



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA
DEL RIO MILAGRO MEDIANTE UN SISTEMA DE
INFORMACION GEOGRAFICA**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR

ALVARADO MOLINA DAVID LEONARDO

TUTOR

SÚAREZ ARELLANO CÉSAR FRANCISCO

MILAGRO – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Suarez Arellano Cesar Francisco, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO MILAGRO MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA, realizado por el estudiante Alvarado Molina David Leonardo ; con cédula de identidad N° 0928893239 de la carrera Ingeniería Agronómica , Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor
Suarez Arellano Francisco

Milagro, 10 de Agosto del 2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO MILAGRO MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA”, realizado por el estudiante Alvarado Molina David Leonardo , el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING Haro Peña César , M.Sc.
PRESIDENTE

ING. Navarrete Cornejo Alexandra, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. Yánez Tapia Luis, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. Arellano Suarez Francisco, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 02 de Julio del 2020

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a Dios, por su infinita sabiduría e incondicional amor para encaminarme por el sendero del bien, a mi familia en especial a mi mamá y papá por todo el apoyo incondicional que me han dado, por sus consejos, por ser mi inspiración y por incentivar me a superarme cada día.

Agradecimiento

Por formar en mí un profesional responsable y ético. Gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, que contribuyeron de forma moral o intelectual que hoy se ve reflejado en la culminación de este paso por la Universidad.

Gracias a toda mi familia que fueron mis mayores promotores durante todo el proceso universitario.

Gracias a viejos y nuevos amigos que conseguí durante todo el transcurso de la vida que me ayudaron y acompañaron a terminar este proyecto. Gracias a todos los docentes que ayudaron en mi formación académica y en especial la Bióloga Flor Dorregaray y a mi tutor de Tesis el Msc. Francisco Suarez, Tutor de Proyecto de Titulación, por el acompañamiento y seguimiento a la realización de este trabajo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo Alvarado Molina David Leonardo, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO MILAGRO MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA para optar el título de INGENIERO AGRONOMO, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 10 de Agosto del año 2020

FIRMAR

Alvarado Molina David Leonardo

C.I. 0928893239

Índice general

PORTADA	1
APROBACION DEL TUTOR	2
APROBACION DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACION.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general.....	7
Índice de tablas.....	11
Índice de Figura	12
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedente del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
1.2.1 Planteamiento y formulación del problema	15
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	16
1.4 Delimitación de la investigación	16
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivo específicos	17
2. Marco teórico	17
2.1 Estado del arte	18
2.2 Base teóricas	19
2.2.1 Cuencas Hidrográficas.....	19

2.2.2 Recursos Hídricos	19
2.2.2.1 Precipitación	19
2.2.2.2 Evapotranspiración	20
2.2.2.3 Temperatura	20
2.2.2.4 Infiltración	20
2.2.2.5 Definición de la hidrología	21
2.2.2.5.1 Balance Hídrico.....	21
2.2.2.5.2 Formula de balance hídrico	21
2.2.2.5.3 Balance Hídrico Superficial.....	22
2.2.2.6 Algebra de mapas	23
2.2.2.7 Mapas temáticos	23
2.2.2.8 Típicos de Cuencas Hidrográficas	24
2.2.3 Pluviómetro	24
2.2.4 Pluviografo	24
2.2.4.1 Estaciones meteorológicas.....	25
2.2.5 Modelo Cropwat	26
2.2.6 Condición Hidrológica.....	26
2.2.7 Caracterización fisiográfica de cuencas hidrográficas.....	26
2.2.8 Balance hídrico de la cuenca de estudio	26
2.2.8.1 Isotermas.....	26
2.2.8.2 Isoyetas	27
2.2.9 Sistema de información geográfica.....	27
2.2.10 Información que se obtendrá del Sistema de información geográfica...	28
2.2.11 Delimitación de cuenca	28
2.2.12 Obtención de la red de drenaje.....	28

2.2.13 Elaboración de los perfiles fluviales	29
2.3 Marco legal.....	30
3. Materiales y métodos	31
3.1 Enfoque de la investigación.....	31
3.1.1 Tipo de investigación	31
3.1.2 Diseño de investigación	31
3.2 Metodología.....	31
3.2.1 Variables.....	31
3.2.2 Variables Independientes.....	31
3.2.3 Variables dependientes.....	32
3.2.4 Información base	32
3.2.5 Recolección de datos	32
3.2.6 Recursos	32
3.2.7 Método y técnicas.....	33
3.2.7.1 Método deductivo	34
3.2.7.2 Método analítico.....	34
3.2.7.3 Método investigativo	34
3.2.7.4 Método experimental	35
3.2.8 Análisis.....	35
4. Resultados	36
4.1 Caracterizar edafo-climaticamente la cuenca del Rio Milagro	36
4.1.1 Edafología de la zona	36
4.1.2 Climatología de la zona	36
4.1.3 El uso actual del suelo en la cuenca rio Milagro	37
4.1.4 Componente hídrico	37

4.2 Calcular el balance hídrico de la cuenca en estudio.....	37
4.3 Categorizar las zonas con diferente requerimiento hídrico.....	37
5. Discusión	39
6. Conclusión	40
5. Recomendación	41
8. Bibliografía.....	42
9. Anexos.....	47

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de Suelos en la cuenca rio Milagro.....	47
Tabla 2 .Tabulación de las temperaturas 2010-2019	47
Tabla 3.. Tabulación de las temperaturas 2010-2019	48
Tabla 4. Uso actual del suelo.....	49
Tabla 5. Red Hídrica de la cuenca rio Milagro	49
Tabla 6. Calculo de Balance (BH)	50
Tabla 7. Balance hídrico de la Cuenca del rio Milagro	50

Índice de figuras

Figura 1 Mapa Taxonómico de suelos en la Cuenca del Rio Milagro.....	51
Figura 2 Ubicación de estaciones meteorológicas del INAMHI	52
Figura 3. Isotherma Cuenca de Rio Milagro.....	53
Figura 4. Isoyetas Cuenca Rio Milagro	54
Figura 5. Uso Actual del suelo	55
Figura 6. Red Hídrica de la Cuenca Rio Milagro	56
Figura 7. Mapa de Evapotranspiración	57
Figura 8. Mapa de Balance Hídrico.....	58
Figura 9. Mapa de Categoría de zona de balance Hídrico	59
Figura 10. Tutoría en la conformación de mapas temáticos	60
Figura 11. Elaboración de mapas temáticos	61

Resumen

Las cuencas hidrográficas es un sistema que interactúa de forma armónica, con los componentes edáficos vegetales e hídricos, a demás es capaz de proveer de forma sustentable, diversos componentes sociales, económicos y demás, actualmente los modelos hidrológicos han dominado el tema de los sistema de información geográficos, de manera que permite tener una predicción en base a estos modelos que son utilizados para la planificación agrícola social y comercial, este mediante un sistema de información geografía y utilizando la herramienta del ARCTOOL BOX, nos permitió, realizar con datos meteorológicos las capas o SHP de las isoyetas de precipitación, temperatura y con las cartografía de forma digital de los usos de suelos y tipos de suelos obtenida de fuentes gubernamentales se aplico la ecuación del HOOLDRIGE, y establecer de manera cartográfica del cual el objetivo general es estimar, el balance hídrico de la cuenca del rio Milagro mediante un sistema de información geográfica y que dio como resultado que cerca del 76% de la zona presenta un déficit hídrico el cual significa un mayor consumo de agua por parte de las diferentes actividades que se realice en la zona de estudio, teniendo como resultados diferentes usos de suelo y manejo de la cuenca en estudio como se presenta en forma cartográfica en el presente trabajo del cual se concluye que la cuenca presenta un promedio de 1839 mm y la temperatura promedio es de 25°C, teniendo como cultivos que predomina el cacao caña, banano y ciclo corto, respectivamente.

Palabras claves: ARCGIS, balance hídrico, sistema de información Geográfica, Hidrología, isoyetas, isotermas.

Abstract

The hydrographic basins is a system that interacts harmoniously, with the edaphic components of plants and water, and is capable of providing in a sustainable way, various social, economic and other components. Currently, hydrological models have dominated the issue of water systems. geographic information, so that it allows to have a prediction based on these models that are used for social and commercial agricultural planning, this through a geography information system and using the ARCTOOL BOX tool, allowed us to carry out with rheological data the layers or SHP of the isohyets of precipitation, temperature and with the digital cartography of the land uses and soil types obtained from government sources, the HOOLDRIGE equation was applied, and establish in a cartographic way the general objective of which is to estimate, the water balance of the Milagro river basin through a geographic information system that As a result, close to 76% of the area has a water deficit, which means greater water consumption by the different activities carried out in the study area, having as results different land uses and management of the basin under study as presented in cartographic form in this work, which concludes that the basin has an average of 1839 mm and the average temperature is 25 ° C, having as crops that predominate the cacao, cane, banana and short cycle, respectively.

Key words: ARCGIS, water balance, Geographic information system, Hydrology, isohyets, isotherms.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El problema y la consecuencia del deterioro ambiental sobre la calidad, cantidad y variabilidad de los recursos hídricos no son recientes ni novedosos, pero lo que sí es alarmante es la magnitud actual del problema y la exacerbación de este ante el contexto de cambio global.

En la mayoría de las cuencas del país, donde vive un importante porcentaje de la población, se extrae más agua de lo que ciclo hidrológico es capaz de proveer de manera sustentable. Además se ha alterado drásticamente las condiciones a través de las cuales se sustenta este ciclo. La construcción de infraestructura (presas, trasvases, acueductos, canales) coloca a la demanda humana por encima del requerimiento

Actualmente los modelos hidrológicos han dominado este tema ya que son muy utilizados para la predicción, por esta razón se realizan simulaciones de áreas posiblemente inundables, dando una noción muy cerca a la realidad para intentar mitigar los efectos de posibles fenómenos de la naturaleza.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

No existe información sobre la distribución del agua cuantificada mediante un balance hídrico y a su vez expresada en un sistema de información geográfica para su manejo más eficiente de la información para gestionar en proyecto futuros en la Cuenca del río Milagro.

1.2.2 Formulación del problema

Es posible determinar y cuantificar las zonas donde ocurre el proceso de balance hídrico en la Cuenca del río Milagro mediante la implementación de un sistema de información geográfica y con la información generada plantear posible manejo eficiente de este recurso no renovable para la zona de estudio.

1.3 Justificación de la investigación

Esta investigación permite conocer en forma cuantitativa la cantidad de agua que en la Cuenca se produce además de representar de una forma cartográfica las zonas en donde los balances hídricos se produce de mayor o menor intensidad dependiendo de las condiciones edafo climática de la zona de estudio.

1.4 Delimitación de la Investigación

El presente estudio se realizo

- **Espacio:** El presente trabajo se realizó en la Ciudad de Milagro, Provincia del Guayas, en la cuenca alta media y baja del Río Milagro que comprende un área de 342 km², y una longitud de 38.7 km
- **Tiempo:** para este trabajo de investigación se los programara durante el periodo 2019-2020.

1.5 Objetivo general

Determinar el balance hídrico de la Cuenca de Río Milagro mediante un sistema de información Geográfica.

