



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA
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 MULALILLO PROVINCIA DE COTOPAXI 2020 - 2021.**

Proyecto de titulación previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

AUTOR:

Moya Soria Mireya Nataly

TUTOR:

Carrera Molina David Santiago Ing. Mg.

LATACUNGA-ECUADOR

Marzo 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Moya Soria Mireya Nataly 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 de Mulalillo, Provincia de Cotopaxi 2020-2021”, siendo el Ing. 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 nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 12 de marzo de 2021

Mireya Nataly Moya Soria

Estudiante

C.I. 050326910-2

Ing. Mg. David Carrera Molina

Docente Tutor

C.I. 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 **Moya Soria Mireya Nataly** con C.C. N° **050326910-2**, de estado civil Soltero y con domicilio en Salcedo, a quien en lo sucesivo se denominarán **LA CEDENTE**; y, de otra parte, 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 **“Determinación de zonas aptitudinales para los cultivos de Maíz (*Zea mays*) y Papa (*Solanum tuberosum*), mediante un modelo geográfico en la parroquia de Mulalillo, Provincia de Cotopaxi 2020-2021”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

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

Aprobación HCD. - 26 de enero del 2021

Tutor. - Ing. 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 de Mulalillo, 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 siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

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

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

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

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

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA

podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de marzo del 2021.

Moya Soria Mireya Nataly
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DE ZONAS APTITUDINALES PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS*) Y PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*), MEDIANTE UN MODELO GEOGRÁFICO EN LA PARROQUIA DE MULALILLO, PROVINCIA DE COTOPAXI 2020-2021”, de Moya Soria Mireya Nataly, 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, 12 de marzo 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: Moya Soria Mireya Nataly 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 de Mulalillo, 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 12 de marzo del 2021

Lector 1 (presidente)

Ing. Mg. Santiago Jiménez Jácome

CC. 0501946263

Lector 2

Ing. Mg. Richard Molina Álvarez

CC. 1205974627

Lector 3

Ing. Mg. Nelly Magdalena Deleg Quichimbo

CC: 0105013999

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por haberme apoyado a lo largo de mi carrera, Al alma mater de Cotopaxi por haberme abierto las puertas para poder realizar mi sueño de titulación.

Agradezco a mi Tutor de tesis Mg David Carrera Molina, por su paciencia, esfuerzo, dedicación, experiencia, y motivación ha logrado dejar en mi un gran reconocimiento como docente humanista, apoyándome a lo largo de toda mi carrera para que pueda terminar mis estudios con éxito. A todos los docentes que supieron encaminarme con sus enseñanzas, paciencia y conocimientos, dejando en mí el amor para mi profesión.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida académica a las cuales debo agradecer por todo el apoyo, a mis amigos y compañeros, pero quiero recalcar mi agradecimiento a Sebastián Jaramillo por haber sido mi fortaleza y quien con su amor y palabras de aliento me sostuvo hasta culminar mi carrera universitaria.

También, quiero agradecer a toda mi familia en general, a mi mamá Cristina y mis tías Marcia, Guadalupe y Verónica, a mis hermanos Raúl, Daniela y María José, a mis primos y primas que de una u otra manera trataron de apoyarme para culminar mi carrera.

Mireya Nataly Moya Soria

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mi hija Samantha quien ha sido el motor fundamental de mi vida, la que ha hecho que cada mañana me levante y luche por este sueño con la esperanza de darle una vida mejor, y sabiendo que gracias a ella soy una mujer mejor cada día que pasa.

A mis abuelitos maternos Luis Moya y Celinda Soria que han estado en todo momento a mi lado apoyándome a cada paso y cuidando de mi en todo momento, su legado y su ejemplo es mi motivo para seguir adelante.

Mireya Nataly Moya Soria

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “Determinación de zonas aptitudinales para los cultivos de maíz (*zea mays*) y papa (*solanum tuberosum*), mediante un modelo geográfico en la parroquia de Mulalillo, provincia de Cotopaxi 2020-2021”

AUTOR: Moya Soria Mireya Nataly

RESUMEN

El presente proyecto identifico las zonas con las condiciones edafoclimáticas óptimas para los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y Maíz (*Zea mays*) en la parroquia Mulalillo, se consideró variables como temperatura, precipitación, pendiente, textura del suelo, pH, y condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos mencionados. A su vez se elaboró modelos cartográficos acorde a las necesidades de dichos cultivos con datos de WorldClim en el software ARC GIS versión 10.3. Esta investigación además ofrece la información suficiente de los requerimientos edafológicos y climatológicos para ayudar al correcto desempeño agrícola en función a la relación suelo- planta- agua. Una vez analizados los datos se obtuvieron dos mapas de zonas aptas para los cultivos en estudio. Se concluye que mediante el estudio de las variables establecidas que el 0,10% equivalente a 4,40 ha de esta parroquia son aptas para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), y para el cultivo de maíz (*Zea mays*) 43,49% que corresponde a 1794,41ha. En cuanto a las Isotermas de la parroquia Mulalillo va de 6°C a 15°C, a su vez se determinó que las Isoyetas van de 392 mm a 802 mm anuales teniendo diferencias entre los análisis de 75mm a 106mm en los datos analizados.

Palabras Clave: ArcGIS, Isoyetas, Isotermas, Cartográficos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "Determination Of Aptitude Zones For Corn (Zea Mays) And Potato (Solanum Tuberosum) Crops, Through A Geographic Model In The Parish Of Mulalillo, Province Of Cotopaxi 2020-2021 "

AUTHOR: Moya Soria Mireya Nataly

ABSTRACT

This project will identify areas with optimal edaphoclimatic conditions for potato (*Solanum Tuberosum*) and Corn (*Zea mays*) crops in Mulalillo parish, considering variables such as temperature, precipitation, slope, soil texture, pH, and suitable conditions for aforementioned crops development. In turn, cartographic models were elaborated according to these crops needs with WorldClim data in ARC GIS version 10.3 software. This research will also offer sufficient information on edaphological and climatological requirements to help to the correct agricultural performance based on soil-plant-water relationship. Once the data had been analyzed, two maps of areas suitable for crops were obtained. It is concluded that by studying the established variables that 0.10% equivalent to 4.40 ha of this parish are suitable for potatoes growing (*solanum tuberosum*), and 43.49% for corn (*zea mays*). which corresponds to 1794.41ha. Regarding the Isotherms of Mulalillo parish, it ranges from 6 ° C to 15 ° C, in turn it was determined that the Isohyets range from 392 mm to 802 mm per year, with differences between the analyzes of 75mm to 106mm at obtained data.

Keywords: ArcGIS, Isohyets, Isotherms, Cartographic.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INFORMACION GENERAL	1
Título del Proyecto:	1
Fecha de inicio:	1
Fecha de finalización:	1
Lugar de ejecución	1
Facultad que auspicia:	1
Carrera que auspicia:	1
Proyecto de investigación vinculado	1
Equipo de Trabajo:	1
Área de Conocimiento:	2
Línea de investigación	2
2. DESCRIPCCION DEL PROYECTO	3
3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	6
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	7
6. OBJETIVOS	8
Objetivo general	8

Objetivos Específicos	8
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANEADOS.....	9
8. FUNDAMENTACION TEORICA.....	10
REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS DE LOS CULTIVOS.....	10
Cultivo De Papa.....	10
Cultivo De Maíz.....	10
DIAGNOSTICO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA MULALILLO	11
Ubicación Y Limites.....	11
CLIMA	13
Temperatura.....	13
Precipitación.....	13
Pisos Climáticos.....	13
Humedad	13
Agua.....	13
Suelos.....	14
Pendientes.....	15
Relieve.....	16
SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG).....	17
COMPONENTES DE UN SIG.....	18
<input type="checkbox"/> Datos.....	18
<input type="checkbox"/> Recurso humano.....	18
<input type="checkbox"/> Metodología y Procedimientos	19
FUNCIONES DEL SIG.....	19
SUPERPOSICION DE MAPAS.....	19
TELEDETECCIÓN.....	20
SQL.....	20

AGRICULTURA DE PRECISIÓN	21
9. ANTECEDENTES	22
10. METODOLOGIA	24
1) Bibliográfica Documental.....	24
2) Tipo de Investigación.....	24
1) Descriptiva	24
2) No experimental	24
3) Cualitativa	24
11. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	25
Red de estaciones Meteorológicas	25
Régimen de precipitaciones isoyetas	26
Régimen de isotermas	30
1) DIAGRAMA OMBROTERMICA	32
2) EVAPOTRANSPIRACION POR EL METODO DEL OUDIN	33
3) PRECIPITACION EFECTIVA	34
4) ZONAS APTAS PARA EL CULTIVO DE MAIZ	35
5) ZONAS APTAS PARA EL CULTIVO DE PAPA	36
12. IMPACTOS	39
1) IMPACTO TECNICO	39
2) IMPACTO SOCIAL	39
3) IMPACTO AMBIENTAL	39
4) IMPACTO ECONOMICO.	39
13. PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO	40
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
1) Conclusiones	41
2) Recomendaciones	42
15. BIBLIOGRAFIA	43

16. ANEXOS.....	45
------------------------	-----------

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades por objetivos	9
Tabla 2 Condiciones edafoclimáticas del cultivo de papa.....	10
Tabla 3 Condiciones edafoclimáticas del cultivo de maíz.....	11
Tabla 4 Descripción de los suelos de la parroquia de Mulalillo	15
Tabla 5 Matriz de unidades geomórficas.	17
Tabla 6 Estación meteorológica activas en un rango de 20 km	26
Tabla 7 Resumen de precipitación de la estación meteorológica.....	27
Tabla 8 precipitación de la estación meteorológica M0004 Rumipamba	29
Tabla 9 Resumen de temperatura de la estación meteorológica Rumipamba	30
Tabla 10 Relación temperatura precipitación de la Parroquia Mulalillo	32
Tabla 11 Resumen de Evapotranspiración por el método de Oudin	34
Tabla 12 Precipitación efectiva con desvíos	34
Tabla 13 Resumen de precipitación efectiva.....	35
Tabla 14 Presupuesto del proyecto.....	40

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mapa de Ubicación de Mulalillo	12
Ilustración 2 Mapa de Relieve de la parroquia de Mulalillo.....	16
Ilustración 3 Representación de la superposición de coberturas	20
Ilustración 4 Mapa de redes meteorológicas de la parroquia Mulalillo	25
Ilustración 5 Mapa de Isoyetas de la Parroquia Mulalillo	28
Ilustración 6 Mapa de Isotermas de la Parroquia Mulalillo	31
Ilustración 7 Diagrama ombrotermico de la parroquia Mulalillo	33
Ilustración 8 Mapa de las zonas aptas para el cultivo de maíz.....	36
Ilustración 9 Zonas aptas para el cultivo de papa	37
Ilustración 10 ampliación de la zona para el cultivo de papa	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tabla de estaciones dentro de un rango de 20km del punto de estudio **¡Error!**

Marcador no definido.

Anexo 2 Tabla de datos de 25 años de la estación de precipitación.....	46
Anexo 3 Tabla de datos de temperatura de la estación de Temperatura.....	47
Anexo 4 Cálculo de evapotranspiración potencial (ET _o)	48
Anexo 5 mapa de Isoyetas de la parroquia Mulalillo.....	49
Anexo 6 Mapa de Isotermas de la Parroquia Mulalillo	50
Anexo 7 Mapa de Zonificación de los cultivos en la parroquia Mulalillo.....	51
Anexo 8 Mapa del cultivo de papa	52
Anexo 9 Mapa del cultivo de maíz	53
Anexo 10 Datos de los porcentajes del cultivo de maiz en la parroquia Mulalillo	54
Anexo 11 Datos de los porcentajes del cultivo de papa en la parroquia Mulalillo.....	54
Anexo 12 Aval de Ingles	55

1. INFORMACION 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 DE MULALILLO, PROVINCIA DE COTOPAXI 2020-2021”

Fecha de inicio:

Octubre 2020

Fecha de finalización:

Marzo 2021

Lugar de ejecución

Parroquia Mulalillo

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado

Proyecto de determinación de la calidad de sitio

Equipo de Trabajo:

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Ing. David Santiago Carrera Molina.

TUTOR: Ing. David Santiago Carrera Molina. C.I. 0502663180

LECTOR 1: Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome C.I. 0501946263

LECTOR 2: Ing. Richard Alcides Molina Álvarez C.I. 1205974627

LECTOR 3: Ing. Nelly Magdalena Deleg Quichimbo C.I. 0105013999

Área de Conocimiento:

Agricultura, silvicultura, pesca, agricultura – producción agropecuaria.

Línea de investigación**Línea 1:**

- a) Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- a. Producción agrícola sostenible.

Línea de Vinculación

- a. Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En la presente investigación se propuso determinar las zonas aptas para el cultivo de maíz y papa estableciendo los sectores con las mejores condiciones edafoclimáticas de la parroquia de Mulalillo, para esta investigación se tomó en cuenta la precipitación y temperatura además de las texturas de suelos, pendientes, drenaje y pH, se realizó mediante modelos cartográficos en la parroquia mencionada anteriormente, se utilizó el programa ARC GIS.

Por lo cual en esta de esta investigación se utilizó los datos tomados de 25 años de la estación meteorológica Rumipamba y además los datos de WorldClim para poder comparar los datos y determinar las zonas en estudio.

Se utilizó una metodología determinada en investigaciones anteriores, citadas en este documento.

3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

En el Ecuador hoy en día la crisis del sector agropecuario se debe a la producción agrícola que crece en las áreas destinadas a la producción para la exportación, (brócoli y rosas) mientras decrecen cada vez más los terrenos cultivados para el consumo interno; la falta de atención gubernamental al campesino, la baja productividad por falta de conocimientos de zonas aptas para cierto tipo de cultivo; falta de generación y proporción de innovaciones tecnológicas apropiadas, la falta de la capacitación por parte de especialistas que contribuyan al desarrollo sostenible de los sectores agropecuario.(FAO, 2018)

De esta problemática existen empobrecimiento, que ha conllevado que los campesinos destruyan bosques tropicales, desaparezcan manglares, “los páramos sean invadidos y los suelos estén erosionados”. Esta continua expansión agrícola hacia tierras marginales y la deficiente base científica existente se han visto reflejado en niveles bajos de productividad. Otro de los principales problemas es la tenencia de la tierra en latifundios, terrenos que son destinados únicamente para la producción de bosques y en otros motivos arrendados a florícolas o brocoleras para el desarrollo de su actividad, ha provocado la migración del sector campesino a la ciudad, en busca de trabajo para poder sostener a su familia.(Alquino, 2019)

La sobrepoblación y las tierras limitadas en pocas manos conocidas como propiedad privada presionaron al gobierno para que ejecute planes de expansión agrícola para la seguridad alimentaria. La expansión requiere una información precisa para el proceso de toma de decisiones para la inversión en el área. Los parámetros principales requieren de estudios detallados, que son: idoneidad del suelo, la disponibilidad de agua, la tenencia de tierras, que son producidos por la falta de planificación para la elección de sitios para cada uno de los cultivos, además de los problemas climáticos que enfrentamos en la actualidad, para ellos se plantea dentro de la investigación el estudio de zonas potenciales para cultivos de papa y maíz.(FAO, 2018)

Para la obtención de las variables en estudio es necesario la utilización de los sistemas de información geográfica que considera una colección organizada de hardware, software, datos espaciales y no espaciales que pueden ayudar a los usuarios a capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar de manera eficiente y la gestión de toda la información geográficamente

referenciada. La combinación de sensores remotos con técnicas *SIG* resulta ser un estudio eficaz de insostenibilidad y planificación (Rajitha et al.2006).

