

ESTUDIO DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO

Autores: Yulio Loor-Barrezueta, Paola Duque-Sarango, Abel Pin, Bryan Intriago

Yulio Loor Barrezueta (yulio92sanlb@hotmail.com)/(yloor@uleam.edu.ec)
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Paola Duque Sarango (pduque@ups.edu.ec)
Universidad Politécnica Salesiana
José Abel Pin Figueroa (abelpin_47@hotmail.com)
Universidad Estatal del Sur de Manabí
Bryan Intriago (bryanintriago57@gmail.com)
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Resumen:

El presente estudio tuvo como objetivo esencial estimar el balance hídrico en las microcuencas Huayrapungu y Quillosa pertenecientes al Bosque y Vegetación Protector Aguarongo (BVPA). Tal balance hídrico consistió en estudiar el comportamiento hídrico de las microcuencas a partir de un rango de datos de 32 años de precipitación y temperatura tomados de las estaciones meteorológicas cercanas al BVPA. La base de datos descargada demostraba cierta inconsistencia estadística la cual fue corregida a través de un análisis de doble masa. La metodología aplicada fue la recomendada por Thornthwaite y utilizando la herramienta ArcGis y Excel por separado se obtuvieron dos balances hídricos muy similares. La diferencia radica en los datos de temperatura analizados; En el caso del programa Excel se realizaron los cálculos normales en este software ocupando la base de datos extraída de las estaciones meteorológicas previamente corregida, mientras que en el software ArcGis se ocupó un formato raster de temperatura de todo el país extraído de la biblioteca virtual del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). En los resultados encontrados ambos balances hídricos nos demostraron ciertas similitudes, por ejemplo, en los meses de febrero a mayo identificamos que la precipitación es mayor a la evapotranspiración teniendo altos niveles de caudales en ambas microcuencas, mientras que los meses de agosto y septiembre resultaron ser los meses más secos del año.

Palabras claves: Balance hídrico, Microcuencas, Precipitación, Temperatura, Thornthwaite, Evapotranspiración.

1. Introducción:

La presente investigación tendrá como propósito estudiar el recurso hidrológico del BVPA con el afán de proporcionar resultados acerca del agua que muy poco o casi nada se ha realizado en el interior del bosque y que sin lugar dudas será de un alto beneficio para quienes deseen continuar con investigaciones hidrológicas en el área de estudio y por su puesto para el bosque en general considerando las comunidades colindantes a la zona.

En el Plan de Manejo Ambiental del bosque elaborado en el año 2002 se muestran serios problemas asociados a la escasez de agua y a la falta de acceso de sistemas de riego, en dicho plan se detalla que únicamente las comunidades de Llayshatán, Vegaspamba, San vicente de Jadán y San José de Dalcote cuentan con sistemas de riego diseñados para irrigar alrededor de 417 ha y beneficiando aproximadamente 300 usuarios. Tales sistemas fueron construidos con el oportuno apoyo de la Fundación Ecológica Mazán, y por el Programa de Desarrollo de los Pueblos Indígenas (PRODEPINE) financiados con ayuda de la cooperación internacional (Prado, 2015).

Los más beneficiados serán las 40 comunidades principalmente, ya que estas se dotan del servicio de agua que el bosque les brinda (Minga, 2002), al realizar la estimación del balance hídrico con la recopilación de datos de 32 años se puede tener un panorama de la cantidad del recurso agua, este balance dicho sea de paso será una estimación mas no un cálculo exacto del valor total de agua.

El Bosque de Vegetación Protector Aguarongo (BVPA), es uno de los remantes boscosos importantes de la provincia del Azuay-Ecuador, considerado como un bosque que genera servicios ambientales a las comunidades aledañas. Destacando además que fue declarado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería como "Área de Vegetación Protectora N° 10 por medio del Acuerdo Ministerial No. 292 que consta en el Registro oficial No. 255 del año 1985, dejando en claro que se encuentra en la clasificación de Bosque Húmedo Montano Bajo (Lomas, 2016).

Toda la extensión del bosque se encuentra ubicado en la provincia del Azuay en las parroquias Zhidmad, Jadán, y San Juan pertenecientes al cantón Gualaceo, parroquia San Bartolomé al cantón Sigsig y San Ana al cantón Cuenca (Minga, 2002). En la sección de anexos, Mapa 1, se ilustra la ubicación del área de estudio.

Los rangos altitudinales del bosque están sobre los 2840 y 3328 metros sobre el nivel del mar, por su parte el clima es muy variado presentando temperaturas medias anuales entre los 11,5 y 12°C en las zonas más bajas, mientras que en partes más altas se registran temperaturas entre los 9 y 10 °C. La temperatura máxima registrada es aproximadamente 22,5°C en zonas bajas y en las franjas altas de 20°C, siendo la temperatura mínima registrada de 0°C en meses donde hay presencia de heladas (Barrera, 2015). La precipitación media anual que recibe el bosque a lo largo de un año calendario es de aproximadamente 820mm, dividiéndose en dos estaciones la seca y la húmeda (Halliday, sf).

2. Materiales y métodos

2.1 Estaciones meteorológicas

Con el propósito de reconocer las estaciones cercanas a la zona de estudio se utilizó el programa ArcGIS y mediante la herramienta *Buffer* se elaboraron diferentes radios a partir del BVPA, según Villacrés y Gallegos (2010) la Organización Meteorológica Mundial expone que el radio máximo para zonas montañosas en el cual los datos de una estación tienen significancia con la zona de estudio es de 28,2Km. Por lo tanto en el Mapa 2 (ver anexos) se desarrollaron radios de 5, 8, 12, 20 y 25 kilómetros. A partir de esta visualización se pudo conocer las estaciones que estaban dentro del radio recomendado para extraer sus registros y aplicarlos en el área de estudio. Posteriormente se identificó que tan solo cuatro estaciones se encuentran activas y con datos suficientes para el estudio.

Tabla 1: Estaciones de interés

Código	Estación	Tipo	Estado	Cantón	latitud	longitud
M0138	PAUTE	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Activa	PAUTE	-2,8	78,762778
M0139	GUALACEO	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Activa	GUALACEO	2,88194	78,776389
M0424	SIGSIG INAMHI RICAURTE-	PLUVIOMETRICA	Activa	SIGSIG	3,04833	78,786111
M0426	CUENCA	PLUVIOMETRICA	Activa	CUENCA	2,85083	78,948611

Fuente: INAMHI

Elaborado: Autor

La tabla 1 nos muestra un dato importante que se consideró para el desarrollo de este proyecto, para el cálculo del balance hídrico se necesitó datos de precipitación, temperatura media, heliofanía. Las estaciones M0424 y M0426 son de tipo

pluviométricas por lo tanto sus registros se basan únicamente en tomar medidas de precipitación, lo cual fue una pequeña limitación en el estudio.

Los datos de precipitación pudieron ser extraídos de las cuatro estaciones, pero a pesar de eso se debió hacer un relleno y corrección de los datos rellenos debido a que en ciertos meses dentro del rango de 32 años (1982-2014) no se contaba con registros. Para el caso de la temperatura las estaciones M0424 y M0426 no cuentan con datos de temperaturas.

2.2 Estimación y corrección de datos para el cálculo

En el estudio las cuatro estaciones donde se tomaron los datos de precipitación muestran bastantes limitaciones, se contabilizaron 114 datos faltantes dentro de la base datos que debía contener 1140 valores. Además se encontró ciertas inconsistencias de datos extremos, como por ejemplo en la estación Sigsig (M0424) aparece registrado un valor de 910,9 mm en el mes de noviembre del año 1999. A más de los 114 datos faltantes se eliminó los valores anómalos como el ya mencionado de la estación M0424, a partir de allí se decidió implementar la regresión lineal cuya metodología es una de las más usadas en temas hidrológicos especialmente para el relleno de datos. La FAO indica en su metodología *Statistical analysis of weather data sets* que cuando se carece de datos es apropiado completar estos valores con datos de otra estación cercana y fiable. El procedimiento para el relleno y sustitución de los datos lo resumimos de la siguiente forma:

- Se tomó como estación de referencia a la serie de datos completos, luego se verifico con la estación incompleta el coeficiente de correlación entre ambas, este al ser mayor a 0,8 presento una muy buena correlación haciendo factible el relleno.
- A partir de la ecuación de la recta se reemplazó únicamente el valor de Ricaurte (x) y encontrando el valor de Gualaceo (y), este mismo procedimiento se realizó en este ejemplo dos veces tanto para el año 1999 como para el año 2000.

Tabla 2: Explicación del relleno

Diciembre	Ricaurte	Gualaceo	Relleno
1999	129,4	-	114,84546
2000	131,3	-	116,59137

Fuente: INAMHI
Elaborado: Autor

$$y=0,8357x-3,4325$$

$$y=0,8357(129,4)-3,4325$$

$$y=114,84$$

Una vez rellenado todos los datos faltantes para las cuatro estaciones se continuó con el análisis de consistencia de datos mediante la técnica de doble masa. Cuando una estación pluviométrica presenta casos contrarios a la homogeneidad de sus datos es necesario corregirlos, en primera instancia es necesario detectarlos y luego hacer las correcciones del caso para ello se utiliza la técnica *curva masa doble*, la cual se basa en observaciones gráficas de la precipitación acumulada media para varias estaciones (Aparicio, 2015). La estacionalidad en la curva de doble masa se puede utilizar para confirmar la validez de la estación. En la sección de anexos se encuentra la gráfica 3 referente al análisis de doble masa.

