



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 - 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR – 2021”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn.

TUTOR:

Carrera Molina David Santiago Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn, con cédula de ciudadanía No. 05039798255, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Determinación del incremento de invernaderos y el cambio en la Evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 - 2020 mediante análisis digital de imágenes satelitales del Cantón Latacunga. Cotopaxi, Ecuador – 2021”, siendo 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, 13 de agosto del 2021

Jordan Stalyn Guanotasig Gavilema
Estudiante
CC: 0503979825

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 **GUANOTASIG GAVILEMA JORDAN STALYN**, identificado con cédula de ciudadanía 0503979825 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “determinación del incremento de invernaderos y el cambio en la evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 - 2020 mediante análisis digital de imágenes satelitales del cantón Latacunga. Cotopaxi, Ecuador –2021” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2016 - Marzo 2017

Finalización de la carrera: Abril 2021 - Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Mg. David Santiago Carrera Molina

Tema: “Determinación del incremento de invernaderos y el cambio en la Evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 - 2020 mediante análisis digital de imágenes satelitales del Cantón Latacunga. Cotopaxi, Ecuador –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, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL 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 13 días del mes de agosto del 2021.

Jordan Stalyn Guanotasig Gavilema
EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 - 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR –2021”, de Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn, 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, 13 de agosto 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, el postulante: Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn, con el título de Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 - 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR –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, 13 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)

Ing. M. Sc. Marcela Morillo Acosta
CC: 1719994392

Lector 2

Ing. Mg. Alexandra Tapia Borja
CC: 0502661754

Lector 3

Ing. Mtr. Clever Castillo de la Guerra
CC: 0501715494

AGRADECIMIENTO

Primeramente, gracias a Dios por darme salud y fuerza para seguir avanzando día tras día llevándome por el camino sabio, dame sabiduría En situaciones difíciles.

A mi familia por siempre apoyarme en todas las decisiones tomadas al largo de mi vida siendo un pilar fundamental para lograr esta meta en mi vida profesional.

Por otra parte, un agradecimiento muy especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi por enseñarme valiosos conocimientos con respecto a mi materia, pero por sobre todo a enseñarme a ser humanista con las demás personas.

A mis compañeros de clase que estuvieron ahí desde nivelación y que juntos hoy vamos a poder terminar con éxito una etapa más de nuestras vidas.

A todos los docentes que conforman la carrera de Ingeniería Agronómica que gracias a ellos pude expandir mis conocimientos sobre las diferentes materias y de manera muy especial al Ing. MSc. David Carrera, por su asesoramiento constante desde que empecé con este tema de investigación hasta su finalización.

Guanotasig Gavilema Jordan

DEDICATORIA

Con el más sincero afecto y aprecio de gratitud el siguiente trabajo se lo dedico especialmente a mi familia por su grandísimo apoyo incondicional en los momentos difíciles donde supieron darme una constante animación en lo moral, económico, en especial la mis padres Wilson Arturo Guanotasig Cardenas y Fernanda de las Mercedes Gavilema Santillan lo que es muy fundamental para culminar y finalizar con un gran esfuerzo mi tesis, superando día tras día los momentos duros y problemas de mucha dificultad que se ha presentado a lo largo del semestre.

Dedico a mis seres queridos que me apoyaron siempre con cariño y así poder culminar este objetivo trazado en la vida profesional

Guanotasig Gavilema Jordan

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 - 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR –2021”

AUTOR: Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el cantón Latacunga, con el objetivo de determinar el incremento de invernaderos y el cambio en la Evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 - 2020 mediante análisis digital de imágenes satelitales del Cantón Latacunga. La metodología que se empleó es de un nivel bibliográfico documental con un diseño de investigación no experimental y un muestreo directo; el instrumento para recolección de datos fue la salida a campo para tomar los puntos de los invernaderos, en donde fueron 20 muestras elegidas aleatoriamente con ayuda del geo portal del agro ecuatoriano que nos facilitó datos de los invernaderos, aunque de fechas no actualizadas. Por otro lado, se utilizó el sitio web <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov> para la descarga del producto MOD16A2, el cual contiene información de la evapotranspiración mensual de todo el mundo y se procedió a la descarga de las imágenes mensuales, 12 por cada año tanto del 2015 como de 2020 y por otra parte se utilizó el sitio web USGS Earth Explorer, para las imágenes satelitales de los años 2015 y 2020 en donde se seleccionaron las imágenes con menor porcentaje de nubosidad, para las correcciones tanto de radiancia como reflectancia de dichas imágenes se utilizó el software ENVI, seguidamente se realizó el procesamiento de los puntos tanto de los tomados en campo como los de entrenamiento y la generación de las clases para la clasificación supervisada con ayuda del software ArcGIS, por otra parte en el mismo software se realizó el proceso para el cálculo de la evapotranspiración en donde se lo realizó con ayuda de la herramienta Raster Calculator el cual nos genera como resultado un archivo ráster la información de la evapotranspiración del área de estudio, una vez obtenidos los datos resultantes se procedió al análisis en donde nos ayudamos del software Excel para los gráficos estadísticos.

El incremento de cobertura plástica por parte de los invernaderos realizada mediante el análisis digital de imágenes satelitales del cantón Latacunga se determinó que ha ido variando entre los años 2015 y 2020 donde hubo un aumento del 125,25% teniendo un aumento considerable de áreas con cobertura plástica, en cuanto a la evapotranspiración se registró una disminución de -29% a lo largo de los cinco años estudiados y llegando al análisis que a mayor cantidad de invernaderos establecidos se encuentran menor va a hacer la evapotranspiración emitida en el área de estudio era menor comprobándose en las imágenes satelitales de los años estudiados. Por lo tanto, los resultados de la investigación, las imágenes satelitales con ayuda de softwares pueden ser alternativas eficientes y precisas para la obtención de información de referencia como en este estudio fue tanto de la cantidad de plástico utilizada por los invernaderos y de datos atmosféricos multianuales (evapotranspiración).

Palabras clave: imágenes satelitales – clasificación supervisada – ArcGIS- ENVI

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "DETERMINATION OF THE INCREASE OF GREENHOUSES AND THE CHANGE IN EVAPOTRANSPIRATION GENERATED DURING THE YEARS 2015 - 2020 THROUGH DIGITAL ANALYSIS OF SATELLITE IMAGES OF LATACUNGA CANTON. COTOPAXI, ECUADOR -2021".

AUTHOR: Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn

ABSTRACT

The present research was conducted in the Latacunga canton, with the objective of determining the increase of greenhouses and the change in Evapotranspiration that has been generated during the years 2015 - 2020 through digital analysis of satellite images of the Latacunga Canton. The methodology used is of a documentary bibliographic level with a non-experimental research design and direct sampling; the instrument for data collection was the field trip to take the points of the greenhouses, where 20 samples were randomly chosen with the help of the geo portal of Ecuadorian agriculture that provided us with data from the greenhouses, although the dates were not updated. On the other hand, we used the website <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov> was used to download the MOD16A2 product, which contains monthly evapotranspiration information from all over the world and the monthly images were downloaded, 12 for each year of 2015 and 2020, and the USGS Earth Explorer website was used for the satellite images of 2015 and 2020, where the images with the lowest percentage of cloudiness were selected, for the corrections of radiance and reflectance of these images the ENVI software was used, Then the processing of the points, both those taken in the field and the training points, and the generation of the classes for the supervised classification was carried out with the help of the ArcGIS software, on the other hand, the process for the calculation of the evapotranspiration was carried out in the same software with the help of the Raster Calculator tool, which generates as a result a raster file with the evapotranspiration information of the study area, once the resulting data was obtained, we proceeded to the analysis where we used the Excel software for the statistical graphs.

The increase of plastic coverage by greenhouses carried out through the digital analysis of satellite images of Latacunga canton was determined that it has been varying between the years 2015 and 2020 where there was an increase of 125.25% having a considerable increase of areas with plastic coverage, as for evapotranspiration there was a decrease of -29% over the five years studied and reaching the analysis that the greater the number of established greenhouses the lower the evapotranspiration emitted in the study area was lower, which was verified in the satellite images of the years studied. Therefore, the results of the research, satellite images with the help of software can be efficient and accurate alternatives for obtaining reference information as in this study was both the amount of plastic used by greenhouses and multiannual atmospheric data (evapotranspiration).

Keywords: Satellite Images - Supervised Classification - ArcGIS- ENVI - Evapotranspiration - Greenhouses - Plastic cover.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xvii
CAPÍTULO I	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
4.1 BENEFICIARIOS DIRECTOS	3
4.2 BENEFICIARIOS INDIRECTOS	3
6. OBJETIVOS	5
6.1. Objetivo General	5
6.2. Objetivos Específicos	5
7.-ACTIVIDADES RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
CAPÍTULO II.....	8
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. Cobertura vegetal	8
8.2. Pérdida de cobertura vegetal.....	8
8.3. Agricultura protegida o ambiente protegido	8
8.4. Medidas de un invernadero estándar.....	9
8.5. Tipos de invernaderos	9
8.5.1. Invernaderos Fríos	9
8.5.2. Invernadero Fresco:	9
8.5.3. Invernaderos Templados.....	9
8.5.4. Invernaderos Multimodular o Multicapilla	9
8.5.5. Invernaderos de Cubiertas Rectas	9
8.5.6. Tipo Túnel.....	10

8.5.7. Tipo Capilla	10
8.5.8. Tipo Dientes de Sierra	10
8.6. Variables involucradas en una operación de un invernadero	10
8.6.1. Temperatura	10
8.6.2. Humedad Relativa	10
8.6.3. Radiación Lumínica	11
8.6.4. Dióxido de Carbono	11
8.7. Transpiración	11
8.8. Evaporación	12
8.9. Evapotranspiración.....	12
8.9.1. Factores que afectan la evapotranspiración	12
8.9.1.1. Variables climáticas.....	12
8.9.1.2. Factores de Cultivo	12
8.9.1.3. Manejo y condiciones ambientales	13
8.9.2 Evapotranspiración de referencia (Eto).....	13
8.9.3. Evapotranspiración del Cultivo bajo condiciones estándar (Etc)	14
8.9.4. Medición de la evapotranspiración	14
8.9.5. MÉTODO FAO Penman-Monteith.....	15
8.9.5.1. Formulación de la ecuación de Penman-Monteith.....	15
8.10. Sistemas de Información Geográfica	16
8.11. Teledetección	16
8.12. Software ENVI.....	17
8.13. Software ArcGIS	17
8.14. Software Google Earth Pro.....	17
8.15. GPS.....	17
8.16. Imagen satelital	17
8.17. Landsat.....	17
8.18. Procesamiento Digital de Imágenes.....	18
8.18.1. Calibración de Imágenes.....	18
8.19. Bandas	18
8.19.1. Combinación de Bandas	19
8.20. Segmentación de la imagen	20
8.20.1. Discontinuidad	20
8.20.2. Similitud.....	20

8.21. Clasificación	20
8.21.1. Clasificación Supervisada.....	21
8.21.2. Clasificación No Supervisada	21
CAPITULO III.....	21
9. METODOLOGÍA	21
9.1 Tipo de Investigación.....	21
9.1.1 Descriptiva	21
9.1.2 Cualit-Cuantitativa	21
9.2. Modalidad Básica de Investigación	21
9.2.1. Bibliografía Documental	21
9.2.2. De Campo	22
9.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	22
9.3.1. Observación de Campo.....	22
9.4.- Ubicación y Limites.....	23
9.4.1.-Descripción.....	23
9.5. Desarrollo Metodológico.....	24
9.5.1. Recolección de Datos	24
9.5.1.1. Imágenes Satelitales	24
9.5.1.2. Datos Evapotranspiración	25
9.5.1.3. Puntos Geográficos.....	26
9.5.2. Corrección de Imágenes Satelitales	26
9.5.2.1. Corrección Radiométrica	26
9.5.2.2. Corrección Atmosférica.....	26
9.5.3. Combinación de Bandas	27
9.5.4. Clasificación Supervisada.....	30
9.5.5. Evapotranspiración MOD16A2	30
9.5.6. Procesos de Análisis de Datos	31
10. Manejo Especifico del Proyecto	31
10.1.--Recolección de Datos	31
10.1.1.-Datos en Campo	31
10.1.2.-Imágenes Satelitales	31
10.2.-Corrección de Imágenes Satelitales	31
10.2.1. Corrección Radiométrica	31
10.2.2. Corrección Atmosférica.....	31

10.3.-Clasificación Supervisada	32
10.4.- Obtención Evapotranspiración MOD16A2.....	32
10.4.1.-Evapotranspiración Anual con el producto MOD16A2	32
10.5.- Análisis de datos	33
11. Análisis y discusión de los resultados.....	33
11.1.- Mapa Cobertura de Invernaderos Año 2015	33
11.2.- Mapa Cobertura de invernaderos Año 2020	36
11.3.- Incremento Invernaderos (2015) - (2020).....	37
11.4.-Porcentaje Cobertura Invernaderos (2015) - (2020).....	38
11.5.- Mapa Evapotranspiración 2015.....	39
11.6.- Mapa Evapotranspiración año 2020	41
11.7.- Porcentaje de Variación	42
11.8.- Comparación Cobertura Invernaderos y Evapotranspiración	43
11.9.- Discusión de Resultados	43
12. Impactos (Técnicos, sociales, ambientales o económicos)	44
13. Presupuesto	45
14. Conclusiones y recomendaciones	45
14.1.-Conclusiones.....	45
14.2.-Recomendaciones	46
15. Referencias	46
16. Anexos.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla. Población Urbana y Rural del cantón Latacunga.	2
Tabla 2 Métodos para calcular la ETP.	14
Tabla 3: Descripción de Bandas.	18
Tabla 4: Combinaciones de Bandas.	19
Tabla 5: Datos Generales Cantón Latacunga.....	24
Tabla 6: Corrección De Imágenes Satelitales del cantón Latacunga 2015 y 2020 por medio del software ENVI.	27
Tabla 7: combinaciones de Bandas en el Cantón Latacunga 2015 a través de software ArcGIS.	28
Tabla 8: combinaciones de Bandas en el Cantón Latacunga 2020 a través de software ArcGIS.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentajes de las coberturas clasificadas del Cantón Latacunga año 2015.	35
Figura 2: porcentajes de las coberturas clasificadas del Cantón Latacunga año 2020.....	37
Figura 3: Comparación del crecimiento de Invernaderos del Cantón Latacunga años (2015) (2020). .	37
Figura 4: Porcentaje de Variación de los invernaderos del cantón Latacunga.	38
Figura 5:Cuadro de barras de las cantidades y porcentajes de la evapotranspiración anual del cantón año 2015.	40
Figura 6: Cuadro de barras de las cantidades y porcentajes de la evapotranspiración anual del cantón año 2015.	42
Figura 7: Porcentaje de Variación de los invernaderos del cantón Latacunga.	42
Figura 8: Comparación Cobertura Invernaderos y Evapotranspiración.	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ecuación original de Penman-Monteith.	16
Ilustración 2: Ubicación del Proyecto.	23
Ilustración 3: Ubicación del portal web Earth Explorer USGS (United States Geological Survey)	25
Ilustración 4: Ubicación MOD16A2.	26
Ilustración 5 Mapa de la clasificación supervisada para cobertura de invernaderos del cantón Latacunga año 2015.	34
Ilustración 6: Mapa de la clasificación supervisada para cobertura de invernaderos del cantón Latacunga año 2020.	36
Ilustración 7: Mapa Evapotranspiración del Cantón Latacunga año 2015.	39
Ilustración 8: Mapa Evapotranspiración del Cantón Latacunga año 2020.	41

CAPÍTULO I

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

DETERMINACION DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 - 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR –2021.

Lugar de ejecución.

Cantón Latacunga

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi – Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales – Ingeniería Agronómica

Nombres de equipo de investigadores

Responsable del Proyecto: Jordan Stalyn Guanotasig Gavilema C.I. 050397982-5

Tutor: Ing. David Santiago Carrera Molina Mg. C.I. 050266318-0

Lector 1: Ing. Marcela Morillo Mg. C.I. 171999439-2

Lector 2: Ing. Mg. Alexandra Tapia C.I. 050266175-4

Lector 3: Ing. Mg. Clever Castillo C.I. 050171549-4

Área de Conocimiento.

Agricultura Silvicultura y Pesca – Producción Agropecuaria

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la agrobiodiversidad local

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Tecnologías para la agricultura

Línea de Vinculación: Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación determinó el incremento de invernaderos y el cambio en la Evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 - 2020, encontrando los cambios en la cobertura ocupada por invernaderos y la evapotranspiración anual del cantón para de esta manera elaborar mapas y realizar un análisis comparativo entre los años 2015 y 2020. El fin de este proyecto es facilitar información del incremento de la cobertura plástica y la disminución de la evapotranspiración que afecta al proceso de condensación y por consiguiente a las precipitaciones imposibilitando al desarrollo de los cultivos del cantón.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación busca la determinación del incremento de invernaderos y el cambio en la evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 y 2020 mediante análisis digital de imágenes satelitales del cantón Latacunga, permitiendo encontrar una relación entre estos dos factores ayudando así a los agricultores que siembran tradicionalmente en los terrenos al aire libre.

El estudio de los invernaderos y de la evapotranspiración en el Cantón Latacunga se logra mediante teledetección ya que en la actualidad tenemos ayuda de los satélites que nos permiten efectuar diversas actividades tanto en ámbitos meteorológicos como topográficos entre otros aspectos. Cabe mencionar que la medición de la evapotranspiración es sin tomar en cuenta los cultivos que se encuentran establecidos dentro de los invernaderos, ya que es un estudio de manera superficial, obteniendo información que nos permite tener una referencia de las hectáreas de invernaderos establecidos y por ende del plástico utilizado en el cantón.

La importancia de esta investigación que radica en el análisis de la cobertura ocupada por invernaderos en el cantón Latacunga y la evapotranspiración anual ya que es una zona donde en los últimos años se ha registrado escasez en las precipitaciones generando problemas económicos, sociales, políticos y ambientales. es por ello que esta investigación es para poder medir el grado de crecimiento de la cobertura plástica y por otro lado la reducción de evapotranspiración mediante imágenes satelitales.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El cantón Latacunga con una población en el área rural de 106.647 habitantes y en el sector urbano la cantidad asciende a 63.842 dando un total de 170.489 moradores con un aproximado de 123,81 residentes por km² de acuerdo a la última información obtenida del (INEC 2010).

Tabla 1: Tabla. Población Urbana y Rural del cantón Latacunga.

PARROQUIA	URBANA	RURAL	TOTAL
Alaques (Alaquez)	-	5.481	5.481

Belisario Quevedo	-	6.359	6.359
Guaitacama (Gauaytacama)	-	9.668	9.668
Joseguango bajo	-	2.869	2.869
Mulaló	-	8.095	8.095
Poaló	-	5.709	5.709
San Juan de Pastocalle	-	11.449	11.449
Tanicuchi	-	12.831	12.831
Toacaso	-	7.685	7.685
11 de noviembre (Illinchi)	-	1.988	1.988
Latacunga	63.842	34.513	98.355
Total	63.842	106.647	170.489

Fuente 1 Censo de Población y Vivienda 2010, INEC.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

4.1 BENEFICIARIOS DIRECTOS

Los beneficiarios directos del presente proyecto serán los habitantes de las 11 parroquias del Cantón Latacunga y las empresas que utilizan la agricultura protegida, por ser partícipes del proyecto de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.2 BENEFICIARIOS INDIRECTOS

Los beneficiarios indirectos serán la Universidad Técnica de Cotopaxi así también como los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica e Ingeniera Ambiental que obtendrán información por la cual basarse para su posterior investigación de datos de los invernaderos de su extensión y de su impacto en el Cantón Latacunga y que podrán aprovecharse desde un punto de vista académico y/o investigativo. Igualmente, se verán beneficiados investigadores cuyos resultados estarán siendo parte del proceso de titulación.

Así también como los comerciantes mayoristas ya que son la principal conexión entre los productores y los primeros eslabones de la cadena de intermediarios y están estrechamente vinculados al flujo de productos frescos. Asimismo, los minoristas ya que son el eslabón encargado del comercio de alimentos en las afueras o dentro de un mercado.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Hoy en día una de las maneras antropogénicas que el hombre está llevando a cabo es que la mayoría de productos están elaborados por medio de plástico, los mismos que son utilizados

en varios sectores como la automotriz, la médica, la agricultura, entre otros aspectos. En el campo agrícola el método de utilización que se lo denomina plasticultura va avanzando cada vez más en el mundo, ya que solo en el año 2015, la producción de plásticos provenía en un 40 % de la protección de cultivos (invernaderos) y en un 32 % del riego. Materiales como el polietileno o PVC, presentes en multitud de enseres y productos de la vida cotidiana, también son protagonistas en la actividad agraria.

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, minimizando las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. Ya que la actividad, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que esta práctica tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a dicha acción y dicha actividad está tomando mucha fuerza en los últimos años ya que Almería en el año 2018 obtuvo un récord por ser tener la mayor superficie de invernaderos por concentración mundial o como el caso de México que paso de tener 700 hectáreas a 23 250 hectáreas entre los años 2000 y 2015 (Moreno Reséndez, Durón, y González 2011).

Estos incrementos en la cobertura plástica de la tierra también han tenido consecuencias en los procesos atmosféricos tales como la formación de nubes y su posterior liberación en precipitaciones ya que evaporar agua es un proceso que requiere energía de la superficie, esta energía es obtenida por el calor sensible generada por la radiación neta absorbida, es decir que una superficie que contiene agua como una cobertura vegetal, la energía neta absorbida no solo es utilizada en calor sensible sino que también es ocupada para evaporar el agua disponible tanto del suelo, como de los estomas de las plantas (evapotranspiración) cabe resaltar que no se toman en cuenta los cultivos que existen dentro de los invernaderos. .

La evapotranspiración es un proceso que invisible que va de la mano con la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas que transportan cantidades importantes de agua desde el suelo hacia la atmósfera al movilizarla hacia las hojas, donde se les escapa evaporándose, ya que sus estomas deben estar abiertos para capturar CO₂ del aire que requieren para producir su alimento.

Un estudio global mostró que la transpiración constituye el 80-90% de la evapotranspiración terrestre, y que con este proceso se reciclan aprox. 62,000 km³ de agua al año usando la mitad de la energía solar absorbida por la superficie terrestre (Alvarado, 2017).

Por otra parte en la publicación de (El Comercio, 2020) expresa que los integrantes del Movimiento Indígena y Campesino de Cotopaxi (MICC) bloquearon el paso vehicular en la Panamericana o E 35, a la altura del sector de la brigada de Fuerzas Especiales Patria, En la convocatoria se indica que hay “sequías graves en cada territorio de los cantones” por lo que se está generando un gran problema tanto político como económico y social por este recurso que es muy necesario.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Determinar el incremento de invernaderos y el cambio en la Evapotranspiración que se ha generado durante los años 2015 - 2020 mediante análisis digital de imágenes satelitales del Cantón Latacunga. Cotopaxi, Ecuador –2021.

6.2. Objetivos Específicos

- Identificar la cobertura utilizada por los invernaderos del cantón Latacunga para los años 2015 y 2020 utilizando imágenes satelitales landsat 8.
- Generar un mapa de la evapotranspiración del cantón Latacunga para los años 2015 y 2020 a partir de imágenes satelitales del producto MOD16A2.
- Analizar los resultados obtenidos sobre el crecimiento de la cobertura de invernaderos y la evapotranspiración.

7.-ACTIVIDADES RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACION
Identificar la cobertura utilizada por los invernaderos del cantón Latacunga para los años 2015 y 2020 utilizando imágenes satelitales landsat 8.	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de imágenes satelitales del lugar de los años 2015 y 2020. • Correcciones de las imágenes satelitales. • Definir las firmas Espectrales. • Clasificar las imágenes satelitales de los años 2015 y 2020. 	<ul style="list-style-type: none"> • Imágenes RASTER de 1Gb utilizadas para determinación de los invernaderos del lugar. • Clasificación supervisada de los invernaderos del cantón Latacunga 	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos de las imágenes en formato Geo TIFF. • Mapa en ArcGIS.
Generar un mapa de la evapotranspiración del cantón Latacunga para los años 2015 y 2020 a partir de imágenes satelitales del producto MOD16A2.	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de las imágenes satelitales del Producto MOD16A2 del lugar para los años 2015 y 2020. • Corte de las imágenes. • Sumatoria de los meses de cada año para la evapotranspiración anual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Imágenes del Producto MOD16A2. • Elaboración del mapa de la evapotranspiración anual para los años 2015 y 2020. 	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos de las imágenes de los años 2015 y 2020. • Mapa en ArcGIS.

	<ul style="list-style-type: none"> Definir porcentajes. 		
<p>Analizar los resultados obtenidos sobre el crecimiento de la cobertura de invernaderos y la evapotranspiración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Comparar los resultados del mapa de las coberturas de invernaderos obtenidos en ArcGIS y del mapa de la evapotranspiración de los años 2015 y 2020. 	<ul style="list-style-type: none"> Un análisis comparativo 	<ul style="list-style-type: none"> Cuadros de barras en Excel

CAPÍTULO II

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Cobertura vegetal

(Cesar M, Manuel F, y M, 2016) considera que cobertura vegetal hace referencia a todos los tipos de vegetación que se encuentran en la superficie de la tierra, incluyendo diferentes tipos de biomasa, desde pastizales hasta selvas, con diferentes propiedades físicas y ambientales.

8.2. Pérdida de cobertura vegetal

(Ma et al. 2017) postulan que este es uno de los factores que más evidencia produce a medida que cambia la superficie de la Tierra debido a las diversas acciones que los humanos realizan a lo largo del tiempo. Las zonas más vulnerables son la selva y el campo. Esto se debe a que es un lugar donde existen diferentes tipos de cobertura que pueden ir desde naturales como plantas silvestres o producidas por la mano humana como son los cultivos.

(Camacho, 2015) describe que, en muchos países, los cambios y procesos de cambio que sufre la cubierta vegetal se consideran una de las principales causas del aumento significativo de la degradación ambiental. Otra causa común es la degradación ambiental, el impacto humano sobre los recursos forestales.

8.3. Agricultura protegida o ambiente protegido

La agricultura protegida es el término utilizado para describir una serie de técnicas de cultivo que controlan total o parcialmente el microclima que rodea al cuerpo de la planta de acuerdo con las necesidades de la especie durante su período de crecimiento. específicamente, se refiere a tecnologías y técnicas que pueden trabajar para proteger los cultivos de ciertos elementos ambientales, biológicos y climatológicos con el objetivo de mejorar la producción (Lawrence Pratt y Juan Manuel Ortega, 2019).

Según (Portillo, 2006) menciona que al momento de hablar sobre una producción de agricultura protegida, se está tomando en cuenta todo tipo de protección hecho por materiales transparentes o semitransparentes, que brinden al cultivo condiciones óptimas para su desarrollo.

Es por eso que según define (Martinez, 2014) la agricultura protegida es un método de producción que ayuda a controlar varios factores ambientales hasta cierto punto. Ayudando a minimizar las restricciones sobre los cultivos causadas por condiciones climáticas de la localidad.

Resumiendo lo que explica (Solórzano, 2008) la agricultura protegida es una actividad de acciones antropogénicas que tiene impactos negativos en el medio ambiente debido a que se utiliza plástico para reemplazar el ambiente natural.

8.4. Medidas de un invernadero estándar

Ancho: 8 m - 9.60 m

Altura bajo canal: 4 m - 5 m – 5.50 m

Altura al zenit: 5.80 m - 6.30 m - 6.80 m

Separación entre pilares: 5 m (interior) – 2,50 m (exterior)

8.5. Tipos de invernaderos

Hay diferentes categorías de invernaderos, teniendo en cuenta su temperatura, construcción y las más utilizadas en la actualidad.

De acuerdo a (Toovey, 1959) citado en (Alarcón Luis, 2009) los invernaderos se pueden clasificar de acuerdo a su uso y al tipo de temperaturas las cuales se indicaran a continuación:

8.5.1. Invernaderos Fríos: estos constan de estructuras que solo absorben el calor del sol. Sí lo es En las zonas frías de invierno, la temperatura interna del invernadero es de unos 5°C por grado Celsius. Más alta que la temperatura exterior. Este tipo de invernadero se utiliza para siembra o almacenamiento. Siembre a fines del invierno o primavera.

8.5.2. Invernadero Fresco: este tipo de invernadero puede mantener la temperatura más baja 5-7 ° C. Estos invernaderos se calentarán en zonas de clima frío en invierno. Se puede utilizar para proteger plantas sensibles a las heladas, plantando plantas de tres a cuatro semanas antes que, en invernaderos fríos, cultivos de verano o temporada cálida de verano. Clima fresco en otoño e invierno.

8.5.3. Invernaderos Templados: este tipo de invernadero puede mantener la temperatura La temperatura mínima es de 13°C, y hay calor adicional durante el día y la noche, dependiendo de tu ubicación. A medida que desciende la temperatura, los costes de calefacción aumentarán. Proporcionar bien Condiciones de cultivo de hortalizas y plantas perennes.

Así como existe una clasificación de acuerdo al ambiente se pueden ver distintos tipos según su estructura como se muestra a continuación:

8.5.4. Invernaderos Multimodular o Multicapilla

Según (Castilla, 2007) la clasificación de los invernaderos se puede dar de dos formas como: Invernadero multimodular o multicapilla que básicamente consiste en una serie de invernaderos conectados dispuestos en módulos paralelos relacionados. Los tipos de suelo de varios tramos pueden hacer un mejor uso del suelo, y la relación entre la superficie de la envolvente y el suelo es menor, por lo que los costos de construcción y aire acondicionado también son menores.