Una de las aplicaciones más útiles de los *SIG* para la planificación y la gestión es el mapeo y análisis de idoneidad del uso de la tierra; el análisis de idoneidad del uso de la tierra ampliamente definido tiene como objetivo identificar el patrón espacial más apropiado para futuros usos de la tierra de acuerdo con los variables edáficas y climáticas.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La parroquia Mulalillo cuenta con 6.379 personas que son parte de 9 comunidades, 11 barrios y 5 sectores, 70,75 % dice ser mestizo y un 27,18 % se identifica como indígena parte del pueblo Panzaleo, adicionalmente el 1,02 % se considera blanca, el 0,77 % afroecuatoriano y el 0,28 % como montubio.(«Datos Generales», 2011)

Según el, INEC en el censo del 2010 la población de salcedo seria de 58.216 habitantes teniendo Mulalillo un total de 6.379 que representaría el 10.95% de la población de este cantón, siendo así los beneficiarios directos serían las 9 comunidades de esta Parroquia.(INEC, 2010)

Los beneficiarios indirectos la Universidad Técnica de Cotopaxi y la Facultad De Ciencias Agropecuaria Y Recursos Naturales formando conocimiento para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

En la actualidad la agricultura es vinculada con la explotación de los recursos del suelo por monocultivos, además del daño que ocasionan distintas plagas o enfermedades de cultivos de la zona andina, de la misma manera por la mala distribución o desconocimiento de las zonas de producción de distintos cultivos, es importante que la producción sea mejorada para tener mejor abasto en la producción nacional y traspasar las fronteras del desarrollo tecnológico.

La crisis económica y social de nuestro país aumenta cada año, el sector agropecuario se ha visto afectado ya que no existe leyes y políticas que permitan mejorar la producción de cultivos, además no existe un conocimiento adecuado de zonas con condiciones aptas y tecnología apropiada que este enfocada por la delimitación agrícola de acuerdo a sus necesidades edafoclimáticas para cultivo de papa y maíz.

La falta de nuevas tecnologías en la agricultura ha dificultado el crecimiento de la producción agrícola, actualmente existe varios medios tecnológicos que ayudan en el desarrollo de la producción: los Arduino, los satélites, los drones todos estos anclados a los sistemas de información geográfica.

6. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar zonas productivas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y maíz (*Zea mays*) mediante herramientas de SIG, para mejorar las condiciones de producción en el área de estudio

Objetivos Específicos

- Describir patrones edáficos mediante análisis de datos satelitales, para seleccionar sitios adecuados para el cultivo de papa y maíz.
- Realizar submodelos cartográficos para la zonificación Agrícola.
- Establecer las zonas del cultivo de papa y maíz utilizando el software de ArcGIS.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANEADOS

OBEJTIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACION
<ul style="list-style-type: none"> • Describir patrones edáficos mediante análisis de datos satelitales, para seleccionar sitios adecuados para el cultivo de papa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información en la web. • Análisis de información de geomorfología del área de estudio 	Obtención de datos de suelo y datos meteorológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de suelos en Excel. • Mapa de suelos. • Mapa de clima
Realizar submodelos cartográficos para la zonificación Agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de tres submodelos cartográficos (Suelo, Clima y relieve.) 	Submodelo elaborado en Model builder.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo elaborado
Establecer las zonas del cultivo de papa y maíz utilizando el software de ArcGIS.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar mapas georreferenciales de las zonas de estudio • Comparar los resultados 	Obtención de mapas de zonas identificadas de producción de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) y Maíz (<i>Zea mays</i>)	Mapas

TABLA 1 ACTIVIDADES POR OBJETIVOS
ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

8. FUNDAMENTACION TEORICA

Requerimientos edafoclimáticos de los cultivos

Cultivo de papa

El cultivo de papa en el Ecuador ha representado ser uno de los cultivos más importantes ya que es la principal fuente de alimento para las zonas altas del país, alrededor del 81% es consumida a nivel nacional en estado fresco, teniendo variados usos industriales y de cocina (INIAP, 2014).

Las papas se cultivan a una amplia gama de diferentes suelos que varían de arenosos a arcillosos, todos con diferente capacidad de retención de agua. Un suelo ideal para papas es de buena estructura, con buen drenaje para ventilación de las raíces y desarrollo de los tubérculos con un mínimo de infestación de enfermedades (Yara, 2018).

Este cultivo prefiere suelos de pH 5,5 a 7,0 y de baja salinidad. No obstante, en la práctica se cultivan papas en suelos con pH de 4,5 a 8,5, con consecuencias para la disponibilidad de ciertos nutrientes. pHs extremos se deben de ajustar donde sea posible (Yara, 2018).

CULTIVO	TEXTURA	PROF (cm)	DREN	pH	Pp(mm)	T (°C)	ALTITUD
Papa	Franco	>100	2	5 –	800-	10°C –	2600
				6.5	1300	14°C	3400
	Franco arcilloso						

TABLA 2 CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL CULTIVO DE PAPA

FUENTE: INIAP 2014

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Cultivo De Maíz

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo que en el Ecuador a sido de vital importancia para los pueblos y nacionalidades indígenas, es considerado como generador de vida en muchas culturas ancestrales fomentando la identidad de nuestros ancestros (Pereira, 2018).

En el Ecuador se siembra este cultivo desde hace siglos siendo una importante ingreso para las familias dedicadas a la agricultura a lo largo de los años. (Pereira, 2018)

Según autores, son de un máximo de 28-30 kg de nitrógeno (N), 10-12 kg de fósforo (P₂O₅), y 23-25 kg de potasio (K₂O), por cada 1.000 kg de grano producido, adicionalmente, hay un consumo significativo de calcio, magnesio y azufre. Hay que destacar el hecho de que una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo (Laserna, 2012).

CULTIVO	TEXTURA	PROF (cm)	DREN	pH	Pp(mm)	T (°C)	ALTITUD
Maíz	Franco	>20	2	5.5 –	600-	10°C y	2200 –
	Franco arenoso			7.5	1400	20°C	3000
	Franco arcilloso						

TABLA 3 CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ

FUENTE: INIAP 2014

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

DIAGNOSTICO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA MULALILLO

Ubicación y límites

La parroquia Mulalillo es parte del cantón Salcedo en la Provincia de Cotopaxi, se ubica en el sur occidente del Cantón y es parte del límite con la provincia de Tungurahua, esta parroquia forma parte del sistema hidrográfico de la cuenca del Pastaza en la cuenca alta donde el río Nagsiche es su principal referente y toca a la parroquia en la parte norte en el límite con el cantón Pujilí y con la parroquia San Miguel de Salcedo (PDOT, 2015).

Mulalillo se encuentra ubicada al sur occidente del cantón Salcedo, a 9 km conectada por la vía Panamericana Sur tomando el desvío que pasa por la Parroquia Panzaleo por vía en proceso de asfaltado o bien ingresando a la altura de la Laguna de Yambo por la Parroquia Antonio José Holguín por vía asfaltada (PDOT, 2015).

Geográficamente y según la Oficina de Censos Nacionales limita:

AL NORTE: desde la afluencia de la Quebrada Chirinche Bajo en el río Nagsiche, aguas abajo este río, hasta el cruce con la vía Salcedo-Augusto Martínez.

AL ESTE: Desde este cruce, la vía indicada hacia el Sur, en dirección a Augusto Martínez, hasta el cruce con la quebrada Sánchez.

AL SUR: Desde el cruce señalado, el curso de la quebrada Sánchez, aguas arriba hasta su confluencia con la quebrada Borja; de esta confluencia, la quebrada Borja aguas arriba hasta sus orígenes.

SUR-OESTE: en corto trecho hasta alcanzar la cumbre de cerro Taxoloma; de este la línea de cumbre al Sur-Oeste, que pasa por la cima de los cerros Torouco de Sanutoa y Sagoatoa.

AL OESTE: De la cumbre del cerro Saguatoa, el divisor hacia el Norte que pasa por la cima de las lomas Palarumi, Cola Huana, Chuquiragua, Tablón y Cerro Conoloma, origen de la quebrada Chirinche; de estos orígenes la quebrada Chirinche aguas abajo, hasta su afluencia en el río Nagsiche.

La parroquia Mulalillo tiene una extensión de 41,28 km² que corresponde a 4.128 ha, donde la mayor parte de su territorio es irregular

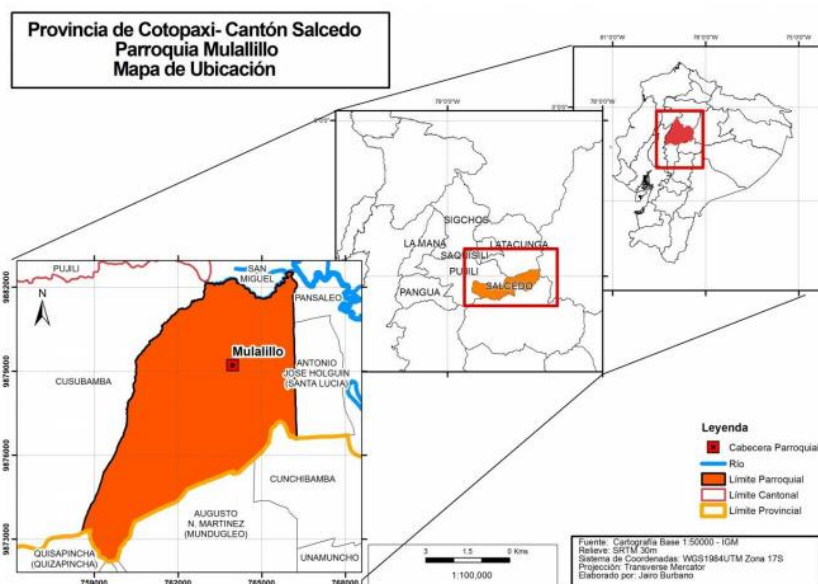


ILUSTRACIÓN 1 MAPA DE UBICACIÓN DE MULALILLO

FUENTE: PDyOT GAD MULALILLO, 2015

CLIMA

Temperatura

Como es característico de las zonas andinas de irregular topografía y de un alto rango altitudinal su temperatura es variada, esto indica las posibilidades productivas son muy variadas (*PDOT,2015*).

Precipitación

Respecto de la precipitación en esta parroquia es evidente al menos dos zonas claramente marcadas la zona alta vinculada al páramo donde la precipitación oscila entre los 500 y 700 mm anuales y la zona baja la precipitación no sobre pasa los 500 mm anuales. Es importante resaltar que esta parroquia de no contar con el abastecimiento del agua para riego y consumo humano su mapa productivo y poblacional sería muy diferente (*PDOT,2015*).

Pisos Climáticos

La parroquia según el mapa de isoyetas tiene claramente definidos tres pisos climáticos: el pluvial, pluviestacional y el xérico, donde este último abarca sobre el 50 % de cobertura del territorio le sigue el pluvial que se ubica en la parte más alta de la parroquia junto al volcán Saguatoa (*PDOT,2015*).

Humedad

Respecto de la humedad esta parroquia sus niveles oscilan entre el 50 y el 70 % de la humedad relativa, en este indicador climático incide la presencia de fuertes vientos que suben desde la cuenca del río Pastaza (*PDOT,2015*).

Agua

El sistema hidrográfico de la parroquia Mulalillo se encuentra marcado por la presencia del río Nagsiche parte de la cuenca alta del Pastaza que nace en las faldas del Cerro Toro Rumi15 que son parte de la parroquia Cusubamba y La Matriz del cantón Pujilí, donde se genera más del 90 % del agua de riego y consumo humano que abastece a las familias de Mulalillo (*PDOT,2015*).

Una menor proporción de agua proviene de los páramos de ubicados en las comunidades de San Diego, Unión y Trabajo, San Juan y San Vicente pertenecientes a la parroquia. El agua de riego y consumo humano que es utilizada y aprovechada en la parroquia Mulalillo proviene de la microcuenca alta del Río Nagsiche, donde se ubican comunidades indígenas y campesinas. La calidad del agua que es aprovechada para consumo humano a través de la Regional Mulalillo y que abastece al 90 % de las comunidades, barrios y sectores es considerada de buena calidad por los usuarios, las restantes comunidades se abastecen del agua para su alimentación de pequeñas vertientes de los páramos de San Diego parte del volcán Saguatoa, en épocas de estiaje y cuando los caudales han disminuido es utilizada el agua de riego para el consumo humano, almacenando en pequeños reservorios favoreciendo la presencia e incidencia de enfermedades especialmente en la población infantil (PDOT,2015).

Suelos

La parroquia Mulalillo dispone de todas las clases de suelo partiendo desde los planos hasta los más escarpados y de acuerdo a la clasificación podemos indicar que la zona baja dispone de los suelos clase I, II y III, donde se realizan fundamentalmente actividades agrícolas y ganaderas sin ser necesario la conservación de los suelos. A través de las encuestas comunitarias y de acuerdo al conocimiento local se puede determinar que los tipos de suelos acorde con sus clases texturales con mayor presencia e incidencia en el territorio corresponden a los arenosos y francos limosos (en la zona baja), franco arcillosos y limosos (en la zona alta), se debe añadir la presencia de suelos cangahuosos, que corresponde a zonas donde se ha perdido la capa arable y se encuentra aflorando este Durustoll como consecuencia de la erosión (PDOT,2015).

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	DESCRIPCIÓN
CLASE I	Son suelos relativamente planos, profundos, debido a su textura (franco arenoso), su relieve facilita el trabajo con maquinaria, con la presencia de riego está catalogada como medianamente fértil; por tanto, cuenta con condiciones para cultivos intensivos: anuales, perennes (frutales), floricultura; los cuales proporcionan buenos rendimientos, necesitan prácticas de manejo básicas como el drenaje.
CLASE II	Se encuentran en áreas moderadamente onduladas, con ligeras pendientes, medianamente profundos, existe permeabilidad media, su textura esta entre franco arenoso y franco limosa, catalogada como

	medianamente fértil, presenta aptitud para cultivos semi intensivos, con prácticas de manejo básicas de conservación de suelos.
CLASE III	Zonas de topografía ondulada, con pendientes moderadas, con poca profundidad, con problemas de retención de humedad, por su inclinación requieren prácticas especiales de conservación de suelos, catalogada como poco fértil, todos estos factores restringen la elección de cultivos.
CLASE IV	Corresponde a topografías entre onduladas y quebrada, con pendientes fuertes, con poca profundidad, con baja retención de humedad, se requieren prácticas especiales de conservación de suelo, catalogada como poco fértil, baja retención de humedad, con restricción de elección de cultivos
CLASE VI	Este tipo de clasificación se da en topografías quebradas con pendientes pronunciadas, que por lo general son las que bordean el Rio Nagsiche y en quebradas secas, aquí se cuenta con vegetación natural con chaparros y escasos pastos naturales, donde no existe protección vegetal está sujeta a una fuerte erosión
CLASE VIII	Suelos que constituyen áreas de protección como son los páramos, los cuales forman parte de reservas de recursos flora, fauna y potenciales proveedores de agua.

