama, que está ubicada en una depresión conocida como graven o valle interandino que presenta un relieve entre plano y ligeramente inclinado con pendientes de 0% a 5% que se ha formado por los procesos de relleno con piro clastos, sedimentos y material laharítico provenientes del volcán Cotopaxi (SNI, 1998).

Las pendientes entre el 0% y el 5% ocupan la mayor superficie dentro del territorio de la parroquia que supera el 90%, por lo que mantiene presentan características propias de un valle, por la poca presencia de un sistema montañoso o perteneciente a una cordillera pronunciada (SNI, 1998).

### **Tipos de Suelo**

Identificación de los efectos ambientales derivado del uso y ocupación del suelo en áreas rurales por causa de las actividades productivas.

Los tipos de suelos de mayor presencia son los de tipo Vitradepts, troorthens y ustipsamments, que se encuentran dispersos en la parroquia de Guaytacama y en la zona central del cantón, se caracterizan por presentar gran cantidad de carbón orgánico y alto contenido de grandes depósitos de materiales piroclásticos como vidrio, obsidiana, ceniza y pómez. Son suelos de texturas arenosas, francas, franco arenoso y a veces gravillosas. Por presentar un bajo contenido de materia orgánica, tienen como limitaciones la permeabilidad y la baja fertilidad por lo que son aptos para cultivos, bajo sistemas de riego óptimos (PDOT, 2014).

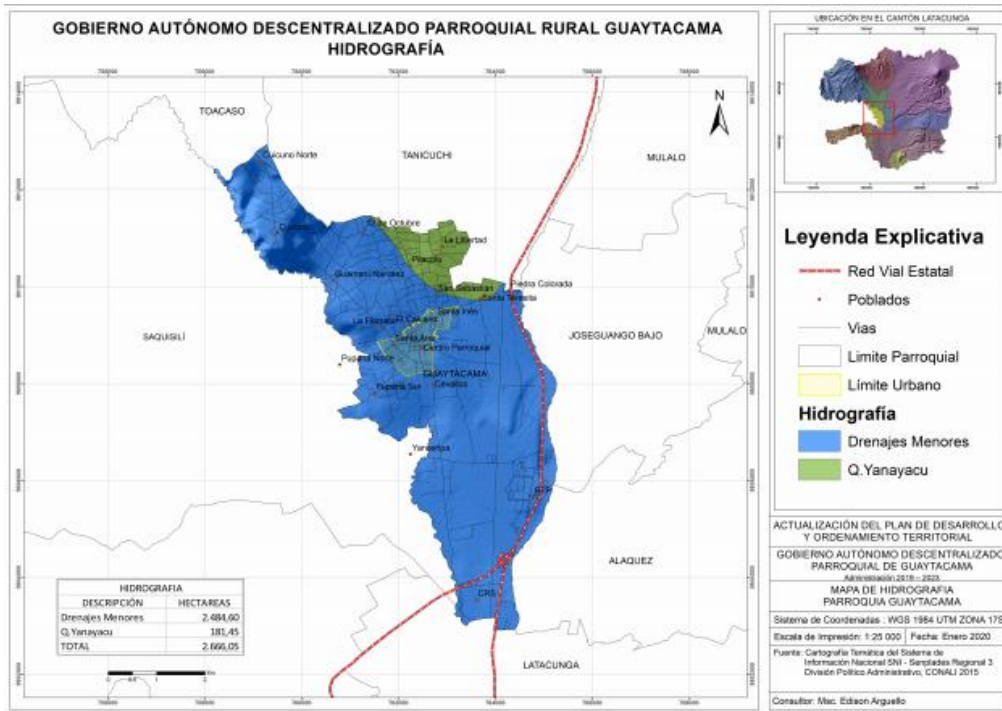


*Ilustración 2: Tipos de suelo en Guaytacama*

*Fuente:* (PDOT, 2014)

## Agua - Hidrografía

En relación a la hidrografía, la red de drenaje que se refiere a la red natural de transporte gravitacional de agua, en Guaytacama se tiene 2,484.60 ha de drenajes menores (PDOT, 2019).



*Ilustración 3: Hidrografía.*

*Fuente:* (PDOT, 2019)

## 7.5. Sistemas de información geográfica SIG

Los SIG son software que tienen un amplio campo de acción, los mismos que dependen de una base de datos, obtenidas de objetos reales que se pueden medir en tres dimensiones (x; y; z) información que puede ser procesada para obtener representaciones graficas reales, en consecuencia, todo objeto es medible y por lo tanto tiene una localización en el espacio. En la actualidad estos softwares son de gran utilidad, su versatilidad es puesta a prueba en muchas áreas de conocimiento como, por ejemplo, arquitectura, agricultura, arqueología, evaluación de impactos ambientales, generación de cartografía (Carmona & Monsalve, 2011).

Este software tiene como objetivo procesar, almacenar y presentar bases de datos espaciales, para diferentes propósitos, sumado a este concepto estudiosos de estos temas describen que los SIG nos dan la posibilidad de manejar información de carácter geográfico, como por ejemplo para evaluar aspectos agrícolas de una zona o sector, lo que nos ayudara a optimizar nuestros recursos (Aronoff, 1989).

SIG consiste en crear, compartir y aplicar útiles productos de información basada en mapas que respaldan el trabajo de las organizaciones, así como crear y administrar la información geográfica pertinente (Esri, 2019).

### **Georreferenciación**

La georreferenciación se refiere a la posición de un objeto en el espacio, dicho de otra manera su localización espacial, este objeto puede ser representado mediante polígonos, líneas o puntos en un sistema de coordenadas y un Datum determinado (Strobl & Nazarkulova, 2011). Se añade que la georreferenciación es un proceso técnico-científico que muestra la existencia de un objeto en un espacio físico, donde además confluyen imágenes raster o vectoriales sobre un mismo sistema de coordenadas geográficas, todos estos elementos son esenciales a la hora de trabajar con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Chapman et al., 2006).

### **ModelBuilder**

Es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos, es decir combina herramientas de geo procesamiento de forma secuencial para dar el resultado de un análisis específico. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geo procesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo (Huayaney & Chaca, 2013).

### **Superposición de mapas**

La superposición de mapas es un estudio de una zona determinada, básicamente, para obtener una gran información de distinto tipo, tratarla para convertirla en conjuntos de datos, combinarlos y obtener resultados sobre un mapa con un procedimiento simple donde dos o más coberturas temáticas (por ejemplo, tipo de suelo, pendiente) son combinadas y el resultado es una nueva cobertura temática o mapa. (Mora, 2003)

### **SQL**

El lenguaje de consulta estructurado o SQL por sus siglas en inglés (structured query language) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos



tipos de operaciones en ellas, se utiliza como acceso a bases de datos y lenguaje de control. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional que permiten efectuar consultas con el fin de recuperar de forma sencilla información de interés de bases de datos, así como hacer cambios en ella (Madrid & Ortiz, 2010).

### **Teledetección**

Es un amplio rango de conocimientos y tecnologías utilizadas para la observación, el análisis, la interpretación de fenómenos terrestres y planetarios.

Las plataformas son los medios de estar “a distancia” de la superficie de la Tierra. El objetivo es el mismo planeta, los sensores son todos los instrumentos empleados para observar la Tierra (cámara, escáneres, radares, etc.) y la información obtenida al final es todo aquello que amplía nuestro conocimiento sobre nuestro planeta (la nubosidad sobre Europa, la evolución del agujero de ozono, el avance de los desiertos, el progreso de la deforestación y otras muchas cosas más (GEOGRAF, 2017).

## **8. ANTECEDENTES**

La presente investigación es parte de un proyecto de zonificación de cultivos en diferentes parroquias de la provincia de Cotopaxi realizada por la Universidad Técnica de Cotopaxi de la cual se toma como fuentes primarias para el desarrollo metodológico del proyecto.

Donde la primera investigación corresponde a Calero (2017), quien realizó la: “Determinación De Zonas Aptitudinales Para Los Cultivos De Maíz (*Zea mays*) y Papa (*Solanum tuberosum*), Mediante Un Modelo Geográfico En La Parroquia Pastocalle Provincia De Cotopaxi, 2017-2018.”, donde su objetivo principal fue determinar las zonas aptas para los cultivos de maíz y papa mediante utilización de SIG en la parroquia Pastocalle provincia de Cotopaxi, manifiesta que existe como problema la falta de conocimiento sobre las zonas aptas para ciertos cultivos y una debida aplicación de tecnologías apropiadas es lo que generaría una sostenibilidad en los sectores agrícolas, para ello esta investigación usa metodología enfocada en delimitar las necesidades edafoclimáticas de los cultivos de maíz y papa. Obteniendo como resultado la superficie de la parroquia Pastocalle, el 13,83% es destinado para el cultivo de maíz mientras que para el cultivo de papa es del 4,95%.

El segundo trabajo realizado por Toapanta (2019) con el tema : “Determinación De Zonas Aptitudinales Para Los Cultivos De Maíz (*Zea Mays*), Papa (*Solanum Tuberosum*) Y Chocho (*Lupinus Mutabilis*), Mediante Un Modelo Geográfico En La Parroquia San Miguel Cantón Salcedo Provincia De Cotopaxi 2018-2019”, que posee el mismo objetivo determinado por la autora anterior expresa que el problema reside que los agricultores a veces deciden emigrar a la ciudad o van cambiando sus cultivos por la crianza de ganado lechero y disminuye los terrenos cultivados con productos de consumo para ello utiliza la metodología planteada anteriormente con un resultado de la zonificación de la parroquia de San Miguel, se determinó que el 16 % que corresponde a 3096,6 ha. son zonas aptas para el cultivo de maíz y para el cultivo de papa el 0.8 % que corresponde a 155,81 ha y no tiene condiciones favorables edáficas y climáticas para el cultivo de chocho sin embargo los agricultores con sus saberes ancestrales logran tener producción.

El tercer trabajo elaborado por Guaña (2019) ,con la: “Determinación De Zonas Aptitudinales Para Los Cultivos De Maíz (*Zea mays*), Papa (*Solanum Tuberosum*) Y Chocho (*Lupinus Mutabilis*), Mediante Un Modelo Geográfico En La Parroquia De Alaquez, Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, En El Periodo 2018-2019”, con el mismo objetivo propuesta establece como problemática se ha detectado que el sector promueven el monocultivo de grandes empresas productoras y exportadoras de brócoli y flores bajo invernadero ya que representa una fuente importante de ingresos y trabajo, por tal razón ven al monocultivo como una estrategia para satisfacer la demanda de alimentos debido al incremento de la población, mediante la aplicación metodológica se obtuvo como resultado que el 28.01 % que corresponde a 4040,21 ha. son zonas aptas para el cultivo de maíz y para el cultivo de papa el 0.54 % que corresponde a 77,68 ha.

A través de la investigación realizada por Ortiz (2020) con el tema : “Desarrollo De Un Geoportal Para Realizar Una Zonificación Agrícola Utilizando Un Sistema De Información Geográfica En El Cantón Latacunga” ,con el objetivo desarrollar un Geoportal con un sistema de información geográfica que permitirá visualizar la zonificación agrícola en el Cantón Latacunga que establece como problema en las áreas de menor producción como son los casos de pequeños productores que producen para la venta o su consumo interno, la falta de atención por parte de ciertas instituciones ha provocado el desconocimiento de los sectores priorizados, los cultivos que producen, su ubicación, condiciones edafoclimáticas del cultivo y el desarrollo de los cantones para realizar el trabajo se la obtuvo mediante metadatos del instituto MAGAP-SIGTIERRAS, el desarrollo del

geoportal se lo realizo mediante tres fases: planificación, desarrollo y finalización utilizando 2 programas Arcgis desktop 10.4 y Arcgis online obteniendo como resultado que en el Cantón Latacunga se identificó 11 parroquias: 11 de Noviembre, San Juan de Pastocalle, Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, Latacunga, Mulalo, Poalo, Tanicuchi, toacaso en las cuales los cultivos predominantes son: maíz. Papa, brocoli, el cultivo de maíz se localiza en 10 parroquias siendo Latacunga la que obtiene mayor porcentaje de producción con 7929 ha, el cultivo de brócoli se localiza en 8 parroquias siendo la parroquia de Poalo el que obtiene mayor porcentaje de producción con 376 ha, el cultivo de papa se localiza en 7 parroquias siendo Toacaso el que obtiene mayor porcentaje de producción con 4211 ha.

