



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUB-CUENCA
SAN FRANCISCO, EN EL PUNTO DE CONTROL PRESA
SAN FRANCISCO – MATAGALPA**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Luis Nelson Zeledón Siles

Br. Jaime Francisco Suárez Granados

Tutor

M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Octubre 2016

DEDICATORIA

A mi madre Martha Siles, quien desde niño me ha inculcado de buenos valores morales, gracias por tu incondicional amor y apoyarme siempre en mis estudios, gracias madre porque hoy gracias a ti seré un nuevo profesional que desea servir con amor y pasión para el desarrollo de nuestro bello país.

A mi hermana Janira Zeledón Siles por animarme siempre a seguir adelante y no rendirme aún en las dificultades de mi vida.

A mi familia Siles, a mis tíos, primos, gracias porque siempre han estado pendiente de mis avances, ustedes han contribuido de una manera especial para alcanzar esta meta.

A mis amigos por siempre apoyarme en esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

*Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres;
Sabido que del Señor recibiréis la recompensa de la herencia,
porque a Cristo el Señor servís (Colosenses 3:23,24)*

A Dios por darme la vida y las fuerzas necesarias para lograr una de las metas más anheladas en mi vida.

A mi padre Jaime Samuel Suárez y mi madre Aura L. Granados por darme ese gran apoyo incondicional en todos estos años de estudios y por siempre estar a mi lado en los momentos más difíciles. Gracias por su infinito amor y comprensión.

A mi hermana Dina Suárez por ser parte vital en mis estudios, apoyándome en todo momento y dándome ánimo para seguir adelante en mi carrera.

A mis tíos y amigos los cuales Dios los colocó en mi camino para que contribuyeran a alcanzar esta meta importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios Nuestro creador por habernos dado la vida, la fortaleza y sabiduría necesaria para lograr esta meta en nuestras vidas.

A nuestros padres por el apoyo incondicional, quienes desde niños han sido fuente de inspiración en la vida para cumplir este sueño.

A nuestro Tutor, M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González, por su apoyo incondicional durante el proceso de nuestra Monografía.

A las autoridades de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL – Matagalpa), por brindarnos la oportunidad de desarrollar este estudio de gran interés para la población.

A nuestros hermanos por ser grandes amigos y porque siempre nos hemos apoyado de manera incondicional.

A nuestras familias quienes con apoyo moral nos han impulsado para continuar nuestros estudios hasta alcanzar esta meta.

A todos nuestros amigos quienes de una u otra forma nos apoyaron y por tanto son parte de este logro alcanzado.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	8
2. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EN ESTUDIO	9
2.1 Macro localización.....	9
2.2 Micro localización	10
2.3. Población.....	12
2.4. Actividades económicas del municipio	15
2.5. Características climáticas.....	16
2.6. Uso del suelo en la Sub-cuenca.....	17
2.7 Relieve y vegetación de la Sub-cuenca	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3.1. Desabastecimiento de agua potable en el municipio de Matagalpa	19
3.2. Problemática ambiental.....	20
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2. HIDROLOGÍA.....	23
CAPÍTULO III	65
DISEÑO METODOLOGICO	65
3. DISEÑO METODOLOGICO.....	66
3.1- Recopilación y análisis de información de datos.....	66
3.2- Estudio de las características físicas de la cuenca	66
3.3 - Construcción curva hipsométrica	67
3.4 - Trabajos de gabinete	67
3.5 - Cálculo del balance hídrico superficial hasta la estación de aforo	68
3.6 - Elaboración de documento.....	68
CAPÍTULO IV	69