TABLA 4 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LA PARROQUIA DE MULALILLO

FUENTE: IINSTITUTO DE ESTUDIOS ECUATORIANOS

Pendientes

El accidente geográfico que marca las condiciones agroclimáticas y edafológicas de la parroquia Mulalillo tiene que ver con el volcán Saguatoa (inactivo), el mismo se ubica en la parte sur occidental sobre los 4.200 msnm cercano a la comunidad San Diego de Rodeopamba. Este elemento geográfico provoca que la parroquia disponga de un clima frío andino y en la zona baja se haga presente el clima templado que permite una amplia gama de productos agropecuarios. El rango altitudinal de la parroquia oscila entre los 2.600 y 4.200 msnm en un tramo no superior a los 10 km en línea recta lo que hace evidente lo abrupto de su relieve, encontrando pendientes superiores al 70 %. Este tipo de relieve ha favorecido la presencia de problemas erosivos de los suelos fruto del uso inadecuado del agua y la maquinaria agrícola (PDOT, 2015).

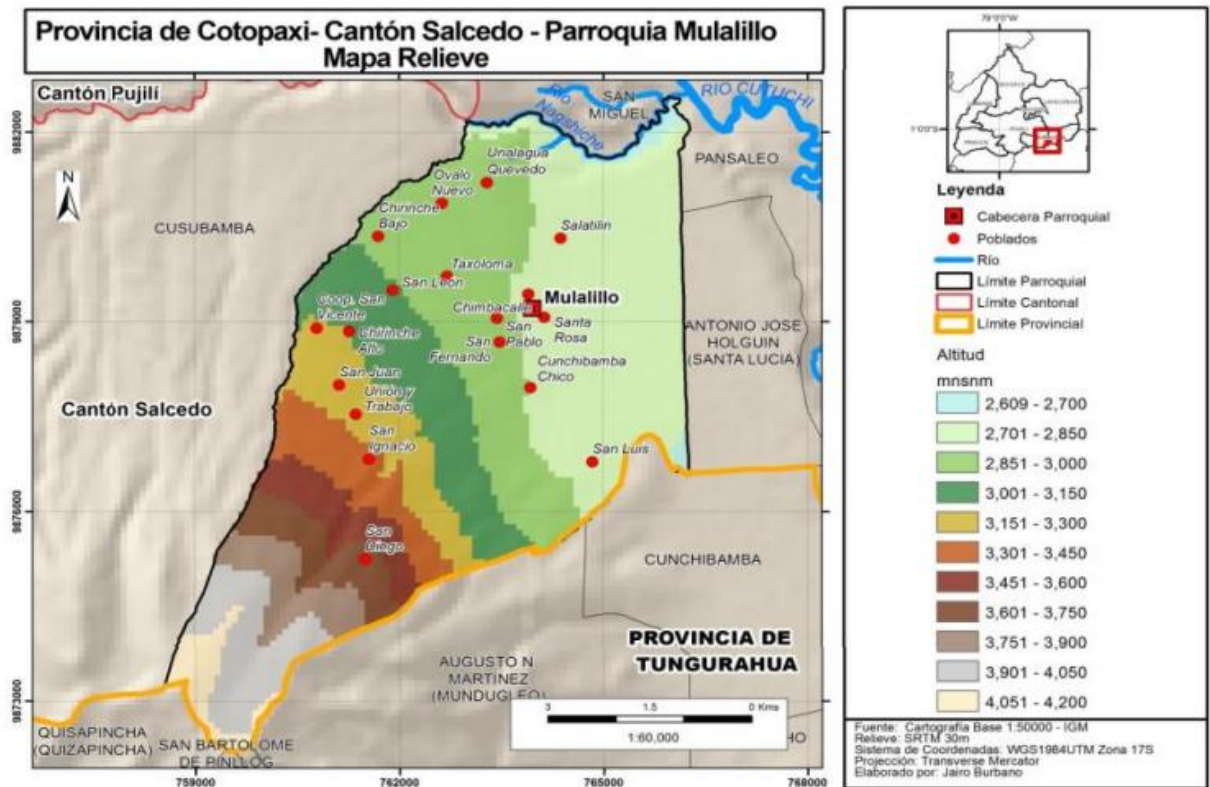


ILUSTRACIÓN 2 MAPA DE RELIEVE DE LA PARROQUIA DE MULALILLO

FUENTE: PDYOT GAD MULALILLO, 2015

Relieve

El accidente geográfico que marca las condiciones agroclimáticas y edafológicas de la parroquia Mulalillo tiene que ver con el volcán Saguatoa (inactivo), el mismo se ubica en la parte sur occidental sobre los 4.200 msnm cercano a la comunidad San Diego de Rodeopamba. Este elemento geográfico provoca que la parroquia disponga de un clima frío andino y en la zona baja se haga presente el clima templado que permite una amplia gama de productos agropecuarios. El rango altitudinal de la parroquia oscila entre los 2.600 y 4.200 msnm en un tramo no superior a los 10 km en línea recta lo que hace evidente lo abrupto de su relieve, encontrando pendientes superiores al 70 %. Este tipo de relieve ha favorecido la presencia de problemas erosivos de los suelos fruto del uso inadecuado del agua y la maquinaria agrícola (PDOT, 2015).

Relieve	Localización	pendiente y altura predominante	Actividades
Vertiente Andina Alta	Comunidades: San Diego, Unión Trabajo, San Ignacio, San Juan, San Vicente y Salatilín	3.151-4200 msnm con pendientes fuertes y muy fuertes entre el 25 y 70 %	Zona de páramo, producción agrícola y ganadera
Pie de monte			
Zona Baja	Comunidades: Unalagua Quevedo, San León, Chirinche Bajo, las partes bajas de las comunidades Cunchibamba Chico, San Luís	Ubicadas entre los 2.609 y 2.850 m.s.n.m. llanura aluvial donde se ubican los suelos de mayor fertilidad y que son producto de la erosión de los suelos de la parte alta de la parroquia. Las pendientes oscilan entre el 0 y 25 %	En esta zona en la actualidad se asienta empresas florícolas, haciendas y familias productoras de hortalizas

TABLA 5 MATRIZ DE UNIDADES GEOMÓRFICAS.

FUENTE: INSTITUTO DE ESTUDIOS ECUATORIANOS

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Sistemas de información geográfica (SIG)

Es un conjunto de componentes específicos que permiten a los usuarios finales crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio. La información geográfica va a ser aquella información que tiene algún componente espacial, es decir, una ubicación, y, además, una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión. Esa ubicación se podrá definir con un nombre de una calle, por ejemplo, o con coordenadas espaciales (SIG, 2018).

El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. Además, permiten realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación (SIG, 2018).

Componentes de un SIG

Equipos (Hardware)

El hardware es el computador donde opera el SIG. Hoy por hoy, los SIG se pueden ejecutar en una gran variedad de plataformas, que pueden variar desde servidores (computador central) a computadores desktop (escritorio) o Laptop (portátil) que se utilizan en las configuraciones de red o desconectado.(Mórea, 2018)

Programas (Software)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas que se requieren para almacenar, analizar y desplegar información geográfica. Los componentes más importantes son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de administración de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfase gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

Datos

Posiblemente los componentes más importantes de un SIG son los datos. Los datos geográficos y tabulares relacionados pueden colectarse en la empresa, en terreno o bien adquirirlos a quien implementa el sistema de información, así como a terceros que ya los tienen disponibles. El SIG integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los administradores de base de datos (DBMS) más comunes para organizar, mantener y manejar los datos espaciales y toda la información geográfica.(GEINOVA, 2019)

Recurso humano

La tecnología SIG está limitada si no se cuenta con el personal adecuado que opere, desarrolle y administre el sistema, y llevar a cabo los planes de desarrollo para aplicarlos a los problemas del mundo real. Entre los usuarios de SIG se encuentran los especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema para aquellos que los utilizan diariamente en su trabajo (SIG, 2017).

Metodología y Procedimientos

Para que un SIG tenga éxito, este debe operar de acuerdo a un plan bien diseñado y estructurado y acorde con las reglas de la empresa o institución, que son los modelos y prácticas operativas características de cada organización.(Morea, 2018)

Funciones del SIG

Un SIG almacena la información en capas temáticas que pueden enlazarse geográficamente. Este concepto simple pero altamente poderoso y versátil ha probado ser crítico en la resolución de muchos problemas que van desde el rastreo de vehículos de reparto, registrando los detalles de la aplicación de planificación hasta el modelamiento de la circulación atmosférica global.(Mórea, 2018)

Superposición de mapas

La superposición de mapas es el estudio de una zona determinada para obtener una gran cantidad de información y convertirla en conjunto de datos compatibles para exponer los resultados sobre un mapa, (GEINOVA, 2019)

- **Unión:** El mapa resultado contiene la unión de la extensión de los mapas a superponer.
- **Intersección:** Como resultado final se obtendrá un mapa que contiene únicamente el área común a los mapas originales.
- **Identidad:** El mapa final es el resultado de recortar el mapa inicial con el límite exterior de los elementos del mapa que se le superpone. En este caso es importante el orden de los mapas iniciales, ya que el resultado final será diferente.

El análisis de superposición a menudo se utiliza en conjunto con otros tipos de análisis. Por ejemplo, es posible incluir datasets que derivan del análisis de proximidad o el análisis de superficie.

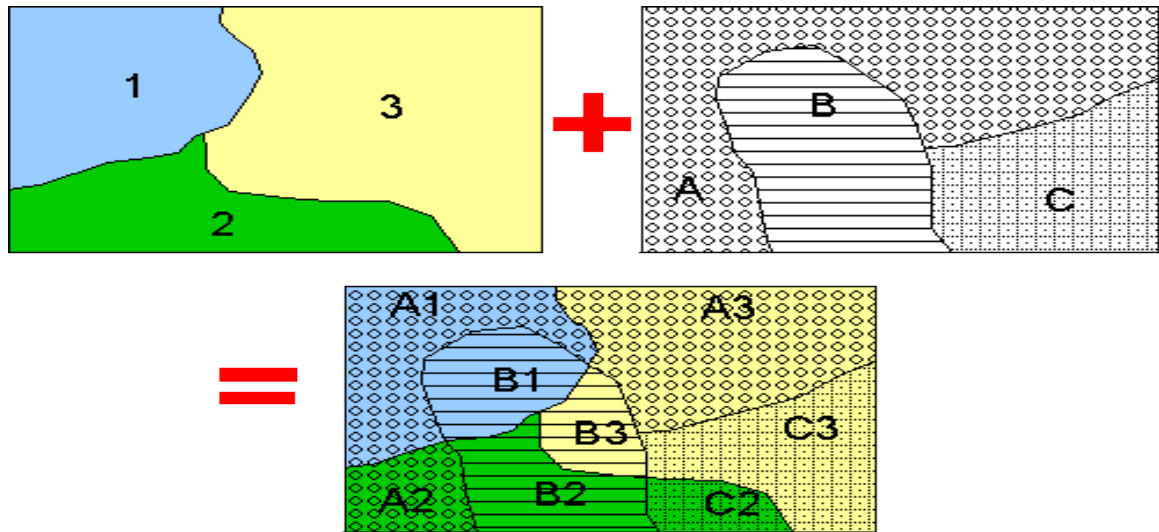


ILUSTRACIÓN 3 REPRESENTACIÓN DE LA SUPERPOSICIÓN DE COBERTURAS

FUENTE: (FAO : SD DIMENSIONS : MEDIO AMBIENTE : ESPECIALES : SIG, 2009)

Teledetección

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor, genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra. (OBS, 2013.)

El primer satélite de observación de la Tierra fue lanzado al espacio por EEUU en el año 1972, iniciándose entonces técnicas de Teledetección, poco utilizadas hasta hace unos años debido al alto coste que suponía trabajar con imágenes de satélite. Hoy en día, gracias a la disponibilidad de imágenes y al desarrollo de nuevas tecnologías, son cada vez más las empresas y organismos públicos que incorporan el uso sistemático de imágenes en sus distintos proyectos (OBS, 2013)

SQL

La programación SQL se puede usar para compartir y administrar datos, en particular la información organizada en tablas que se encuentra en los sistemas de administración de bases de datos relacionales. (VIU, 2019)

Los principales operadores lógicos SQL son:

- **Or:** Es incluyente, selecciona tanto uno como otro. Combina dos condiciones juntas y selecciona un registro si al menos una condición es verdadera.

- **And:** La aseveración tiene que ser cierta en ambos lados del operador. Combina dos condiciones juntas y selecciona un registro si las dos condiciones son verdaderas.
- **Not:** Selecciona un registro si no coincide con la expresión

Como el modelo es una función matemática en el que, a partir del lenguaje estructurado de consulta a los atributos del mapa agroecológico, dentro de un SIG, se va generando las zonas óptimas para cada tipo de cultivo de acuerdo a sus requerimientos agrícolas que posean las mejores condiciones edafológicas y climáticas naturales para el desarrollo del cultivo.

Agricultura de precisión

La Agricultura de Precisión (AP) es el conjunto de tecnologías que se aplican al trabajo en el campo como satélites, sensores, imágenes y datos geográficos, que reúnen la información necesaria para entender las variaciones del suelo y los cultivos. Gracias a la AP los productores pueden tomar decisiones más eficientes sobre las semillas que van a plantar, el campo donde van a sembrar, e incluso son capaces de predecir el rendimiento de la cosecha, lo que hace mucho más preciso el trabajo, sin embargo, la Agricultura de Precisión no es algo nuevo: desde hace más de 20 años que se implementan este tipo de técnicas en nuestra región. En una primera instancia, la tecnología que se utilizaba provino del exterior. Con el correr del tiempo, los técnicos locales se volvieron pioneros en la producción de herramientas y maquinaria agrícola de precisión.(Perez, 2017)

9. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de esta investigación se consultó trabajos anteriores que tienen la misma línea de investigación, realizados en la Universidad Técnica de Cotopaxi, las cuales tomamos como fuentes primarias para determinar la metodología utilizada para la elaboración de este proyecto:

- ✓ **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 de Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, en el periodo 2018-2019.”
 - **Autor:** Manolo Sebastián Guña Flores.
 - **Fecha:** septiembre 2018 – febrero 2019
 - **Objetivo:** Determinar las zonas aptitudinales para los cultivos de maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*) y chocho (*Lupinus mutabilis*), mediante un modelo geográfico en la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2018 - 2019.
 - **Problemática:** En la parroquia de Aláquez el aumento de la población es un problema importante la cual conlleva a que se vaya perdiendo la frontera agrícola debido a que las familias utilizan sus terrenos antes cultivados para construir casas en la actualidad, transformando así las zonas de cultivos de grandes escalas a huertos familiares de baja productiva
 - **Metodología:** establecida.
 - **Conclusiones:** La zona estudiada no tiene condiciones favorables edáficas y climáticas para el cultivo de chocho sin embargo los agricultores con sus saberes ancestrales logran tener producción lo que nos da entender que con la agricultura de precisión ellos obtendrán mejores resultados en su producción.

- ✓ **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
 - **Autor:** William Santiago Toapanta Conterón.
 - **Fecha:** septiembre 2018 – febrero 2019
 - **Objetivo:** Determinar las 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.
 - **Problemática:** La economía de las familias de la parroquia San Miguel del cantón Salcedo en las zonas rurales en su mayoría se obtiene de la agricultura, esto ha ayudado a que se sustenten durante muchos años. Sin embargo, la producción de sus principales cultivos de maíz, papa y chocho han venido decayendo según (MAGAP, 2014) en el año 2014. La producción de maíz suave tuvo un aproximado de 4,975 ha, la papa tuvo un aproximado de 3,545 ha y el chocho tuvo un aproximado de 2,866 ha mientras que para el año 2017 tuvo una decadencia del 20 %, una cifra considerable para tan poco tiempo, porque los agricultores inconscientemente no eligen bien los cultivos para sus predios tomando en cuenta las condiciones edafoclimáticas favorables para los mismos y como consecuencia tienden a perder su producción
 - **Metodología:** establecida.
 - **Conclusiones:** La zona estudiada no tiene condiciones favorables edáficas y climáticas para el cultivo de chocho sin embargo los agricultores con sus saberes ancestrales logran tener producción lo que nos da entender que con la agricultura de precisión ellos obtendrán mejores resultados en su producción.