8.5.5. Invernaderos de Cubiertas Rectas

Mientras que, para el caso de cubiertas rectas, (Castilla, 2007) menciona que la cubierta a dos aguas puede ser simétrica, con diversidad de angulaciones, según la latitud y condiciones

locales. Las paredes laterales, en invernaderos mono capilla o mono túnel, pueden ser verticales o ligeramente inclinadas, siendo últimas más ventajosas por su mayor transmisividad de luz.

Ahora por otra parte (Rodríguez, 2017) indica que a los invernaderos se los puede clasificar por su mayor utilización dentro del campo agrícola. Como en este caso menciona tres a continuación.

8.5.6. Tipo Túnel: Este tipo de invernadero tiene alta resistencia al viento y es uno de los más fáciles de instalar, además de su alta transmitancia solar, también es muy recomendable para productores que parten del mundo con agricultura protegida. Adecuado para materiales de recubrimiento flexibles y materiales de recubrimiento rígidos.

8.5.7. Tipo Capilla: Se caracteriza por su estructura ya que es moderadamente compleja. Además de utilizar materiales de bajo costo según la zona, por otro lado, uno de los problemas de este tipo de invernadero es que los elementos de soporte internos dificultan la apoyo.

8.5.8. Tipo Dientes de Sierra: Se recomienda utilizar este tipo de invernadero ya que, gracias a su buen rendimiento de ventilación, su presupuesto varía de región a región, pero el costo es bajo, aunque una de sus limitaciones es debido a la gran cantidad de elementos estructurales, lo que ocasiona una sombra mucho más grande.

8.6. Variables involucradas en una operación de un invernadero

Las variables climáticas más importantes en el proceso productivo de la planta son: temperatura, humedad relativa, radiación lumínica y Dióxido de Carbono

Según (Baptista et al, 1999) La presencia de estos factores dentro de ciertos límites mínimos y máximos, la presencia de estos factores dentro de ciertos límites mínimos y máximos, brindan condiciones favorables para el desarrollo es perjudicial y puede conducir a la muerte de la propia planta.

8.6.1. Temperatura

la aceleración del desarrollo de las plantas responde a los estímulos de la temperatura pudiendo llegar a doblar la tasa de crecimiento al incrementar su temperatura. Como menciona (Hanan, 1997) Tanto las temperaturas extremadamente bajas como las altas afectan el correcto desarrollo de los cultivos que producen la desnaturalización de proteínas y otras proteínas.

8.6.2. Humedad Relativa

Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua del aire y la presión de saturación de ese vapor a una temperatura dada, expresada como porcentaje. Carece de verdadera significación si no va asociada a la temperatura.

Según (Martinez y Roca, 2001) la humedad relativa es la relación entre la presión de vapor del vapor de agua en el aire y la resistencia a la tracción del vapor en un rango de temperatura particular y se expresa como un componente. Realmente no importa si no tiene nada que ver con la temperatura.

Parafraseando a (Çengel y Boles, 2009) Menciona que la humedad relativa es la cantidad de agua en el aire, relativa a El valor máximo que se puede acomodar a la misma temperatura.

8.6.3. Radiación Lumínica

Resumiendo lo que explica (Geoola, Kashti, y Peiper, 1998) manifiesta que la radiación ultravioleta consta de 3 áreas. UV-C entre 100-280 nm llega ligeramente UV-B entre 280-320 nm puede causar cáncer de piel humana, y UV-A entre 320-380 nm puede causar arrugas en la piel humana.

Según (Radhwan y Fath 2005) las plantas requieren de una luminosidad en un nivel que puede ir desde los 390 hasta los 700 nm para que pueda llevarse a cabo el proceso fotosintético. aunque de la misma forma tener un rango de luz ultravioleta entre 290 y 390 nm puede ser muy perjudicial para la planta.

Como piensa (Çengel y Boles, 2009) para realizar la transferencia de calor se necesita la radiación térmica, esta misma se la consigue a partir del efecto entre las transiciones energéticas de las moléculas, átomos y electrones de una sustancia.

8.6.4. Dióxido de Carbono

Según (López, 1981) el CO₂ del aire alrededor de la planta, absorben las hojas lo producen convirtiéndolo en azúcar mediante la acción de la luz en un proceso conocido como fotosíntesis.

(Fainstein, 1997) agrega que, al nivel de 1200 ppm, la producción y la eficiencia aumentan. Además, hace que las plantas sean más resistentes a los altos niveles de sal.

8.7. Transpiración

La transpiración es la parte del agua que las estomas de las plantas se evaporan a la atmósfera. Las estomas son agujeros cerca de las hojas, lo que indica que la intensidad de la sudoración es causada por otros factores ambientales dependientes como la humedad relativa, las condiciones climáticas. Viento, velocidad del viento y sol. Esto activa la fotosíntesis y estimula las aberturas de las estomas (Silva y Álvarez, 2006).

Como manifiesta (Tarjuelo. José, 2005) la naturaleza de la apertura y cierre de las estomas depende, entre otras cosas, del valor del líquido bloqueado. El contenido excesivo de agua hace que se abran y se cierren pequeños orificios. Por supuesto, el agua contenida en estos organismos está relacionada con el agua total de las plantas, que depende del agua del suelo, si la cantidad de agua no alcanza a cumplir con lo requerido por la cantidad de transpiración, la estoma procede a cerrarse y la transpiración se detendrá.

8.8. Evaporación

(Calvache, 2010) lo define como el proceso físico mediante el cual el agua sufre un cambio de fase, se vuelve líquida a gaseosa y se transfiere a la atmósfera circundante. Las fuentes de energía para la evaporación son: radiación solar, radiación solar de onda larga de la atmósfera y otros cuerpos de la tierra, así como el calor sensible del aire que envuelve la superficie húmeda cuando tiene una temperatura más baja que esta.

La evaporación del agua ocurre naturalmente incluso en ausencia de temperatura. Este comportamiento ocurre cada vez que se intercambia energía entre dos masas con diferentes condiciones de humedad. La evaporación es un regulador de condiciones atmosféricas bajas porque la dependencia del vapor de agua depende de la cantidad de energía suministrada al sistema y de la presión del vapor que libera (OMM, 2018).

La transición de la humedad a la atmósfera puede tener lugar del estado líquido al gaseoso o del estado sólido al gaseoso (sublimación). La evaporación también ocurre como resultado de la transpiración de las plantas.

Agregando (Moya, 2009) menciona que las plantas cuando están húmedas tienden a transpirar menos, lo que se compensa con el aumento de la evaporación de la lluvia atrapada por estas hojas. El tamaño de los valores diarios de evaporación para determinadas condiciones apenas varía espacialmente, por lo que no es absolutamente necesario instalar una red de tanques a nivel de plantación.

8.9. Evapotranspiración

Según (Allen et al, 2006) la evapotranspiración (ET) es uno de los sistemas circulatorios y se sabe que combina dos procesos diferentes que ocurren al mismo tiempo siendo estos la evaporación y la transpiración. Esto da como resultado la pérdida de agua de la superficie del suelo debido a la escasez de agua y parte de ella se perderá debido a la mala cosecha. Se cree que el vapor de agua se intercambia entre la superficie y la atmósfera. Esto depende de la cantidad de luz solar, la velocidad del viento, la temperatura, la presión atmosférica, la temperatura del suelo y las condiciones del sabor.

8.9.1. Factores que afectan la evapotranspiración

8.9.1.1. Variables climáticas

Según (Allen et al, 2006) los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. El poder evaporativo de la atmósfera se puede expresar en referencia a la evapotranspiración (ET_o) del cultivo.

8.9.1.2. Factores de Cultivo

Los autores mencionados anteriormente recuerdan que, al evaluar la transpiración de cultivos en áreas extensas y bien manejadas, se deben tomar en cuenta los cultivos, variedades y etapas

de crecimiento de los cultivos. Ya que existen diferencias en la resistencia a la transpiración, altura de la planta, rugosidad del cultivo, reflectividad, cobertura del suelo y características de las raíces.

8.9.1.3. Manejo y condiciones ambientales

También (Allen et al, 2006) comentan que los factores como baja salinidad o fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, capas duras o difíciles de penetrar en el suelo, falta de control de enfermedades y parásitos y un manejo deficiente del suelo pueden limitar el crecimiento de los cultivos y reducir la evapotranspiración. Otros factores a considerar al evaluar la ET incluyen la cobertura del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de humedad del suelo.

Al evaluar las tasas de ET, se debe considerar más el alcance de la práctica un sitio de manejo que juega un papel en los factores climáticos y de cultivos que afectan el proceso de ET. Los métodos agrícolas y los métodos de riego pueden cambiar el microclima, afectar las características de los cultivos o afectar la capacidad de absorción de agua del suelo y la tierra cultivable. La barrera contra el viento reduce la velocidad del viento y reduce la tasa de ET en el área detrás de la barrera. Aunque la evapotranspiración de los propios árboles puede compensar cualquier reducción en el campo, este efecto es particularmente significativo, especialmente en condiciones de viento fuerte, calor y sequía.

8.9.2 Evapotranspiración de referencia (Eto)

Según (Irmak y Haman, 1969) la evapotranspiración de referencia (ETo) se define como la tasa de evapotranspiración de un cultivo hipotético sin restricción de agua, sin enfermedades y con un suelo completamente sombreado, similar a un área extensa de pasto verde en crecimiento activo de altura uniforme.

La cantidad de agua que transpiran las plantas es mucho mayor que la utilizada para su crecimiento y fotosíntesis. Por tanto, la transpiración puede considerarse como el consumo de agua de la planta. Además, hay que tener en cuenta que existen pérdidas por evaporación del agua de la superficie del suelo (Calvache Ulloa, 2012).

Por tanto, se cree que la demanda de agua de los cultivos se deriva de la suma de la evaporación directa en el suelo y la transpiración de las plantas, lo que comúnmente se denomina evapotranspiración y su cantidad varía con el clima y los cultivos.

Siendo la siguiente formula:

$$E_{to} = E_v * K_p$$

Dónde:

Eto = evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/día)

Ev = Evaporación acumulada (mm)

Kp = datos climáticos: humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), barlovento.

8.9.3. Evapotranspiración del Cultivo bajo condiciones estándar (Etc)

Para (Calvache Ulloa, 2012) Cuando la evapotranspiración ocurre sin ninguna restricción de agua en el suelo, se denomina evapotranspiración del cultivo (ETc), que corresponde a la cantidad estacional de agua producida en el suelo debido a la lluvia y / o riego.

Según (Allen et al, 2006) En las primeras etapas del crecimiento de las plantas, la evapotranspiración es muy baja. Aumenta con el incremento de la altura de la planta y el área foliar, hasta alcanzar el valor máximo en la etapa de formación de bulbos, y luego disminuye gradualmente hasta el período de cosecha. Por tanto, la evapotranspiración del cultivo (ETc) cambia fundamentalmente según la fenología y el clima del cultivo.

La evapotranspiración del cultivo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Etc = Eto * Kc$$

Dónde:

ETc=Evapotranspiración del cultivo en mm/día

ETo= Evapotranspiración de referencia en mm/día

Kc= Coeficiente de cultivo (adimensional)

8.9.4. Medición de la evapotranspiración

Los autores (Villaman Peña et al, 2001) Se señala que existen muchos métodos para estimar la evapotranspiración de los cultivos, los cuales se dividen en métodos directos e indirectos. El método directo proporciona información directa sobre la cantidad total de agua requerida por el cultivo mediante el uso de herramientas que proporcionan valores muy cercanos a los reales y se utilizan para el ajuste al mismo tiempo. Métodos empíricos; entre ellos se encuentran el análisis gravimétrico y el análisis de simetría. Los métodos indirectos proporcionan estimaciones de la demanda de agua clasificándolas en climatología y micrometeorología utilizando fórmulas empíricas.

Tabla 2: Métodos para calcular la ETP.

Método	Ventaja	Desventaja
Penman (FAO)	Provee resultados satisfactorios	La fórmula contiene muchos componentes, lo que complica los cálculos
Bradley-Criddle	Fácil de usa y los datos suelos estar disponibles	El coeficiente de cosecha depende mucho del clima
Thornwaite	Es confiable para términos largos	Subestima la ET durante tiempo lluvioso

Holdridge	Es muy fácil de usar y requiere solamente de la temperatura media y precipitación media	Válida solo para regiones tropicales y subtropicales. Para altas elevaciones necesita de un ajuste
Jensen- Haise	Bajo Condiciones Atmosféricas media y precipitación media	Válida solo para regiones tropicales y subtropicales. Para altas elevaciones necesita de un ajuste
Hargreaves y samani	Solo requiere datos de temperatura máxima y mínima	Necesita ser evaluada en muchas localidades para su aceptación
Prestly-Taylor	Confiable en áreas húmedas	No es adecuado para zonas áridas

Fuente 2: (Llanes, Norzagaray, y Muñoz 2014).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

8.9.5. MÉTODO FAO Penman-Monteith

Se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia, ET_0 . La ET del cultivo bajo condiciones estándar se determina utilizando los coeficientes de cultivo (K_c) que relacionan la ET_c , con la ET_0 . La ET de superficies cultivadas bajo condiciones no estándar se ajusta mediante un coeficiente de estrés hídrico (K_s) o modificando el coeficiente de cultivo (Santana Pérez, Manuel, y Abreu, 2008).

8.9.5.1. Formulación de la ecuación de Penman-Monteith

Según (Santana Pérez et al, 2008) El método FAO Penman-Monteith fue desarrollado haciendo uso de la definición de cultivo de referencia como un cultivo hipotético de pasto, con una altura de 0.12 m, con una resistencia superficial de 70 s/m y un albedo de 0.25 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. para estimar ET, es obtenida de la ecuación original de Penman-Monteith y las ecuaciones de la resistencia aerodinámica y superficial:

Ilustración 1: Ecuación original de Penman-Monteith.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)}$$

donde:

ET_0	evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹)
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
R_s	radiación extraterrestre (mm día ⁻¹)
G	flujo del calor de suelo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s ⁻¹)
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C ⁻¹)
γ	constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹)

Fuente 3: (Santana Pérez et al. 2008).

8.10. Sistemas de Información Geográfica

Para (ESRI, 2015) (Sistema de Información Geográfica) Esta es una aplicación que le permite planificar, presentar e interpretar eventos en la superficie del mundo. Existen dos tipos básicos de GIS: ráster y vectorial.

De acuerdo con (Morales. C, 2016) los sistemas de información geográfica (SIG) se han convertido ahora en una excelente herramienta para la evaluación espacial. Puede gestionar información geográfica para la investigación de la conservación de la biodiversidad. En este sentido, se puede visualizar a través de imágenes de satélite como el retiro de la cubierta vegetal y el retiro regional.

8.11. Teledetección

Según (Chuvienco, 1995) Una tecnología que le permite acceder a información sobre un objeto, área u objeto mediante el análisis de los datos recuperados por el objeto, área o herramienta no relacionados con el objeto que está buscando.

(Frantz, 2018) expresa que la teledetección es una técnica que depende del estado del proceso tecnológico que existe en el momento y que relaciona diferentes aspectos como la óptica y detectores del sensor, la plataforma que lo sustenta, sistemas de transmisión, equipos de tratamiento entre otros.

Existen dos tipos de sensores utilizados en la teledetección para tomar imágenes a distancia.

- Sensores remotos pasivos: son aquellos que capturan energía reflejada por el sol, que es emitida por la superficie terrestre en distintas longitudes de ondas las cuales son (visible: 0,4 –0,7 μm, infrarrojo cercano: 0,7 – 1,3 μm, infrarrojo medio: 1,3-8 μm, infrarrojo térmico: 8-14 μm) (Claverie, 2018).

- Los sensores activos que es sistema radar, el satélite genera su propia energía electromagnética que emite el sensor hacia la zona independiente donde desea tomar los datos (Sun, 2017).

8.12. Software ENVI

Es un software completo para ver y analizar imágenes obtenidas de la teledetección. Ya que permite leer, visualizar y analizar varios formatos de imagen en todos los tamaños y en múltiples plataformas. Sus completas funciones interactivas de análisis multispectral y el análisis radar revolucionan la manera que se tiene que observar la tierra (GepService, 2015).

8.13. Software ArcGIS

Es un software que pertenece a al sistema de información geográfica, que nos facilita datos espaciales y tabulares que se puede mostrar en diferentes formas tales cuales, tablas, gráficos, así mismo posee herramientas para poder presentar mapas con calidad de presentación, algunos ejemplos que se adquieren son la cartografía, análisis espaciales (Szewrański et al. 2017).

8.14. Software Google Earth Pro

El programa es Keyhole Inc, financiado por la Agencia Central de Inteligencia y adquirido por Google en 2004 creado por la empresa con el nombre de Earth Viewer 3D. Este es un programa de computadora que muestra la tierra. Puede ver varias cosas con el puente virtual. Mapas basados en imágenes de satélite; mapas de Google Earth que consisten en imágenes de satélite, fotografías aéreas, información geográfica de modelos de datos SIG de todo el mundo y superposiciones de modelos generados por computadora (Equipo GEF Corredores Biológicos de Montaña, 2016).

8.15. GPS

El sistema de posicionamiento global o sistema geodésico mundial es un equipo que esté compuesto por cuatro elementos: una antena, receptor, computador, añadiduras de la entrada y salida de información lo cual permite determinar la posición de cualquier objeto y/o lugar (latitud y longitud) representando las coordenadas que corresponde al sistema local de dicho país, ya que consta de 24 satélites en órbita sobre el planeta tierra para que el margen de error sea mínimo (Equipo GEF Corredores Biológicos de Montaña, 2016).

8.16. Imagen satelital

Según (Chuvieco, 1995) Datos visuales capturados por un sensor montado en un satélite artificial.

8.17. Landsat

Para (Barsi et al, 2007) se trata de una serie de satélites de observación terrestre administrados conjuntamente por el USGS y la NASA, que pueden proporcionar el registro espacial

continuo más largo de la tierra terrestre existente. Todos los días, los satélites Landsat orbitan alrededor de la Tierra y brindan la información para ayudar a los administradores de la tierra y los tomadores de decisiones a tomar decisiones informadas sobre nuestros naturales y el medio ambiente.

8.18. Procesamiento Digital de Imágenes

(Chuvienco, 1995) manifiesta que es una colección de tecnologías utilizadas en imágenes digitales destinadas a mejorar la competencia o facilitar la recuperación de datos.

8.18.1. Calibración de Imágenes

Según (Zhao et al, 2017) al descargar imágenes de satélite, siempre hay distorsión que reduce el efecto de dispersión al recibir imágenes, por lo que es necesario mejorar las imágenes de satélite utilizando datos de campo del área de operación de investigación. O beber. Para continuar con el siguiente paso, se debe generar esta imagen con forma de píxel, de modo que pueda eliminarse o mejorarse ajustándola eliminando los diversos objetos que puede hacer la imagen. Puede perder información importante de las imágenes debido a la naturaleza de la persona en la situación potencial y si esto no se hace.

8.19. Bandas

Descripción del significado década una de las bandas y su aplicación

Tabla 3: Descripción de Bandas.

Banda	Color	Descripción
Banda 1	Coastal aerosol	Se usa para el estudio de aerosoles y estudios costeros.
Banda 2	Azul	Se usa para mapeo de aguas costeras, ayuda con la distinción del suelo y la vegetación, como la agricultura o el tipo de forestación.
Banda 3	Verde	Sirve para la reflectancia del verde de la vegetación sea vigorosa o saludable, también se usa para la identificación de zonas pobladas.
Banda 4	Rojo	Diferencia las pendientes de vegetación y discriminación de Plantas.

Banda 5	Infrarrojo cercano (NIR)	Determina la cantidad de biomasa
Banda 6	Infrarrojo onda corta (SWIR 1)	Segrega el contenido de humedad del suelo y la vegetación.
Banda 7	Infrarrojo onda corta (SWIR 2)	Mejora el contenido de humedad del suelo y la vegetación y la penetración de las nubes finas.
Banda 8	Pancromática	Definición de la imagen para que sea más nítida
Banda 9	Cirrus	Detección de las nubes cirrus y mejora la interferencia de nubes en la imagen.

Fuente 4: (Torre Pillpa y Rivas Aquino 2019) .

Elaborado por: Guanotasig Gavilema Jordan Stalyn (2021)

8.19.1. Combinación de Bandas

Debido a la combinación de bandas de frecuencia, podemos resaltar los cambios de color, textura, tono y distinguir los diferentes tipos de cobertura que existen en la superficie. Estas son las combinaciones de bandas de frecuencia más utilizadas.

Tabla 4: Combinaciones de Bandas.

Combinación	Descripción
Bandas 3-2-1 (RGB)	Es una imagen de color natural. Refleja el área tal como la observa el ojo humano en una fotografía aérea color.
Bandas 4-3-2 (RGB)	Tiene buena sensibilidad a la vegetación verde, la que aparece de color rojo, los bosques coníferos se ven de un color rojo más oscuro, los glaciares se ven de color blanco y el agua se ve de color oscuro debido a sus características de absorción.
Bandas 7-4-1 (RGB)	Esta combinación de bandas es ampliamente utilizada en geología. Utiliza las tres bandas menos correlacionadas entre sí. La banda 7, en rojo, cubre el segmento del espectro electromagnético en el que los

	minerales arcillosos absorben, más que reflejar, la energía; la banda 4, en verde, cubre el segmento en el que la vegetación refleja fuertemente; y la banda 1, en azul abarca el segmento en el cual los minerales con óxidos de hierro absorben energía.
Bandas 7-4-2 (RGB)	Permite discriminar los tipos de rocas. Ayuda en la interpretación estructural de los complejos intrusivos asociados a los patrones volcano- tectónicos
Bandas 5-4-1 (RGB)	En esta combinación la vegetación aparece en distintos tonos de color verde.
Bandas 7-3-1 (RGB)	Ayuda a diferenciar tipos de rocas, definir anomalías de color generalmente son de color amarillo claro algo verde oscuro, la vegetación es verde oscuro a negro, los ríos son negros y con algunas coloraciones azules a celestes, los glaciares se ven celestes.

Fuente 5: (Corujo 2016).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

8.20. Segmentación de la imagen

Según (Jaramillo y Antunes, 2018) el proceso de dividir una imagen de satélite en diferentes partes (grupos de píxeles). Este proceso cambia la imagen y separa la parte de interés del resto de la imagen. Este es un proceso fácil de analizar. Básicamente, esta es una explicación más detallada para mejorar las imágenes de satélite. También se utiliza para la clasificación de puntos de imagen para indicar la categoría a la que pertenecen.

Por lo general, se basan en dos atributos:

8.20.1. Discontinuidad: Incluye dividir el cambio brusco de la imagen en Mostrado en escala de grises, lo más importante es la detección de puntos Aislamiento, detección de líneas, detección de bordes de imagen.

8.20.2. Similitud: basada en la aparición regular del valor gris Umbral, crecimiento regional.

8.21. Clasificación

(Abburu y Golla, 2015) manifiesta que este es el proceso de ordenar píxeles por categoría o número de categoría para que se base en el valor digital del píxel; es decir, el píxel se empareja con un conjunto de características que se asignarán a esa categoría o categoría.

El propósito de la clasificación es convertir imágenes que contienen información sobre datos de mapas temáticos.

8.21.1. Clasificación Supervisada

Según (Jog y Dixit, 2016) en este proceso, su característica es comprender el campo de investigación a través del trabajo de campo o experiencia previa, estar familiarizado con el campo de trabajo, Esto permite a los investigadores delinear mejor algunas áreas de prueba llamadas campos de entrenamiento en la imagen. Estas áreas se utilizan para identificar las diferentes categorías definidas en la imagen.

8.21.2. Clasificación No Supervisada

Según (Duda y Canty, 2002) la característica de este proceso es definir las categorías espectrales presentes en la imagen. Lo que hace única a esta tecnología es que no requiere conocimientos previos del campo de trabajo o estudio. Por tanto, la intervención humana se centra en la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

CAPITULO III

9. METODOLOGÍA

9.1 Tipo de Investigación

9.1.1 Descriptiva

La investigación es de tipo descriptivo ya que se va a dar a conocer el cambio en la cobertura del cantón Latacunga que ha generado el incremento de los invernaderos en los periodos de tiempo definidos (2015 y 2020) permitiendo así, proporcionar un análisis previo de las imágenes satelitales y poder llegar a un criterio sobre el exceso de plástico que ha venido incrementándose en el cantón.

9.1.2 Cual-Cuantitativa

La presente investigación será de carácter Cual-cuantitativo la cual se basa en la recolección de puntos de los invernaderos seleccionados aleatoriamente para su posterior procesamiento en el programa ArcGIS y de esa manera llegar a un análisis multitemporal.

9.2. Modalidad Básica de Investigación

9.2.1. Bibliografía Documental

La investigación se fundamentó con revisión bibliográfica documental y análisis de fuentes de información más recientes sobre el tema contenida en revistas, tesis, folletos, libros, monografías y trabajos de campo.

9.2.2. De Campo

Para la investigación se realizó un recorrido por los invernaderos presentes en el cantón Latacunga seleccionados al azar para la recolección de los puntos geográficos de los vértices con la condición de estar establecidos de 5 años en adelante para poder clasificar en las imágenes tanto del año 2015 como 2020. caben mencionar que se encontraron datos de los invernaderos en el geo portal del Agro Ecuatoriano, pero con información desactualizada.

9.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

9.3.1. Observación de Campo

Esta técnica nos permite tener contacto con el objeto de estudio para la recolección de datos de las ubicaciones de los invernaderos con GPS.

La técnica que se empleó en este trabajo de investigación fue la observación ya que permite seleccionar datos que involucran relaciones, la observación tiende a obtener mayor sentido al nivel técnico del procesamiento de datos, en el que las tareas se cuantifican más fácilmente. En esta técnica encontraremos la recopilación, acumulación y transformación de datos, así mismo tiene la ventaja de facilitar la obtención de datos lo más próximos a como estos ocurren en la realidad.

9.4.- Ubicación y Límites

Ilustración 2: Ubicación del Proyecto.



Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

9.4.1.-Descripción

El cantón se divide en las siguientes parroquias urbanas: Eloy Alfaro (San Felipe), Ignacio Flores (La Laguna), Juan Montalvo (San Sebastián), La Matriz, San Buenaventura. Y rurales: Toacaso, San Juan de Pastocalle, Mulaló, Tanicuchi, Guaytacama, Alaquéz, Poaló, Once de Noviembre, Belisario Quevedo, Joseguango Bajo (PDYOT, 2015).

Límites:

Al Norte: Cantón Mejía y Sigchos

Al Sur: Salcedo y Pujilí

Al este: Archidona y Tena

Al Oeste: Saquisilí, Pujilí y Sigchos

Tabla 5: Datos Generales Cantón Latacunga

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Latacunga	
Año de Creación	1534
Año de fundación definitiva	1584
Población total al 2014	183446
Extensión	138445,36
Clima	Ecuatorial de alta montaña que va desde 0°C a 6°C
	Ecuatorial Mesotérmico seco va desde los 10° a 20°C
	Ecuatorial Mesotérmico semihúmedo va desde 13° C a 18°C y Nival.
	En las áreas cercanas a los volcanes Cotopaxi e Illinizas se identifican temperaturas de 0°C a 6°C

Fuente 6: Adoptado de (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2016-2028)

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021)

9.5. Desarrollo Metodológico

El procedimiento se implementa tanto en el software ArcGIS 10.8 Geographic Information System, como en el software ENVI, para monitorear los cambios continuos en los recursos naturales terrestres (pérdida de cobertura vegetal debido a la construcción de invernaderos) basándonos en técnicas de teledetección.

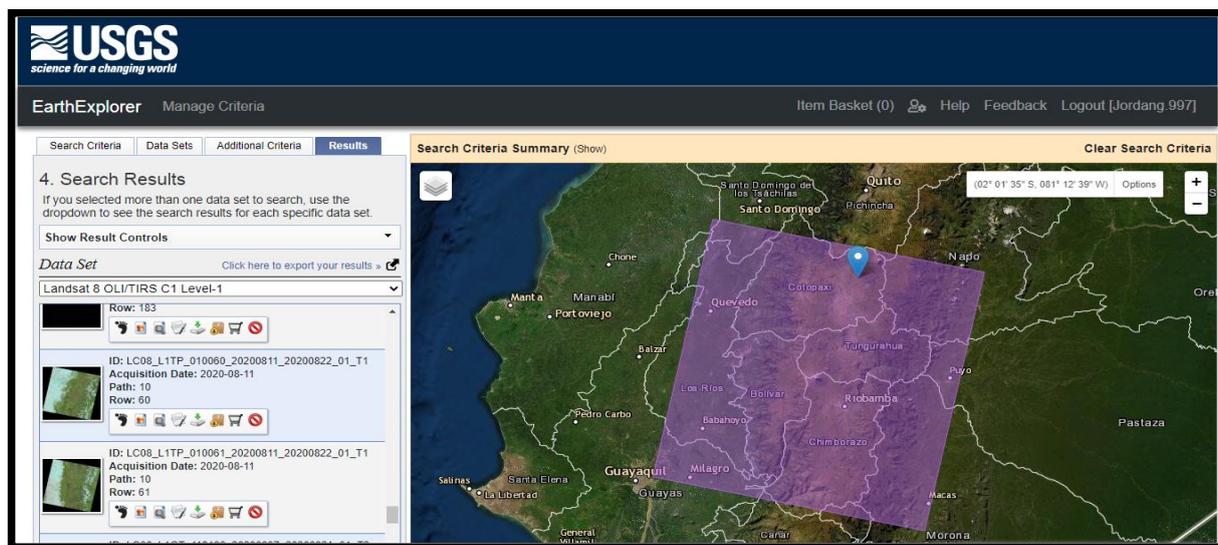
9.5.1. Recolección de Datos

9.5.1.1. Imágenes Satelitales

De los tipos de imágenes que se manipularan en el software ENVI 5.3 se optó por utilizar las imágenes landsat 8, seleccionando las imágenes que presenten poca incidencia de vapor de agua (nubes) y otros factores que impidan realizar la clasificación de manera correcta, de los años 2015 y 2020 por medio del sitio web: USGS Earth Explorer.