2.3 Estimación de cantidad de luz solar

Las estimaciones de las horas de luz solar necesarias para el cálculo de la evapotranspiración se obtuvieron a partir de un modelo digital del terreno (DEM) utilizando el software ArcGIS. Se determinó a partir del DEM un mapa de pendiente y aspecto. Posteriormente se combinó ambos mapas para obtener un índice morfológico (Bezzi y vitti, 2005). Este índice fue procesado con la herramienta *Spatial Analyst*, utilizando lo sugerido por la FAO, estimados para los días 15 de cada mes.

2.4 Estimación del balance hídrico

2.4.1 Cálculo de la evapotranspiración

Debido a la carencia de datos para la estimación del balance, se utilizó el método empírico de Thornthwaite (1948). Este método aporta excelentes resultados en condiciones climáticas húmedas con abundante vegetación.

- Cálculo del índice de calor mensual

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

- Cálculo del índice de calor anual

$$I = \sum i$$

- Cálculo de la ETP mensual sin corregir

$$ETP \text{ sin corregir} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^a$$

- Corrección según el número de días del mes y el número de horas de sol

$$ETP = ETP \text{ sin corregir} \frac{N \cdot d}{12 \cdot 30}$$

Donde:

t= Temperatura media mensual

i: Índice de calor mensual

I= Índice de calor anual

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239$$

N= Número máximo de horas de brillo solar

d= Número de días del mes

ETP= Evapotranspiración corregida

2.4.2 Estimación del balance hídrico temporal y espacial

Para nuestra investigación se realizó dos balances uno para cada microcuenca de estudio, cuya variabilidad fue solamente la precipitación para cada zona. La ecuación del balance se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Lluvia neta (excedente)} = P - ETR - \Delta S$$

Donde:

P = Precipitación

ΔS = Capacidad de campo

$$ETR = P \text{ cuando } ETP > P$$

$$ETR = ETP \text{ cuando } ETP < P$$

Nuestro balance hídrico también se lo desarrolló en el programa ArcGIS, a diferencia del método empírico explicado anteriormente aquí se usó un ráster de isotermas a nivel nacional para poder asignarles una temperatura a las estaciones M0426 (Ricaurte) y M0424 (Sigsig) las cuales carecían de datos de temperatura media anual. Esta asignación de valores de temperaturas sirvió para poder interpolar la zona de

estudio mediante el método *Kriging* y obtener valores representativos para el cálculo de la ETP.

Así mismo se realizó un mapa de isoyetas tanto mensual como anual y se extrajo los datos de precipitación que tienen mayor influencia en las microcuencas Huayrapungu y Quillosa. A partir del ráster obtenido de isoyetas e isotermas para nuestra área se aplicó la metodología de Thornthwaite para hallar la ETP en base a las ecuaciones mencionadas en el apartado anterior, posteriormente se usó la herramienta *Raster Calculator* propia de los SIG para no solo hallar la ETP sino que además encontrar las diferencias entre precipitación y evapotranspiración.

3. Resultados y discusión

En primera instancia se desarrolló el cálculo para la ETP mediante Thornthwaite siguiendo cada uno de los parámetros explicados en la sección metodológica. Posteriormente a los resultados de la ETP se realizó el cálculo del balance explicado en la siguiente tabla, en donde la capacidad de campo estimada para todo el bosque fue de 25mm.

Tabla 3: Balance hídrico Microcuenca Huayrapungu

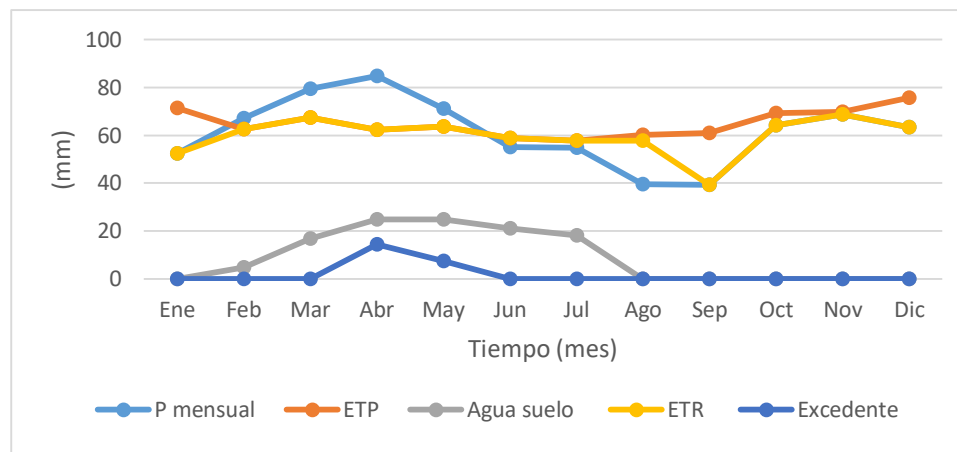
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
P mensual	52,33	67,2	79,48	84,83	71,17	54,98	54,72	39,47	39,2	64,14	68,86	63,27	739,65
ETP	71,40	62,47	67,30	62,29	63,78	58,75	57,70	60,09	61,01	69,37	69,92	75,69	779,77
P - ETP	-19,07	4,73	12,18	22,54	7,39	-3,77	-2,98	-20,62	-21,81	-5,23	-1,06	-12,42	-40,12
Agua suelo	0	4,73	16,91	25	25	21,23	18,25	0	0	0	0	0	11,12
ETR	52,33	62,47	67,30	62,29	63,78	58,75	57,70	57,72	39,2	64,14	68,86	63,27	717,81
Excedente	0	0	0	14,44	7,39	0	0	0	0	0	0	0	21,83

Elaborado: Autor

Los resultados de la tabla 3 se distinguen mejor en la gráfica 1 donde se es muy notable ver los meses donde las precipitaciones son menores que los requisitos de ETP, observando los meses de agosto, septiembre, diciembre y enero como períodos de tiempo en donde la cantidad de precipitación y las reservas de agua en el suelo están agotadas para poder compensar este déficit. Todo lo contrario ocurre en los meses de febrero hasta mayo donde las precipitaciones son muy altas inclusive para poder llenar las reservas de agua en el suelo para meses en donde se equipará el

balance y precisamente es en los meses de abril y mayo donde se producen los excedentes que generaran escorrentía en la microcuenca.

Gráfica 1: Representación del balance microcuenca Huayrapungu



Elaborado: Autor

A continuación, presentamos los resultados para el caso de la microcuenca Quillosisa.

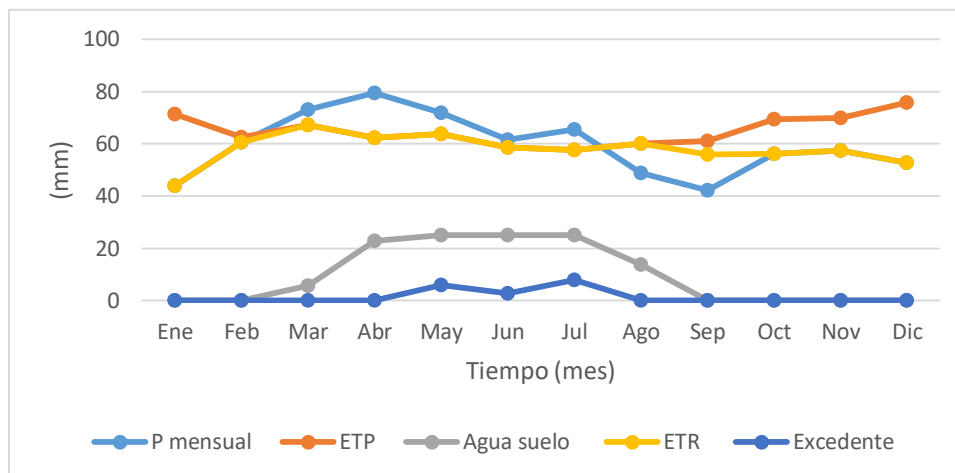
Tabla 4: Balance hídrico Microcuenca Quillosisa

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
P mensual	44,05	60,5	72,97	79,38	71,94	61,53	65,57	48,82	42,13	56,17	57,29	52,71	713,06
ETP	71,4	62,47	67,3	62,29	63,78	58,75	57,7	60,09	61,01	69,37	69,92	75,69	779,77
P - ETP	-27,4	-1,97	5,67	17,09	8,16	2,78	7,87	-11,3	-18,9	-13,2	-12,6	-23	-66,71
Agua suelo	0	0	5,67	22,75	25	25	25	13,73	0	0	0	0	117,15
ETR	44,05	60,5	67,3	62,29	63,78	58,75	57,7	60,09	55,86	56,17	57,29	52,71	696,49
Excedente	0	0	0	0	5,91	2,78	7,87	0	0	0	0	0	16,56

Elaborado: Autor

Los resultados obtenidos para la microcuenca Quillosisa nos hablan de una tendencia en cuanto a los meses con mayor precipitación y de los meses donde existen déficits. En la gráfica 2 es muy claro interpretar que septiembre es un mes donde las precipitaciones son bajas y las reservas de agua empiezan a usarse inclusive desde agosto y agotándose en el mes posterior todo esto debido a que la demanda de ETP empieza a aumentar. Por otro lado, los meses favorables donde los requerimientos de ETP son sobrepasados por la precipitación son los meses de marzo, abril, mayo e inclusive junio y julio con valores no tan elevados llegando a tener excedentes importantes en los meses de mayo, junio y julio.

Gráfica 2: Representación de la ETP, Agua en suelo y precipitación para Quillosisa



Elaborado: Autor

Mediante el uso de los SIG se alcanzaron valores estimados del balance hídrico para las microcuencas de estudio, encontrando diferencias, esto debido a los métodos de interpolación y al análisis geo estadístico procesado en el ArcGIS, mientras que para el balance hídrico empírico se utilizó la estación más cercana basada el modelo del polígono de Thiessen.