10. METODOLOGIA

Bibliográfica Documental

Utilizaremos material bibliográfico y documental que servirá de base para el contexto del marco teórico y los resultados obtenidos, dentro de esta investigación la bibliografía consultada sirvió la base para realización del mismo, además se recogió Datos del INAMHI para la estación meteorológica Rumipamba M0004, y Datos climáticos de WorldClim, que fueron utilizados para esta investigación.

Tipo de Investigación

Descriptiva.

La investigación es de tipo descriptiva ya que se genera una base de datos indicando y caracterizando rasgos peculiares o diferentes de las características edafoclimáticas del cultivo de papa y maíz.

No experimental

El método de investigación a usarse será la No Experimental, ya que los datos se obtendrán directamente del lugar en estudio sin manipular deliberadamente las variables.

Cualitativa

Recae en lo cualitativo ya que describe las cualidades de los objetos en estudio es decir el cultivo en estudio. Nuestra investigación es cualitativa en vista que describimos los análisis climáticos de la estación escogida y a su vez del WorldClim.

Cuantitativa

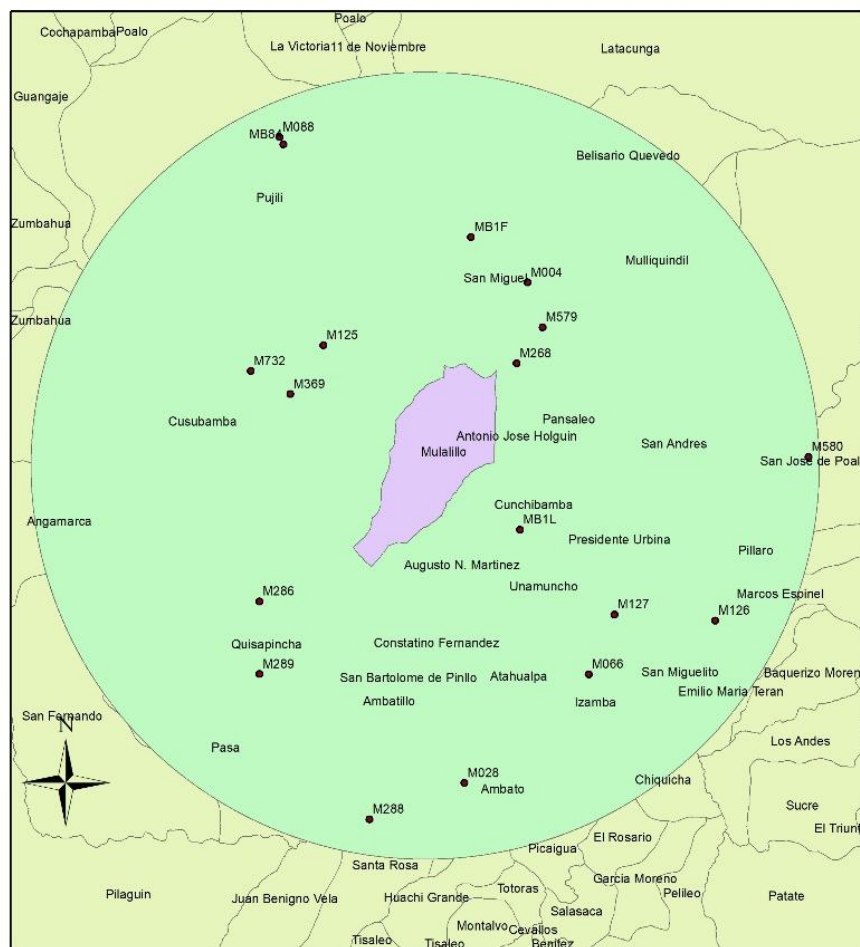
A la vez recae en lo cuantitativo ya que sacamos valores óptimos para los cultivos en estudio, en la investigación lo aplicaremos utilizando los datos de la estación meteorológicas y a la vez los datos que encontramos en WorldClim.

11. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Red de estaciones Meteorológicas

Se consideró para la selección de las estaciones meteorológicas un radio de 20Km desde el punto a trabajar ubicado en la parroquia de Mulalillo, para el análisis de las mismas se debe tomar en cuenta de 100 a 300 msnm del área en estudio.

Se pudo encontrar aproximadamente 18 estaciones en el radio mencionado anteriormente de las cuales únicamente 7 estaciones se encuentran en estado activo, y pueden ser tomadas en cuenta para esta investigación.



Leyenda

- estaciones_meteorologicas_Ab
- MULALILLO



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
TEMA: Mapa de redes metereologicas del canton Mulalillo con 20 km de radio	
NOMBRE:	Nataly Moya
FECHA:	18/1/2021
Elaborado por:	Nataly Moya
Revisado por:	Ing. David Carrera



ILUSTRACIÓN 4 MAPA DE REDES METEOROLÓGICAS DE LA PARROQUIA MULALILLO

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Se escogió de entre las estaciones una sola ya que es la que cuenta con datos completos de 25 años, además está cerca del perímetro del sitio de estudio, por su ubicación geográfica, se pudo realizar la recopilación de información de las estaciones de la red meteorológica del INAMHI, estación meteorológica de Rumipamba M0004 ubicada en el cantón Salcedo.

Código	M0004	
Nombre	RUMIPAMBA-SALCEDO	
Tipo	AGROMETEOROLÓGICA	
	AG	
Estado	Activa	
coordenadas	X	767445
	Y	9886792
	Altura	2685
Distancia al proyecto (km)	10.6	
Institución	INAMHI	
Provincia	COTOPAXI	
Cantón	SALCEDO	
Parroquia	SAN MIGUEL	
cuenca	Cuenca R'Yo Amazonas	

TABLA 6 ESTACIÓN METEOROLÓGICA ACTIVAS EN UN RANGO DE 20 KM
ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Régimen de precipitaciones isoyetas

El análisis de precipitaciones se lo realizo en base a la estación meteorológica Rumipamba M0004 que cuenta con datos de 25 años, los valores de precipitación analizados en la estación son puntuales, además es necesario conocer la distribución geográfica de la zona en estudio, para ello, uno de los métodos de entender esta distribución es por medio de trazos de Isoyetas que se trabajaron en el software ARC GIS y se asignó líneas de isoyetas 50 mm, utilizando precipitaciones totales.

RESUMEN			
	Precipitación en mm		
Mes	Máxima	Mínima	Promedio
Enero	116,1	1,8	48,0
Febrero	130,0	11,3	54,2
Marzo	120,0	17,7	62,3
Abril	149,2	14,8	68,4
Mayo	136,1	7,5	54,6
Junio	80,3	4,8	29,3
Julio	250,0	2,4	29,7
Agosto	70,9	1,1	18,4
Septiembre	102,0	6,0	30,4
Octubre	155,5	8,6	50,9
Noviembre	151,4	9,3	67,6
Diciembre	122,9	7,9	56,9
Promedio	132,0	7,8	47,6

TABLA 7 RESUMEN DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA M0004 POR MESES

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

En los análisis de precipitación encontramos que la estación meteorológica nos arroja resultados entre 1,1mm en el mes de agosto siendo el mes con menos lluvias durante el transcurso de 25 años, a su vez tenemos 250mm para el mes de julio siendo el mes con mayor cantidad de lluvia según la estación meteorológica Rumipamba M0004.

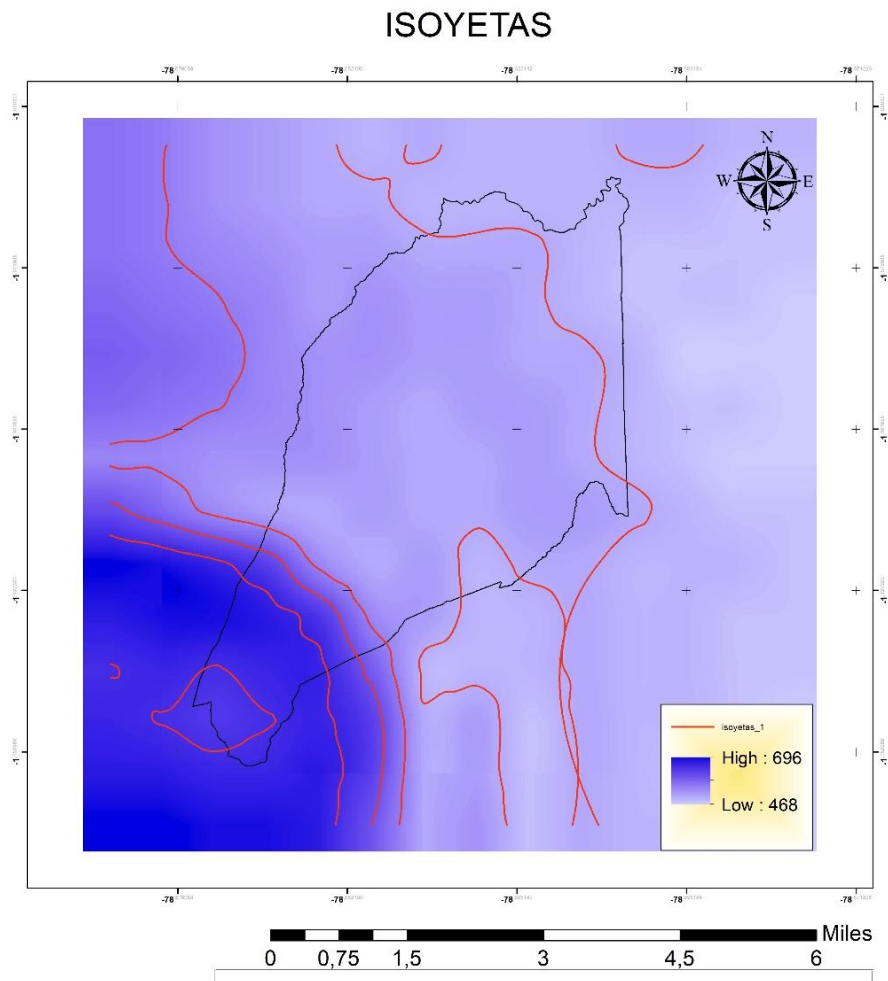


ILUSTRACIÓN 5 MAPA DE ISOYETAS DE LA PARROQUIA MULALILLO

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Los datos obtenidos entre WorldClim la precipitación nos arroja entre 468mm como mínima y 696 mm como máxima obteniendo diferencias de 228mm en el software ARC- GIS.

PRECIPITACIÓN EN mm		
Estación	Año	Acumulado anual
M004	1990	499,3
M004	1991	485,0
M004	1992	503,2
M004	1993	643,8
M004	1994	507,3
M004	1995	485,8
M004	1996	591,8
M004	1997	499,4

M004	1998	560,8		
M004	1999	720,9		
M004	2000	802,0		
M004	2001	698,2		
M004	2002	603,2		
M004	2003	442,0		
M004	2004	435,6		
M004	2005	515,8		
M004	2006	659,4		
M004	2007	506,3		
M004	2008	864,3		
M004	2009	482,5		
M004	2010	593,9		
M004	2011	719,2		
M004	2012	497,1		
M004	2013	392,6		
M004	2014	605,9		
M004	2015	399,7		
	Máxima	864,3		
	Mínima	392,6		
	Promedio	566,0		

TABLA 8 PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

En la tabla 8 podemos identificar que la precipitación en estos 25 años ha sido una precipitación constante que va entre 392,6 mm en el año 2014 siendo el acumulado mínimo y la máxima 802mm en el año 2002.

Una vez obtenidos los datos para la precipitación entre el WorldClim y la estación meteorológica Rumipamba podemos decir que la diferencia para el dato mínimo es de 75mm, siendo que el WorldClim tiene 468mm y la estación meteorológica Rumipamba M0004 392mm, a su vez para el dato máximo la diferencia es de 106mm teniendo en el WorldClim 696mm mientras la estación meteorológica Rumipamba M0004 802mm. Debemos tomar en cuenta al no encontrarse la estación en el sitio de estudio los datos van a variar, sin embargo se

conoce que la distancia de la estación meteorológica Rumipamba M0004 y el sitio en estudio es de 11 km, por esta razón los datos no varían significativamente.

Dentro de la revisión bibliográfica, el cultivo de maíz necesita precipitaciones de 600mm y 1400mm lo cual nos permite decir que la parroquia de Mulalillo está dentro de los índices para sembrar este cultivo, mientras que para el cultivo de papa la bibliografía nos dice que necesita entre 800mm y 1300mm, por lo cual ese puede decir que no se adaptaría a la zona sin un sistema de riego el cual nos permita satisfacer las necesidades hídricas de este cultivo.

Régimen de isotermas

El análisis de temperatura se lo realizo en base a la estación meteorológica Rumipamba que cuenta con datos de 25 años, los valores de temperatura analizados en la estación son puntuales, además es necesario conocer la distribución geográfica de la zona en estudio, para ello, uno de los métodos de entender esta distribución es por medio de trazos de Isoyetas que se trabajaron en el software ARC GIS y se asignó líneas isotermas.

RESUMEN			
T MEDIA °C			
MESES	PROMEDIO	MAXIMA	MINIMA
Enero	6,0	15,3	13,6
Febrero	14,5	15,7	13,3
Marzo	14,4	15,7	10,5
Abril	14,5	15,7	13,8
Mayo	14,2	15,1	13,4
Junio	13,5	14,5	12,9
Julio	13,0	13,7	12,3
Agosto	13,0	13,8	11,8
Septiembre	13,6	14,2	12,5
Octubre	14,6	15,4	13,7
Noviembre	14,9	15,5	13,8
Diciembre	14,7	15,4	14,0
Promedio	13,4	15,0	13,0

TABLA 9 RESUMEN DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

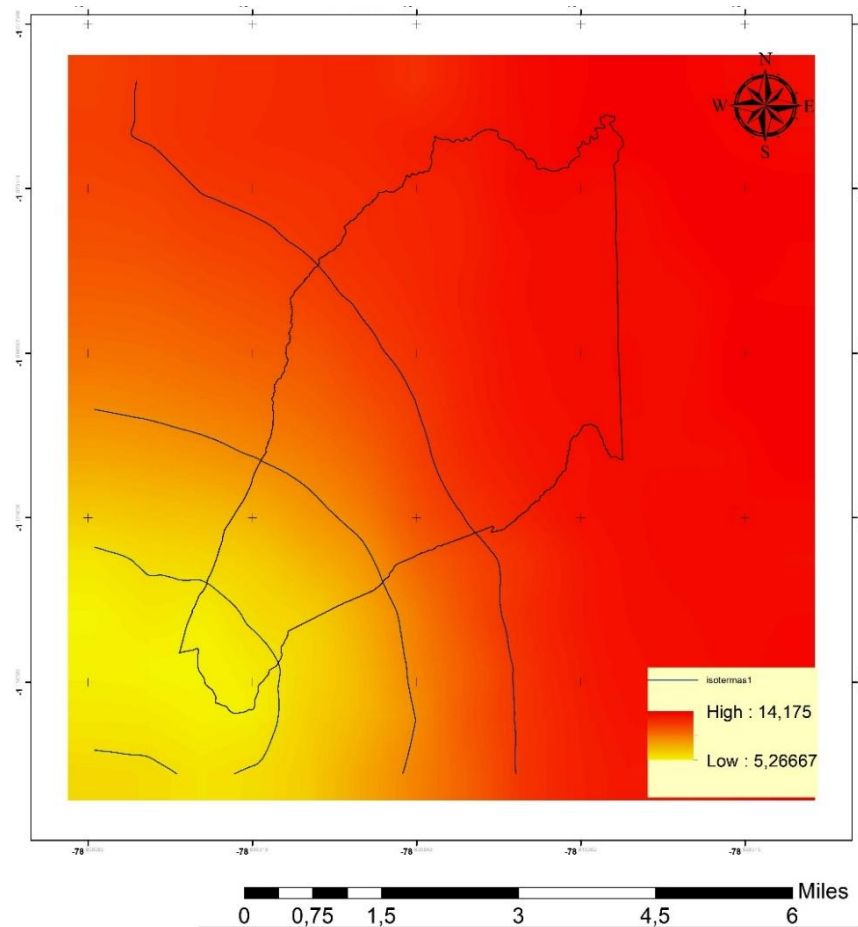


ILUSTRACIÓN 6 MAPA DE ISOTERMAS DE LA PARROQUIA MULALILLO

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

En los análisis de temperatura encontramos que la estación meteorológica nos arroja resultados entre 6°C y 15°C, mientras datos obtenidos entre WorldClim la temperatura nos arroja entre 5°C y 14,17°C, teniendo una diferencia de 1°C y 2° C en el dato mínimo y de 3°C en el dato de máxima temperatura de esta parroquia.