1.6 Objetivos específicos

- Caracterizar edafo-climaticamente la cuenca del rio Milagro.
- Calcular el balance hídrico de la cuenca en estudio.
- Categorizar las zonas con diferente requerimiento Hídrico.

1.7 Hipótesis

Es posible estimar el balance hídrico de la cuenca del rio Milagro mediante la aplicación de un sistema de información geográfica, con datos provenientes de estaciones metrológicas y con estudios realizados del uso actual de la zona de estudio.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Las temperaturas son constantes a la misma altitud, al igual que el fotoperiodo y la radiación; y no se presentan periodos de reposo por bajas temperaturas; en estas condiciones, el principal factor climático que influye sobre el comportamiento del crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas está determinado por la presencia o ausencia de la precipitación. Por lo cual el balance hídrico (BH) es la relación existente entre los ingresos y las pérdidas corporales, para realizar el cálculo del balance hídrico se cuantifican los ingresos y pérdidas corporales por diferentes vías para establecer un balance en un período determinado (Orduz, J. y Fischer, G., 2007).

El balance hídrico directo (BHD) es un método empírico que estima el balance de todo el sistema, utilizando el cálculo de la precipitación mensual y anual para el año hidrológico en análisis, y la estimación de la evapotranspiración potencial mensual y anual. El método supone que el agua del suelo se va perdiendo conforme pasa el tiempo hasta agotar su reserva y así cubrir las necesidades hídricas del sistema. Este método consiste en estimar mes con mes los siguientes parámetros. Para realizar esta investigación se llevará a cabo la técnica de campo, con un análisis de laboratorio, (Guerrero, F., Kretschmar, T. y Corona, A., 2014).

En modelos de control de inundación de los ríos Cañar y Bululú ya que han estudiado el comportamiento del flujo en los ríos de la costa usando modelos GIS, mostrando zonas de inundaciones para caudales de diferentes periodos

de retornos; obteniendo así parámetros hidráulicos para la cuantificación y mostrar los efectos por el régimen hidráulico y así tomar decisiones ante los peligros que pueden ocasionar un fenómeno con la ayuda de modelos digitales y elevaciones de láminas de agua (Encalada G. y Jara, J. 2010).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cuencas Hidrográficas

Según SAGARPA, (2014). Establece que la cuenca hidrográfica constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico, y por definición es el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde el agua forma una unidad autónoma.

Comprendemos como Cuenca Hidrográfica aquel volumen limitado en su área por una divisoria de aguas y en su dimensión vertical por la biosfera y litósfera inmediatamente adyacentes, porción en la cual operan sistemas muy dinámicos tanto naturales como socioeconómicos (López y Hernández, M., 1973).

2.2.2 Recursos Hídricos

2.2.2.1 Precipitación

Chereque Morán, (1989). Define a la precipitación como la caída de agua en la superficie terrestre en la cual puede ser por granizo, garuas y nevada en que provienen del mismo fenómeno que es precipitación.

Por otro lado el autor Cahuana Andia & Yugar Morales, (2009). Nos explica que el agua tiene diferentes tipos de destinos. En la cual una parte es devuelta a la atmósfera por evaporación, la otra parte se pierde en la superficie del

terreno.

2.2.2.2 Evapotranspiración

Según Ordoñez Juan, (2011). La evapotranspiración tiene proceso en la cual interviene; la transpiración y la evaporación .La evaporación es el fenómeno en que el agua pasa de líquido a vapor. la transpiración es el fenómeno en que las plantas pierde agua , por otro lado es la perdida de agua en la superficie terrestre.

2.2.2.3 Temperatura

Para Ordoñez Juan, (2011).Es el cambio de ambiente que se da por el medio ambiente ya que la cantidad de energía solar, se retiene por el aire y se él lo que denomina temperatura.

Según el autor Ruiz & Molano-González, (2017).Comenta sobre el aumento de temperatura está asociado a una mayor evapotranspiración.

2.2.2.4 Infiltración

La infiltración es el proceso por el cual se denota la cantidad de agua absorbida por la precipitación en un determinada superficie ya sea de manera natural o artificial, en consecuencia va humedeciendo por niveles, es decir capa por capa de manera gradual, por otro lado existen variables relevantes que Intervienen en la proceso en sí, entre ellas está el tipo de suelo, el estado de la superficie y la cantidad de oxígeno en suelo.(Solano de la Sala Torres, 1982).

Según SPRINGALL Rolando, (1976). La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera

etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos

2.2.2.5 Definición de la hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia el ciclo hidrológico y lo proceso que tiene que ver con el medio ambiente , que a su vez se encarga de observar y estudiar los proceso de movimiento de agua debajo de la superficie terrestre que incluye ver proceso químico ,físico y biológicos (Paz-Pellat et al., 2010).

E. Varas C. (2012), define a la Hidrología como ciencia de la Ingeniería incluye aquellos aspectos cuantitativos de la Hidrología, que tienen relación con la planificación, diseño y operación de obras de Ingeniería y ciencias afines, para el uso de control del agua.

2.2.2.5.1 Balance Hídrico

El balance hídrico tiene factores o variables que interviene en el bienestar del suelo entre ellos está la: precipitación, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, etc. En donde para calcular pueden ser datos reales o simulados. Además es importante mencionar que existen varios tipos de balance hídrico: Hidrológicos climáticos de drenaje y riego. (Cleves L, Toro C, & Martínez B, 2006).

2.2.2.5.2 Fórmula de Balance Hídrico

Según Claro, (1991). Indica que para determinar balance hídrico se utiliza la siguiente formula la cual se indica a continuación:

$$P = ET + E + I + (\Delta HS)$$

En donde:

P = Precipitación

ET = Evapotranspiración E = Escorrentía

I = infiltración

HS = Cambio en la humedad del suelo (Hf - Hi) Hf = Humedad final

Hi = Humedad inicial

2.2.2.5.3 Balance hídrico superficial

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración, la ecuación de Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Pladeyra ,2003) .

$$BH = ETO + PP$$

BH balance hídrico

ETO= evapotranspiración

PP= precipitación

2.2.2.6 Algebra de mapas

El algebra de mapas no es otra que geo procesos en la cual se desarrollan varias capas, es básicamente es la combinación de capas de variables territoriales en una cual hace una mezcla de la cartografía, vegetación, ríos, y arroja como resultado diversos tipos de mapas (Castellanos Fajardo, 2017).

El álgebra de mapas como son conjunto de análisis o geo procesos que se desarrollan sobre varias capas para obtener información derivada. Gracias a la explotación de las capas iniciales podemos conseguir nueva cartografía secundaria generada a partir de la combinación de las capas iniciales (Ferrerías, 2013).

2.2.2.7 Mapas temáticos

Los mapas temáticos están hechos para reflejar un aspecto particular de la zona geográfica sobre la que se definen. En la elaboración de los mapas temáticos se utilizan los mapas generales a fin de suministrar una referencia base precisa sobre dónde ocurren los fenómenos descritos por los primeros: los cuales son:

Del suelo, el uso del suelo, capacidad de uso, pendientes, micro cuencas, mapa de comunidades, Mapa de sistema hidrográfico, mapa de división de la cuenca, mapa de Isoyetas , Mapa de pendientes (Mapas Temáticos, s.f.).

Según la ICA (Asociación internacional de Cartografía) define que un mapa temático es aquel que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares .En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos (Anónimo, 2011).

Define Cruz Calle, Guitierrez, Quintero Quintero, (2005). El mapa temático es una imagen que representa una parte de la vida diaria de la gente, del mundo, o una porción de éste; el mapa es considerado como la visualización de algo que existe en un lugar determinado

2.2.2.8 Tipos de Cuencas Hidrográficas

Bateman, (2007). Adicionan que existen dos tipos de cuencas hidrográficas que se pueden reconocer tales como las endorreicas y exorreicas; las cuencas exorreicas son aquellas cuencas que drenan fuera de la unidad hidrológica, en cambio las cuencas endorreicas son las que terminan en un lago central.

2.2.3. Pluviómetro

Villón, (2002). Indica que el pluviómetro es un recipiente cilíndrico de aproximadamente 20 cm de diámetro y 60 cm de alto. La tapa del cilindro tiene forma de un embudo receptor, el cual se intercepta con una probeta de sección 10 veces menor que el de la tapa.

2.2.4. Pluviógrafo

El pluviógrafo es un instrumento meteorológico utilizado en el estudio y análisis de las precipitaciones, su funcionamiento y uso está estrechamente relacionado con el pluviómetro. Es un instrumento que mide la cantidad de agua caída (lluvia) en un periodo de tiempo. Consiste, básicamente, de un recipiente en cuyo extremo superior tiene un brocal (entrada) de 200 cm² de área por donde el agua ingresa a través de un embudo hacia un colector, quedando depositada. Posteriormente, esta precipitación es medida mediante una probeta graduada en mm, con lo cual, obtendremos la cantidad de agua caída (Neil Carrero ,2008).

Pallars, (2012). Indica que el pluviógrafo, es el aparato que mide la cantidad de agua caída y el tiempo en que ésta ha caído. Lo más importante de una precipitación no es sólo la cantidad de agua recogida sino el tiempo durante el cual ha caído. Así, el pluviógrafo sirve para realizar una grabación automática de la precipitación.

Montesinos, A. (2013). Define que son aparatos que están constituidos por recipientes dobles de medida el movimiento se transmite a una plumilla que inscribe sobre la banda registradora el número de vuelcos que se han producido y el grafico que se genera, el mismo que se genera como pluviograma.

2.2.4.1. Estaciones Meteorológicas

Renom, (2011). Define que las estaciones meteorológicas son de gran importancia, debido a sus diversos usos como la realización del análisis sinóptico, en pronósticos y alertas sobre la ocurrencia de fenómenos severos, se utilizan además para ciertas operaciones locales, así como en investigación en ciencias de la atmosfera.

SEMERNAT, (2013). Señala que el cambio en el régimen de precipitación, temperatura y escurrimiento, así como la aparición más frecuente de eventos extremos en las cuencas hidrográficas y el cambio climático como elementos de atención y análisis bajo un enfoque de prevención tanto de inundaciones como de sequía y la necesidad de utilizar el enfoque de una cuenca para el análisis de riesgo.

2.2.5. Modelo Cropwat

Stancalie et al., (2010). Indica que es un programa informático en la cual te arroja cálculos del requerimiento de agua para los cultivos, y también por medio de institutos puedes obtener los datos climáticos en la cual llevas al programa y te saca todos los datos que necesitaras.

2.2.6. Condición hidrológica

Se manifiesta Villón, (2002). Que la condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal.

2.2.7. Caracterización Fisiográfica de Cuencas Hidrográficas

Sperling, (2007). Indica que los datos fisiográficos son todos aquellos datos que pueden ser extraídos de mapas, fotografías aéreas e imágenes satelitales. Básicamente son áreas, largos, declives y cobertura del suelo obtenidos directamente.

2.2.8. Balance hídrico de la Cuenca de estudio

2.2.8.1. Isotermas

Se denomina proceso isotérmico o proceso isoterma al cambio de temperatura reversible en un sistema termodinámico, siendo dicho cambio de temperatura constante en todo el sistema. La compresión o expansión de un gas ideal en contacto permanente con un termostato es un ejemplo de proceso isoterma, llevarse a cabo colocando el gas en contacto térmico con otro sistema de capacidad calorífica muy grande y a la misma temperatura que el gas; este otro sistema se conoce como foco caliente (Anónimo, 2014).