A continuación, en la tabla 5 se muestran los resultados entre ambas metodologías aplicadas, siendo el valor negativo un déficit en ese período de tiempo para la microcuenca y el valor positivo un superávit de agua en la zona. El producto de esta metodología aplicada esta adjuntada en la sección de anexos como mapas reproducidos a nivel mensual y anual para cada microcuenca.

Tabla 5: Comparación de los métodos del balance hídrico desarrollados

	Quillosisa	Quillosisa (SIG)	Huayrapungu	Huayrapungu (SIG)
Enero	-27,35	-7,5	-19,07	-8
Febrero	-1,97	15,5	4,73	17,5
Marzo	5,67	27,5	12,18	29
Abril	17,09	37,5	22,54	37
Mayo	8,16	13,5	7,39	17
Junio	2,78	-2	-3,77	-4
Julio	7,87	-4	-2,98	-8,5
Agosto	-11,27	-20,5	-20,62	-23
Septiembre	-18,88	-17,5	-21,81	-17,5
Octubre	-13,2	10,5	-5,23	14
Noviembre	-12,63	12	-1,06	14,5
Diciembre	-22,98	5	-12,42	7,5

Elaborado: Autor

4. CONCLUSIONES

Las cuatro estaciones meteorológicas seleccionadas para tomar los registros históricos de 32 años de datos brindaron una buena fuente de información referente a la precipitación y temperatura de la zona. A pesar de aquello la corrección y el relleno de datos faltantes a través de método de correlación estadística y el análisis por medio de la curva de doble masa brindo una confiabilidad de datos para posteriormente realizar el cálculo del balance hídrico.

Las horas de luz solar necesarias para el cálculo del balance hídrico mediante Thornthwaite fueron estimadas a través del software ArcGis, los datos obtenidos para los días 15 de cada mes del año al momento de ser comparados con tablas teóricas presentaron similar comportamiento.

La estimación del balance hídrico para la microcuenca Huayrapungu se determinó que existe un superávit de agua para los meses de febrero hasta mayo siendo la precipitación mayor a las necesidades de ETP e incluso sobrepasando los niveles máximos de capacidad de campo generando de esta forma excedentes en el mes de abril de 14,44 mm y en el mes de mayo de 7,39 mm. Por su parte en esta misma microcuenca se puede apreciar al mes de septiembre como el mes más seco del año teniendo importantes déficits para el balance, los cuales no logran ser compensados por las reservas de agua en el suelo las mismas que empiezan a ser utilizadas a partir del mes de junio hasta agosto.

En tanto que para la microcuenca Quillosa se presentan meses favorables a partir del mes de marzo y se extiende hasta el mes de julio en donde las precipitaciones satisfacen las demandas de ETP y generándose excedentes para los meses de mayo 5,91 mm, junio 2,78 mm y julio 7,87 mm. Por otra parte se puede apreciar al igual que en la microcuenca Huayrapungu que el mes de septiembre es un mes seco de escasas precipitaciones al igual que diciembre, este período de estiaje resulta ser bien marcado desde septiembre hasta febrero.

5. Bibliografía

- Aparicio, F.J. (2015). Fundamentos de hidrología de superficie. D.F, México: LIMUSA, Noriega Editores.
- Barrera, L. (2015). Producción del documental de divulgación científica del Bosque Aguarongo. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.
- Bercián, K, Palomo, K. (2004). Revisión de metodologías para extensión y relleno de datos En Series Históricas , y su aplicación para rios de El Salvador (tesis de pregrado). Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Bezzi, M., Vitti A. (2005) A comparison of some kriging interpolation methods for the production of solar radiation maps. University of Trento - Italia.
- Carchi, E. (2015). Elaboración De Un Balance Hídrico De La Cuenca Del Río Machangara. El Escorial, 91.
- Delgado, O. (2015). Generación de información temática a partir de ortofotografía, como insumo para actualizar los planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. IERSE 30, Universidad del Azuay.
- Halliday, A. (s.f). Proyecto El Bosque de Aguarongo. Cuenca-Ecuador: Fundación Ecológica Mazan.
- Iñiguez, V., Buytaert, W. (s.f.). Hidrología del páramo. Importancia, propiedades y vulnerabilidad.
- Lomas, M. (2016). Generación del plan de manejo ambiental del Bosque Protector Aguarongo a partir de la evaluación de impacto ambiental (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.
- López, A., Delgado, K. (2009). Modelación hidrológica de la subcuenca lempa alto en cooperación con la comisión trinacional del plan trifino (El Salvador, Honduras, Guatemala).
- Lozada, G. (1985). Balance Hidrico De La Cuenca Del Lago Titicaca.
- Minga, N. (2002). "Plan de manejo del bosque protector de Aguarongo y su área de influencia". Cuenca-Ecuador: SE.
- Mijares, A., Lafragua, J., Gutiérrez, A., Mejía, R., Aguilar Gar, E. (2006). Evaluación

de los recursos hídricos Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas.

Montaner, M. Sánchez, E. (1998). Aproximación, por el método de Thornthwaite al cálculo de infiltración de lluvia útil. Pags. 223-235.

Nicola, G. (1996). Pequeños sistemas de agua potable. Universidad del Azuay.

Pérez, D. (2016). Comparación de métodos de interpolación geoestadísticos con y sin variables auxiliares para la precipitación anual (2003-2008) en Ecuador.

Pizarro, R., Ausensi P. (s.f.). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones pluviográficas de la VII región del Maule, Chile.

Prado, K. (2015). Ordenación territorial de áreas protegidas: Aplicación al área de influencia del bosque y vegetación protectora-ABVP Aguarongo.

Rosales, E. (2012). Metodología y estimación del balance hídrico de la cuenca del Usumacinta. Desarrollo de redes para la gestión territorial del corredor biológico mesoamericano, México D.F.

Rosell, P., García, B. (2008). Comportamiento hidrológico de la cuenca alta del arroyo Pigué (Buenos Aires, Argentina): Balance hídrico (1964-2007). Investigaciones geográficas, n° 47 pp. 159-174. Universidad de Alicante.

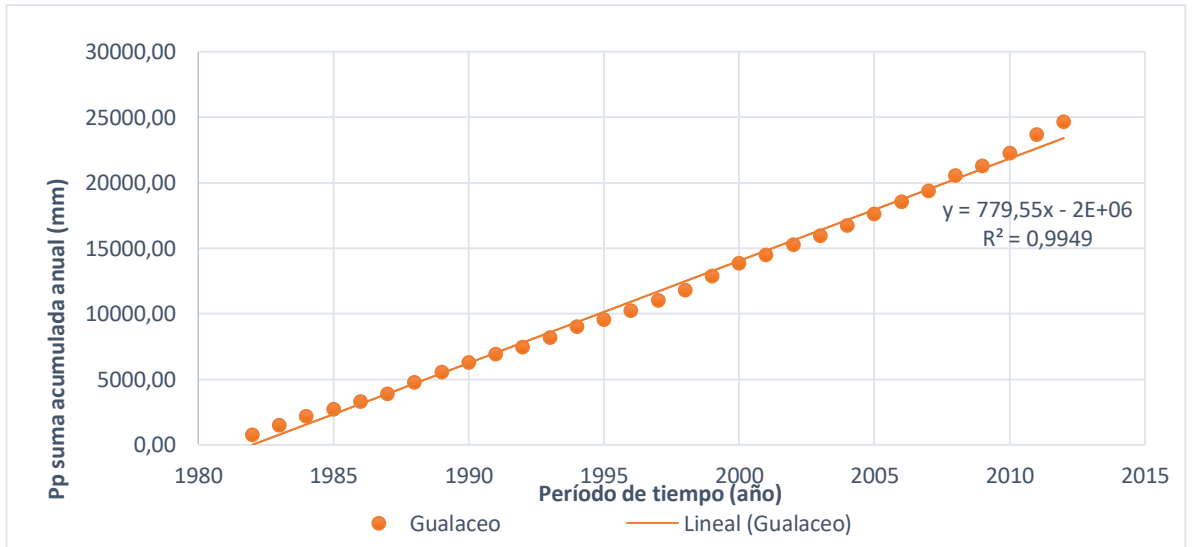
Sáez, M. (2016) Determinación de la evapotranspiración mediante imágenes aéreas en bandas del espectro visible e infrarrojo cercano para cultivos de papa.

Sokolov, A. Métodos de cálculo del balance hídrico, guía internacional de investigación y métodos. Instituto de hidrología de España (UNESCO).

Villacrés, C. (2010). Estudio de evaluación de la red hidrometeorológica en la región nororiental del Ecuador y propuesta de su optimización como parte de la red hidrometeorológica básica del Ecuador. Escuela politécnica Nacional.