Dentro de la revisión bibliográfica, el cultivo de maíz necesita temperaturas entre 10°C y 20°C por lo cual podemos asegurar que la parroquia Mulalillo es apta para la siembra de maíz ya que tiene temperaturas dentro de los índices adecuados para este cultivo.

Mientras que para el cultivo de papa la bibliografía nos dice que la temperatura adecuada es de entre 10°C y 14°C para lo cual podemos decir que la parroquia Mulalillo es apta para el cultivo de papa en cuanto a temperatura.

Diagrama Ombrotermico

El diagrama ombrotermico se utilizó en esta investigación para resumir los valores de precipitación y temperatura tomados de la estación meteorología Rumipamba, tiene un eje donde se encuentran los meses del año, un eje izquierdo se encuentra la temperatura y otro a la derecha con precipitación de cada mes, la temperatura se presenta en una línea y las precipitaciones en una barra.

MESES	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)
Enero	48,0	6,0
Febrero	54,2	14,5
Marzo	62,3	14,4
Abril	68,4	14,5
Mayo	54,6	14,2
Junio	29,3	13,5
Julio	29,7	13,0
Agosto	18,4	13,0
Septiembre	30,4	13,6
Octubre	50,9	14,6
Noviembre	67,6	14,9
Diciembre	56,9	14,7

TABLA 10 RELACIÓN TEMPERATURA PRECIPITACIÓN DE LA PARROQUIA MULALILLO
ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

La tabla 10 indica un resumen de los datos obtenidos de temperatura y precipitación de la estación meteorológica Rumipamba M0004 durante 25 años, tomando en cuenta que se realizó un promedio mensual, además de las máximas y mínimas de todos los años por meses tal como se observa en el Anexo 3 de esta investigación.

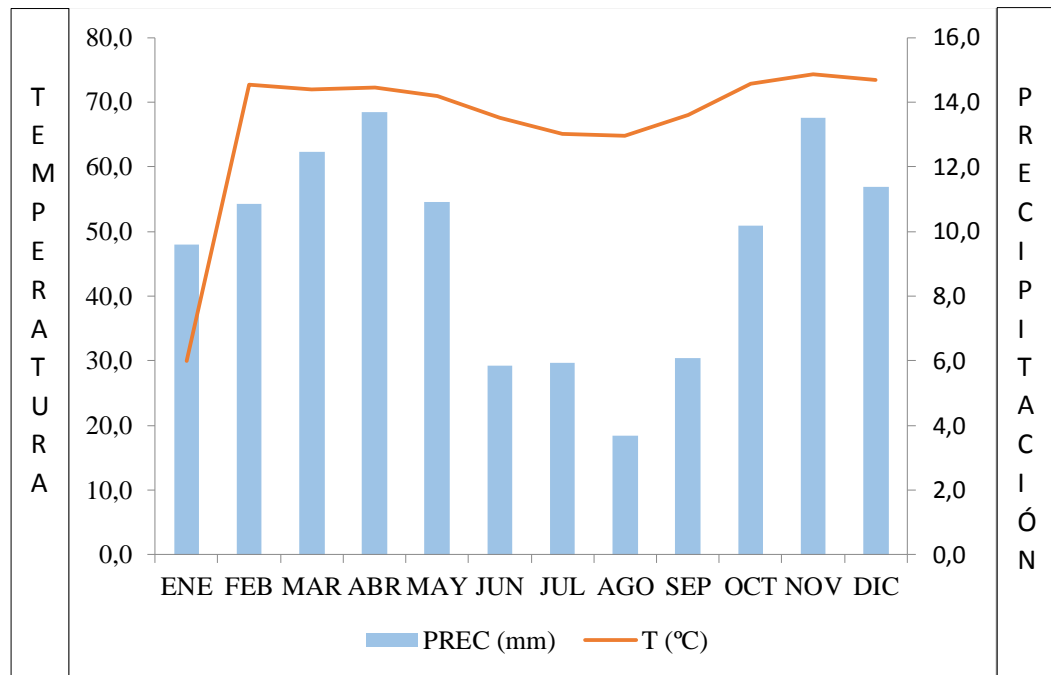


ILUSTRACIÓN 7 DIAGRAMA OMBROTERMICO DE LA PARROQUIA MULALILLO
 ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

A través de este diagrama indicamos gráficamente el comportamiento del clima en estos 25 años por meses, es decir la similitud que pueden haber tenido entre la temperatura y la precipitación mensualmente, se lo realizo utilizando los datos de la estación meteorológica Rumipamba M0004, de tal manera se representa con barras la precipitación y con una línea la temperatura.

Se puede observar que el mes que menos cantidad de precipitación tiene es el mes de agosto llegando a 20mm, y a su vez los meses de abril y noviembre tienen una elevada precipitación con cerca de 70mm en el diagrama. Mientras la temperatura se eleva a partir del mes de enero que se puede considerar la más baja con 6°C manteniéndose entre 14°C y 15°C durante todo el año con una pequeña baja en los meses de julio y agosto.

Evapotranspiración por el método del Oudin

Se utilizo el evo transpiración esta investigación para poder determinar el porcentaje de agua que las plantas transpiran desde las hojas y de esta manera conocer los sitios adecuados para los cultivos de papa y maíz, se debe tomar en cuenta que para conocer la evapotranspiración se debe tomar el fenómeno físico que separe el agua y separe el vapor de agua hacia la superficie.

RESUMEN			
Mes	Temperatura media °C	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
Enero	6,0	1,546	47,92
Febrero	14,5	2,884	80,75
Marzo	14,4	2,996	92,87
Abril	14,5	3,034	91,03
Mayo	14,2	2,919	90,49
Junio	13,5	2,752	82,57
Julio	13,0	2,714	84,12
Agosto	13,0	2,797	86,71
Septiembre	13,6	2,936	88,08
Octubre	14,6	2,998	92,93
Noviembre	14,9	2,878	86,34
Diciembre	14,7	2,741	84,96

TABLA 11 RESUMEN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POR EL MÉTODO DE OUDIN

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Precipitación efectiva

Este parámetro se utilizó para determinar la fracción de la precipitación utilizada para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos de papa y maíz se realizó el porcentaje desde 60% hasta 90% obteniendo los siguientes datos:

Promedio	48,0	54,2	62,3	68,4	54,6	29,3	29,7	18,4	30,4	50,9	67,6	56,9
Desvíos	32,8	32,5	26,6	31,8	34,1	18,1	48,4	15,2	22,6	34,6	36,7	26,2
P 60%	37,7	41,4	56,2	61,7	33,9	23,5	13,7	12,8	20,5	40,3	50,9	44,6
P 75%	27,7	28,8	38,7	46,7	28,7	16,8	11,4	10,8	15,3	30,1	40,6	39,1
P 80%	14,2	24,3	36,7	41,6	27,4	14,3	10,3	9,5	14,3	28,2	39,3	38,6
P 90%	9,0	19,3	30,4	33,9	22,2	11,1	8,3	6,1	8,4	20,5	27,2	26,7

TABLA 12 PRECIPITACIÓN EFECTIVA CON DESVÍOS

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Se obtuvo una tabla resumen de valores en precipitación efectiva por mes y por día en mm obteniendo en días como mínima 0,3mm en el mes de agosto y 1,4mm en el mes de abril, mientras que en PE mensual se obtuvo una mínima de 10,6mm en el mes de agosto y máxima de 23,2mm en el mes de abril, obteniendo que el mes con menos PE es en el mes de agosto y en abril la más alta.

RESUMEN			
mes	Pp	PE mm/mes	PE mm/día
Enero	27,7	26,5	0,9
Febrero	28,8	27,5	1,0
Marzo	38,7	36,3	1,2
abril	46,7	43,2	1,4
Mayo	28,7	27,3	0,9
Junio	16,8	16,4	0,5
Julio	11,4	11,2	0,4
Agosto	10,8	10,6	0,3
Septiembre	15,3	14,9	0,5
Octubre	30,1	28,7	0,9
Noviembre	40,6	38,0	1,3
diciembre	39,1	36,7	1,2

TABLA 13 RESUMEN DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA
ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Zonas aptas para el cultivo de maíz

Para el cultivo de maíz se obtiene mediante la investigación que el 43,49% de la superficie total de la parroquia Mulalillo es apta para el cultivo de la familia de poaceae, para este análisis se analizaron datos de pendientes, pH, y tipo de suelos además de los datos climáticos.

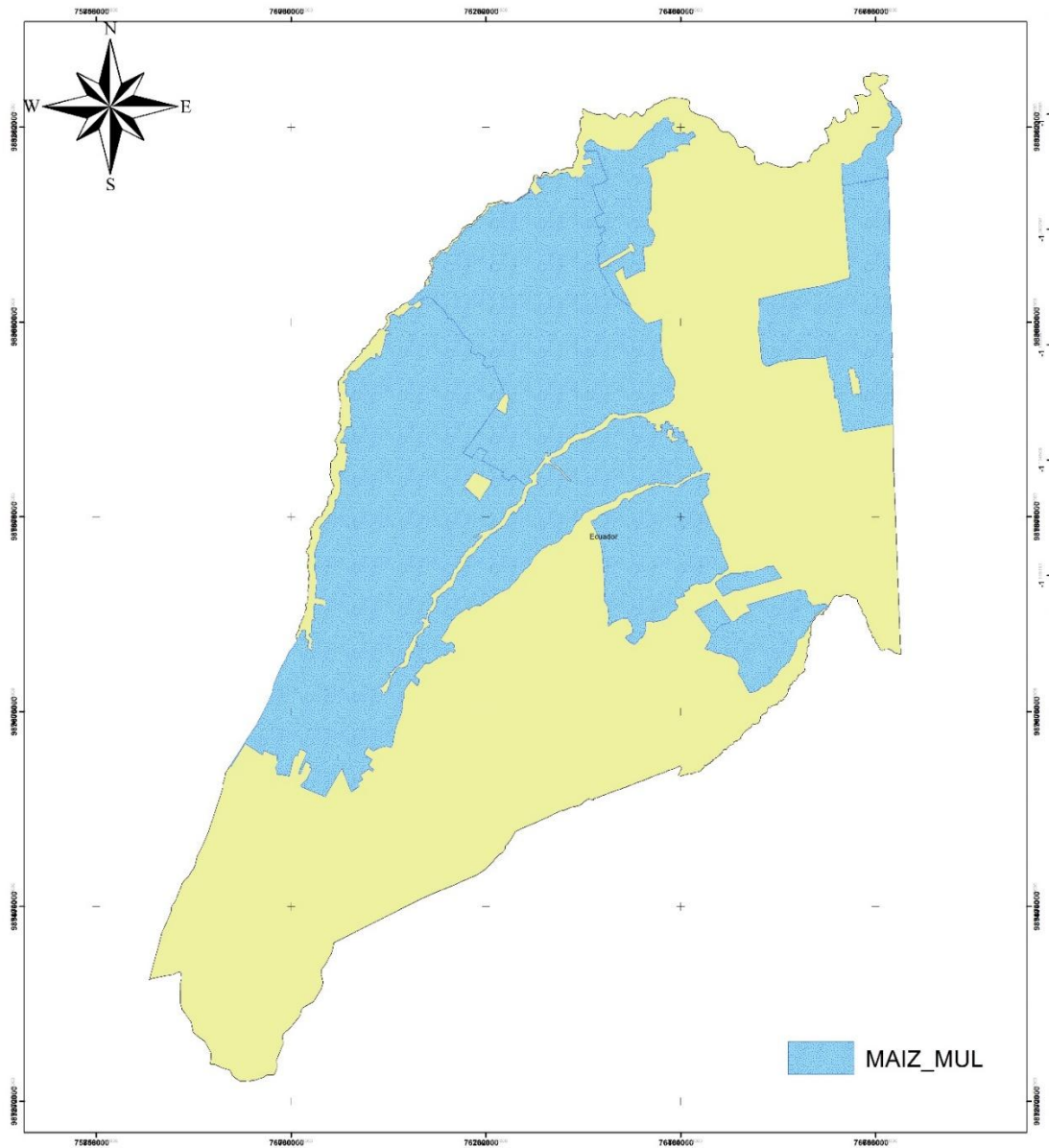


ILUSTRACIÓN 8 MAPA DE LAS ZONAS APTAS PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

Zonas aptas para el cultivo de papa

Para el cultivo de papa se obtiene mediante la investigación que el 0.10% de la superficie total de la parroquia Mulalillo es apta para el cultivo de la familia solanácea, para este análisis se analizaron datos de pendientes, pH, y tipo de suelos además de los datos climáticos.