## **9. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

### **9.1. Modalidad Básica De Metodología**

#### **Aplicada**

Para Vargas (2009), la investigación aplicada es el uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

Para la estimación de niveles bajos y altos de contenido nutricional que ayudan al mejor rendimiento de los dos cultivos se utiliza el software ArcGIS optando por realizar una agricultura de precisión donde se automatizan herramientas para que vaya de la mano con la agricultura.

#### **Bibliografía documental**

El trabajo de revisión bibliográfica constituye una etapa fundamental de todo proyecto de investigación y debe garantizar la obtención de la información más relevante en el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso. Dado que en la actualidad se dispone de mucha información científica y su crecimiento es exponencial, el problema de investigar es precedido por el ¿cómo? manejar tanta información de forma eficiente (Gómez et al., 2014).

Aplicando la metodología correspondiente; se identifica, las distintas zonas aptitudinales encontradas en la parroquia de Guaytacama.

## 9.2. Tipo de investigación

### **Descriptiva.**

La investigación descriptiva o método descriptivo de investigación es el procedimiento usado en ciencia para describir las características del fenómeno, sujeto o población a estudiar. Al contrario que el método analítico, no describe por qué ocurre un fenómeno, sino que se limita a observar lo que ocurre sin buscar una explicación (Martinez, 2018).

La investigación es descriptiva ya que se genera una base de datos de las características de los rasgos edafoclimáticas del cultivo de (*Solanum tuberosum*) y maíz (*Zea mays*).

### **Cuali Cuantitativo**

Señala Cadena (2017), que dentro de todos los análisis de los métodos cuantitativos podemos encontrar una característica basada en el positivismo como fuente epistemológica, que es el énfasis en la precisión de los procedimientos para la medición y los estudios cualitativos son investigaciones intensivas a muy pequeña escala, en las cuales se explora la experiencia cotidiana de la gente y sus comunidades en diferentes tiempos y espacios.

Esta investigación recae en lo cualitativo ya que se va describir las cualidades de los objetos en estudio en cada una de las zonas aptitudinales para cada cultivo propuesto y cuantitativa por datos estadísticos de porcentajes de zonas aptas para los cultivos.

## 9.3. Desarrollo Metodológico

### **Ubicación De Las Estaciones Meteorológicas**

#### **Red De Estaciones Meteorológicas**

Para la obtención de datos de una sola estación provienen de las tres reglas introducidas por Meek and Hatfield (1994) y que están basadas en O'Brien and Keefer (1985), donde se establece el test de rango predeterminado que puede ser fijo (20 km), los límites fijos pueden ser físicos (la humedad relativa no puede ser mayor del 100%), test de constancia temporal donde indica el estado de las estaciones que se encuentren activas , test de persistencia evalúa el umbral de observaciones ya sean diarios o mensuales deben poseer por lo mínimo 10 años de datos recopilados . Para mayor



1	M1238	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI-UTC	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Activa
2	M1210	PUJILI	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Activa
3	M0088	PUJILI(4 ESQUINAS)	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Inactiva
4	M0839	PALOPO	PLUVIOMETRICA	Inactiva
5	M0530	ILLUCHI-PLANTA ELECT.	PLUVIOMETRICA	Inactiva
6	M0064	LATACUNGA AEROPUERTO	AERONAUTICA	Inactiva
7	M0887	HUAYRAPUNGO		Inactiva
8	M0372	POALO	PLUVIOMETRICA	Inactiva
9	M0534	ACCHI	PLUVIOMETRICA	Inactiva
10	M0375	SAQUISILI	PLUVIOMETRICA	Activa
11	M0731	CAJAS-CUCHITINGUE	PLUVIOMETRICA	Inactiva
12	M0365	GUAYTACAMA	PLUVIOMETRICA	Inactiva
13	M1053	LIMACHE	PLUVIOMETRICA	Inactiva
14	M1018	LASSO-H.LA AVELINA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Inactiva
15	M0087	MULALO	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Inactiva
16	M0373	TOACAZO	PLUVIOMETRICA	Inactiva
17	M0528	PAMPAS DE GUINTZA	PLUVIOMETRICA	Inactiva
18	M0841	MONJAS(TOACASO)	PLUVIOMETRICA	Inactiva
19	M0371	PASTOCALLE	PLUVIOMETRICA	Activa
20	M0840	HDA.CASPI(COLCAS)	PLUVIOMETRICA	Inactiva
21	M1066	COTOPILALO CONVENIO INAMHI- CESA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Activa

22	M1065	HUINZA(SAN CARLOS-COTOPAXI)	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Inactiva
----	-------	-----------------------------	-------------------------	----------

*Tomado de:*(INAMHI, 2015)

**Tabla N° 5:** Descripción de las estaciones meteorológicas cercanas al estudio que se encuentran activas.

código	Nombre	Tipo	Estado
M1238	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI-UTC	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	CP Activa
M1210	PUJILI	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	CP Activa
M0375	SAQUISILI	PLUVIOMETRICA	PV Activa
M0371	PASTOCALLE	PLUVIOMETRICA	PV Activa
M1066	COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CO Activa

*Tomado de:*(INAMHI, 2015)

Las estaciones poseen una descripción altitudinal y distancias con referencia al área de estudio los cuales se detallan a continuación Tabla N°4 y 5, a su vez de la institución que proviene la provincia, cantón y parroquia en la que residen las estaciones y a que afluente.

**Tabla N° 6:** Descripción referente al estudio de las estaciones.

Código	Tipo		Coordenadas			Diferencia de altura con el proyecto (m)
			x	Y	elevación (msnm)	
M1238	Climatológica Principal	CP	764570	9889098	2725	-181
M1210	Climatológica Principal	CP	755046	9893807	2955	49

M0375	Pluviométrica	PV	759818	9907293	2892	-14
M0371	Pluviométrica	PV	763816	9919767	3074	168
M1066	Climatológica Ordinaria	CO	755744	9924042	3250	344

*Tomado de:*(INAMHI, 2015)

**Tabla N° 7:***Datos generales de las estaciones meteorológicas*

<b>código</b>	<b>institución</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Cuenca</b>
M1238	INAMHI	PUJILI	PUJILI	Cuenca Y Río Amazonas
M1210	INAMHI	PUJILI	PUJILI	Cuenca Y Río Amazonas
M0375	INAMHI	SAQUISILI	SAQUISILI	Cuenca Y Río Amazonas
M0371	INAMHI	LATACUNGA	SAN JUAN DE PASTOCALLE	Cuenca Y Río Amazonas
M1066	INAMHI	LATACUNGA	SAN JUAN DE PASTOCALLE	Cuenca Y Río Amazonas

*Tomado de:*(INAMHI, 2015)



Las herramientas estadísticas integradas en los Sistemas de Información Geográfica, fueron de gran utilidad para modelar el comportamiento de variables ambientales al permitir entrar, manipular, analizar y presentar datos geográficos. Se obtuvo alrededor de 22 estaciones meteorológicas alrededor de la zona, para el estudio se seleccionaron cinco estaciones meteorológicas activas cercanas al área de estudio, estas estaciones son provenientes del Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (*Tabla N° 6*).

Los parámetros establecidos, se encuentra dentro del radio de 20 km y su elevación oscila entre los 2725 a 3250 m.s.n.m. cabe recalcar que estas estaciones no poseen la mayoría de datos necesarios para el estudio. Sin embargo, se optó por seleccionar una sola estación la M1066- COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA, que registra datos para el estudio como son de precipitación y temperatura con un periodo de datos recolectados de 25 años que se encuentra entre el año 1991 a 2015.

### **Evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>)**

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó la estación M1066- COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA seleccionada previamente ya que posee los datos de temperatura necesarios para realizar cálculo, se consideró la temperatura con un periodo de 25 años (1991 a 2015). La altitud que corresponde al área de estudio es de 2906 m.s.n.m. y la diferencia de altitud entre el área y la estación meteorológica es de 344 m. Debido a la variación altitudinal se disminuyó 0.65 pc por cada 100 m.

La estación seleccionada tenía un 7 y 12 % de datos faltantes por la cual se optó el método de media aritmética para completar datos, este método se lo puede utilizar hasta un 10 -13 % de datos carentes (*Tabla N° 9 y 11*).

**Tabla N° 8:** Datos Incompletos de Precipitación De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA En La Provincia De Cotopaxi Perteneiente A La Cuenca Del Río Amazonas, Con Registro Activo De Datos Desde 1991 Hasta El 2015

<b>PRECIPITACIÓN ( mm)</b>												
<b>- COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA</b>												<b>M1066</b>
<b>AÑO</b>	<b>MESES</b>											
	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
1991	35	85	102.7	84.2	98.5	37.4	58.4	15	9	40.5	91.3	54.7
1992	26.2	59.5	49.8	74.6	59.7	11.7	25	14.8	96.2	87.4	37	63.1
1993	80.6	96.8	200.1	130.4	80.7	18	29.4	24	28.9	65.4	24.8	126.6
1994	133	96.6	188.7	154.6	111.5	7.1	1.5	10	19.5	52.5	84.7	89.2
1995	25.8	72.1	63.2	23.1		6.1	13.3	9.8				68.5
1996	77.8	160.5	63	128.1		36.2	20.9	1.2	39.6	131.5	38	44.2
1997	109.3	67.2	116	54.7	27.7	47.2	0	0	32	62.6	72.8	28.9
1998	4.1	68.8	63.6	145.1	95.9	8.5	10	14.5	35.8	87.5		
1999	124.1	151.7	119.3	113.8	169.3	112.7	25.7	20.9	147.6	36.4	22.9	133.5
2000	57.5	136.2	101.2	117.6	162	49.2	5.1	7.1	98	9.1	48.9	106.2
2001	73.8	38.7	112.8	44.2	84.8	35	12.8	2.8		39	35.5	70.2
2002	47.1	37	52	82.8	60.1	22.3	4.1	4	7.5		115.1	90.1
2003	37.3	33.2		163.2	33.9	61.6	8.6	6.2	18.2	37.2	102.6	117.3
2004	21	24	29.8	103.2	53	4	17.8	0	77	55	60.2	102.9
2005	27.9	127.5	124.2									
2006	110	65.9		72.2	21.6	41.2	0	0	19.2	22.4	113.3	

2007	21.5	4.5	98.2	133.2	70	43.3	9	31.5	3.1	74.3	83.7	84.7
2008	78.8	69.3	106.6	158.7	94.9	41.4	24.9	26.3	62.7	107	71.5	36.3
2009	164	72.1	83	63.4		43.4	0	2.1	15.4	49.5	54.2	13.3
2010	25.7	128.6	31.3	98.9	64.2	72.4	68.3	9	62.9	28.6	74	138.3
2011	71.4	106.2	51.4	177.5	26.6	32.6	60.5	33.7	24.7	59.9	27.7	121.8
2012	177.4	87.3	68.8	71.9	10.2	10.9	0	0	9.4	63.4	122.7	33.7
2013	33.1	151.3	61.8	115.9	100.6	5	0	14.7	15.3	104.1	25.7	24.9
2014	70.3	44.5	112.9	62.6	127.5	24.5	1	1.5	47	45	55.9	51.6
2015	74.3	11.9	90.1	53.1	47.5	13.3	43.6	1.2	1.4			
PROM	68.28	79.86	90.89	101.13	76.20	32.71	18.33	10.43	39.56	59.92	64.88	76.19

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

**Tabla N° 9:** Porcentaje de espacios blancos de los datos de Precipitación De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA.

GENERAL	DATOS	PORCENTAJE
No Total Datos	275	100%
No Total Datos faltantes	18	7%

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

**Tabla N° 10:** Datos Incompletos de temperatura De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA En La Provincia De Cotopaxi Perteneciente A La Cuenca Del Río Amazonas, Con Registro Activo De Datos Desde 1991 Hasta El 2015.