2.2.8.2 Isoyetas

El Método de las Isoyetas (Iso) presenta más laboriosidad, tanto en tiempo como en recursos materiales. Para su ejecución es necesario disponer, además de las mediciones de precipitación en los períodos de interés y de las ubicaciones de los puntos de observación, de las precipitaciones normales de cada estación, del material cartográfico correspondiente y de un conocimiento espacial y Atmosférico lo más detallado posible de las áreas consideradas. Al incorporar factores de la zona y de las precipitaciones, debería ser el mejor de los cinco métodos, pero a la vez tiene un alto grado de subjetividad dado por la experiencia y acceso a la información que posea el técnico encargado de la construcción de estas curvas (Pizarro, T., Ramírez, C., y Flores, J., 2003).

2.2.9 Sistema de información geográfica

Pussineri, (2015). indica es una herramienta que permite trabajar en la planificación territorial o la implementación de prevención frente a las amenazas a las que está expuesto un territorio

Otras muchas definiciones de SIG, como la de centro nacional de análisis de información geográficas, por sus siglas en inglés (N.C.G.I.A) que define los SIG como un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Salgado, M., 2012).

García, L., (2012). Adiciona que es útil por las combinaciones de las coberturas del suelo, litología, y tipos de suelo para la obtención de los

diferentes grupos de suelos hidrológicos.

Indica Truyol y Careja, (2013). Que También es referido como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestres construidos para satisfacer unas necesidades concretas de información

2.2.10 Información que se obtendrá del Sistema de Información Geográfica

García, (2014). Menciona que el Sig. Es una herramienta útil en la cual permite crear modelos digitales del área de trabajo, en la cual el programa se encarga de delimitar el área e estudio, también analiza en como el agua se divide por el terreno.

2.2.11 Delimitación de la cuenca

García, (2014). Indica partir de este *shape* y el *ráster* correspondiente al Modelo de Direcciones de Flujo mediante la herramienta “*Watershed*” (*Spatial Analyst Tools/Hidrology/Watershed*), se delimita automáticamente la cuenca.

2.2.12 Obtención de la red de drenaje

García, (2014). Define que Mediante la herramienta “*Stream Definition*” (*Terrain Preprocessing/Stream definition*) se calcula un *ráster* de corrientes a partir del modelo de flujo acumulado, especificando u área o un número de celdas que, desde un punto de vista hidrológico, indica el momento en que se genera la esorrentía.

2.2.13 Elaboración de los perfiles fluviales

García, (2014). Indica una vez que se dispone de una fluvial coherente es posible construir una serie de perfiles longitudinales y transversales en los cauces.

García, (2014). Indica una vez que se dispone de una red fluvial coherente es posible construir una serie de perfiles longitudinales y transversales en los cauces principales de la cuenca

2.3 Marco legal

Sección VI AGUA

Art. 411.- dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.(Constitución del Ecuador,2008, P,123).

Art. 12, 313 y 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.(Constitución del Ecuador , 2008 , P, 13 ,98 ,99) .

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación es tipo aplicada ya que permite conocer sobre cuál es el balance hídrico de la cuenca del río Milagro, y de esta manera permitirá tener de forma cuantitativa las áreas con mayor o menor contenido hídrico.

3.1.2. Diseño de investigación

Esta investigación es no experimental.

Descriptiva, ya que permitió conocer la situación hídrica existente en la cuenca del Río Milagro, mediante mapas temáticos

Exploratoria. Ya que mediante este trabajo conoceremos las características climáticas de la zona de estudio y permitió realizar modelos predictivos para diferente uso de planificación en la cuenca.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.2. *Variable independiente*

- Mapas Temáticos
- Uso de Suelo
- Clima
- Suelo

3.2.3. Variable dependiente

- Balance Hídrico

3.2.4. Información Base

Los sitios que se han escogido para sacar nuestros datos son

CLIRSEN El Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos

(IGM) Instituto Geográfico Militar

(MAGAP) Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

(INAMHI) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

(SENAGUA) SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA

(CROPWAT) programa informático de la FAO para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos.

3.2.5. Recolección de Datos

Los datos a recolectar están en forma digital en diferentes plataformas ya sean formatos CAD, SHP, EXL, PDF etc, o ya se en formato análogas y posteriormente se tendrá que digitalizar y en base de datos climáticos .

3.2.6. Recursos

Los materiales a emplear en el desarrollo de este trabajo son:

- GPS
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Programa ArcGis

- Material de oficina
- Esfero
- Libreta de campo
- Cartografía digital

3.2.7. Métodos y técnicas

Para la realización de este trabajo de investigación se recurrió a información generada por las estaciones meteorológicas que están situadas dentro y fuera de la cuenca, para realizar el presente trabajo se recolecto de datos meteorológicos, esta información fuente del INAMHI.

La información que se usará será precipitación y temperatura promedio anual de 10 años, esta información sirvió como herramienta de interpolación para generar las curvas y permitió realizar y visualizar las isoyetas y las iso-termas respectivamente que cubrirán el área de la cuenca hidrográfica del ríos milagro, la cual se la delimito con anterioridad de un trabajo hidrológico elaborado por Abarca 2017.

Luego de obtener estos productos se procedió a calcular la Evapotranspiración potencial (ETP), por medio del método de Holdridge el cual consiste en multiplicar la capa creada de temperatura o isoterma por el coeficiente 58.93, en el algebra de mapa que es una herramienta que permite hacer cálculos a información geográfica, luego para estimar el balance hídrico con información climática generada con un SIG se aplica la formula en la misma herramienta de algebra de mapas del arctooobox en la que indica que se debe dividir la capa isoyeta generada con los datos meteorológicos sobre la capa de ETP para obtener la capa de balance hídrico y que permitirá determinar el

déficit o exceso de agua en la cuenca hídrica del río milagro, posteriormente se generaran los mapas temáticos para la presentación pertinente, y determinaremos las áreas con mayor o menos balance hídrico, las cuales se categorizara en 3 grupos , en alto , medio y bajo el nivel hídrico de la cuenca.

3.2.7.1. Método deductivo

Mediante el método deductivo nos permitirá sacar las conclusiones sobre el uso de una herramienta Sig. Que permitirá determinar la evapotranspiración mediante el método de Holdridge, para luego estimar el balance hídrico de la cuenca en estudio, para llegar a resolver del particular a lo específico.

3.2.7.2. Método analítico

Este método permitió analizar los datos obtenidos de las estaciones meteorológica que se encuentran influenciadas por la cuenca Río Milagro, de la cual se obtendrá las isoyetas e isotermas, para luego estimar el balance hídrico planteadas en esta investigación y categorizar las zonas de déficit, equilibrio y de exceso de humedad que se encuentra distribuida en la cuenca del río Milagro.

3.2.7.3. Método investigativo.

Ayudo a determinar de manera lógica el uso de la información requerida tales como la cartografía digital proporcionada por MAGAP, INAMHI, GOOGLE EARTH, y de la cual se cuantificara las áreas de uso de suelo, ordenes de suelo y de distribución de las condiciones hídricas, para así determinar las condiciones de balance hídrico del área de estudio.

3.2.7.4. Método experimental.

Permitio a tabular la información que se genera de la base de datos alfanuméricos y mediante cálculos como son promedios, medias elaborar los resultados esperados, para el trabajo de titulación.

3.2.8. Análisis estadístico

No aplica diseño estadístico porque es un estudio descriptivo

4. Resultados

4.1. Caracterizar edafo-climaticamente la Cuenca del Rio Milagro.

4.1.1. Edafología de la zona de estudio

Por medio del uso de cartografía digital se procedió a realizar los diferentes mapas temáticos ver imagen 1, en donde se pudo cuantificar las condiciones edáficas de las que se encuentra integrada la cuenca Rio Milagro, en la que se puede observar en la tabla 2, que los suelos que mayor predomina son los Entisoles con un total del 83.8% de área total en la que se puede decir que estos suelos son relativamente joven según la clasificación taxonómica de la USDA, estos suelos son típicos de la cuenca baja del Rio Guayas, ya que estos suelos son de origen aluviales en su gran mayoría, seguido de la combinación de los entisoles y alfisoles, que se encuentran en 4.1% y se evidencia por la evolución de los suelos a las actividades agrícolas de la zona en estudio luego tenemos los inceptisoles con un 9% en la que se encuentra suelos más evolucionados con ciertas características edáficas predominante con los son horizontes B, más evolucionados y por ultimo ocupando el 3% suelos misceláneos que equivale a las zonas de poblaciones que se encuentra dentro de la cuenca hídrica Milagro.

4.1.2. Climatología de la zona

Las condiciones climáticas de la zona se pueden describir sobre una base de 12 estaciones meteorológicas entre digitales y convencionales que se encuentran suscriptas a la red climatológica del INAMHI ver imagen 2, en las que se puede determinar que las temperaturas medias de la cuenca en estudio varían de una media de 25°C, con una máxima de 26°C y una mínima de 25.1°C, ver tabla 3, mientras que las precipitaciones varían a una media de 1839.62 mm

y con máximas 2633.2 mm, mínima de 1176.9 mm ver imagen 2, 3, en base a los datos acumulados de las estaciones que se encuentra dentro de la influencia de la cuenca Rio Milagro, ver tabla 4.

4.1.3. El uso actual del suelo en la cuenca rio milagro

Dentro de los cultivos que se encuentran en desarrollo en base a la cartografía obtenida del ministerio de agricultura y ganadería de Ecuador y utilizando la herramienta CLIP del arctoolbox, se extrajo la data de la Cuenca en estudio y se determinó que los cultivos de mayor ocupación ver imagen 5, son los cultivo con sistemas agroforestales con un 24% y seguido de los cultivos café y cacao con un 25% del área total y con menor ocupación esta pasto o ganadería arroz y banano con 1.5, 5.7 y 8.6% respectivamente ver tabla 5.

4.1.4. Componente hídrico.

El componente hídrico de la cuenca está conformado por Esteros y Ríos, ver cuadro 6, los cuales se detalla de la siguiente manera el rio más largo es el Rio Milagro con una longitud de 49.97 Km y el Estero los Monos con una Longitud de 31.18 km. Con un total de 135.94 km que comprende la red hídrica y que conforman las sub cuencas del rio Milagro. Ver tabla 6.

4.2. Calcular el balance hídrico de la Cuenca en estudio.

Para el cálculo del balance hídrico se determinó mediante la fórmula Holdridge, en la cual se calculó la ETP, ver imagen 7, con los valores de Precipitación media anual y los valores de temperatura media anual, para posteriormente calcular el balance hídrico ver imagen 8, teniendo como resultado

valores mayores a 1 como exceso de humedad en los cual el valor mayor es de 1,16 a 1,90 y valores menores a 1 representa un déficit como lo es el valor de 0,76 ver tabla 7.