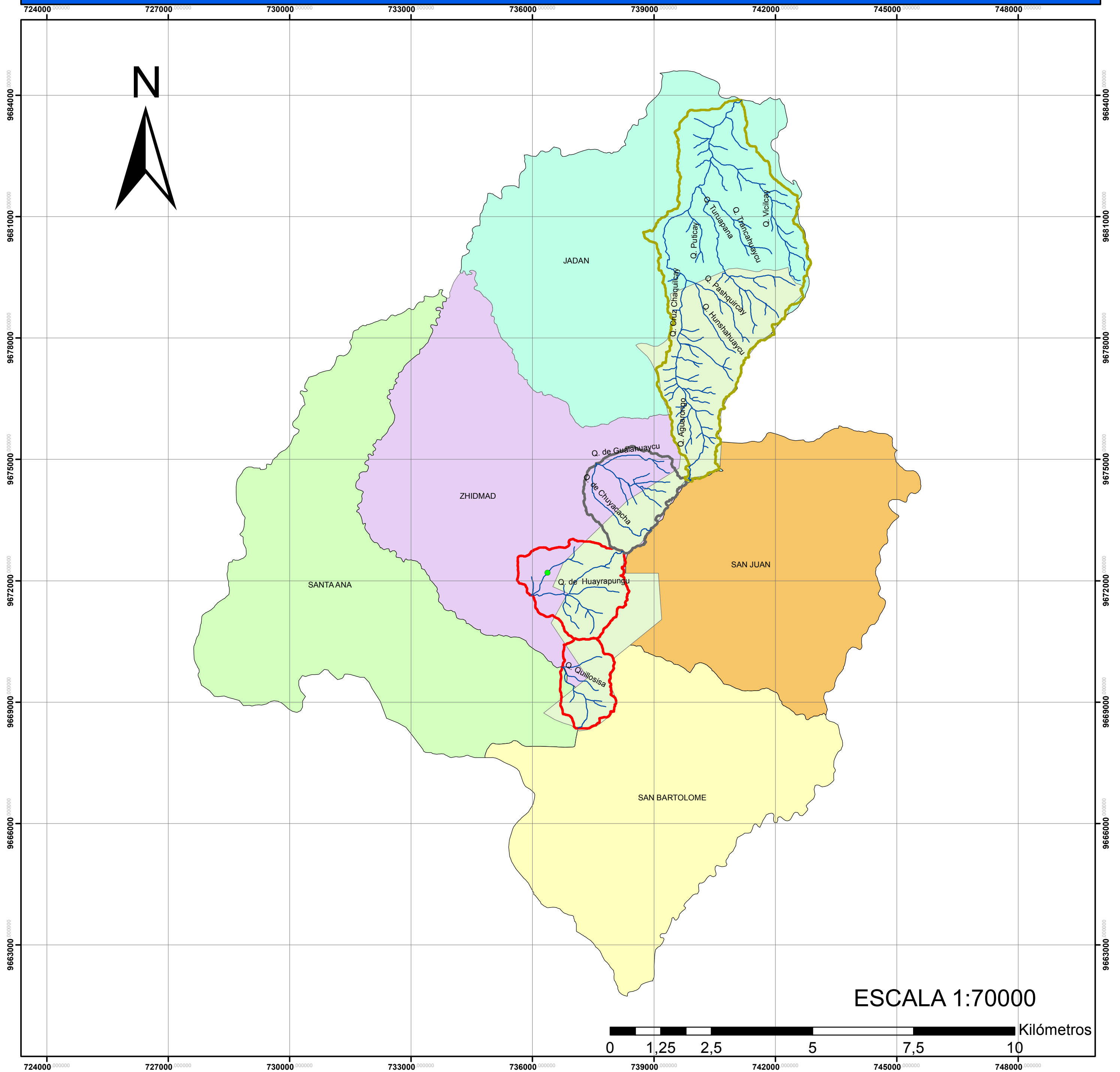
6. Anexos

Gráfica 3: Estación Gualaceo-Análisis de Doble Masa



Elaborado: Autor

DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO



Leyenda

- Bosque Aguarongo
- Santa_Ana
- Zhidmad
- Jadán
- San_bartolomé
- San_Juan
- Microcuenca1
- Microcuenca2
- Microcuenca3
- Microcuenca4
- ríos
- Toma de Caudales

Zona de estudio	Área_ha	Investigación
Microcuenca 1	2092	-
Microcuenca 2	475	-
Microcuenca 3	421	Caudales y Balance H.
Microcuenca 4	242	Balance hídrico
Área Total	3230	
Área microcuencas 3 y 4	663	

Nombre de microcuencas por quebrada principal:	
Microcuenca 1	Chaquilcay
Microcuenca 2	Chuyacacha
Microcuenca 3	Huayrapungu
Microcuenca 4	Quillosisa



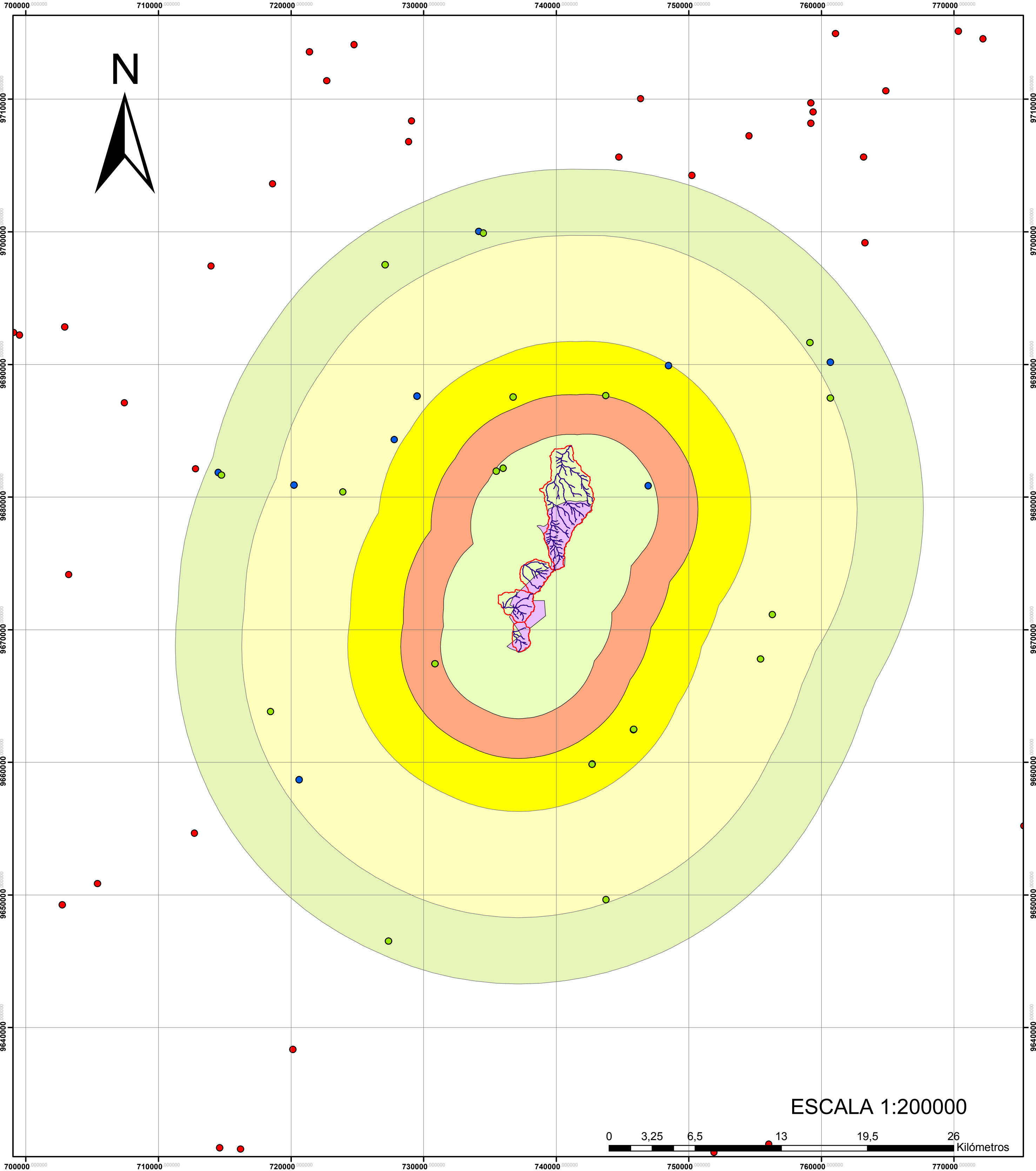
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

“ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO”.

MAPA: DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO

FUENTE:	SNI.	IGM.	SISTEMA DE COORDENADAS:	WGS_1984_UTM_Zone_17S	TUTORA:	MSC. PAOLA DUQUE
ELABORADO POR:	YULIO LOOR BARREZUETA	PROYECCIÓN:	Transverse_Mercator	ESCALA:	1:70000	

MAPA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS AL BVPA



Leyenda

- Estaciones_inactivas
- Estaciones_activas
- Estaciones_fuera_rango
- Microcuencas
- Bosque Aguarongo
- Radio_5km
- Radio_8km
- Radio_12km
- Radio_20km
- Radio_25km



