



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN EN EL CONTROL EFICIENTE
DEL EMBALSE SIXTO DURÁN BALLÉN PARA GESTIONAR
SUSTENTABLEMENTE EL PATRIMONIO HÍDRICO**

AUTORES:

**JOSÉ ENRIQUE CEDEÑO CHÁVEZ
VÍCTOR ANTONIO ZAMBRANO LOOR**

TUTOR:

ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO, M.Sc.

CALCETA, JUNIO 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

José Enrique Cedeño Chávez y Víctor Antonio Zambrano Loor, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de su autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

José E. Cedeño Chávez

Víctor A. Zambrano Loor

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ing. Francisco Velásquez Intriago, M.Sc., certifica haber tutelado la tesis CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN EN EL CONTROL EFICIENTE DEL EMBALSE SIXTO DURÁN BALLÉN PARA GESTIONAR SUSTENTABLEMENTE EL PATRIMONIO HÍDRICO, que ha sido desarrollada por José Enrique Cedeño Chávez y Víctor Antonio Zambrano Loor, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Francisco J. Velásquez Intriago, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han APROBADO la tesis CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN EN EL CONTROL EFICIENTE DEL EMBALSE SIXTO DURAN BALLÉN PARA GESTIONAR SUSTENTABLEMENTE EL PATRIMONIO HÍDRICO, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por José Enrique Cedeño Chávez y Víctor Antonio Zambrano Loor, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Teresa Vivas Saltos, M.Sc.
Miembro

Blga. María Pincay Cantos, Mg.
Miembro

Ing. Joffre A. Andrade Candell, M.Sc.
Presidente

AGRADECIMIENTO

Las palabras a veces no son suficientes para agradecer por algo, pero esperamos que plasmando estas simples palabras podamos expresar lo profundamente agradecidos que estamos. Le agradecemos:

A Dios por hacer posible que hayamos llegado hasta esta instancia, un largo sendero por el cual caminamos con su ayuda.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A nuestro tutor que nos brindó y facilitó apoyo incondicional en los momentos requeridos.

A nuestro tribunal de tesis quienes dieron valiosas aportaciones y reforzaron el rumbo de esta investigación.

A nuestros profesores por su apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

A nuestros padres y familiares por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien.

A nuestros amigos y amigas quienes fueron un gran apoyo durante el tiempo de elaboración de esta tesis y en el transcurso formativo de la carrera

Los Autores

DEDICATORIA

Llegando hasta el final de este largo camino me he dado cuenta de que no lo he hecho yo solo, es por ese motivo que este trabajo se lo dedico a quienes formaron parte de este gran paso en mi vida. Le dedico este trabajo:

A Dios por hacer posible este pequeño pero gran paso en mi vida.

A mis padres José Cedeño y Marjorie Chávez que me han apoyado hasta el cansancio, me han visto sufrir, desvelarme, pasar por muchos momentos buenos también malos y al fin me ven llegar hasta el final de esta etapa; a mis hermanos Bairon; Steven, Anahí que de alguna forma u otra siempre me ayudaron.

A mis abuelas Maru y Bertita que siempre se preocuparon por mí, también a mis tías y tíos especialmente a mi tía Lore y Carmita que me han visto ir escalando poco a poco esta etapa universitaria.

También a mi compañero de tesis Víctor Zambrano y a mi tutor Ing. Francisco Velásquez sin ellos no hubiese sido posible realizar satisfactoriamente esta investigación.

A mis amigos con quienes hemos pasado por muchas dificultades y alegrías aquellos que venían conmigo desde el Pre; Kevin, Miguel, Pedro y aquellos con los que forme una gran amistad Majito, Jhandry, Leo, Kathy, Ariana, Génesis, Josselyn, Ayrton, Efraín, Luisita, Jenny, Anita, Dani, Topo, Jouver, Ricardo, Pamela, Denisse, Murillo, Flor, Pablo, Carlin y algunos otros que me olvidó mencionar, sin ellos esto hubiera sido extremadamente estresante, ya que siempre nos apoyábamos unos a otros. Muy pocos lo hacen, pero también me agradezco a mí por no retirarme cuando se puso todo difícil.

Enrique Cedeño

DEDICATORIA

Yo dedico principalmente a Dios quien guio mi camino para llegar a este momento, a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida, y sin olvidar a mi mama Sonia que me cuida y me apoya desde el cielo.

También dedico la elaboración de esta investigación a todos mis profesores, ya que ellos me apoyaron y enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día. Especialmente al Ing. Francisco Velásquez quien me apoyó y aconsejó en el trayecto de mi formación, encontrando en el no solo a un maestro sino un buen amigo, al Ing. Ángel Cedeño quien me introdujo y apoya en las temáticas de S.I.G. y los Ingenieros Joffre Andrade Candell y Carlos Ricardo Delgado, quienes, a más de ser unos buenos asesores académicos, también son buenos amigos.

A la Sra. Inés Pino, las Ingenieras Verónica y Erika Espinel, quienes me acogieron y apoyaron el año que viví en la ciudad de Calceta y a todos mis amigos y compañeros quienes formaron parte de mi vida en el transcurso de mi carrera académica.

Víctor Zambrano

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	viii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVE	xi
ABSTRACT.....	xii
KEY WORDS.....	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ¿Qué son y cómo es el control de embalses y represas en Latinoamérica y Ecuador?.....	5
2.2. Curvas guías de operación.....	7
2.3. Software stella y sus herramientas de trabajo.....	7
2.4. Cuenca hidrográfica y sus características	10
2.4.1. Características fisiográficas.....	10
2.5. Balance, modelado y simulación de los recursos hídricos.....	11
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	13
3.1. Ubicación.....	13
3.2. Duración	13
3.3. Variables en estudio	13
3.3.1. Variable dependiente	13
3.3.2. Variable independiente.....	13
3.4. Procedimientos.....	14
3.4.1. Fase 1: Determinación de las características fisiográficas de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén.....	14

3.4.2. Fase 2: Sintetización de la información hídrica histórica de los caudales del área en estudio.....	15
3.4.3. Fase 3: Simulación de curvas guías de operación mediante el software stella	16
3.5. Técnicas estadísticas	16
3.6. Métodos.....	17
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. Determinación de las características fisiográficas de la cuenca aportante al embalse sexto durán ballén	18
4.2. Sintetización de la información hídrica histórica de los caudales del área en estudio	27
4.3. Simulación de curvas guías de operación mediante el software stella	29
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1. Conclusiones.....	32
5.2. Recomendaciones.....	33
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	35

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 2.1. Bloques básicos de construcción de STELLA	7
Cuadro 4.1. Datos de limitación de la cuenca aportante al embalse.....	18
Cuadro 4.2. Datos geológicos de la cuenca aportante a la represa	18
Cuadro 4.3. Datos geomorfológicos de la cuenca aportante a la represa	19
Cuadro 4.4. Datos de elevaciones de la cuenca aportante a la represa	19
Cuadro 4.5. Datos de división política de la cuenca aportante a la represa.....	19
Cuadro 4.6. Datos de microcuencas de la cuenca aportante a la represa	19
Cuadro 4.7. Datos de volumen y área de almacenamiento del embalse	20
Cuadro 4.8. Volúmenes de recolección hídrica por mes	22
Cuadro 4.9. Características de la represa y el embalse Sixto Durán Ballén	23
Cuadro 4.10. Datos de evaporación.....	24
Cuadro 4.11. Datos de evapotranspiración	24
Cuadro 4.12. Descripción de ecuación de balance hídrico	25
Cuadro 4.13. Promedios de caudales entre los años 2005 y 2010	27
Cuadro 4.14. Relaciones entre áreas.....	28
Cuadro 4.15. Constantes para ecuación	28

Figura 2.1. Menú emergente después de hacer doble clic en el stock.....	9
Figura 3.1. Ubicación del Proyecto.....	13
Figura 4.1. Esquema de balance hídrico.....	26
Figura 4.2. Esquema de balance hídrico en el programa Stella.....	29

RESUMEN

Las curvas guías de operación (volumen/tiempo) de un embalse, ayudan a establecer un orden en el período de llenado y de evacuación. Debido a esto, se tiene como objetivo evaluar la relación entre las curvas guía de operación y el control del embalse Sixto Durán Ballén. Mediante información retrospectiva se obtuvo datos prospectivos utilizando el método Inductivo-Deductivo, se pudo analizar información histórica y simularla en tiempo. Se utilizó los software Global Mapper 16, ArcGIS 10.4.1, AutoCAD 2014, para el tratamiento de los shaphefiles e imágenes satelitales (DEM), y Excel para análisis estadístico de la información histórica. Se obtuvo una extensión de 428,50 km² de la cuenca aportante del embalse en estudio, en la cual el 4% representa el área de almacenamiento y esta a su vez almacena 228,78 hm³ a la cota 66 m.s.n.m., recolectando anualmente un promedio de 1038,43 hm³ de precipitación, de los cuales 22 hm³ se evaporan y 437 hm³ se evapotranspiran, con lo cual aplicando la fórmula de balance hídrico adicionando las diferentes aportaciones de entrada y salida se realizó un esquema en el programa Stella simulando tres escenarios (seco, lluvioso, promedio), dando curvas guías de operación respectivas para cada escenario. Por lo tanto, las curvas guías de operación que se simulen en un tiempo y espacio estarán estrechamente ligadas al balance hídrico del momento.

PALABRAS CLAVE

Simulación, represa, manejo hídrico, cuenca hidrográfica.

ABSTRACT

The operating guide curves (volume/time) of a reservoir, help to establish an order in the filling and evacuation period. Because of this, it aims to evaluate the relationship between operating guide curves and Sixto Durán Ballén reservoir control. Using information retrospective was possible to obtain prospective data using deductive-inductive method, and also was able to analyze historical information and simulate it in time. It was necessary using the following software: Global Mapper 16, ArcGIS 10.4.1, AutoCAD 2014, for the treatment of the shapefiles and satellite imagery (DEM), and Excel for statistical analysis of the historical information. This helped to obtain an extension of 428,50 km² of the basin contributor of the reservoir in study, in which 4% represents the storage area and this in turn stores 228,78 hm³ to the height 66 m.a.s.l., collecting annually an average of 1038,43 hm³ of precipitation, of which 22 hm³ get evaporated and 437 hm³ is evapotranspired, so by applying the formula of water balance and adding the different contributions of input and output was realized a schema in the Stella program, simulating three scenarios (dry, rainy, average), giving the appropriate operating guide curves for each scenario. Therefore, the operating guide curves that would simulate in a time and space will be closely associated to the timing of the water balance.

KEY WORDS

Simulation, dam, water management, watershed.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La humanidad a lo largo de la historia ha construido presas¹ en los ríos para así embalsar o almacenar grandes cantidades de agua, además de regular los caudales de los ríos. En la actualidad los embalses son un recurso muy importante en diferentes lugares del mundo, puesto que no existe región a nivel global en la que no haya una gran acumulación de agua destinada al abastecimiento de personas o al riego de cultivos (Migens, 2013).

En América latina los problemas hídricos no difieren mucho de país en país principalmente los embalses², son construidos para diversos fines como son riego, agua potable, control de inundaciones, generación de energía hidroeléctrica, etc. Por ejemplo, Venezuela cuenta con alrededor de 100 embalses construidos con los fines antes mencionados (Jiménez y Galizia, 2012).

En Ecuador precisamente en el cantón Bolívar, el 15 de diciembre de 1995 se inauguró La Represa³ Sixto Durán Ballén, construida con la finalidad de solucionar las problemáticas de sequías (BioManabí, 2012), y ésta destina su efluente para la agricultura y el consumo humano, por otra parte, se le han adicionado otros sistemas como trasvases, sistemas de riego y un acueducto, no obstante, en el año 2012 diversos sectores del cantón Bolívar se inundaron, hablándose de un mal manejo de la presa, ya que lo que estaba pasando no era culpa de la naturaleza, sino de la mano del hombre, acotó el párroco de la ciudad Darío Miask. (El Universo, 2012a) (El Universo, 2012b).

La acción de gestionar de manera sustentable los recursos hídricos de una zona, mediante una adecuada distribución del agua almacenada en los embalses,

¹ **Presa** es una estructura construida en el cauce de un río u otro cuerpo de agua que tiene como objeto embalsar o derivar el agua.

² **Embalse** es la acumulación de agua producida por una construcción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

³ **Represa** obra construida para contener o regular el curso de las aguas

contribuye al desarrollo participativo de la población, para lo cual se regulan los volúmenes del embalse mediante una serie de análisis de parámetros como lluvias, trasvases, infiltración y percolación, controlando sequías e inundaciones aguas abajo del embalse; de esta manera se da equilibrio a las necesidades hídricas de las comunidades aguas debajo de la presa.

Lamentablemente en la represa Sixto Durán Ballén no existe un documento de operación cuando se presentan fuertes precipitaciones. La operación actual se limita a solucionar problemas circunstanciales inmediatos y a cubrir necesidades que se presenten (Ortiz, 2015); las curvas guía son utilizadas por un modelo de simulación en la operación de una represa, este modelo de simulación es acoplado a un modelo de optimización para definir las reglas de operación óptimas (Bravo *et al.*, 2006).

Frente a estas circunstancias, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo se relaciona el uso de curvas guía de operación con el control del embalse Sixto Durán Ballén?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación tiene como finalidad optimizar el manejo de los caudales de agua del embalse Sixto Durán Ballén distribuyendo de manera adecuada las precipitaciones que se dan en su cuenca aportante durante el año, a través del caudal de vertido de la presa Sixto Durán Ballén, tomando en cuenta el caudal ecológico, asimismo factores fisiográficos, mediante el análisis de varios parámetros como son las precipitaciones, capacidad de almacenamiento, efluentes, entre otros; los cuales nos darán un mayor entendimiento de la situación actual y la pauta para proponer soluciones basándonos en las normativas nacionales e internacionales de manejo de embalses, y así no provocar déficit ni saturación del recurso hídrico aguas abajo.

La investigación contempla el objetivo 7 del Plan Nacional Del Buen Vivir, el cual manifiesta que se debe garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global, y una de las políticas del mismo objetivo menciona que se debe gestionar de manera sustentable y participativa

el patrimonio hídrico, con enfoques de cuencas y caudales ecológicos para asegurar el derecho humano al agua. Según el artículo 411 de la Constitución de la República del Ecuador dictamina que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Con esta investigación se busca que exista un vertido adecuado de la represa, es decir que el volumen de agua no sobrepase el nivel máximo que pueda soportar y así evitar inundaciones, y que no exista un déficit hídrico dentro del embalse lo cual podría provocar sequías; de esta manera aportar a la gestión hídrica de la cuenca aportante al embalse. Con los datos geográficos actuales e históricos de precipitaciones en el área de estudio se pretende analizar mediante los Software: Excel, AutoCad y ArcGis, los parámetros de volumen del embalse e históricos de precipitación en la cuenca aportante, para tomar como base los resultados de las ecuaciones y así plasmarlos en el programa simulación "Stella", para obtener la curva de operación óptima.

Las curvas guías de operación son pautas iniciales para elaborar planes de manejo en los embalses, ya que para obtenerlas es necesario parametrizar y simular los escenarios a enfrentar en el manejo de la misma, por ende, éste proyecto es fundamental para mejorar la eficiencia en el control del embalse Sixto Durán Ballén.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre las curvas guía de operación y el control del embalse Sixto Durán Ballén.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisiográficas de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén
- Sintetizar la información hídrica histórica de los caudales del área en estudio.
- Simular curvas guías de operación mediante el software Stella.

1.4. HIPÓTESIS

El embalse Sixto Durán Ballén se controla eficientemente con las curvas guía de operación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ¿QUÉ SON Y CÓMO ES EL CONTROL DE EMBALSES Y REPRESAS EN LATINOAMÉRICA Y ECUADOR?

Se considera embalse como un gran depósito formado artificialmente, por lo general cerrando la boca un valle mediante un dique, y en el que se almacena agua de un río, a fin de utilizarla en el riego de terrenos, el abastecimiento de la población, etc. (Utrera, 2002).

MAGRAMA (2015) define al embalse como “Recinto artificial de agua limitado, en todo o en parte, por la presa. También puede referirse al conjunto de terreno, presa y agua almacenada, junto con todas las estructuras auxiliares relacionadas con estos elementos y con su funcionalidad.”

Para Benedicti (2010) los embalses se pueden clasificar ya sea por una obstrucción natural de un cauce o artificial. Un embalse natural se lo puede clasificar ya sea por su profundidad, tamaño, localización geográfica (lago, laguna, charca, estanque) (Fuertes, 2013), mientras que un embalse artificial puede ser excavado en el suelo o ser producto de una represa.

Una presa o represa es un tipo de estructura hidráulica que tiene como fin contener el agua de un cauce natural (Villarino, 2011). Así también Gómez (2013) las define como construcciones que tienen como fin desviar el curso natural del río, estas consisten en una muralla o dique que atraviesa el cauce del río, además se usan para controlar el caudal aguas debajo de la construcción y también para mantener cierto volumen aguas arriba de la construcción.

La Esperanza es el segundo embalse en construirse en el año de 1995 en la cabecera de la subcuenca del río Carrizal, los fines para los que fue construida son regulación de avenidas, abastecimiento de agua potable y agua para riego (Zambrano, 2014).

La represa Sixto Durán Ballén fue diseñada para contener aproximadamente 450'000.000 metros cúbicos de agua lo que ocasionó la pérdida de más de 15000 ha. De tierras productivas en las cuencas de los ríos Barro y Bejuco (SNI, 2015); Por otra parte, Velázquez *et al.*, (2016) afirman el azolvamiento del embalse proyectando un volumen actual aproximado de 199'202.998 metros cúbicos.

La construcción de la represa contiene un terraplén de 47 metros de altura sobre el cauce del río Carrizal y cuya longitud es de 700 metros, soporta un núcleo arcilloso con un filtro destinado para el drenaje para recoger las pequeñas filtraciones que se pudieron dar durante la construcción (ODG, 2007).

En 1995 la empresa Nipón Koei entregó al CRM (Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí) los estudios definitivos para la construcción de trasvases para interconectar los embalses Daule-Peripa, La Esperanza y Poza Honda. Finalmente, en 1996 se culmina la construcción de la presa Sixto Durán Ballén y se contrató el trasvase Daule-Peripa – La Esperanza.

La idea de trasvasar agua en Manabí surgió en 1970, no obstante los primeros intentos de solucionar el abastecimiento hídrico en la zona central de Manabí iniciaron en 1986 cuando el consorcio Brasileño – Ecuatoriano propuso trasvasar agua desde Daule – Peripa hasta poza honda. En 1992 se inició la construcción de la represa Sixto Durán Ballén (Picoíta y Simbaña, 2011).

La operación de las presas y embalses se la estudia de acuerdo a sus cotas o niveles, en la presa Daule Peripa la operación de la presa es llevada de acuerdo a las cotas es decir el nivel máximo de operación radica en la cota 85 m, su vertedero principal va desde 77 m a 85 m, no obstante, si el nivel de la presa es excedido su vertedero de emergencia comienza a funcionar a los 87,7 m siendo esto un peligro aguas abajo debido a que el cauce principal no está apto para soportar ese caudal (CELEC EP-Hidronación, 2013).

2.2. CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN

Según Arganis, *et al.*, (2012) definen a las curvas guías de operación como “los niveles de almacenamiento que se desea no sean rebasados durante la operación para la seguridad del sistema”

La predicción de la curva de operación volumen – tiempo de un embalse, ayuda al operador a establecer un orden en el período de llenado y de evacuación, considerando los límites operativos estas curvas permiten establecer reglas muy simples de operación de los embalses con el fin de controlar las crecidas del caudal afluente a estos (Alzamora, 2010).





En México se realizó un estudio de operación de tres presas hidroeléctricas que trabajan en forma de cascada, este estudio utilizó la programación dinámica estocástica, la cual utiliza una serie de ecuaciones que toma como variables varios factores de del embalse como los caudales, además esta metodología utiliza algoritmos para dar como resultado la política óptima (Arganiz *et al.*, 2012).

Otro estudio realizado utiliza un modelo de optimización estocástica desarrollado en optimization programming language el cual utiliza las curvas guías para maximizar los ingresos de la planta hidroeléctrica y también dar un modelo para el control de inundaciones (Bedoya y López, 2015).

2.3. SOFTWARE STELLA Y SUS HERRAMIENTAS DE TRABAJO

Es un programa que permite realizar la modelación o simulación de un sistema de manera gráfica, a través de símbolos. Su destino principal en la actualidad es para aplicaciones científicas, investigativas y de enseñanza, además este sirve para hacer modelos hidrodinámicos, modelar eventos, predecir posibles catástrofes, modelos matemáticos, etc. (EcuRed, 2011).

Cuadro 2.1. Bloques básicos de construcción de STELLA

Bloque de construcción	Icono	Significado
Stock		Algo que se acumula
Flow		Actividad que cambia la magnitud de la acción
Converter		Convierte, almacena la ecuación o constante, no se acumula
Connector		Transmite información y entradas

Stock

En la terminología de STELLA, una acción es un sustantivo y representa algo que se acumula. Algunos ejemplos de poblaciones son población, radiactividad, concentración de enzima, autoestima y dinero. En cualquier instante, las magnitudes de las reservas nos dan una instantánea del sistema. El tipo más común de la acción es un depósito, que representa un rectángulo llano.

Flow

Mientras que una acción es un sustantivo en el lenguaje de STELLA, un flujo es un verbo. Un flujo es una actividad que cambia la magnitud de una acción. Algunos ejemplos de esas actividades son nacimientos en una población, el decaimiento de la radiactividad, la formación de una enzima, la mejora de la autoestima y el crecimiento del dinero. El icono de flujo representa un tubo dirigido con un regulador de flujo y espiga.


Converter

Podemos utilizar un conversor para modificar una actividad. Un convertidor puede almacenar una ecuación o una constante. Por ejemplo, con el modelo de población, un convertidor puede almacenar la tasa de crecimiento constante, digamos $10\% = 0.1$.

Action Connector

En action connector o connector transmite una entrada o una salida. Por ejemplo, en un modelo de población, un conector puede transmitir el valor de la tasa de crecimiento desde el convertidor de la tasa de crecimiento para el flujo de crecimiento.

Dynamite

Para quitar un componente del diagrama, se utiliza dinamita (). Usando la tecla Supr no eliminar por completo el elemento del modelo. En la parte superior del menú seleccione el icono de dinamita, que es el ícono de siguiente a la última.

Equations and Initial Values

Ahora estamos listos para entrar en las ecuaciones y valores iniciales. Para comenzar a definir una población inicial, haga doble clic en la acción de la población y ver un menú emergente como en la **Figura 2.1**. Para una población inicial de 100 bacterias, escriba 100. El valor de reemplaza el texto sombreado

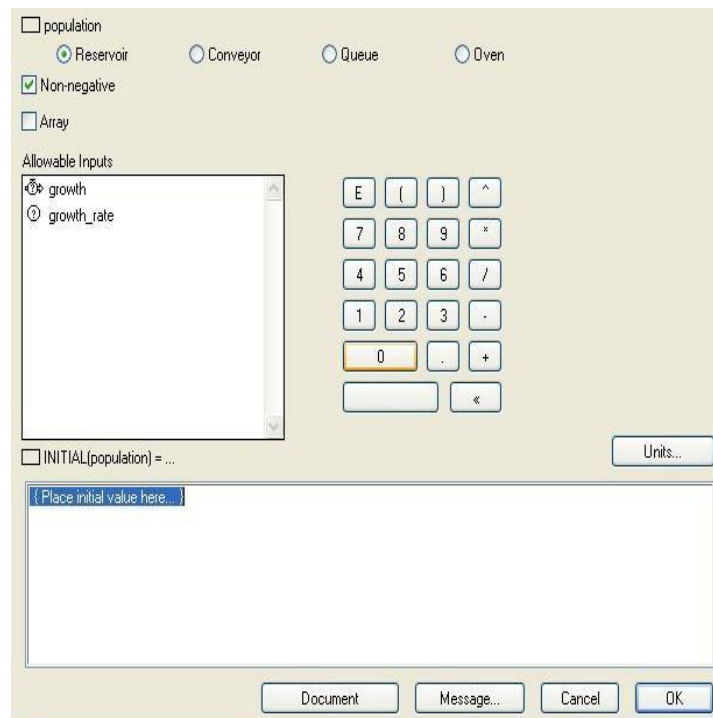




Figura 2.1. Menú emergente después de hacer doble clic en el stock

Graphs

En el nivel de la interfaz, el ícono gráfico de tecla () aparece como una imagen de un pequeño gráfico en el medio de la secuencia de los íconos. Después de hacer clic en este ícono, haga clic en hacia la izquierda de la ventana para colocar el objeto gráfico. Una ventana de gráfico aparece inmediatamente.