Link: <https://earthexplorer.usgs.gov>

Ilustración 3: Ubicación del portal web Earth Explorer USGS (United States Geological Survey)



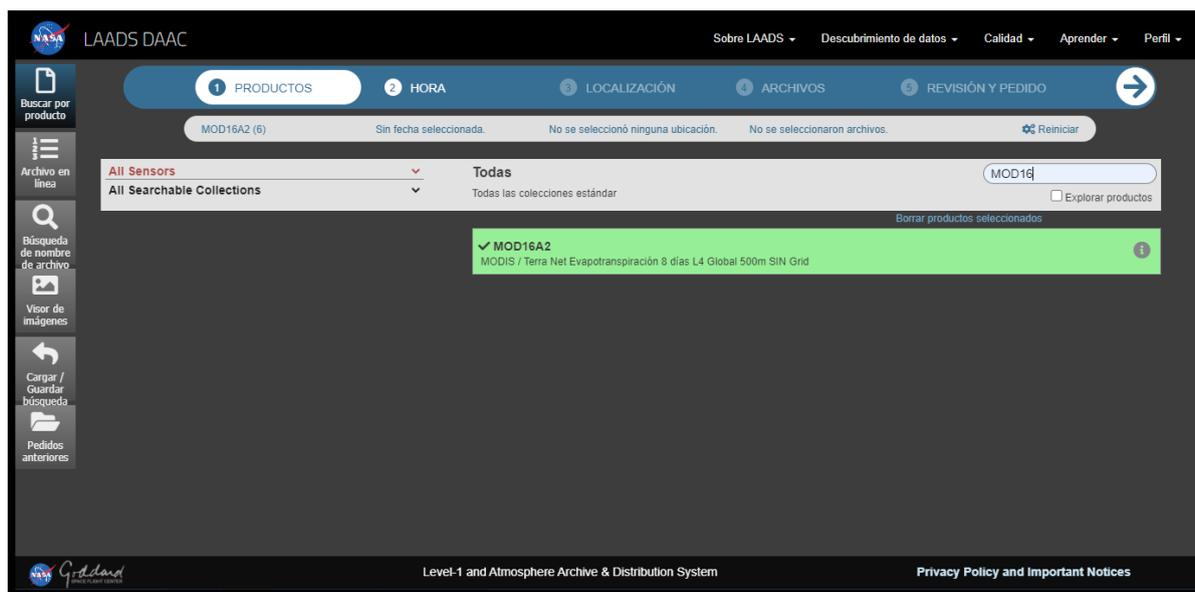
Fuente 7: USGS (United States Geological Survey).

9.5.1.2. Datos Evapotranspiración

Para la obtención de los datos se trabajó con la página lpdaac.usgs.gov la cual posee el MODIS (o espectro radiómetro de imágenes de resolución moderada) que es un instrumento clave a bordo del Terra (originalmente conocido como EOS AM-1) y Aqua (originalmente conocido como EOS PM-1) satélites, los cuales cada 1 o 2 días van adquiriendo datos en 36 bandas espectrales con los cuales se puede realizar productos y en este caso se utilizara el producto MOD16A2 versión 6 Evapotranspiración/ Flujo de calor latente el cual es un conjunto de datos a una resolución de pixeles de 500 metros que proporciona capas para Evapotranspiración (ET), Flujo de calor latente (LE). El algoritmo que utilizado para los datos de evapotranspiración se basa en la lógica de ecuación de Penman-Monteith, que incluye entradas de datos de reanálisis meteorológicos diarios junto con (MODIS), productos de datos de detección remota como vegetación dinámica de la propiedad, albedo y cobertura del suelo (NASA) y esta página nos proporcionara datos de los años 2015 y 2020 para su debido procedimiento.

Link: <https://lpdaac.usgs.gov/search/order/1/MOD16A2--6>

Ilustración 4: Ubicación MOD16A2.



Fuente 8: LPDAAC.

9.5.1.3. Puntos Geográficos

La recolección de puntos geográficos, se lo realizó con la finalidad de validar el trabajo realizado en la computadora, a través de un GPS que permite afinar o validar las unidades, donde se procedió a tomar puntos con sus respectivas coordenadas, para que permita trabajar con un nivel de confianza.

9.5.2. Corrección de Imágenes Satelitales

9.5.2.1. Corrección Radiométrica

Para utilizar los valores cuantitativos de las imágenes de satélite, es necesario corregir los datos de cada píxel y convertirlos a unidades de energía reflejada. Como resultado, se obtiene una imagen en unidades de brillo (energía medida por el sensor de satélite) (Castañeda et al, 2000).

En ENVI el procedimiento se realiza a través de la herramienta Radiometric Calibration y se la encuentra de la siguiente manera: **Toolbox>>Radiometric Correction>>Radiometric Calibration.**

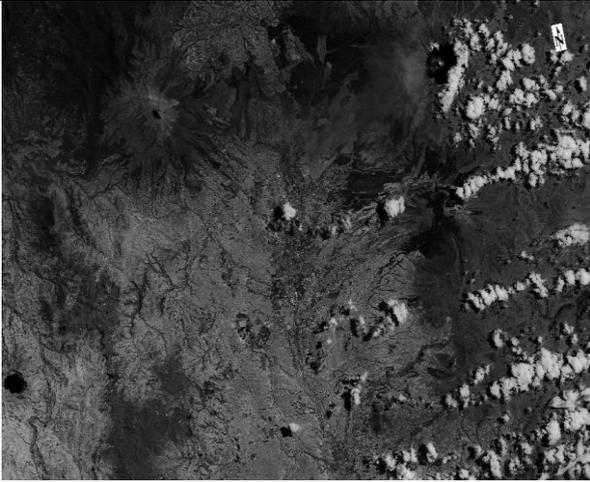
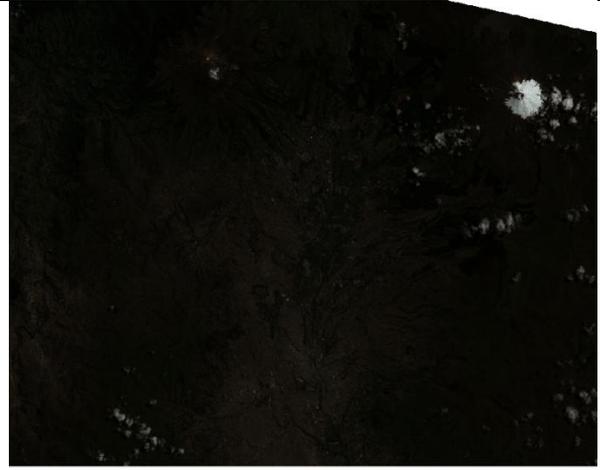
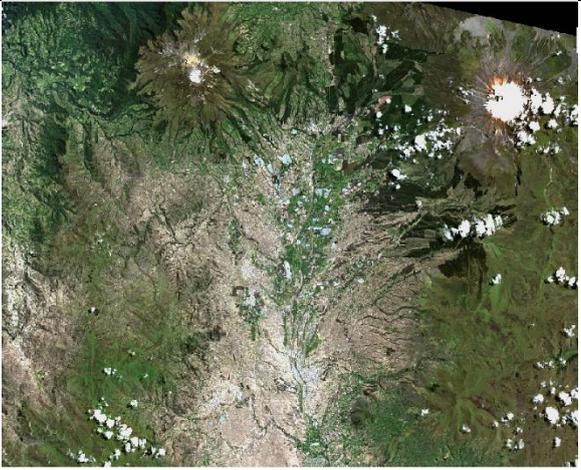
9.5.2.2. Corrección Atmosférica

Evaluación y eliminación de las distorsiones atmosféricas que pueden ocurrir al tomar imágenes de satélite en forma de deriva de agua (nubes, niebla) en la atmósfera, necesita valores estandarizados porque necesita mostrar los cambios que ocurren en la imagen

Esta corrección se realiza mediante el método de Chávez. El método de Chávez utiliza datos de la propia imagen para realizar la corrección atmosférica y obtener reflejos superficiales de la imagen de radiación (Pellat, 2018).

En el software ENVI el procedimiento se lo lleva a cabo de la siguiente manera: *Toolbox>>Radiometric Correction>>Atmospheric Correction Module>>FLAASH Atmospheric Correction.*

Tabla 6: Corrección De Imágenes Satelitales del cantón Latacunga 2015 y 2020 por medio del software ENVI.

Imagen Satelital (2015)	Imagen Satelital (2015)
	
Imagen Satelital (2020)	Imagen Satelital (2020)
	

Fuente 9: (PROPIA).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

9.5.3. Combinación de Bandas

Las imágenes de satélite se registran simultáneamente del espectro electromagnético. Se puede examinar imágenes en escala de grises o imágenes en color obtenidas según el modelo de color RGB (Red, Green, Blue). Estos hacen referencia a la composición de los colores primarios a partir de los cuales se forma: rojo, referencia, azul.

Las imágenes Landsat 8 incluyen dos sensores. El que se utiliza es el sensor (OLI) compuesto por nueve bandas espectrales con diferentes longitudes de onda de onda corta, infrarroja

visible y onda corta para cubrir una gran área del paisaje con imágenes de alta resolución, con una resolución espacial de 15 a 30 metros. Puede distinguir características, de ciudades, bosques y territorios (Básica y Franco, 2017).

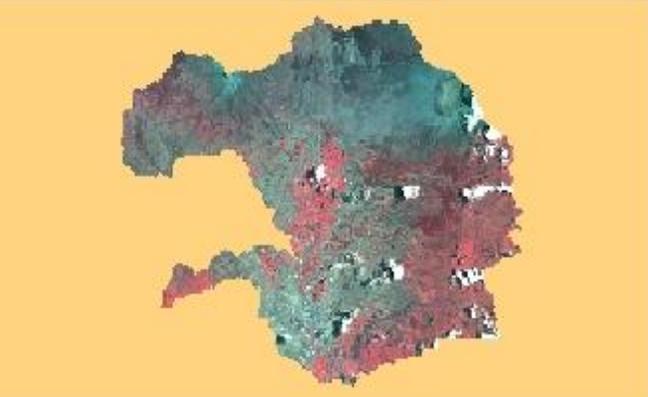
Para el procedimiento primero se debe hacer una composición de bandas para la cual se realiza lo siguiente: (*Pestaña Catalog>>Toolboxes>> SystemToolboxes>> Data Management Tools>>Raster>>Raster Processing>>Composite Bands*).

Se crean combinaciones de bandas personalizadas para adaptar la imagen a sus necesidades:

2015:

Tabla 7: combinaciones de Bandas en el Cantón Latacunga 2015 a través de software ArcGIS.

Combinaciones	Bandas	Imagen Combinada
Color Natural	4-3-2	
Falso Color Urbano	7-6-4	

Color Infrarrojo	5-4-3	
Agricultura	6-5-2	

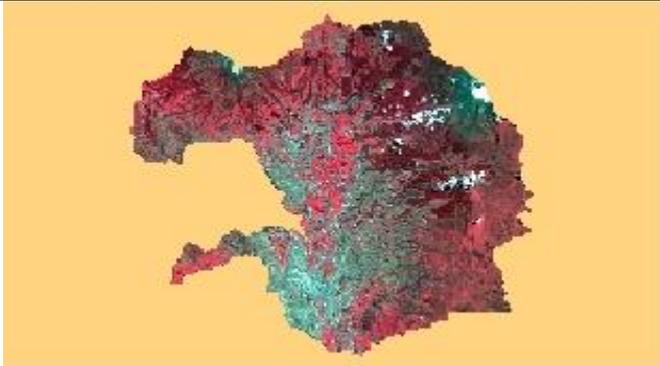
Fuente 10:(PROPIA).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021)

2020:

Tabla 8: combinaciones de Bandas en el Cantón Latacunga 2020 a través de software ArcGIS.

Combinaciones	Bandas	Imagen Combinada
Color Natural	4-3-2	

Falso Color Urbano	7-6-4	
Color Infrarrojo	5-4-3	
Agricultura	6-5-2	

Fuente 11:(PROPIA).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

9.5.4. Clasificación Supervisada

Para esta metodología se utilizó el software ARCGIS donde se crean agrupamientos espectrales, este consta con X pasos, siendo X el total de individuos a clasificar para luego con la herramienta Maximum Likelihood Classification que se encuentra en la siguiente ruta: ***Toolbox>>Spatial Analyst Tools>> Multivariate >>Maximum Likelihood Clasification*** (Escandón Jorge, 2009).

9.5.5. Evapotranspiración MOD16A2

Para la evapotranspiración se utilizará el programa ArcGIS ya que los datos generados por MOD16A2, nos facilitan en un archivo ráster los datos de cada mes del año seleccionado y se procedió a realizar la suma de cada mes para obtener la evapotranspiración anual, utilizando la herramienta ráster calculator que se encuentra en: ***Toolbox>>Spatial Analyst Tools>>Map Algebra>>Ráster Calculator.***

9.5.6. Procesos de Análisis de Datos

Para analizar los datos se empleó un procesamiento estadístico, elaborado en el software Excel, para la representación de datos, resultados mediante tablas y gráficos de barras que expresan los cambios en la cobertura generado por el incremento de invernaderos en el cantón y los cambios que se han dado en la evapotranspiración emitida en los lugares que han generado cambios de cobertura por invernaderos. durante los años 2015 al 2020 y estos a su vez con los cambios en la precipitación del cantón Latacunga.

10. Manejo Especifico del Proyecto

10.1.--Recolección de Datos

10.1.1.-Datos en Campo

- a.-**Toma de vértices de los invernaderos 20 (aleatorios) por medio de un GPS.
- b.-**Digitalización en el software Excel.
- c.-**Abrir el archivo de Excel en ArcGIS.
- d.-**Crear un polígono con los puntos de los invernaderos.
- e.-**Con los polígonos creados encontrar el punto medio de los invernaderos que nos servirán para la creación de las firmas espectrales.

10.1.2.-Imágenes Satelitales

- a.-**Registro en la plataforma USGS Earth Explorer.
- b.-**Selección de las imágenes satelitales a través del portal USGS Earth Explorer, Landsat, de Pat 10 y Raw 60, con menor porcentaje de nubosidad.
- c.-**Descarga de las imágenes seleccionadas (2015-09-15) y (2020- 08-11).

10.2.-Corrección de Imágenes Satelitales

10.2.1. Corrección Radiométrica

Por medio de la herramienta Radiometric Calibration por:

Toolbox>>Radiometric Correction>>Radiometric Calibration.

10.2.2. Corrección Atmosférica

Por medio de la herramienta FLAASH Atmospheric.

Toolbox>>Radiometric Correction>>Atmospheric Correction Module>>FLAASH Atmospheric Correction.

10.3.-Clasificación Supervisada

a.-Construcción de las muestras editando la tabla del punto medio de los invernaderos para aumentar puntos de entrenamiento que generen más clases para que la firma permitirá clasificar la imagen con la mayor exactitud.

b.-Clasificación de la imagen usando:

Toolbox>>Spatial Analyst Tools>> Multivariate >>Maximum Likelihood Clasification.

c.-Corrección de los resultados de la clasificación con métodos de generalización usando.

Toolbox>>Spatial Analyst Tools>> Generalization >>Majority Filter.

d.-El resultado ráster se debe convertir en formato vectorial (polígonos).

e.- Etiquetado de cada celda para asignar su respectiva clase.

f.- Elaboración del Mapa de Cobertura de Suelo para Invernaderos tanto para (2015 y 2020).

10.4.- Obtención Evapotranspiración MOD16A2

a.-Ingreso a la página lpdaac.usgs.gov.

b.-Registro de la página.

c.-Redirección a la sección de Productos y buscar el nombre **MOD16A2**.

d.-Ingreso fecha de interés.

e.-Localización del área de interés.

f.-Selección de las imágenes de cada mes para los años seleccionados (2015-2020).

g.-Descarga de las imágenes seleccionadas.

10.4.1.-Evapotranspiración Anual con el producto MOD16A2

a.-Ingreso de las imágenes de cada mes al software Arcgis.

b.-Recorte de la imagen usando la herramienta clip que se encuentra en la ubicación.

Toolbox>>Data Management Tools>> Ráster >>Ráster Processing >> Clip.

c.-Re proyección de la Imagen a coordenadas UTM Z17 S, con la herramienta Project Ráster que se encuentra en la ruta:

Toolbox>>Data Management Tools>> Projections and Transformations >>Ráster >> Project Ráster.

d.- Clasificación de la imagen para delimitar porcentajes.

e.-Transformación de imagen para cambio de pixeles con la opción Cubic Convolution.

f.-Ingreso del shape de polígonos con los datos de los invernaderos.

g.-Generación de mapas tanto para (2015 y 2020).

10.5.- Análisis de datos

a.- Ingreso al software Excel de las cantidades resultantes de los mapas tanto para (2015 y 2020).

b.- Calculo de los porcentajes de las coberturas ocupadas para cada uno de los años.

c.- Selección del campo invernaderos a una nueva celda para cada uno de los años.

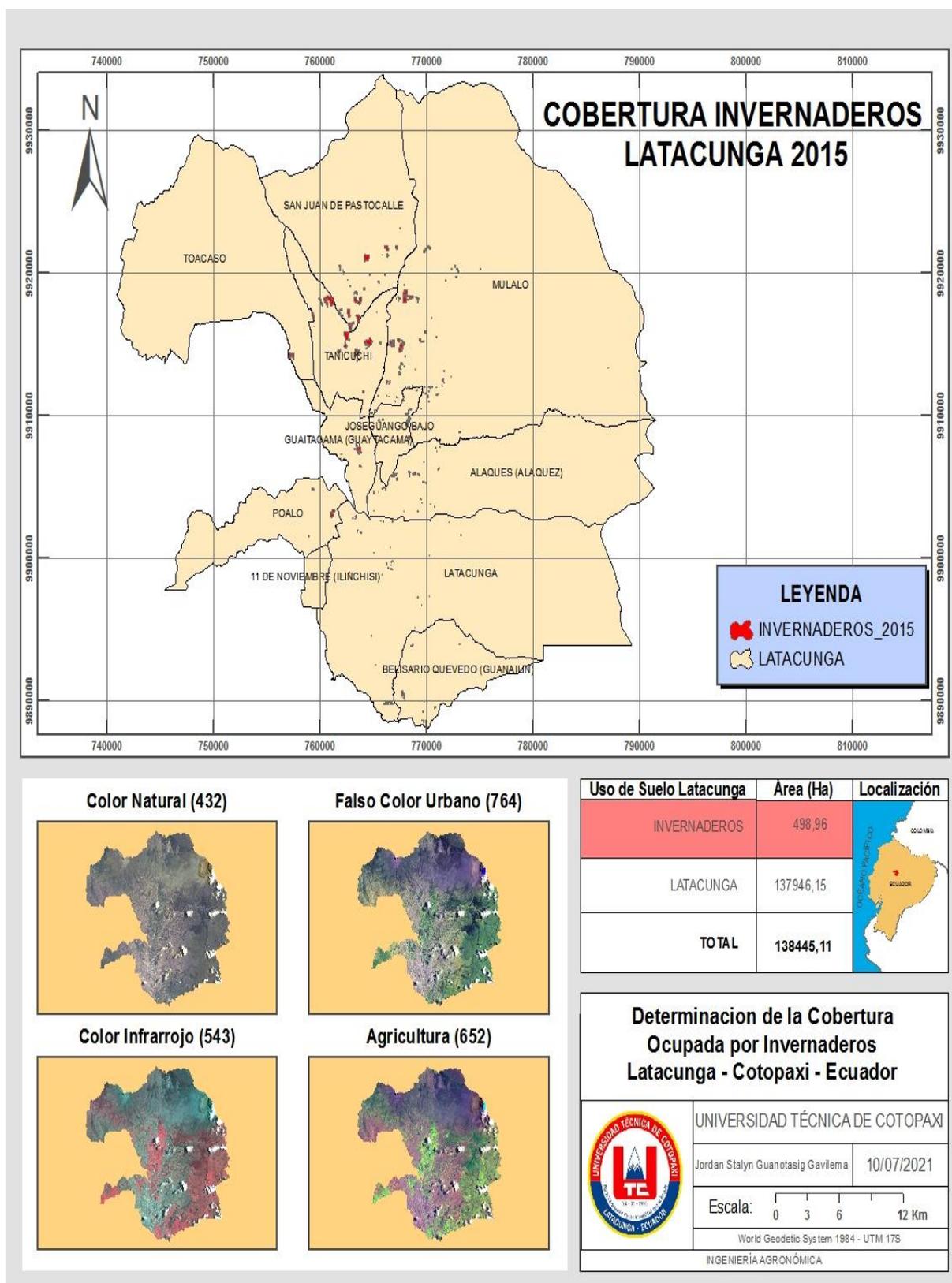
d.- Cálculo del porcentaje de variación.

e.- Elaboración de gráficos y sus análisis respectivos con los resultados obtenidos.

11. Análisis y discusión de los resultados.

11.1.- Mapa Cobertura de Invernaderos Año 2015

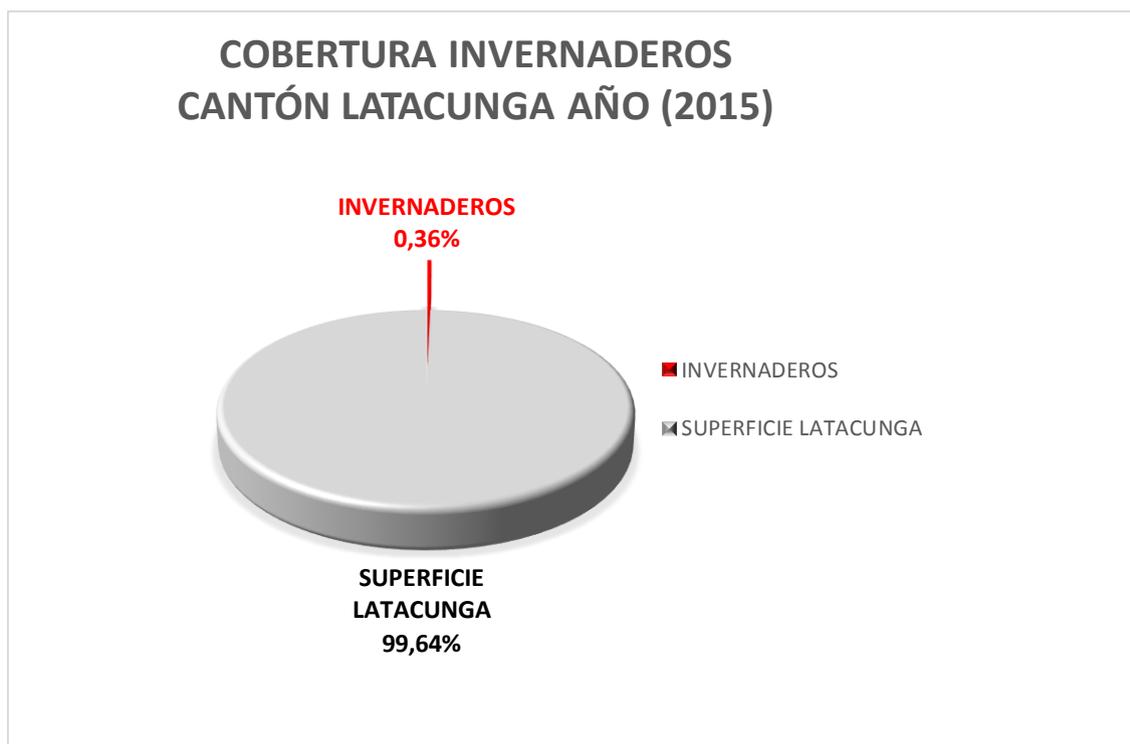
Ilustración 5 Mapa de la clasificación supervisada para cobertura de invernaderos del cantón Latacunga año 2015.



Fuente 12:(Propia).
 Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Clasificación supervisada del Cantón Latacunga del año 2015. Al realizar las combinaciones de bandas las cuales se utilizaron color natural (4-3-2), Falso color urbano (7-6-4), color Infrarrojo (5-4-3), y Agricultura (6-5-2), se pudo realizar la clasificación supervisada de dicho Cantón donde claramente se puede observar las diferentes clasificaciones de las áreas superficiales juntamente con la cantidad de hectáreas visualizando distintos colores donde el color rojo representa a las áreas cubiertas por invernaderos con una cantidad de 498,96 hectáreas y del color beige representando el área del cantón Latacunga.

Figura 1: Porcentajes de las coberturas clasificadas del Cantón Latacunga año 2015.



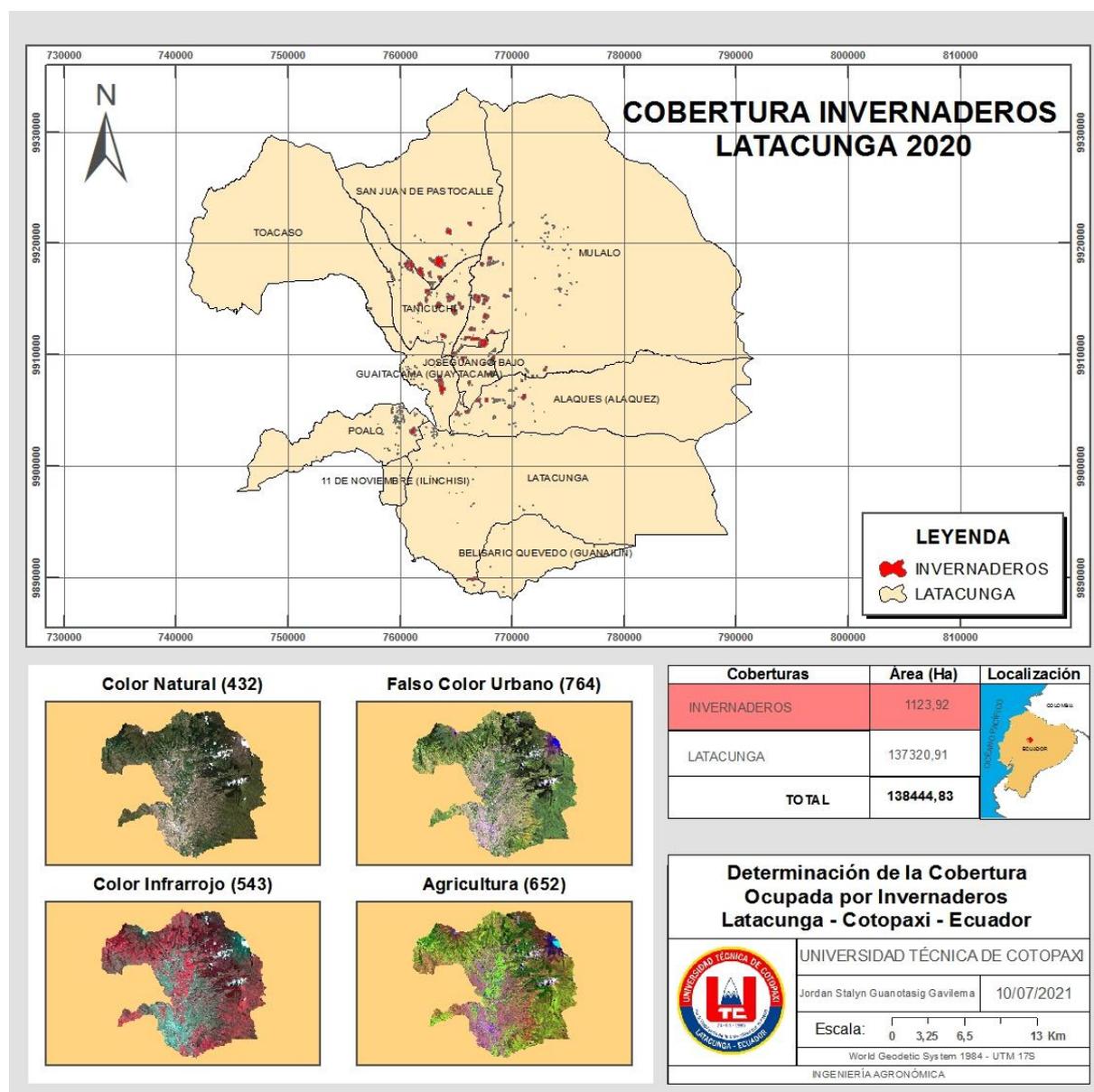
Fuente 13:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En esta figura se puede distinguir la variación de las áreas en porcentajes, como se puede observar en Latacunga durante el año 2015, la zona cubierta por invernaderos representa un 0.36% de acuerdo al mapa de clasificación supervisada previamente realizado.

11.2.- Mapa Cobertura de invernaderos Año 2020

Ilustración 6: Mapa de la clasificación supervisada para cobertura de invernaderos del cantón Latacunga año 2020.



Fuente 14:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Clasificación supervisada del Cantón Latacunga del año 2015. Al realizar las combinaciones de bandas las cuales se utilizaron color natural (4-3-2), Falso color urbano (7-6-4), color Infrarrojo (5-4-3), y Agricultura (6-5-2), se pudo realizar la clasificación supervisada de dicho Cantón donde claramente se puede observar las diferentes clasificaciones de las áreas superficiales juntamente con la cantidad de hectáreas visualizando distintos colores donde el color rojo representa a las áreas cubiertas por invernaderos con una cantidad de 1123,92 hectáreas y del color beige representando el área del cantón Latacunga.