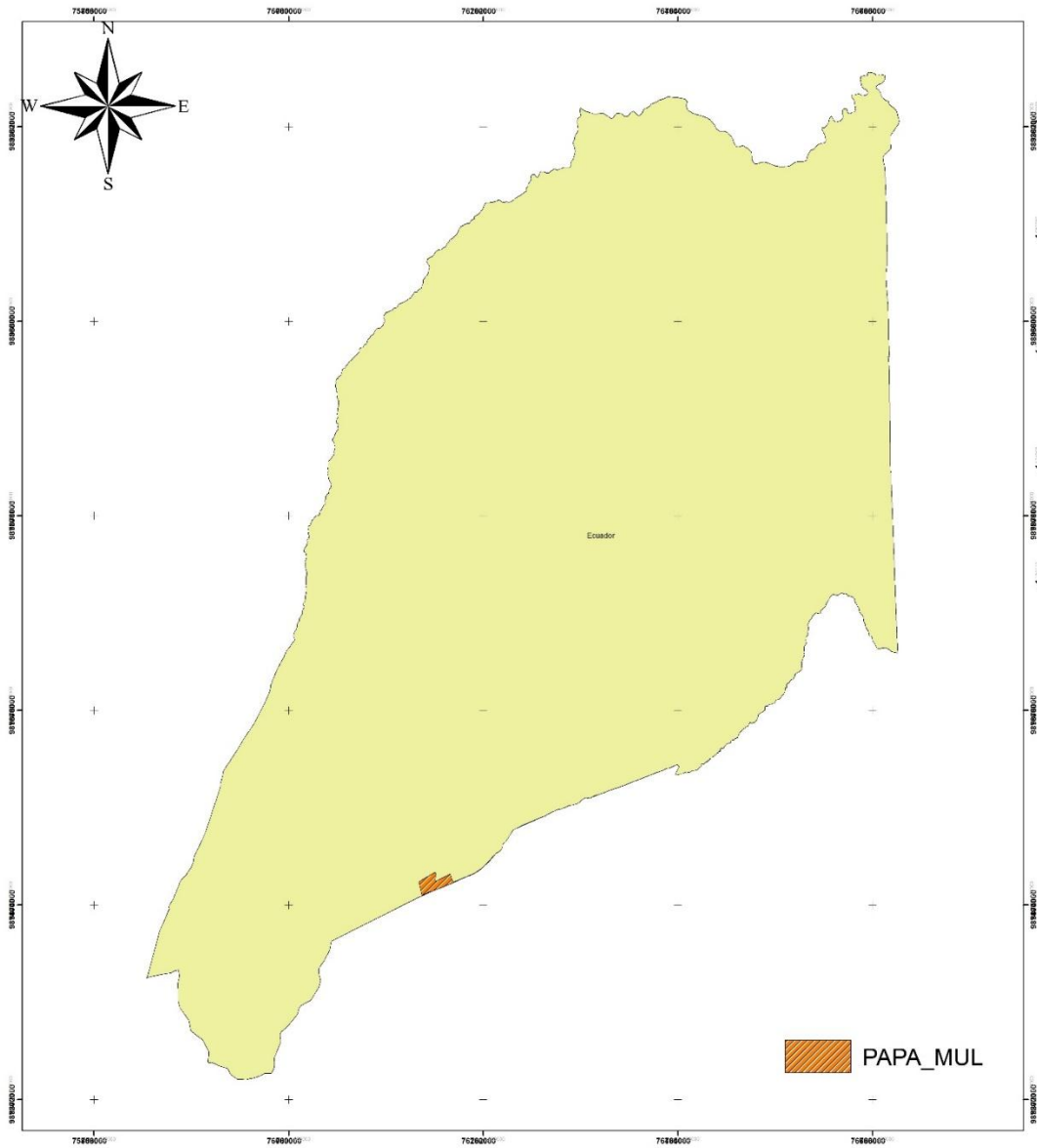


ILUSTRACIÓN 9 ZONAS APTAS PARA EL CULTIVO DE PAPA
ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

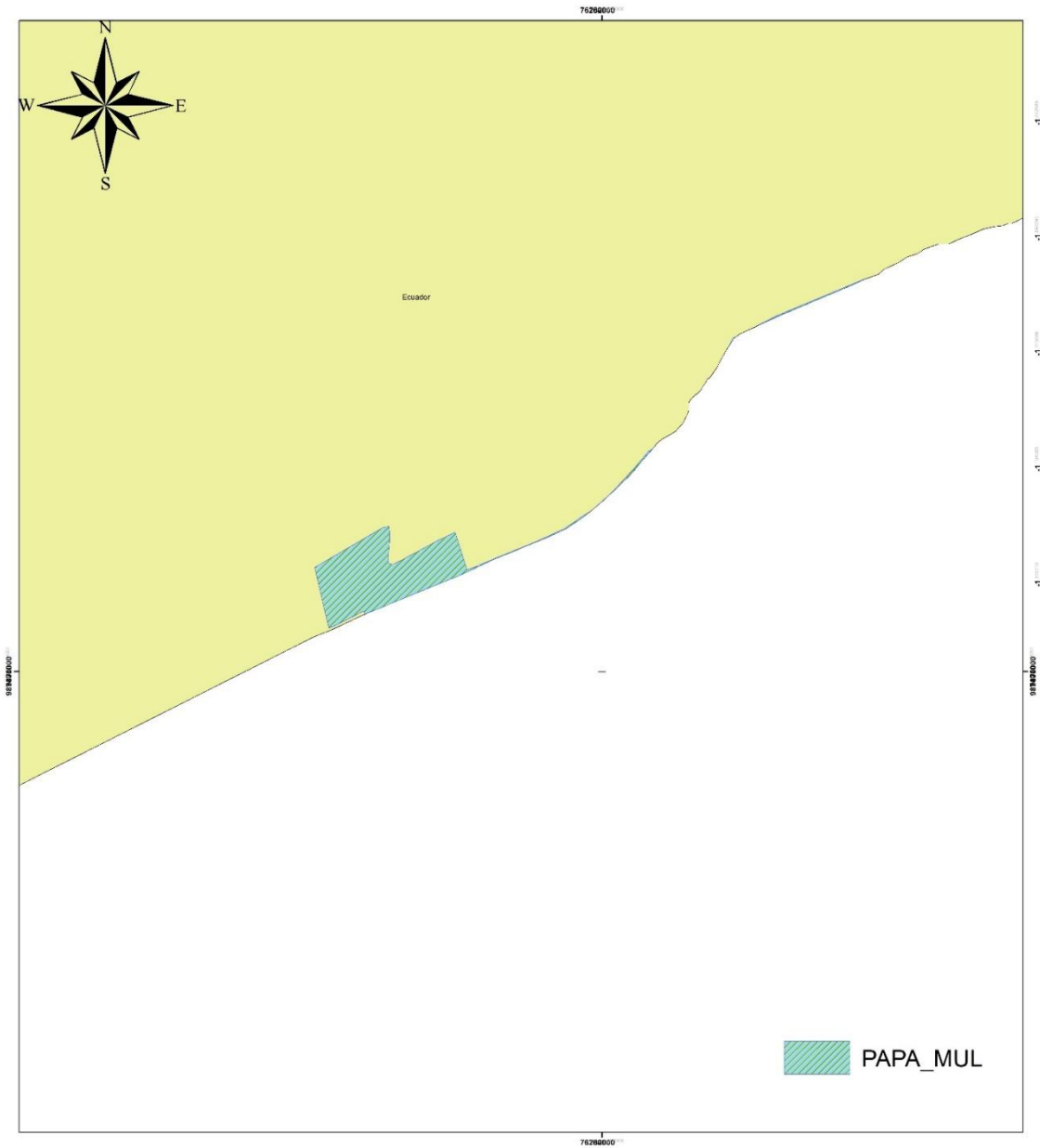


ILUSTRACIÓN 10 AMPLIACIÓN DE LA ZONA PARA EL CULTIVO DE PAPA

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

12. IMPACTOS

Impacto Técnico

Al obtener los resultados de esta investigación se puede aportar con una alternativa para que la producción de maíz y papa en las 9 comunidades de Mulalillo pueda mejorar, obteniendo como impacto positivo el análisis cartográfico, además de incentivar a la parroquia a utilizar la agricultura de precisión evitando pérdidas económicas.

Impacto Social

Para los moradores de la parroquia de Mulalillo el impacto que tenemos es positivo debido a que se genera una nueva alternativa de producción para sus cultivos, basado en los análisis realizados en esta investigación, podrán conocer las zonas adecuadas para evitar el deterioro de los suelos agrícolas.

Impacto Ambiental

El impacto ambiental registrado en esta investigación es positivo ya que aplicando la agricultura de precisión como sugiere esta investigación se reduciría el desgaste del suelo y a su vez la erosión del suelo evitando a largo plazo la pérdida de fertilidad de los suelos, la sedimentación de ríos y tranques, la formación de dunas litorales, los deslizamientos de tierras y la pérdida de fuentes de trabajo para los campesinos de la zona.

Impacto económico

Para los habitantes de la Parroquia de Mulalillo les ayudaría mucho económicamente ya que se ahorraría mucho dinero al utilizar las precipitaciones y las temperaturas se podría evitar perder los cultivos o que entren plagas y enfermedades ya que las condiciones oprimas para los cultivos.

13. RESUPUESTO PARA EL PROYECTO

Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Equipos	1		1000	1000
Internet	400	horas	0.80	320
Impresora	700	hojas	0.10	7
Licencia de Arc Gis	1	Unidades	500	500
Otros Recursos	5	Permisos para adquisición de información	20	100
Sub Total				1917
12%				230,04
TOTAL				2.147,04

TABLA 14 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

ELABORADO POR: NATALY MOYA 2021

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

- Mediante el estudio de variables edafoclimáticas tomadas de WorldClim (temperatura, precipitación, ph, tipos de suelo) y la estación meteorológica Rumipamba M0004 perteneciente al INAMHI (temperatura y precipitación), se ha logrado identificar las zonas productivas de la parroquia Mulalillo perteneciente al cantón Salcedo, se determinó que el 0,10% equivalente a 4,40 ha de esta parroquia son aptas para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), y para el cultivo de maíz (*Zea mays*) 43,49% que corresponde a 1794,41ha.
- Se pudo determinar con los datos de la estación meteorológica Rumipamba M0004 y WorldClim que la temperatura en la parroquia Mulalillo varía entre 6°C a 15°C debido a sus diferentes niveles altitudinales, a su vez se determinó que la precipitación varia entre 392 mm a 802 mm acumulados anuales.
- La parroquia Mulalillo tiene condiciones mayor área con condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de *maíz (Zea mays)* obteniendo 43,49% del territorio de esta parroquia, para la papa (*Solanum tuberosum*) según este estudio resulta poco recomendable, por la deficiente precipitación en el sector, tipo de suelo y pH que no están dentro de los parámetros óptimos para la aplicación de este tipo de cultivos, sin embargo, se conoce que los agricultores mediante sus estrategias y conocimientos ancestrales han logrado hacer de esta zona productiva para papa (*Solanum tuberosum*) adicionado un sistema de riego para las épocas estiaje y agroquímicos para el control de plagas además de reguladores de reguladores de pH.

Recomendaciones

- Es importante establecer ensayos de campo en esta parroquia ya que por motivos de la Pandemia Covid-19, no se pudo hacer en esta investigación.
- Los dirigentes de esta Parroquia deben tomar en cuenta esta investigación para tener en cuenta en la zonificación y planificación de agricultura ya que podría ser una excelente ayuda para los agricultores, evitando pérdidas económicas al sembrar informado las zonas donde podría cultivar.

15. BIBLIOGRAFIA

- Alquino, N. (2019). *El brócoli en Ecuador: La fiebre del oro verde. Cultivos no tradicionales, estrategias campesinas y globalización*. file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-ElBrocoliEnEcuador-3404583.pdf
- Datos Generales. (2011, agosto 22). *GAD Parroquial de Mulalillo*. <https://mulalillo.gob.ec/cotopaxi/datos-generales/>
- Esri para dummies_¿Qué son los SIG? – Esri Ecuador*. (s. f.). Recuperado 5 de febrero de 2021, de <https://www.esri.com.ec/esri-dummies/sig/>
- FAO. (2018). *Ecuador—Nota de Análisis Sectorial: Agricultura y Desarrollo*. 67.
- FAO : SD Dimensions: Medio ambiente: Especiales: SIG*. (2009). funciones básicas del SIG. <http://www.geocities.ws/luisfuentes72/gps/infografia/sig17.htm>
- GEINOVA. (2019). ¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)? - Cursos Geoinnova.org. *Geoinnova Formación*. <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>
- INDICE-PDOT-MULALILLO.pdf*. (s. f.). Recuperado 2 de febrero de 2021, de <https://mulalillo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2014/10/INDICE-PDOT-MULALILLO.pdf>
- INEC. (2010). *Cotopaxi*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manual/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>
- La importancia del maíz en el Ecuador*. (2018). Farmagro. <https://www.farmagro.com/noticias/149-la-importancia-del-ma%C3%ADz-en-el-ecuador>
- Laserna, S. (2012). *Maíz clima y suelo para su cultivo*. Atlantica. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/maiz/264-maiz-clima-y-suelo-para-su-cultivo>
- Morea, M. L. (2018). *¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y cómo funcionan?* Ingeoexpert. <https://ingeoexpert.com/articulo/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-y-como-funcionan/>
- OBS-Teledeteccion.pdf*. (s. f.). Recuperado 5 de febrero de 2021, de <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>

- Perez, F. (2017, noviembre 1). Agricultura de Precisión, ¿de qué se trata? *Agricultura Moderna*.
<https://www.agmoderna.com.ar/tecnologia-en-el-campo/agricultura-de-precision-de-que-se-trata/>
- PLAN-DE-DESARROLLO-Y-ORDENAMIENTOS-TERRITORIAL-MULALILLO-2015.pdf*.
 (s. f.). Recuperado 1 de febrero de 2021, de <https://mulalillo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2016/03/PLAN-DE-DESARROLLO-Y-ORDENAMIENTOS-TERRITORIAL-MULALILLO-2015.pdf>
- Principios agronómicos en el cultivo de la papa / Yara Ecuador*. (2018, febrero 7). Yara None.
<https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/principios-agronomicos-en-el-cultivo-de-la-papa/>
- Programación SQL: para qué sirve y quién la necesita / VIU*. (2019, 04). [Educativa].
 Universidad Internacional de Valencia.
<https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/programacion-sql-para-que-sirve-y-quien-la-necesita>
- Sebastián, G. F. 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.*”.
- SIG. (2017). [FAO]. FAO.
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/animal/sig/intro/compo.htm

16. ANEXOS

cod_ant_re	cod_red_E_	nombre_E_M	tipo	estado_fun	dpa_despro	dpa_despar	latitud	longitud	latitud_G_	longitud_G	altitud
M066	M0066	AMBATO AEROPUERTO	AERONAUTICA	Inactiva	TUNGURAHUA	IZAMBA	-1,2	-78,566667	1G 12' 0" S	78G 34' 0" W	2515
M289	M0289	PASA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Inactiva	TUNGURAHUA	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	-1,2	-78,716667	1G 12' 0" S	78G 43' 0" W	3114
M126	M0126	PATATE	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Activa	TUNGURAHUA	MARCOS ESPINEL (CHACATA)	-1,175278	-78,509167	1G 10' 31" S	78G 30' 33" W	2220
M127	M0127	PILLARO	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Activa	TUNGURAHUA	PILLARO	-1,1725	-78,555	1G 10' 21" S	78G 33' 18" W	2793
MB1L	M1243	CUNCHIBAMBA- ITLAM (INST.LUIS A. MARTINEZ)	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Activa	TUNGURAHUA	CUNCHIBAMBA	-1,133611	-78,598056	1G 8' 1" S	78G 35' 53" W	2688
M369	M0369	CUSUBAMBA	PLUVIOMETRICA	Activa	COTOPAXI	CUSUBAMBA	-1,071389	-78,702778	1G 4' 17" S	78G 42' 10" W	3175
M579	M0579	SALCEDO- CENTRO AGRICOLA	PLUVIOMETRICA	Inactiva	COTOPAXI	SAN MIGUEL	-1,040556	-78,587778	1G 2' 26" S	78G 35' 16" W	2636
M004	M0004	RUMIPAMBA- SALCEDO	AGROMETEOROLÓGICA	Activa	COTOPAXI	SAN MIGUEL	-1,02	-78,594722	1G 1' 12" S	78G 35' 41" W	2685
MB1F	M1238	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI-UTC	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Activa	COTOPAXI	PUJILI	-0,999167	-78,620556	0G 59' 57" S	78G 37' 14" W	2725
MB84	M1210	PUJILI	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Activa	COTOPAXI	PUJILI	-0,956667	-78,706111	0G 57' 24" S	78G 42' 22" W	2955
M088	M0088	PUJILI(4 ESQUINAS)	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Inactiva	COTOPAXI	PUJILI	-0,953333	-78,707778	0G 57' 12" S	78G 42' 28" W	3230