Tables

Puede interesar una tabla de valores de la simulación. El ícono de almohadilla de mesa () aparece a la derecha del ícono en la ventana gráfica para el nivel de interfaz

2.4. CUENCA HIDROGRÁFICA Y SUS CARACTERÍSTICAS

Según Cotler (2010), indica que una cuenca hidrográfica es un área delimitada por la dirección de sus cursos de agua y su superficie se define por el parteaguas a partir del cual la precipitación drena por esa sección.

La función hidrológica de una cuenca se asimila a la de un recolector que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento (Baldemar, 2014). Esta transformación se origina en función de las condiciones climatológicas y físicas, asociadas a la naturaleza del suelo y cobertura vegetal (Gaspari, 2002). La influencia de estos factores es cuantificable para comprender e interpretar su comportamiento morfodinámico y su respuesta hidrológica (Méndez y Marcucci, 2006; Matter *et al.*, 2010).

2.4.1. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

Las características de una cuenca agregan algunos valores promedios de las variables hidrometeorológicas de la región, en las cuales destacan la evaporación, la evapotranspiración y la precipitación. Así también como las variables físicas como áreas y volúmenes de almacenamiento hídrico, del área.

Con respecto a las variables hidrológicas se deben analizar valores promedios mensuales y anuales, valores disponibles en registros existentes en estaciones meteorológicas de la zona.

Es importante notar que el sistema de una cuenca no está sometido a procesos estacionarios, pues sus parámetros, o algunos de ellos, pueden variar con el tiempo. Por otra parte, algunas de las variables son encontradas por observaciones realizadas sobre la cuenca y calculadas por medios estadísticos.

Como desenlace se dice la no existencia de una relación única entre los parámetros físicos de la cuenca y las variables hidrológicas, aunque ellos pueden dar una orientación cualitativa en forma y magnitud de las diferentes variables hidrológicas en el tiempo (Tobarra, 2002). Es claro que en gran parte las características físicas de una cuenca son debidas a la acción del agua y que por este hecho es factible pensar en la existencia de una relación fuerte entre ellas.

Pero esto no es así por la carencia de una relación fuerte que se debe fundamentalmente a la diferencia entre las escalas de tiempo de los procesos dinámicos de la hidrología y a la geología.

En lo correspondiente a las variables hidrometeorológicas como la evaporación y precipitación estas se pueden adquirir en estaciones meteorológicas caso contrario que pasa con la variable de evapotranspiración la cual se calcula mediante fórmula de balance hídrico o se calcula mediante ecuaciones como es el caso de la ecuación de Coutagne [2.1] citada por Tardivo (2011), quien asocia el promedio de temperatura y precipitaciones con el área de la cuenca.

$$ETR = P - \chi P^2 \quad [2.1]$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real en mm/año

P = Precipitación en mm/año

$$\chi = \frac{1}{0,8 + 0,14 * t}$$

T = Temperatura media anual en °C

2.5. BALANCE, MODELADO Y SIMULACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.

Para evaluar los recursos hídricos de una cuenca se lo puede realizar cuantificando los distintos componentes del balance hídrico con el objetivo de obtener información a partir de los valores medios de presión, caudal y evaporación (Morejón *et al.*, 2015). Los balances hídricos en las cuencas pueden estimar y determinar el comportamiento hidrológico, la capacidad de captación y los flujos de agua, también los procesos hidrológicos y los periodos en que se presentan (Santillán, *et al.*, 2013), por su parte Ortiz (2015), adopta una ecuación de balance hídrico [2.2] en su investigación.

$$Q_{\text{medio de ingreso}} * \Delta t = Q_{\text{medio evacuado}} * \Delta t + Vol_{\text{retenido}} \quad [2.2]$$

La modelación de un cuerpo de agua se convierte en una herramienta el cual permite obtener conocimientos cuantitativos puntuales. Usando modelos numéricos para predecir flujos hidrodinámicos proporciona información sobre variables como la forma de lámina de agua, variaciones de caudal, para caudales estacionarios y no estacionarios (Torres *et al.*, 2014).

En la simulación dinámica, actualmente en los sistemas en ingeniería son cada vez más complejos en cuanto a su funcionamiento y funcionalidad (Calva *et al.*, 2013), abordando la correcta comprensión de la relación entre la estructura y el comportamiento de un modelo (Sotaquirá, 2014), con la aplicación de una perspectiva sistémica en la gestión de las reservas de la biosfera, siendo importante a la hora de abordar la estrecha relación entre los procesos ambientales y socioeconómicos (Banos *et al.*, 2013).

Es de gran importancia la modelación de los embalses que son masas de agua artificiales (Paredes *et al.*, 2013), que constituyen una fuente importante de abastecimiento de agua (Escobar *et al.*, 2005), siendo pertinente la aplicación de un modelo que permite establecer estrategias óptimas de operación anuales (Sandoval *et al.*, 2007), ya que, los embalses como unidades ecológicas están relacionadas directamente con su cuenca colectora, siendo afectados diferencialmente sí esta se encuentra intervenida (Martínez, 2000).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El proyecto se implementó en la provincia de Manabí, específicamente en el cantón Bolívar, entre el cuadrante de coordenadas 9910332 N, 600756 E; 9881905 N, 625545 E de la zona 17 M del sistema universal transversal de Mecator (U.T.M.) de Datum W.G.S. 84, la cual se observar en la presente figura:

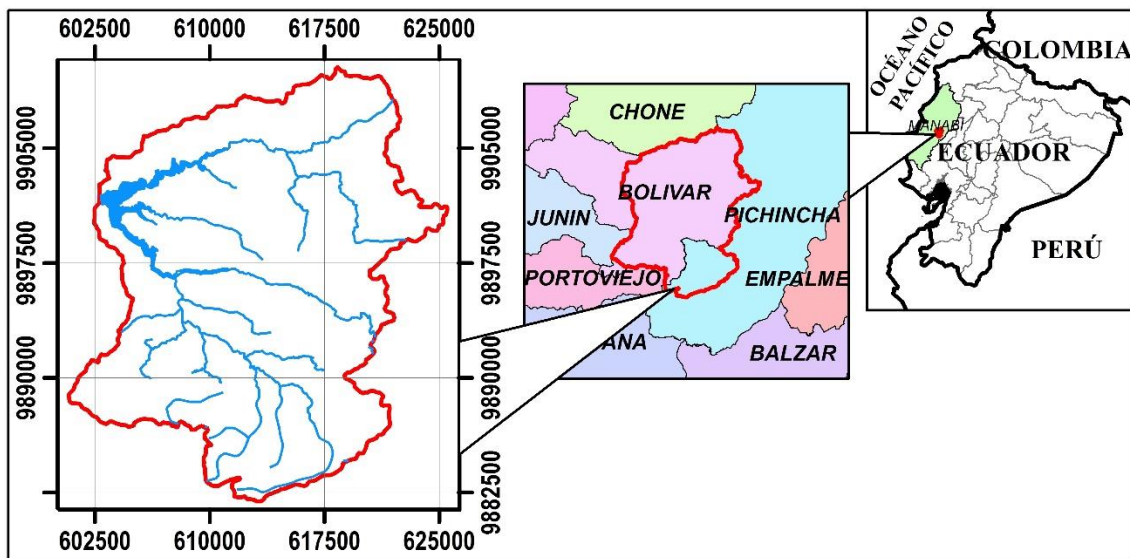


Figura 3.1. Ubicación del Proyecto

3.2. DURACIÓN

Esta investigación tuvo una duración de 10 meses, distribuidos en 5 meses de planificación donde se elaboró el proyecto y 5 meses en la fase de ejecución donde se ejecutaron cada una de las actividades planteadas.

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Control eficiente del embalse

3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Curvas guías de operación

3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. FASE 1: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA APORTANTE AL EMBALSE SIXTO DURÁN BALLÉN

Para cumplir con esta fase se realizaron las siguientes actividades:

Actividad 1: Cálculo de los parámetros fisiográficos de la cuenca aportante a la represa y el embalse Sixto Durán Ballén.

Para esto se utilizaron los softwares de análisis y geoprocésamiento: ArcGIS 10.4.1, AutoCAD 2014, Global Mapper 16, Excel 2016 y SASPlanet. Se realizaron las siguientes sub-actividades:

- Delimitación de la cuenca aportante a la represa Sixto Durán Ballén, utilizando una imagen DEM (Modelo de Elevación Digital) del área de influencia en Global Mapper con el cual se delimitó analíticamente la cuenca aportante y posteriormente su exportación a AutoCAD y ArcGIS.
- Elaboración de mapas temáticos (Geológico, Geomorfológico, Isotermo, Elevaciones, División Política e Hidrológico) para esto se utilizaron ArcGIS con archivos Shapefiles adquiridos en el SNI (Sistema nacional de información) y el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca), extrayendo tablas de información de los mapas para información base.
- Cálculo de volumen de almacenamiento del embalse mediante el software ArcGIS. Para esto se delimitó mediante AutoCAD el área o contorno de almacenamiento máximo mediante una imagen satelital adquirida en SASPlanet; el contorno adquirido se exportó a ArcGIS donde se analizó el volumen que puede almacenar el embalse a diferentes cotas mediante una imagen DEM del área en estudio.

Actividad 2: Análisis de las precipitaciones mensuales, para lo cual utilizaron los softwares de análisis y geoprocésamiento: ArcGIS 10.4.1, y Excel 2016. Se realizaron las siguientes sub actividades.

- Adquisición de datos meteorológicos de precipitaciones en las estaciones meteorológicas más cercanas a la cuenca aportante del embalse Sixto Durán Ballén.
- Análisis de precipitaciones históricas mensualmente, la cual se realizó mediante el programa Excel, clasificando, analizando y sintetizando anual y mensualmente escenarios secos y lluviosos, con datos retrospectivos existentes desde 1965 hasta el 2015.
- Elaboración de mapas de isoyetas con datos obtenidos de la actividad anterior, mediante el programa ArcGIS se obtuvieron mapas para cada mes.
- Cuantificación de los volúmenes de recolección en la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén, los cuales se obtuvieron mediante el programa ArcGIS y exportados a Excel para su mejor apreciación y análisis.

Actividad 3: Cálculo del balance hídrico de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén.

- Consulta de datos requeridos de límites máximos y mínimos caudales de salida y entrada que corresponde a los trasvases, toma ecológica, toma de fondo, vertedero, acueducto, infiltración, evaporación, evapotranspiración y datos de precipitación anteriormente obtenidos.
- Realización de ecuación del balance hídrico del embalse Sixto Durán Ballén con los datos volumétricos obtenidos de entrada y salidas del mismo.

3.4.2. FASE 2: SINTETIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN HÍDRICA HISTÓRICA DE LOS CAUDALES DEL ÁREA EN ESTUDIO

Para cumplir con esta fase se realizaron las siguientes actividades:

Actividad 4: Realizar consultas bibliográficas en tesis y proyectos realizados en la represa Sixto Durán Ballén, en la cual se recolectó datos históricos del funcionamiento de la represa y caudales del río Carrizal

Actividad 5: Analizar y tabular los datos de caudales históricos, para esto se utilizó el software Excel

- Los datos históricos obtenidos se clasificaron anual y mensualmente, y se resumió y promedió en un total de la información retrospectiva existente entre los años 2005 y 2010.
- Se encontró la relación entre los caudales del río y de funcionamiento de la represa junto con sus respectivas áreas de aporte hídrico.

3.4.3. FASE 3: SIMULACIÓN DE CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE STELLA

Actividad 6: Simular los datos obtenidos de las anteriores actividades realizadas (valores volumétricos de entradas y salidas, ecuaciones, índices), con lo cual se generó un mapa esquematizado en el Software Stella, mediante la ayuda del balance hídrico, la cual simuló en el tiempo diferentes escenarios, por medio del cual identificaron las curvas guías de operación con respecto a cada escenario. Estas curvas se representaron mediante gráficos de dispersión y tablas de datos dados por el mismo software Stella y exportados a Excel.

Actividad 7: Socialización de los resultados obtenidos con las autoridades pertinentes.

- Realizar invitaciones a autoridades académicas, Empresa Pública del Agua, instituciones relevantes e involucradas en el manejo hídrico de la zona, a la presentación de los resultados del proyecto de tesis.

3.5. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Para el análisis de los diferentes tipos de datos se utilizaron las siguientes técnicas para la mejor interpretación de datos:

- Técnicas estadísticas básica
- Tratamiento de imágenes satelitales
- Redes Neuronales

3.6. MÉTODOS

MÉTODO DEDUCTIVO – INDUCTIVO

Mediante este método se analizaron los aspectos que se estudian desde lo particular a lo general y viceversa, induciendo mediante datos una respuesta mediante información retrospectiva y deduciendo ecuaciones mediante los resultados e información prospectiva obtenida.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA APORTANTE AL EMBALSE SIXTO DURÁN BALLÉN

Para el cálculo de los parámetros fisiográficos del embalse Sixto Durán Ballén y la cuenca aportante a la represa Sixto Durán Ballén se procedió a realizar una limitación de los divorcios acuarios que aportan aguas al embalse, para esto fue necesario utilizar una imagen DEM (Modelo de Elevación Digital) y mediante la herramienta de análisis *Generate Watershed* que se encuentra en la software Global Mapper se generaron varias microcuencas las cuales fueron exportadas a AutoCAD para su mejor comprensión y posteriormente a ArcGIS para fusionarlas en una sola cuenca y realizar las actividades posteriores. Los resultados de la limitación se aprecian en el Anexo 1., y el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Datos de limitación de la cuenca aportante al embalse

Cuenca Aportante			
Área ha	Área km ²	Perímetro hm	Perímetro Km
42850,69	428,50	1117,24	111,72

Posteriormente se procedió a la realización de mapas temáticos de Geología, Geomorfología, Isotérmico, Elevaciones, División Política e Hidrológico, los cuales se les puede apreciar en los anexos del 2 al 7. Con los cuales se obtuvo los siguientes datos.

Cuadro 4.2. Datos geológicos de la cuenca aportante a la represa

Código	Formación	Litología	Periodo	Área km ²
PI DB	Borbón	Areniscas tobáceas	Plioceno	229,37
MPI DO	Onzole	Lutitas, limolitas	Mioceno/Plioceno	199,13

Cuadro 4.3. Datos geomorfológicos de la cuenca aportante a la represa

Código	Geomorfología	Área
		km ²
C2	Colinas medianas	79,86
C3	Colinas altas	1,17
Fv	Terraza aluvial	1,53
G-Ve	Gargantas de valles encañonados	13,51
Me1	Mesas disectadas	46,90
Me2	Mesas muy disectadas	138,94
Vr	Vertientes regulares	137,67
Wn	Cuerpos de agua	8,92

Cuadro 4.4. Datos de elevaciones de la cuenca aportante a la represa

Elevaciones	
Rango	m.s.n.m
Mínima	29
Máxima	544
Media	211

Cuadro 4.5. Datos de división política de la cuenca aportante a la represa

Parroquias	Cantón	Área	%
		km ²	
San Placido	Portoviejo	0,41	0,09%
Calceta	Bolívar	226,72	52,91%
Membrillo	Bolívar	119,73	27,94%
Quiroga	Bolívar	13,75	3,21%
Canuto	Chone	0,28	0,07%
Junín	Junín	0,16	0,04%
Pichincha	Pichincha	30,69	7,16%
San Sebastián	Pichincha	36,77	8,58%

Cuadro 4.6. Datos de microcuencas de la cuenca aportante a la represa

Microcuencas	Área	%
	Km ²	
Carrizal	171,84	40,10%
Bejuco	58,20	13,58%
Cañas	23,93	5,59%
Membrillo	150,25	35,06%
Embalse Sixto Durán Ballén	24,28	5,67%

Es importante mencionar que como resultado del mapa de Isotermas en toda el área en estudio contiene un rango de temperatura promedio que oscila entre 24 y 26 °C; por otra parte, en la limitación de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén fue realizada con una imagen DEM del año 2010 con pixeles de 91 m por 91 m, lo que significa, que en la actualidad puede existir una mejor imagen con una mejor resolución, lo que daría mejores resultados a la hora de su tratamiento para la limitación del área de la cuenca aportante, y en otras actividades donde se la utiliza.

En los mapas temáticos resalta la geología, la cual, en análisis se describe que cuenta con dos tipos de suelo similares los que son suelos limo arcilloso de origen sedimentario en el oeste y esparcido por el centro de la cuenca, y suelo de textura arcillosa de origen ígneo por la periferia; y en la geomorfología, se aprecia una tendencia expandible o creciente, tomando como punto eje el curso principal de los ríos, por ende, se discute que de no existir una adecuada cobertura vegetal en la zona el asolvamiento en el embalse será progresivo.

A continuación, se procedió a realizar el cálculo del volumen de almacenamiento del embalse Sixto Durán Ballén, para lo cual como primer paso se delimitó el área de almacenamiento (Anexo 8), limite requerido junto con la imagen DEM, dando como resultado los siguientes datos:

Cuadro 4.7. Datos de volumen y área de almacenamiento del embalse

Cota	Volumen	Área	Volumen	Área
msnm	m³	m²	hm³	Ha
66	228.777.138,83	17.066.621,59	228,78	1706,66
65	212.146.116,30	16.642.653,13	212,15	1664,27
64	195.934.835,77	16.196.985,25	195,93	1619,70
63	180.170.780,56	15.719.056,51	180,17	1571,91
62	164.881.373,04	15.215.087,33	164,88	1521,51
61	150.092.731,32	14.690.932,90	150,09	1469,09
60	135.826.182,10	14.140.759,16	135,83	1414,08
58	108.947.294,49	12.986.987,61	108,95	1298,70
56	84.396.646,19	11.746.401,59	84,40	1174,64
54	62.373.536,06	10.436.584,33	62,37	1043,66
52	42.953.032,92	9.075.346,50	42,95	907,53
50	26.296.217,58	7.632.976,64	26,30	763,30
45	462.304,84	434.368,55	0,46	43,44
40	35.921,00	12.626,93	0,036	1,26
35	5.190,32	2.674,83	0,005	0,2674
30	24,03	74,30	0,00002	0,0074

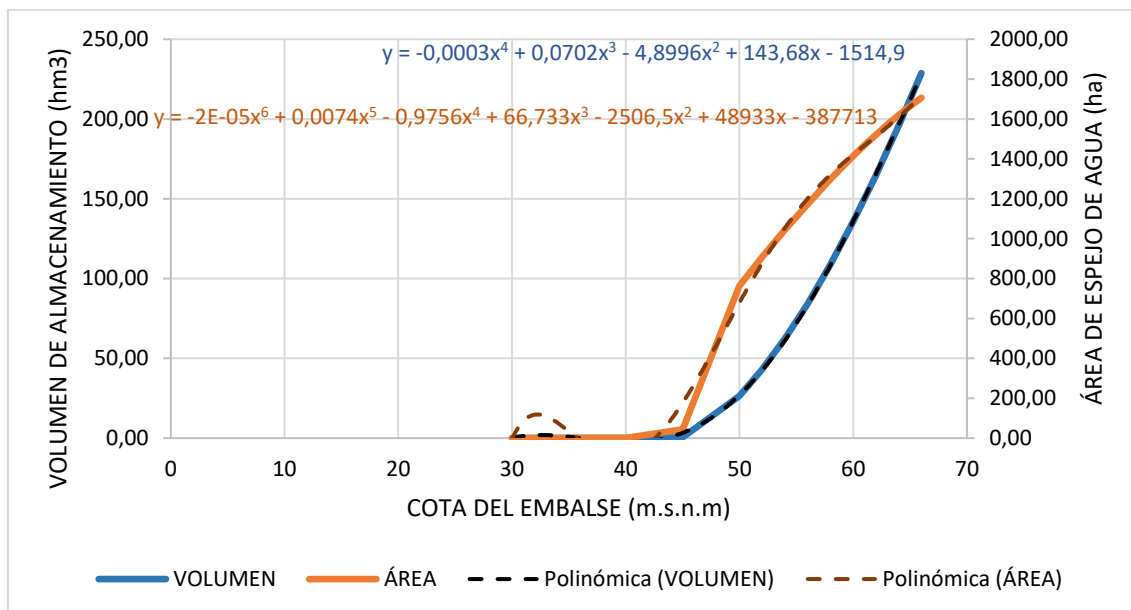


Gráfico 4.1. Volúmenes y áreas de almacenamiento del embalse Sixto Durán Ballén con ecuación polinómica

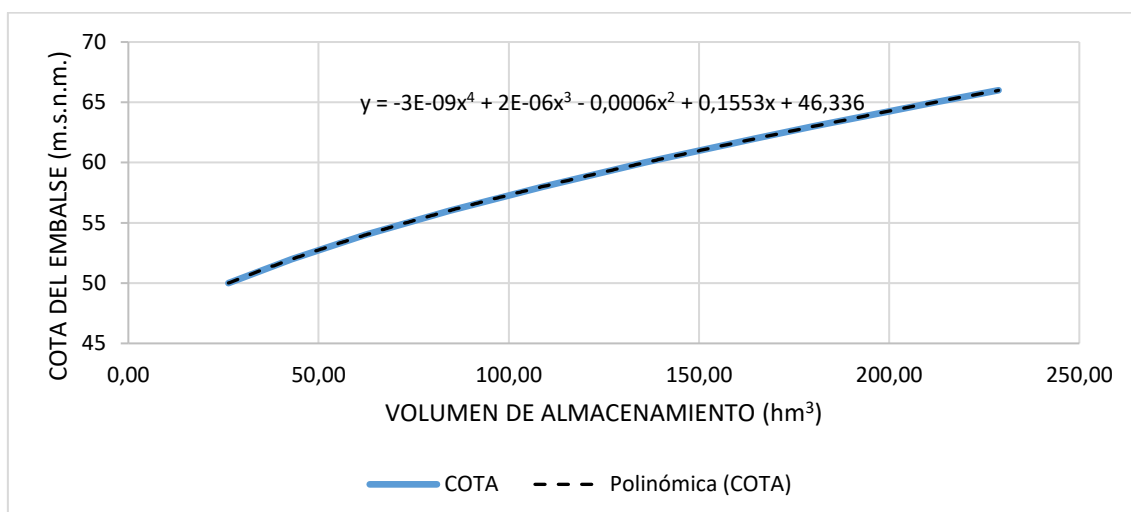


Gráfico 4.2. Cota y ecuación polinómica en función del volumen de almacenamiento

Haciendo referencia a la investigación realizada por Velázquez *et al.* (2016), se discute una afirmación del azolvamiento aproximado del 50% el embalse Sixto Durán Ballén, ya que según el SIN (2015), este fue diseñado en estudios iniciales para contener aproximadamente 450 hm³, por ende, se deja en gran incertidumbre en discusión realmente se azolvó el embalse o se realizó un error en el cálculo inicial de diseño, información que solamente se puede verificar mediante una investigación en campo enfocada directamente a la capacidad de almacenamiento del embalse.

En el análisis de las precipitaciones mensuales se realizó un mapa de estaciones meteorológicas con un influencia de 50 km a la cuenca aportante de la represa Sixto Durán Ballén (Anexo 9), en la cual, se obtuvo un total de 74 estaciones Meteorológicas, de las cuales se buscó datos de precipitaciones en fuentes bibliográficas de acceso público obteniendo información solo de 11 estaciones, para lo cual se solicitó mediante la dirección de la carrera de Medio Ambiente, información al INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) (Anexo 10), obteniendo respuesta satisfactoria de 61 estaciones, aunque con datos relevantes de 59.

Posteriormente se procedió a la tabulación de los datos de las precipitaciones por estaciones, extrayendo y promediando valores mínimos y máximos mensualmente, dándonos pauta para interpretar escenarios secos y lluviosos

Con los datos tabulados se procedió a exportarlos al programa ArcGIS para la elaboración de isoyetas obteniendo un total de 24 mapas (Anexo 11), de los cuales se procesaron y se obtuvo la recolección hídrica de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8. Volúmenes de recolección hídrica por mes

Mes	Mínimo	Máximo	Promedio
	hm ³	hm ³	hm ³
Enero	105,44	240,28	172,86
Febrero	138,87	228,81	183,84
Marzo	110,30	235,04	172,67
Abril	103,16	256,20	179,68
Mayo	33,94	146,18	90,06
Junio	14,73	102,04	58,39
Julio	3,58	26,97	15,27
Agosto	3,83	39,41	21,62
Septiembre	3,27	40,84	22,06
Octubre	4,66	40,12	22,39
Noviembre	4,21	66,65	35,43
Diciembre	29,18	99,11	64,15
Total	555,19	1521,67	1038,43

Vale recalcar que normalmente la realización de isoyetas se realizan con promedios anuales de precipitación, pero realizando comparaciones con los mapas publicados en INAMHI, dieron resultados muy aproximados al promedio total calculado.