Figura 2: porcentajes de las coberturas clasificadas del Cantón Latacunga año 2020.



Fuente 15:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En esta figura se puede distinguir la variación de las áreas en porcentajes, como se puede observar en Latacunga durante el año 2015, la zona cubierta por invernaderos representa un 0.36% de acuerdo al mapa de clasificación supervisada previamente realizado.

11.3.- Incremento Invernaderos (2015) - (2020).

Figura 3: Comparación del crecimiento de Invernaderos del Cantón Latacunga años (2015) (2020).



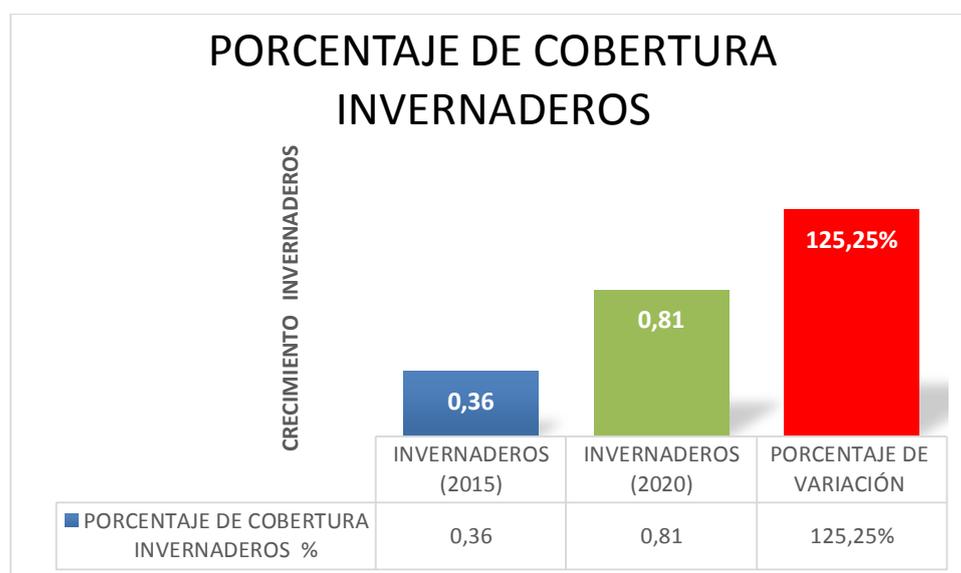
Fuente 16:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En la figura se observa el crecimiento que ha tenido la cobertura utilizada por los invernaderos del cantón en donde en el año 2015 el total de la superficie es de 498,96 ha mientras que en el año 2020 se nota un gran incremento en la superficie con un total de 1.123,92 ha.

11.4.-Porcentaje Cobertura Invernaderos (2015) - (2020).

Figura 4: Porcentaje de Variación de los invernaderos del cantón Latacunga.



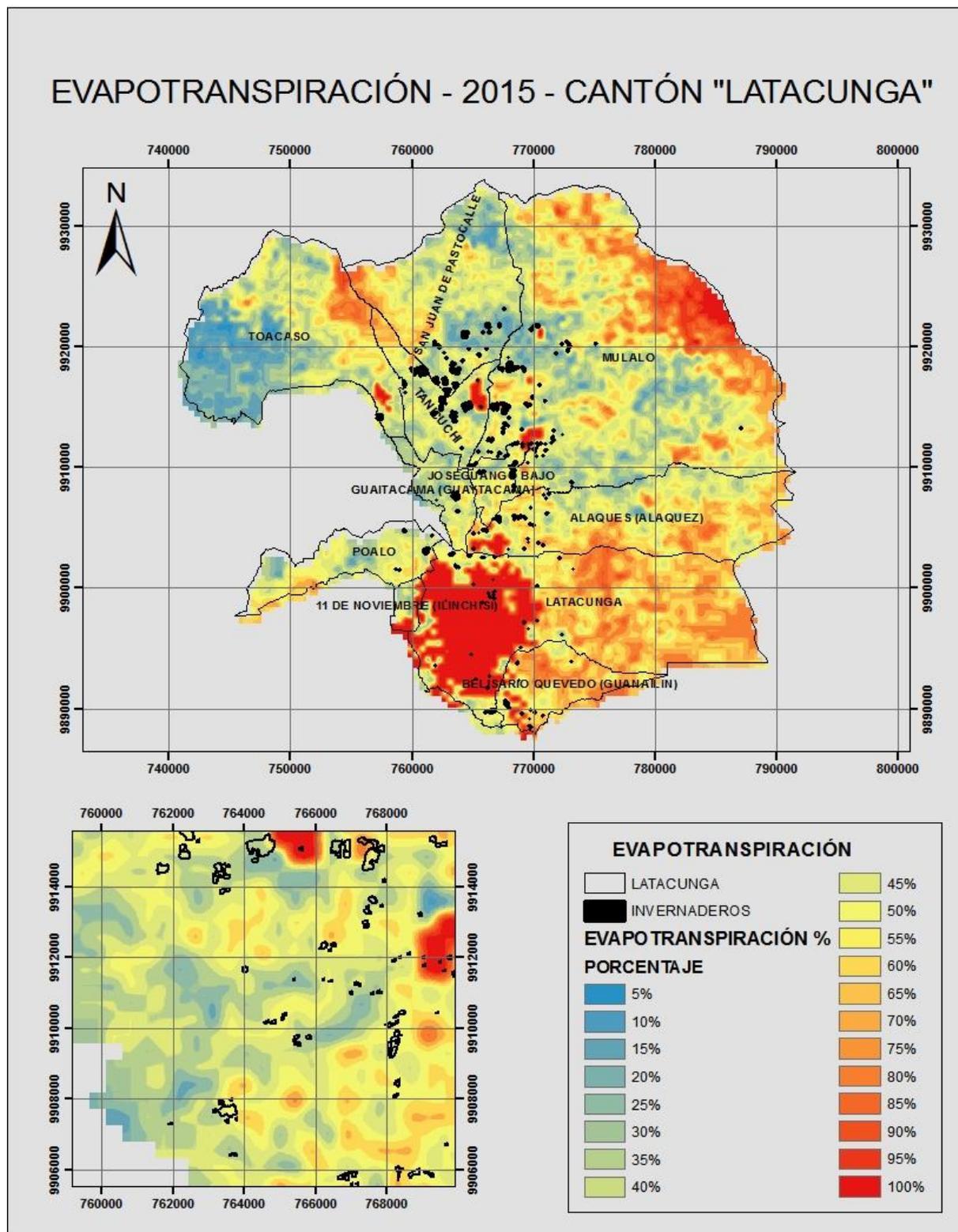
Fuente 17:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En la figura se observa el porcentaje de cada uno de los años de la cobertura ocupada por los invernaderos situados en el cantón Latacunga donde el porcentaje del año 2015 es de 0.36%, mientras que para el año 2020 el porcentaje es de 0.81%. dándonos así un porcentaje de variación de 125,25% notándose claramente el crecimiento acelerado que existe por parte de la construcción de invernaderos.

11.5.- Mapa Evapotranspiración 2015

Ilustración 7: Mapa Evapotranspiración del Cantón Latacunga año 2015.

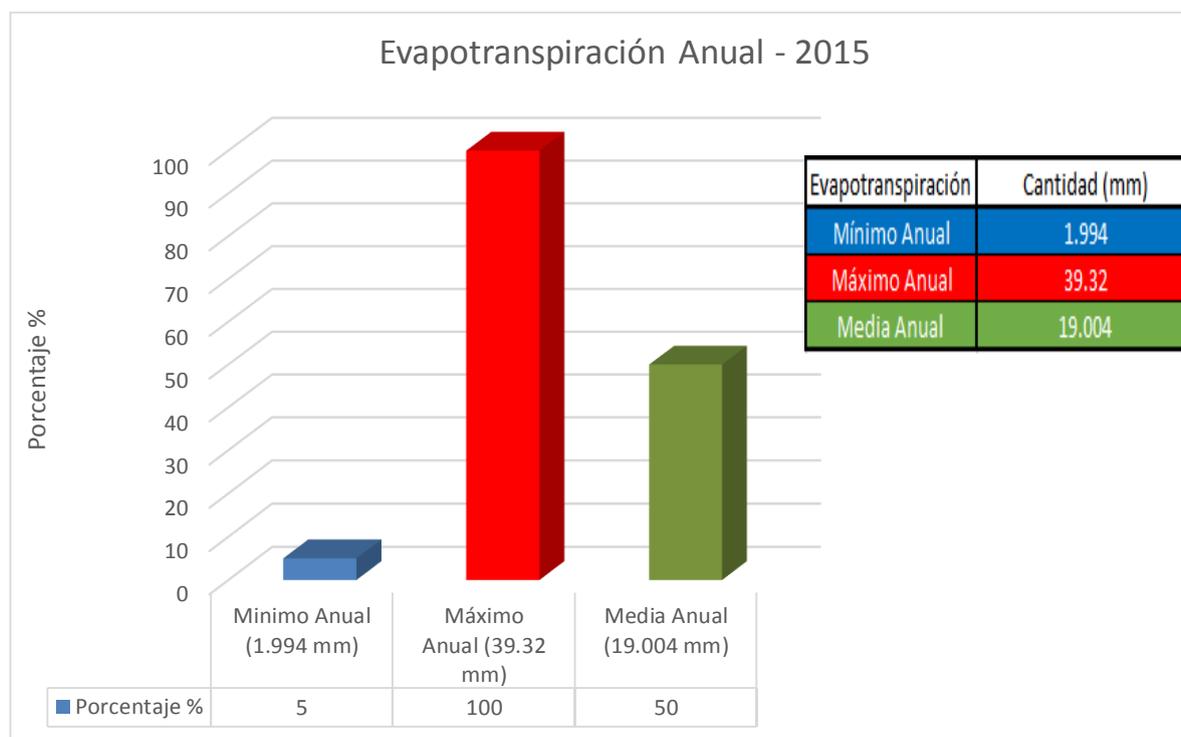


Fuente 18:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En la figura se observa el mapa con de la evapotranspiración anual del cantón para el año 2015 en donde se encuentran los diferentes porcentajes de menor a mayor escala con sus cambios de coloración respectivos, siendo el color azul en porcentaje más bajo y el color rojo el porcentaje más alto.

Figura 5: Cuadro de barras de las cantidades y porcentajes de la evapotranspiración anual del cantón año 2015.



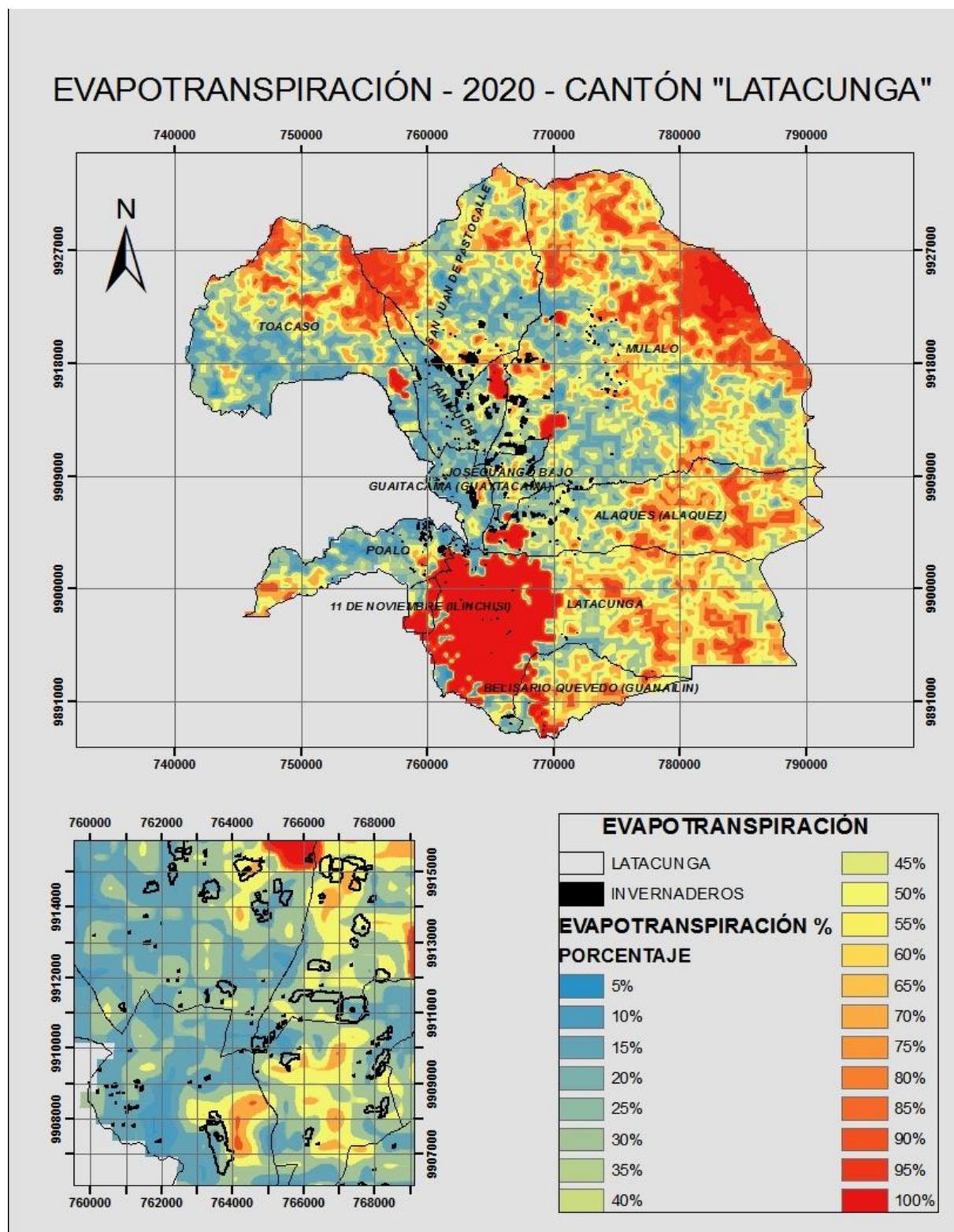
Fuente 19:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En este cuadro de barras se puede distinguir la variación las cantidades de evapotranspiración que genera anualmente el cantón Latacunga en el año 2015, con sus porcentajes que están siendo representados con colores siendo el valor mínimo anual de 1,194 lo que representa el 5% de color azul, el valor máximo anual de 39,32 lo que representa el 100% de color rojo y el valor medio anual de 19,004 representando el 50% siendo este de color verde.

11.6.- Mapa Evapotranspiración año 2020

Ilustración 8: Mapa Evapotranspiración del Cantón Latacunga año 2020.

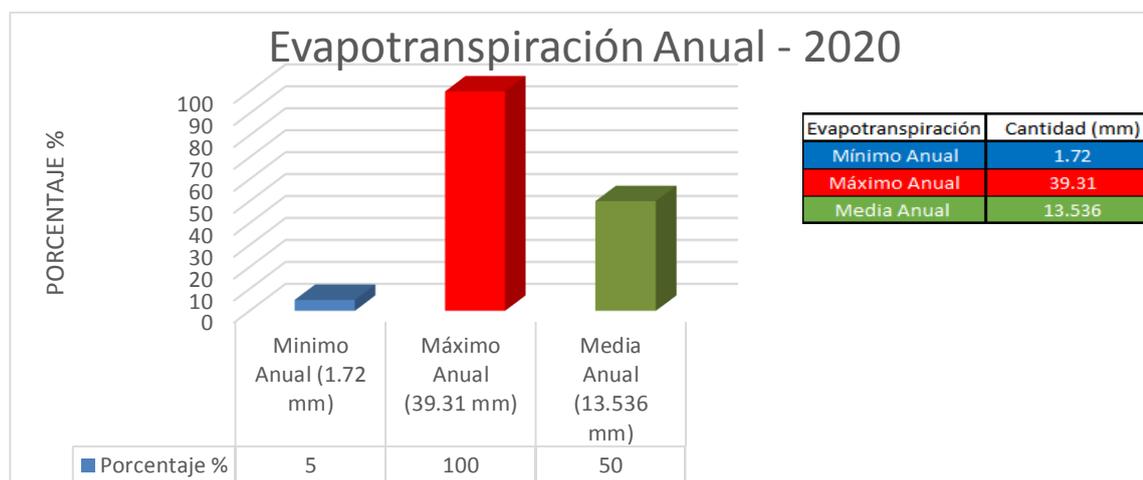


Fuente 20:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En la figura se observa el mapa con de la evapotranspiración anual del cantón para el año 2020 en donde se encuentran los diferentes porcentajes de menor a mayor escala con sus cambios de coloración respectivos, siendo el color azul en porcentaje más bajo y el color rojo el porcentaje más alto.

Figura 6: Cuadro de barras de las cantidades y porcentajes de la evapotranspiración anual del cantón año 2015.



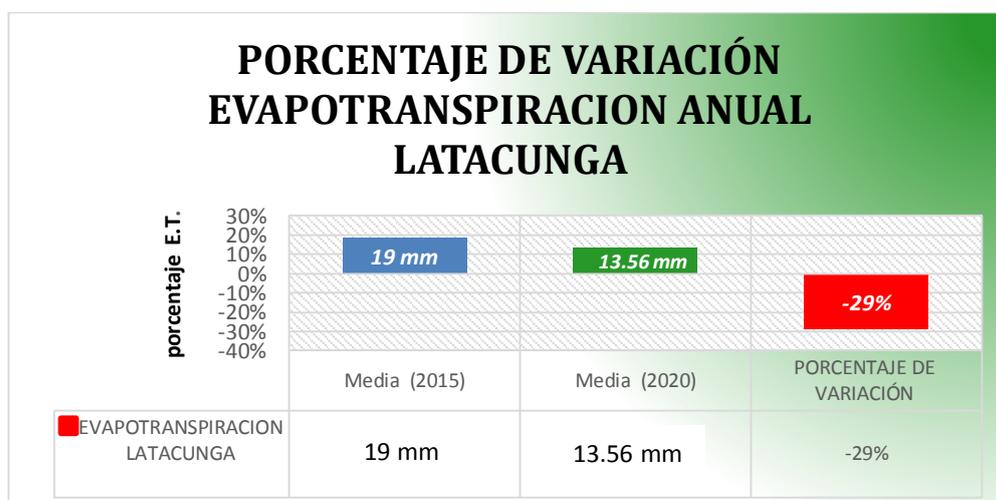
Fuente 21:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En este cuadro de barras se puede distinguir la variación las cantidades de evapotranspiración que genera anualmente el cantón Latacunga en el año 2020, con sus porcentajes que están siendo representados con colores siendo el valor mínimo anual de 1,72 lo que representa el 5% de color azul, el valor máximo anual de 39,31 lo que representa el 100% de color rojo y el valor medio anual de 13,536 representando el 50% siendo este de color verde.

11.7.- Porcentaje de Variación

Figura 7: Porcentaje de Variación de los invernaderos del cantón Latacunga.



Fuente 22:(Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En la figura se observa de cada uno de los años la evapotranspiración media registrada en el cantón Latacunga donde el año 2015 registro una media 19 mm, mientras que para el año 2020 la media anual es de 13.56 mm. dándonos así un porcentaje de variación de -29% notándose claramente una disminución de la evapotranspiración registrada en el cantón Latacunga.

11.8.- Comparación Cobertura Invernaderos y Evapotranspiración

Figura 8: Comparación Cobertura Invernaderos y Evapotranspiración.



Fuente 23: (Propia).

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

En la figura se observa los cambios de Cobertura de los invernaderos y de la evapotranspiración media anual del cantón Latacunga, en donde se puede comparar una diferencia tanto en el crecimiento de los invernaderos con la evapotranspiración teniendo una diferencia de porcentajes del primero con 125,25% de crecimiento a lo largo de los 5 años mientras que para la evapotranspiración de -29% llegando a la comparativa que a mayor crecimiento de invernaderos menor va a ser la evapotranspiración emitida para la formación de nubes y su posterior liberación como precipitación.

11.9.- Discusión de Resultados

Da una idea de qué manera se produjo el incremento de cobertura utilizada por los invernaderos en el transcurso de los años y cuál ha sido su variación. Esta es una de la composición del área de superficie del cantón Latacunga, lo cual se esperaba como resultados un alto índice de crecimiento de cobertura por parte de los invernaderos, por la actividad antrópica suscitadas en el cantón como es la construcción de infraestructuras plásticas para actividades agrícolas. Como resultados obtuvimos que el año donde existe menor área sin cobertura plástica fue el 2015 (0,36%), mientras que en el año 2020 este porcentaje aumento

considerablemente llegando a un porcentaje de (0,81%) de invernaderos establecidos en el cantón Latacunga.

La manera más efectiva de determinar las coberturas es mediante imágenes satelitales ya que ahí se puede obtener datos precisos sin necesidad de ir al mismo lugar y mediante la clasificación supervisada se puede obtener el área total de las áreas de interés ya sea en metros, kilómetros, píxeles, hectáreas (Fonturbel, 2007). Como en este caso se obtuvieron los resultados en hectáreas dándonos una cantidad en el año 2015 de (498,96 Ha) mientras que para el año 2020 se obtuvo la cantidad de (1123,92 Ha), sin embargo, estos datos fueron transformados a porcentajes para tener un mayor manejo de los resultados de la investigación.

Mientras que en un estudio realizado se concluye que las áreas sin coberturas vegetales que en nuestro caso es por las construcciones de invernaderos, se generan por las inadecuadas técnicas de producción agrícola, dando lugar a la migración e incrementación de nuevas áreas agrícolas así mismo por mejorar el desarrollo de superación personal las personas migran a zonas donde se les brinda oportunidades de trabajo (Condori, 2018) como es el caso de Latacunga las personas se dedican tanto a la agricultura como a la floricultura.

De los datos que se obtuvieron para evapotranspiración en los años 2015 al 2020 donde disminuyó del 19% a un 14% y que se puede observar claramente que está ligado al crecimiento de las infraestructuras para invernaderos ya que el lugar donde más asentamientos de invernaderos existe también es el lugar donde menos evapotranspiración se emite hacia la atmósfera. Tal como realizó Pavón (2014), lo cual determinó que la condición de las infraestructuras que reemplazan a la cobertura vegetal hace que sean menores las emisiones de evapotranspiración y como consecuencia afecta a la condensación y por consiguiente a la precipitación.

Las precipitaciones del cantón Latacunga se están viendo afectadas debido a que el crecimiento de las construcciones de invernaderos está dejando sin cobertura vegetal a esas zonas por lo que la radiación neta es transformada en calor sensible lo que significa que el aire de la zona que lo rodea tiende a calentarse, al no tener una transpiración emitida por la vegetación que sea transformada con ayuda de esa radiación neta a evapotranspiración para que cumpla con su proceso de condensación para su posterior regreso a la superficie en forma de precipitación.

12. Impactos (Técnicos, sociales, ambientales o económicos)

El impacto de este proyecto de investigación es de carácter técnico, económico, social y ambiental debido a que con estos resultados se puede tomar conciencia de que los factores antrópicos afectan gravemente a los cambios climáticos y que en este caso se demostró el impacto por parte de los invernaderos y que de una u otra manera afectan a los agricultores sin el recurso vital para los cultivos que es el agua lo que ocasiona pérdidas económicas, y por consiguiente se han formado manifestaciones por dicho medio necesario para la vida.

13. Presupuesto

Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Equipos				
Internet	500	Horas	0.60	300
Impresiones	100	Hojas	0.3	3
GPS	1	Unidad	250	250
Movilización				
Transporte	5	Unidad	2	10
Alimentación	5	Unidad	5	25
Softwares				
ArcGIS	1	Unidad	Licencia Gratuita	0
ENVI	1	Unidad	Licencia Gratuita	0
Excel	1	Unidad	Licencia Gratuita	0
Word	1	Unidad	Licencia Gratuita	0
Materiales				
Esfero	2	Par	0.50	1
Resma de Hojas	1	Unidad	3.50	3.50
Sub total				589
12%				70,68
TOTAL				659,68

14. Conclusiones y recomendaciones

14.1.-Conclusiones

- El crecimiento de cobertura plástica por invernaderos se determinó, mediante la elaboración de un mapa con ayuda de teledetección en el Cantón Latacunga, donde esta cobertura ha ido variando entre los años 2015 al 2020 produciendo un aumento de estas áreas del 0,36% a 0,81% del cantón, teniendo un crecimiento del 125.25% a lo largo de estos 5 años, esto se debió al incremento de Infraestructuras plásticas.
- El cambio en la evapotranspiración anual de los años 2015 y 2020 ha ido disminuyendo en los últimos 5 años determinándose gracias al producto MOD16A2 en donde se encontraron resultados en el 2015 del 19% de evapotranspiración media anual, mientras que para el año 2020 el porcentaje es de 14%. Dándonos así un porcentaje de variación de -29% notándose claramente una disminución de la evapotranspiración y evidenciándose en el mapa elaborado.
- Si bien la tasa anual a lo largo de estos 5 años de evapotranspiración es medianamente baja (-29% anual), el crecimiento de los invernaderos por otro lado no lo es, ya que este si ha tenido un crecimiento acelerado (125,25%) lo que puede ser una amenaza a mediano y largo plazo para las condiciones meteorológicas del cantón.

- Las imágenes satelitales se pueden interpretar como una probabilidad espacial que nos permite entender el cambio de coberturas (invernaderos) que existe en el cantón Latacunga, además de facilitar información sobre factores que mantienen actividad en la atmosfera (evapotranspiración) para su posterior procesamiento y análisis.
- Al ser un estudio bibliográfico documental no se tomaron en cuenta los cultivos internos para la evapotranspiración ya que los resultados obtenidos son de manera superficial que nos ayudan a tener una referencia en cuanto a la cantidad de cobertura plástica y evapotranspiración ya no se tomaron en cuenta los cultivos internos.

14.2.-Recomendaciones

- La recolección de las imágenes satelitales se debe de realizar entre los meses de agosto, septiembre ya que en el lapso de ese tiempo existe poca precipitación por consecuente menos nubosidad ideal para la clasificación de imágenes.
- La información del presente trabajo se recomendaría actualizar cada año para ver los cambios de la superficie de los invernaderos del cantón Latacunga.
- Utilizar la información generada de la presente investigación para realizar charlas a la población donde más se ve afectada para que tomen conciencia y puedan evitar mayores consecuencias a futuro.
- Al ser datos de satélites estos no pueden llegar a ser precisos, es por eso que se recomienda una segunda fase de investigación, en donde esta información sea llevada a un estudio en campo, que nos permita conocer de una manera más detallada los factores que se trataron en este proyecto.

15. Referencias

- Abburu, Sunitha, y Suresh Babu Golla. 2015. "Satellite Image Classification Methods and Techniques: A Review". *International Journal of Computer Applications* 119(8):20–25.
- Alarcón Luis. 2009. "DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN MONITOR INALÁMBRICO EN UN INVERNADERO". Universidad Austral de Chile, Valdivia - Chile .
- Allen, Richard, Luis Pereira, Dirk Raes, y Martin Smith. 2006. *Evapotranspiración del cultivo; Guías para la determinación de los requerimientos de los cultivos* . Vol. 1.
- Alvarado, Susana. 2017. "Evapotranspiración: proceso esencial e invisible". Recuperado el 20 de julio de 2021 (<https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/996-evapotranspiracion-proceso-esencial-e-invisible>).
- Baptista, F. J., B. J. Bailey, J. M. Randall, y J. F. Meneses. 1999. "Greenhouse ventilation rate: Theory and measurement with tracer gas techniques". *Journal of Agricultural and Engineering Research* 72(4):363–74. doi: 10.1006/jaer.1998.0381.
- Barsi, Julia A., Brian L. Markham, Dennis L. Helder, y Gyanesh Chander. 2007. "Radiometric calibration status of Landsat-7 and Landsat-5". P. 67441F en *Sensors*,

- Systems, and Next-Generation Satellites XI*. Vol. 6744. SPIE.
- Básica, Guía, y Rodolfo Franco. 2017. “COMBINACIONES LANDSAT 8 EN ARCGIS”.
- Calvache, Marcelo. 2010. *FISICA DE SUELOS YSU RELACION CON LOSPROBLEMAS AMBIENTALES* . Santo Domingo.
- Calvache Ulloa, Marcelo. 2012. *Riego Andino Tecnificado*. Vol. 1. 1a ed. editado por Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador : Editorial Universitaria.
- Camacho, José. 2015. “Cambios de cobertura/uso del suelo”. *Madera y Bosques* 21(1):93–112.
- Castañeda, Carmen, Azucena Jiménez, Borja Latorre, y Estela Luna. 2000. “Tratamiento automático de imágenes Landsat en entorno SIG para gestión de espacios protegidos: Laguna de Gallocanta, España Automatic processing of Landsat images in a GIS environment in the management of protected areas: The Gallocanta Lake, Spain”. *Natura*.
- Castilla, Nicolas. 2007. *Invernaderos de plástico, Tecnología y manejo*. Vol. 1. 2a ed. editado por Vollebrecht Richard. Madrid: Mundi Empresa.
- Çengel, Yunus A., y Michael A. Boles. 2009. *Termodinámica*. Vol. 1. 6ta ed. editado por Á. Castellanos, R. Alayón, M. Martínez, R. Vázquez, D. Rodríguez, Z. García, y V. González. Mexico D.F: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Cesar Morales-Hernández Fátima MaCiel Carrillo-González, Julio, Luis Manuel FarFán-Molina, y Víctor Manuel Cornejo-lópez. 2016. “Vegetation change cover in the coastal region of Bahia de Banderas, Mexico”. *Ciencias- Bogota* 38(1):17–29. doi: 10.15446/caldasia.v38n1.57831.
- Chuvieco, Emilio. 1995. *FUNDAMENTOS DE TELEDETECCION ESPACIAL*. Vol. 1. Segunda. Madrid - España: Rial S.A.
- Claverie, Martin. 2018. “The Harmonized Landsat and Sentinel-2 surface reflectance data set”. *Remote Sensing of Environment* 219:145–61. doi: 10.1016/j.rse.2018.09.002.
- El Comercio. 2020. “Indígenas y campesinos de Latacunga, Saquisilí, Pujilí y Salcedo cerraron el paso vehicular en la vía Panamericana - El Comercio”. *Indígenas y campesinos de Latacunga, Saquisilí, Pujilí y Salcedo cerraron el paso vehicular en la vía Panamericana*. Recuperado el 30 de junio de 2021 (<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/indigenas-campesinos-cotopaxi-protestas-agua.html>).
- Condori, Luna. 2018. “Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 - 2014”. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 25–44.
- Corujo, Romina. 2016. “Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo-Satipo-Junín, durante los años 2015 – 2018”. Universidad de Oviedo, España.