TEMPERATURA MEDIA EN °C												
COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA											M1066	
AÑO	MESES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1991	12.08	11.65	11.96	11.39	10.62	11.48	10.70	10.90	11.35	11.55	11.56	11.82
1992					10.79		0.00			10.97	11.02	
1993	11.57	11.30	11.26	11.54	11.59	11.31	11.18	11.94	11.11	11.03	11.62	11.67
1994	11.45	11.46	11.55	11.37		10.90	10.97	11.41	11.36	11.14	11.41	11.31
1995	11.44	11.33	11.05	11.41	11.55	11.10	10.91	10.83		10.97	11.02	11.26
1996	11.14	11.13	11.04	11.14	11.17	11.20	11.21	10.90	11.22	10.85	11.04	11.07
1997	11.12	11.19	11.18	11.14	11.20	11.26	11.37	11.00	11.55	11.38	11.30	11.39
1998	11.31	11.36	11.46	11.47	11.49	11.35	11.42	11.47	11.32	11.17		11.07
1999			10.96	10.94	10.75	10.60	9.98	10.31	10.61	11.09	10.88	11.05
2000	10.58	10.52	10.76	10.87	11.04	11.15	10.57	10.68	10.62	10.94	10.74	11.31
2001	10.81	11.24	11.14	11.24	11.22	10.62	10.91	10.56		11.25	11.35	11.35
2002	11.04	11.35	11.52	11.06	11.08	10.67	10.93	10.64	11.14	10.97	11.03	11.46
2003	11.47	11.66	11.02	11.26	11.11	10.55	10.11	10.65	10.90	11.15	10.82	10.52
2004	10.80				11.18	10.47		10.27	10.63	11.26	11.33	10.76
2005										10.97		11.05
2006	10.85	11.30		11.02	11.15	10.38	10.46	10.88		10.97	11.02	11.05
2007	11.46	10.93	11.00	10.97	10.96	10.01	10.31	9.80	10.16	10.32	10.78	11.04

2008		10.40	10.53	10.52	10.68	10.56	10.04	10.22	10.57	10.71	10.75	10.56
2009	10.81	10.80	10.96	10.80	0.00	10.77	10.41	10.78	10.78	11.01	10.79	10.77
2010	11.11	11.21	11.51	11.33	11.44	10.75	10.36	10.44	10.46	10.85	10.95	10.52
2011	10.67	10.91	10.61	10.84	10.77	10.66	10.11	10.47	10.31	10.76	10.93	10.86
2012	10.58	10.72	10.60	10.47	10.65	10.38	10.22	10.18	10.14	10.82	10.51	10.47
2013	11.53	10.76	11.07	11.19	10.96	11.00	10.17	10.97	10.80	10.60	11.18	11.09
2014	11.26	11.25	11.16	11.15	11.10	10.20	10.05	10.00	10.33	10.48	10.47	10.61
2015	10.80	10.84	11.22	11.17	10.85	10.55	10.60	10.52	10.60	10.97	11.02	11.05
PROM	11.14	11.11	11.12	11.10	10.58	10.78	10.13	10.69	10.80	10.97	11.02	11.05

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

**Tabla N° 11:** Porcentaje de espacios blancos de los datos de la Temperatura De La Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA.

GENERAL	DATOS	PORCENTAJE
No Total Datos	255	100%
No Total Datos faltantes	31	12%

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

### Evapotranspiración Por El Método De Oudin

El cálculo para la ETo, fue realizado con el método descrito por Oudin, cuya latitud de la estación es de  $-0,14475^{\circ}\text{S}$ . Indica (Vásquez Méndez et al., 2011), donde la mayor ETo mensual le corresponde al mes de Marzo con 77.23 mm/mes.

**Tabla N° 12:** Cálculo de evapotranspiración potencial (ETo) utilizando la formulación propuesta por Oudin

meses	Temperature (°C)	Julian day	teta	cosGz	Gz	cosOM	OM	Eta	cosPz	Global radiation (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
Jul.	10.13	15	-0.373	0.931	0.373	0.000003	1.571	1.032	0.593	428.71	2.276
Ago.	10.69	45	-0.241	0.971	0.241	0.000003	1.571	1.024	0.618	443.40	2.441
Sep.	10.80	75	-0.047	0.999	0.047	0.000003	1.571	1.009	0.636	449.62	2.492
Oct.	10.97	105	0.160	0.987	0.160	0.000003	1.571	0.992	0.628	436.85	2.447
Nov.	11.02	135	0.325	0.948	0.325	0.000003	1.571	0.977	0.603	412.98	2.322
Dic.	11.05	165	0.406	0.919	0.406	0.000003	1.571	0.968	0.585	396.78	2.234
Ene.	11.14	195	0.380	0.929	0.380	0.000003	1.571	0.967	0.591	400.69	2.269
Feb.	11.11	225	0.255	0.968	0.255	0.000003	1.571	0.975	0.616	420.82	2.379
Mar.	11.12	255	0.064	0.998	0.064	0.000003	1.571	0.989	0.635	440.37	2.491
Abr.	11.10	285	-0.144	0.990	0.144	0.000003	1.571	1.006	0.630	444.22	2.510
May.	10.58	315	-0.314	0.951	0.314	0.000003	1.571	1.022	0.605	433.38	2.369
Jun.	10.78	345	-0.403	0.920	0.403	0.000003	1.571	1.031	0.586	423.19	2.343

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021).

**Tabla N° 13:** Resumen de la Evapotranspiración (ETo) en mm/mes y mm/día

Mes	Tmed °C	ETo (mm/día)	ETo (mm/mes)
Enero	11.1	2.269	70.33
Febrero	11.1	2.379	66.61
Marzo	11.1	2.491	77.23
Abril	11.1	2.510	75.30
Mayo	10.6	2.369	73.45
Junio	10.8	2.343	70.29
Julio	10.1	2.276	70.55
Agosto	10.7	2.441	75.66
Septiembre	10.8	2.492	74.77
Octubre	11.0	2.447	75.87
Noviembre	11.0	2.322	69.66
Diciembre	11.0	2.234	69.25

**Elaborado por:** (Cóndor, 2021)

### **Precipitación efectiva (Pe)**

En la agricultura muchas veces las precipitaciones no aportan con la cantidad de agua que necesitan las plantas por lo que se debe superar las sequías, y para ello es conveniente realizar un análisis de la distribución de las lluvias y tener en conocimiento la cantidad de agua que será aprovechada en su totalidad por la planta.

Los datos estadísticos utilizados para calcular la precipitación efectiva (Pe) obtenidos en la Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA, para un período comprendido entre los años 1991-2015. Para el cálculo de la precipitación efectiva de referencia se empleó el método propuesto por FAO, (USDA Soil Conservation Service) que se explica a continuación:

$$Pe = \frac{Pp(125 - 0.2Pp)}{125}$$

**Pp**= precipitación mensual (mm/mes)

Indica (FAO, 1997), este método se aplica para precipitaciones mensuales menores a 250 mm con un percentil del 75 %. La cual nos ayuda a conocer la cantidad efectiva para la planta, es decir la cantidad aprovechada por la misma. Para la obtención de la precipitación efectiva diaria se realizó lo siguiente:

$$Ped = \frac{Pem}{\# \text{ de días cada mes}}$$

**Ped:** Precipitación efectiva diaria (mm/dd)

**Pem:** Precipitación efectiva mensual (mm/mes)

**Tabla N° 14:** Resumen de precipitación efectiva (Pe) en mm/mes y mm/día

Meses	Promedio	Precipitación (percentil 75%)	PE mm/mes	PE mm/día
ENERO	66,26	42,98	59,23	1,91
FEBRERO	79,43	44,00	69,33	2,24
MARZO	114,56	75,83	93,56	3,02
ABRIL	118,89	74,03	96,28	3,11
MAYO	71,29	43,13	63,16	2,04
JUNIO	25,70	8,50	24,65	0,80
JULIO	14,05	3,43	13,73	0,44
AGOSTO	17,16	2,03	16,69	0,54
SEPTIEMBRE	55,27	24,65	50,38	1,63
OCTUBRE	107,41	74,43	88,95	2,87
NOVIEMBRE	102,80	53,58	85,89	2,77
DICIEMBRE	73,98	45,83	65,23	2,10

**Elaborado por:** (Cóndor, 2021)

Mediante la obtención de los datos de Pe (precipitación efectiva) y ETo (evapotranspiración potencial) se establece el periodo de siembra de los cultivos establecidos en la investigación.



## 10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 10.1. Condiciones Edafoclimáticas De Los Cultivos

#### Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum*).

**Tabla N° 15:** Cuadro resumen de requerimientos agroecológicas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Propiedades agroecológicas del cultivo de papa									
Cultivo	Suelo	N (nitrógeno)	P (fósforo)	K (potasio)	pH	Pp (mm)	Tem (°C)	Pendiente (%)	Altitud (msnm)
Papa	Franco Arcilloso	30 kg	120 kg	90 kg	5 a	500-	17 a	0 – 12%	1500-
					7	700 mm	23 °C		

**Fuente:** (Cruz,2010)

#### Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de Maíz (*Zea mays*).

**Tabla N° 16:** Cuadro resumen de requerimientos agroecológicas del cultivo de maíz (*Zea mays*).

Propiedades agroecológicas del cultivo de maíz									
Cultivo	Suelo	N (nitrógeno)	P (fósforo)	K (potasio)	pH	Pp (mm)	Tem (°C)	Pendiente (%)	Altitud (msnm)
Maíz	Franco Arenoso	120 kg	12 kg	25 kg	6 a	600–900	16 a	0 – 10%	2100 - 3000
					7	mm	30 °C		

**Fuente:** (Caicedo,2001)

### 10.2. Análisis Climático

#### Régimen De Precipitación

En base a los datos de los anuarios meteorológicos del INAMHI, se digita los valores mensuales de los parámetros climáticos medios mensuales de todos los años consideradas desde el año 1991 hasta el año 2015 de la estación tomada en el estudio donde se encuentran los registros históricos.

**Tabla N° 17:** Resumen de promedios mensuales de precipitación con mínimos y máximos de la estación Cotopilalo convenio INHAMI -CESA ( M1066).

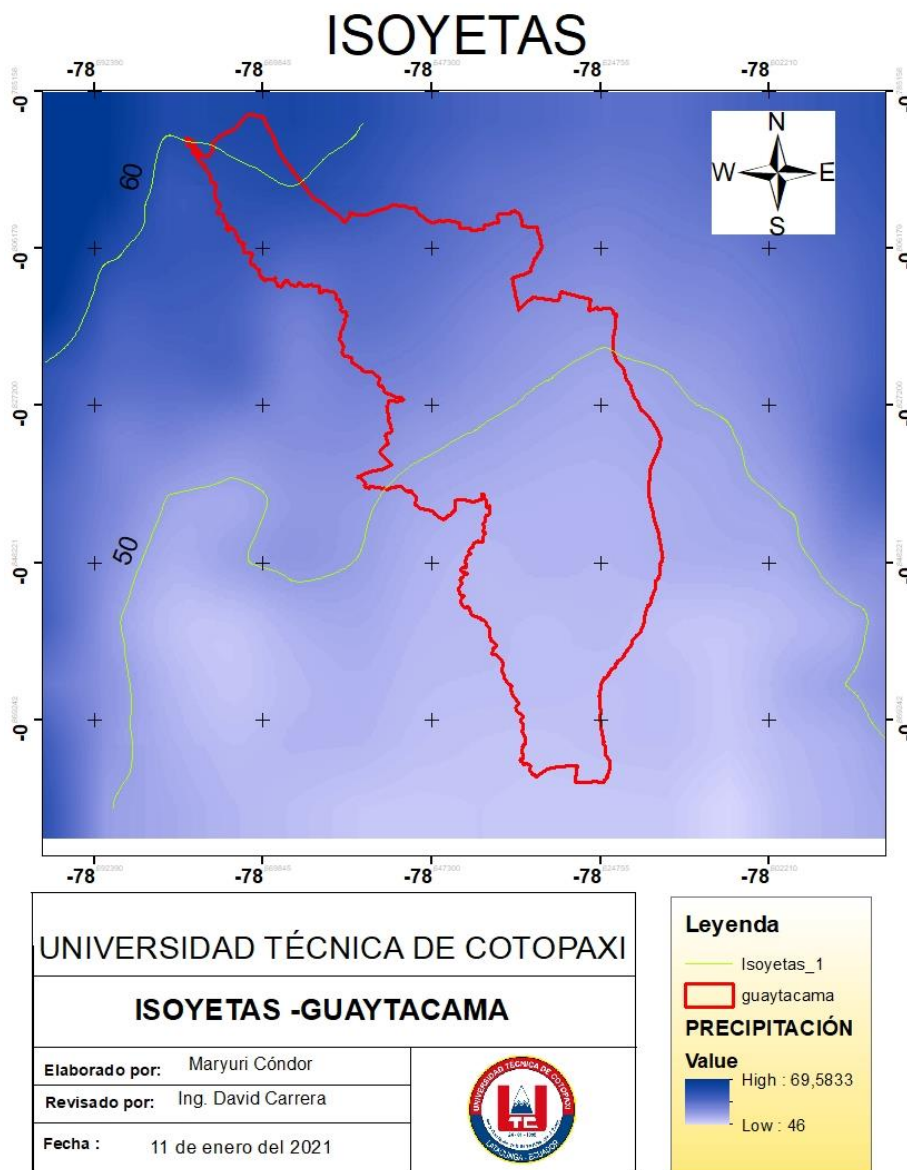
Precipitación			
meses	Promedio	Max	Min
<b>ENERO</b>	68.28	177.40	4.10
<b>FEBRERO</b>	79.86	160.50	4.50
<b>MARZO</b>	90.89	200.10	29.80
<b>ABRIL</b>	101.13	177.50	23.10
<b>MAYO</b>	76.20	169.30	10.20
<b>JUNIO</b>	32.71	112.70	4.00
<b>JULIO</b>	18.33	68.30	1.00
<b>AGOSTO</b>	10.43	33.70	1.20
<b>SEPTIEMBRE</b>	39.56	147.60	1.40
<b>OCTUBRE</b>	59.92	131.50	9.10
<b>NOVIEMBRE</b>	64.88	122.70	22.90
<b>DICIEMBRE</b>	76.19	138.30	13.30
<b>PROMEDIO</b>	59.86	136.63	10.38