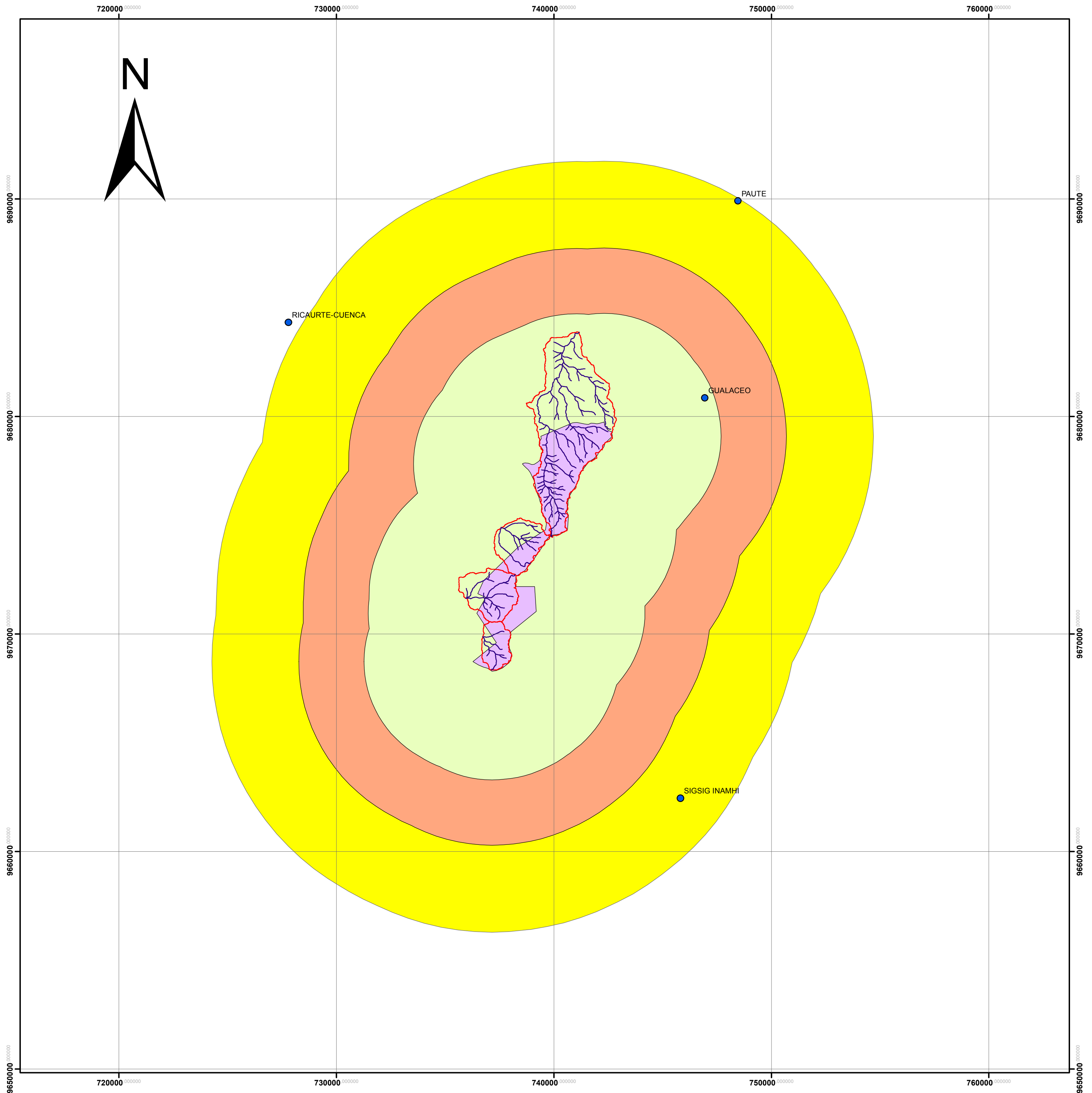
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

“ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO”.

MAPA: ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS AL BVPA

FUENTE:	SNI	INAMHI	IGM	SISTEMA DE COORDENADAS:	WGS_1984_UTM_Zone_17S	TUTORA:	MSC. PAOLA DUQUE
ELABORADO POR:	YULIO LOOR BARREZUETA			PROYECCIÓN:	Transverse_Mercator	ESCALA:	1:200000

MAPA DE ESTACIONES DE INTERÉS



Código	Estación	Tipo	Estado	Cantón	Datos a usar	latitud	longitud	Distancia aprox al BVPA
M0138	PAUTE	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Activa	PAUTE	Precipitación y Temperatura	-2,8	-78,762778	13 Km
M0139	GUALACEO	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Activa	GUALACEO	Precipitación y Temperatura	-2,88194	-78,776389	5 Km
M0424	SIGSIG INAMHI	PLUVIOMETRICA	Activa	SIGSIG	Precipitación	-3,04833	-78,786111	12 Km
M0426	RICAURTE-CUENCA	PLUVIOMETRICA	Activa	CUENCA	Precipitación	-2,85083	-78,948611	14,5 Km

ESCALA 1:125000



Leyenda

- Est_Gualaceo
- Est_Paute
- Est_Ricaurte
- Est_Sigsig
- ▭ Microcuencas
- ▭ Bosque Aguarongo
- ▭ Radio_5km
- ▭ Radio_8km
- ▭ Radio_12km



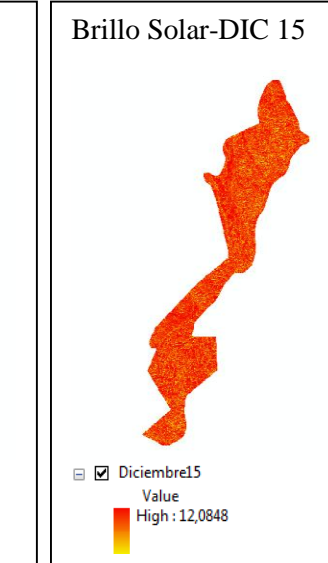
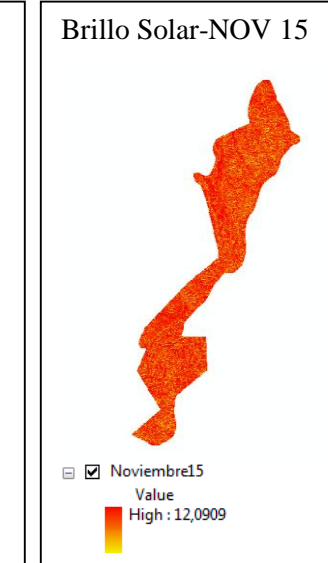
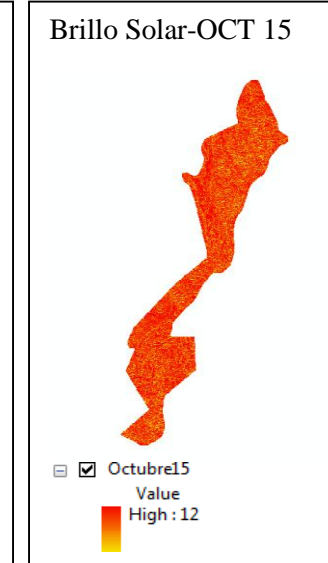
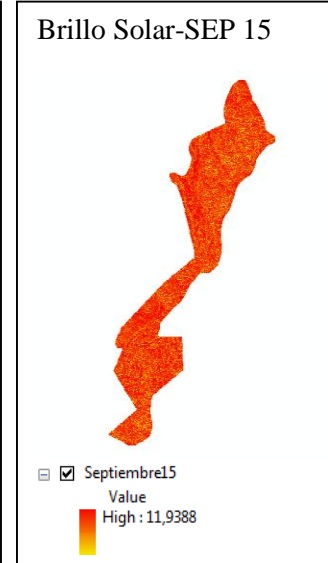
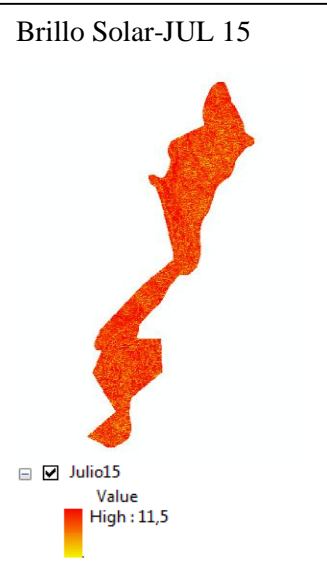
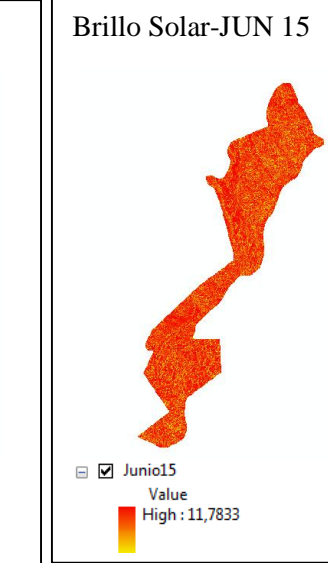
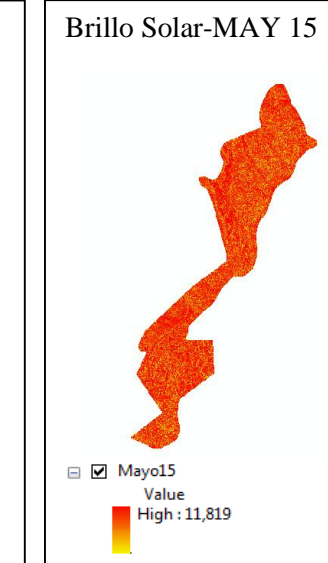
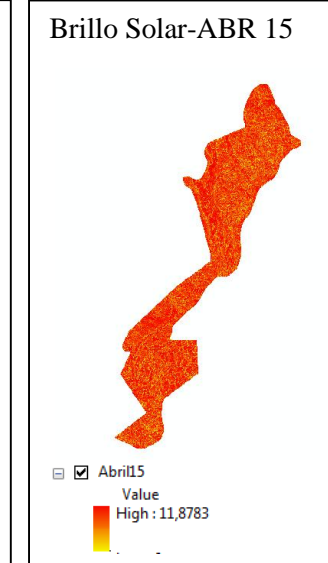
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

“ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO”.