- Duda, T., y M. Canty. 2002. "Unsupervised classification of satellite imagery: Choosing a good algorithm". *International Journal of Remote Sensing* 23(11):2193–2212. doi: 10.1080/01431160110078467.
- Equipo GEF Corredores Biológicos de Montaña. 2016. "GooGle earth Pro". *Corredores Biologicos de Montaña* 2(15):1–23.
- Escandón Jorge. 2009. "Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(46):27–53.
- ESRI. 2015. "Journal of Geographic Information System". *Understanding GIS* 7(4).
- Expoflores. 2017. "¿por qué son las mejores del mundo? ". Recuperado el 31 de enero de 2021 (<http://flor.ebizaro.com/flores-de-ecuador-las-mejores-del-mundo/>).
- Expoflores. 2020. "Lista de Socios Expoflores - Expoflores". Recuperado el 31 de enero de 2021 (<https://expoflores.com/lista-de-socios-expoflores/>).
- Fainstein, Rubén. 1997. *Manual para el cultivo de rosas en latinoamérica*. Ecuaooffset Cía Ltda.
- Fonturbel. 2007. "Evaluación de la pérdida de la cobertura del bosque seco Chaqueño en el municipio de torotoro y en el Parque Nacional Torotoro (Potosí, Bolivia), mediante teledetección". *Ecología Aplicada* 1726–2216. Recuperado el 19 de julio de 2021 (http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162007000100007&script=sci_abstract).
- Frantz, David. 2018. "Improvement of the Fmask algorithm for Sentinel-2 images: Separating clouds from bright surfaces based on parallax effects". *Remote Sensing of Environment* 215:471–81. doi: 10.1016/j.rse.2018.04.046.
- Ganazhapa Guamán Edith Alexandra, y Muso Guagchinga Ana Rocío. 2013. "INCIDENCIA DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LAS EMPRESAS FLORÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA SECTOR LASSO EN EL PERIODO ENERO – JUNIO 2012". UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Latacunga.
- Geoola, F., Y. Kashti, y U. M. Peiper. 1998. "A model greenhouse for testing the role of condensation, dust and dirt on the solar radiation transmissivity of greenhouse cladding materials". *Journal of Agricultural Engineering Research (United Kingdom)* 71:339–46.
- GepService. 2015. "INFORMACION TECNICA-ENVI". *GSP*.
- Hanan, Joe. 1997. *Invernaderos: tecnología avanzada para la horticultura protegida - Primera edición*. Vol. 1. 1a ed. Prensa CRC.
- INEC. 2010. "FASCÍCULO PROVINCIAL COTOPAXI". *Resultados Censo 2010* 1–8. doi: 10.310.
- Irmak, Suat, y Dorota Z. Haman. 1969. "Evapotranspiration: Potential or Reference?" *EDIS* 2003(14):1–4. doi: 10.32473/edis-ae256-2003.
- Jaramillo, L. V., y A. F. Antunes. 2018. "Change detection in vegetation cover through interpretation of Landsat images by artificial neural networks (ANN). case study:

- Ecuadorian Amazon Region”. *Revista de Teledeteccion* 2018(51):33–46. doi: 10.4995/raet.2018.8995.
- Jog, Sayali, y Mrudul Dixit. 2016. “Supervised classification of satellite images”. Pp. 93–98 en *Conference on Advances in Signal Processing, CASP 2016*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Lawrence Pratt, y Juan Manuel Ortega. 2019. “Agricultura protegida en México: Elaboración de la metodología para el primer bono verde agrícola certificado | Publications”. *Banco Interamericano de Desarrollo* 19–77. Recuperado el 22 de diciembre de 2020 (https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Agricultura_protegida_en_México_Elaboración_de_la_metodología_para_el_primer_bono_verde_agrícola_certificado_es.pdf).
- Llanes, Omar, Mariano Norzagaray, y Norma Muñoz. 2014. “DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ETP Y DE REFERENCIA ETO COMO INDICADOR DEL BALANCE HÍDRICO DEL CORAZÓN AGRÍCOLA DE MÉXICO”. *Juyyaania* 2(1):119–29.
- López, Julio. 1981. *CULTIVO DEL ROSAL EN INVERNADERO* . Vol. 1. Mundi-Prensa. editado por Mundi-Prensa. Barcelona - España: Mundi-Prensa.
- Ma, Lei, Manchun Li, Xiaoxue Ma, Liang Cheng, Peijun Du, y Yongxue Liu. 2017. “A review of supervised object-based land-cover image classification”. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, agosto 1, 277–93.
- Martinez, Allan. 2014. “CREACIÓN DE UN CENTRO DE EXTENSIONISMO COMO ESTRATEGIA PARA IMPULSAR LA AGRICULTURA PROTEGIDA Y EL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE EN EL CENTRO-ORIENTE DEL ESTADO DE MORELOS.” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, MéxicoCoahuila, México.
- Martinez, P. F., y Dorlors Roca. 2001. *El control del clima de los invernaderos de plástico. Un enfoque actualizado*. Vol. 1. First. editado por R. Flórez y J. Víctor. Colombia: www.editorial.unal.edu.co.
- Martsynovska, Olha. 2011. *Master programme in Economic Growth, Innovation and Spatial Dynamics GLOBAL FLORICULTURE INDUSTRY VALUE CHAIN. POSITION OF THE UKRAINIAN FIRMS IN THE FLORICULTURE BUSINESS*. Lund, Suecia.
- Moreno Reséndez, Aguilar Durón, y Luévano González. 2011. “Revista Mexicana de Agronegocios”. 29:763–74.
- Moya, Talens. 2009. *RIEGO LOCALIZADO Y FERTIRRIGACIÓN* . Vol. 1. 4ª EDICIÓN. AMV .
- OMM. 2018. *Guía de instrumentos y métodos de observación*. Vol. 5. 8a ed. editado por METEOTERM. Genève - Suiza.
- PDYOT Cotopaxi. 2015. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025 22 de julio del 2015 Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi*. Latacunga.
- Pellat, Fernando Paz. 2018. “Correcciones atmosféricas relativas de imágenes de satélite:

- patrones invariantes y modelos atmosféricos”. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA* 36(1):1–12. doi: 10.28940/TERRA.V36I1.228.
- Portillo, Marco. 2006. *Manual de agricultura protegida los 5 pilares*. Francisco Morazán, .
- Pro Ecuador. 2014. *Análisis Sectorial de Flores* . Quito-Ecuador.
- QAMPO. 2017. “Cultivos protegidos e invernaderos”. Recuperado el 30 de junio de 2021 (<https://qampo.es/blog/cultivos-prottegidos-e-invernaderos/>).
- Radhwan, Abdulhaiy M., y Hassan E. S. Fath. 2005. “Thermal performance of greenhouses with a built-in solar distillation system: Experimental study”. *Desalination* 181(1–3):193–205. doi: 10.1016/j.desal.2005.05.005.
- Ramirez, S. 2020. “La agricultura e industria abarcan el 59% de la economía de Cotopaxi y la importancia del clima de Latacunga”. *Universidad Ciencia y Tecnología* 24(106):52–62. doi: 10.47460/uct.v24i106.396.
- Rodríguez, Alan. 2017. “Diseño de un Sistema de Instrumentación y Medición para los Parámetros Físicos de un Módulo de Invernadero”. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo , Hidalgo.
- Santana Pérez, Luis Manuel, José Manuel, y Hernández Abreu. 2008. “Evapotranspiración Penman-Monteith”. *Agro Cabildo* 1–77.
- Silva, José, y Soto Álvarez. 2006. *Criterios y Bases Técnicas para el Manejo Integrado del Agua-Riego y Drenaje*. Guatemala.
- Solórzano, Milton. 2008. *ATLAS NACIONAL DE AMBIENTES PROTEGIDOS DE COSTA RICA*. Cartago.
- Sun, Lin. 2017. “A cloud detection algorithm-generating method for remote sensing data at visible to short-wave infrared wavelengths”. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 124:70–88. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.12.005.
- Szewrański, Szymon, Jan Kazak, Marta Sylla, y Małgorzata Świąder. 2017. “Spatial data analysis with the use of ArcGIS and Tableau systems”. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* 0(9783319451220):337–49. doi: 10.1007/978-3-319-45123-7_24.
- Tarjuelo. José. 2005. *El riego por aspersión y su tecnología* . Vol. 41. Mundiprensa. editado por Mundiprensa. Madrid: Mundiprensa.
- Torre Pillpa, Mirsa Isabel, y Patricia Denis Rivas Aquino. 2019. “Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo-Satipo-Junín, durante los años 2015 – 2018”. Universidad César Vallejo, Lima - Perú.
- Villaman Peña, Ramon, Leonardo Tijerina Chávez, Abel Quevedo Nolasco, y Guillermo Crespo Pichardo. 2001. “Comparison of Some Micrometeorological Methods to Estimate Evapotranspiration in Montecillo Area, Mexico”. *Terra Latinoamericana* 19(3):281–91.
- Wijnands, J. 2015. “Impact of institutions on the performance of the flower”. *mexicana de ciencias agrícolas* 6(5).

16. Anexos

Anexo 1: Aval del Traductor



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 – 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR –2021”** presentado por: **GUANOTASIG GAVILEMA JORDAN STALYN**, egresado de la Carrera de: **INGENIERÍA AGRONÓMICA**, perteneciente a la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2021

Atentamente,

Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0910821669



16.1.-Recolección de Datos

16.1.1.-Datos en Campo:

Anexo 2: Toma de vértices de los invernaderos (20).

Nombre Invernadero	ID	X (COORD)	Y (COORD)	Z
Purely Flores	11	768620,42	9892147,33	2807
Manifla S.A.	12	768608,04	9892066,74	2811
Karona Flores	13	768652,53	9892060,64	2808
Agriculta El Rosario	14	768663,94	9892141,51	2803
Granosa FARMAS	15	772260,61	9896125,45	2978
Huapaco Flores	16	772301,85	9896124,60	2983
El Compañero de Santa Ana	17	772304,23	9896172,18	2991
Suava flor	18	772262,14	9896173,38	2986
Pancho Flor	19	768391,91	9904412,39	2969
Highland S.A.	20	768345,10	9904357,52	2965
Uba Flores	1	768608,04	9892066,74	2811
County Flores	2	768663,94	9892141,51	2803
04 Pines Comercio Hds.	3	768645,10	9904357,52	2965
HI Connection S.A.	4	768652,53	9892060,64	2808
Sambel-Flores CIA	5	768663,94	9892141,51	2803
Agriculta Suva Dia.	6	772301,85	9896124,60	2983
Agricultorata Epurason	7	772304,23	9896172,18	2991
Agricultural C.A.	8	772262,14	9896173,38	2986
Aguinas S.A.	9	768391,91	9904412,39	2969
Tambo Flores S.A.	10	768345,10	9904357,52	2965

Fuente 24: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

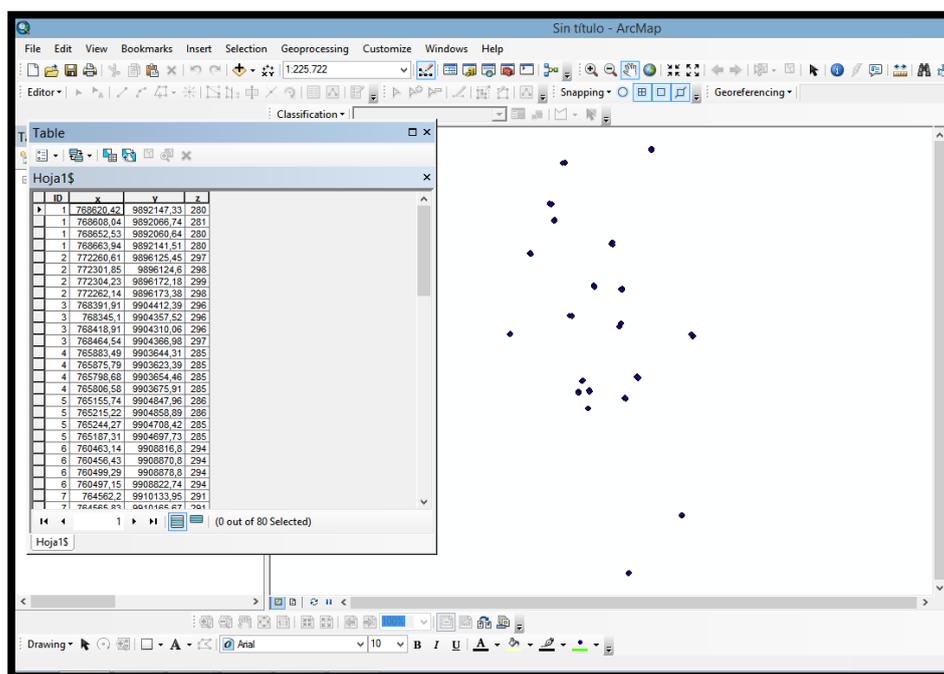
Anexo 3: Digitalización en el software Excel.

ID	x	y	z	ID	x	y	z	ID	x	y	z
1	768620,42	9892147,33	2807	26	764562,20	9910133,95	2914	56	764077,76	9920879,18	3162
2	768608,04	9892066,74	2811	27	764565,83	9910165,67	2915	57	764079,88	9920831,71	3160
3	768652,53	9892060,64	2808	28	764730,01	9910149,73	2917	58	763168,91	9917956,83	3083
4	768663,94	9892141,51	2803	29	764726,74	9910116,71	2917	59	763185,47	9918018,98	3085
5	772260,61	9896125,45	2978	30	773044,47	9908694,99	3043	60	763340,91	9917979,38	3081
6	772301,85	9896124,60	2983	31	773092,05	9908741,23	3046	61	763325,99	9917915,94	3079
7	772304,23	9896172,18	2991	32	772989,18	9908869,03	3042	62	761834,92	9914546,84	3023
8	772262,14	9896173,38	2986	33	772941,97	9908823,63	3041	63	761868,11	9914436,78	3016
9	768391,91	9904412,39	2969	34	768081,08	9909626,62	2944	64	761925,13	9914455,44	3016
10	768345,10	9904357,52	2965	35	768138,76	9909598,01	2944	65	761897,45	9914564,75	3021
11	768418,91	9904310,06	2965	36	768021,12	9909357,50	2934	66	763463,37	9916863,41	3054
12	768464,54	9904366,98	2970	37	767962,07	9909385,80	2936	67	763526,58	9916880,14	3054
13	765883,49	9903644,31	2855	38	768117,91	9912037,70	2967	68	763547,73	9916801,76	3051
14	765875,79	9903623,39	2854	39	768182,24	9912056,58	2968	69	763487,35	9916782,89	3053
15	765798,68	9903654,46	2853	40	768212,62	9911952,77	2967	70	767460,34	9915155,99	3005
16	765806,58	9903675,91	2854	41	768149,32	9911933,59	2964	71	767504,59	9915310,06	3011
17	765155,74	9904847,96	2863	42	765993,02	9904826,07	2865	72	767568,83	9915290,59	3012
18	765244,27	9904708,42	2856	43	765955,38	9904946,57	2864	73	767525,22	9915135,79	3006
19	765187,31	9904697,73	2855	44	765890,94	9904927,61	2864	74	766318,34	9912278,83	2949
20	760456,43	9908870,80	2946	45	765926,71	9904805,45	2864	75	766260,30	9912288,38	2949
21	760499,29	9908878,80	2945	46	769208,75	9905902,29	2922	76	766237,30	9912168,17	2949
22	760497,15	9908822,74	2945	47	769171,58	9905850,39	2924	77	766294,88	9912159,55	2948
23	764562,20	9910133,95	2914	48	769308,38	9905756,21	2938	78	765471,57	9905537,50	2868
				49	769346,47	9905807,65	2937	79	765410,27	9905555,82	2867
				50	770222,62	9921742,64	3157	80	765435,78	9905633,97	2868
				51	770261,33	9921839,61	3160	81	765497,40	9905616,46	2868

Fuente 25: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

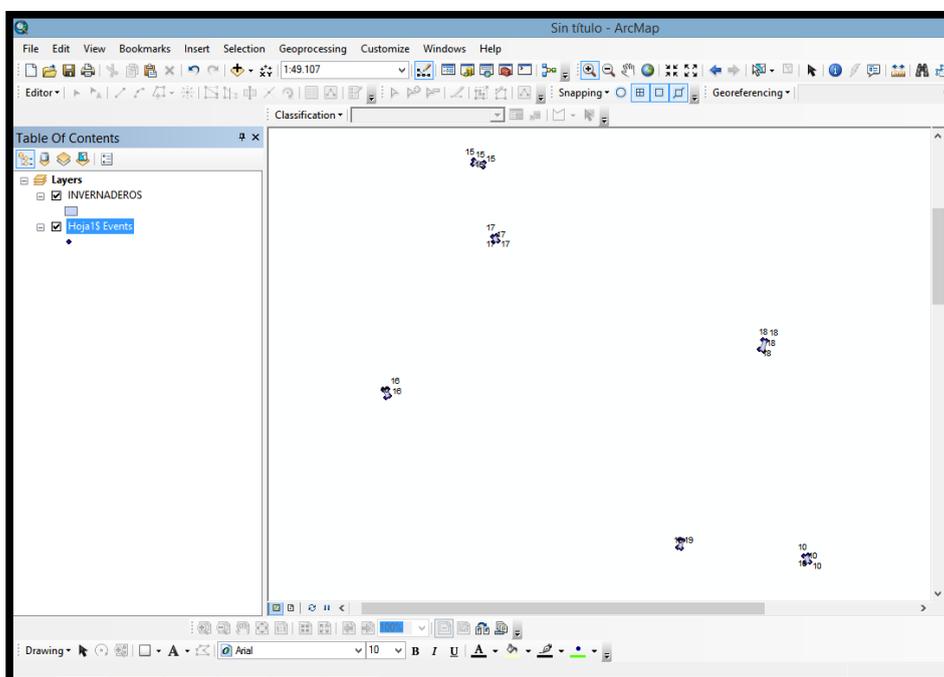
Anexo 4: Abrir el archivo de Excel en ArcGIS.



Fuente 26: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

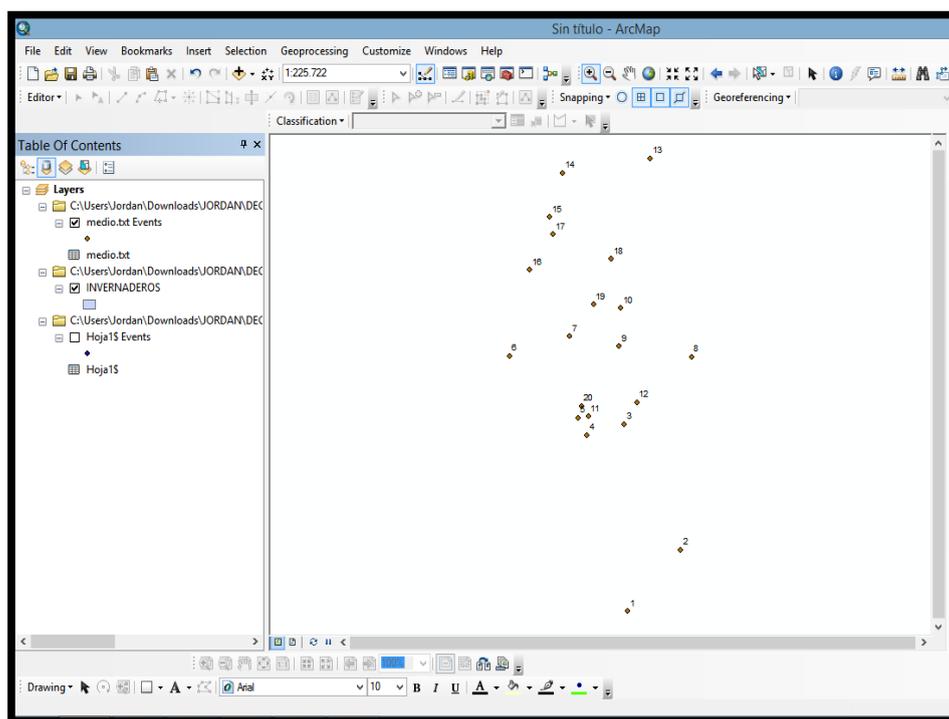
Anexo 5: Creación de polígonos con los puntos de los invernaderos.



Fuente 27: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 6: Encuentro del punto medio de los polígonos.



Fuente 28: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

16.1.2.- Imágenes Satelitales

Anexo 7: Registro en la plataforma USGS Earth Explorer.

USGS
science for a changing world

Sistema de registro EROS [Cambiar la contraseña](#) [Realimentación](#) [Acceso](#)

Se requieren credenciales de registro e inicio de sesión para acceder a todas las funciones del sistema y descargar datos de los servicios web de USGS EROS. Para garantizar la privacidad y la seguridad, ERS utiliza el Protocolo de transferencia de hipertexto con Secure Sockets Layer (HTTPS) para cifrar la autenticación del usuario.

Para registrarse, cree un nombre de usuario y una contraseña. La información recopilada del proceso de registro no se distribuye a otras organizaciones y solo se utiliza para determinar tendencias en el uso de datos. Revise las [políticas de privacidad de USGS](#).

El botón Cancelar se puede utilizar para salir del proceso de registro en cualquier momento y la información ingresada se perderá.

Nombre de usuario

Jordang 997

Nueva contraseña

.....

Confirmar nueva contraseña

Requisitos de nombre de usuario

- Debe tener entre 4 y 30 caracteres
- Puede contener caracteres alfabéticos y numéricos.
- Solo puede contener los siguientes caracteres especiales
 - período "."
 - a la señal "@"
 - guion bajo "_"
 - pizca "-"

Requisitos de contraseña

Fuente 29: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 8: Selección de las imágenes satelitales Par 10, Raw 60, con menor porcentaje de nubosidad (2015-09-15).

The screenshot displays the 'Data Set' interface for Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 data. On the left, a list of images is shown, with the selected image having ID: LC08_L1TP_010060_20150915_20170404_01_T1, Acquisition Date: 2015-09-15, Path: 10, and Row: 60. The main map shows a satellite view of Ecuador with a blue rectangular selection box covering the central region, including the provinces of Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, and parts of Imbabura, Ibarra, and Napo. The map includes labels for various cities and provinces.

Fuente 30: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

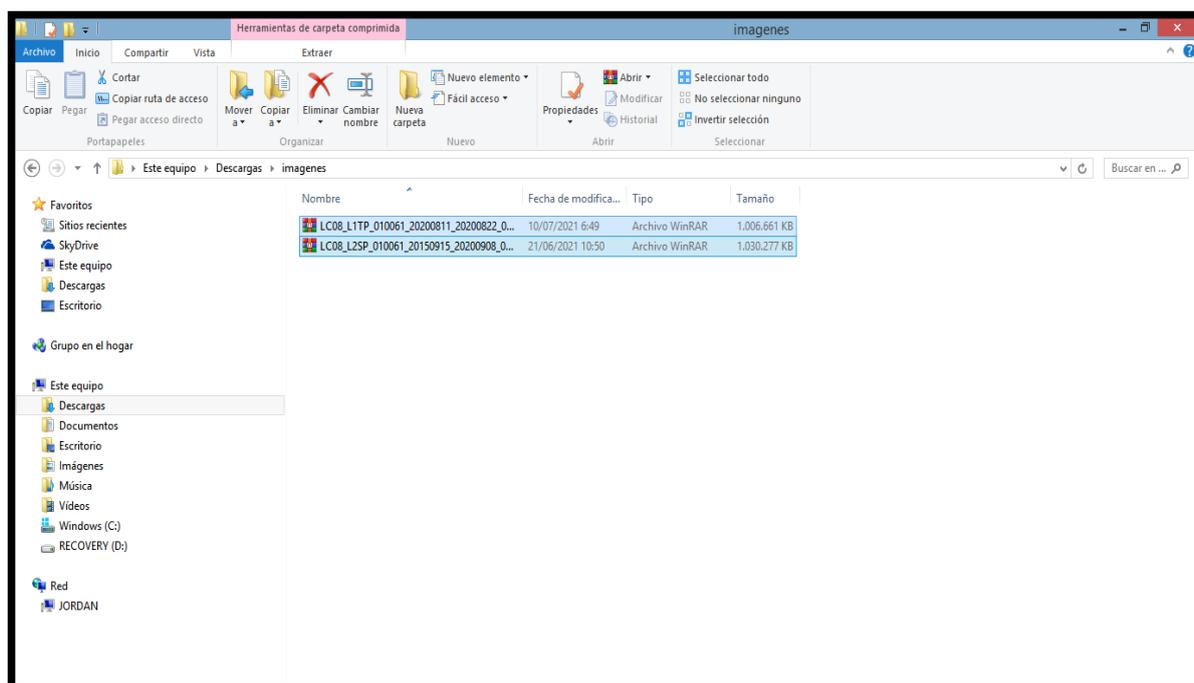
Anexo 9: Selección de las imágenes satelitales Par 10, Raw 60, con menor porcentaje de nubosidad (2020-08-11).

The screenshot displays the 'Data Set' interface for Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 data. On the left, a list of images is shown, with the selected image having ID: LC08_L1TP_010060_20200827_20200905_01_T1, Acquisition Date: 2020-08-27, Path: 10, and Row: 60. The main map shows a satellite view of Ecuador with a blue rectangular selection box covering the central region, including the provinces of Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, and parts of Imbabura, Ibarra, and Napo. The map includes labels for various cities and provinces.

Fuente 31: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 10: Descarga de las Imágenes seleccionadas (2015-09-15) y (2020-08-11).

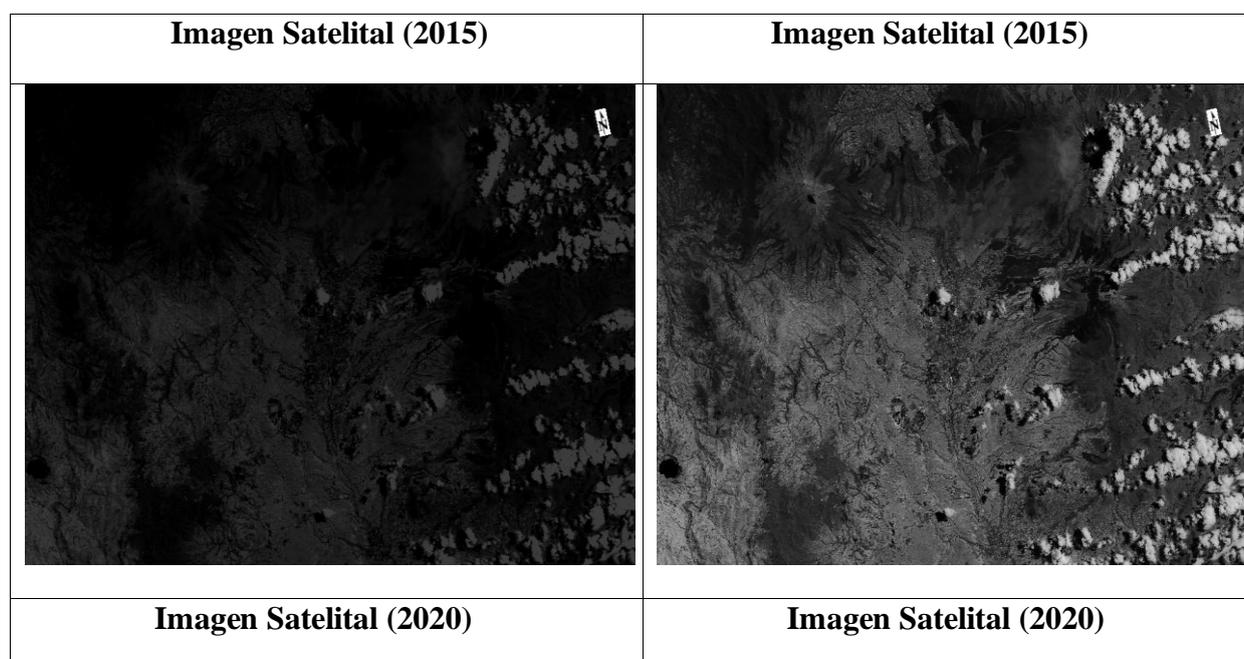


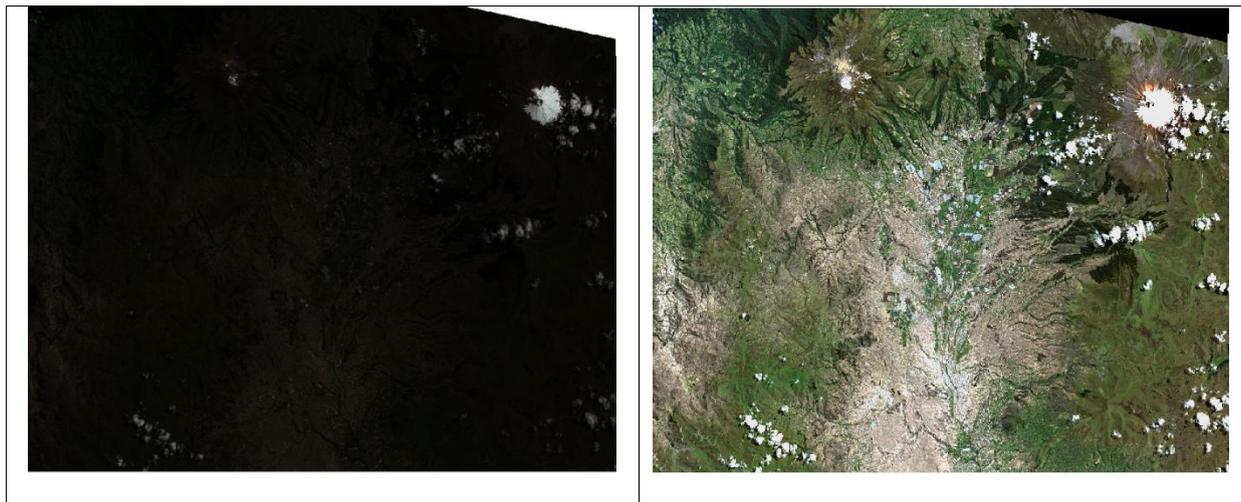
Fuente 32: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

16.2.- Corrección de Imágenes Satelitales

Anexo 11: Corrección De Imágenes Satelitales del cantón Latacunga 2015 y 2020 por medio del software ENVI.