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021).

Mediante los datos obtenidos de los diferentes años de la estación meteorológica M1066-Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA, se determina precipitaciones mensuales de 59.86 mm, por lo que la precipitación más elevada presenta en el mes de Abril con 101.13 mm y la precipitación más baja en el mes de agosto con 10.43 mm.

## Isoyetas

Mapa N° 2: Isoyetas – Guaytacama.



*Elaborado por:* (Córdor, 2021)

Mediante el análisis de precipitación por medio del software ArcGIS Worldclim nos indica que la precipitación máxima anual es de 69.58 mm y mínima de 46 mm por lo contrario los datos obtenidos de la estación meteorológica son como máximo 98.2 mm y mínimo de 43.5 mm (**Tabla N° 16**), obteniendo una diferencia de 28.62 mm que se puede considerar por la distancia de la estación meteorológica de 16,57 km a la zona de estudio.

Se estima que la precipitación acumulada para el cultivo de papa obtenida de la estación meteorológica es de 475.73 mm y precipitación acumulada para el cultivo de maíz es de 439.96 mm, indican que no se encuentran dentro de los rangos óptimos para que estos cultivos se desarrollen eficientemente.

**Tabla N° 18:** Promedios anuales de precipitación de la estación meteorológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA

<b>AÑO</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROMEDIO</b>
1991	711.7	59.3
1992	605.0	50.4
1993	905.7	75.5
1994	948.9	79.1
1995	522.5	43.5
1996	817.2	68.1
1997	672.4	56.0
1998	674.9	56.2
1999	1177.9	98.2
2000	898.1	74.8
2001	589.2	49.1
2002	582.0	48.5
2003	710.2	59.2
2004	558.3	46.5
2005	758.9	63.2
2006	687.3	57.3
2007	657.0	54.8
2008	878.4	73.2
2009	654.9	54.6
2010	802.2	66.9
2011	794.0	66.2
2012	684.5	57.0
2013	670.7	55.9

2014	644.3	53.7
2015	537.4	44.8
<b>MÁXIMO</b>	98.2	
<b>MÍNIMO</b>	43.5	

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

### Régimen De Temperatura

Los valores de temperatura obtenidos de la Estación Climatológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA, contienen promedios mensuales considerados de 25 años de acuerdo a los parámetros climatológicos.

*Tabla N° 19: Resumen de promedios mensuales de Temperatura con mínimos y máximos de la estación Cotopilalo convenio INHAMI -CESA ( M1066).*

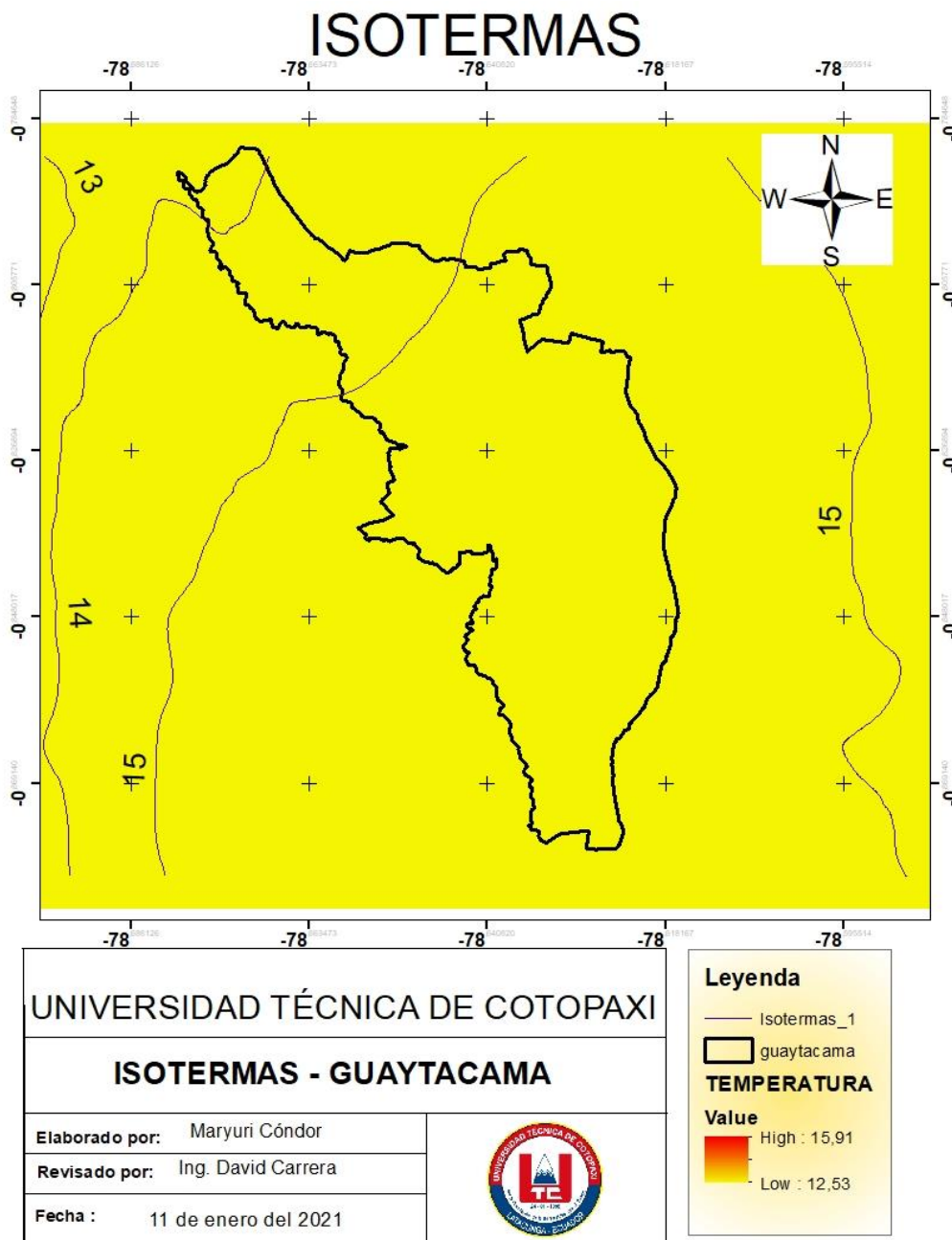
<b>T media °C</b>			
<b>Meses</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>
<b>ENERO</b>	11.14	12.08	10.58
<b>FEBRERO</b>	11.11	11.66	10.40
<b>MARZO</b>	11.12	11.96	10.53
<b>ABRIL</b>	11.10	11.54	10.47
<b>MAYO</b>	10.58	11.59	10.58
<b>JUNIO</b>	10.78	11.48	10.01
<b>JULIO</b>	10.13	11.53	9.98
<b>AGOSTO</b>	10.69	11.94	9.80
<b>SEPTIEMBRE</b>	10.80	11.55	10.14
<b>OCTUBRE</b>	10.97	11.55	10.32
<b>NOVIEMBRE</b>	11.02	11.62	10.47
<b>DICIEMBRE</b>	11.05	11.82	10.47

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

En el análisis de temperatura obtenida de la estación meteorológica nos indica que el promedio mensual es de 11.05 °C con una temperatura elevada en el mes de marzo con 11.12 °C y menor temperatura en el mes de julio con 10.13 °C, lo cual indica que la amplitud térmica es baja.

## Isotermas

Mapa N° 3: Isotermas - Guaytacama



*Elaborado por:* (Córdor, 2021)

Por medio del software ArcGIS Worldclim se obtiene resultado de 12.53 a 15.01 °C mientras que de la estación meteorológica los resultados arrojan valores de 10.48 a 11.43 °C (**Tabla N° 2**), teniendo una diferencia de 3.58 °C, se toma en cuenta que la estación se encuentra con un

diferencia de 344 msnm a la zona . Cabe recalcar que la temperatura entre mínimo y máximo tiene una diferencia de 1.58 °C por que se puede afirmar que no existen cambios bruscos de Temperatura.

Mediante los datos obtenidos de la estación meteorológica se estima que existe temperatura mensual máxima de 11.12 °C y mínima de 10.13 °C la cual indica que no se encuentra dentro el rango óptimo para el desarrollo de los cultivos de maíz y papa.

**Tabla N° 20:** Promedios anuales de temperatura de la estación meteorológica M1066- Cotopilalo Convenio INAMHI-CESA.

<b>AÑO</b>	<b>PROMEDIO</b>
1991	11.42
1992	10.89
1993	11.43
1994	11.24
1995	11.14
1996	11.09
1997	11.26
1998	11.33
1999	10.78
2000	10.82
2001	11.04
2002	11.07
2003	10.94
2004	10.85
2005	10.87
2006	10.92
2007	10.65
2008	10.56
2009	10.77
2010	10.91

2011	10.66
2012	10.48
2013	10.94
2014	10.67
2015	10.85
MÁXIMO	11.43
MÑINIMO	10.48

*Elaborado por:* (Córdor, 2021)

### Relación Precipitación Temperatura

*Tabla N° 21: Relación de precipitación y temperatura de Guaytacama.*

Meses	PREC (mm)	TEM (°C)
ENERO	68.3	11.14
FEBRERO	79.9	11.11
MARZO	90.9	11.12
ABRIL	101.1	11.10
MAYO	76.2	10.58
JUNIO	32.7	10.78
JULIO	18.3	10.13
AGOSTO	10.4	10.69
SEPTIEMBRE	39.6	10.80
OCTUBRE	59.9	10.97
NOVIEMBRE	64.9	11.02
DICIEMBRE	76.2	11.05

*Elaborado por:* (Córdor, 2021)

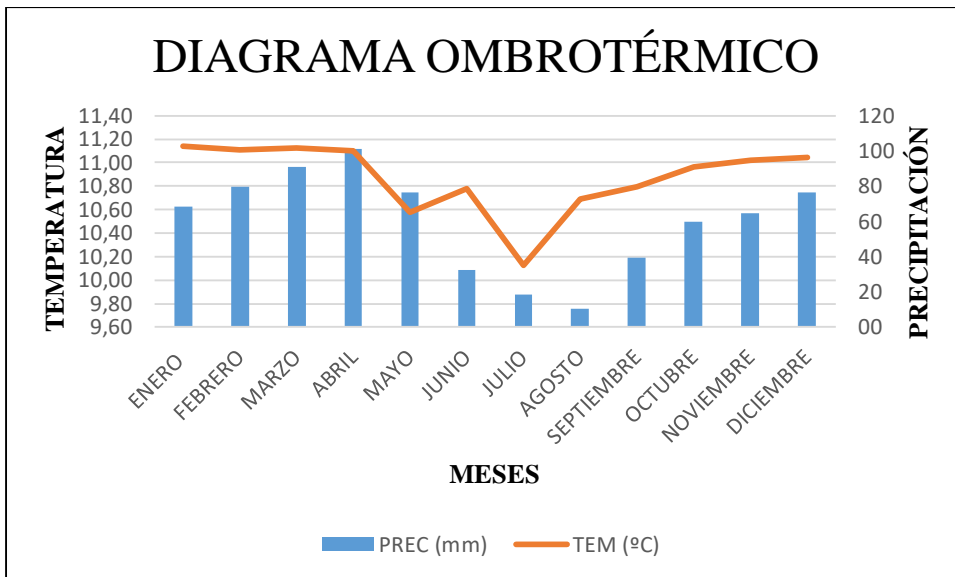
Mediante la obtención de los datos de la estación utilizada para la investigación se obtienen datos de precipitación y temperatura generando una tabla de relación, mediante un diagrama Ombrotermico (**Figura N° 1**), se observa que los meses de junio a septiembre presenta una



estación seca (Verano) caracterizada por tener bajas temperaturas y lluvias escasas como lo menciona (Varela & Ron, 2020), por lo que existe mayor presencia de ventiscas.