MAPA: ESTACIONES DE INTERÉS

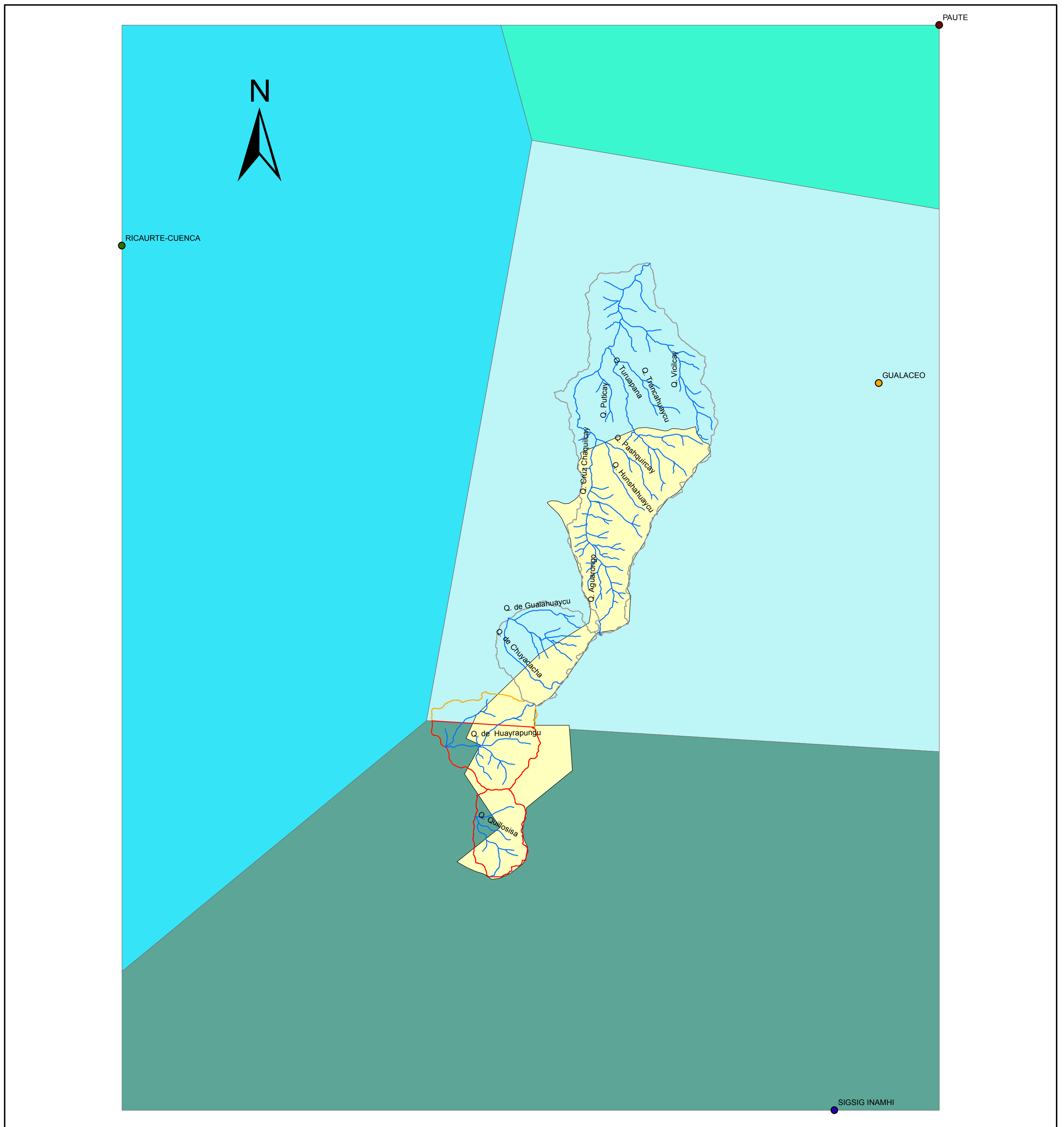
FUENTE:	SNI.	INAMHI.	IGM.	SISTEMA DE COORDENADAS:	WGS_1984_UTM_Zone_17S	TUTORA:	MSC. PAOLA DUQUE
ELABORADO POR:	YULIO LOOR BARREZUETA			PROYECCIÓN:	Transverse_Mercator	ESCALA:	1:125000

MAPA DE HORAS DE RADIACIÓN SOLAR PARA EL BVPA (HELIOFANÍA)