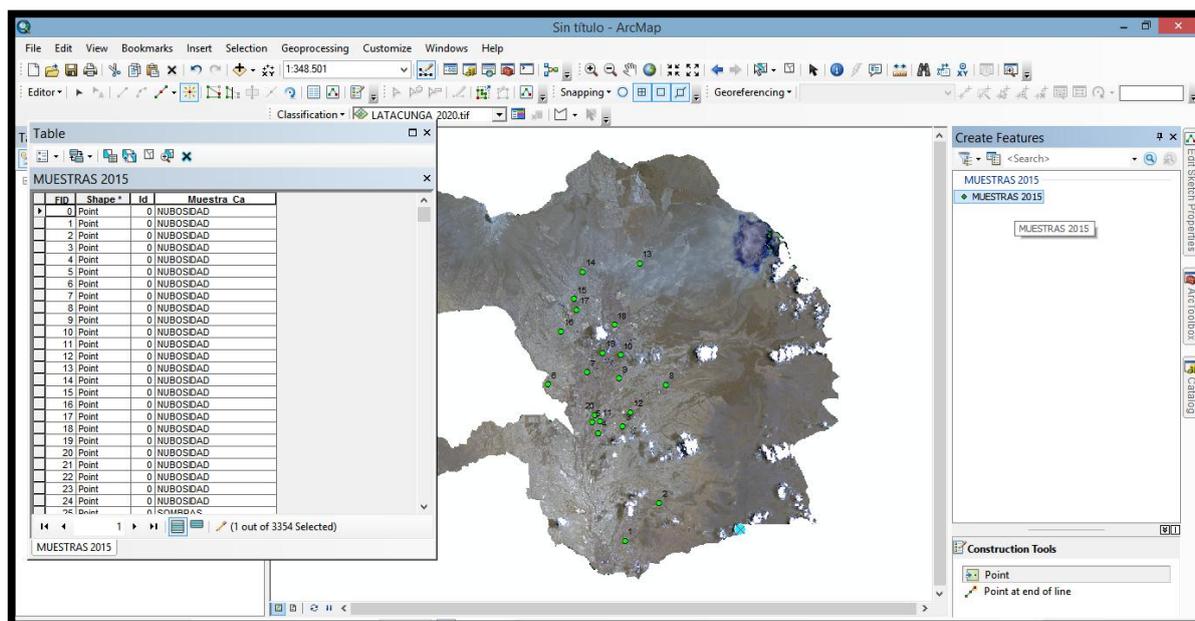


Fuente 33: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

16.3.- Clasificación Supervisada

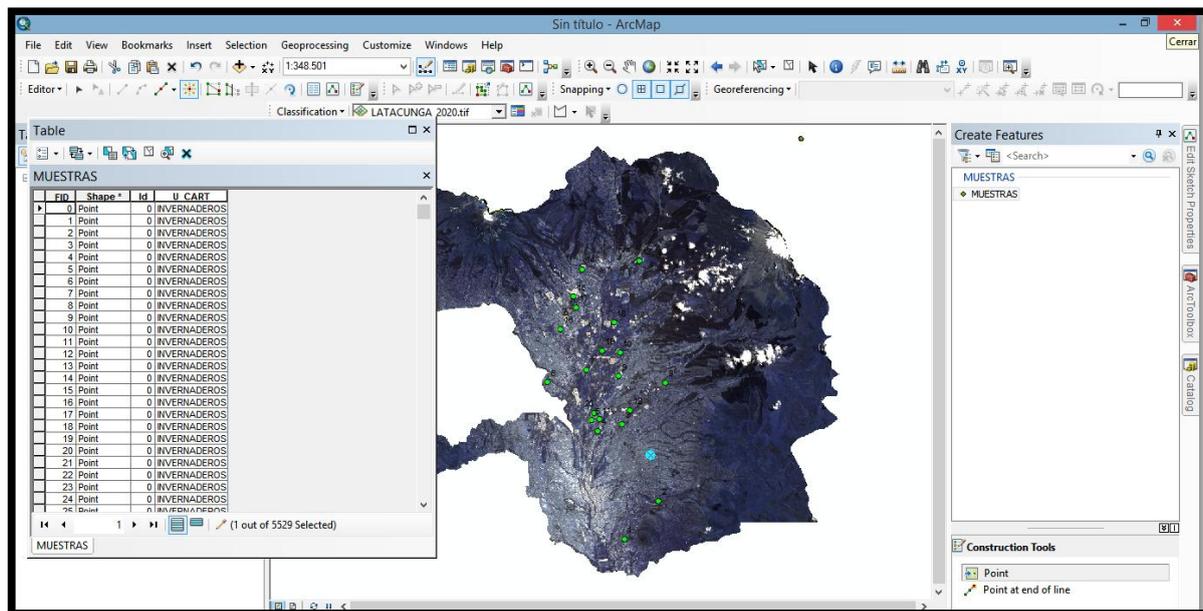
Anexo 12: Construcción de las muestras en la tabla de los invernaderos para generar puntos de entrenamiento (2015).



Fuente 34: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

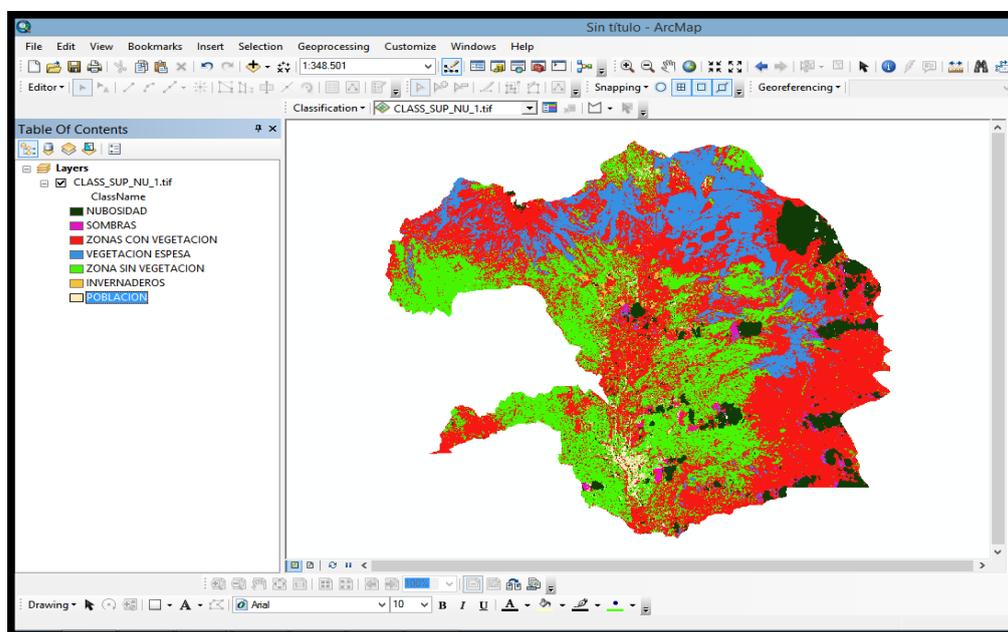
Anexo 13: Construcción de las muestras en la tabla de los invernaderos para generar puntos de entrenamiento (2020).



Fuente 35: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

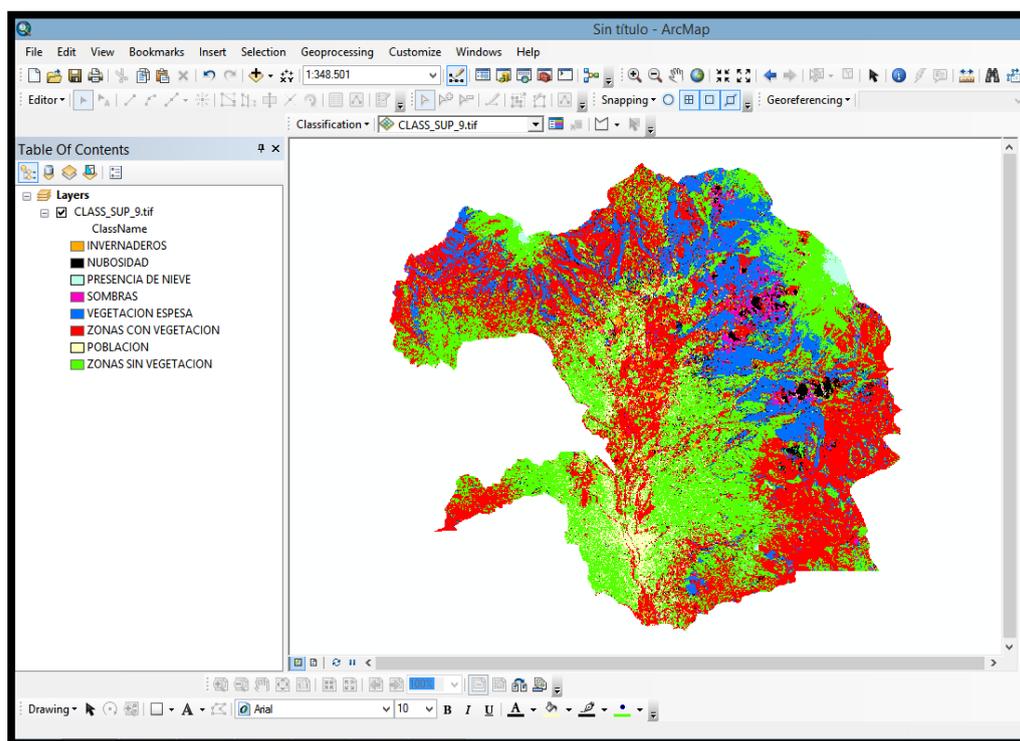
Anexo 14: Clasificación Supervisada (2015).



Fuente 36 Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

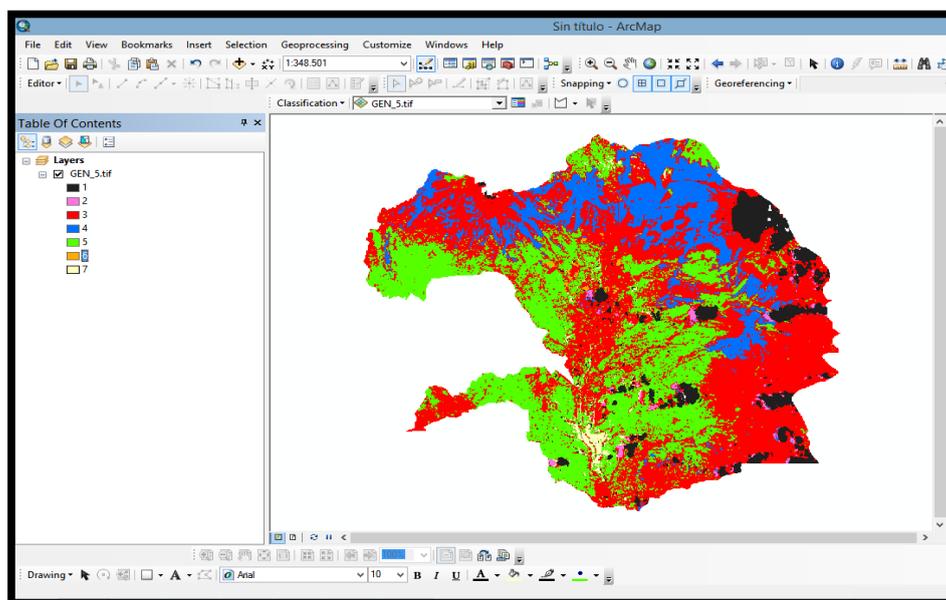
Anexo 15: Clasificación Supervisada (2020).



Fuente 37: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

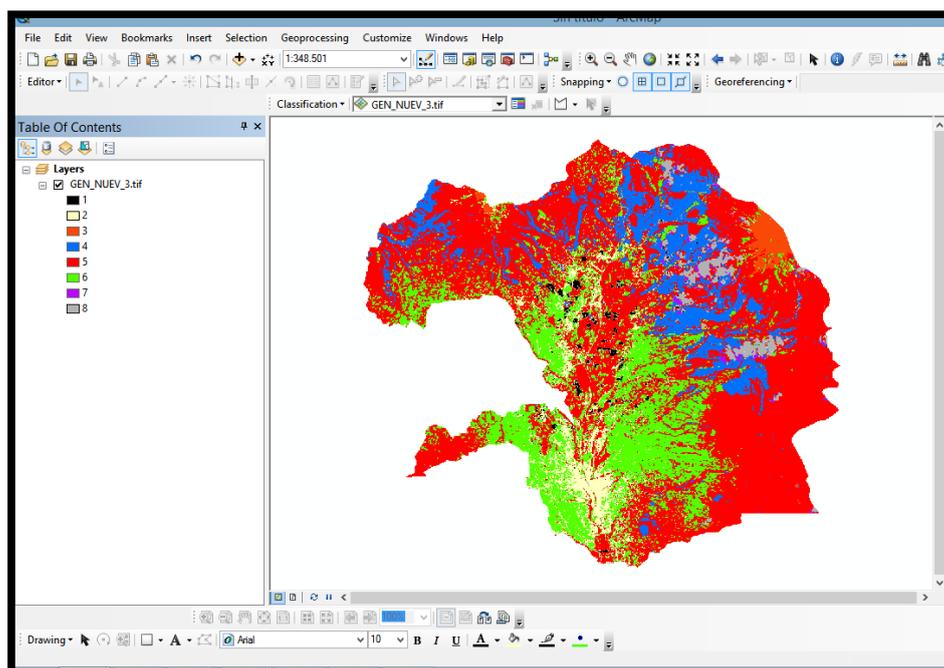
Anexo 16: Corrección de los resultados de la clasificación con herramienta generalización (2015).



Fuente 38: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

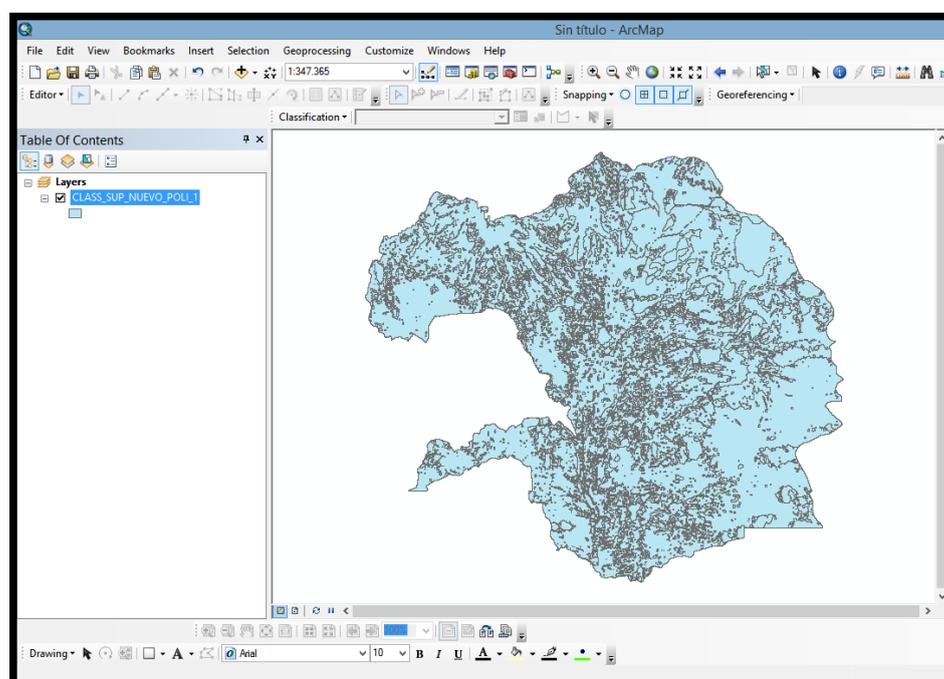
Anexo 17: Corrección de los resultados de la clasificación con herramienta generalización (2020).



Fuente 39: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

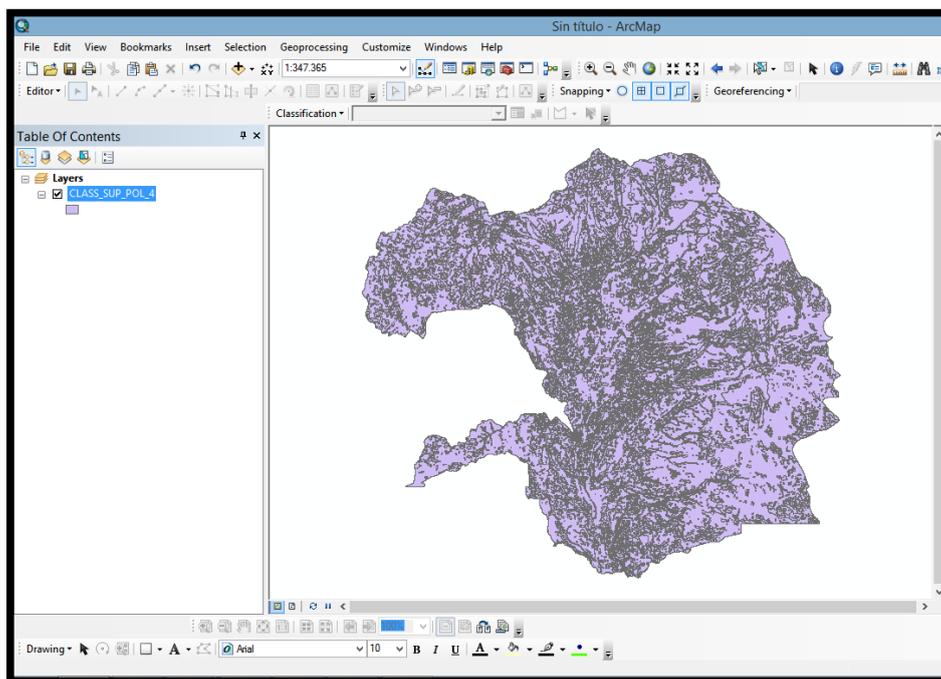
Anexo 18: Conversión del Ráster a vector (Polígono) (2015).



Fuente 40: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

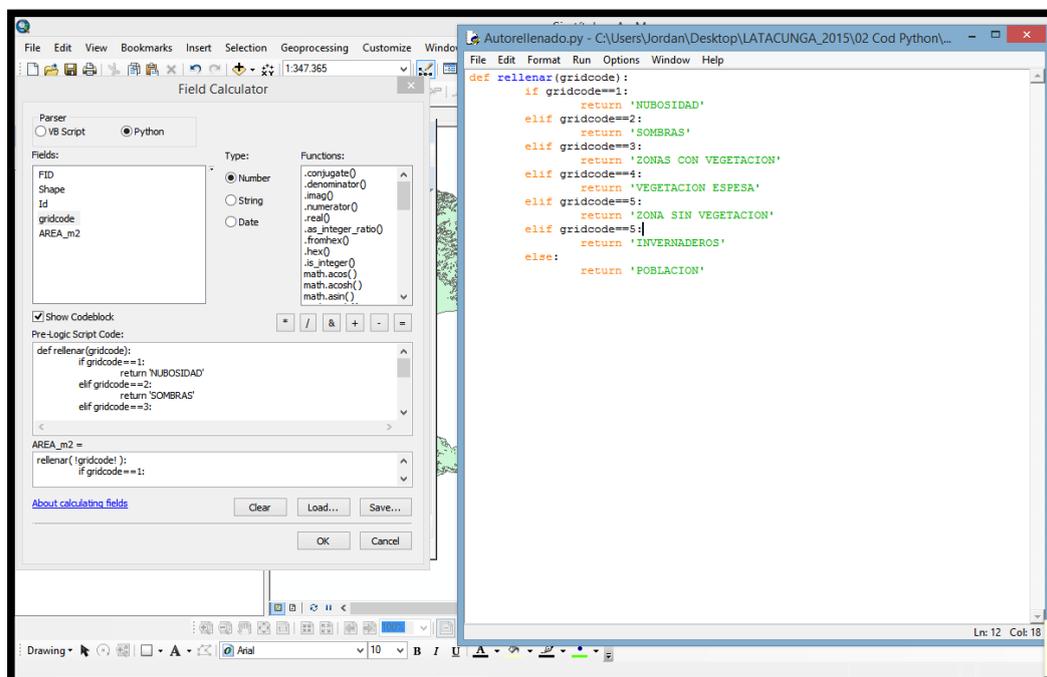
Anexo 19: Conversión del Ráster a vector (Polígono) (2020).



Fuente 41: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

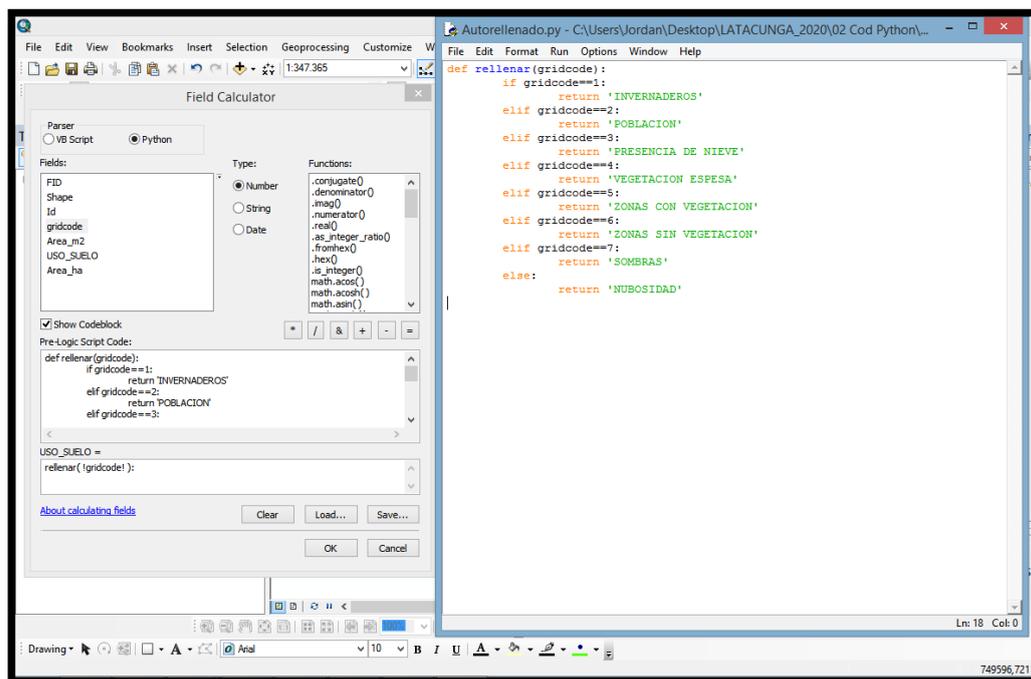
Anexo 20: Etiquetado de cada celda para asignar su respectiva clase (2015).



Fuente 42: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

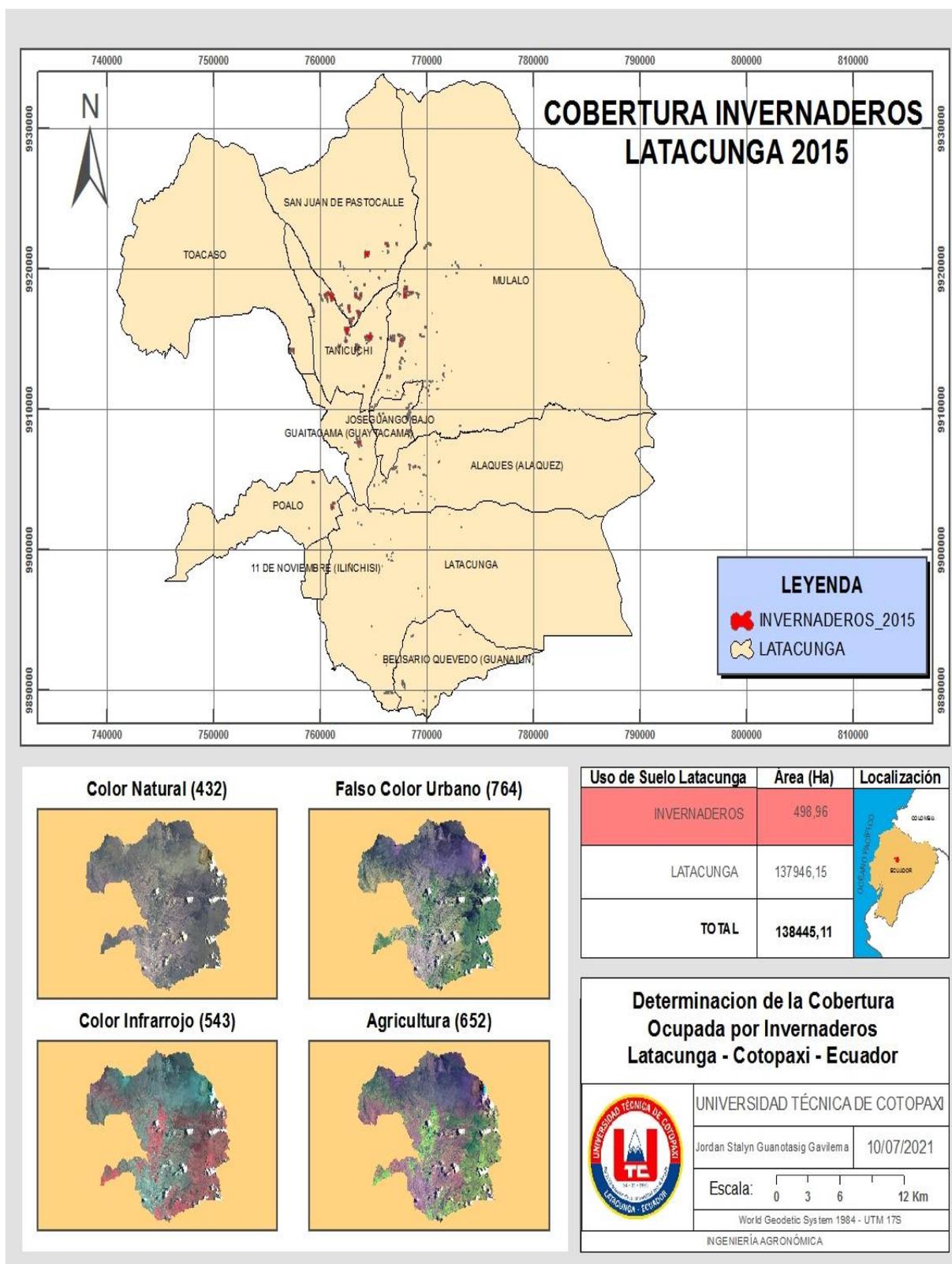
Anexo 21: Etiquetado de cada celda para asignar su respectiva clase (2020).