Indica Weather Spark (2018) que la parte más ventosa del año dura 3,4 meses, del 4 de junio al 17 de septiembre, con velocidades promedio del viento de más de 9,1 kilómetros por hora. El día más ventoso del año en el 1 de agosto, con una velocidad promedio del viento de 12,7 kilómetros por hora por lo que podría provocar pérdidas de cultivo en especial de maíz por problemas de acamamiento.

Se recomienda la siembra del cultivo de maíz en los meses de noviembre a febrero porque existe mejores condiciones de temperatura y precipitación para su desarrollo. En cuanto al cultivo de papa en los meses de siembra son de noviembre a diciembre.



*Figura N° 1: Diagrama Ombrotérmico*

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

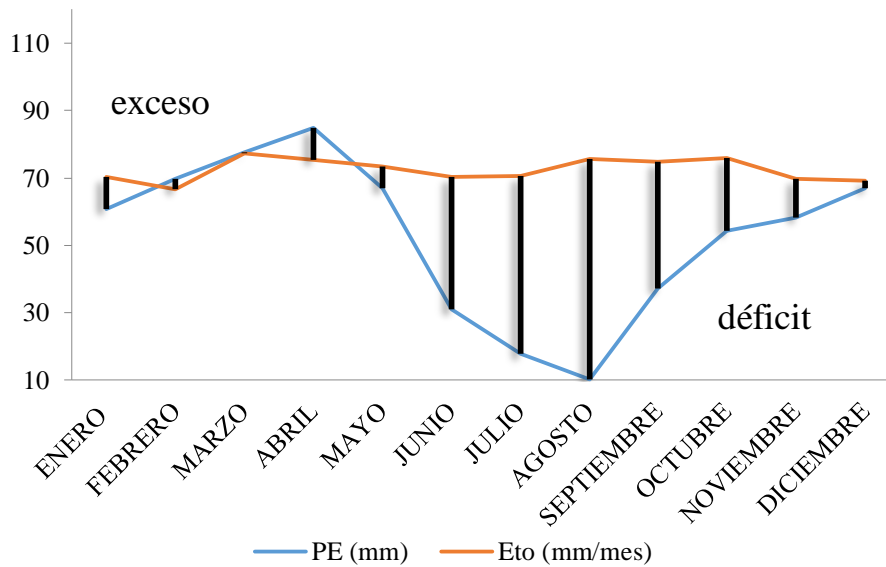
### **Relación Entre Precipitación Efectiva Y Evapotranspiración Potencial**

*Tabla N° 22: Precipitación efectiva y evapotranspiración potencial.*

Meses	PE (mm)	ETo (mm/mes)
ENERO	60.8	70.33
FEBRERO	69.7	66.61

MARZO	77.7	77.23
ABRIL	84.8	75.30
MAYO	66.9	73.45
JUNIO	31.0	70.29
JULIO	17.8	70.55
AGOSTO	10.3	75.66
SEPTIEMBRE	37.1	74.77
OCTUBRE	54.2	75.87
NOVIEMBRE	58.1	69.66
DICIEMBRE	66.9	69.25

*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)



**Figura N° 2:** Relación entre precipitación efectiva y evapotranspiración potencial en Guaytacama

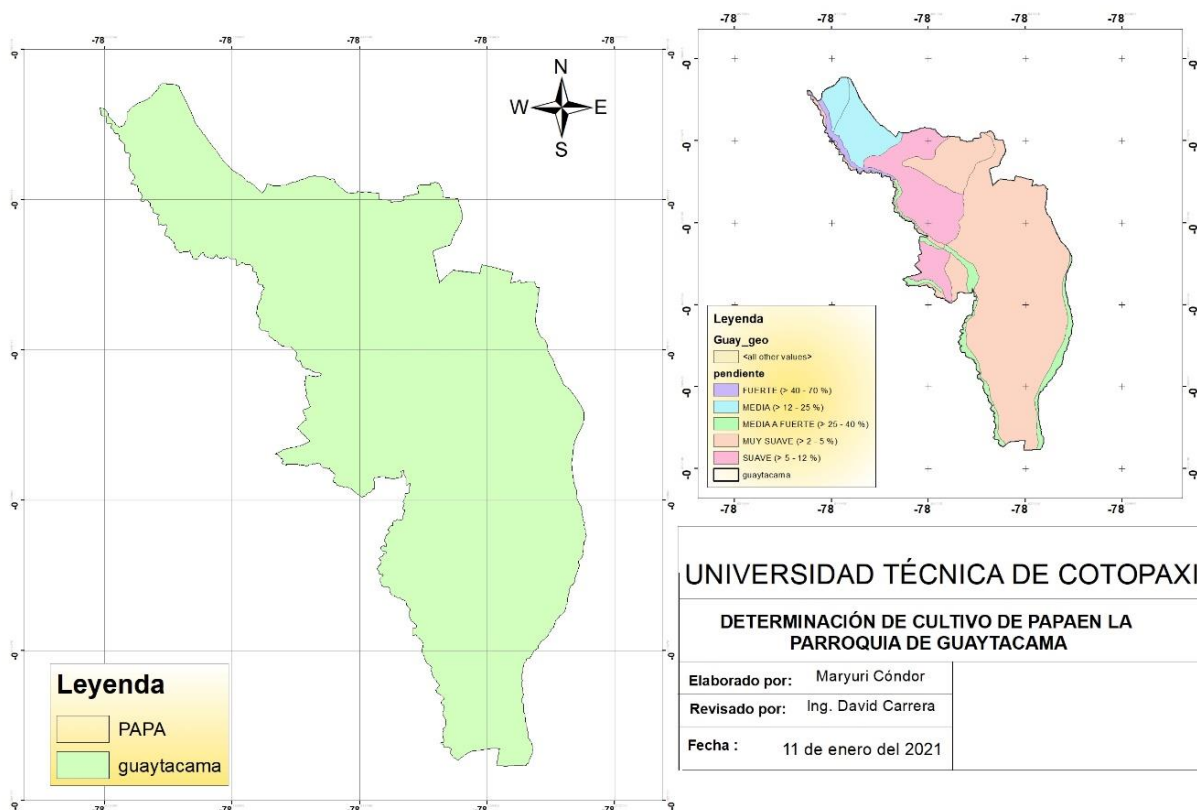
*Elaborado por:* (Cóndor, 2021)

Se puede observar que la precipitación, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, indica un descenso, un factor clave, que es la velocidad del viento por ende existe presencia de heladas en la zona que resultan de alta peligrosidad para los cultivos y mediante el *análisis histórico meteorológico del INAMHI*, determina el período medio con heladas es de 194 días y el período medio sin heladas es de 171 días (INAMHI, 2015).

### 10.3. Análisis Edáfico

#### Zonas Aptas Para El Cultivo De Papa (*Solanum tuberosum L.*).

**Mapa N° 4:** Zonas Aptas Para El Cultivo De Papa (*Solanum tuberosum L.*) mediante un análisis edáfico por medio del software ArcGIS.



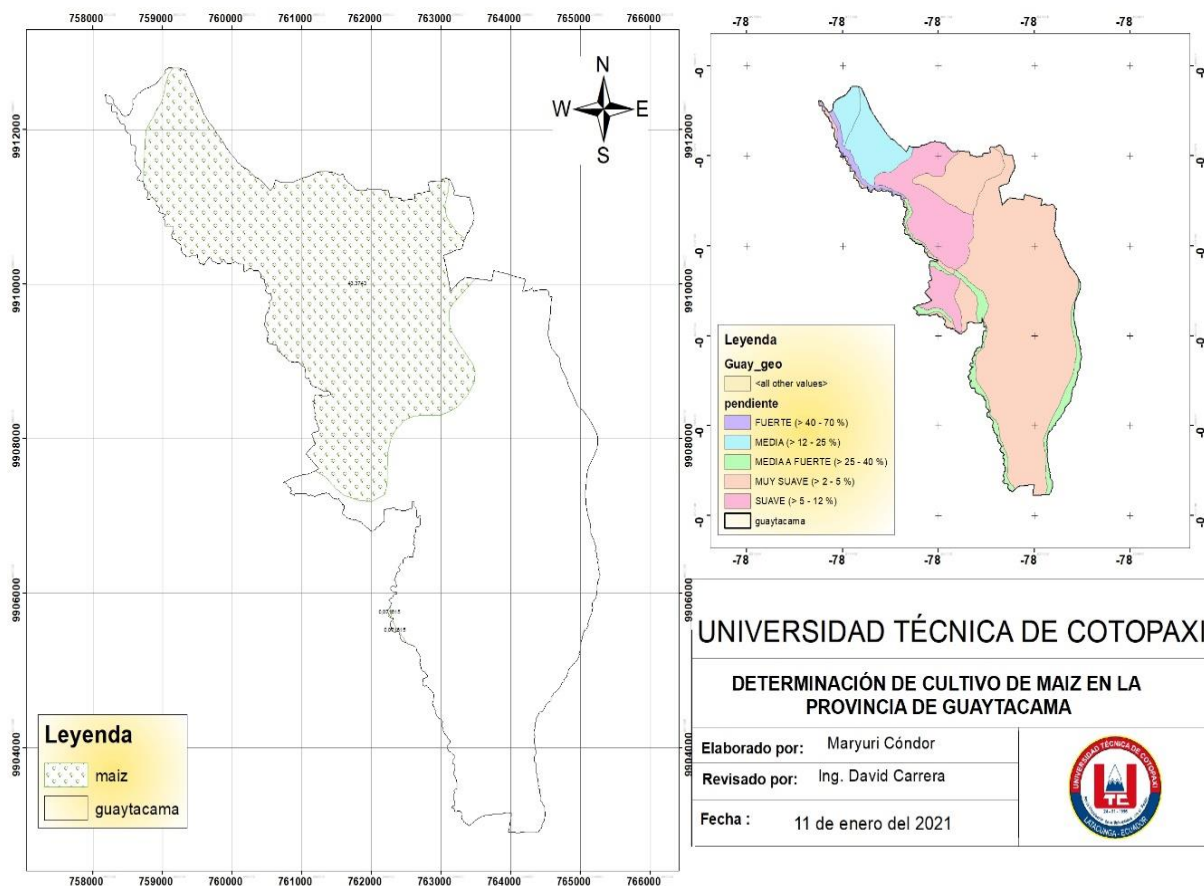
**Elaborado por:** (Córdor, 2021)

Mediante el mapa edáfico se estima que no existe una superficie apta destinada para el cultivo de papa, en base al análisis de datos de pH, pendiente, tipo y textura de suelo en el software ArcGIS, se obtiene que la mayor parte de Guaytacama posee un porcentaje de pendiente es  $> 2 - 5 \%$  con un pH neutro  $> 6.5 - 7.5$ , en cuanto al tipo de suelo tenemos que es andisol con una textura franco arenosa.