Para cumplir con el cálculo del balance hídrico de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén, se realizaron consultas bibliográficas de las características de la represa Sixto Durán Ballén, en investigaciones anteriores y verificando estos datos a los valores obtenidos, para posteriormente confirmar y agregar parámetros y datos en una charla técnica con el Gerente de la EPA-Manabí (Empresa Pública de Agua de Manabí) (Anexo 12), la cual se obtuvieron los siguientes datos (Cuadro 4.9):

Cuadro 4.9. Características de la represa y el embalse Sixto Durán Ballén

Descripción	Valor	Unidad
Capacidad cota 66	228,78	hm ³
Capacidad total ocasional cota 67,5	261,74	hm ³
Nivel máximo de operación normal	66	m.s.n.m.
Nivel mínimo de operación normal	42	m.s.n.m.
Capacidad del vertedero	900	m ³ /s
Capacidad del túnel de fondo	110	m ³ /s
Caudal ecológico mínimo	3 - 5 *	m ³ /s
Perdida por infiltración	0,5	m ³ /s
Capacidad de trasvase Daule - Peripa / La Esperanza	18	m ³ /s
Número de bombas trasvase La Esperanza / Poza Onda	6	----
Capacidad de trasvase La Esperanza / Poza Onda (x Bomba)	3,2	m ³ /s
Altura de la turbina de las bombas	43,5	m.s.n.m.
Nivel de operación mínima de las bombas	53,4	m.s.n.m.
Capacidad máxima Riego (Sistema de riego Carrizal Chone)	13	m ³ /s
Acueducto (La Esperanza / El Aromo)	6000	m ³ /h
Capacidad del río sin desborde en estudio inicial	200 - 280 **	m ³ /s
Capacidad del río sin desborde actual	80 - 85 **	m ³ /s
Otros Datos		
Tipo de trasvase Daule - Peripa / La Esperanza	Gravedad	
Tipo de trasvase La Esperanza / Poza Onda	Bombeo	
Tipo de presa	Heterogénea de tierra	
Tipo de vertedero	Con compuertas TAINTOR	

* Dependiendo del invierno pasado

** Dependiendo los caudales de ríos aguas abajo

Respecto a los parámetros de evaporación y evapotranspiración, para el cálculo de estas, se consideró que la primera solo se da en el área del espejo de agua y la segunda en el área restante ya que en esta en su mayoría existe vegetación,

por ende, por recomendación realizada por profesionales para el parámetro de evaporación se tomó datos promedios de evaporación de la estación meteorológica más cercana y con el área del almacenamiento a la cota 62 (cota promedio recomendada) se obtuvo los parámetros deseados (Cuadro 4.10).

Para el parámetro de evapotranspiración se consideró la utilización de la ecuación de Coutagne [2.1], la cual asocia el promedio de temperatura (Isotermas) y precipitación (Isoyetas), dando por lo consiguiente los datos necesarios con cual se los puede asociar con el área restante de la cuenca aportante obteniendo los datos a utilizar, y posteriormente se deduce el porcentaje de evapotranspiración con relación a las precipitaciones. (Cuadro 11).

Cuadro 4.10. Datos de evaporación

Mes	Evaporación			Espejo de agua	Volumen evaporado
	mm	m	hm	ha	hm ³
Enero	93,3	0,093	0,00093	1521,51	1,42
Febrero	103,4	0,103	0,00103	1521,51	1,57
Marzo	127,4	0,127	0,00127	1521,51	1,94
Abril	125	0,125	0,00125	1521,51	1,90
Mayo	111,7	0,112	0,00112	1521,51	1,70
Junio	103,1	0,103	0,00103	1521,51	1,57
Julio	104,5	0,105	0,00105	1521,51	1,59
Agosto	130,2	0,130	0,00130	1521,51	1,98
Septiembre	134,2	0,134	0,00134	1521,51	2,04
Octubre	136,9	0,137	0,00137	1521,51	2,08
Noviembre	141,8	0,142	0,00142	1521,51	2,16
Diciembre	138,8	0,139	0,00139	1521,51	2,11
Valor anual	1450,3	1,450	0,01450		22,07

Cuadro 4.11. Datos de evapotranspiración

Anual	Precipitación			Evapotranspiración					
	Mín. mm	Máx. mm	Media mm	Mín. mm	Máx. mm	Media mm	Mín. hm ³	Máx. hm ³	Media hm ³
Datos	1295,59	3551,05	2423,34	905,23	618,50	1057,62	374,12	255,62	437,11
Porcentaje	100,00 %	100,00 %	100,00 %	69,87 %	17,42 %	43,64 %	69,87 %	17,42 %	43,64 %

Cabe mencionar que varios autores como Sánchez (2006) y Pereyra *et al.* (2011), dentro de sus investigaciones evalúan la evapotranspiración, y utilizan como resultado final de este parámetro el promedio entre las ecuaciones de Coutagne y Turc, ya que estas relacionan las mismas variables para su resultado, pero en un análisis de los resultados de ambas fórmulas se llegan a un resultado muy parecido, dando cada ecuación fidelidad del resultado sin necesidad de promediar con otra. También discutiendo los valores constantes utilizados en evaporación se recomendaba la utilización de datos de evaporación del mismo embalse, pero en base al no existir estos datos, se optó por escoger los datos del sector más cercano al embalse.

Para el cálculo del balance hídrico pertinente, se tomó en consideración la ecuación básica de balance hídrico [2.2] de Ortiz (2015), para lo cual, basándonos en la ley de continuidad se plasmó la siguiente ecuación [4.1], basándose en un esquema grafico realizado (Figura 4.1) para mejor comprensión del balance de la represa Sixto Durán Ballén.

$$At + Es + Ess + P = Ev + Aa + As + Evpt + In \quad [4.1]$$

Cuadro 4.12. Descripción de ecuación de balance hídrico

Descripción	Abreviatura	Dirección
Evaporación	Ev	Salida
Aporte trasvase*	At	Entrada
Aporte almacenado**	Aa	Salida
Aporte de salida***	As	Salida
Escorrentía superficial	Es	Entrada
Escorrentía Sub-superficial	Ess	Entrada
Evapotranspiración	Evpt	Salida
Precipitación	P	Entrada
Infiltración	In	Salida

* Traslase Daule Peripa

** Volumen del Embalse

*** Ecológico; Vertedero; Riego; Traslase Poza Honda; Refinería del Pacífico

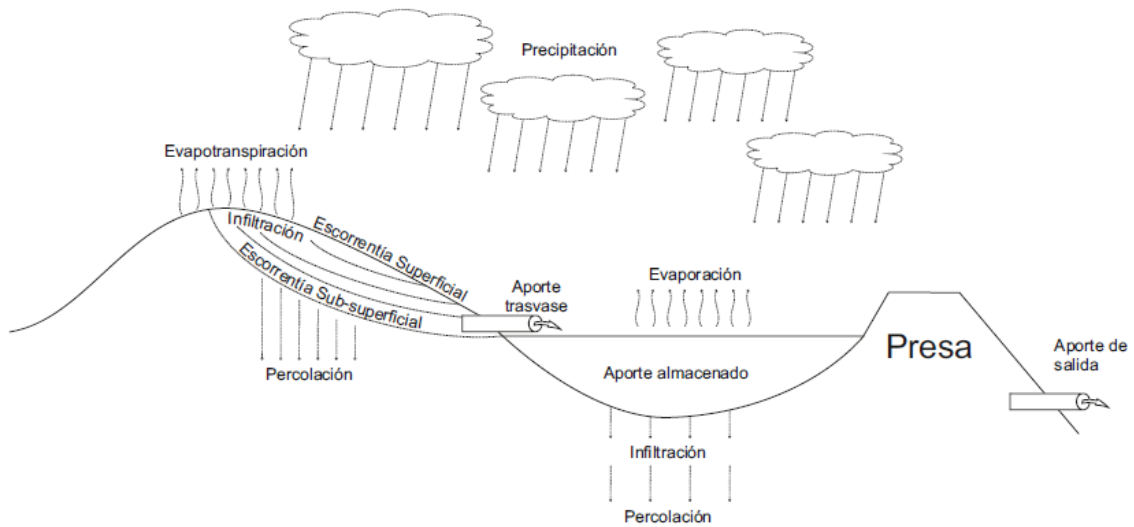


Figura 4.1. Esquema de balance hídrico

Haciendo un análisis de la ecuación realizada se puede sintetizar en

$$At + P = Ev + Aa + As + Evpt + In \quad [4.2]$$

Ya que las escorrentías superficiales (E_s) y sub-superficiales (E_{ss}), depende de la precipitación (P) que exista en la cuenca aportante.

Por ende, utilizando valores promedios se pudo calcular un balance hídrico del embalse calculando por ejemplo el almacenamiento [4.3] mensual o anual promedio.

$$Aa = (At + P) - (Ev + As + Evpt + In) \quad [4.3]$$

Poniendo en práctica la ecuación con promedio anual de precipitación, evaporación y evapotranspiración, tomando en cuenta el funcionamiento normal de trasvase Daule Peripa – La Esperanza, el funcionamiento de 3 bombas en el trasvase La Esperanza – Poza Honda, un aporte normal constante de $6 \text{ m}^3/\text{s}$, la toma de riego, $5 \text{ m}^3/\text{s}$, y el funcionamiento actual del acueducto de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ y una pérdida por infiltración normal, tomando en cuenta que todos los valores están representados en hm^3 , la cantidad almacenada en este ejemplo es de:

$$Aa = (46,65 + 86,53) - (1,83 + 58,57 + 36,4 + 1,29)$$

$$Aa = 133,18 - 98,09 \quad \therefore Aa = 35,09 \text{ hm}^3$$

Discutiendo la deducción da la fórmula de balance hídrico, se acota que las bases de la deducción tanto como la ecuación utilizada por Ortiz (2015) o el esquema graficado (Figura 2.1), están de acorde, con a la ley física de conservación.

4.2. SINTETIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN HÍDRICA HISTÓRICA DE LOS CAUDALES DEL ÁREA EN ESTUDIO

Para una buena ejecución de la realización de consultas bibliográficas, se consiguieron los datos directos de la EPA los cuales fueron facilitados posteriormente en la entrevista realizada al gerente de la institución (Anexo 12)

Se procedió con el análisis y tabulación los datos de caudales históricos donde se realizó una síntesis y promediado mensual en el programa Excel donde se obtuvo el siguiente cuadro (Cuadro 4.13) expresados en hm^3 por mes.

Cuadro 4.13. Promedios de caudales entre los años 2005 y 2010

Mes	Caudal dado por la represa al río	Caudal del río Carrizal en Calceta
	hm^3/mes	hm^3/mes
Enero	16,29	34,17
Febrero	35,19	62,09
Marzo	81,75	79,50
Abril	62,63	60,24
Mayo	38,72	36,68
Junio	15,21	20,86
Julio	16,70	12,87
Agosto	20,95	11,93
Septiembre	20,19	10,73
Octubre	17,46	8,97
Noviembre	14,09	5,15
Diciembre	15,14	6,49
Total	354,32	295,67

Posteriormente se realizó un mapa de las áreas aportantes a la ciudad de Calceta (Anexo 13), así sacando la relación entre ellas (Cuadro 4.14)

Cuadro 4.14. Relaciones entre áreas

Cuenca Aportante	Área km ²	Relación de áreas	%
Presa Sixto Durán Ballén	428,51	1:0,8143	81,43%
Presas-Calcuta	97,72	1:0,1857	18,57%

Con estos datos se realizó una relación para que mediante una ecuación para saber cuál es la cantidad de agua que llega a la ciudad de Calceta si se vierte un determinado volumen de agua obteniendo, la siguiente ecuación [4.5]

$$V_C = V_V + (V_V * 0,19) - C_m \quad [4.5]$$

Donde:

V_C = Volumen del caudal en la ciudad de Calceta (Hm³)

V_V = Volumen de vertido de la Presa (Hm³)

C_m = Constante de Perdida, consumo, aporte y relación del área Presa – Calceta

Para completar la función se agrega el cuadro de constantes dependiendo del mes (Cuadro 4.15).

Cuadro 4.15. Constantes para ecuación

Mes	Constante	Mes	Constante
Enero	-14,85	Julio	6,93
Febrero	-20,36	Agosto	12,91
Marzo	17,43	Septiembre	13,21
Abril	14,02	Octubre	11,74
Mayo	9,23	Noviembre	11,56
Junio	-2,83	Diciembre	11,46

Con base en los resultados de esta fase, las relaciones obtenidas dictaminan el caudal que cruza por la ciudad de Calceta en su mayor parte proviene de la represa Sixto Durán Ballén, pero al mismo tiempo existe un considerable consumo de esta en ciertos meses, por ende, aquí la importancia de abordar la relación ambiental y socioeconómica como lo destaca Banos *et al.* (2013), ya que de este recurso hídrico se abastecen todas las comunidades aledañas a la ribera del río.

4.3. SIMULACIÓN DE CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE STELLA

Para simular los datos obtenidos se realizó como punto de partida, un esquema (Figura 4.2) basado en el esquema de balance hídrico (Figura 4.1) de la actividad anterior y se introdujeron los valores e índices calculados anteriormente programando los valores límites tomando en cuenta los escenarios los cuales se basan primordialmente en la cantidad de precipitación del escenario, se establecieron tres escenarios que corresponde para precipitaciones mínimas, máximas y promedias, respectivamente, en las cuales se dio resultados los cuales fueron exportados a Excel y los valores volumétricos fueron transformados en cotas mediante la ecuación polinómica del Gráfico 4.2.; obteniendo el gráfico 4.3 de curvas guías de operación.

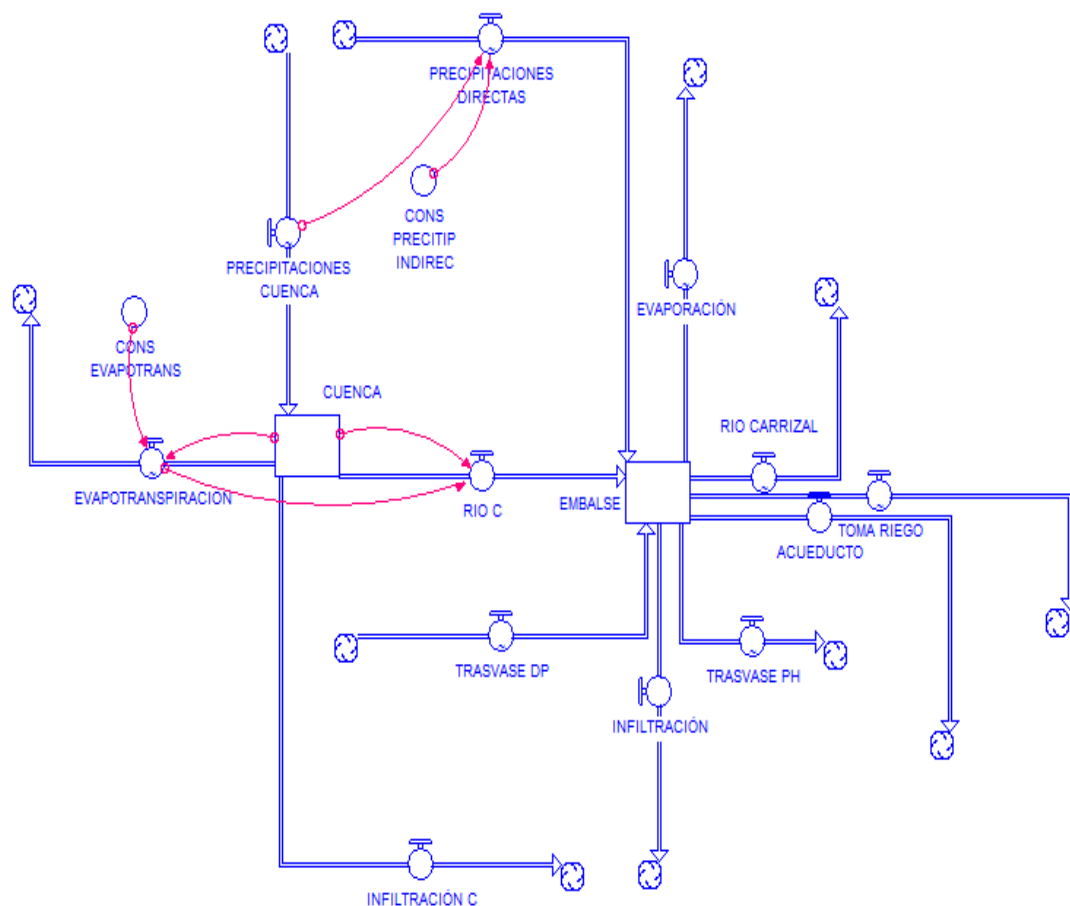


Figura 4.2. Esquema de balance hídrico en el programa Stella

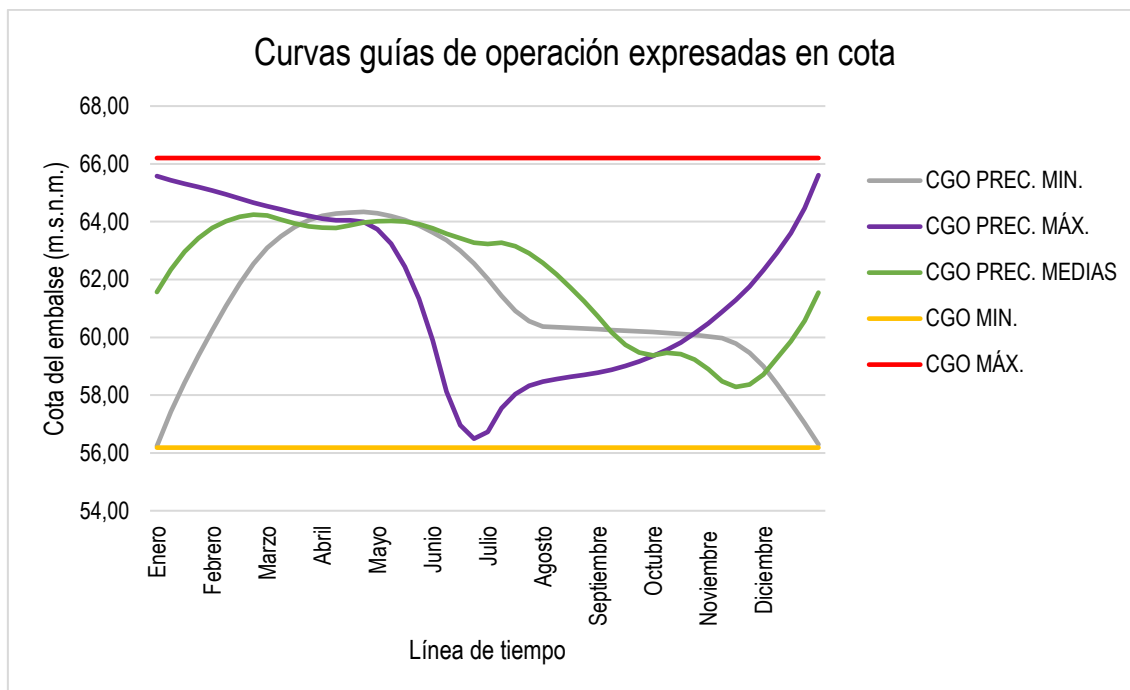


Gráfico 4.3. Curvas guías de operación (CGO)

Según las especificaciones de la compañía creadora del Software Stella, este está destinado principalmente para cierto tipo de aplicaciones como científicas, de enseñanza, además, también de poderse realizar en él modelos hidrodinámicos y matemáticos. Según, Sotaquirá (2014) la correcta comprensión entre ecuaciones y comportamiento de un modelo, es la simulación dinámica, la cual en niveles de sistema de ingeniería cada vez son más complejos (Calva *et al.*, 2013). Es por esto que la representación hidrológica en el programa Stella es una de las más adecuadas para representar, simular y proyectar el llenado y vertido del embalse, y ver su comportamiento en diferentes escenarios.

Realizando una invitación por medio de la carrera de Medio Ambiente, a las autoridades de manejo híbrido, de las distintas instituciones encargadas, se socializó los resultados obtenidos en las actividades realizadas exponiendo los aportes de la investigación (Anexo 14), llevando un registro de asistencia (Anexo 15) registrándose 30 personas entre funcionarios

Dentro de la socialización asistieron dos representantes de la EPA, docentes y estudiantes de la carrera de Medio Ambiente, para lo cual se discute que hubo varias acotaciones de nivel social y científico, y causando intriga por parte de los representantes de la EPA en el cálculo de volumen de almacenamiento del

embalse, aseverando que se realizará una verificación de los datos mediante una batimetría con sonar, la cual está financiada por parte de entidades gubernamentales.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

La cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén cuenta con un área de 428,5 km² en los cuales cuenta con dos tipos de geología (limo arcilloso y arcilloso), ocho tipos de geomorfología, elevaciones que van desde 29 hasta 544 m.s.n.m., esta a su vez se encuentra localizada en cinco cantones y ocho parroquias, con cuatro microcuencas que aportan al embalse, el cual, cuenta con un almacenamiento de 228,78 hm³ abarcando un área de 1706,66 ha. La temperatura media anual varía entre 24 y 26 °C, y en precipitaciones la cuenca aportante recolecta anualmente entre 555,19 y 1521,67 hm³, con una evaporación media de 22,07 hm³ y evapotranspiraciones entre 374,12 y 255,62 hm³ dependiendo de la precipitación, con todos estos valores calculados más valores de históricos de operación de la represa se dedujo la fórmula de balance hídrico en el embalse Sixto Durán Ballén.

Los vertidos de la represa influyen directamente en las zonas pobladas aguas abajo, principalmente en la ciudad de Calceta, representando el 81,4 % del agua que pasa por esta; con lo cual, se obtuvo una ecuación según el vertido de la represa, tomando en cuenta pérdida, consumo y aportes hídricos de la zona.

La simulación en el programa Stella da una proyección lo más cercana a la realidad dando teóricamente excelentes resultados en el manejo y representación de datos, con lo cual, es muy factible la representación de escenarios y visualizar los resultados para la toma de decisiones para el manejo de la represa Sixto Durán Ballén; representando los escenarios de los datos obtenidos, se expresaron tres curvas guías de operación dando en precipitaciones medias un máximo en cota de 64,24 m.s.n.m. en el mes de febrero y mínimo de 58,28 m.s.n.m. en el mes de noviembre.

De los parámetros fisiográficos adquiridos se resuelve que las curvas guías de operación que se simulen en un tiempo y espacio estarán estrechamente ligadas al balance hídrico del momento.

5.2. RECOMENDACIONES.

Crear una red de estaciones meteorológicas pluviométricas en zonas estratégicas, alrededor y entre el área de la cuenca aportante al embalse Sixto Durán Ballén para tener una mayor veracidad en el cálculo de volúmenes de captación de la cuenca, y realizar una batimetría mediante sonar, para verificar los valores de almacenamiento.

Retomar el control diario de los caudales que pasan en el río Carrizal y replicarlos en lugares estratégicos para tener referencias y dar un adecuado manejo del agua.

Se recomienda la implementación de las curvas guías de operación en el control del embalse, acogiendo un modelo de simulación dinámica, ya que mediante la simulación se puede predecir la reacción en el tiempo, dependiendo los datos y las decisiones de distribución y retención hídrica.