Fuente 43: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

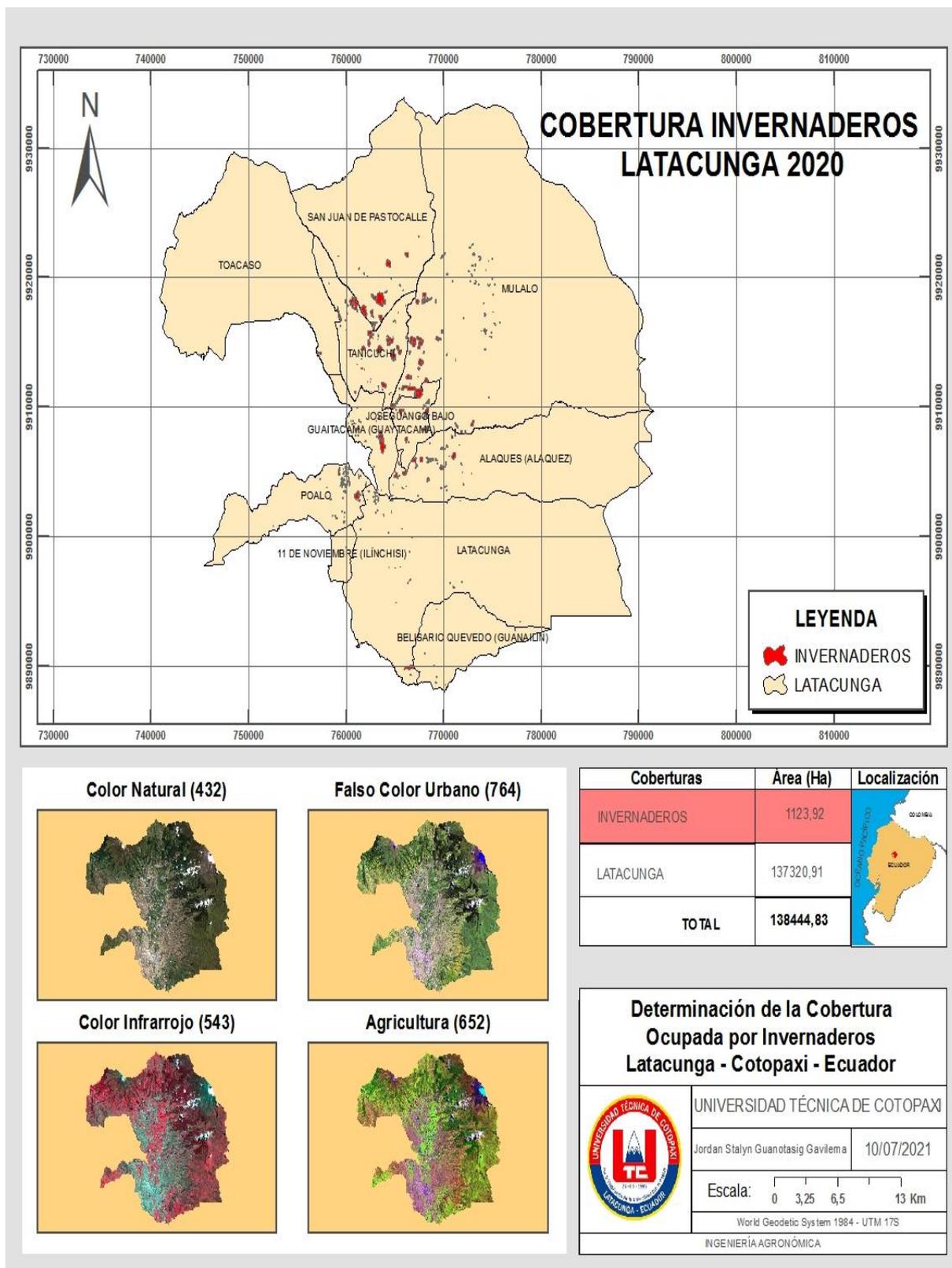
Anexo 22: Elaboración del mapa de cobertura de suelo para invernaderos (2015).



Fuente 44: Propia.

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 23 Elaboración del mapa de cobertura de suelo para invernaderos (2020).



Fuente 45: Propia.
 Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

16.4.- Obtención Evapotranspiración MOD16A2

Anexo 24: Registro de la página de Earthdata.

INICIAR SESIÓN EN EARTHDATA

Regístrese para obtener un perfil de inicio de sesión de Earthdata

información del perfil

Nombre de usuario: •
jordang_997

Contraseña: •
.....

Confirmación de contraseña: •

• Campo obligatorio

El nombre de usuario debe:

- Tener un mínimo de 4 caracteres
- Tener un máximo de 30 caracteres
- Utilice letras, números, puntos y guiones bajos.
- No contener espacios en blanco
- No comenzar, finalizar ni contener dos caracteres especiales consecutivos (. _)

La contraseña debe contener:

- Mínimo de 8 caracteres
- Una letra mayúscula

Fuente 46: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 25: Búsqueda del Producto (MOD16A2).

LAADS DAAC

1 PRODUCTS 2 TIME 3 LOCATION 4 FILES 5 REVIEW & ORDER

MOD16A2 (6) 2020-01-01 .. 2020-12-31 -78.6, -0.1, -77.9, -1.1 No files selected. reset

All Sensors All Searchable Collections All MOD16A2

MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m SIN Grid

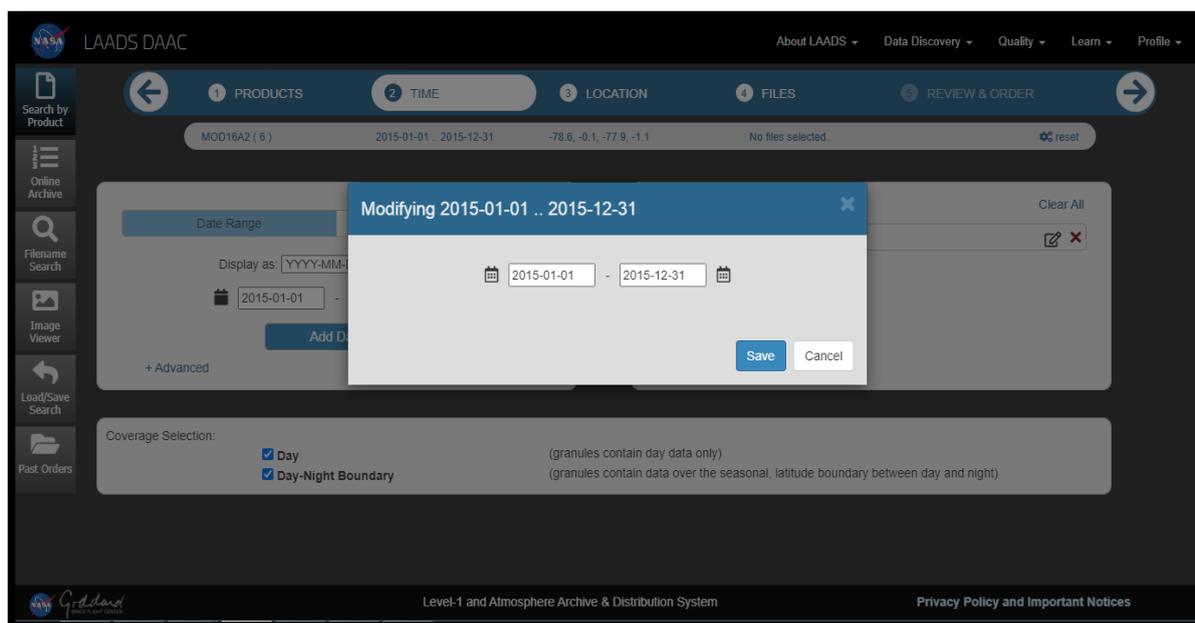
Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System

Privacy Policy and Important Notices

Fuente 47: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

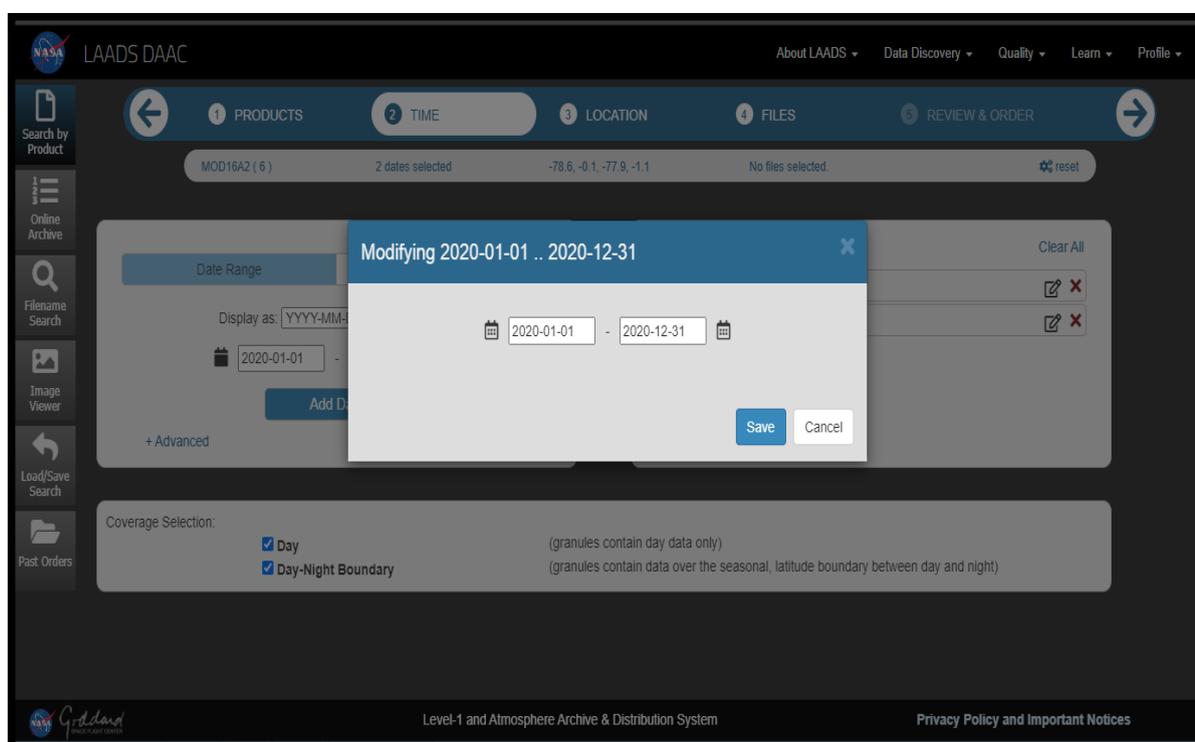
Anexo 26: Ingreso fecha de Interés (2015).



Fuente 48: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

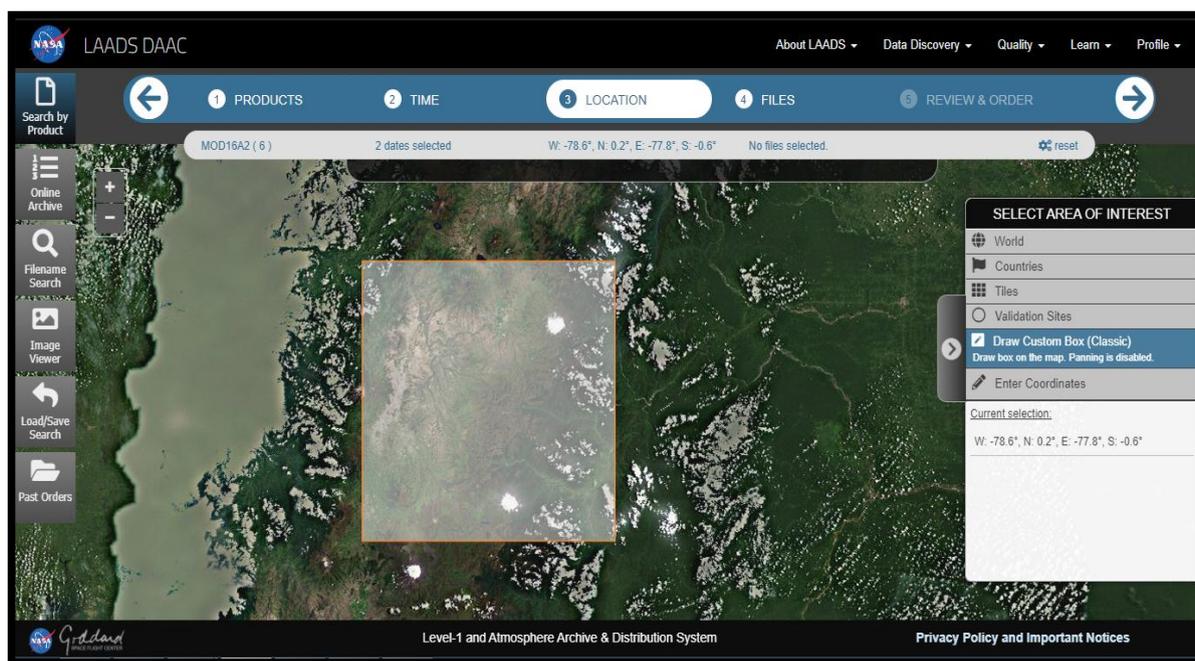
Anexo 27: Ingreso fecha de Interés (2015).



Fuente 49: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 28: Localización del área de Interés.



Fuente 50: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 29: Selección de las imágenes Satelitales para cada mes (2015).

The screenshot shows the LAADS DAAC interface with the 'FILES' step selected. A table of 12 selected satellite files is displayed, including filename, product collection, date/time, and download link.

Selected Filename	Product (collection)	Date / Time	Download
MOD16A2.A2015001.h10v09.006.2017077092951.hdf	MOD16A2 (6)	2015-01-01 00:00:00	7 MB
MOD16A2.A2015033.h10v09.006.2017077172856.hdf	MOD16A2 (6)	2015-02-02 00:00:00	12 MB
MOD16A2.A2015065.h10v09.006.2017078013817.hdf	MOD16A2 (6)	2015-03-06 00:00:00	5 MB
MOD16A2.A2015097.h10v09.006.2017078094631.hdf	MOD16A2 (6)	2015-04-07 00:00:00	11 MB
MOD16A2.A2015121.h10v09.006.2017078153805.hdf	MOD16A2 (6)	2015-05-01 00:00:00	13 MB
MOD16A2.A2015153.h10v09.006.2017078234646.hdf	MOD16A2 (6)	2015-06-02 00:00:00	15 MB
MOD16A2.A2015185.h10v09.006.2017079074006.hdf	MOD16A2 (6)	2015-07-04 00:00:00	13 MB
MOD16A2.A2015217.h10v09.006.2017079165949.hdf	MOD16A2 (6)	2015-08-05 00:00:00	21 MB
MOD16A2.A2015249.h10v09.006.2017079233554.hdf	MOD16A2 (6)	2015-09-06 00:00:00	23 MB
MOD16A2.A2015281.h10v09.006.2017080054624.hdf	MOD16A2 (6)	2015-10-08 00:00:00	16 MB
MOD16A2.A2015305.h10v09.006.2017080113044.hdf	MOD16A2 (6)	2015-11-01 00:00:00	9 MB
MOD16A2.A2015337.h10v09.006.2017081191928.hdf	MOD16A2 (6)	2015-12-03 00:00:00	19 MB

Fuente 51: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 30: Selección de las imágenes Satelitales para cada mes (2020).

Selected Filename	Product (collection)	Date / Time	Download
MOD16A2.A2020011.h10v09.006.2021115222001.hdf	MOD16A2 (6)	2020-01-01 00:00:00	22 MB
MOD16A2.A2020033.h10v08.006.2021116052417.hdf	MOD16A2 (6)	2020-02-02 00:00:00	21 MB
MOD16A2.A2020065.h10v09.006.2021116113532.hdf	MOD16A2 (6)	2020-03-05 00:00:00	14 MB
MOD16A2.A2020097.h10v08.006.2021116221601.hdf	MOD16A2 (6)	2020-04-06 00:00:00	9 MB
MOD16A2.A2020129.h10v09.006.2021117161608.hdf	MOD16A2 (6)	2020-05-08 00:00:00	17 MB
MOD16A2.A2020161.h10v08.006.2021118085619.hdf	MOD16A2 (6)	2020-06-09 00:00:00	14 MB
MOD16A2.A2020193.h10v08.006.2021118204925.hdf	MOD16A2 (6)	2020-07-11 00:00:00	14 MB
MOD16A2.A2020217.h10v08.006.2021119074512.hdf	MOD16A2 (6)	2020-08-04 00:00:00	8 MB
MOD16A2.A2020249.h10v08.006.2020280021003.hdf	MOD16A2 (6)	2020-09-05 00:00:00	14 MB
MOD16A2.A2020281.h10v09.006.2020301010849.hdf	MOD16A2 (6)	2020-10-07 00:00:00	24 MB
MOD16A2.A2020321.h10v08.006.2020337235837.hdf	MOD16A2 (6)	2020-11-16 00:00:00	13 MB
MOD16A2.A2020353.h10v09.006.2021006224105.hdf	MOD16A2 (6)	2020-12-18 00:00:00	11 MB

Fuente 52: lpdaac.usgs.gov

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 31: Descargar Archivos Evapotranspiración (2015) y (2020).

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
evapo_2015_1.hdf	16/07/2021 11:23	Archivo HDF	6.362 KB
evapo_2015_2.hdf	16/07/2021 11:24	Archivo HDF	11.463 KB
evapo_2015_3.hdf	16/07/2021 11:24	Archivo HDF	4.987 KB
evapo_2015_4.hdf	16/07/2021 11:24	Archivo HDF	10.714 KB
evapo_2015_5.hdf	16/07/2021 11:25	Archivo HDF	12.961 KB
evapo_2015_6.hdf	16/07/2021 11:25	Archivo HDF	14.337 KB
evapo_2015_7.hdf	16/07/2021 11:30	Archivo HDF	20.789 KB
evapo_2015_8.hdf	16/07/2021 11:36	Archivo HDF	20.843 KB
evapo_2015_9.hdf	16/07/2021 11:39	Archivo HDF	21.123 KB
evapo_2015_10.hdf	16/07/2021 11:39	Archivo HDF	15.581 KB
evapo_2015_11.hdf	16/07/2021 11:41	Archivo HDF	14.094 KB
evapo_2015_12.hdf	16/07/2021 11:41	Archivo HDF	18.428 KB

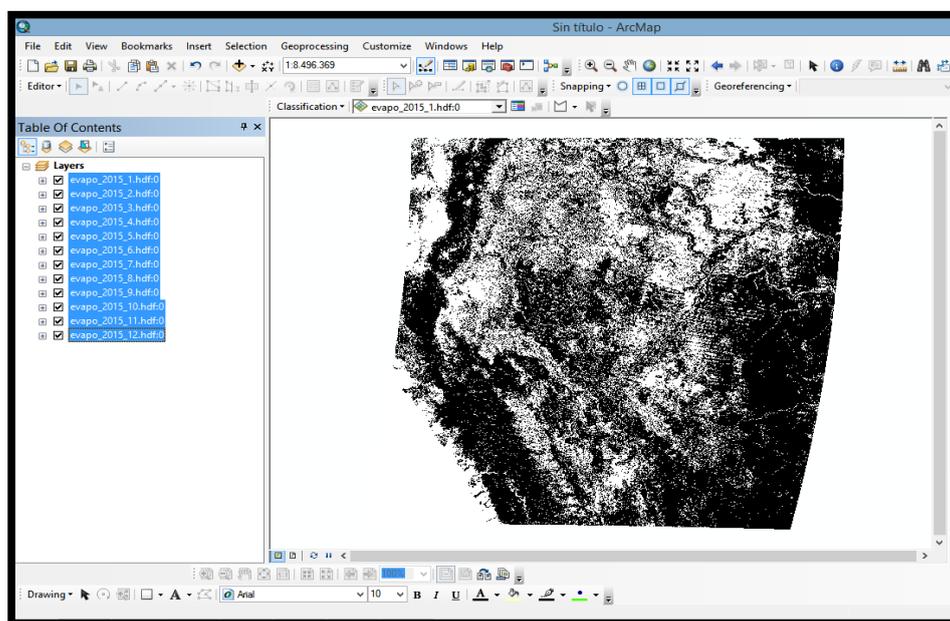
Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
evapo_2020_1.hdf	16/07/2021 11:50	Archivo HDF	21.079 KB
evapo_2020_2.hdf	16/07/2021 11:52	Archivo HDF	14.072 KB
evapo_2020_3.hdf	16/07/2021 11:54	Archivo HDF	13.894 KB
evapo_2020_4.hdf	16/07/2021 11:56	Archivo HDF	6.918 KB
evapo_2020_5.hdf	16/07/2021 11:58	Archivo HDF	16.543 KB
evapo_2020_6.hdf	16/07/2021 12:04	Archivo HDF	22.518 KB
evapo_2020_7.hdf	16/07/2021 12:09	Archivo HDF	20.365 KB
evapo_2020_8.hdf	16/07/2021 12:13	Archivo HDF	21.220 KB
evapo_2020_9.hdf	16/07/2021 12:16	Archivo HDF	21.065 KB
evapo_2020_10.hdf	16/07/2021 12:20	Archivo HDF	19.481 KB
evapo_2020_11.hdf	16/07/2021 12:25	Archivo HDF	14.197 KB
evapo_2020_12.hdf	16/07/2021 12:29	Archivo HDF	12.148 KB

Fuente 53: Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

16.5.- Evapotranspiración Anual

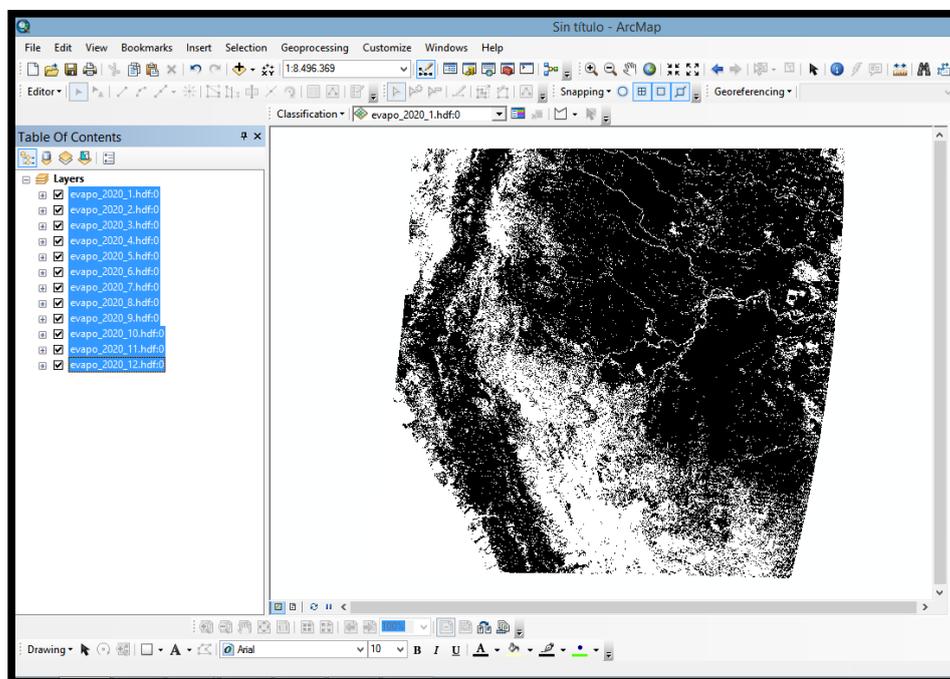
Anexo 32: Ingreso de las imágenes de cada mes al software (2015).



Fuente 54:Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

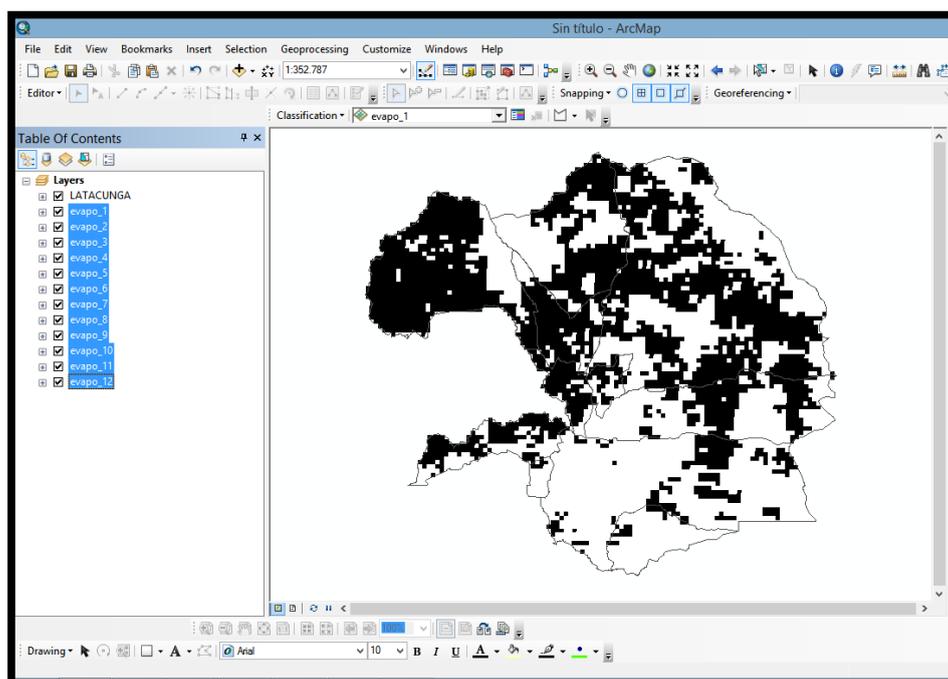
Anexo 33: Ingreso de las imágenes de cada mes al software (2020).



Fuente 55:Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

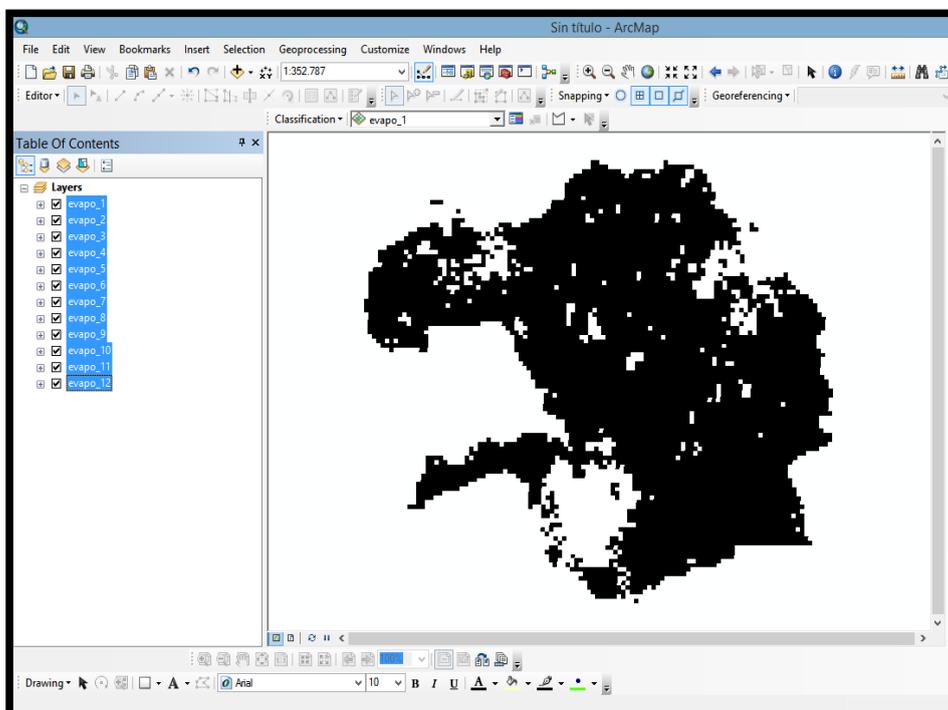
Anexo 34: Recorte de la Imagen (2015).



Fuente 56:Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

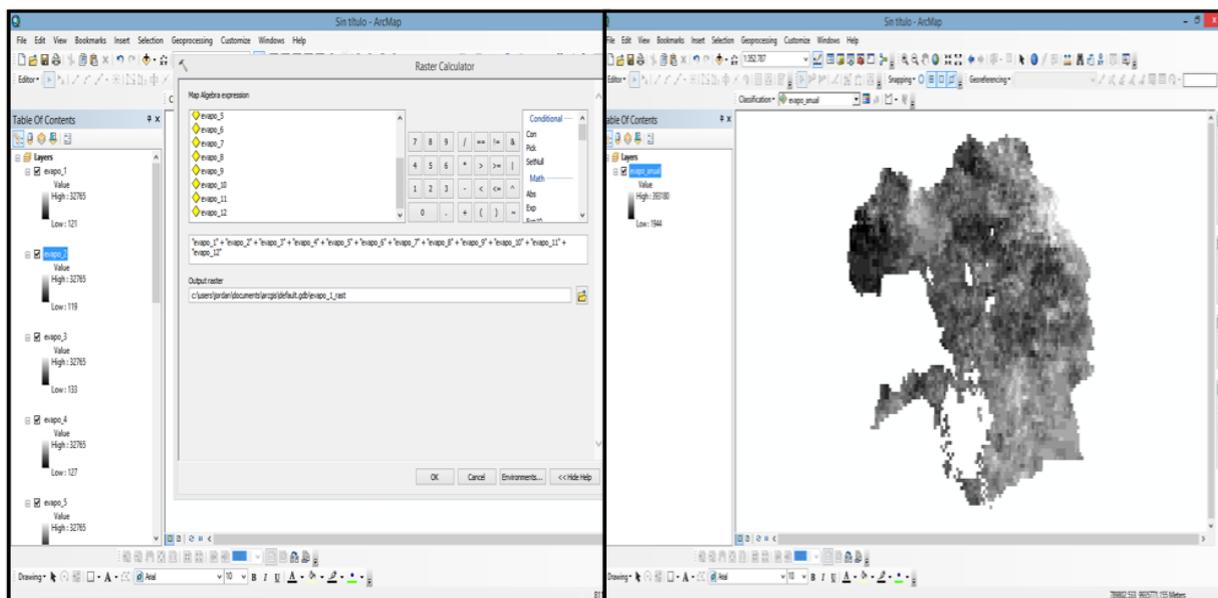
Anexo 35: Recorte de la Imagen (2020).