Teniendo en cuenta que el requerimiento edáfico para el cultivo de papa comprende un porcentaje de pendiente de  $0 - 12\%$  con un pH de  $5$  a  $7$  y requiere un suelo franco arcilloso. Sin embargo, se puede cultivar con ayuda de un riego presurizado, incorporación de materia orgánica, estabilización física – química, buenas prácticas agrícolas, etc.

## Zonas Aptas Para El Cultivo De Maíz (*Zea mays*).

**Mapa N° 5:** Zonas Aptas Para El Cultivo De Maíz (*Zea mays*) mediante un análisis edáfico por medio del software ArcGIS.



**Elaborado por:** (Córdor, 2021)

A través del mapa edáfico se estima que existen dos zonas destinadas para el cultivo de maíz con 1155.07 Ha, representa el 43.37 % y 190.714 Ha que es el 0.071% con un total de 1345.784 Ha representa el 43.44 %. Las cuales presentan características de pendiente suave (> 5 - 12 %) en un suelo franco arenoso con excelentes propiedades que posee buen drenaje y se cultiva con mayor facilidad, pero existe menor retención de humedad ya que se seca rápidamente y los nutrientes se pierden fácilmente por lavado, en cuanto el pH estas zonas indican que oscila entre >6.5 - 7.5 y un tipo de suelo entisol.

## **11. IMPACTOS**

### **Impacto Técnico**

El aporte que genera la agricultura de precisión por medio de modelos cartográficos ayuda al incremento de la productividad agrícola y aprovechamiento de recursos naturales, se pueden generar nuevos proyectos que buscan solucionar problemas para todos los agricultores de la Parroquia de Guaytacama

### **Impacto Social**

A través del proyecto se genera la nueva utilización de elementos para mejorar la toma de decisiones basadas en el conocimiento de distintos datos obtenidos gracias al estudio de distintas variables como el clima, suelo, tipo de cultivo, Etc, representados en mapas. Por medio de la base de datos recopilado a través de los años se estima la buena información que beneficia el sector agrícola

### **Impacto Económico**

El beneficio más importante y positivo que genera el proyecto es ayudar a reducir los costos ya que se puede calcular la necesidad de insumos agrícolas para la producción en cada zona homogénea más pequeña o subunidad del lote, con esto se evita pérdidas económicas por gastos innecesarios o extremos de insumos.

### **Impacto Ambiental**

Genera un aporte positivo ya que su mayor logro implica aumentar la producción sin necesidades de expandirse en zonas que no pueden ser aptas evitando la deforestación y agotamiento de recursos naturales.

La reducción de uso de cantidades de fertilizantes y otros químicos ayuda disminuir la producción de gases de efecto invernadero y reduce la contaminación de los suelos y masas de agua por la escorrentía proveniente de los cultivos.

## 12. PRESUPUESTO

*Tabla N° 23: Presupuesto del proyecto*

<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario \$</b>	<b>Valor Total \$</b>
<b>Equipos</b>				
Computadora	1	1	1200	1200
<b>Software</b>	1200			
ArcGis	1	1	450	450
<b>Materiales y suministros</b>				
Hoja resma	1	1	3	3
Esferos	4	4	0.5	2
<b>Material Bibliográfico y fotocopias.</b>				
Internet	20	20	0,6	12
Impresiones	120	120	0,1	12
Copias	1	1	6.5	6.5
<b>TOTAL</b>				<b>1685.5</b>

### 13. CONCLUSIONES

- En la parroquia de Guaytacama se determinó que el 43.44 % que corresponde a 1345.78 Ha donde están ubicados los barrios (zona alta): Canchagua Chico, Cuicuno, Guamaní Narváez, La libertad, Pilacoto, 12 de abril, San Sebastián y Santa Inés, son zonas aptas para el cultivo de maíz (*Zea mays*) ya que presenta una buena disponibilidad de condiciones edáficas como el pH >6.5 a 7.5, un suelo de tipo entisol con textura franco arenosa y una pendiente suave > 5 - 12 %. Para el cultivo de papa (*Solanum Tuberosum*) no existen zonas con las condiciones edáficas que favorecen a este cultivo, sin embargo, se pueden utilizar diferentes métodos de agricultura ancestrales o modernos para su desarrollo, pero aumentara el costo de producción. Además se puede considerar la siembra de otros cultivos.
- Las condiciones climáticas demuestran que existe en la parroquia de Guaytacama temperatura de 10.13 - 11.12 °C y precipitación acumulada de 439.96 - 475.73 mm, indican que no se encuentran dentro de un rango óptimo para el desarrollo eficiente de los cultivos de maíz y papa.

### 14. RECOMENDACIONES

- Es importante que para conocer los requerimientos de los cultivos se debe establecer ensayos de campo en la zona que permitan controlar parámetros edáficos y climáticos con mayor precisión ya que estos factores son necesarios para establecer datos de pH, CE, MO entre otros que son obtenidos mediante análisis de suelos.
- Se debe realizar constantes capacitaciones a los agricultores sobre la importancia de las nuevas estrategias de producción como es la agricultura de precisión que busca facilitar a los agricultores en las diferentes prácticas agrícolas, también se debe capacitar sobre el manejo de análisis de suelo por este medio se busca reducir el costo en fertilizantes.

### 15. BIBLIOGRAFÍAS

- Aronoff, S. (1989). Geographic information systems: A management perspective. *Geocarto International*, 4(4), 58-58. <https://doi.org/10.1080/10106048909354237>

- Cadena, P., Rendón Medel, R., Aguilar Ávila, J., & Salinas Cruz, E. (2017). *Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: Un acercamiento en las ciencias sociales\* Quantitative methods, qualitative methods or combination of research: An approach in the social sciences*. 8(7), 1603-1617.
- Calero, K. E. (2017). *Determinación de zonas aptitudinales para los cultivos de Maíz (Zea mays) y Papa (Solanum tuberosum), mediante un modelo geográfico en la Parroquia Pastocalle Provincia de Cotopaxi, 2017-2018*.
- Carmona, A., & Monsalve, J. (2011, septiembre 15). *Sistemas de Información Geográficos*.  
<https://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>
- Chapman, A. D., Wieczorek, J., & BioGeomancer Consortium. (2006). *Guide to best practices for georeferencing*. Global Biodiversity Information Facility.
- Esri. (2019). *Introducción a SIG*. ArcGIS Resource Center.  
<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>
- FAO. (1997). *Manual on integrated soil management and conservation practices*. 228.
- Gómez, E., Fernando Navas, D., Aponte Mayor, G., & Betancourt Buitrago, L. A. (2014). *Literature review methodology for scientific and information management, through its structuring and systematization Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización*. 7.
- Guaña, S. M. (2019). *Determinación De Zonas Aptitudinales Para Los Cultivos De Maíz (Zea Mays), Papa (Solanum Tuberosum) Y Chocho (Lupinus Mutabilis), Mediante Un Modelo Geográfico En La Parroquia De Alaquez, Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, En El Periodo 2018-2019*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6310/6/PC-000695.pdf>



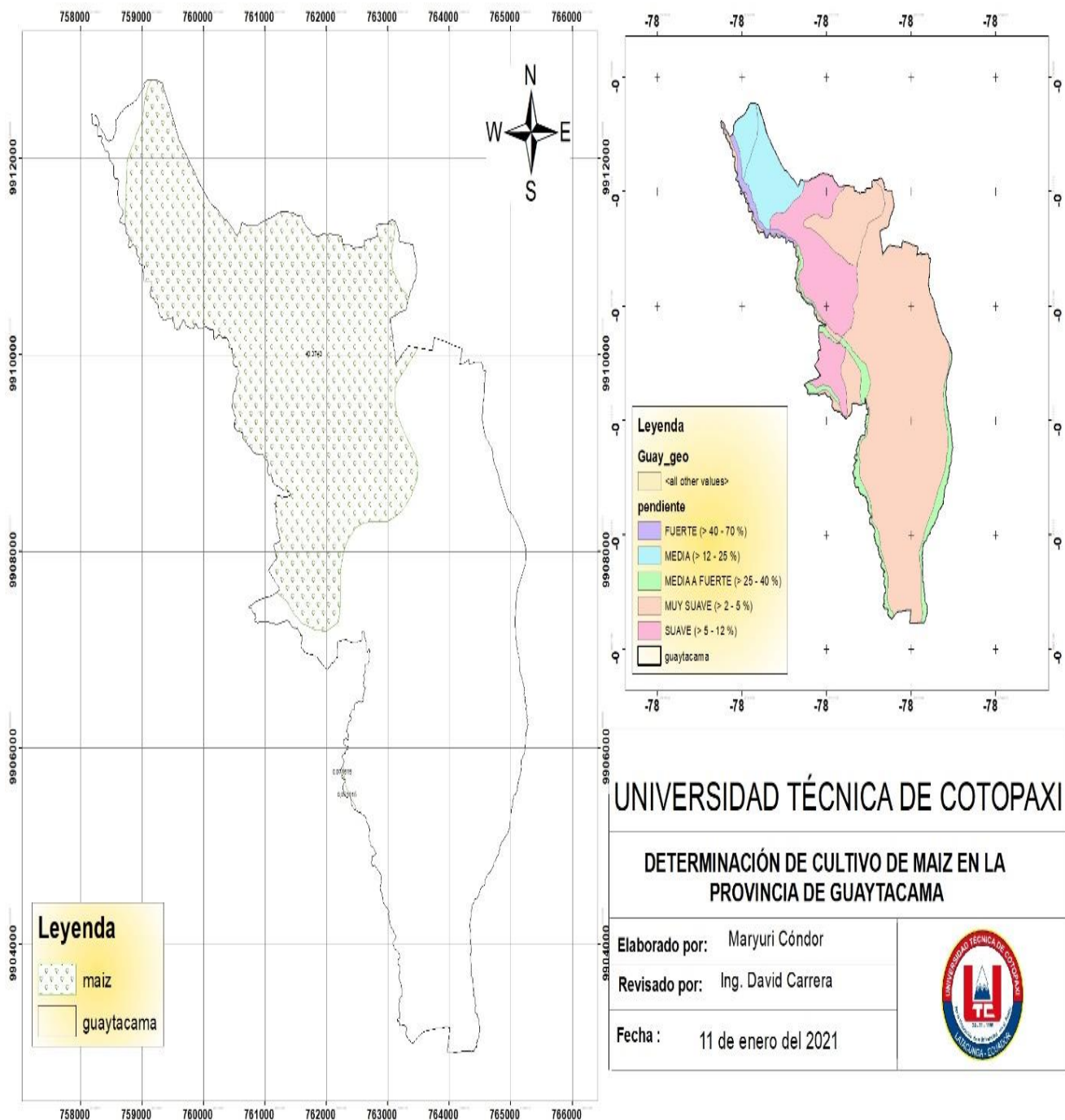
- Guillermo, H. (2007). *Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz*.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_bases\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_maiz\\_reglon\\_100-2\\_2.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf)
- Huayaney, M. E. A., & Chaca, J. J. B. (2013). *Determinacion de zonas potenciales para cultivos frutícolas en la región Tacna, mediante sistemas de análisis espacial*. 13.
- INAMHI. (2015). *Red de Estaciones Automáticas / INAMHI [GUBERNAMENTAL]. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS*.  
<http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- INAMHI. (2019). *METEREOLÓGÍA E HIDROLOGÍA*. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- INEC. (2001, noviembre 25). *Ecuador en cifras*.  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos\\_Censales/Fasc\\_Cantonales/Cotopaxi/Fasciculo\\_Latacunga.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Cotopaxi/Fasciculo_Latacunga.pdf)
- INEC. (2010). *Cotopaxi.pdf*. FASCÍCULO PROVINCIAL COTOPAXI.  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>
- INTAGRI. (2017). *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa / Intagri S.C.* [Artículos Técnicos de INTAGRI]. Serie Hortalizas.  
<https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>
- Martinez, C. (2018, octubre 23). ¿Qué es la investigación descriptiva? *QuestionPro*.  
<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>