Dar continuidad a la investigación, realizando un plan de manejo para la represa Sixto Durán Ballén.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzamora, M. (Centro Nacional de Control de Energía). 2010. Operación óptima de los embalses en cascada de Mazar y Amaluza y su influencia en el sistema eléctrico ecuatoriano. Concordia, AR. Revista CIER. núm. 57. p 72-81.
- Arganis, M; Mendoza, R; Domínguez, R. 2012. Operación de tres presas hidroeléctricas usando curvas guía y programación dinámica estocástica. Morelos, MX. Revista Tecnología y ciencias del agua Vol. III, núm. 3. p 97-114.
- Baldemar, A; Soto, G; Rivera, F; Caetano, E. 2014. Modelación hidrológica distribuida apoyada en radares meteorológicos. Morelos, MX. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. 5, núm. 1. p 83-101
- Banos, I; Martínez J; Esteve, M. 2013. Simulación dinámica de sistemas socio-ecológicos: sostenibilidad en Reservas de la Biosfera. Alicante, ES. Revista Ecosistemas. Vol. 22, núm. 3. p 74-83.
- Barrietos, J. 2011. Modelo de gestión integrada de recursos hídricos de las cuencas de los ríos Moquegua y Tambo. Tesis. Master Gestión y Auditorías Ambientales. Universidad de Piura. Perú. p 5 – 6.
- Bedoya, V. y López, J. 2015. Modelo para el Control de Inundaciones durante el Fenómeno De "La Niña" Utilizando un Embalse Hidroeléctrico. Información tecnológica. La Serena.
- Benedicti P. 2010. Presas, diques y embalses. (En línea). AR. Consultado 10 de julio de 2016. Formato PDF. Disponible en es.scribd.com
- BioManabí. 2012. Un acercamiento a la realidad ambiental de mi provincia. "Crónica de una tragedia". Disponible en romoced.wordpress.com
- Bravo, J; Collischonn, W; Pilar, J; Depettris, C. 2006. Técnica de parametrización, simulación y optimización para definición de reglas de operación en represas. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE). Resumen: T-055
- Briones, E. 2011. Desarrollo de herramientas de ArcGIS para el cálculo de indicadores físicos y socioeconómicos de cuencas hidrográficas. Tesis

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, MX. pag. 41

Calva, M; Portilla, E; Niño, P; Sepúlveda, G; González, J. 2013. Simulación dinámica de una transmisión de variación continua. Pereira, CO. Revista Scientia Et Technica. Vol. 18, núm. 1. p 108-113.

Castillo J. 2006. Embalses. (En línea). VE. Consultado 10 de julio de 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.monografias.com/>

CELEC EP-HIDRONACION (Corporación eléctrica del Ecuador), 2013. 25 años de la presa Daule-Peripa. En línea. Consultado 30 de julio de 2016. Formato PDF. Disponible en www.celec.gob.ec

Cotler, H. (Coord). 2010. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México: Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. p 231.

EcuRed. 2011. Software Stella. (En línea). Consultado 12 de julio de 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.ecured.cu/>

El Universo, 2012a. Afectados por inundaciones piden una auditoría técnica en represa. Consultado el 25 de mayo de 2016. En línea formato HTML. Disponible en <http://www.eluniverso.com/2012/04/15/1/1447/afectados-inundaciones-piden-auditoria-tecnica-represa.html>

_____. 2012b. Presa La Esperanza pasó a ser una desesperanza para 50 mil personas. Consultado el 25 de mayo de 2016. En línea formato HTML. Disponible en <http://www.eluniverso.com/2012/03/23/1/1447/presa-esperanza-paso-ser-desesperanza-50-mil-personas.html>

Escobar, J; Restrepo, J; Martínez, J. 2005. La paleolimnología como herramienta para el estudio y manejo de embalses. Medellín, CO. Revista Gestión y Ambiente, vol. 8, núm. 2. p 51-59.

Fuertes, E. 2013. Características limnológicas de los embalses Alto Andinos. Santiago de Cuba, CU. Revista Cubana de Química. Vol. 25, núm. 1. p 26-31

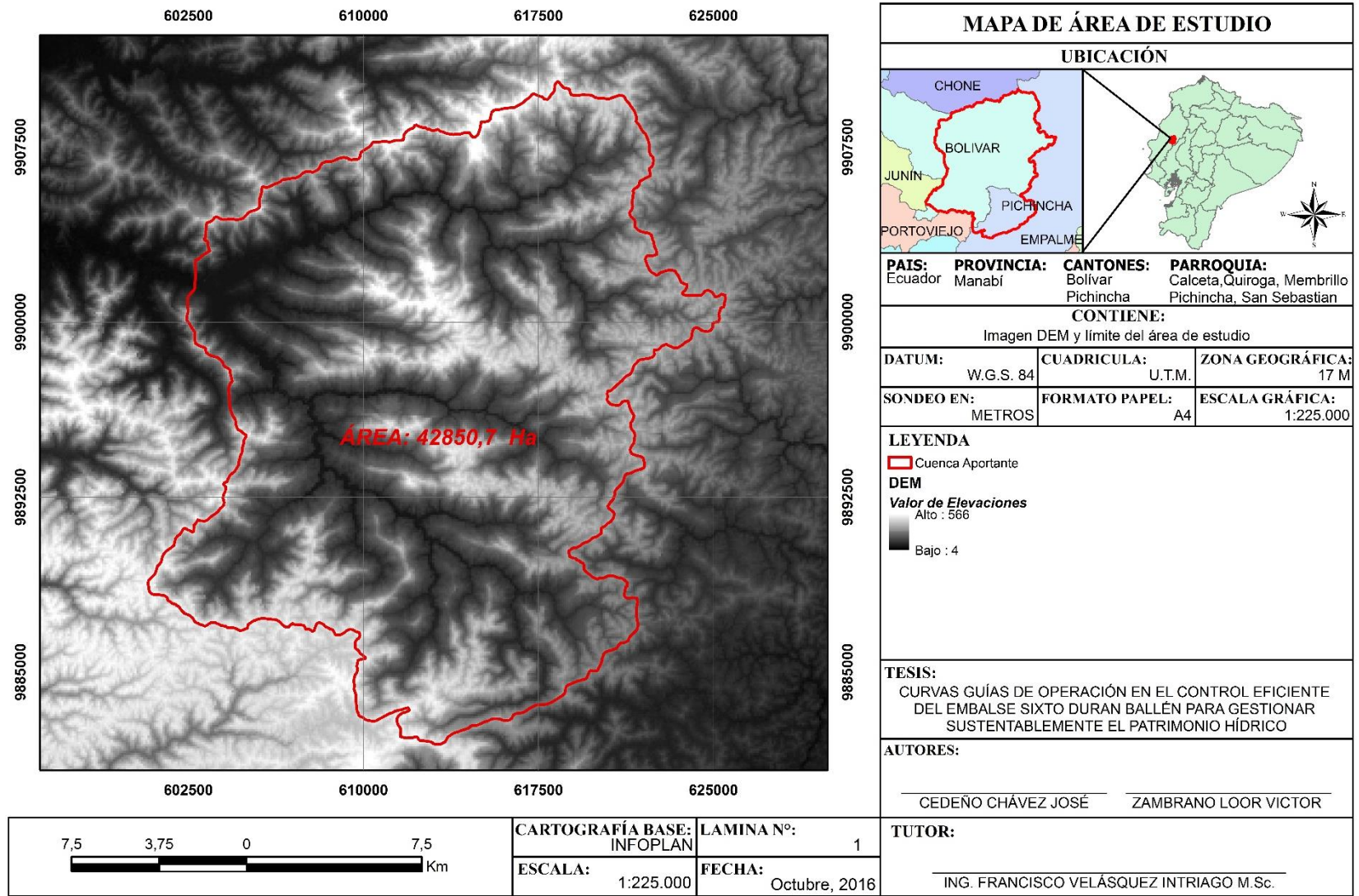
Gaspari, F. 2002. Ordenamiento territorial en cuencas serranas. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.). Argentina: Ediciones Cooperativas. 147 pp.

- Gómez, E. 2013. Diques y represas. Presas. (En línea). Consultado 12 de julio de 2016. Formato Docxs. Disponible en <https://www.academia.edu>
- Jiménez, B. y Galizia J. 2012. Diagnóstico del agua en las Américas. Consultado el 25 de mayo de 2016. En línea formato PDF. Disponible en <http://www.ianas.org/water/book/venezuela.pdf>
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2015. Definiciones y competencia. (En línea). ES. Consultado el 7 de julio del 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.magrama.gob.es>
- Martínez, N. 2000. El proceso de ocupación en la cuenca del embalse la mariposa y sus efectos de deterioro en el embalse y sus aguas. Caracas-VEN. Revista Terra Nueva Etapa. vol. XVI, núm. 25. p 27-55
- Matter, M; Garcia, L; Fontane, D; Bledsoe, B. 2010. Characterizing hydroclimatic variability in tributaries of the Upper Colorado River Basin —WY1911-2001. Revista Journal of Hidrology. Vol. 380. p 260-276.
- Méndez, W. y Marcucci, E. 2006. Análisis morfométrico de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas - Venezuela. Revista Geográfica Venezolana. Vol. 47. p 29-55.
- Migens A. 2013. Los 10 embalses más grandes de la historia. Consultado el 25 de mayo de 2016. En línea formato html. Disponible en <http://www.iagua.es/blogs/alma-migens/los-embalses-mas-grandes-del-mundo>
- Morejón, Y; Vega, M; Escarré, A; Peralta, J; Quintero, A; González, J. 2015. Análisis de balance hídrico en cuencas hidrográficas de la Sierra de los Órganos. Habana, CU. Revista Ingeniería hidráulica y ambiental. Vol. 36, núm. 2. p 94 – 108.
- ODG (Observatorio de la deuda de en la Globalización). 2007. Análisis de deuda entre Ecuador y España. (En línea). Consultado 12 de julio de 2016. Formato Doc. Disponible en <http://www.quiendebeaquien.org>
- Ortiz, E. 2015. Definición de las reglas de operación hidráulicas del embalse La Esperanza. Tesis. Mgs. en Ingeniería de los Recursos Hídricos y ciencias del agua. EPN. Quito. EC. Pag. 20

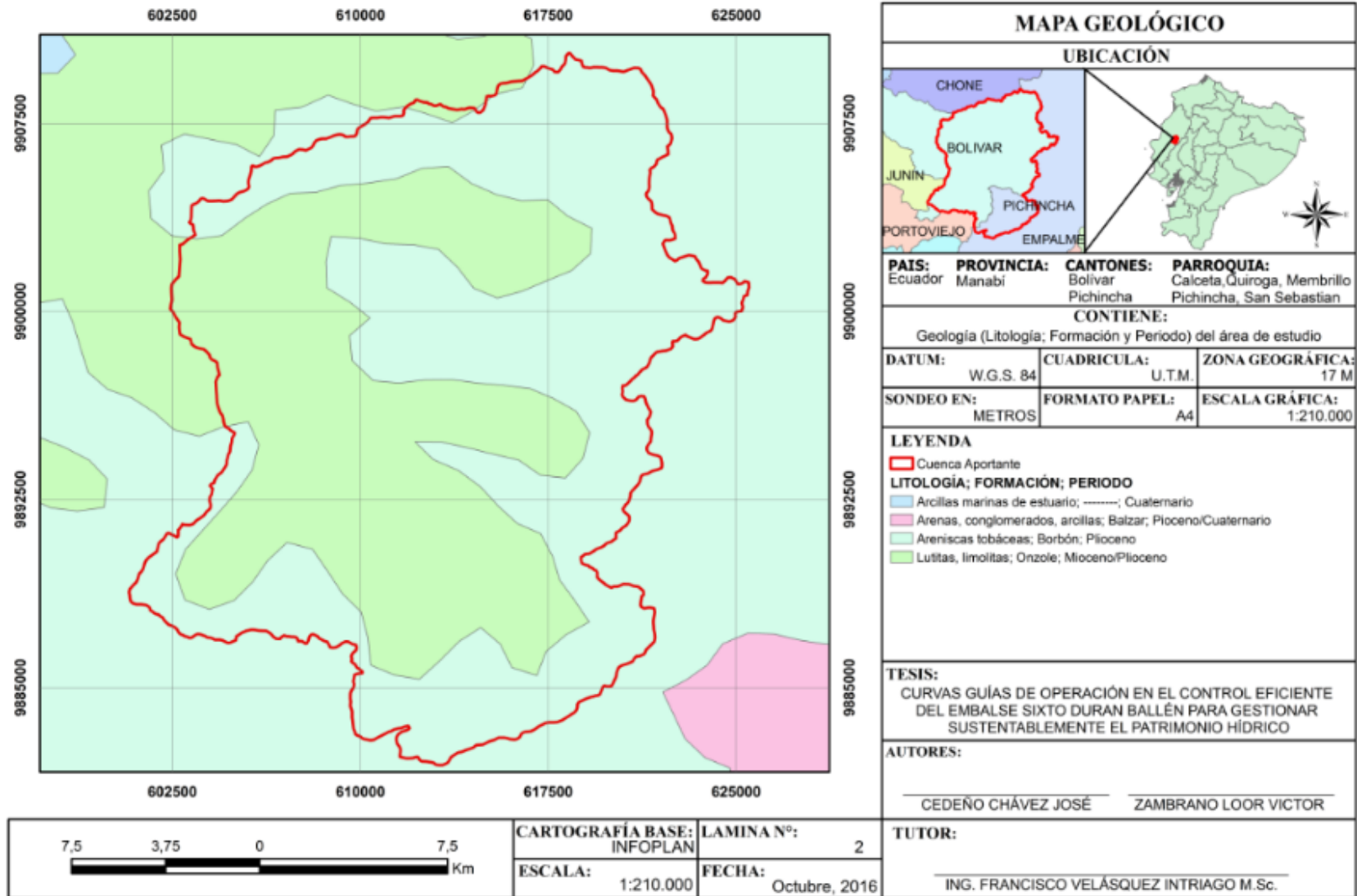
- Paredes, J; Rubio, C; Solera, A; Andreu, J. 2013. Modelación de la dinámica térmica de embalses mediterráneos. El caso del embalse de Amadorio (Alicante, España). Morelos-MX. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. vol. IV, núm. 1. p 5-25
- Pereyra, D; Cruz, D; Pérez, J. 2011. La Evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático. Revista de Investigaciones Geográficas (Mx). Distrito Federal, MX. núm. 75. p 37-50
- Picoíta G. y Simbaña C. 2011. Juego social por el agua: relación de la institución crm con los campesinos de las Mercedes 1. Tesis. Socióloga con Mención en Desarrollo. Pontifica Universidad Católica Del Ecuador. Ecuador. p 33-34
- RED MAPSA (Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos). 2007. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Velocidad y Caudal. (En línea). Consultado 12 de julio de 2016. Formato PDF. Disponible en <http://imasd.fcien.edu.uy/>
- Sánchez, F. 2006. Evapotranspiración. En línea. Consultado el 9 ene 2017. Formato PDF. Disponible en <https://fjferre.webs.ull.es/Bibliog/Biblio/Evapotranspiracion.pdf>
- Sandoval, M; Ramírez, C; Santacruz, S. 2007. Optimización de la regla mensual de operación del embalse de Salvajina. Cali, CO. Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. núm. 6. p 93-104
- Santillán, E; Davila, G; de Anda, J; de Jesús, J. 2013. Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazonas, Veracruz, México. Taubaté, BR. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. Vol. 8, núm. 3. p 104-117.
- Sheahan K. s.f. Los efectos del calentamiento global en sequias e inundaciones. Consultado el 25 de mayo de 2016. En línea formato html. Disponible en http://www.ehowenespanol.com/efectos-del-calentamiento-global-inundaciones-sequias-info_314104/
- Shiflet, A. y Shiflet, G. 2006. System Dynamics Tool: STELLA Version 9 Tutorial 1. En Línea. Consultado el 7 de jun. del 2016. Formato PDF. Disponible en <http://blogs.evergreen.edu/cpat/files/2013/04/STELLA-v9-Tutorial-1.pdf>

- SNI (Sistema Nacional de Información). 2015. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (En línea). Consultado 12 de julio de 2016. Formato PDF. Disponible en <http://app.sni.gob.ec/>
- Sotaquirá, R. 2014. Una nueva técnica de visualización dinámica para simulaciones en dinámica de sistemas. Medellín-CO. Revista Dyna, vol. 81, núm. 188. p 229-236
- Tardivo, J. 2011. Evaluación de las aptitudes de uso del recurso hídrico del acuífero del valle de la Cruz provincia de Córdoba. Tesis. Maestría en ciencias Hídricas. UNLPAM. Santa Rosa-La Pampa. AR. p 33-34
- Tobarra, M. 2002. Agua y Plan Hidrológico en la Región de Murcia. Murcia, ES. Revista de Papeles de Geografía. núm. 36. p 185-206
- Torres, F; Cantero, R; Padilla J; Rodríguez C; Ramírez H. 2014. La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro Colombia. Cataluña-Es. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Vol. 32. p 163 – 172.
- Utrera S. 2002. La incidencia ambiental de las obras hidráulicas. 1 ed. México. Dykinson. p 22-23
- Velásquez, F; Calderón, J; Urdanigo, C; Cárdenas, F. 2016. Cambio de uso de suelo en el azolvamiento del embalse “La Esperanza”, Manabí-Ecuador. Calceta, EC. Revista instituto de investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. Vol. 19, núm. 37. P 159-164
- Villarino, A. 2011. Presas. (En línea). Consultado 10 de julio de 2016. Formato PDF. Disponible en <http://ocw.usal.es/>
- Zambrano, Y. 2014. Posibilidades de implementación de un sistema de indicadores para la gestión de sequías en la demarcación hidrográfica de Manabí – Ecuador. (En línea). Consultado 12 de julio de 2016. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec>

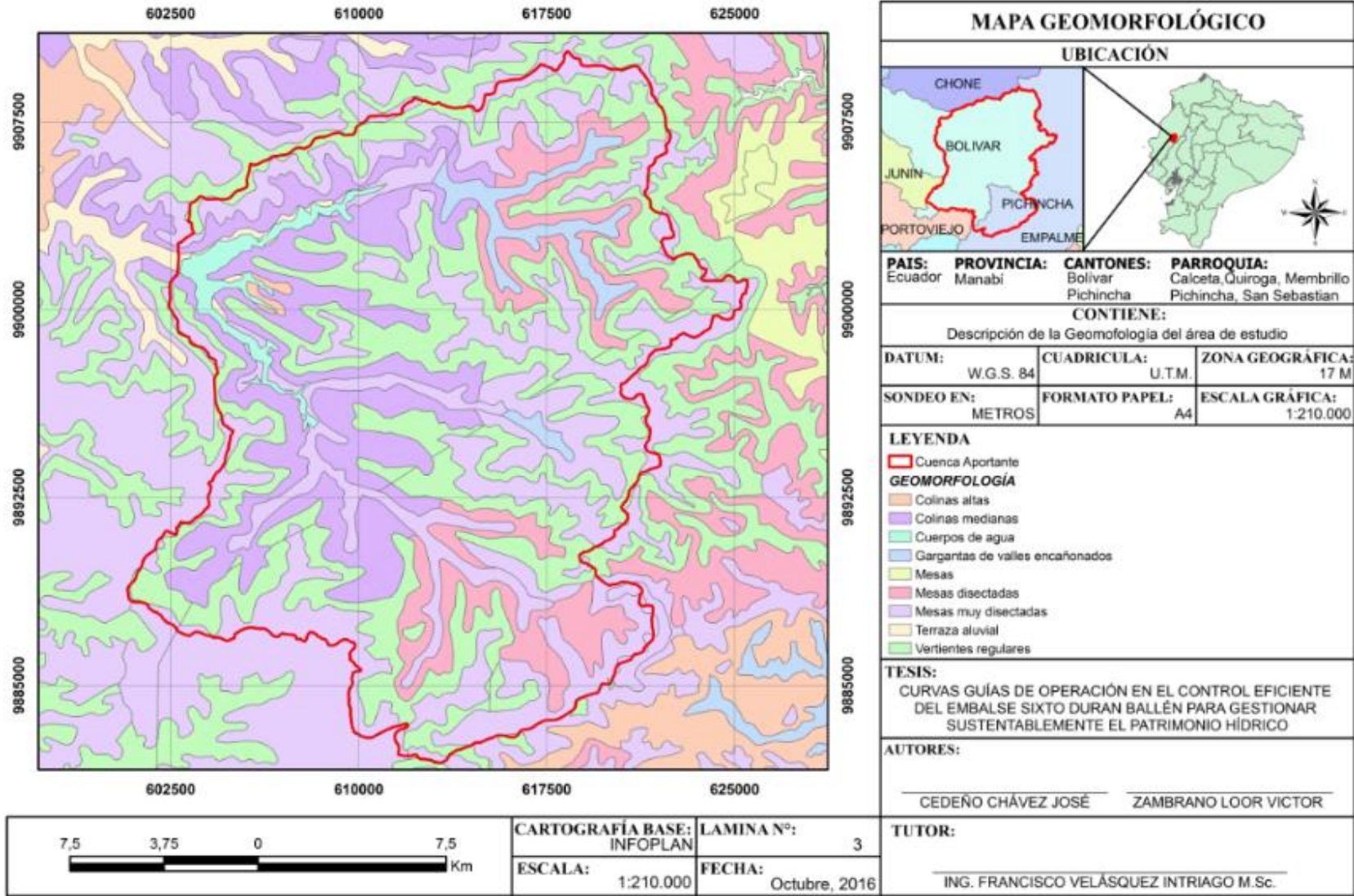
ANEXOS



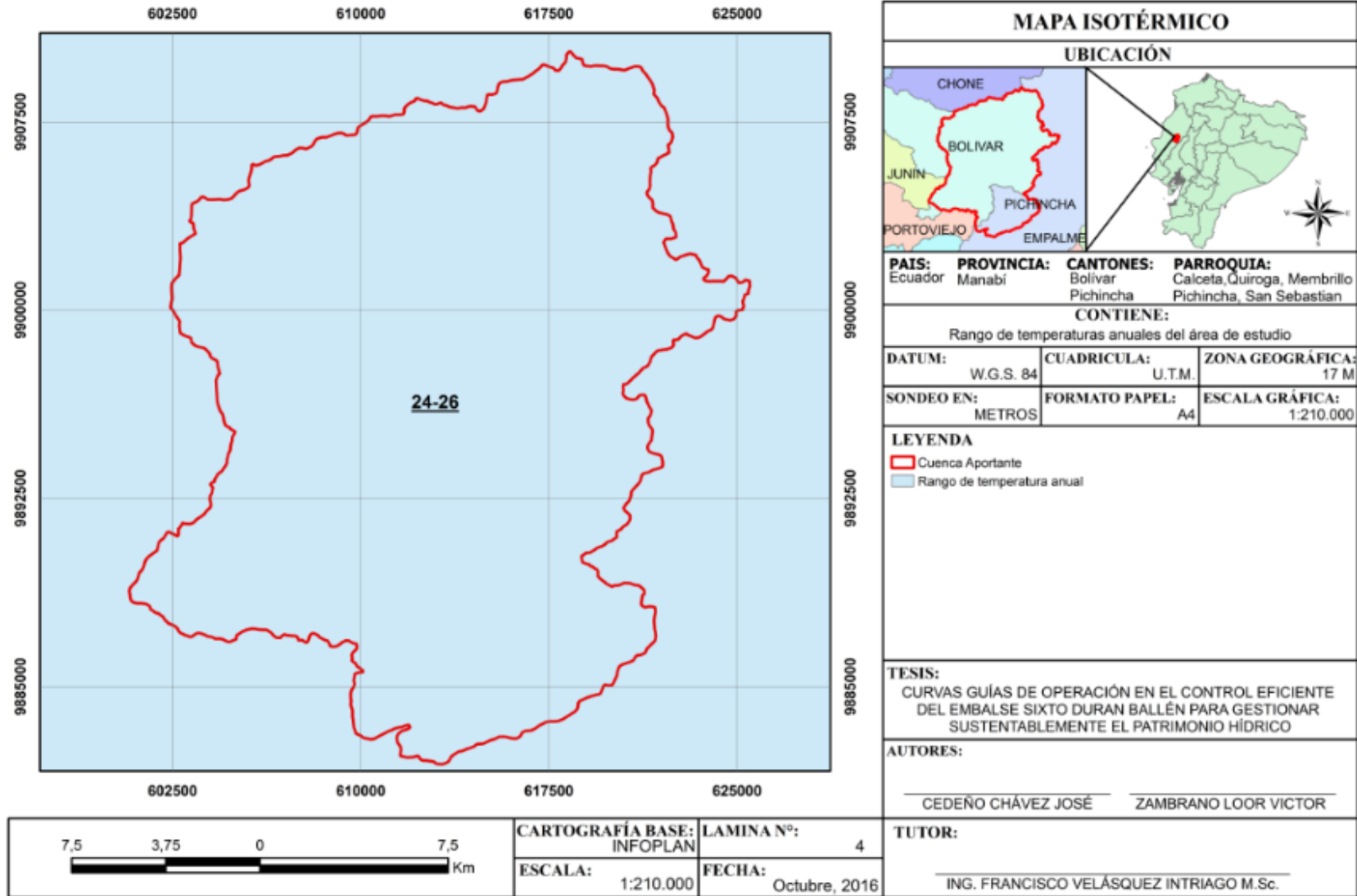
Anexo 1. Mapa de delimitación del área de estudio.