CÁLCULOS Y RESULTADOS	69
4.1. Características físicas de la cuenca	70
a) Coeficiente de forma	70
b) Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius.....	70
c) Rectángulo equivalente	70
d) Relación de Elongación	72
e) Densidad de drenaje	72
f) Elevación media de la Cuenca.....	73
g) Pendiente media del cauce principal ó pendiente del río	74
h) Índice de pendiente.....	74
i) Tiempo de concentración	74
j) Curvas características de la Sub-Cuenca	75
4.2. Balance hídrico superficial	76
4.2.1. Relleno de datos faltantes	76
4.3. Análisis de la consistencia curva doble masa	79
4.4. Precipitación media anual por el método de Thiessen, Isoyetas y método de la media aritmética.	82
4.5. Cálculo de evapotranspiración real	82
4.6. Cálculo de evapotranspiración potencial.....	82
4.7. Cálculo del balance hídrico superficial en la sub-cuenca San Francisco .	82
4.8. Calculo de caudales mediante aforos (Método del Molinete).....	83
4.8.1. Especificaciones técnicas del equipo	85
4.8.2. Método para recopilación de datos en aforo	86
4.9. Estimación de Caudales mediante ArcGis 10	87
4.9.1. Calculando caudales medios en ArcGis.....	89
CAPÍTULO V.....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1 CONCLUSIONES.....	95
5.2 RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	99

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En este documento se reflejan los conceptos básicos y métodos de cálculos involucrados en lo que corresponde a un balance hídrico superficial de la Sub-cuenca San Francisco para una obra Hidráulica (Bocatoma), llamada ésta con el mismo nombre de la Sub-cuenca. Esta obra Hidráulica se encuentra localizada en el municipio de Matagalpa, departamento de Matagalpa-Nicaragua.

El objetivo principal es aportar los resultados obtenidos a la EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS (ENACAL) del municipio de Matagalpa.

En la actualidad los sistemas de abastecimiento de agua potable en el municipio de Matagalpa se encuentran en estado de deterioro, es por ello que ENACAL, junto con organizaciones no gubernamentales se encuentran interesados en la obra hidráulica San Francisco para ponerla en marcha nuevamente como fuente de abastecimiento de agua potable a la población Matagalpina, ya que las únicas fuentes abastecedoras (Molino Norte, Aranjuez y Sébaco), no logran satisfacer la demanda actual de la población.

Hoy en día la presa San Francisco se encuentra deshabilitada. Durante los últimos años no se le ha brindado mantenimiento, cabe mencionar que debido a los fenómenos naturales como el huracán Mitch, esta quedó deshabilitada por la acumulación de sedimentos que arrastraron las fuertes corrientes del río.

Actualmente, la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario ENACAL, requiere dentro de los estudios fundamentales un Balance Hídrico superficial de la Sub-cuenca, con el objetivo de conocer qué caudal llega a ese punto de control en la actualidad. Se pretende que estos estudios arrojen datos importantes con los cuales se podrán tomar decisiones de interés para la reactivación de esta Bocatoma como fuente abastecedora del municipio de Matagalpa.

1.2 ANTECEDENTES

Hidrográficamente Nicaragua está dividida en 21 cuencas distribuidas en dos grandes vertientes hidrográficas: La vertiente del Pacífico (de 12,183.57 km²) y la del océano Atlántico (117,420.23 km²). Hacia el Atlántico drenan 51 ríos, 4 descargan al Lago Xolotlán y 12 al Lago Cocibolca mismos que posteriormente drenan a través del río San Juan hacia el Océano Atlántico.

Las cuencas del Pacífico son más pequeñas con ríos más cortos en longitud. Hacia el Océano Pacífico desaguan directamente 12 ríos. Además de los dos grandes lagos, el país cuenta con 18 lagunas, 9 en la Región Pacífica, 5 en la Región Central y 4 en la Región Atlántica. También existen 4 embalses: 3 destinados para fines hidroeléctricos y 1 para riego y piscicultura.

Los abundantes recursos de agua superficial son estacionales y su distribución es desigual. El 93% se encuentra en la zona del Atlántico y sólo un 7% en el Pacífico. Se distinguen cuatro acuíferos principales en el pacífico y 21 en el atlántico, incluida las planicies bajas de los ríos (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales - INETER).

Oficialmente no se dispone de datos sobre estimaciones del escurrimiento total, recarga de aguas subterráneas y producción hídrica para todo el país. Los estudios que existen se concentran en la situación de algunas sub-cuencas y microcuencas ubicadas en las vertientes del Pacífico.