4.3. Categorizar las zonas con diferente requerimiento Hídrico

Una vez realizado el cálculo del balance hídrico superficial, mediante la fórmula de Holdridge usando del Algebra de mapas, que se encuentra como herramienta en el ARCTOOL BOX del ARCMAP en el que consistió en elaborar los ráster de precipitación, temperatura y de evapotranspiración potencial de la cuenca en estudio se determinaron 3 categorías ver imagen 9, teniendo como resultado un 76,29% del área ocupada que comprende a 30702 has con u déficit hídrico, seguido de un 17,46% de una estabilidad hídrica que equivale a 7027 has y por ultimo un 6,24% de exceso hídrico zonas susceptible a inundarse que equivale a un 2513 has, como se muestra en la tabla 8, mismos que esta distribuidos en la cuenca hidrográfica representada en el mapa imagen 9.

5. Discusión

Una vez realizado el trabajo se plantea las siguientes discusiones:

El BHD, es un método empírico que estima el balance de todo el sistema, utilizando parámetros de precipitación y temperatura, se concuerda con, Guerrero, F., Kretschmar, T. y Corona, A., (2014) ya que permitió en este trabajo la estimación mediante el álgebra de mapas la estimación de BH de la cuenca en estudio.

Orduz, J. y Fischer, G. (2007), indica que las temperaturas son constantes a la misma altitud, por lo cual se concuerda con el autor ya que las temperaturas de toda la cuenca en estudio se mantuvieron en un promedio de 26°C sin muchas variaciones ya que la topografía de la cuenca no es muy accidentada

Los SIG son herramientas digitales que permite crear modelos digitales del área de trabajo se concuerda con García (2014), ya que este me permitió modelar y realizar mapas temáticos de diferentes análisis de desarrollo y conformación de los resultados de la cuenca del río Milagro y que permitió la estimación de los BH de la zona de estudio.

6. Conclusiones

Una vez realizado el trabajo se tiene las siguientes conclusiones:

Los suelos que conforman la cuenca del río Milagro está en su gran mayoría ocupado por suelos entisoles ya que es muy común es suelos que conforman la cuenca baja del rio guayas de origen aluvial por su pedología, la misma que tiene un promedio de 25°C de temperatura y una precipitación promedio de 1839.62 mm.

El uso actual de estos suelos en su gran mayoría corresponde en su gran mayoría a cultivos de cacao, seguido de cala de azúcar, maíz y banano.

El balance hídrico de la cuenca del rio Milagro está conformado en su déficit hídrico cerca del 76% del área total de la cuenca en estudio, que corresponde la zona que está ubicado oeste del área de estudio, y el 20% corresponde a la cabecera que está ubicada al este de la misma, que presenta una estabilidad y exceso hídrico.

7. Recomendaciones

Una vez realizado las conclusiones se recomienda:

Utilizar información in situ de los componentes edáficos para ajustar los procesos de estimación del balance hídrico que consiste en la realización de observaciones de suelos como barrenaciones y calicatas.

Hacer un análisis investigativo sobre el comportamiento y manejo de los cultivos más relevantes existente en la cuenca misma que permitirá establecer el consumo de agua de la zona de estudio.

Realzar una investigación que involucre a instituciones de educación y gubernamentales que permita efectivizar el manejo adecuado de la cuenca ene estudio y de esta manera optimizar el recurso existente

8. Bibliografía

- Anónimo. (31 de Julio de 2014). Curva Isotérmica o Isoterma. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/235525454/Curva-Isotermica-o-Isoterma>
- Anónimo.(2011).redgeomatica.obtenido de redgeomatica.
<https://redgeomatica.rediris.es/cartos2/pdf/pdfT/tema1t.pdf>
- Bateman, A., (2007). Hidrología básica y aplicada. Barcelona, España: grupo de investigadores de sedimentos.
- Carrero, N. (2008). *El pluviógrafo*. Recuperado de <http://www.wimoi09.blogspot.com/2008/05/el-pluviografo.html>
- Cahuana Andia, A., & Yugar Morales, W. (2009). Material De Apoyo Didactico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Hidrologia Civ-233, 414.
- Castellanos Fajardo, L. A. (2017). Álgebra de mapas con datos vectoriales. *Centro Publico de Investigación*. Retrieved from [https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/153/1/09-Algebra de Mapas con Datos Vectoriales - Diplomado en Análisis de Información Geoespacial.pdf](https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/153/1/09-Algebra%20de%20Mapas%20con%20Datos%20Vectoriales%20-%20Diplomado%20en%20Análisis%20de%20Información%20Geoespacial.pdf)
- Chereque Morán, W. (1989). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*.
- Claro, F. (1991). Himat Balance Hidrico. Retrieved from [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/011636/BALANCE HID RICO.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/011636/BALANCE%20HIDRICO.pdf)
- Cleves L, J. A., Toro C, J. ;, & Martínez B, liven F. (2006). Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos .Una revisión analítica. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 10(1), 149–163. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4460>

- Constitución del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador .Quito: Asamblea Constituyente del Ecuador.
- Encalada, G. y Jara, J., (2010). Implementación del modelo hidráulico HEC – GeoRAS en la modelación hidráulica del sistema para el control de inundaciones de los ríos Cañar y Bulubulu. Cuenca. Universidad de Cuenca.
- E. Varas C.(2012). Hidrología Ambiental. Obtenido de Hidrología Ambiental:
http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/modulo1/hidro.pdf
- Ferreras, R. M. (2013). *Geo innova*. Obtenido de Geo innova:
<https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-el-algebra-de-mapas/>
- García, L., (2012). Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas SIG estudio aplicado al litoral de Murcia. Murcia. Universidad de Murcia
- García, (2014). Análisis de perfiles longitudinales de ríos para la detección de anomalías geomorfológicas. Aplicación a un sector de la costa septentrional del Mar de Alborán (España)
<file:///C:/Users/WIN8/Downloads/60473Texto%20del%20art%C3%ADculo-4564456551639-2-10-20180530.pdf>
- Guerrero, F., Kretschmar, T. Y Corona, A. (2014). Estimación del balance hídrico en una cuenca semiárida, El Mogor, Baja California, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*.5 (6), 69-81. ISSN: 0187-8336.
- MARÍA ISABEL CRUZ CALLE, R. G. (26 de marzo de 2005). Observatorio de geografía de América latina. Obtenido de observatorio de geografía de América latina.

[http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Ensenanzad
elageografia/Investigacionydesarrolloeducativo/42.pdf](http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Ensenanzad
elageografia/Investigacionydesarrolloeducativo/42.pdf)

Montesinos, A., (2013). Hidrología. Lima. Universidad a las Peruanas.

Neil, C., (2008). *Manual básico de HEC – HMS 3.00 Y HEC – GeoHMS 1.1*. Granada. Universidad de Granada.

Orduz, J. y Fischer, G. (2007). Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte llanero de Colombia. *Agronomía Colombiana*. 25(2), 255-263. ISSN: 0120-9965.

Ordoñez Juan, J. G. (2011). Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial. *Globla Water Partnership*, 44. Retrieved from:
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf

(Pallars Mateo ,2012). Nevasport.Obtenido de nevasport:

<https://www.nevasport.com/meteo/art/9640/El-Pluviografo>

Paz-Pellat, F., Marín-Sosa, M. I., López-Bautista, E., Zarco-Hidalgo, A., Bolaños- González, M. A., Oropeza-Mota, J. L., ... Rubiños-Panta, E. (2010, June). Elementos para el desarrollo de una Hidrologia oprecional con sensores remotos :suelo desnudo. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 1(2), 59–71.

Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v1n2/v1n2a4.pdf>

(Pizarro, T., Ramírez, C., y Flores, J. (2003). Análisis comparativo de cinco métodos para la estimación de precipitaciones areales anuales en períodos extremos. *Scielo*. 24. (3). 31-38. ISSN 0717-9200

- Pussineri, G., (2015). Aplicación de sistemas de información geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones. Ciudad de Argentina. FICH – UNL.
- Renom, M. (2011). Principios básicos de las mediciones atmosféricas. Fac. De Ciencias-UdelaR.
- Ruiz, J., & Molano-González, N. (2017). Dinámica de la precipitación, la temperatura y la razón de aridez (1973-2011) en un escenario de cambio global en la isla de la vieja Providencia, Colombia: ¿qué está cambiando? cambiando? *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 26(1), 25–35. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v26n1.56019>
- SAGARPA. (2014). Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas. México, CDM. Colegio de Postgrados. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.
- Stancalie ,G A.Maricay Toullos. 2010. Using earth observation and CROPWHAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. *Phys. Chem .Earth* 35(1-2), 25-30 . Doi. 10.1016/j.pce.2010.03.013.
- SEMARNAT. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. México. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales.
- Solano de la Sala Torres, J. A. (1982). Efecto de la relación precipitación escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la cuenca del río Texcoco. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Centro de Edafología, Chapingo, México.

SPRINGALL Rolando: "Hidrología". Universidad Autónoma de México. 1976.

Truyol, M., (2013). Introducción a los sistemas de información geográfica.

IMEDEA (SCIC-UIB).

Villón, M., (2002). Hidrología estadística. (Primera y segunda ed.). Lima. Perú.

Taller de publicaciones del instituto tecnológico de Costa Rica.

9. Anexos

Tabla 1. Taxonomía de los suelos en la cuenca río Milagro

TIPO	HAS	% OCUPADO
BASEU	1265.70	3.1
ENTISOL	33722.02	83.8
ENTISOL+ALFISOL	1642.59	4.1
INCEPTISOL	3612.39	9.0
TOTAL	40242.70	100

Alvarado, 2020

Tabla 2. Tabulación de las temperaturas 2010 2019.

ESTACION METEREOLÓGICA	TEMPERATURA °C
MILAGRO(INGENIO VALDEZ)	25.5
BABAHOYO-UTB	25.6
INGENIO SAN CARLOS (BATEY)	25.2
INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	25.1
GUAYAQUIL U.ESTATAL (RADIO SONDA)	26.2
HACIENDA TAURA (BANATEL)	25.9
ISABEL MARIA	26.0
MANUEL J.CALLE(V.FORESTAL)	25.4
BUCA Y	23.6
GUAYAQUIL AEROPUERTO	25.9
GUAYAQUIL INOCAR	26.1
BALZAPAMBA	20.7
MEDIA	25.1
MINIMA	20.7
MAXIMA	26.2

Alvarado, 2020

Tabla 3. Tabulación de las Precipitaciones 2010 2019.