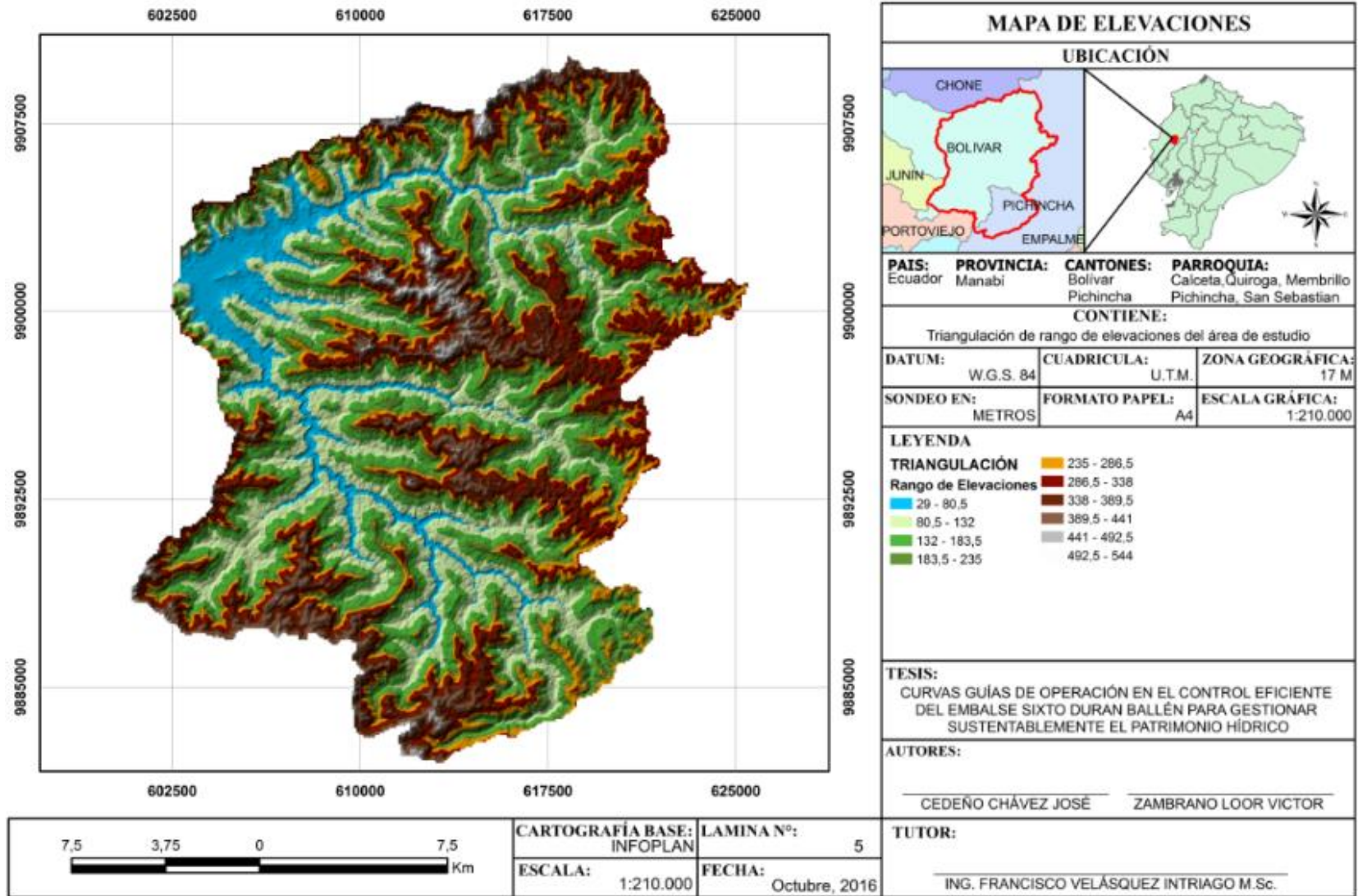
Anexo 2. Mapa Geológico del área de estudio.



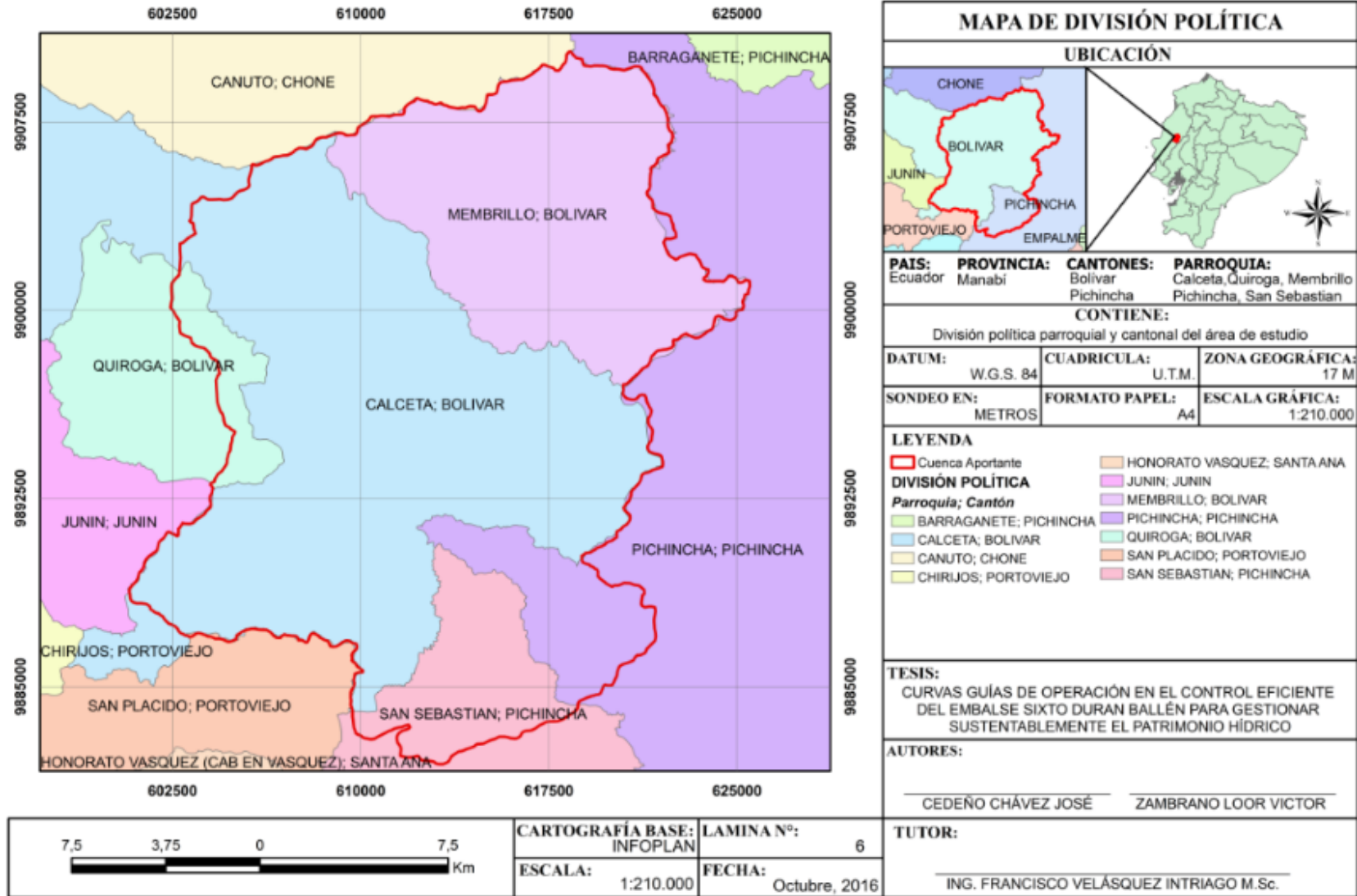
Anexo 3. Mapa Geomorfológico del área de estudio.



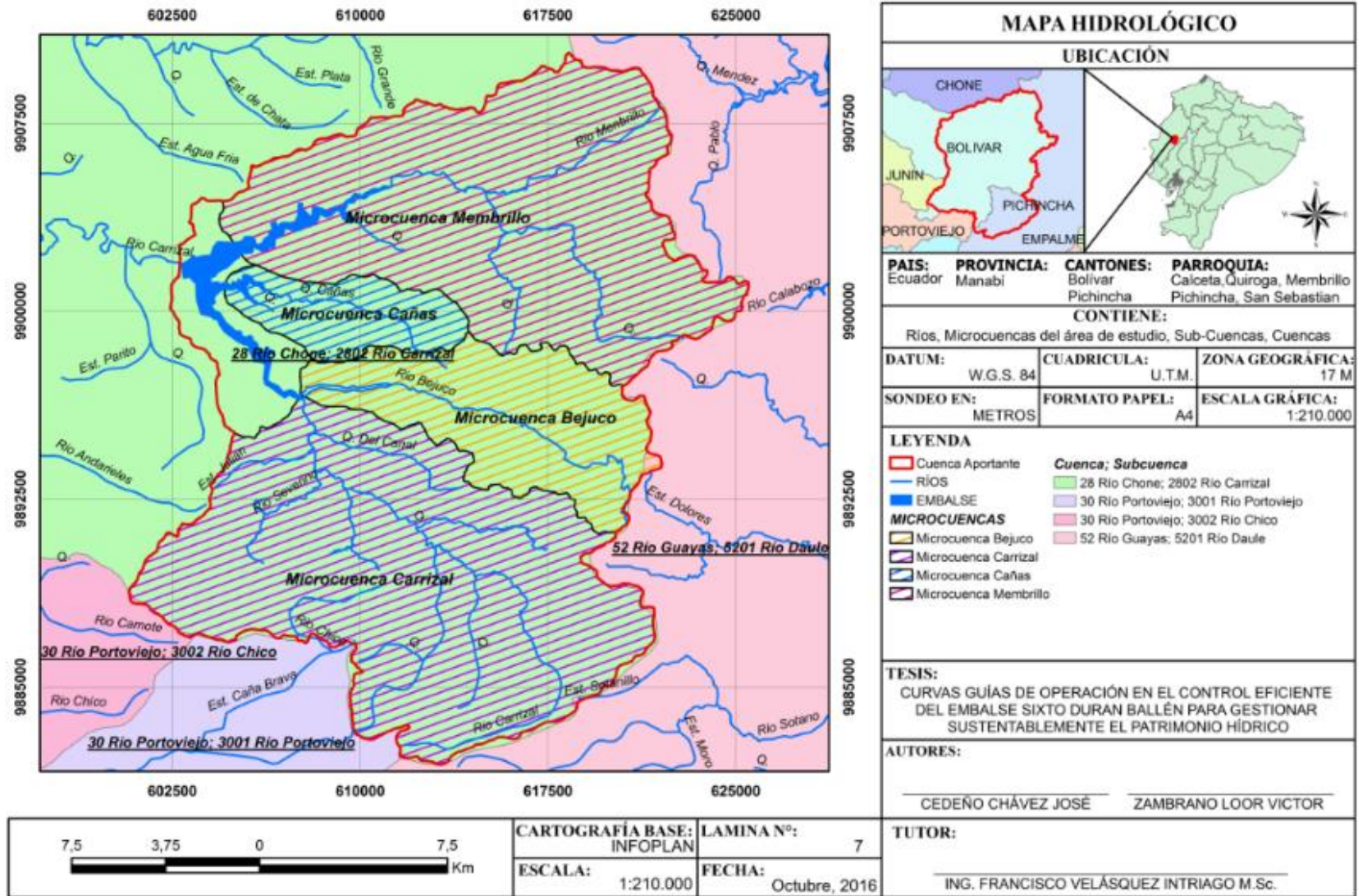
Anexo 4. Mapa Isotérmico del área de estudio.



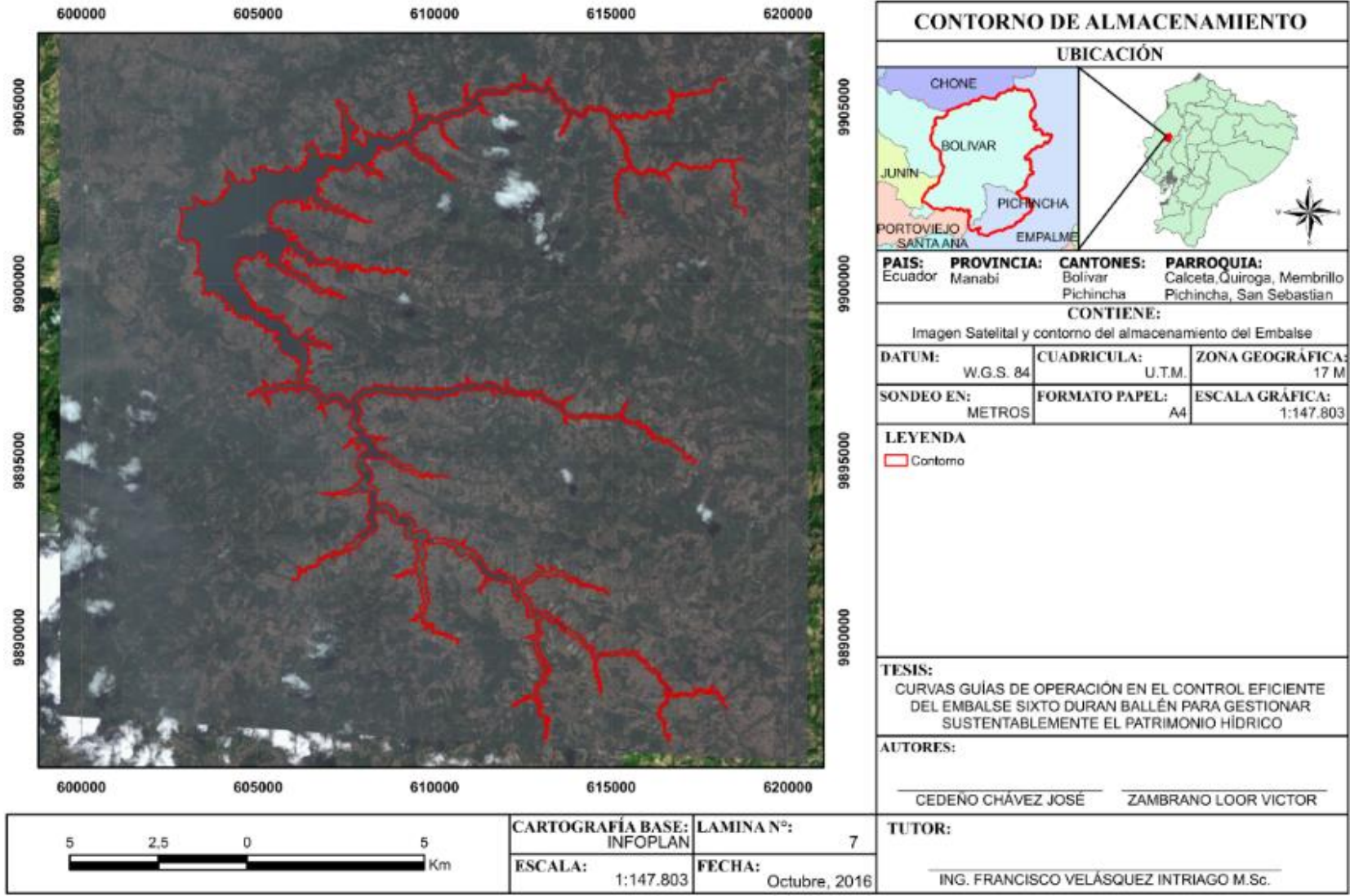
Anexo 5. Mapa de elevaciones del área de estudio.



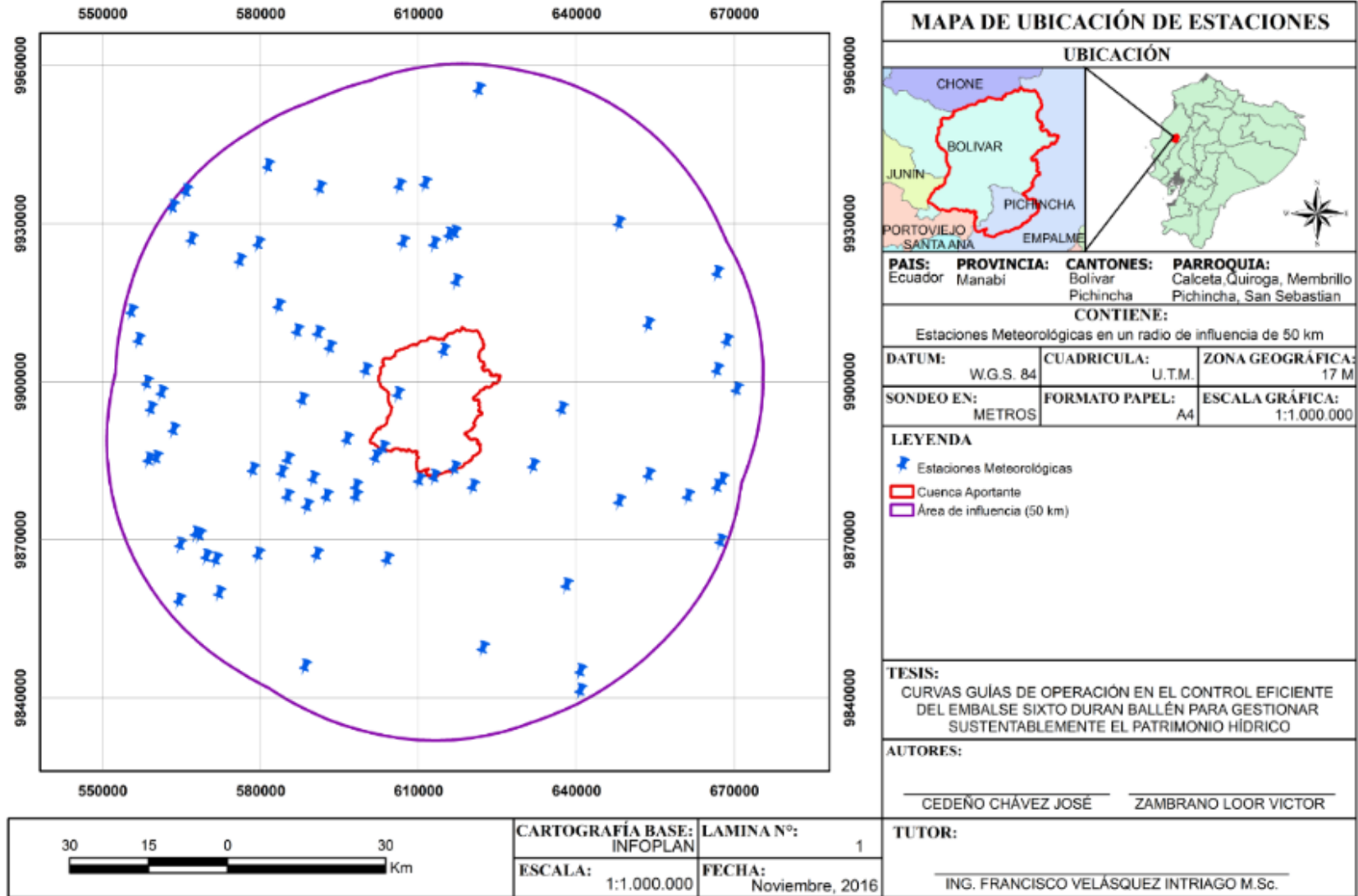
Anexo 6. Mapa de división política del área de estudio.



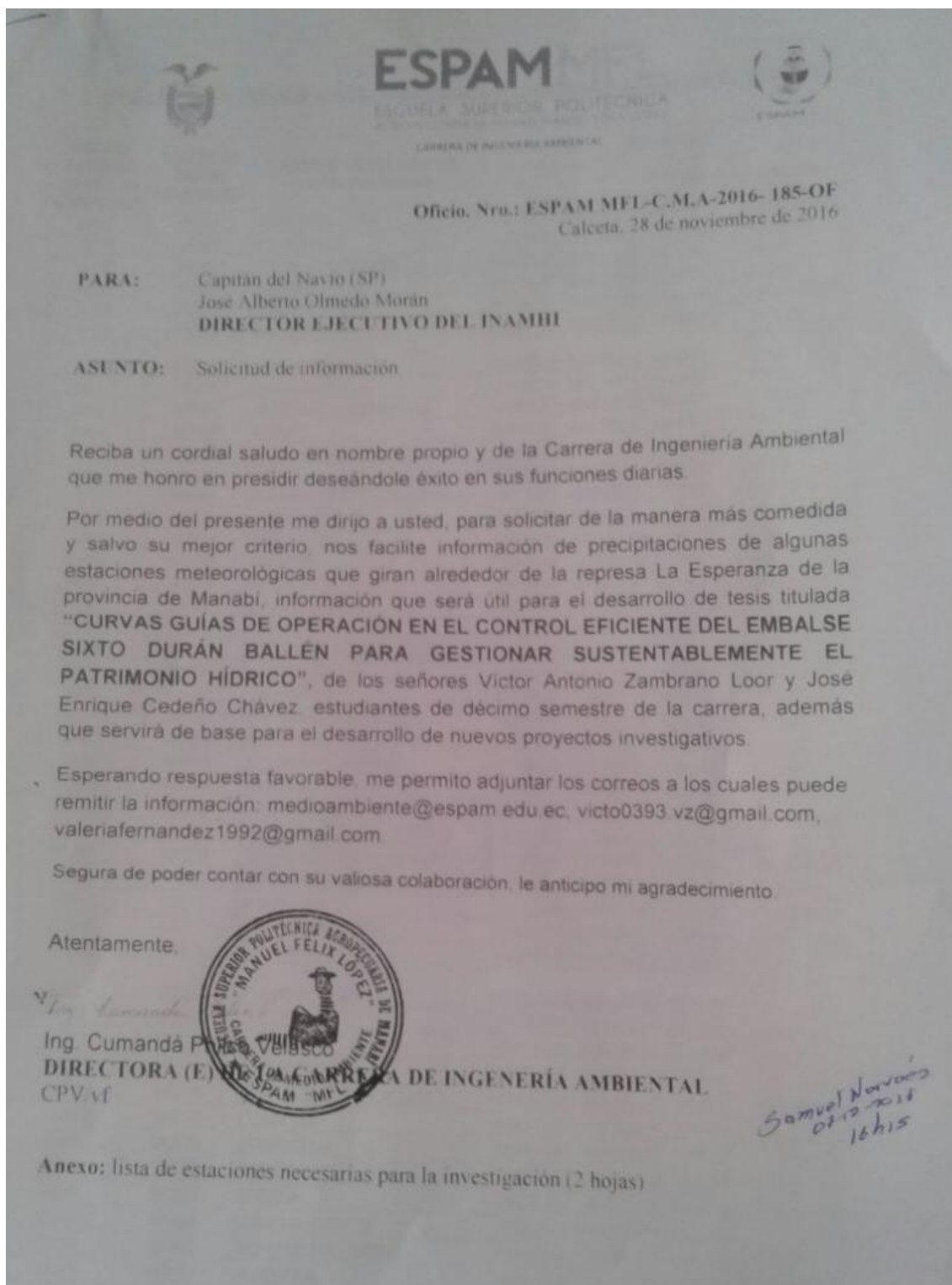
Anexo 7. Mapa hidrológico del área de estudio.