Fuente 57:Propia

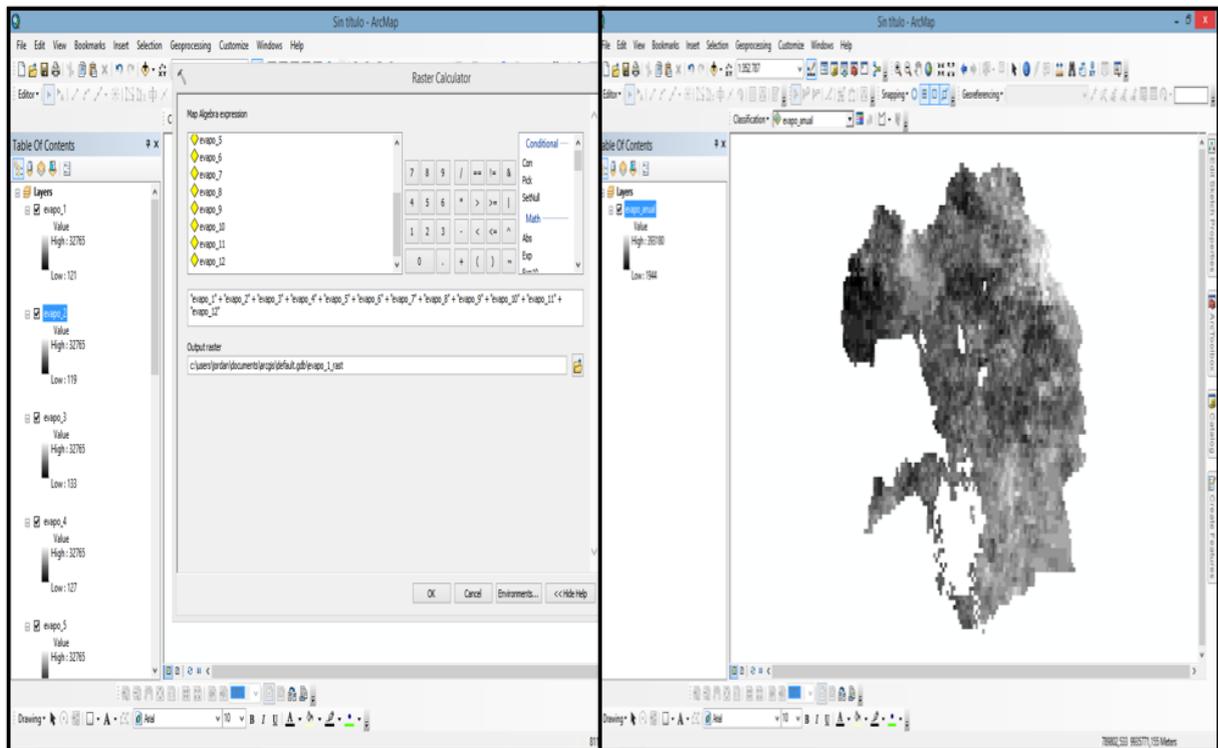
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 36: Cálculo Evapotranspiración Anual (2015).



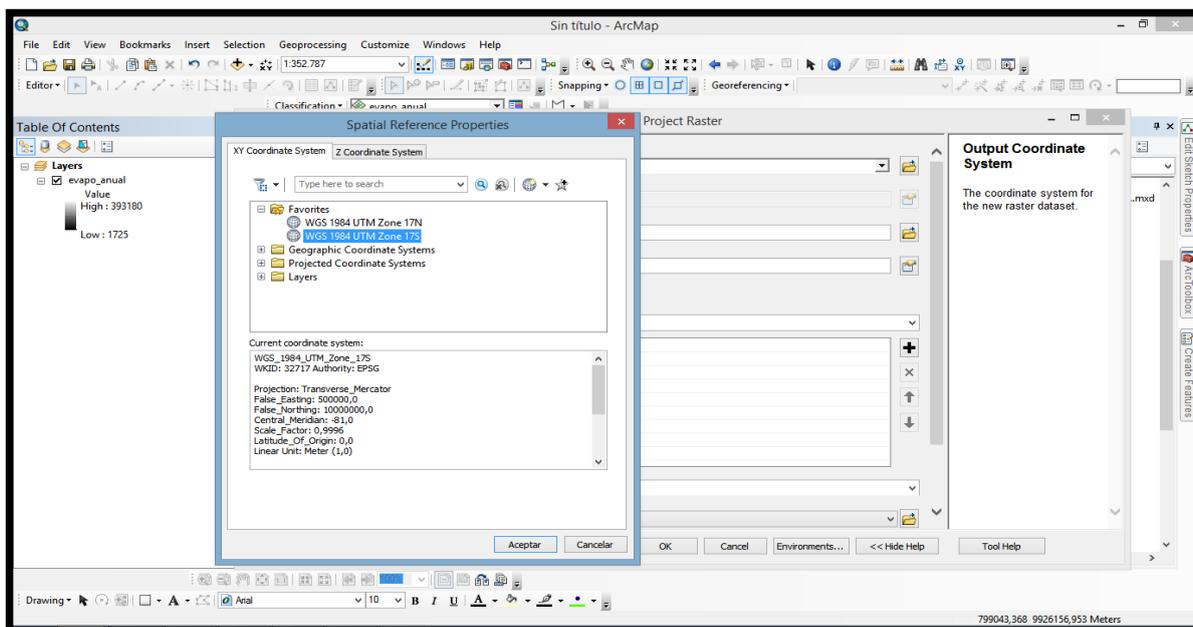
Fuente 58: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 37: Cálculo Evapotranspiración Anual (2020).



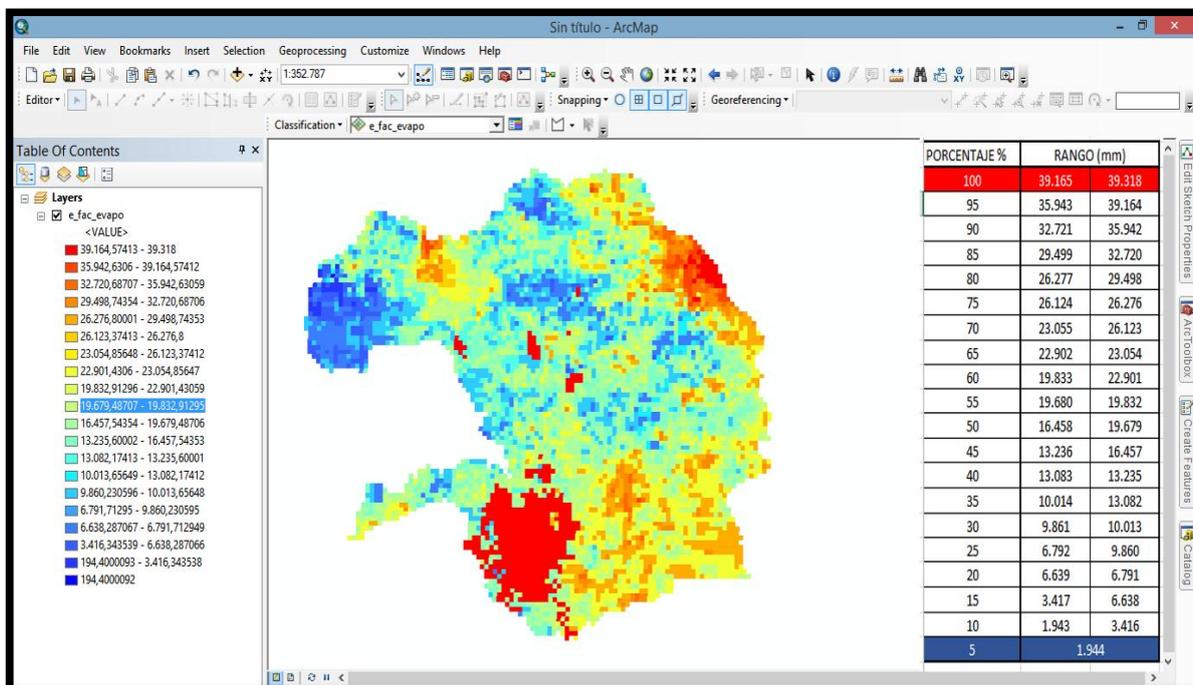
Fuente 59: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 38: Re proyección de la imagen (2015) y (2020).



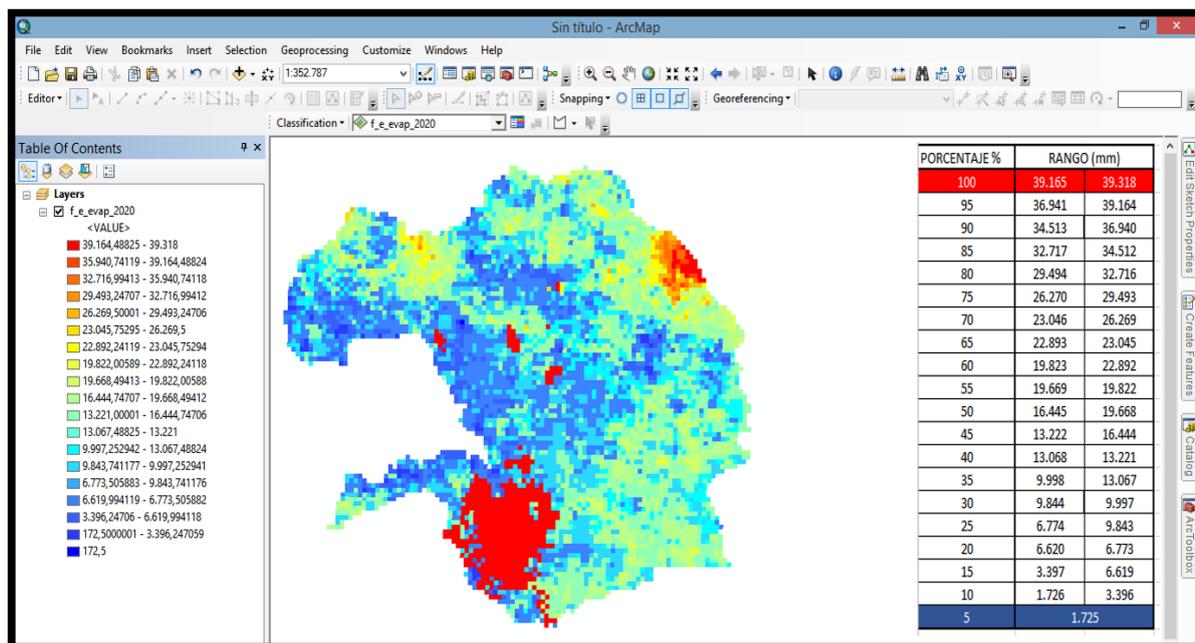
Fuente 60: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 39: Clasificación de Imágenes y Delimitación de porcentajes (2015).



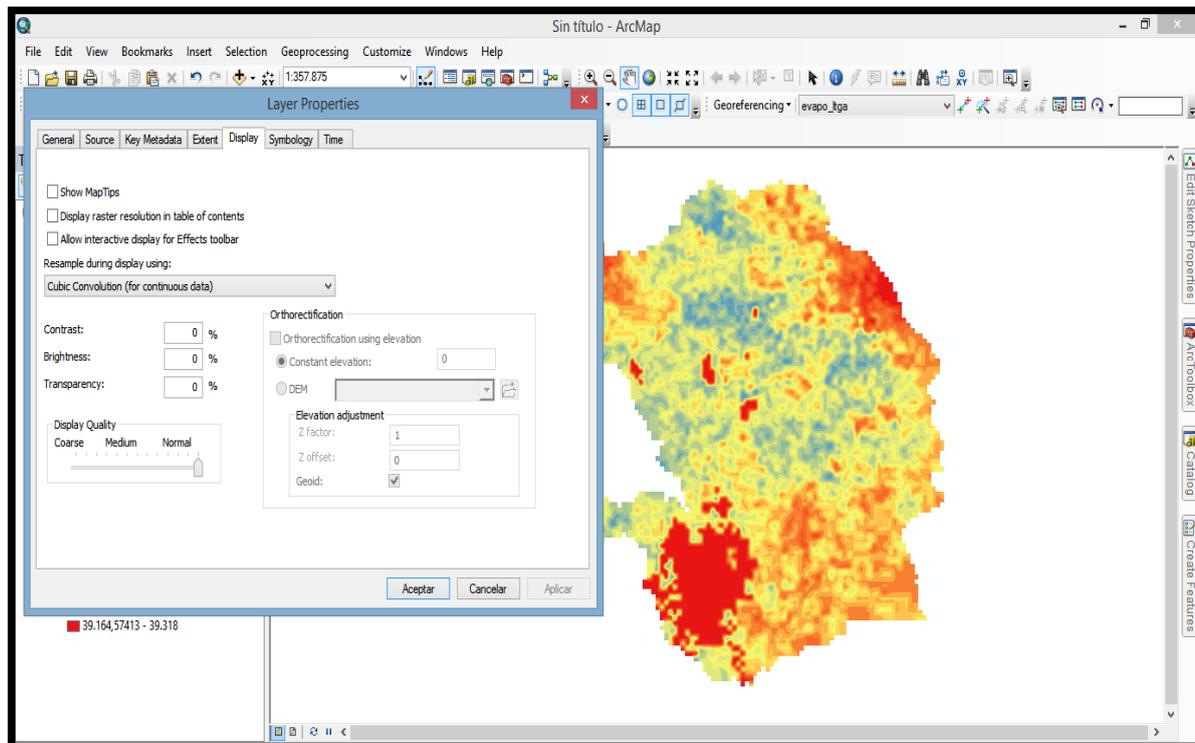
Fuente 61: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 40: Clasificación de Imágenes y Delimitación de porcentajes (2020).



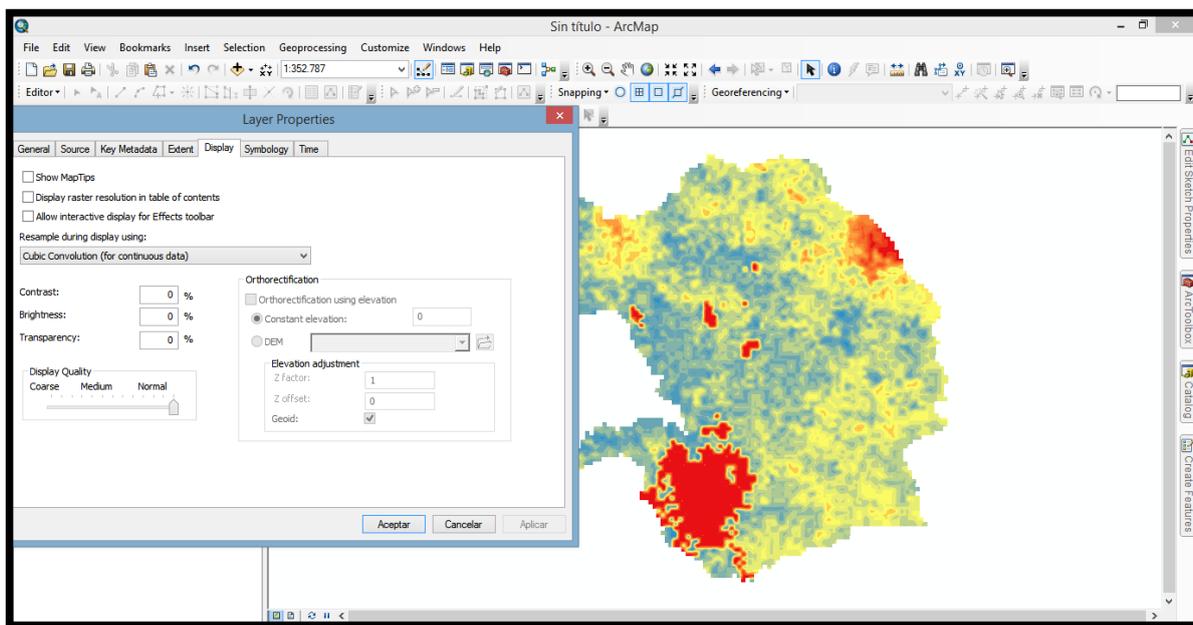
Fuente 62: Propia
 Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 41: Re muestreo (2015)



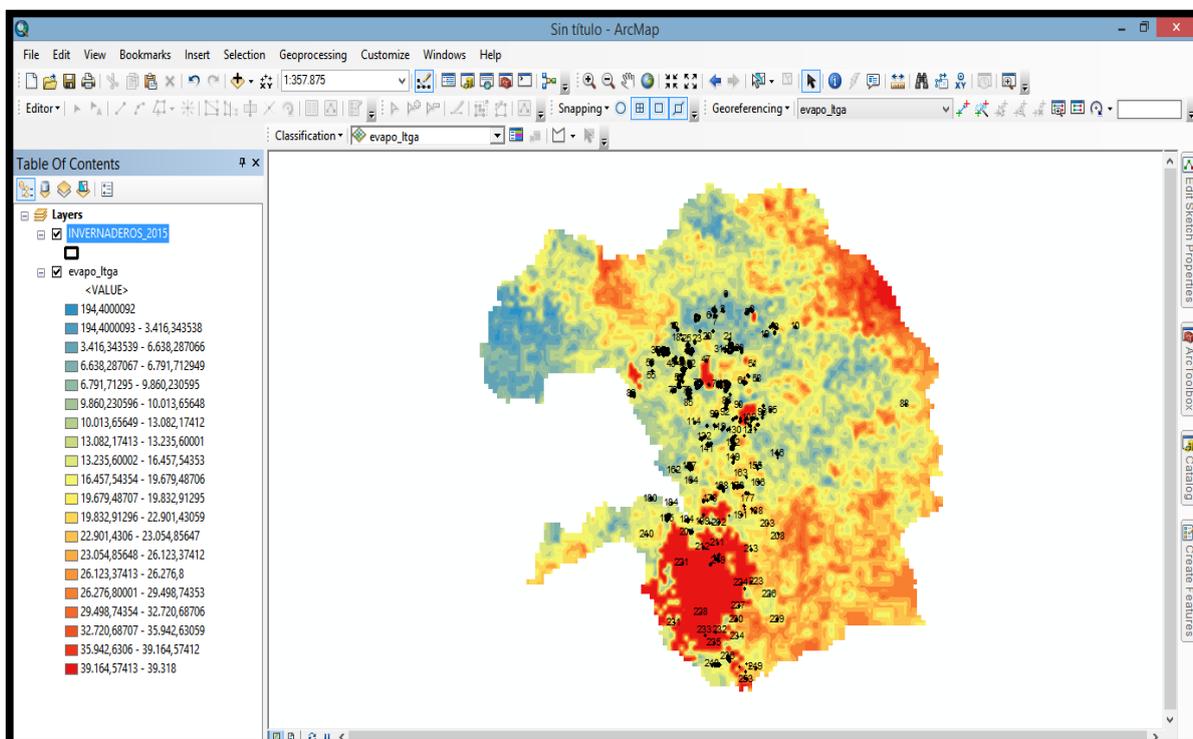
Fuente 63: Propia
 Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 42: Re muestreo (2020)



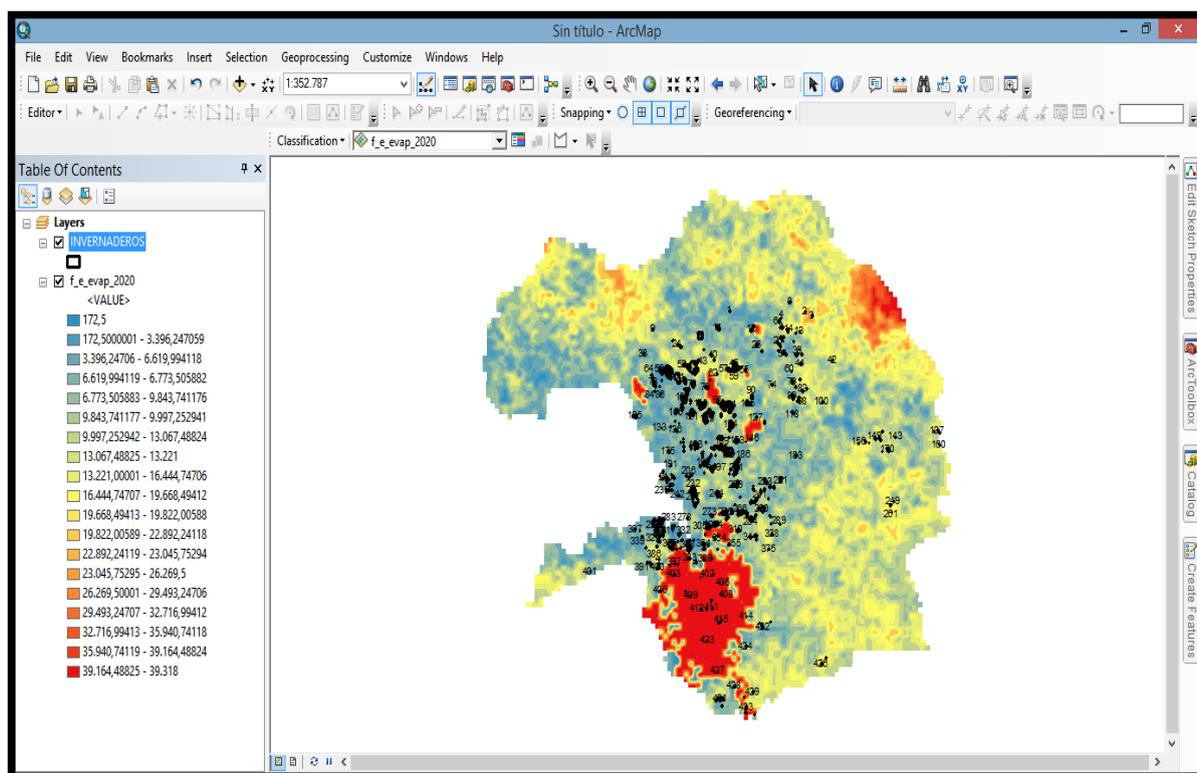
Fuente 64: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 43: Ingreso de Invernaderos (2015)



Fuente 65: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

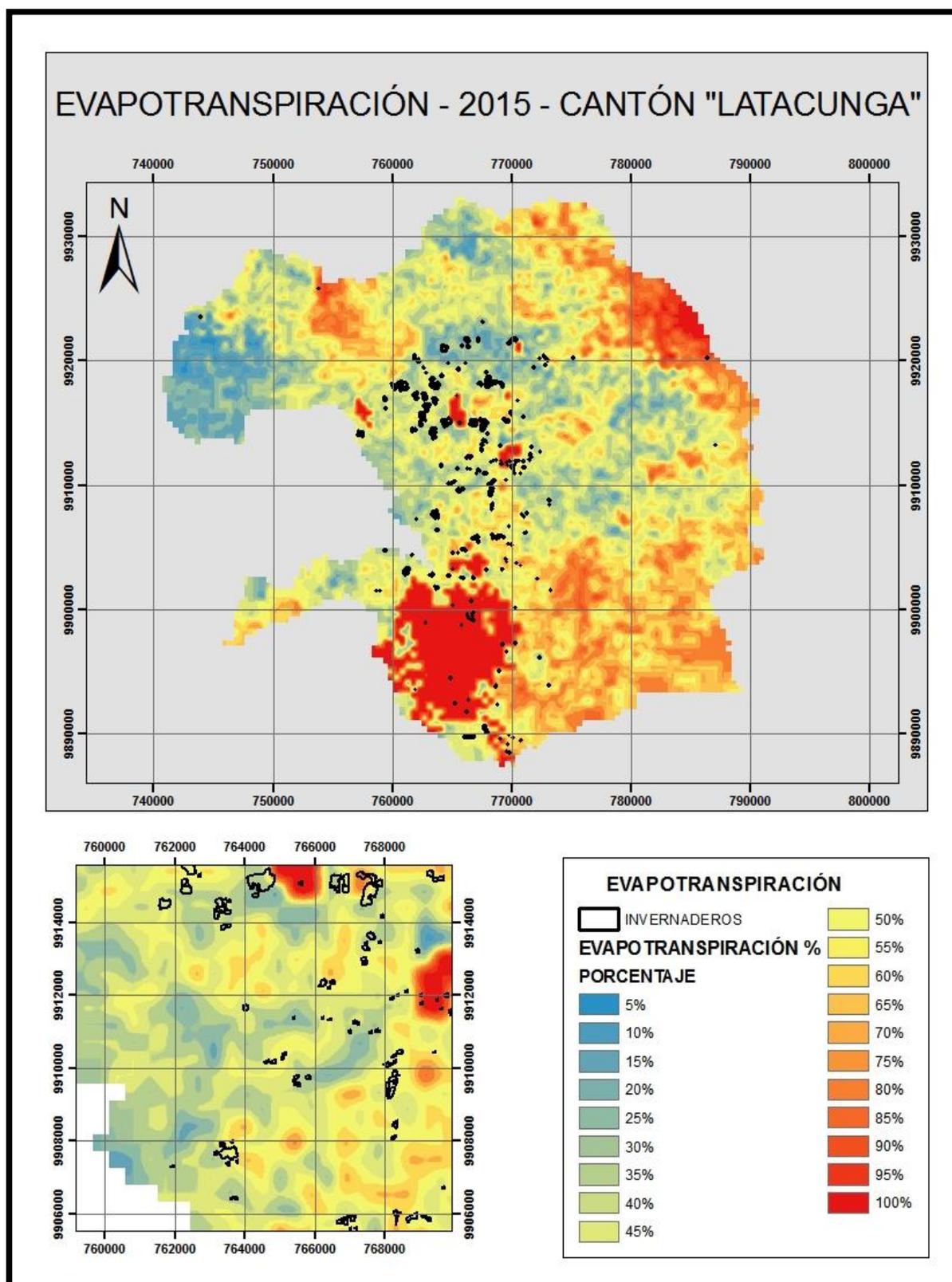
Anexo 44: Ingreso de Invernaderos (2015)



Fuente 66: Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

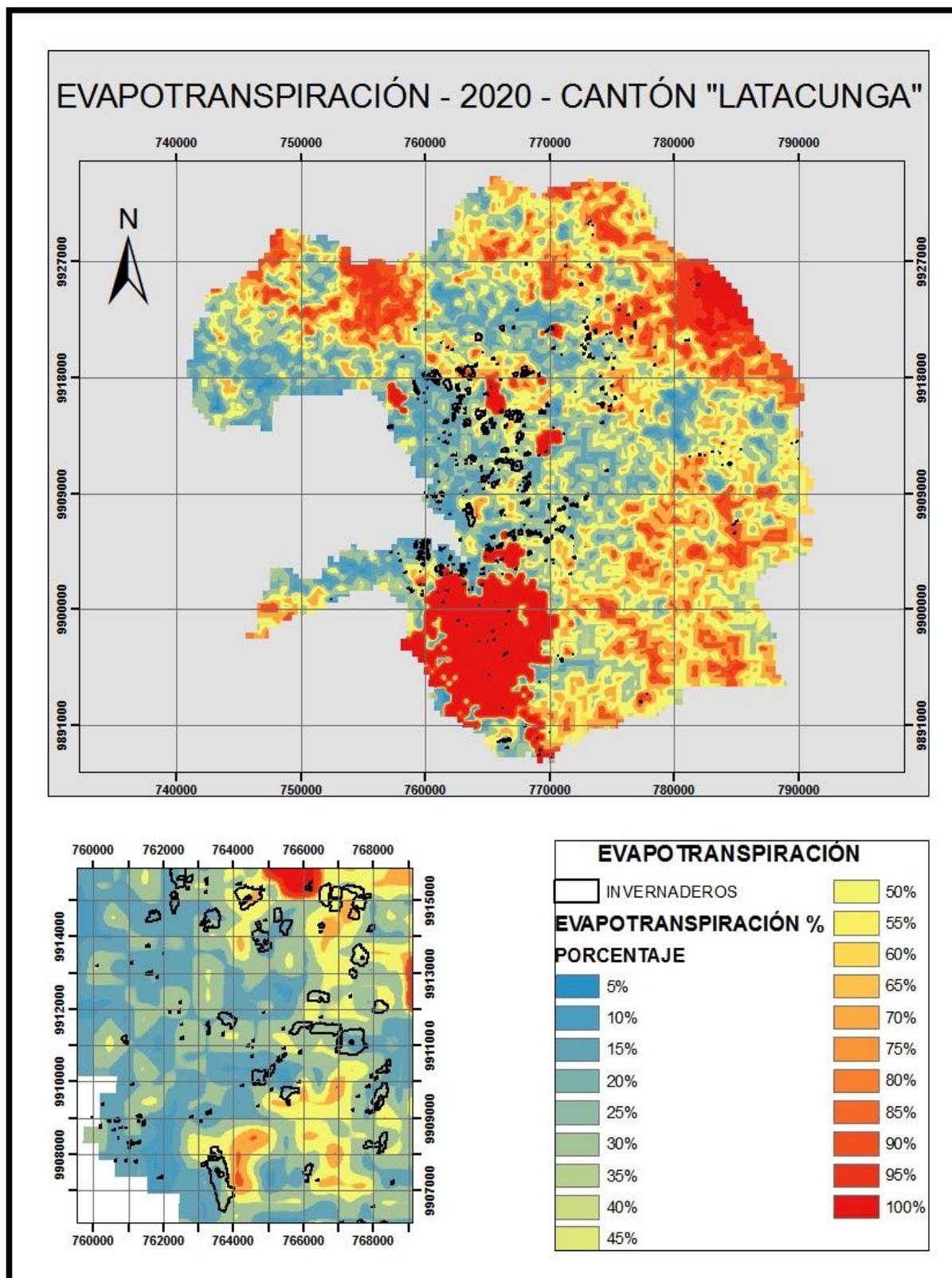
Anexo 45: Elaboración de mapa Evapotranspiración año 2015



Fuente 67: Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 46: Elaboración de mapa Evapotranspiración año 2015



Fuente 68: Propia

Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 47: Foto tomada en Campo (toma de datos)



Fuente 69: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).

Anexo 48: Foto tomada en Campo (toma de datos)



Fuente 70: Propia
Elaborado por: (Guanotasig Jordan, 2021).