ELABORADO POR: LOOR YULIO

POLÍGONO DE THIESSEN



Leyenda

Thiessen

<all other values>

pp

59,63

63,49

66,2

78,81

Bosque Aguarongo

Huayrapungu_sigsig

Huayrapungu_Gualaceo

Quillosa

Bosque Aguarongo

Chuyacacha

Chaquilcay

Est_Gualaceo

Est_Paute

Est_Ricaurte

Est_Sigsig

rios

0 1 2 4 6 8 Kilómetros

ESCALA 1:70000



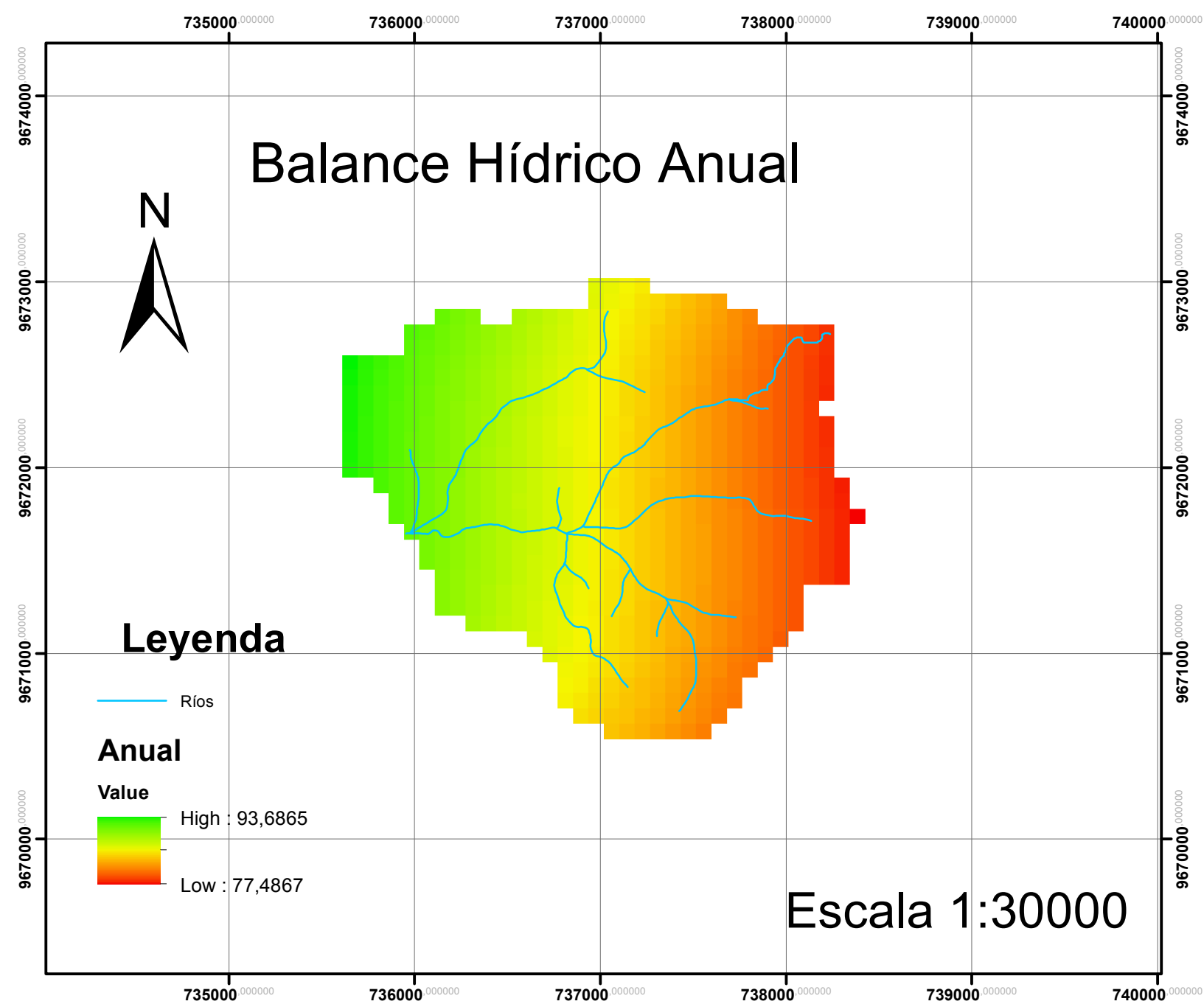
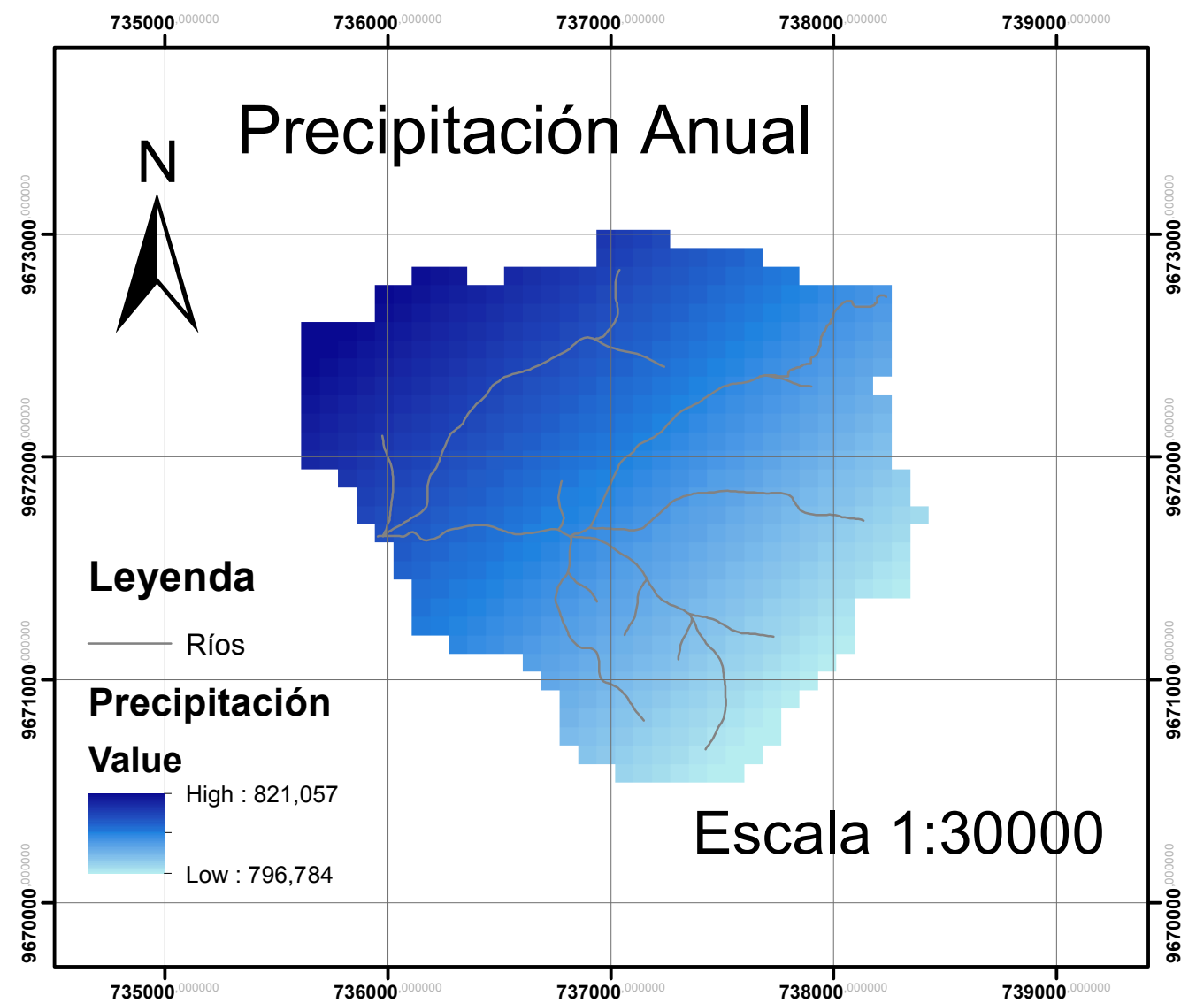
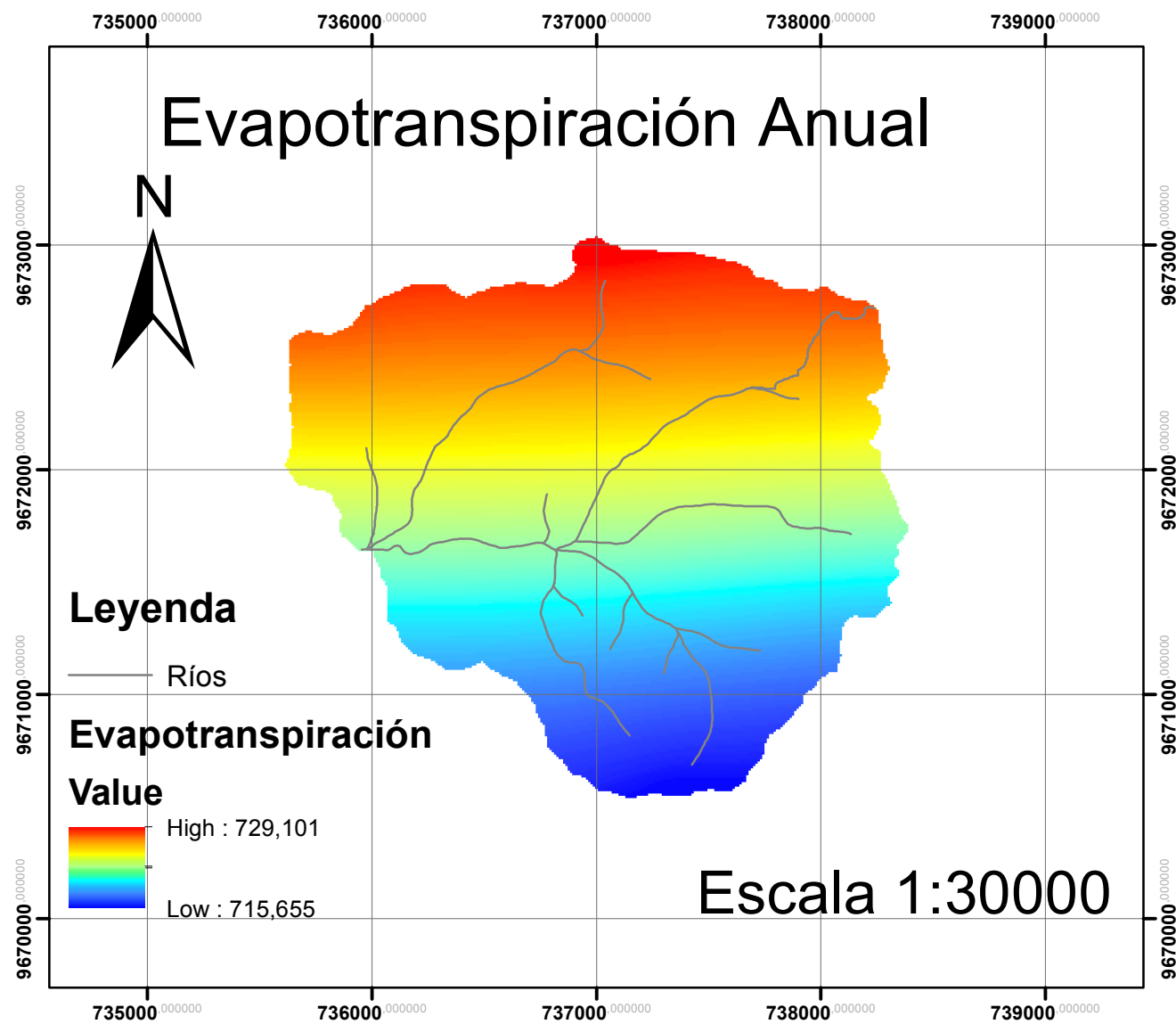
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

"ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO".

MAPA: POLÍGONO DE THIESSEN

FUENTE:	SNI.	IGM.	SISTEMA DE COORDENADAS:	WGS_1984_UTM_Zone_17S	TUTORA:	MSC. PAOLA DUQUE
ELABORADO POR:	YULIO LOOR BARREZUETA	PROYECCIÓN:	Transverse_Mercator	ESCALA:	1:70000	