Anexo 8. Mapa del contorno de almacenamiento del embalse Sixto Durán Ballén

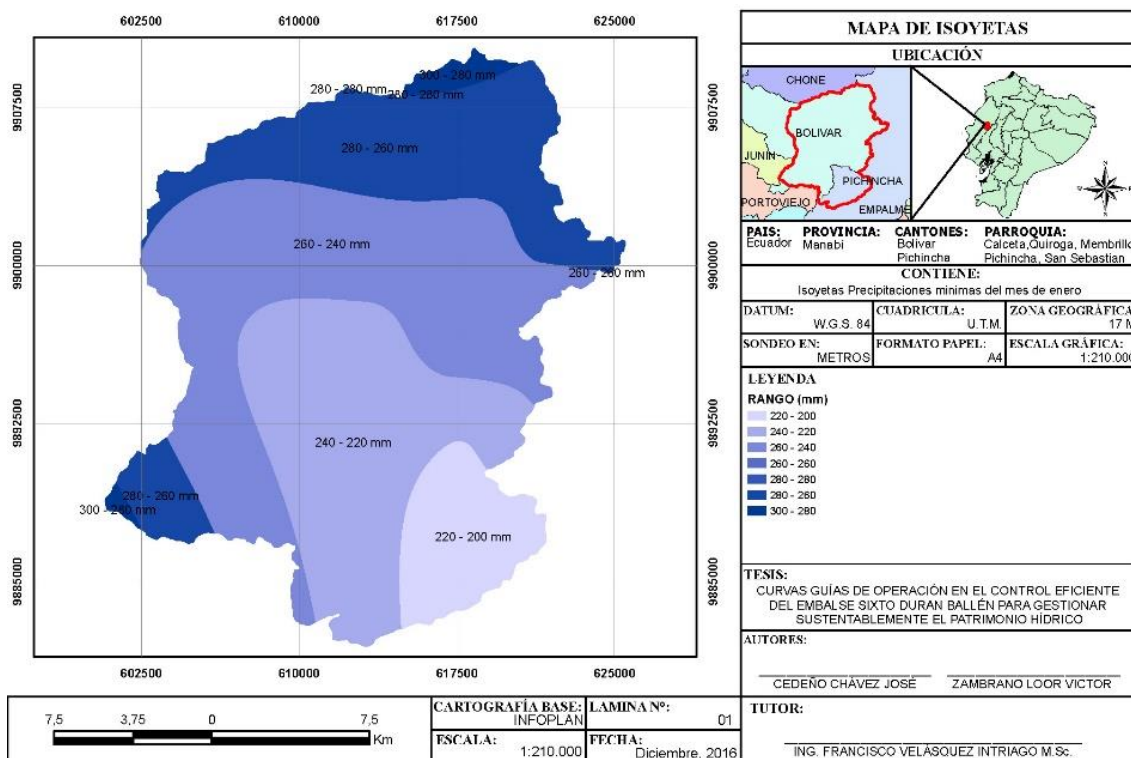


Anexo 9. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas en una zona de influencia de 50km

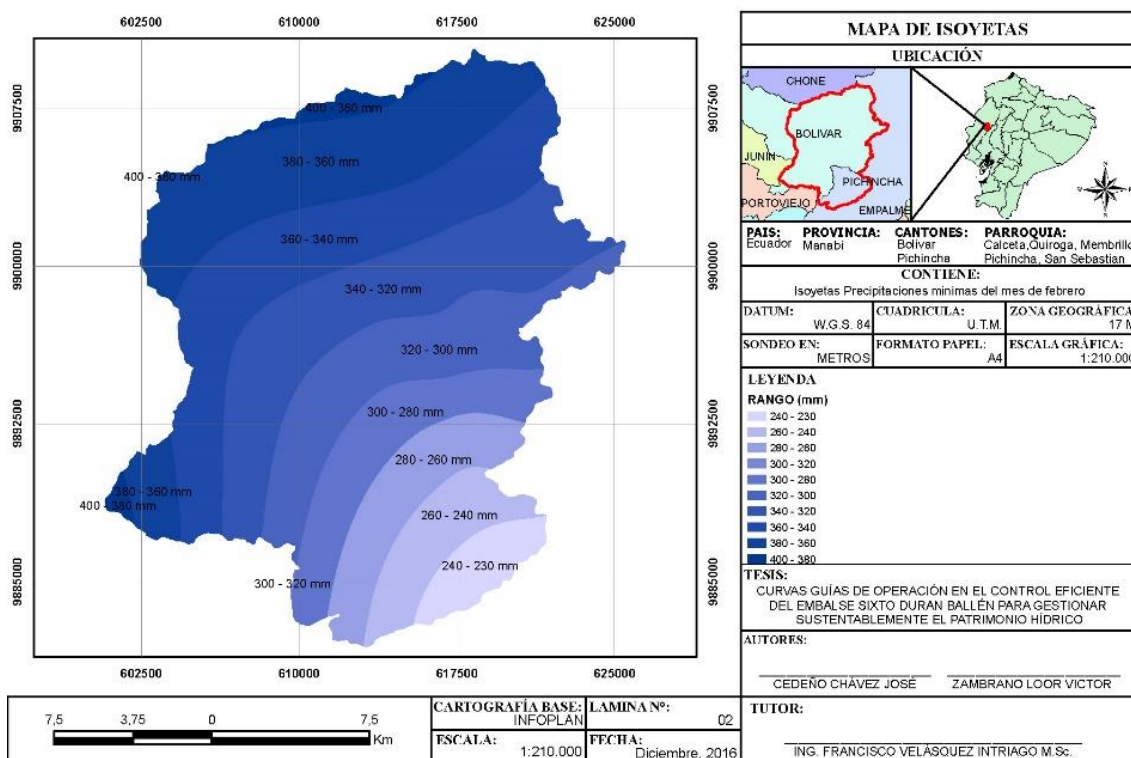


Anexo 10. Oficio de solicitud de datos al INAMHI

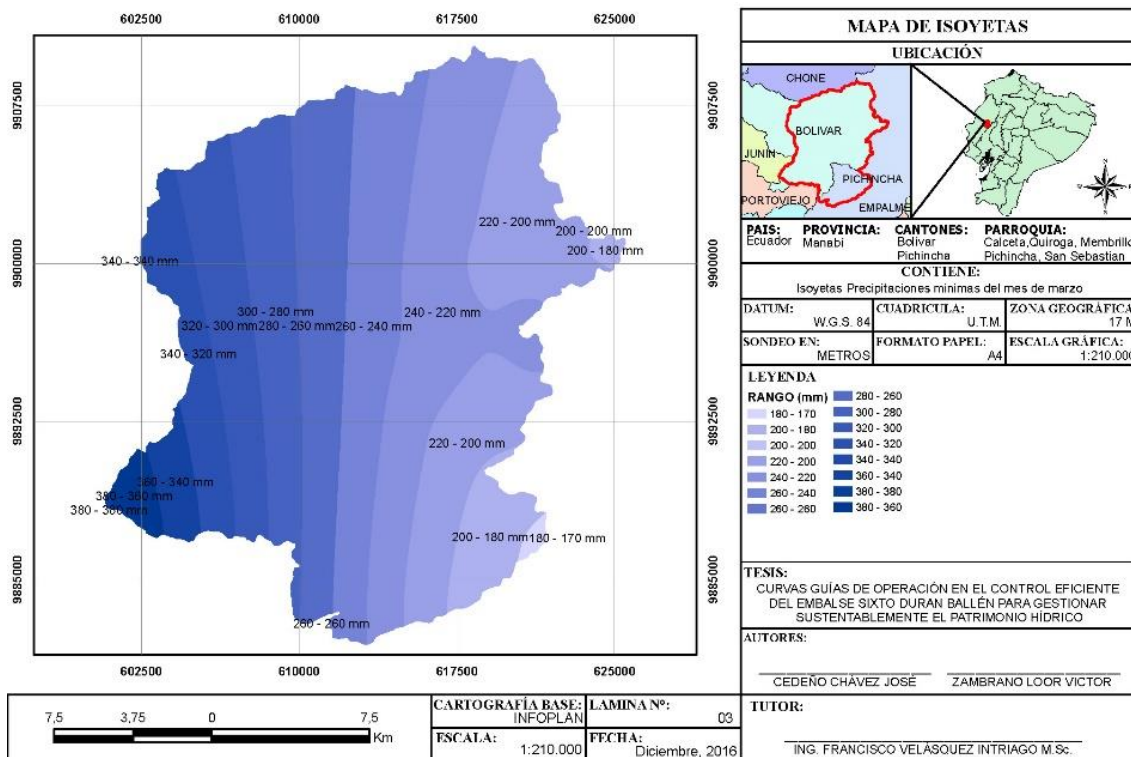
Anexo 11. Mapas de isoyetas de precipitaciones mínimas y máximas mensuales



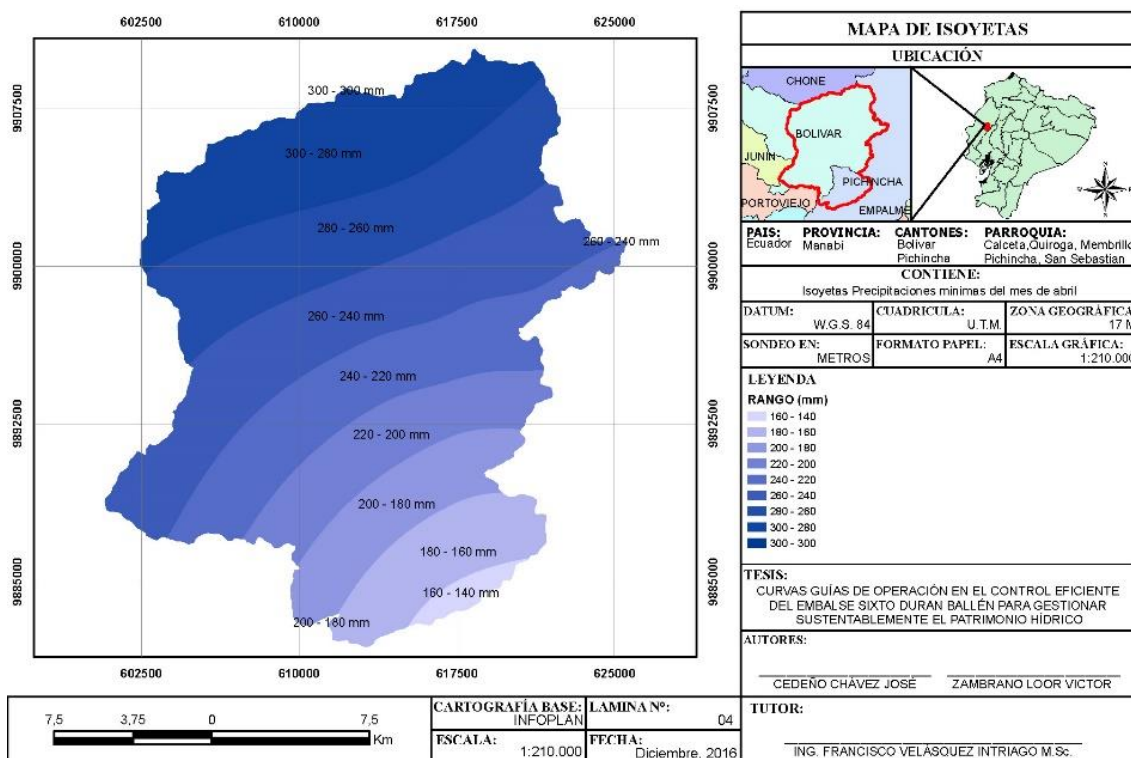
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de enero



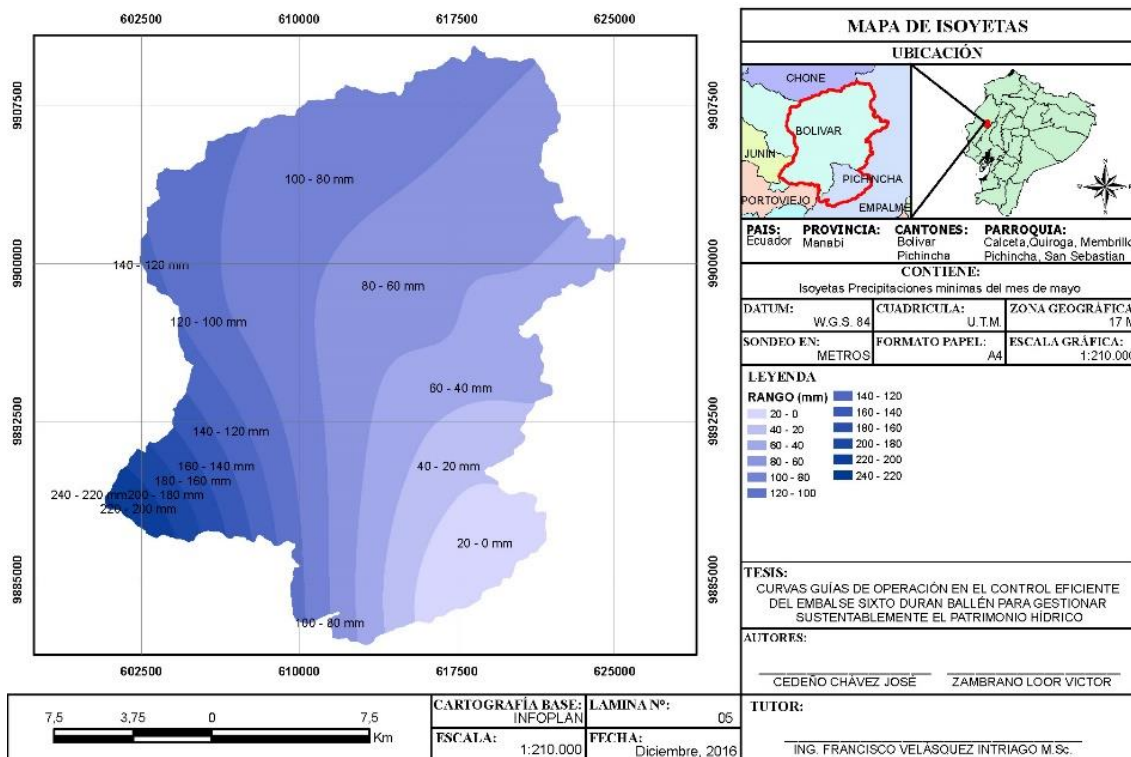
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de febrero



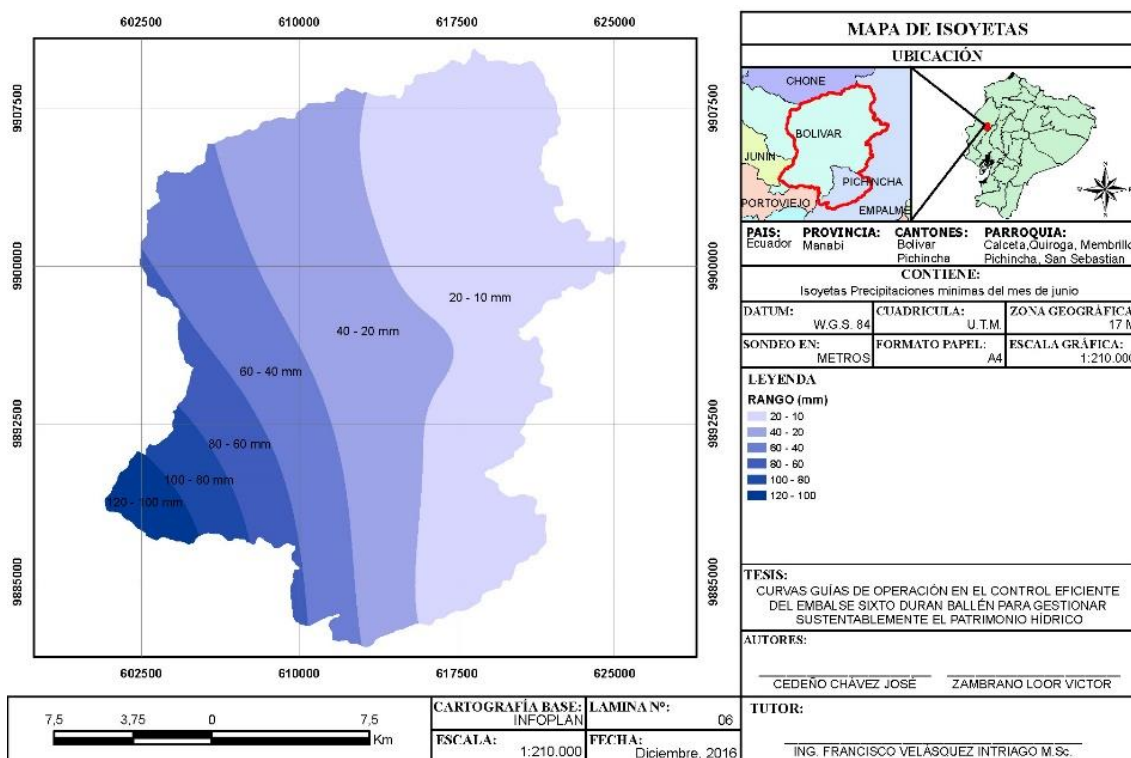
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de marzo



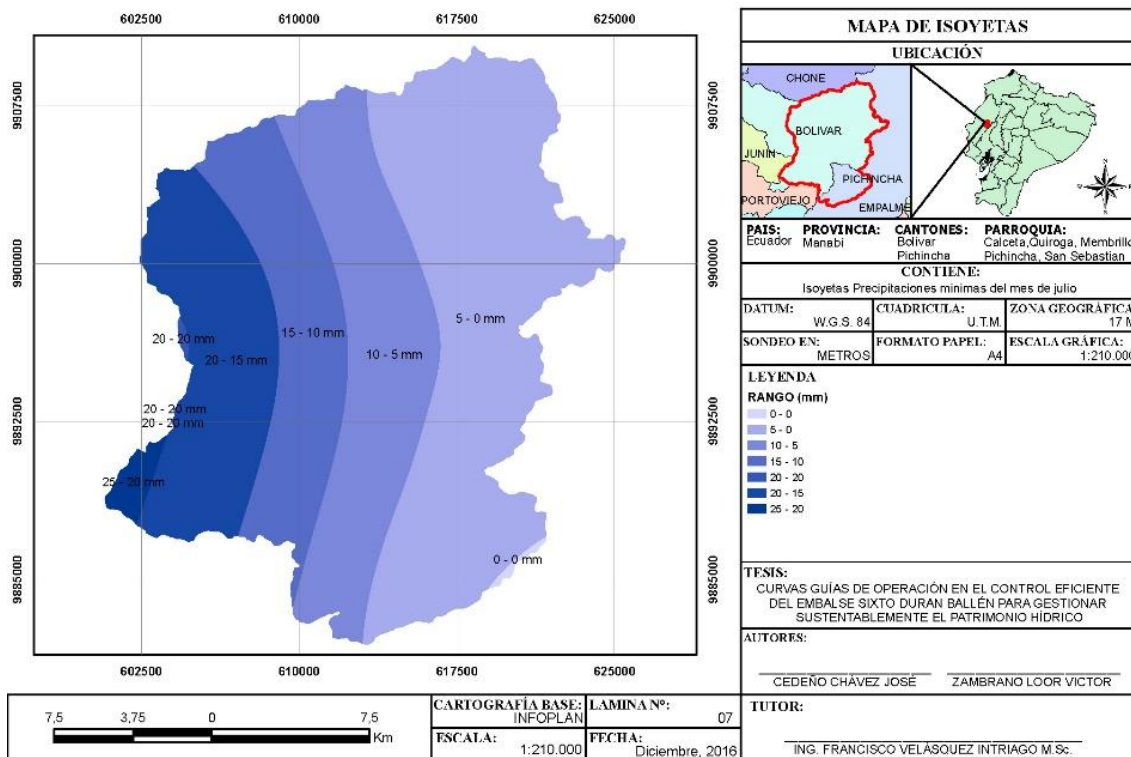
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de abril



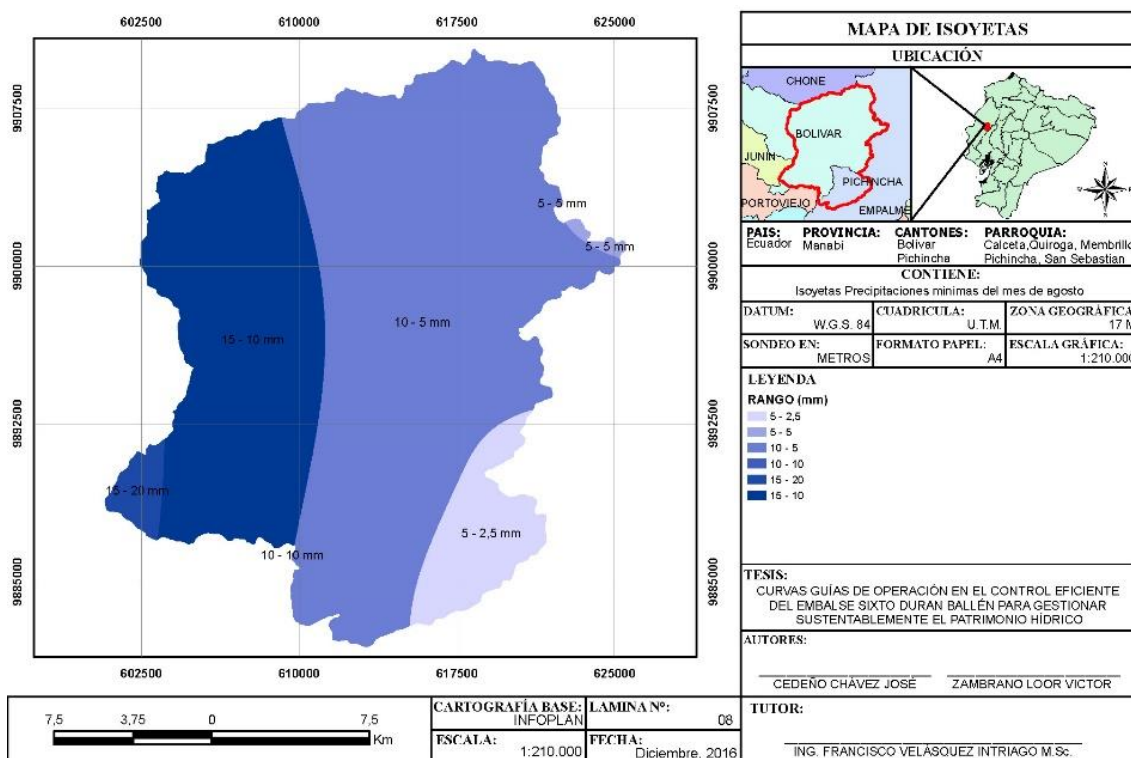
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de mayo



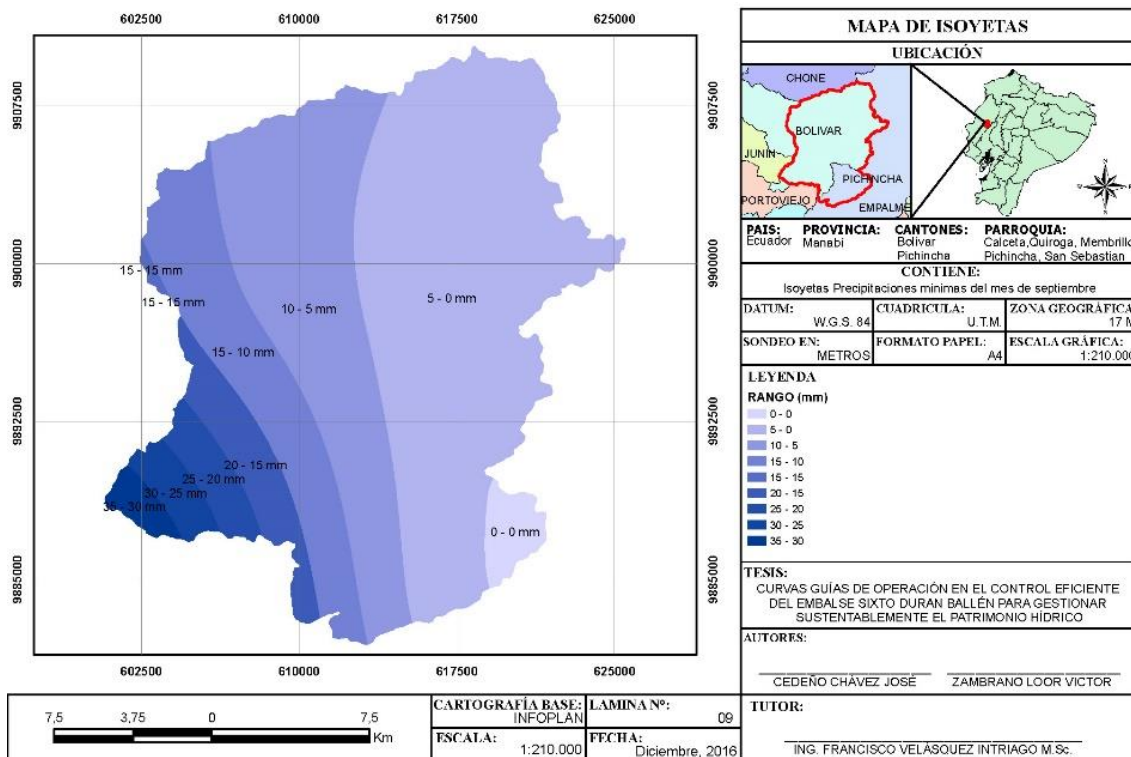
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de junio