ESTACION METEREOLÓGICA	PRECIPITACION mm ACUMULADO
	ANUAL
GUAYAQUIL INOCAR	1176.86
GUAYAQUIL AEROPUERTO	1298.52
MILAGRO (INGENIO VALDEZ)	1495.63
INGENIO SAN CARLOS (BATEY)	1660.38
MANUEL J.CALLE (V.FORESTAL)	1910.82
BABAHOYO-UTB	2144.05
MONTALVO-LOS RIOS	2208.00
BUCAY	2633.22
GUAYAQUIL U.ESTATAL (RADIO SONDA)	1267.05
INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	1883.03
RIO SAN ANTONIO-MONJAS	2558.33
MEDIA	1839.62
MINIMA	1176.9
MAXIMA	2633.2

Alvarado, 2020

Tabla 4. Uso actual del suelo

TIPO	HAS	%OCUPADO
ARBORICULTURA		
TROPICAL	9881.21	24.6
ARROZ	2313.07	5.7
BANANO	3441.95	8.6
CAÑA DE AZUCAR	7430.43	18.5
MAIZ	4563.25	11.3
PASTO CULTIVADO	774.43	1.9
ZONA URBANA	1455.00	3.6
30% CAFE CON 70% CACAO	10383.37	25.8
TOTAL	40242.70	100

Alvarado, 2020**Tabla 5. Red hídrica cuenca rio Milagro**

TIPO	Km	% OCUPADO
Est. Carrizal	0.84	0.61
Est. de Chirijos	16.30	11.99
Est. Gorra	13.39	9.85
Est. Hediondo	6.19	4.55
Est. Los Monos	31.18	22.94
Rio Anapoyo	12.45	9.15
Rio Chanchin	0.14	0.11
Rio Chimbo	5.48	4.03
Rio Milagro	49.97	36.76
TOTAL	135.94	100

Alvarado, 2020

Tabla 6. Cálculo de Balance Hídrico (BH)

ESTACION METEREOLÓGICA	ETP	BH
MILAGRO(INGENIO VALDEZ)	1503	1.00
BABAHOYO-UTB	1508	1.42
INGENIO SAN CARLOS (BATEY)	1487	1.12
INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	1477	1.28
GUAYAQUIL U.ESTATAL (RADIO SONDA)	1547	0.82
HACIENDA TAURA (BANATEL)	1524	S/D
ISABEL MARIA	1531	S/D
MANUEL J.CALLE(V.FORESTAL)	1495	1.28
BUCAJ	1388	1.90
GUAYAQUIL AEROPUERTO	1525	0.85
GUAYAQUIL INOCAR	1539	0.76
BALZAPAMBA	1219	S/D
MEDIA	1478.5	1.16
MINIMA	1218.8	0.76
MAXIMA	1546.8	1.90

Alvarado, 2020

Tabla 7. Balance hídrico de la cuenca del río Milagro

BALANCE HIDRICO	HAS	%OCUPADO
DEFICIT HIDRICO	30702	76.29
ESTABILIDAD HIDRICA	7027	17.46
EXCESO HIDRICO	2513	6.24
TOTAL	40242	100

Alvarado, 2020

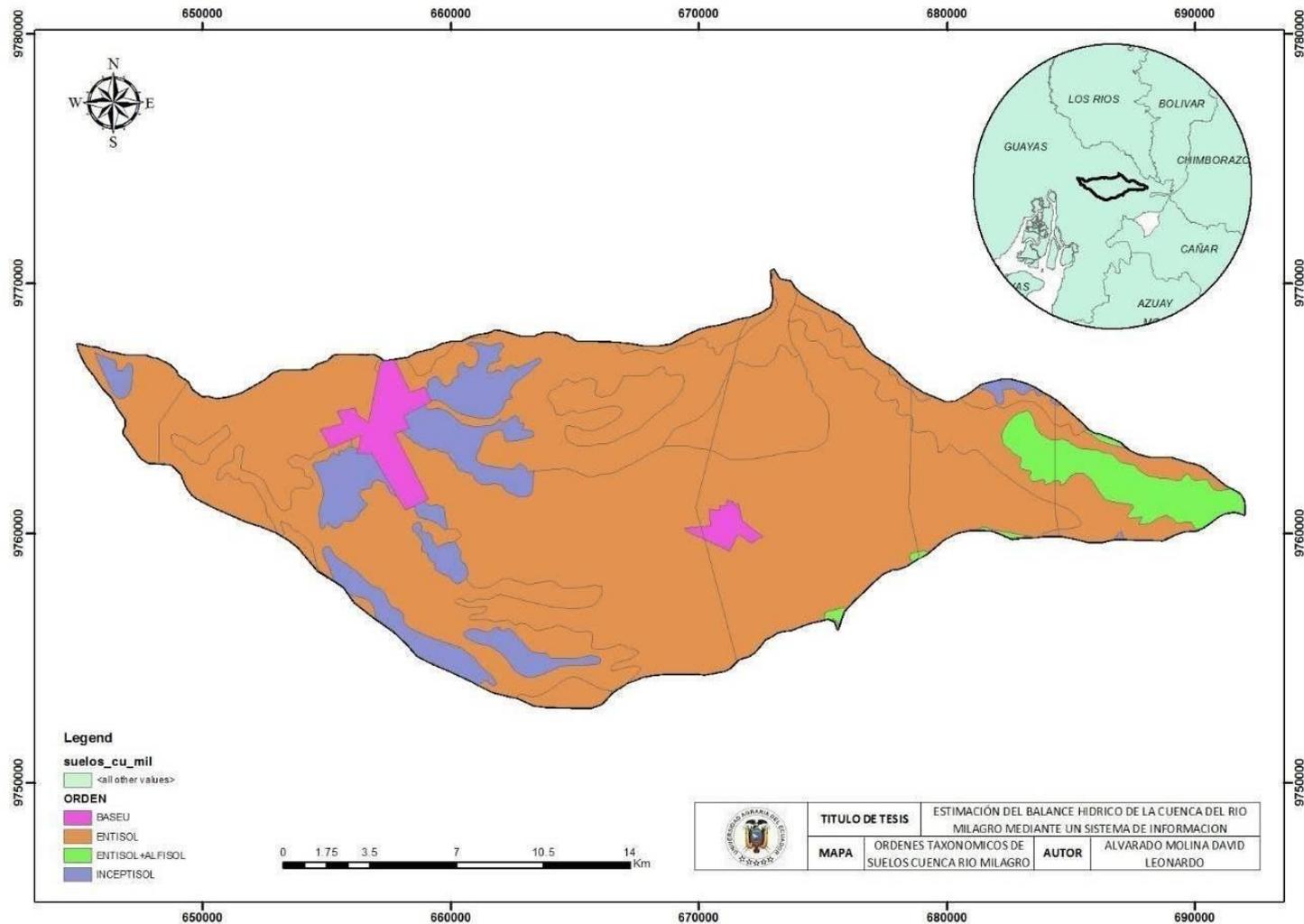


Figura 1. Mapa Taxonómico de suelos en la cueca del rio Milagro Alvarado, 2020

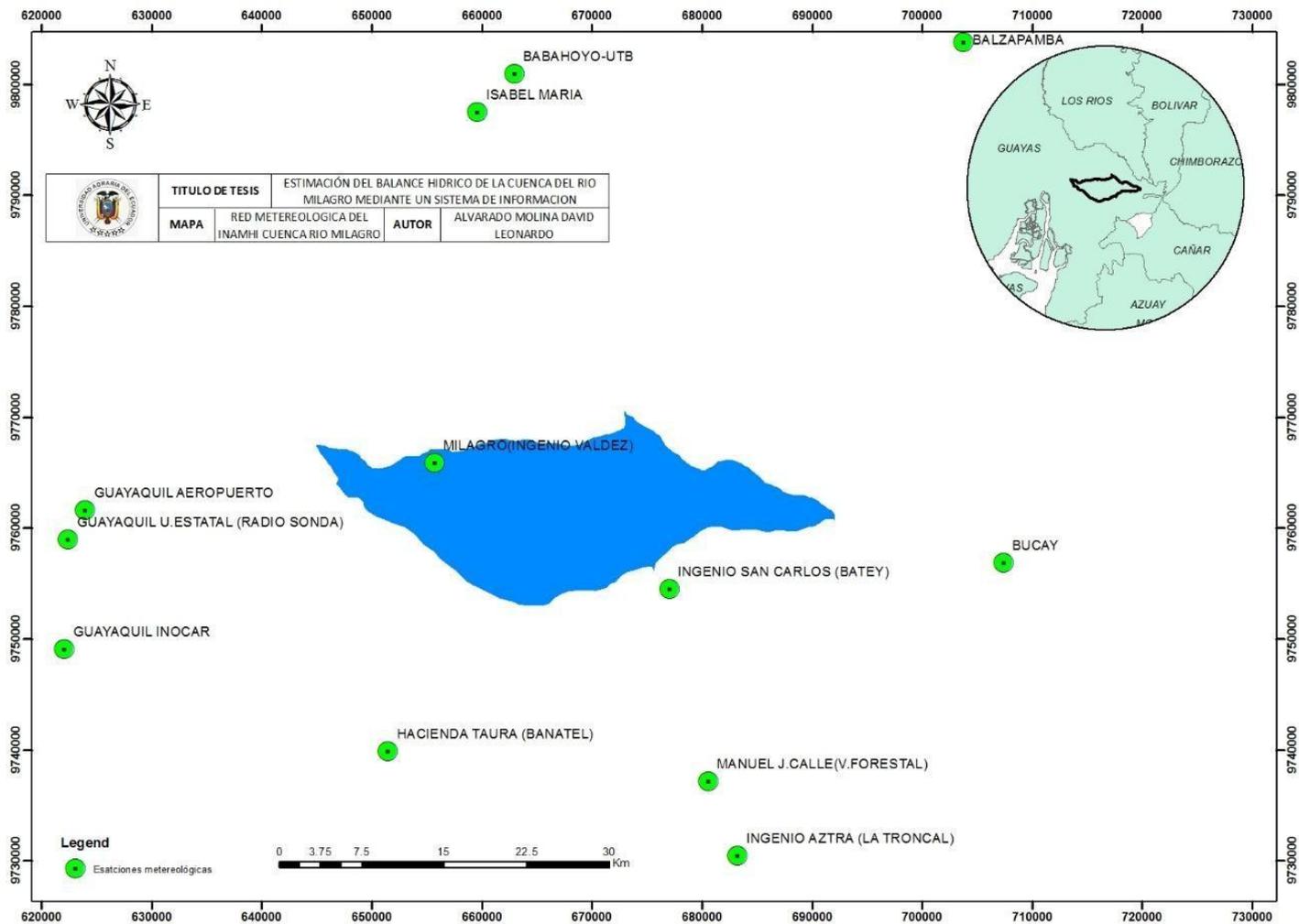
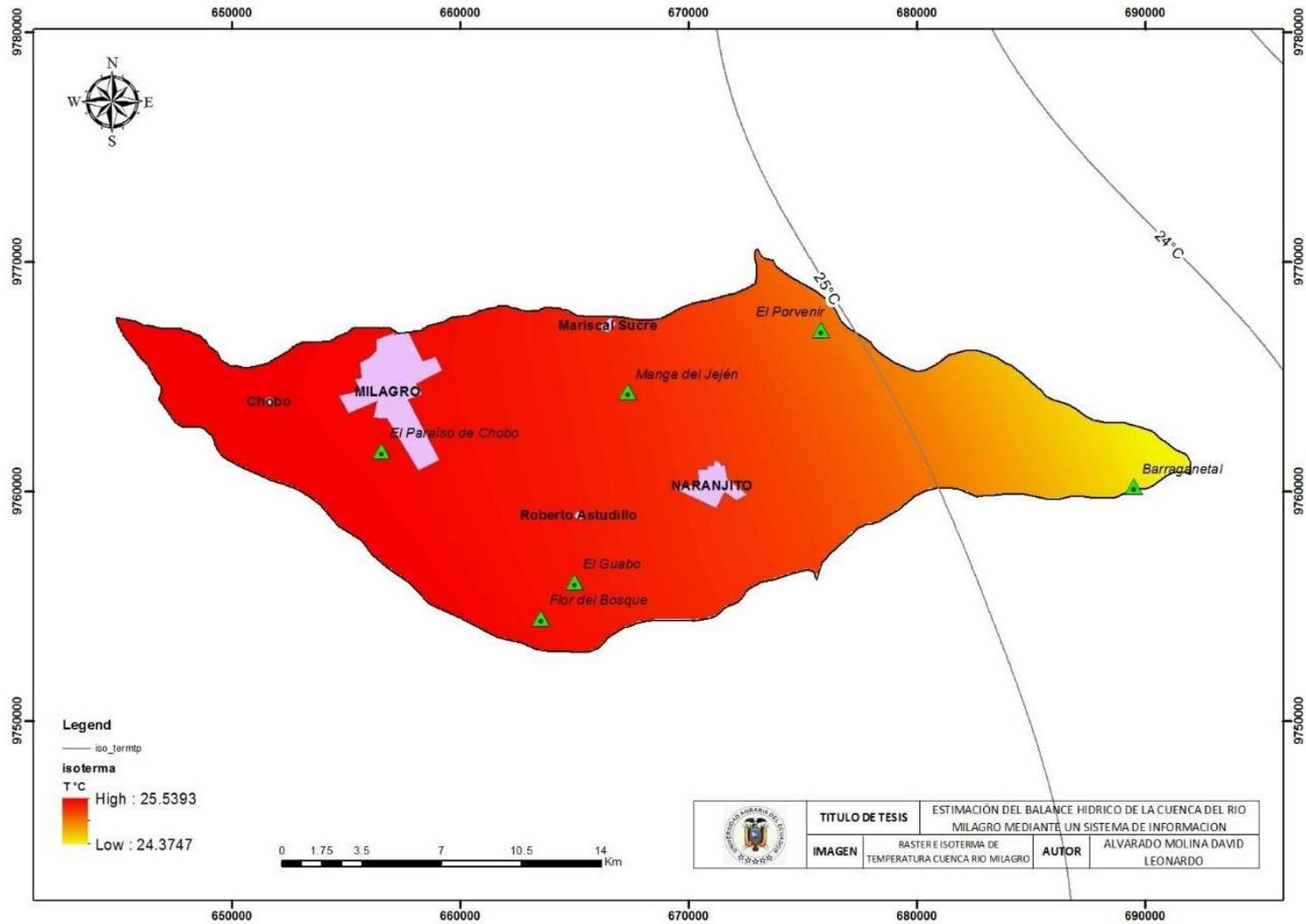