BALANCE HÍDRICO ANUAL HUAYRAPUNGU



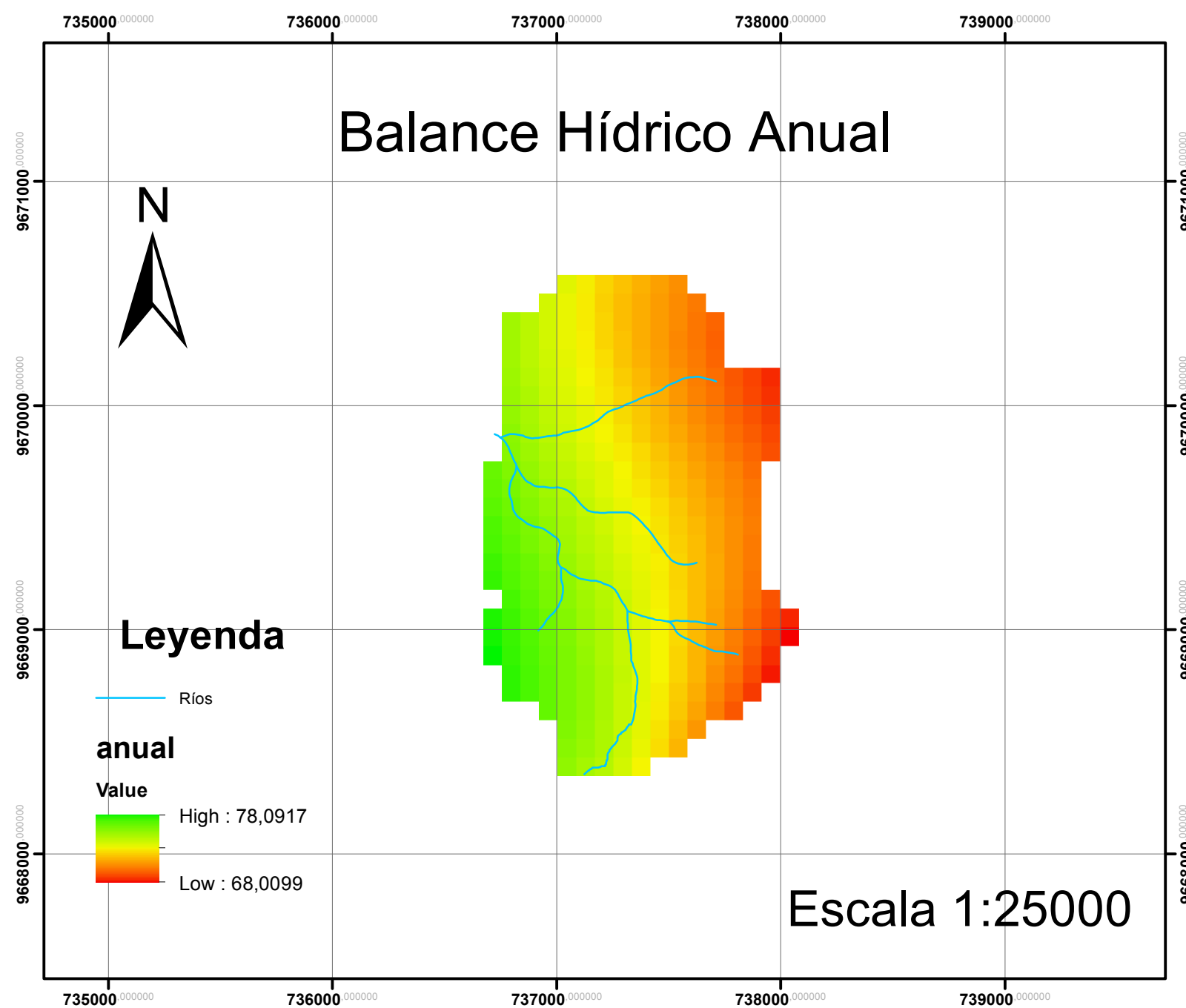
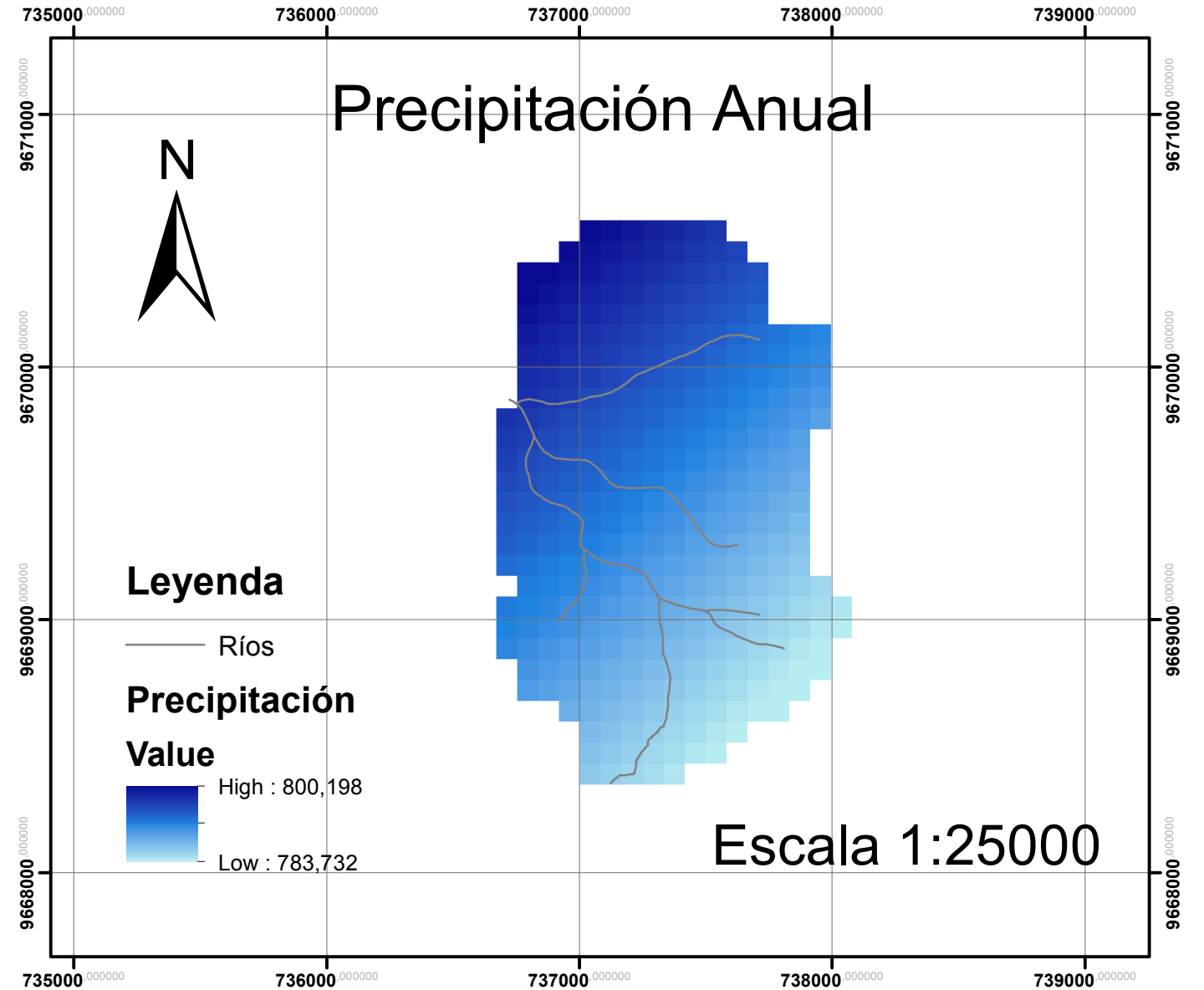
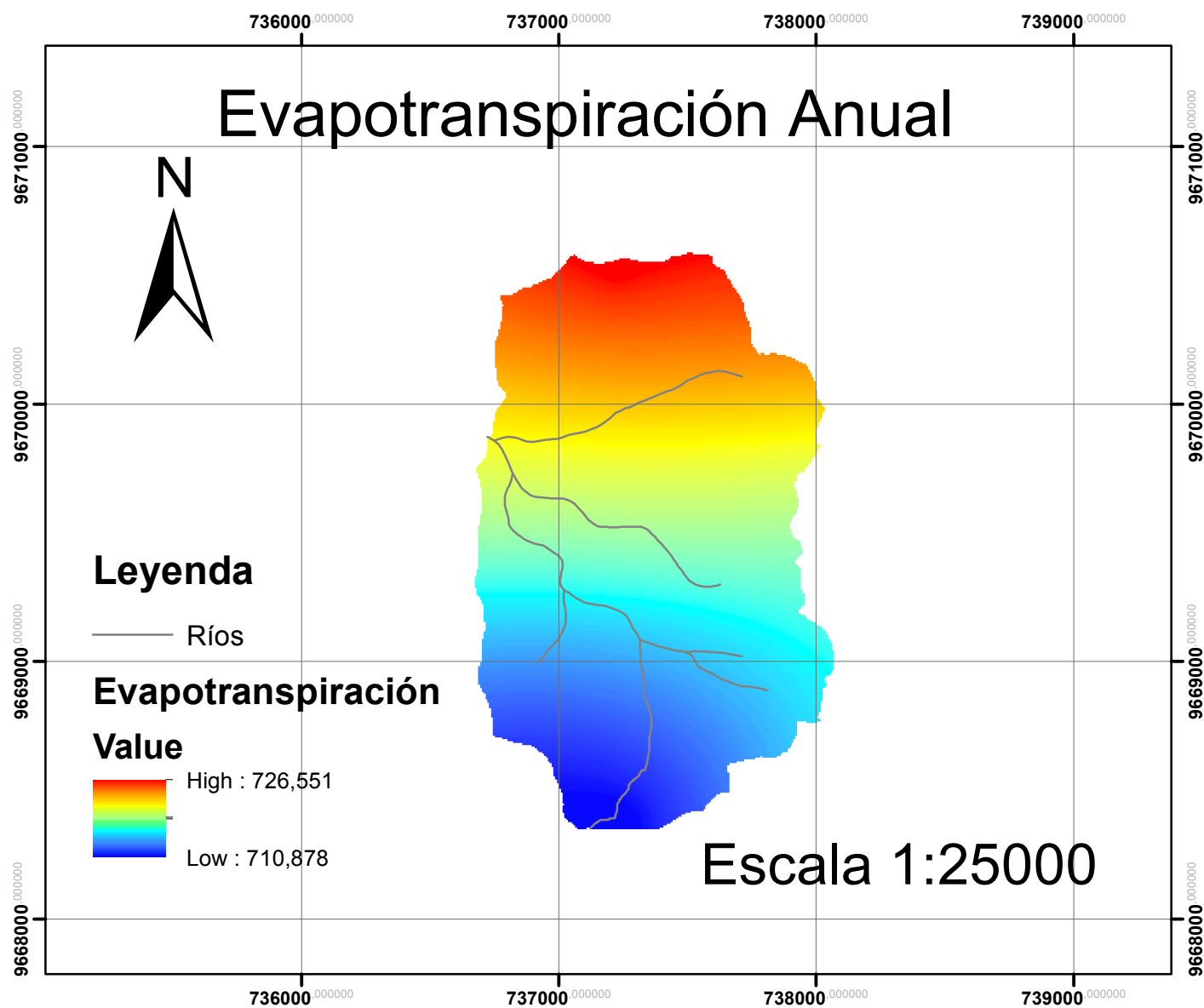
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA


“ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO”.

MAPA: BALANCE HÍDRICO ANUAL HUAYRAPUNGU

FUENTE:	SNI.	IGM.	SISTEMA DE COORDENADAS:	WGS_1984_UTM_Zone_17S	TUTORA:	MSC. PAOLA DUQUE
ELABORADO POR:	YULIO LOOR BARREZUETA		PROYECCIÓN:	Transverse_Mercator	ESCALA:	1:30000

BALANCE HÍDRICO ANUAL QUILLOSISA



		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			
“ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECTOR SAN JUAN Y SAN BARTOLOMÉ EN EL ÁREA DE INTERCEPTACIÓN CON EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTOR AGUARONGO”.					
MAPA: BALANCE HÍDRICO ANUAL QUILLOSISA					
FUENTE:	SNI.	IGM.	SISTEMA DE COORDENADAS:	WGS_1984_UTM_Zone_17S	TUTORA: MSC. PAOLA DUQUE
ELABORADO POR:	YULIO LOOR BARREZUETA		PROYECCIÓN:	Transverse_Mercator	ESCALA: 1:25000