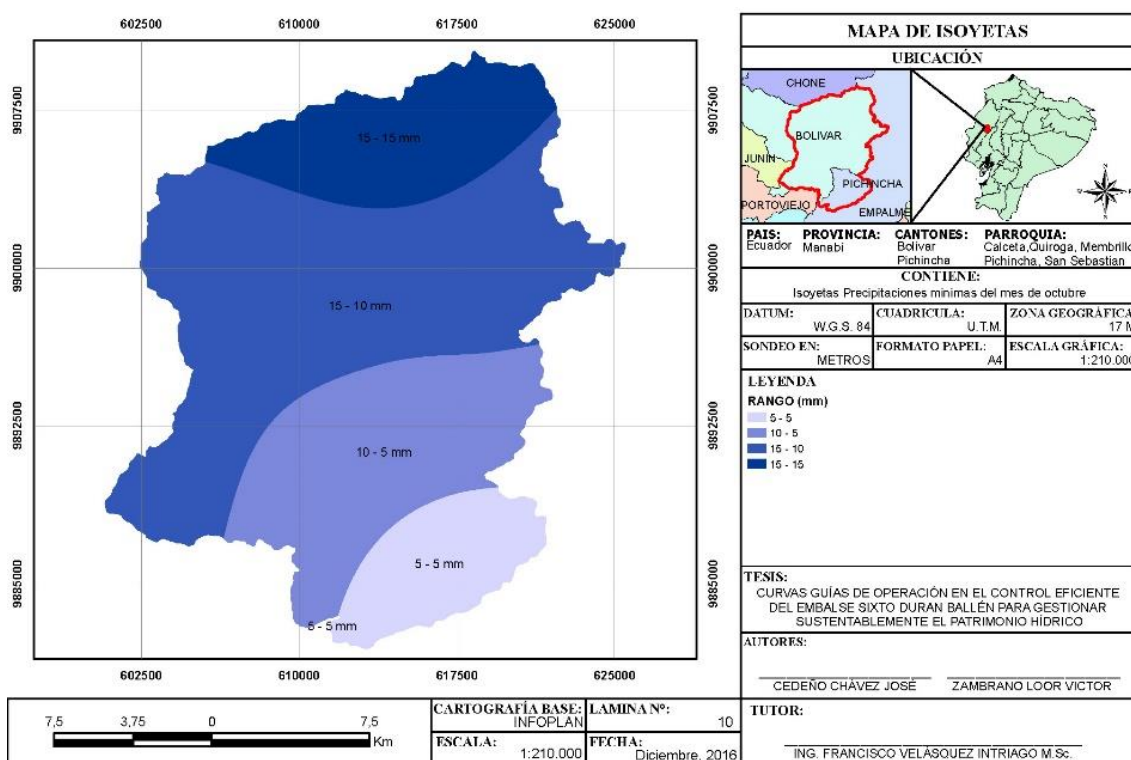
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de julio



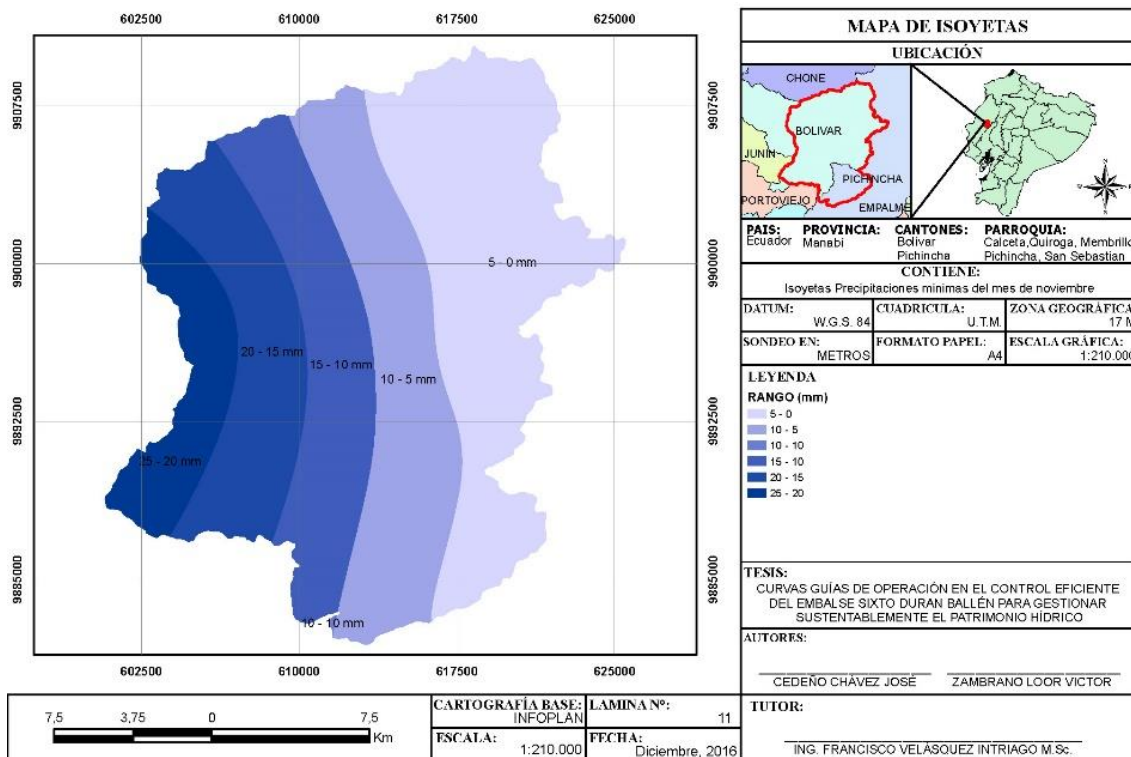
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de agosto



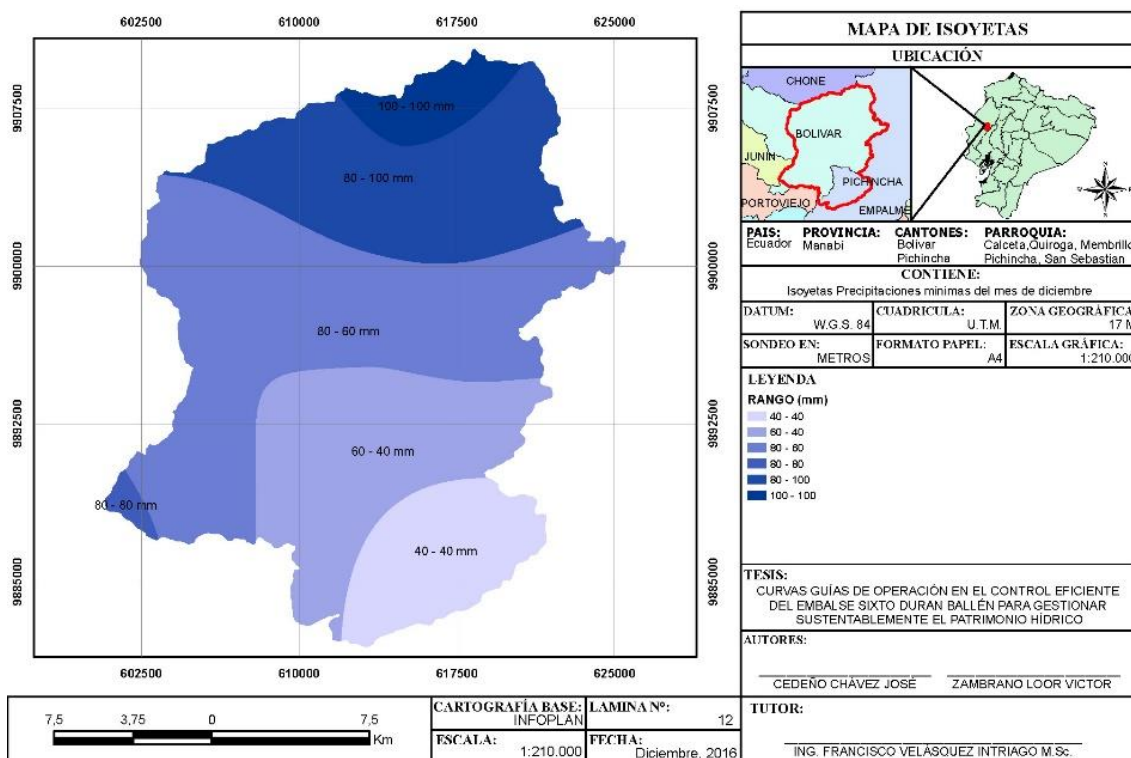
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de septiembre



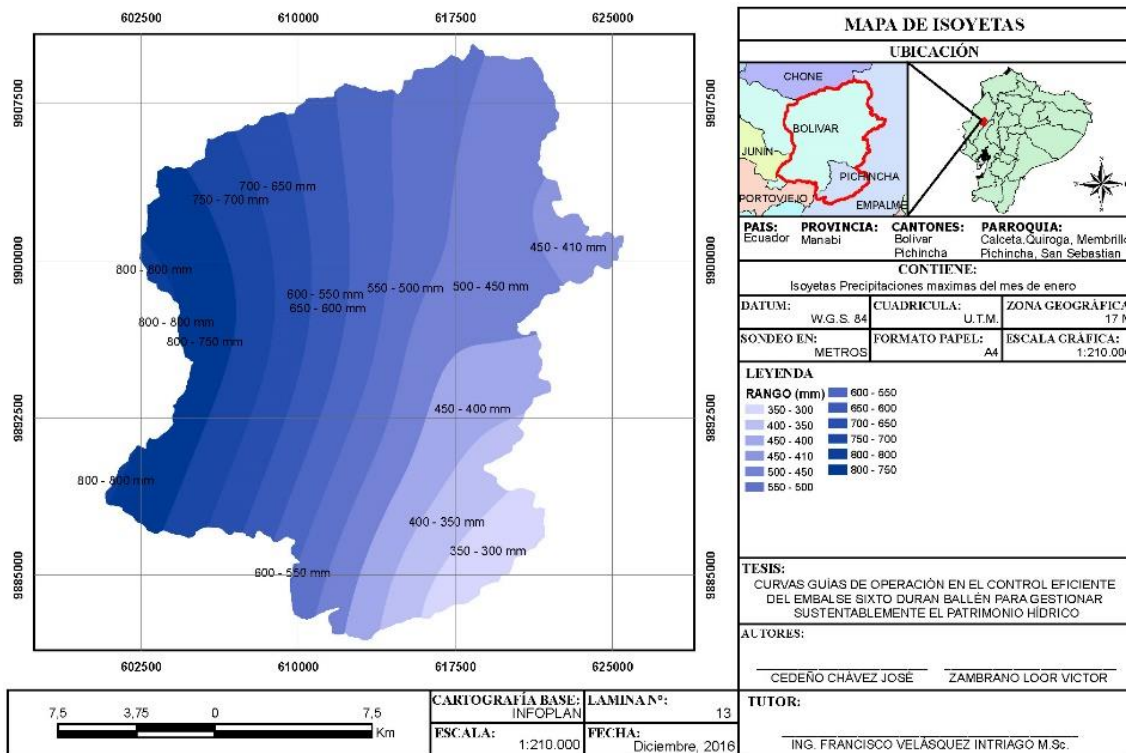
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de octubre



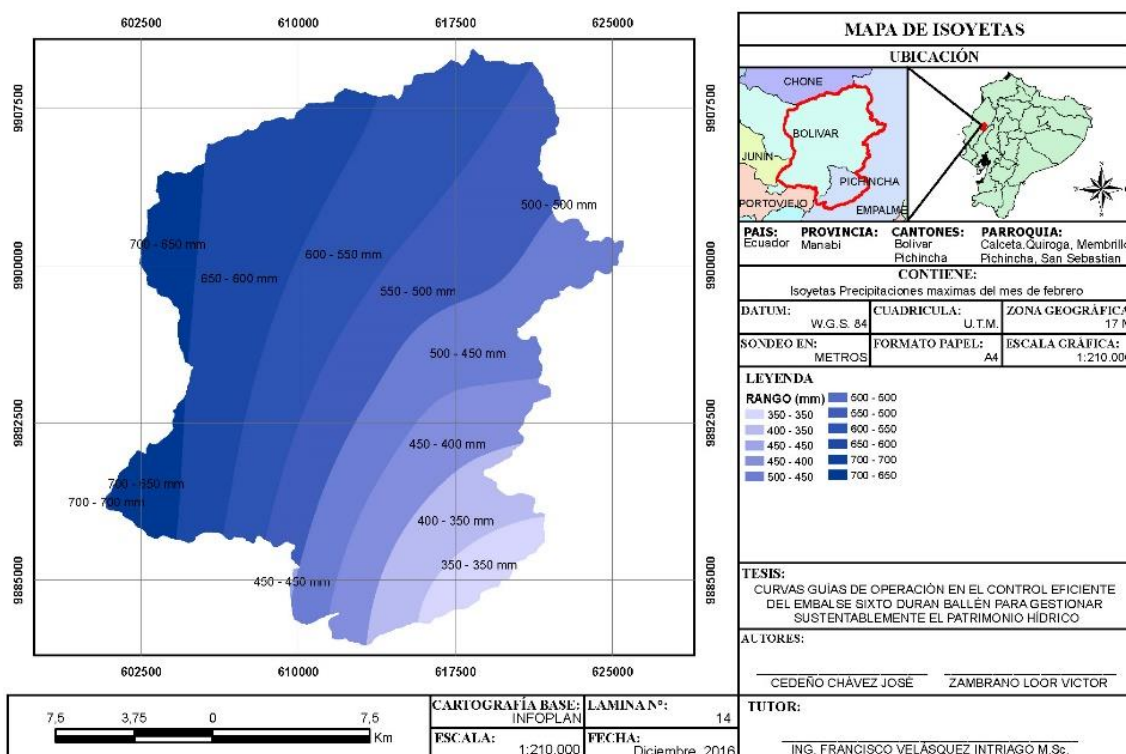
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de noviembre



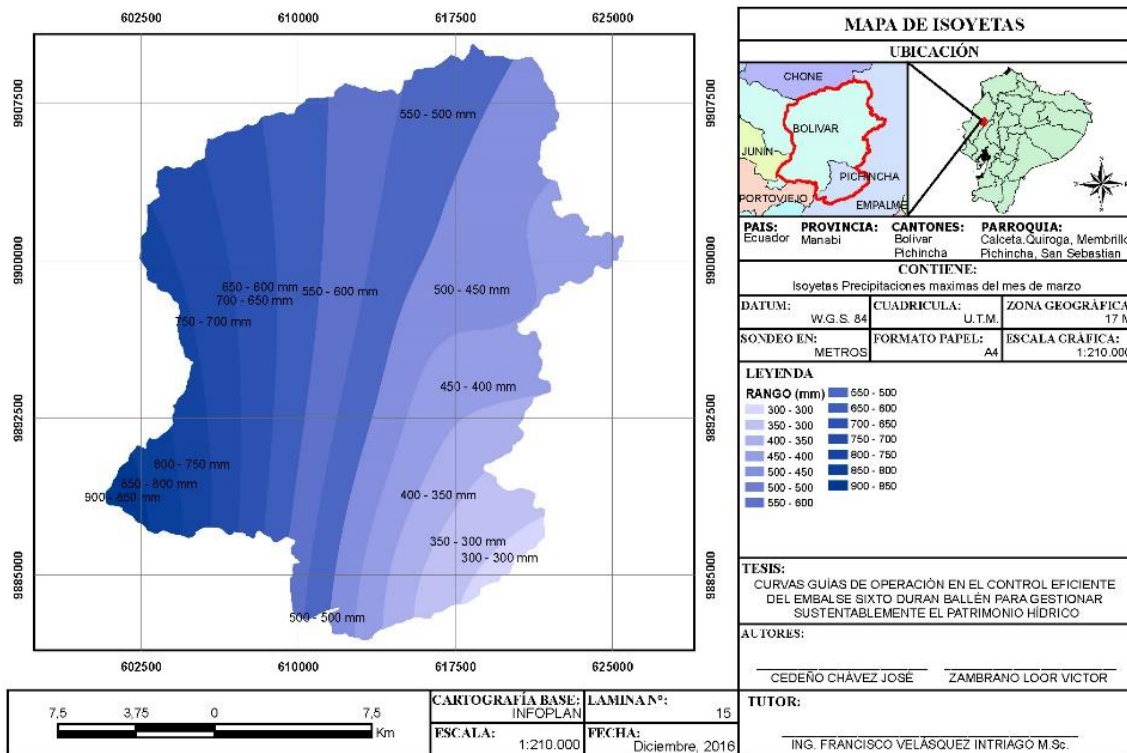
Mapa de Isoyetas de precipitaciones mínimas del mes de diciembre



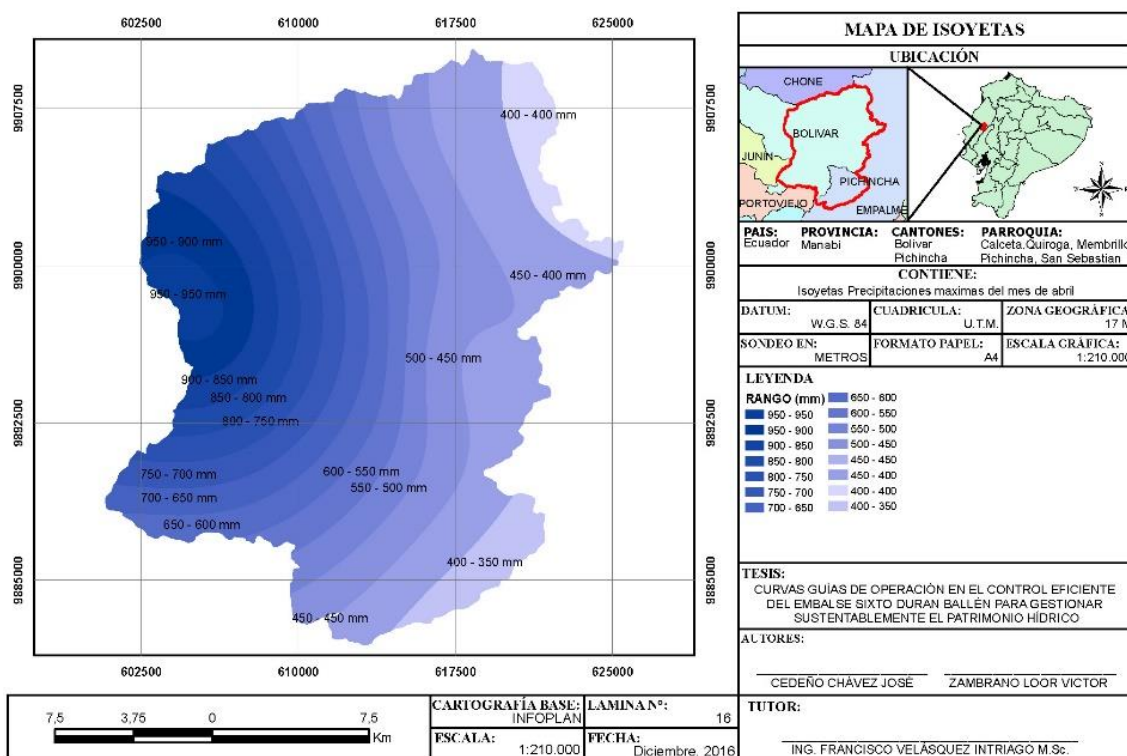
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de enero



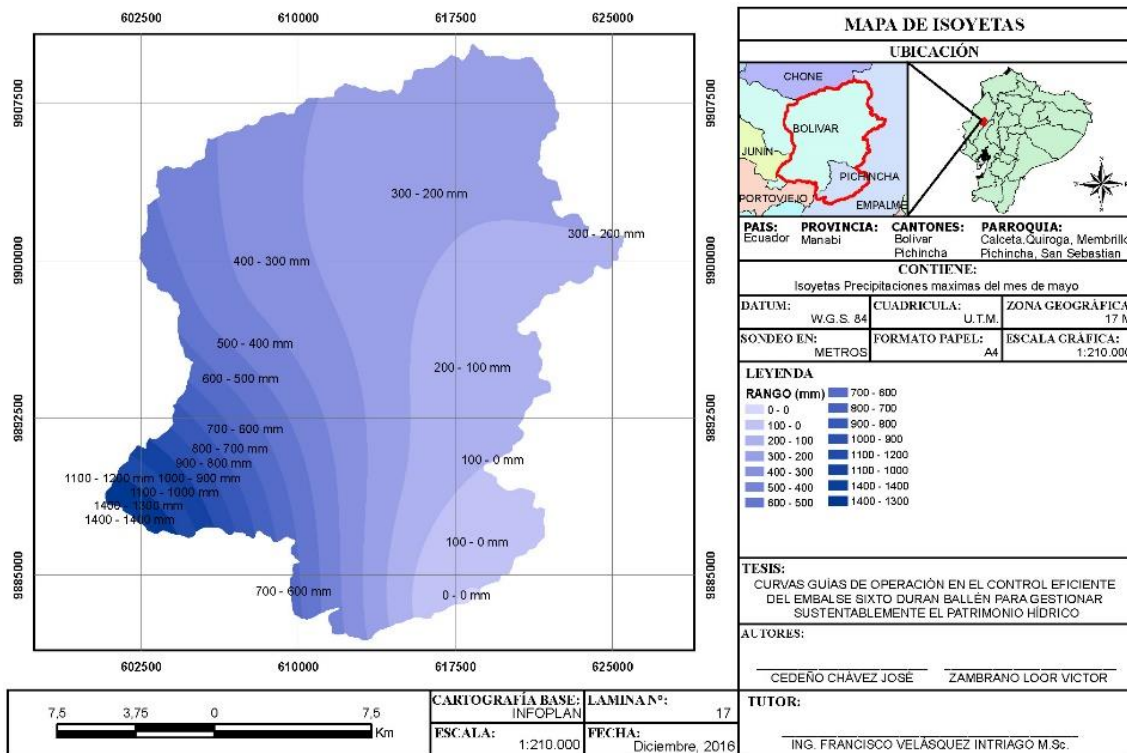
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de febrero



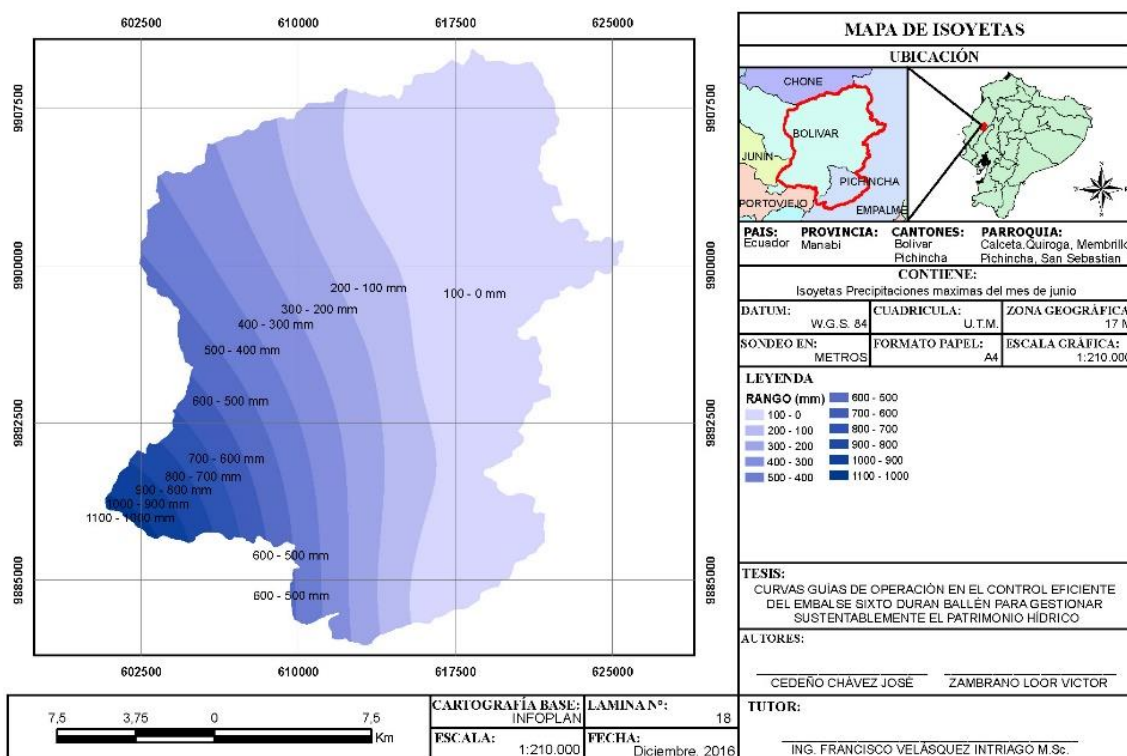
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de marzo