Figura 2 Ubicación de estaciones meteorológicas del INAMHI Alvarado, 2020



**Figura 3. Isotherma cuenca de rio Milagro
Alvarado, 2020**

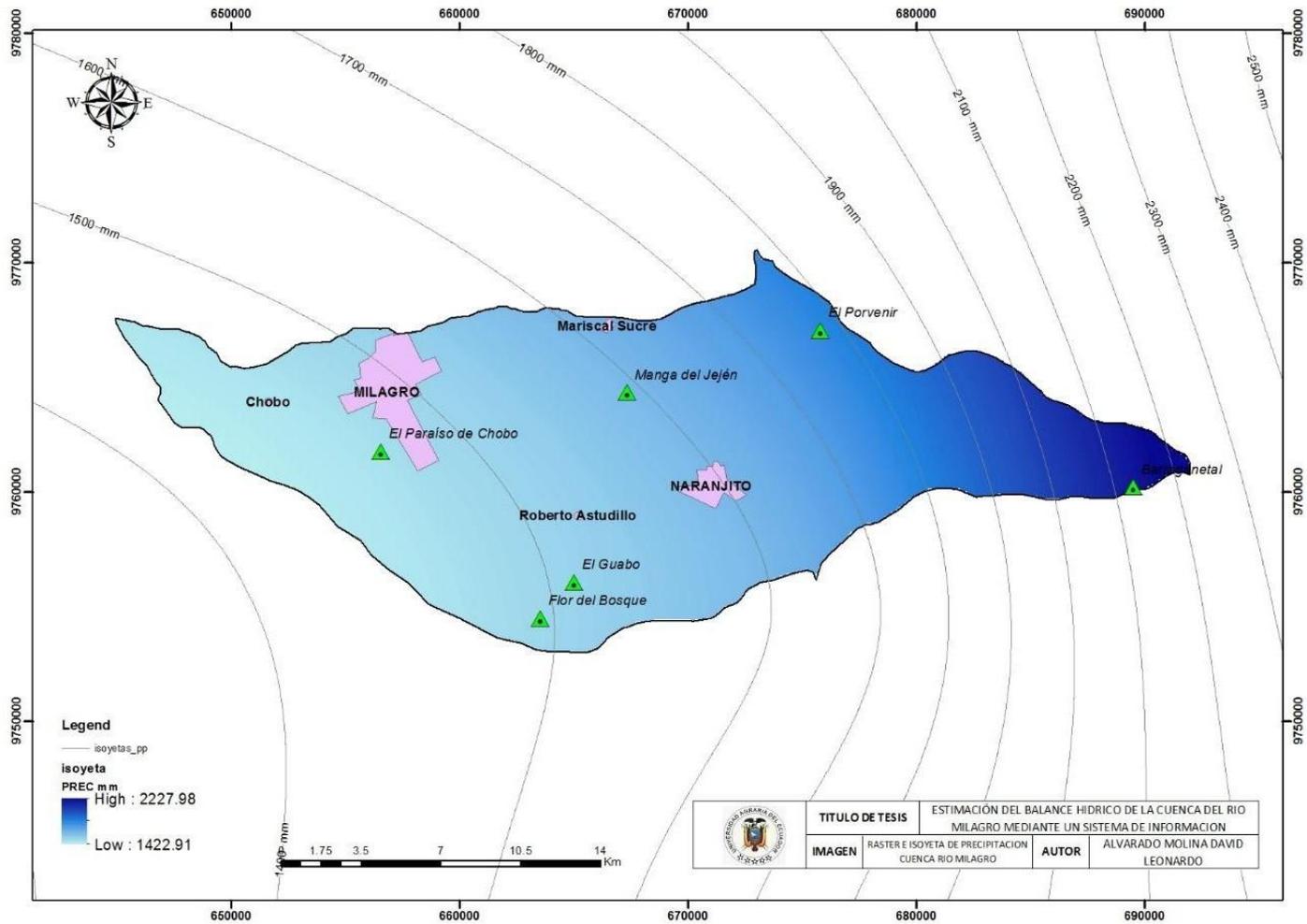


Figura 4. Isoyetas cuenca rio Milagro
Alvarado, 2020

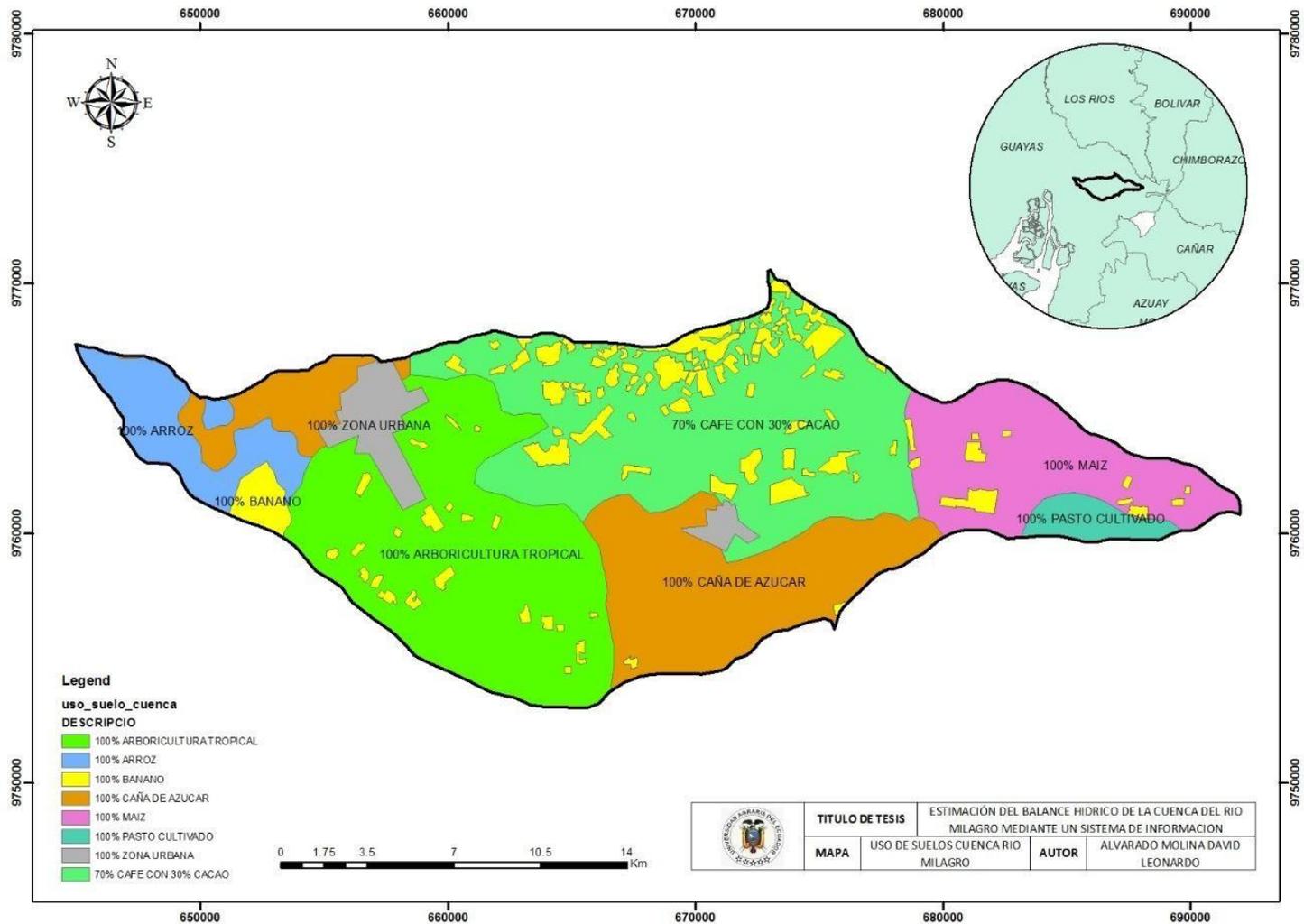


Figura 5. Uso actual del suelo Alvarado, 2020