ANEXO 1 TABLA DE ESTACIONES DENTRO DE UN RANGO DE 20KM DEL PUNTO DE ESTUDIO

PRECIPITACIÓN EN														
mm														
Estación	año	ene	feb	mar	abr	may	Jun	Jul	ago	sep	oct	nov	dic	suma
M004	1990	28,3	62,5	17,7	41	54,2	26	11	4,5	18,2	139,9	39,3	56,3	499,3
M004	1991	27,5	23,5	88,3	38,1	32,1	23,2	19,7	10,6	33,6	30,8	91,3	66,3	485,0
M004	1992	51,3	49,5	34,6	71,2	29,7	16,4	13,7	40,1	42,9	47,3	41	65,5	503,2
M004	1993	105,5	52,9	104,5	61,7	75,2	12	13,3	11,5	23,4	58,4	70,7	54,7	643,8
M004	1994	44,5	71,8	59,4	65,3	23,2	13,8	13,1	27,5	21,6	40,7	89,8	36,6	507,3
M004	1995	1,8	33,3	46,2	68,7	35,5	11,7	26,1	19,4	44,6	44,6	90,6	63,3	485,8
M004	1996	48,2	66,8	61,1	59,7	98,4	39,1	14,6	13,1	33,6	71,5	40,6	45,1	591,8
M004	1997	76,7	20,3	42,8	23,3	27,2	28,7	17	6,8	23,8	44,5	151,4	36,9	499,4
M004	1998	7,6	63,9	68,8	64,2	101	29,1	20,7	11,2	8,1	89,1	37	60,1	560,8
M004	1999	50,7	88,6	93,9	54,6	62,6	64,1	9,8	42,7	102	29,9	9,3	112,7	720,9
M004	2000	116,1	127,8	70,5	75,8	136,1	59,4	8,4	16,3	59,2	70	18,6	43,8	802,0
M004	2001	51,9	40,5	39,9	34,8	100,9	18,1	250	9,2	17,7	8,6	51,3	75,3	698,2
M004	2002	36,1	16,8	57	125,6	46,7	37,9	80,06	70,9	70	62,1	76,9	48,9	603,2
M004	2003	37,7	65,3	56,2	41	7,5	23,5	10	1,1	14,2	58	85,4	42,1	442,0
M004	2004	10,9	45,4	30,9	59,9	65,6	5,8	22,9	15,9	21,6	17,8	82	56,9	435,6
M004	2005	10,1	34,2	95,3	82,2	33,9	27,8	14,9	11,7	14,5	25,5	42,8	122,9	515,8
M004	2006	33,9	45,1	120	89,4	22,5	80,3	2,4	15,1	17,7	13,5	150,3	69,2	659,4
M004	2007	43,9	11,3	78	72,6	63,6	35,1	17,5	30,5	8,5	33,4	72,8	39,1	506,3
M004	2008	79,7	88,9	85,6	132,1	76,7	36,7	20,6	36,5	28,4	155,5	85	38,6	864,3
M004	2009	74,9	41,4	88,6	75,7	21,6	43,3	11,5	1,6	10,7	27,8	17,1	68,3	482,5
M004	2010	2,8	27,3	35,7	101,8	42,6	40	70,7	12,8	41,2	40,8	99,9	78,3	593,9
M004	2011	40,4	130	38,3	149,2	28,3	20	41,4	16,8	43,6	21,6	99,9	89,7	719,2
M004	2012	102,1	65,9	29,1	69,7	15,1	9,6	6,5	13	20,5	70,5	70,5	24,6	497,1
M004	2013	9,6	98,8	36,3	44	69,1	4,8	14	14,9	6,6	34,4	33	27,1	392,6
M004	2014	86,7	15,1	78,5	61,8	116,8	25,8	8,2	16,9	58	46,8	50,2	41,1	605,9
M004	2015	69,4	23,2	62,9	14,8	33,6	28,7	34,1	8	6	40,3	70,8	7,9	399,7
	Máxima	116,1	130,0	120,0	149,2	136,1	80,3	250,0	70,9	102,0	155,5	151,4	122,9	
	Mínima	1,8	11,3	17,7	14,8	7,5	4,8	2,4	1,1	6,0	8,6	9,3	7,9	
	Promedio	48,0	54,2	62,3	68,4	54,6	29,3	29,7	18,4	30,4	50,9	67,6	56,9	

ANEXO 2 TABLA DE DATOS DE 25 AÑOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA DE PRECIPITACIÓN

TEMPERATURA EN °C (ajustado a la altura del proyecto)													
ESTACIÓN	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
M0122	1990	14,8	14,94	13,73	14,7	14	13,5	12,73	12,86	13,9	14,3	15,3	14,48
M0122	1991	14,69	14,76	14,68	14,2	14,14	14,4	12,94	11,79	13,7	13,8	14,9	15,34
M0122	1992	15,2	14,7	15,2	14,4	13,4	13,5	12,3	13,2	13,6	13,8	14,6	15,1
M0122	1993	14,3	14,51	14,76	14,32	13,96	13,8	13,13	13,04	14,2	14,2	14,9	15,17
M0122	1994	14,62	14,32	13,6	14,4	14,52	13,4	12,91	12,19	14	14,9	15,4	14,73
M0122	1995	14,66	15,36	14,7	15,04	14,14	14,4	13,63	13,72	13,7	14,7	14,5	14,24
M0122	1996	14,2	13,6	15,22	14,63	14,36	13,3	12,46	12,78	13,8	14,7	14,8	14,77
M0122	1997	14,42	14,31	14,67	14,4	14,34	14,5	12,62	12,97	14,2	15,3	15,1	15,06
M0122	1998	15,25	15,67	15,17	15,69	14,21	13,5	12,88	13,65	14,1	14,4	14,9	14,93
M0122	1999	14,71	13,86	15,72	13,94	14,26	13,4	12,58	12,78	13,2	13,7	15,5	14,52
M0122	2000	13,87	13,33	14,36	13,75	14,47	13,2	12,89	12,43	13,2	14,1	15,2	14,3
M0122	2001	13,6	14,20	13,58	14,15	14,6	13,1	13,12	12,53	13,6	15,4	15,1	15,4
M0122	2002	14,62	15,04	13,9	14,68	13,59	12,9	13,68	12,91	13,8	14,2	15	15,07
M0122	2003	14,95	14,78	14,65	14,65	14,43	13,4	13,35	13,78	14,2	15,2	13,8	14,37
M0122	2004	15,16	14,31	14,93	14,41	14,19	13,2	13,11	12,6	13,6	15,1	14,7	14,96
M0122	2005	14,93	15,38	14,31	14,68	14,51	13,8	13,28	13,45	13,9	14,8	15,2	14,12
M0122	2006	14,67	14,81	14,05	14,38	15,05	13,1	12,87	12,95	13,2	15	14,8	14,64
M0122	2007	14,67	14,41	14,23	14,29	14,02	12,9	13,24	12,8	12,5	14,3	14,5	14,11
M0122	2008	14,23	13,67	10,53	13,96	14,39	13,4	12,73	12,84	13,4	13,8	14,4	14,31
M0122	2009	14,01	14,18	15,04	14,5	14,43	13,6	13,28	13,82	13,8	15,1	14,6	15,41
M0122	2010	14,62	15,38	15,18	15,22	13,72	13,5	13,42	12,61	13,3	14,8	15,5	14
M0122	2011	14,28	14,53	14,38	14,31	14,13	13,8	12,72	13,33	13,2	14,9	14,5	14,13
M0122	2012	14,09	13,52	14	14,21	13,65	13,5	13,18	12,94	12,8	14,6	14,5	14,43
M0122	2013	14,98	14,28	14,49	14,4	14,32	13,8	12,74	13,06	13,5	14,5	14,5	14,74
M0122	2014	14,81	15,09	14,49	14,3	13,72	13,4	13,36	12,68	13,3	14,3	15,2	15,02
M0122	2015	14,23	15,05	14,63	14,44	14,32	13,37	13,62	13,62	14,15	15	15,2	14,73
Promedio		14,6	14,5	14,4	14,5	14,2	13,5	13,0	13,0	13,6	14,6	14,9	14,7
Máxima		15,3	15,7	15,7	15,7	15,1	14,5	13,7	13,8	14,2	15,4	15,5	15,4
Mínima		13,6	13,3	10,5	13,8	13,4	12,9	12,3	11,8	12,5	13,7	13,8	14,0

ANEXO 3 TABLA DE DATOS DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA M0004 DE TEMPERATURA

Fill in yellow cells with data

Latitude (grados):	-0,04274
--------------------	----------

Annual ETo (mm/día)	33,2
---------------------	------

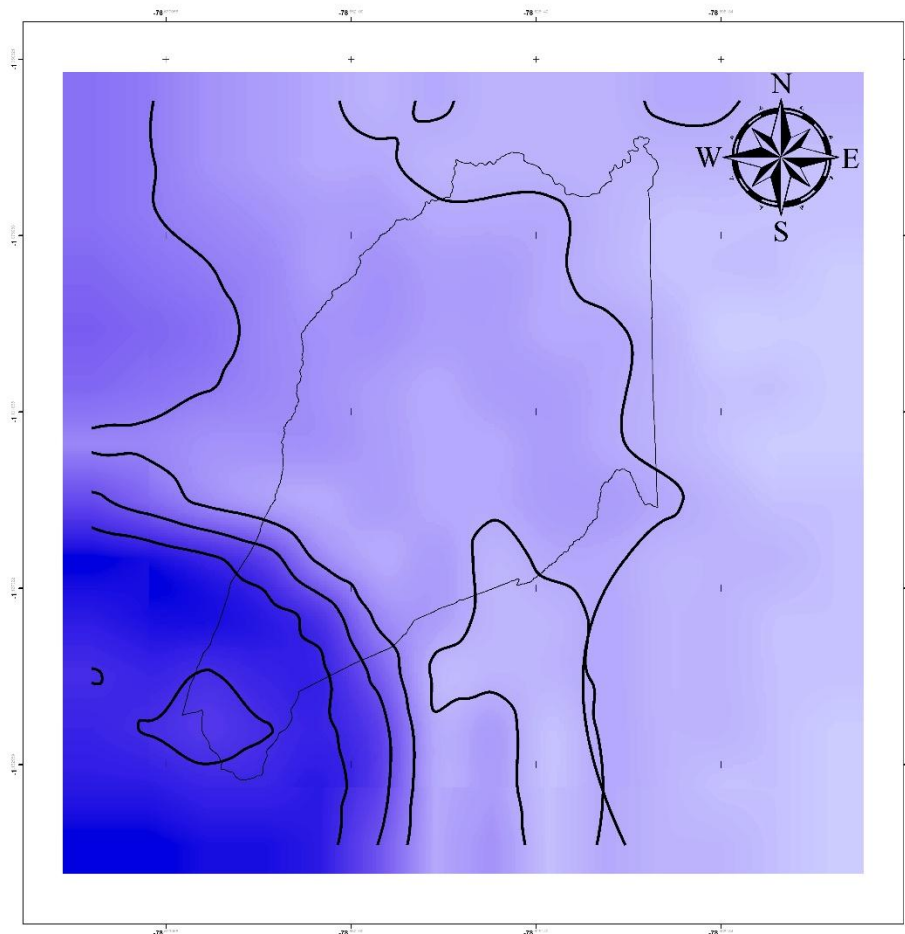
meses	Temperature (°C)
jul	13,03
ago	12,97
sep	13,61
oct	14,56
nov	14,87
dic	14,70
ene	6,00
feb	14,54
mar	14,39
abr	14,46
may	14,19
jun	13,53

Julian day	teta	cosG _z	G _z	cosOM	OM	Eta	cosP _z	Global radiation (MJ/m ² /d)	ETo (mm/d)
15	-0,373	0,931	0,372	-0,000292	####	1,032	0,593	428,90	2,714
45	-0,241	0,971	0,241	-0,000184	####	1,024	0,618	443,53	2,797
75	-0,047	0,999	0,046	-0,000035	####	1,009	0,636	449,64	2,936
105	0,160	0,987	0,161	0,000121	####	0,992	0,628	436,77	2,998
135	0,325	0,947	0,326	0,000252	####	0,977	0,603	412,82	2,878
165	0,406	0,919	0,406	0,000320	####	0,968	0,585	396,58	2,741
195	0,380	0,928	0,381	0,000298	####	0,967	0,591	400,50	1,546
225	0,255	0,967	0,256	0,000195	####	0,975	0,616	420,69	2,884
255	0,064	0,998	0,065	0,000048	####	0,989	0,635	440,33	2,996
285	-0,144	0,990	0,143	-0,000108	####	1,006	0,630	444,30	3,034
315	-0,314	0,951	0,313	-0,000242	####	1,022	0,606	433,54	2,919
345	-0,403	0,920	0,402	-0,000318	####	1,031	0,586	423,40	2,752

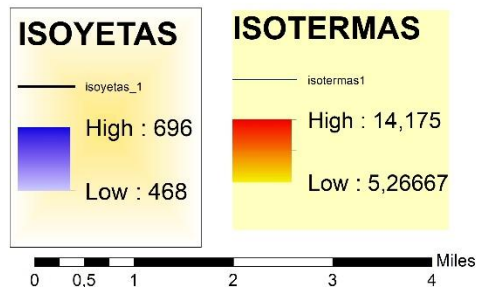
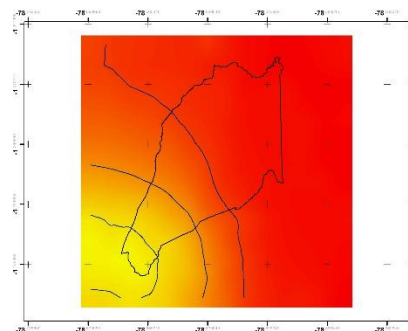
	ETo (mm/mensual)	Max Eto	
J	84,12	abril	mayo
A	86,71	diario	mensual
S	88,08	3,034	92,93
O	92,93		
N	86,34		
D	84,96		
E	47,92		
F	80,75		
M	92,87		
A	91,03		
M	90,49		
J	82,57		

ANEXO 4 CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETo) UTILIZANDO LA FORMULACIÓN PROPUESTA POR OUDIN ET AL. (2005)

ISOYETAS



ISOTERMAS



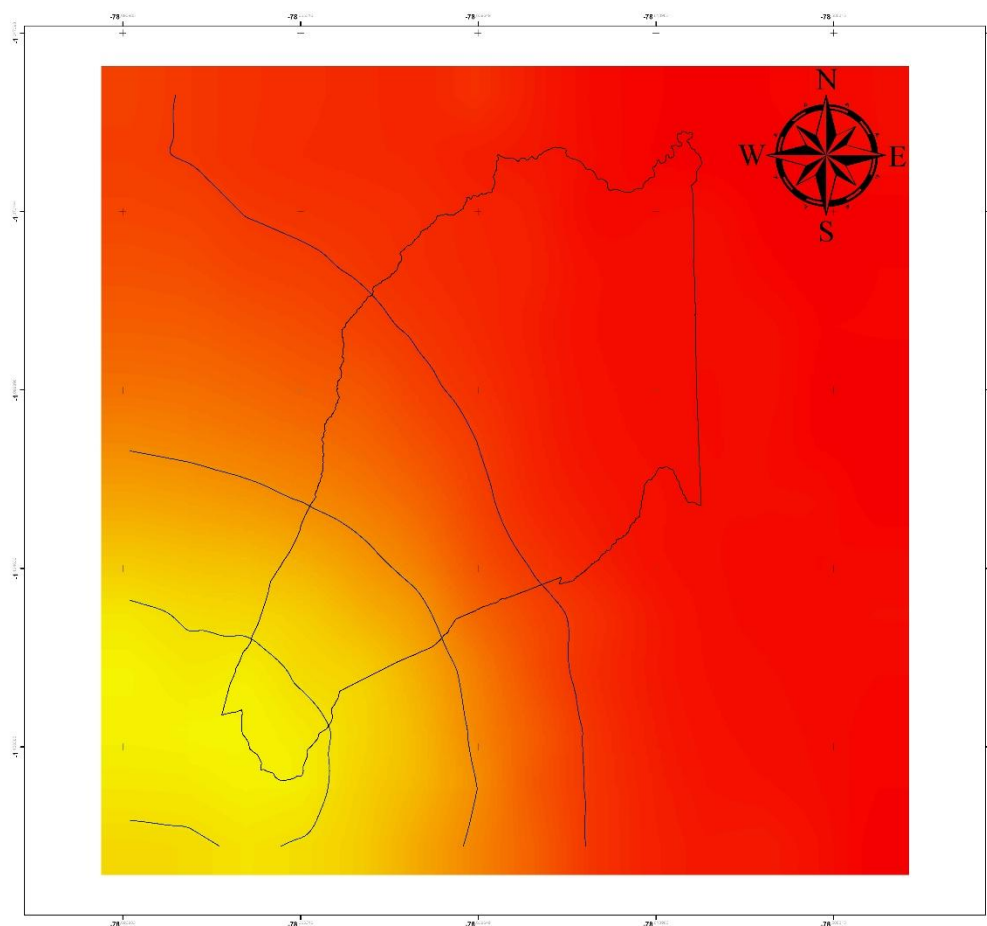
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