- Nagendra, H., Munroe, D. K., & Southworth, J. (2004). From pattern to process: Landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2), 111-115. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.003>
- Ortiz, C. A. F. (2020). *Desarrollo De Un Geoportal Para Realizar Una Zonificación Agrícola Utilizando Un Sistema De Información Geográfica En El Cantón Latacunga*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7040/1/PC-000998.pdf>
- PDOT. (2014). *Diagnóstico Territorial Del Cantón Latacunga*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGN%C3%93STICO%20PDyOT%20Latacunga%20Nov%202014\\_15-11-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGN%C3%93STICO%20PDyOT%20Latacunga%20Nov%202014_15-11-2014.pdf)
- PDOT. (2019, abril 9). *Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Guaytacama 2,019—2,024*. Google Docs. <Hfile:///C:/Users/Usuario/Downloads/Pdot%20guaytacama%202019.Pdf>
- SNI. (1998). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Gobierno Autónomo Descentralizado De Guaytacama*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0560021110001\\_DIAGNOSTICO%20PDOT\\_Guaytacama%202015\\_19-05-2015\\_20-00-04.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560021110001_DIAGNOSTICO%20PDOT_Guaytacama%202015_19-05-2015_20-00-04.pdf)
- Toapanta Conterón, W. S. (2019). *Determinación De Zonas Aptitudinales Para Los Cultivos De Maíz (Zea Mays), Papa (Solanum Tuberosum) Y Chocho (Lupinus Mutabilis), Mediante Un Modelo Geográfico En La Parroquia San Miguel Cantón Salcedo Provincia De Cotopaxi 2018-2019*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5828/6/PC-000688.pdf>
- Varela, A., & Ron, S. (2020). *Geografía y clima*. Bio Wed Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>

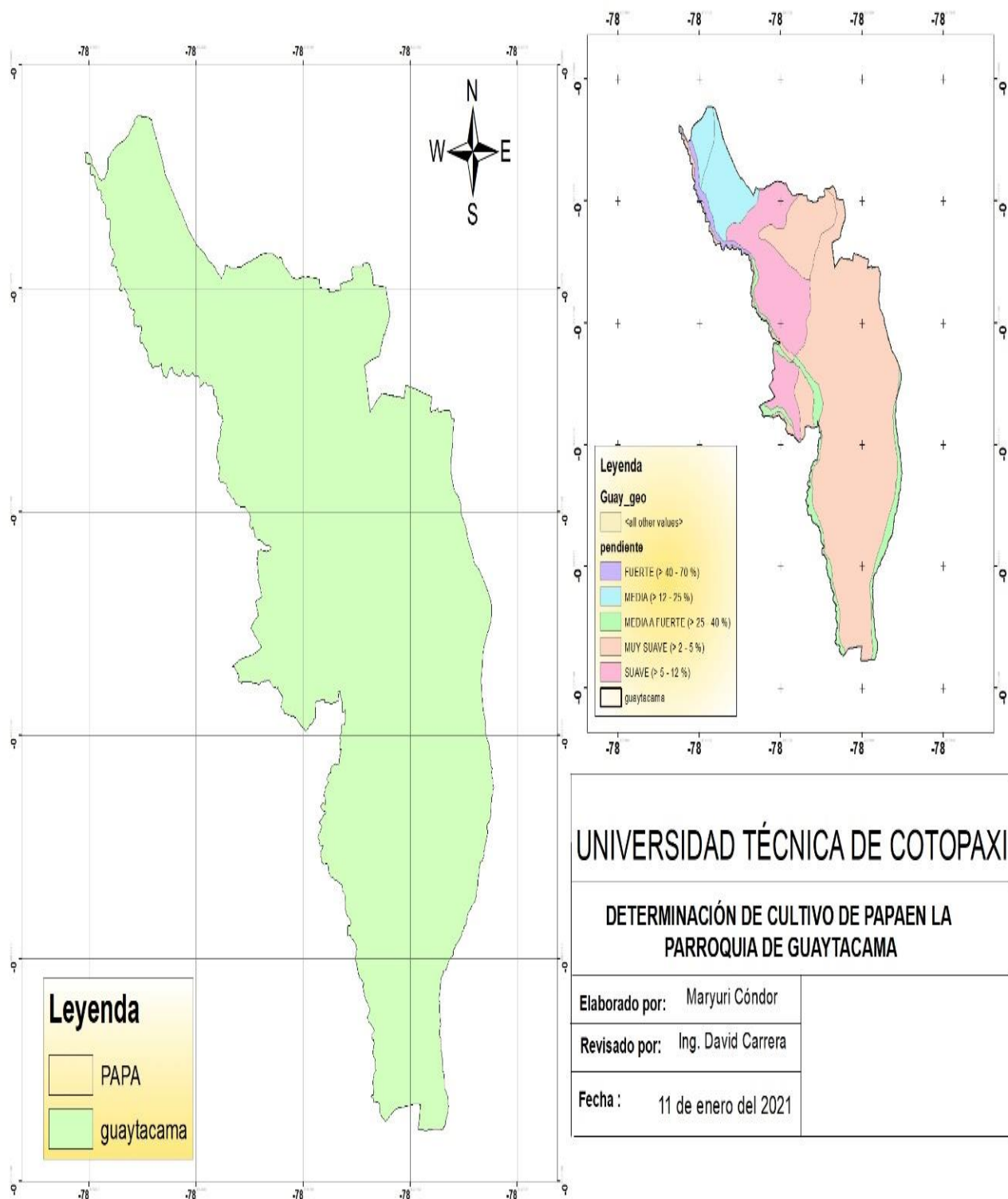
- Vargas, Z. R. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
- Vásquez Méndez, R., Ventura Ramos, E. J., & Acosta Gallegos, J. A. (2011). Habilidad de estimación de los métodos de evapotranspiración para una zona semiárida del centro de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(3), 399-415.
- Weather Spark. (2018). *Clima promedio en Guaytacama Latacunga, Ecuador, durante todo el año*. <https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

### 16. ANEXOS

Anexo N° 1: Zonas aptas para el cultivo de maíz (Zea mays) en la parroquia de Guaytacama.



**Anexo N° 2: Zonas aptas para el cultivo de Papa (*Solanum Tuberosum*) en la parroquia de Guaytacama.**

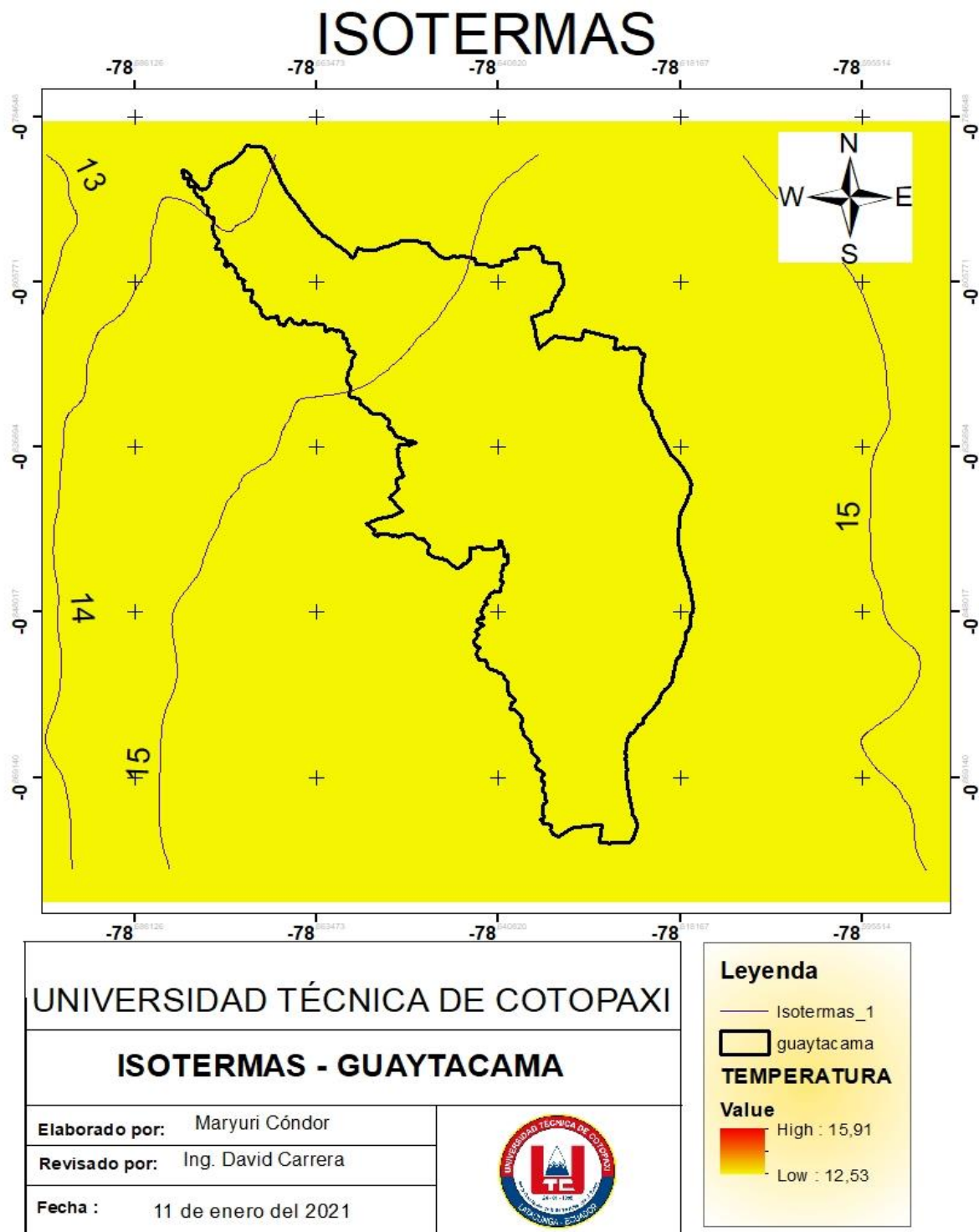






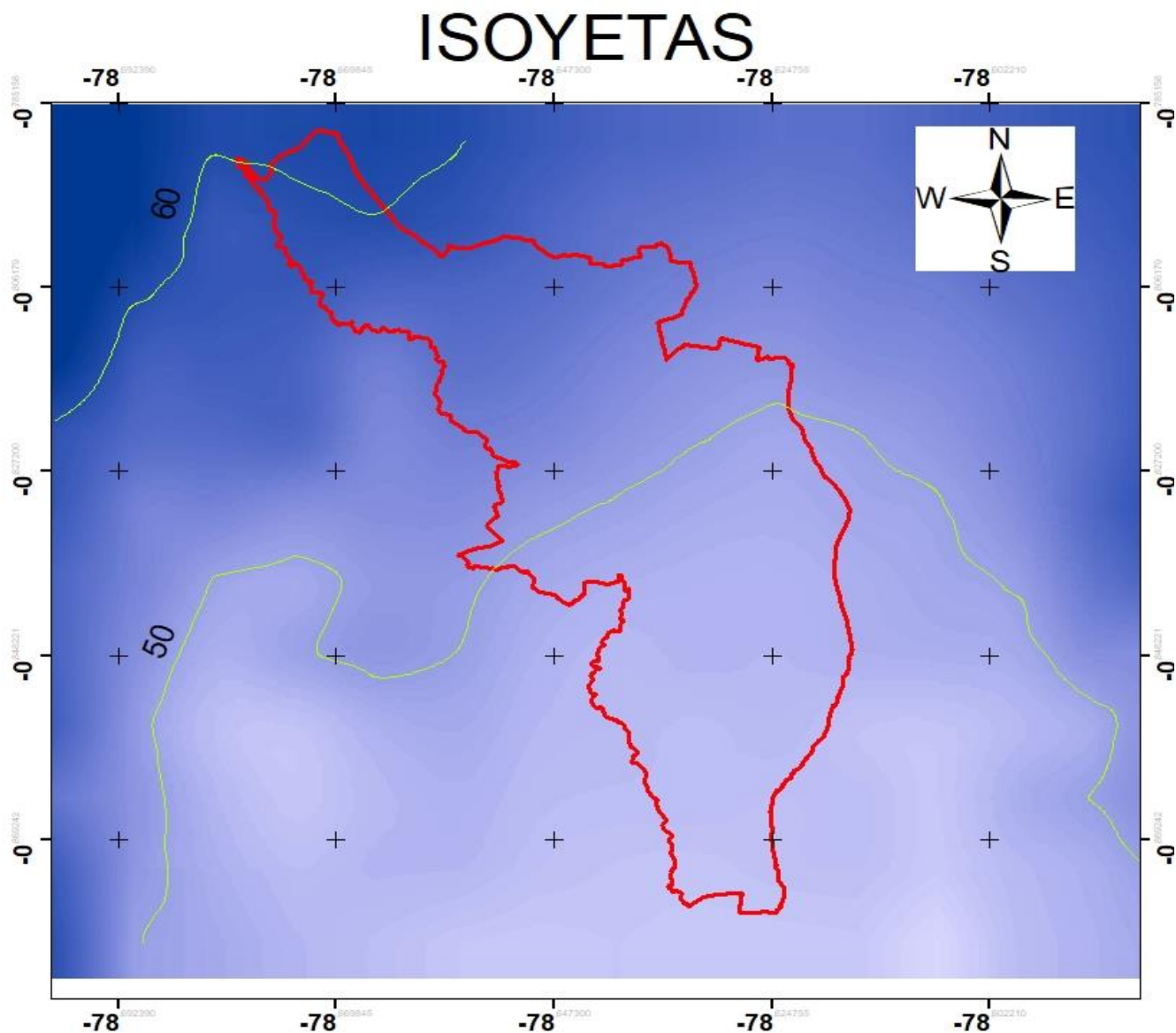


Anexo N° 5: Mapa de isotermas de la parroquia de Guaytacama.