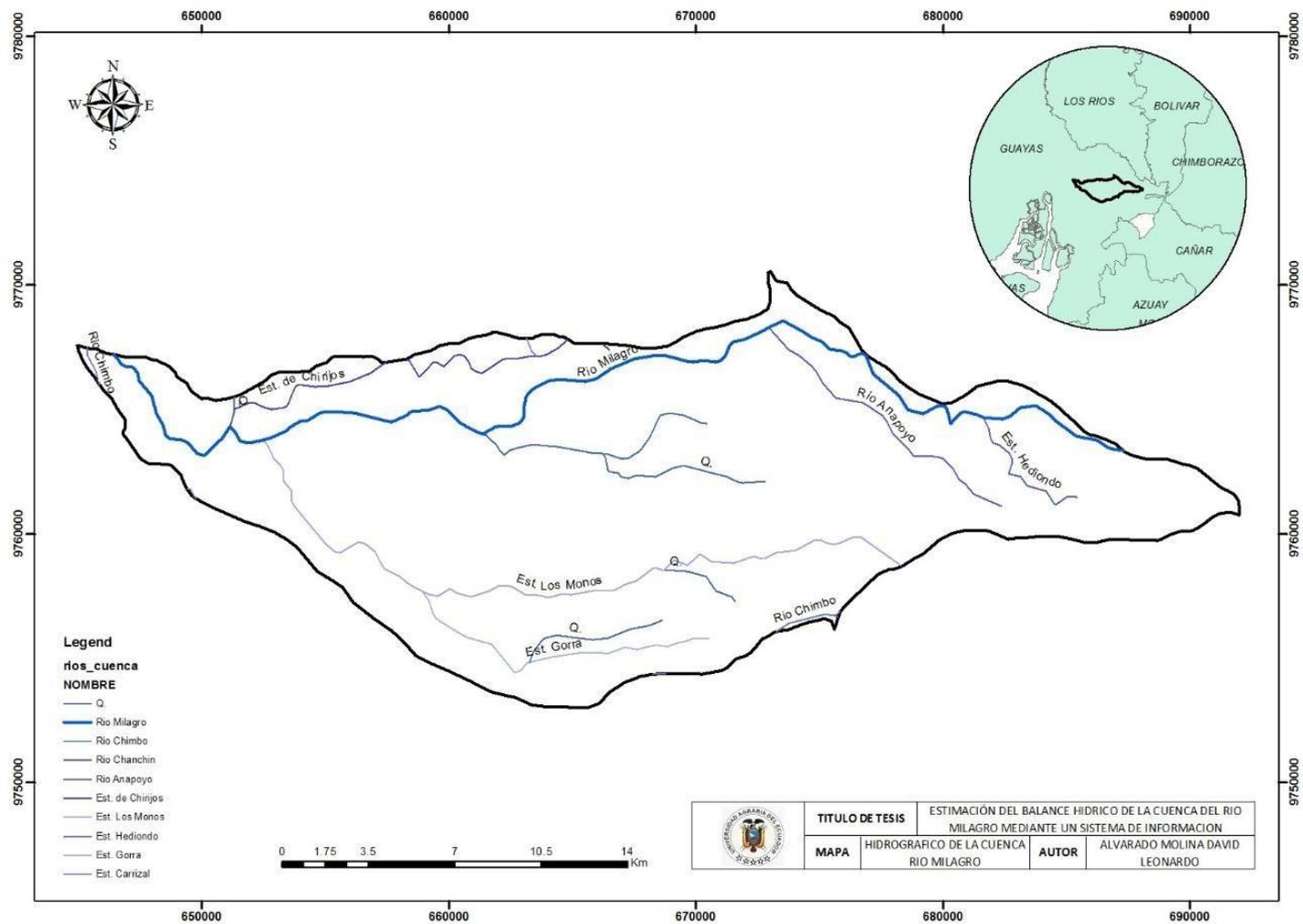


Figura 6. Red Hídrica de la Cuenca Rio Milagro
Alvarado, 2020

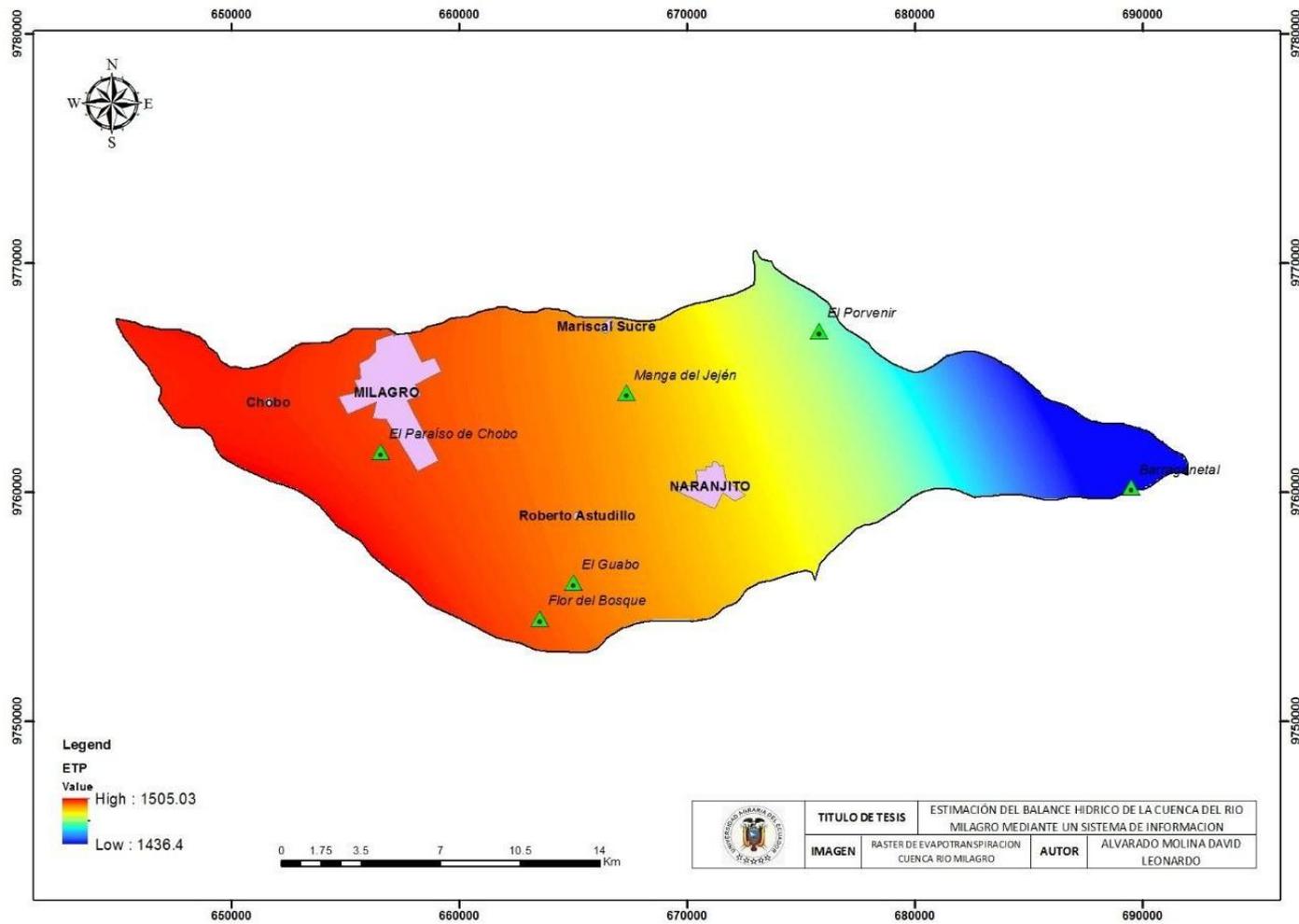


Figura 7 .Mapa de Evapotranspiración Alvarado, 2020

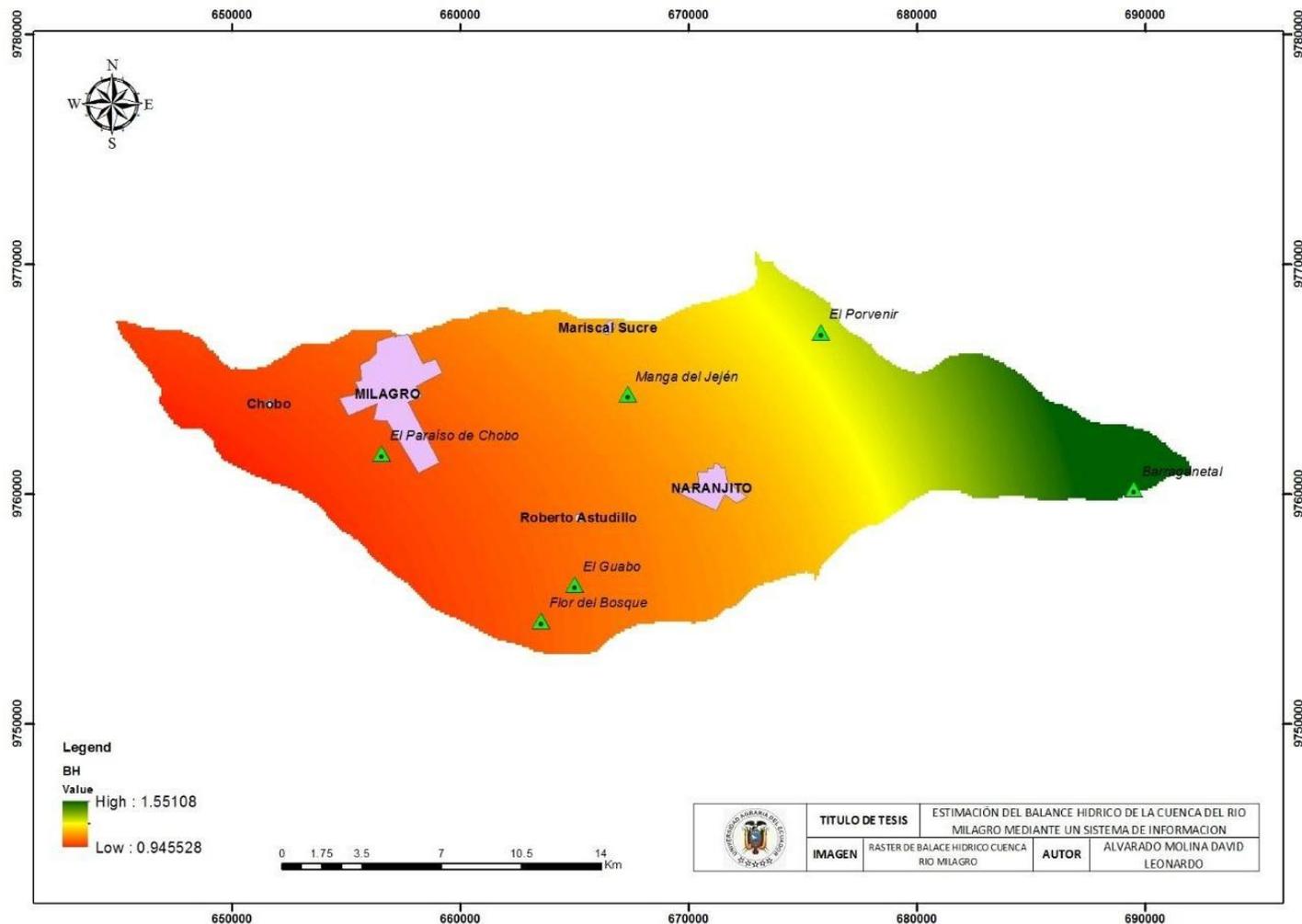


Figura 8. Mapa de Balance Hídrico Alvarado, 2020