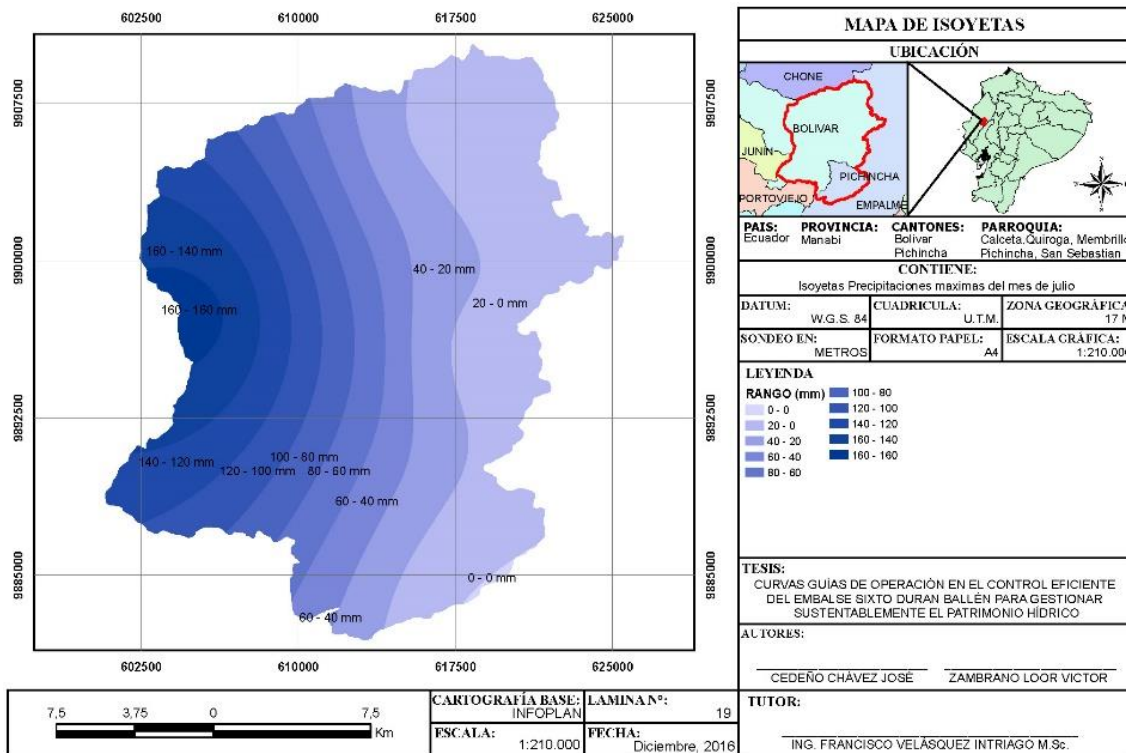
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de abril



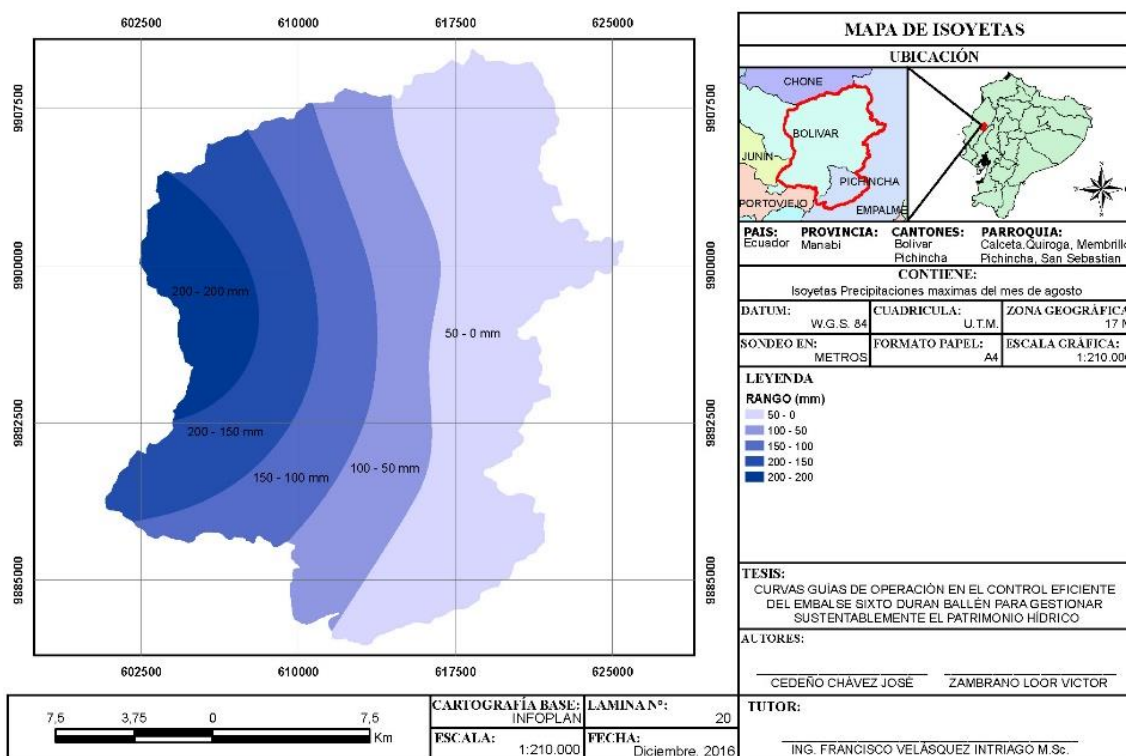
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de mayo



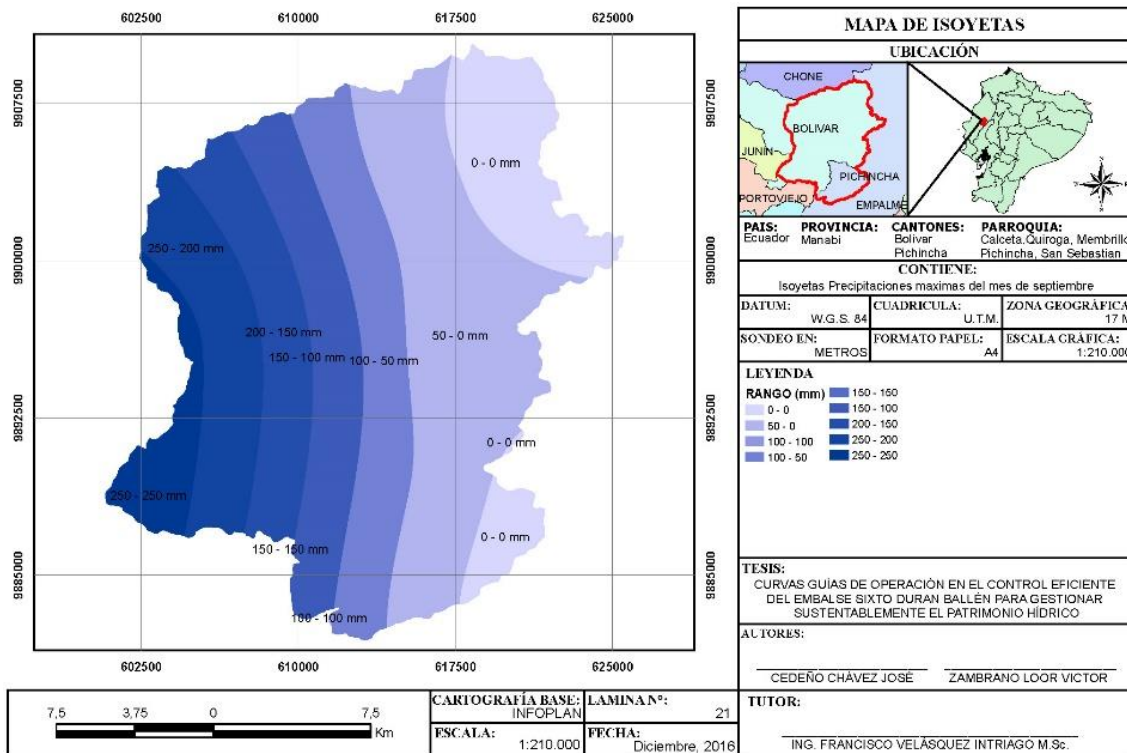
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de junio



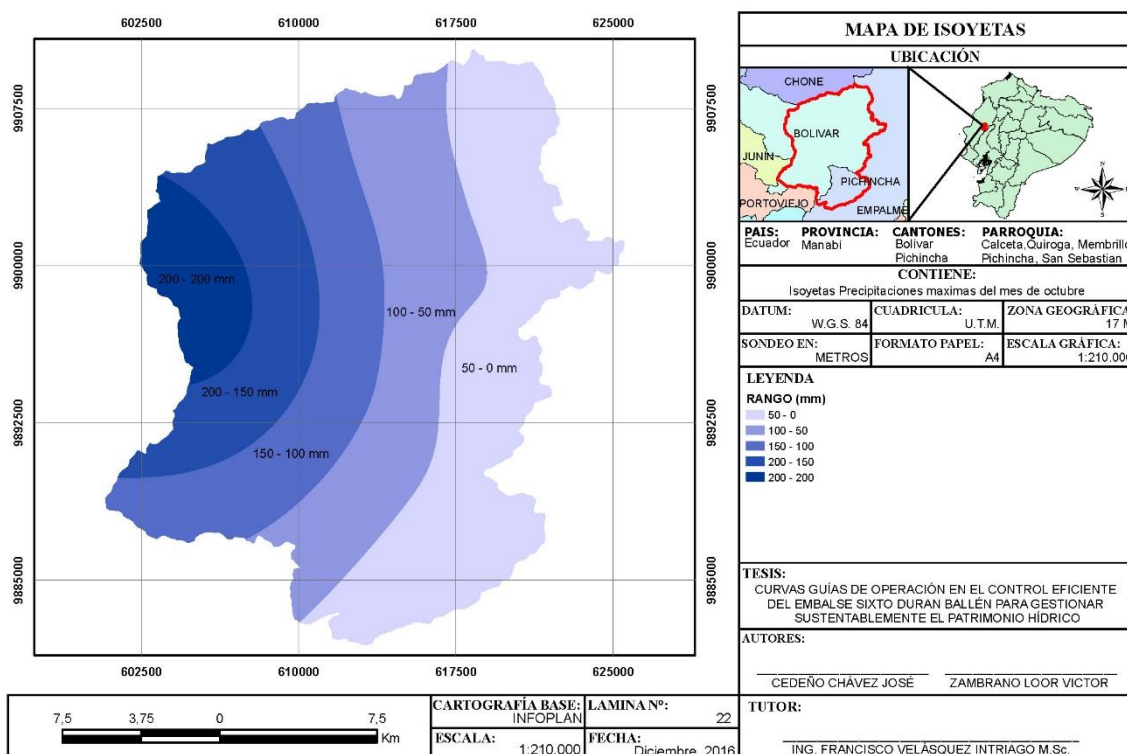
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de julio



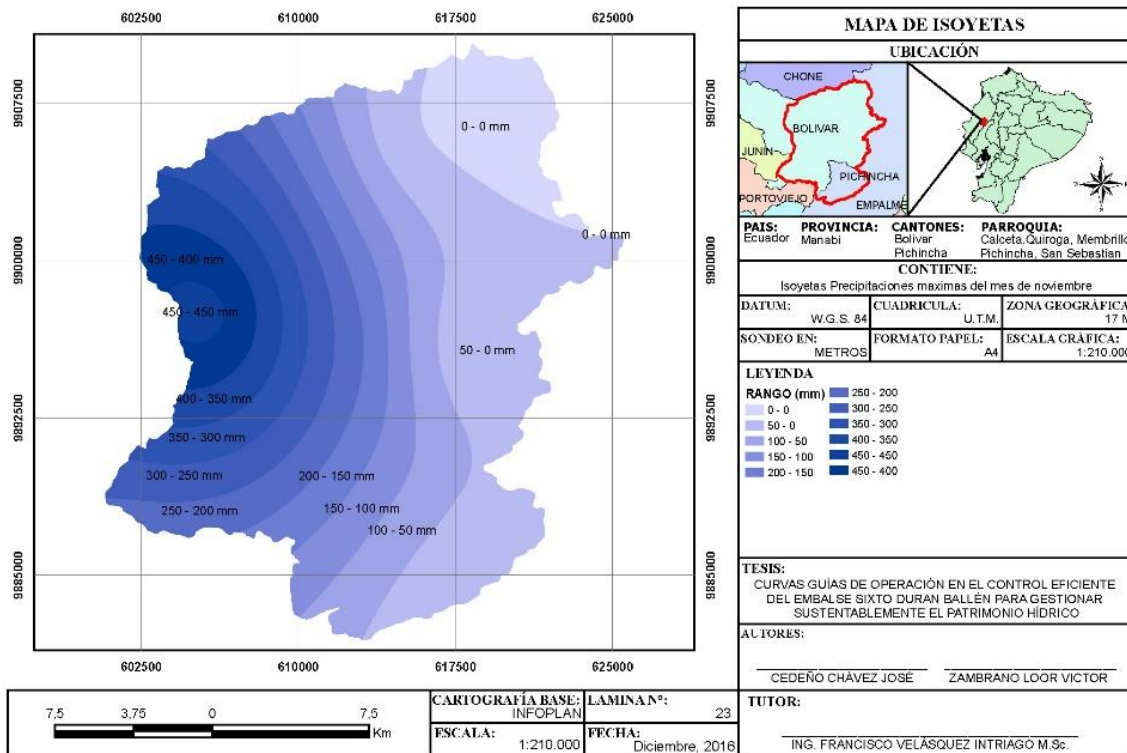
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de agosto



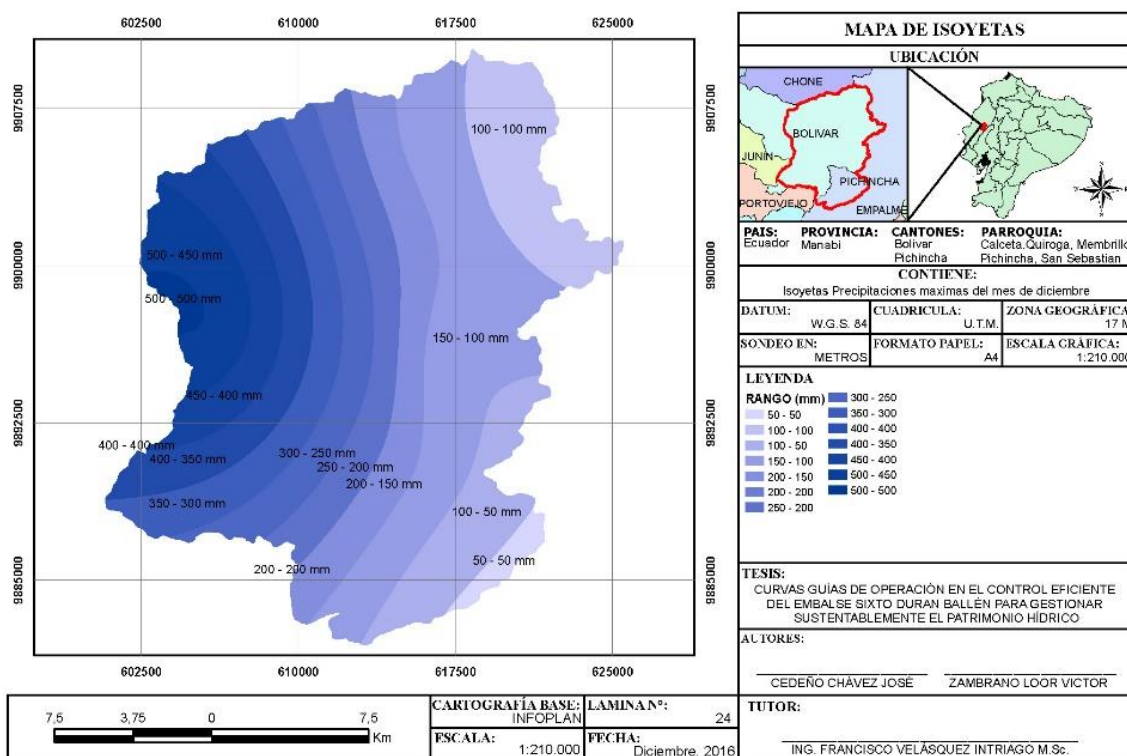
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de septiembre



Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de octubre



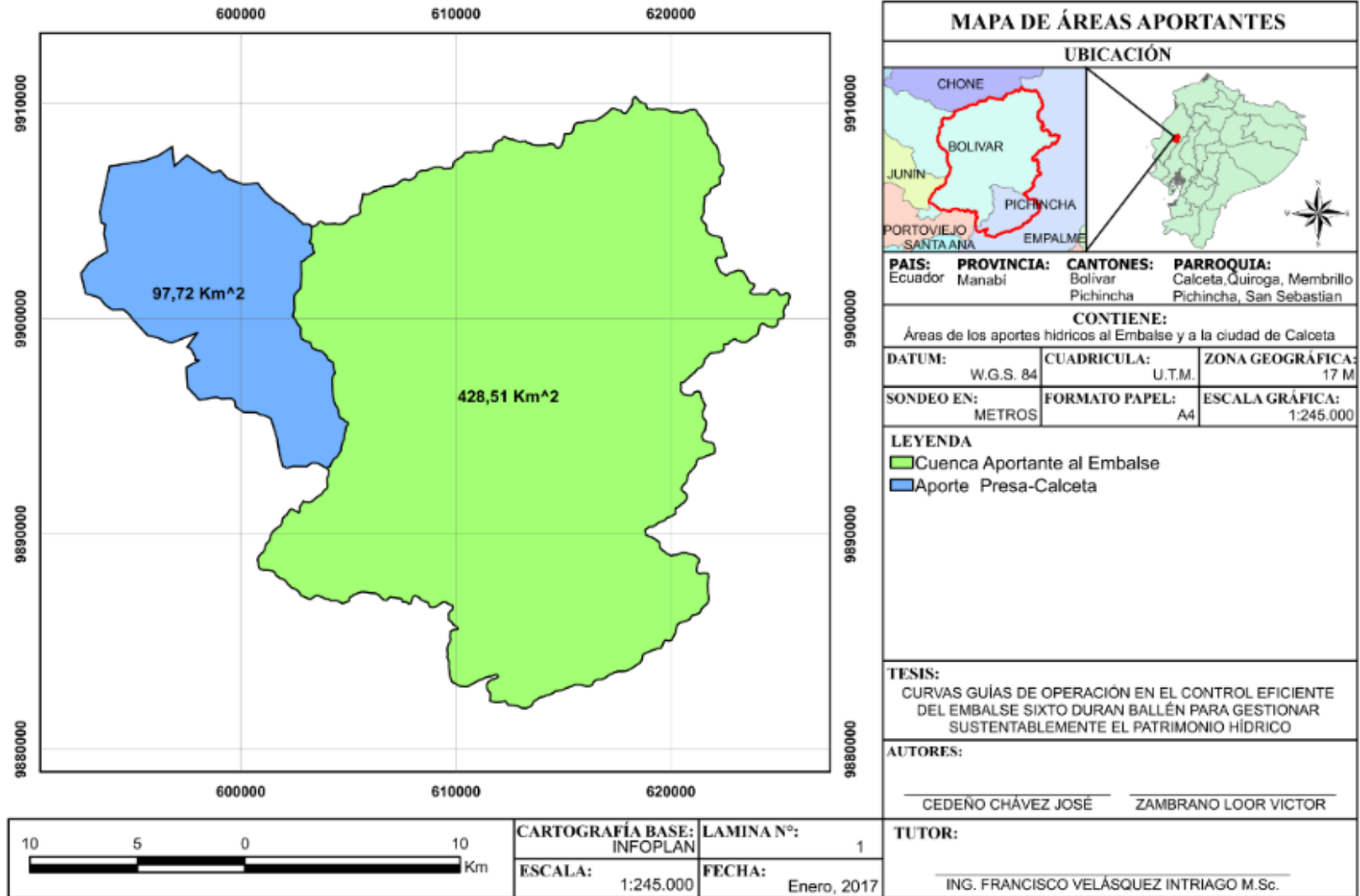
Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de noviembre



Mapa de Isoyetas de precipitaciones máximas del mes de diciembre



Anexo 12. Entrevista con el Gerente de la EPA-Manabí



Anexo 13. Mapa de áreas Aportantes a la ciudad de Calcuta y Presa



REGISTRO DE ASISTENCIA

SOCIABILIZACIÓN DE RESULTADOS DE TESIS

TEMA: CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN EN EL CONTROL EFICIENTE DEL EMBALSE SIXTO DURAN

BALLÉN PARA GESTIONAR SUSTENTABLEMENTE EL PATRIMONIO HÍDRICO

AUTORES: CEDEÑO CHÁVEZ JOSÉ ENRIQUE - ZAMBRANO LOOR VICTOR ANTONIO

TUTOR: ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO, M.Sc.



NOMBRE	CEDULA	INSTITUCIÓN PERTENECIENTE	CORREO	FIRMA
Velez Constante Stefany M.	1350585699	ESPAM.	stefany_96@hotmail.com	Stefany VC
Arenas NAVARRETE Sera MEUNA	1314102979	ESPAM	meli_11tgm@hotmail.com	
Loor Solizano Ana Maria	131317462-3	ESPAM "M.F.L"	amiloors@hotmail.com	
Ching Zambrano Pedro Francisco	131382640-4	ESPAM	pedrofrancisco@hotmail.com	
CHANG SÁNCHEZ Cema NATALY	131570939-2	ESPAM	gemita_chang92@hotmail.com	Cema CHANG
Pablo Velaz Jesus Gabriel	1314002098	ESPAM	jesusgabrielp20@hotmail.com	
Hidalgo Zambrano Wayna Marilyn	131603380	ESPAM	Wayna.96@hotmail.com	
Tcala Ibar María Fernanda	1314588490	ESPAM	marferTL22@hotmail.com	
Acaza Cedeno Jinelly Anai	1313717199	ESPAM	jinellyanahy_96@hotmail.com	
Briónes Leon Dayana Jamileth	1313389122	ESPAM	day.briones@gmail.com	
Alava Lopez Gissela	131691806-7	ESPAM	gissela_95@hotmail.com	



REGISTRO DE ASISTENCIA

SOCIABILIZACIÓN DE RESULTADOS DE TESIS

TEMA: CURVAS GUÍAS DE OPERACIÓN EN EL CONTROL EFICIENTE DEL EMBALSE SIXTO DURAN

BALLÉN PARA GESTIONAR SUSTENTABLEMENTE EL PATRIMONIO HÍDRICO

AUTORES: CEDEÑO CHÁVEZ JOSÉ ENRIQUE - ZAMBRANO LOOR VICTOR ANTONIO

TUTOR: ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO, M.Sc.



NOMBRE	CEDULA	INSTITUCIÓN PERTENECIENTE	CORREO	FIRMA
Carla Loor Ronceo	1310964620	ESPAM MFL	carlita_115@hotmail.com	
Iruin Flores Mendoza	1311079201	ESPAM MFL	iruinfm-97@hotmail.com	
Karla Sofia Calderon Sanchez	131223588	ESPAM MFL	Karla_sofia24@hotmail.com	
Byron Daniel Sanchez Vera	135142437-9	ESPAM MFL	byronsanchez1995@hotmail.com	
Josuis José Velaz Zambrano	131379624-3	ESPAM "MFL"	ferrosi9406@hotmail.com	
Mauricio Alexander Mendoza Herrera	1310122363	ESPAM "MFL"	mao.mendoza_m@hotmail.com	
Evelyn Karisa Chica Torres	131491050-4	ESPAM "MFL"	evelyn-g881@hotmail.com	
Bardas Carolina Vera Navarrete	1315433688	ESPAM "MFL"	luly_21rolina2015@hotmail.com	
Heidy Karolina Heredia Queros	1926199183	ESPAM "MFL"	heidy2309@hotmail.com	
Jennifer Johanna Ramos Socon	1314943224	ESPAM MFL	jenjeha_11@outlook.com	
Sánchez Darquea Evelyn Rosalia	1723763790	ESPAM MFL	evelyn_96rosalyn@outlook.com	