Anexo N° 6: Mapa de isoyetas de la parroquia de Guaytacama.



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>	
<b>ISOYETAS -GUAYTACAMA</b>	
<b>Elaborado por:</b>	Maryuri Córdor
<b>Revisado por:</b>	Ing. David Carrera
<b>Fecha :</b>	11 de enero del 2021



### Leyenda

— Isoyetas\_1

▭ guaytacama

### PRECIPITACIÓN

#### Value

High : 69,5833

Low : 46

Anexo N° 7: Cálculo de evapotranspiración por método de Oudin

Cálculo de evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) utilizando la formulación propuesta por Oudin et al. (2005)

Referencias

Para los detalles matemáticos de la formulación de PE, ver::

Fill in yellow cells with data

Latitude (grados):	-0.14475
--------------------	----------

Annual ET <sub>o</sub> (mm/día)	28.6
---------------------------------	------

meses	Temperat ure (°C)
jul	10.13
ago	10.69
sep	10.80
oct	10.97
nov	11.02
dic	11.05
ene	11.14
feb	11.11
mar	11.12
abr	11.10
may	10.58
jun	10.78

Julian day	teta	cosGz	Gz	cosOM	OM	Eta	cosPz	Global radiation (MJ/m2)	ET <sub>o</sub> (mm/d)
15	-0.373	0.931	0.373	-0.000003	1571	1.032	0.593	428.71	2.276
45	-0.241	0.971	0.241	-0.000003	1571	1.024	0.618	443.40	2.441
75	-0.047	0.999	0.047	-0.000003	1571	1.009	0.636	449.62	2.492
105	0.160	0.987	0.160	-0.000003	1571	0.992	0.628	436.85	2.447
135	0.325	0.948	0.325	-0.000003	1571	0.977	0.603	412.98	2.322
165	0.406	0.919	0.406	-0.000003	1571	0.968	0.585	396.78	2.234
195	0.380	0.929	0.380	-0.000003	1571	0.967	0.591	400.69	2.269
225	0.255	0.968	0.255	-0.000003	1571	0.975	0.616	420.82	2.379
255	0.064	0.998	0.064	-0.000003	1571	0.989	0.635	440.37	2.491
285	-0.144	0.990	0.144	-0.000003	1571	1.006	0.630	444.22	2.510
315	-0.314	0.951	0.314	-0.000003	1571	1.022	0.605	433.38	2.369
345	-0.403	0.920	0.403	-0.000003	1571	1.031	0.586	423.19	2.343

	ET <sub>o</sub> (mm/mensual)	Max ET <sub>o</sub>	
J	70.55	abril	mayo
A	75.66	diario	mensual
S	74.77	2.510	77.23
O	75.87		
N	69.66		
D	69.25		
E	70.33		
F	66.61		
M	77.23		
A	75.30		
M	73.45		
J	70.29		

Anexo N° 8: Tabla del llenado de datos de precipitación faltantes de la estación Cotopilalo convenio INAMHI-CESA (M1066).

PRECIPITACIÓN ( mm)												
- COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA												M1066
AÑO	MESES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1991	35.0	85.0	102.7	84.2	98.5	37.4	58.4	15.0	9.0	40.5	91.3	54.7
1992	26.2	59.5	49.8	74.6	59.7	11.7	25.0	14.8	96.2	87.4	37.0	63.1
1993	80.6	96.8	200.1	130.4	80.7	18.0	29.4	24.0	28.9	65.4	24.8	126.6
1994	133.0	96.6	188.7	154.6	111.5	7.1	1.5	10.0	19.5	52.5	84.7	89.2
1995	25.8	72.1	63.2	23.1	76.2	6.1	13.3	9.8	39.6	59.9	64.9	68.5
1996	77.8	160.5	63.0	128.1	76.2	36.2	20.9	1.2	39.6	131.5	38.0	44.2
1997	109.3	67.2	116.0	54.7	27.7	47.2	43.6	10.43	32.0	62.6	72.8	28.9
1998	4.1	68.8	63.6	145.1	95.9	8.5	10.0	14.5	35.8	87.5	64.9	76.2
1999	124.1	151.7	119.3	113.8	169.3	112.7	25.7	20.9	147.6	36.4	22.9	133.5
2000	57.5	136.2	101.2	117.6	162.0	49.2	5.1	7.1	98.0	9.1	48.9	106.2
2001	73.8	38.7	112.8	44.2	84.8	35.0	12.8	2.8	39.56	39.0	35.5	70.2
2002	47.1	37.0	52.0	82.8	60.1	22.3	4.1	4.0	7.5	59.92	115.1	90.1
2003	37.3	33.2	90.9	163.2	33.9	61.6	8.6	6.2	18.2	37.2	102.6	117.3
2004	21.0	24.0	29.8	103.2	53.0	4.0	17.8	10.4	77.0	55.0	60.2	102.9
2005	27.9	127.5	124.2	101.1	76.2	32.7	18.3	10.4	39.6	59.9	64.9	76.2
2006	110.0	65.9	90.9	72.2	21.6	41.2	43.6	10.8	19.2	22.4	113.3	76.19
2007	21.5	4.5	98.2	133.2	70.0	43.3	9.0	31.5	3.1	74.3	83.7	84.7
2008	78.8	69.3	106.6	158.7	94.9	41.4	24.9	26.3	62.7	107.0	71.5	36.3
2009	164.0	72.1	83.0	63.4	76.20	43.4	18.33	2.1	15.4	49.5	54.2	13.3
2010	25.7	128.6	31.3	98.9	64.2	72.4	68.3	9.0	62.9	28.6	74.0	138.3
2011	71.4	106.2	51.4	177.5	26.6	32.6	60.5	33.7	24.7	59.9	27.7	121.8
2012	177.4	87.3	68.8	71.9	10.2	10.9	18.33	10.43	9.4	63.4	122.7	33.7
2013	33.1	151.3	61.8	115.9	100.6	5.0	18.33	14.7	15.3	104.1	25.7	24.9
2014	70.3	44.5	112.9	62.6	127.5	24.5	1.0	1.5	47.0	45.0	55.9	51.6
2015	74.3	11.9	90.1	53.1	47.5	13.3	43.6	1.2	1.4	59.9	64.9	76.2
PROMEDIO	68.28	79.86	90.89	101.13	76.20	32.71	18.33	10.43	39.56	59.92	64.88	76.19

*Anexo N° 9: Tabla del llenado de datos de temperatura faltantes de la estación Cotopilalo convenio INAMHI-CESA (M1066).*

TEMPERATURA MEDIA EN °C												
COTOPILALO CONVENIO INAMHI-CESA												M1066
AÑO	MESES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1991	12.08	11.65	11.96	11.39	10.62	11.48	10.70	10.90	11.35	11.55	11.56	11.82
1992	11.14	11.11	11.12	11.10	10.79	10.78	10.13	10.69	10.80	10.97	11.02	11.05
1993	11.57	11.30	11.26	11.54	11.59	11.31	11.18	11.94	11.11	11.03	11.62	11.67
1994	11.45	11.46	11.55	11.37	10.58	10.90	10.97	11.41	11.36	11.14	11.41	11.31
1995	11.44	11.33	11.05	11.41	11.55	11.10	10.91	10.83	10.80	10.97	11.02	11.26
1996	11.14	11.13	11.04	11.14	11.17	11.20	11.21	10.90	11.22	10.85	11.04	11.07
1997	11.12	11.19	11.18	11.14	11.20	11.26	11.37	11.00	11.55	11.38	11.30	11.39
1998	11.31	11.36	11.46	11.47	11.49	11.35	11.42	11.47	11.32	11.17	11.02	11.07
1999	11.14	11.11	10.96	10.94	10.75	10.60	9.98	10.31	10.61	11.09	10.88	11.05
2000	10.58	10.52	10.76	10.87	11.04	11.15	10.57	10.68	10.62	10.94	10.74	11.31
2001	10.81	11.24	11.14	11.24	11.22	10.62	10.91	10.56	10.80	11.25	11.35	11.35
2002	11.04	11.35	11.52	11.06	11.08	10.67	10.93	10.64	11.14	10.97	11.03	11.46
2003	11.47	11.66	11.02	11.26	11.11	10.55	10.11	10.65	10.90	11.15	10.82	10.52
2004	10.80	11.11	11.12	11.10	11.18	10.47	10.13	10.27	10.63	11.26	11.33	10.76
2005	11.14	11.11	11.12	11.10	10.58	10.78	10.13	10.69	10.80	10.97	11.02	11.05
2006	10.85	11.30	11.12	11.02	11.15	10.38	10.46	10.88	10.80	10.97	11.02	11.05
2007	11.46	10.93	11.00	10.97	10.96	10.01	10.31	9.80	10.16	10.32	10.78	11.04
2008	11.14	10.40	10.53	10.52	10.68	10.56	10.04	10.22	10.57	10.71	10.75	10.56
2009	10.81	10.80	10.96	10.80	10.58	10.77	10.41	10.78	10.78	11.01	10.79	10.77
2010	11.11	11.21	11.51	11.33	11.44	10.75	10.36	10.44	10.46	10.85	10.95	10.52
2011	10.67	10.91	10.61	10.84	10.77	10.66	10.11	10.47	10.31	10.76	10.93	10.86
2012	10.58	10.72	10.60	10.47	10.65	10.38	10.22	10.18	10.14	10.82	10.51	10.47
2013	11.53	10.76	11.07	11.19	10.96	11.00	10.17	10.97	10.80	10.60	11.18	11.09
2014	11.26	11.25	11.16	11.15	11.10	10.20	10.05	10.00	10.33	10.48	10.47	10.61
2015	10.80	10.84	11.22	11.17	10.85	10.55	10.60	10.52	10.60	10.97	11.02	11.05
PROMEDIO	11.14	11.11	11.12	11.10	10.58	10.78	10.13	10.69	10.80	10.97	11.02	11.05

*Anexo N° 10: Aval de traducción.*

Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

### ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita egresada de la **CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: CÓNDROR ZARCHI MARYURI LILIANA**, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS*) Y PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA GUAYTACAMA PROVINCIA DE COTOPAXI 2020-2021”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

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

Latacunga, marzo 2021

Atentamente,

Lic. Marcelo Pacheco  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 0502617350**

1803027935 Firmado digitalmente  
por 1803027935  
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA  
ROMERO GARCIA  
Fecha: 2021.03.10  
15:55:57 -05'00'