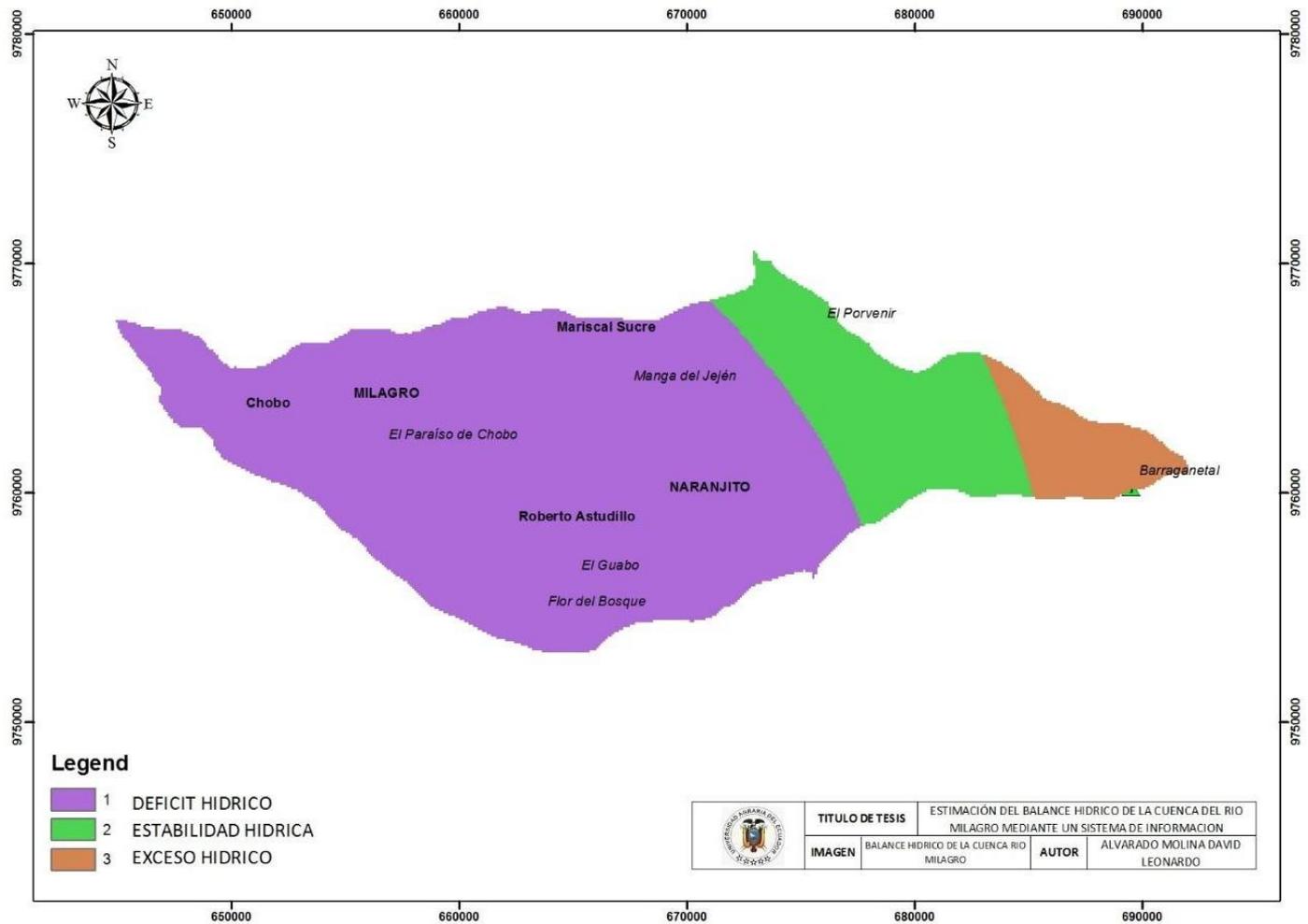


Figura 9. Mapa de categoría de Zona de Balance Hídrico Alvarado, 2020

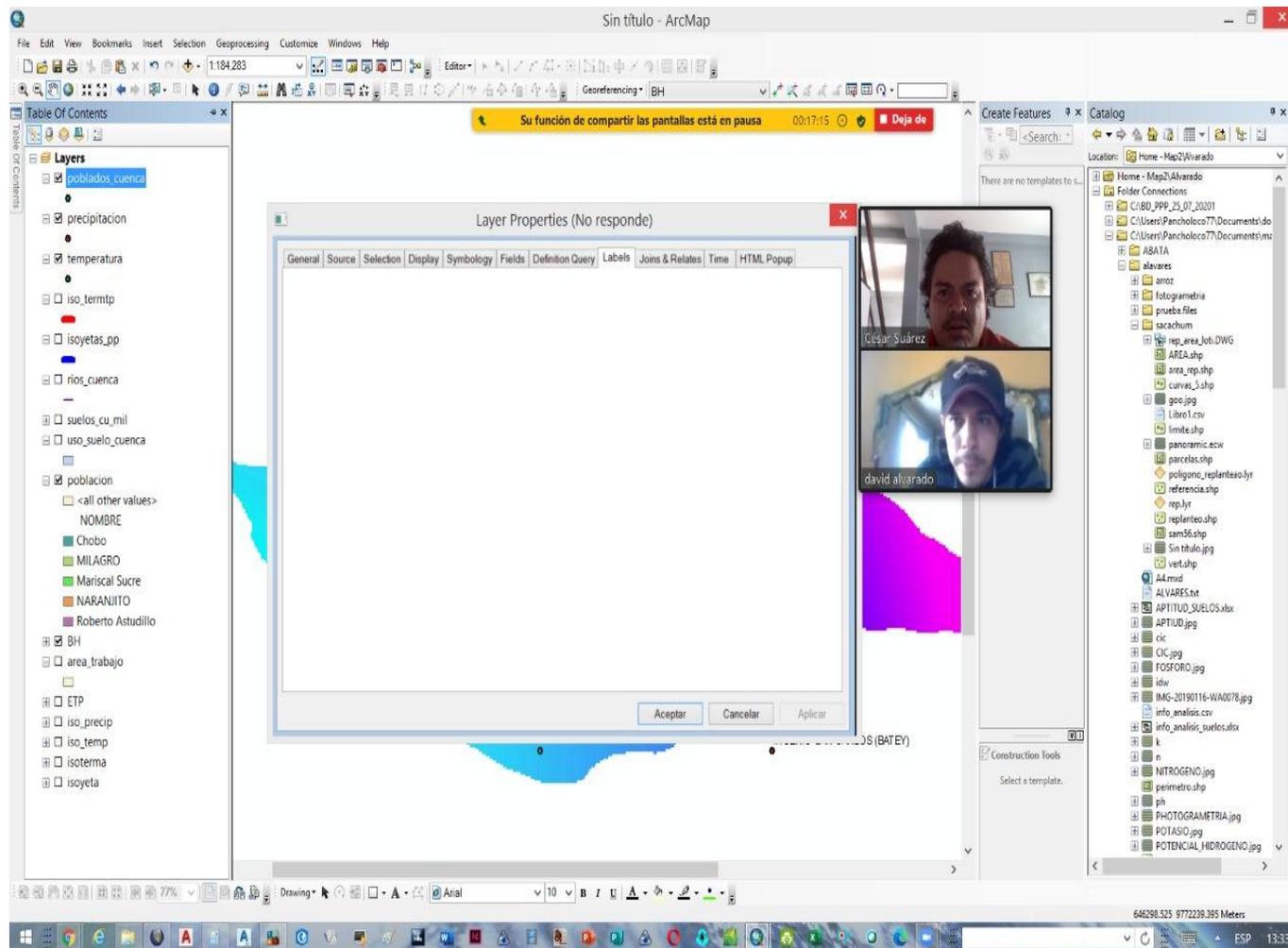
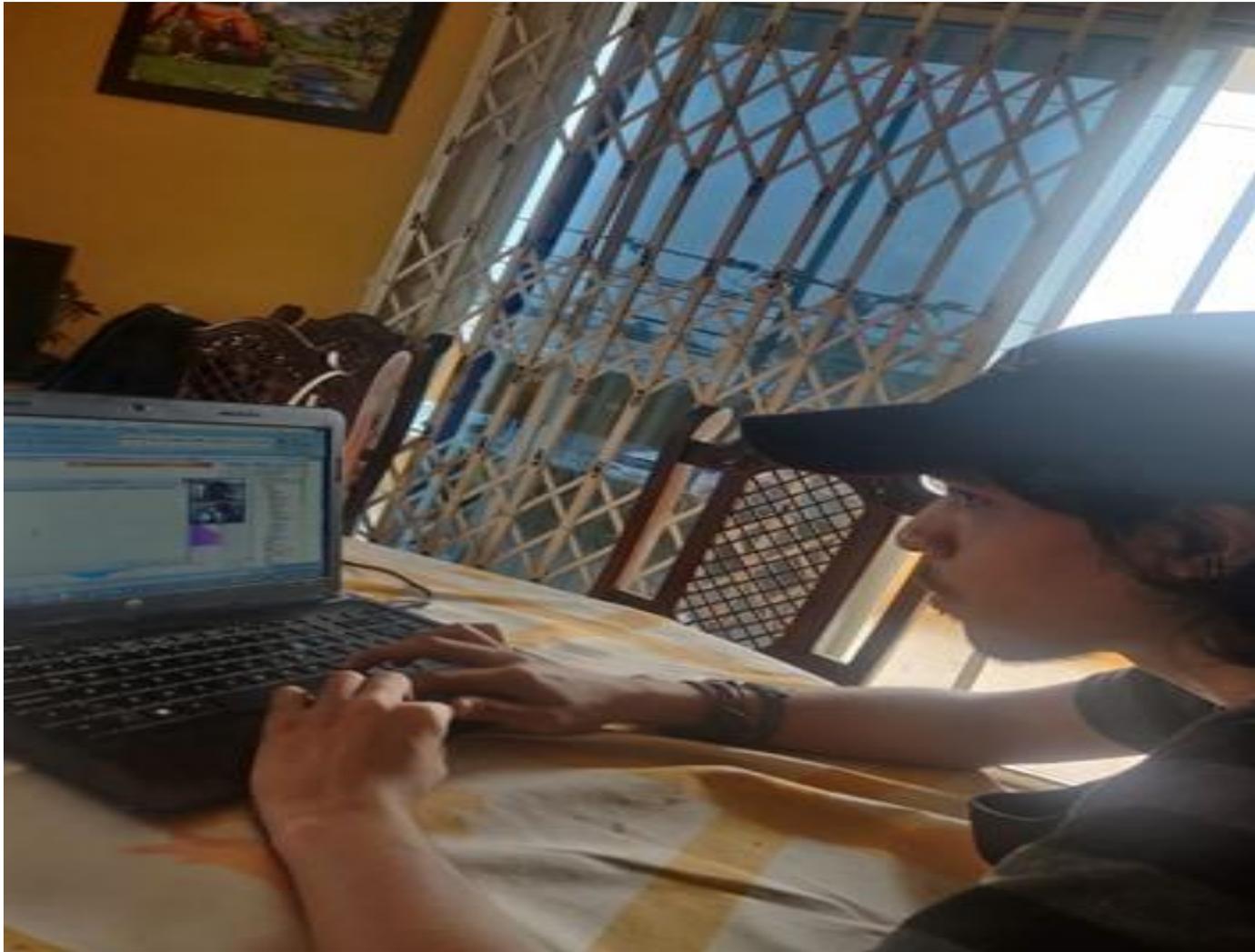


Figura 10. Tutoría en la conformación de los mapas temáticos Alvarado, 2020



**Figura 11. Elaboración de mapa temático
Alvarado, 2020**