TEMA: ISOYETAS

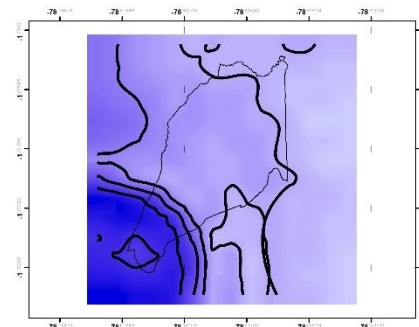
NOMBRE: Nataly Moya
 FECHA: 18/1/2021
 Elaborado por: Nataly Moya
 Revisado por: Ing. David Carrera

ANEXO 5 MAPA DE ISOYETAS DE LA PARROQUIA MULALILLO

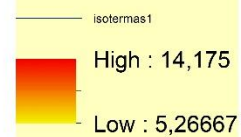
ISOTERMAS



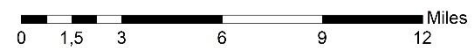
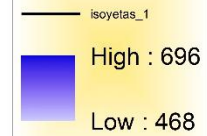
ISOYETAS



ISOTERMAS



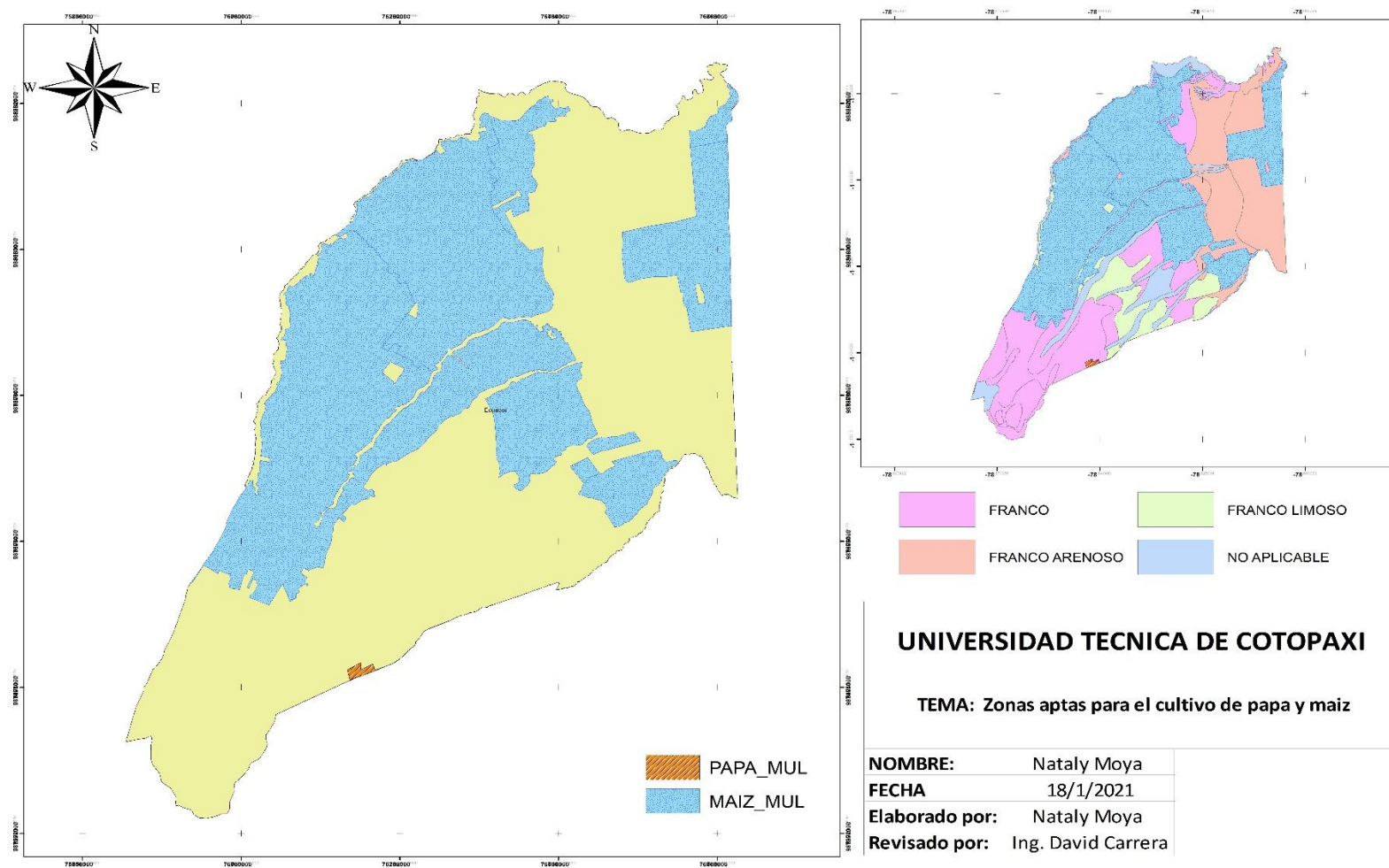
ISOYETAS



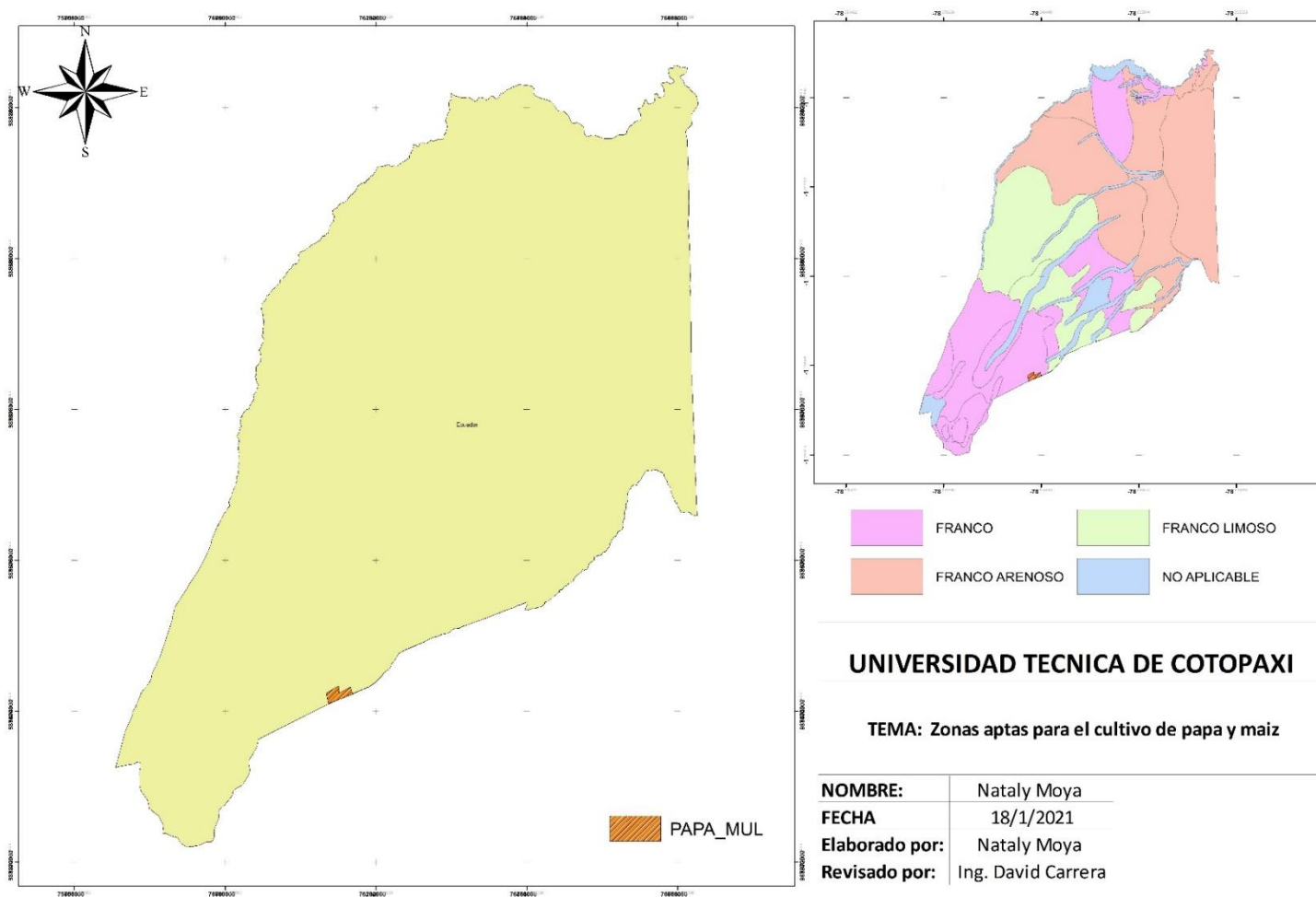
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

TEMA: ISOTERMAS

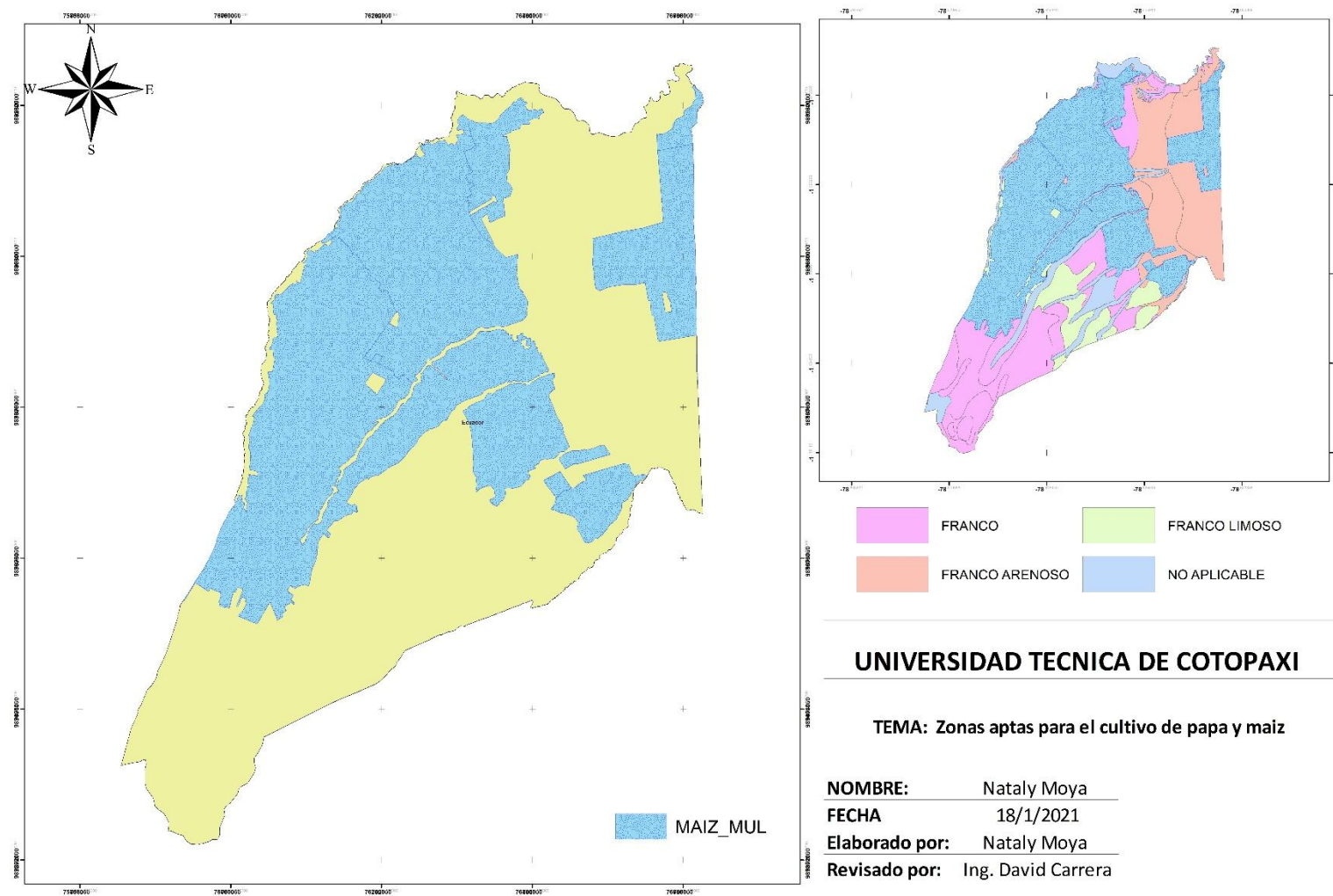
NOMBRE: Nataly Moya
 FECHA: 18/1/2021
 Elaborado por: Nataly Moya
 Revisado por: Ing. David Carrera



ANEXO 7 MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y PAPA EN LA PARROQUIA MULALILLO



ANEXO 8 MAPA DEL CULTIVO DE PAPA



ANEXO 9 MAPA DEL CULTIVO DE MAÍZ

cobertura	tipo	SUPERFICIE	AREA	PORCENTAJE
cultivo	maiz suave	452	452,437	10,966761
cultivo	maiz suave	833	832,842	20,187514
cultivo	maiz suave	186	186,319	4,516244
cultivo	maiz suave	20	19,57	0,474363
cultivo	maiz suave	80	80,1057	1,941707
cultivo	maiz suave	64	63,7687	1,545709
cultivo	maiz suave	10	9,94118	0,240967
cultivo	maiz suave	6	6,48035	0,157079
cultivo	maíz suave	143	142,95	3,465009
TOTAL		1794	1794,41393	43,495353

ANEXO 10 DATOS DE LOS PORCENTAJES DEL CULTIVO DE MAIZ EN LA PARROQUIA MULALILLO

tipo	SUPERFICE	AREA	PORCENTAJE
papa	4	4,401112	0,10668

ANEXO 11 DATOS DE LOS PORCENTAJES DEL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA MULALILLO



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, **MOYA SORIA MIREYA NATALY** 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 MULALILLO 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

Firmado digitalmente por
1803027935 VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
1803027935 VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.09 13:07:28 -05'00'