Durante la elaboración de los Planes Hidrológico Indicativo Nacional y Anual de Disponibilidad de Agua (PHIPDA, 2003), se efectuó un balance hídrico para la vertiente del Pacífico resultado un escurrimiento de 8,830.10 mm³/año (280 m³/s) y una recarga de aguas subterráneas de 3,150.16 mm³/año (99,8 m³/s). La vertiente del Atlántico no fue estudiada, con excepción de la cuenca 69, donde se estimó un escurrimiento de 9,644.36 mm³/año (305,82 m³/s) y una recarga de agua subterránea de 1,375.63 mm³/año (43,62 m³/s).

De las cuencas que drenan al Océano Pacífico, la No. 64 (Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo), es la de mayor productividad hídrica, con una baja cobertura boscosa y presencia de áreas protegidas. En general, las cuencas de la vertiente del Pacífico se encuentran muy intervenidas, lo que refleja en una cobertura boscosa reducida, siendo la cuenca 72 (Entre Río Brito y Río Sapoá) la que posee mayor cobertura boscosa (44,6%) y la cuenca 66 (Río Tamarindo) con menor ya que solamente posee 7,8 % .

No se dispone de datos suficientes para efectuar un análisis comparativo entre los resultados de distintos balances hídricos ya que como se ha mencionado anteriormente, la vertiente del Pacífico ha sido más estudiada, por motivos de suministro de agua en la zona con más densidad de población. ¹

¹ fao_nic_recursohídricos_cepai

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso natural que debe estar protegido y administrado de forma responsable. Su acceso permanente y continuo es un derecho intrínseco vinculado a la vida. El proveer su suministro para el consumo de las personas representa una máxima prioridad Nacional.²

La planificación hídrica y otros instrumentos de planificación, considerada también como instrumento de gestión, son de carácter obligatorio por ser fundamental para la más eficaz, productiva y racional gestión del agua, la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. Este deberá precisar los objetivos nacionales, regionales y locales de la Política Nacional de Recursos Hídricos, las prioridades para el uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, así como la conservación de su cantidad y calidad, los responsables de su ejecución, el origen y destino de los recursos requeridos.³

En la parte norte de la región Central, municipios como Palacagüina, Pueblo Nuevo, Somoto, Yalagüina, Totogalpa, Ocotol, San Juan de Limay, Estelí y Matagalpa, tienen índices altos de escasez de agua por localizarse en la zona más seca del país.

En la región del Pacífico, los municipios que presentan problemas de escasez de agua son León, Chinandega, Managua, Nindirí, Ticuantepe, La Concepción, San Marcos, Granada, Masaya, El Rosario, La Paz de Carazo y Niquinohomo.

Estos municipios tienen el nivel más alto de sensibilidad a problemas de escasez de agua, principalmente por la densidad poblacional y los niveles reducidos de precipitación, sumado al deficiente servicio de agua potable.

² Ley del Agua Cap. 1 Arto 13, sección D.

³ Ley del Agua Cap. III Arto. 15

En contraste, los municipios de la región Atlántica son los que presentan menos problemas de escasez pero, a pesar de ello, la cobertura del servicio de agua potable es baja y la calidad de las aguas superficiales mala.

La variación climática ha significado la reducción en la disponibilidad de agua, por lo que a la fecha existen zonas con escasez de agua donde se encuentra en riesgo no sólo la salud de las personas, sino también la sobrevivencia de la población y otras formas de vida.

En algunas regiones de la zona seca ubicada en el Pacífico y parte norte de la región Central, existen comunidades, por ejemplo en los municipios del Cuá-Jinotega que sobreviven con volúmenes de agua muy pequeños y que además tienen que recorrer grandes distancias para conseguirlos. Ello es causa del deterioro de las condiciones socioeconómicas.⁴

En la actualidad la ciudad de Matagalpa se enfrenta a un abastecimiento de agua potable deficiente en cantidad y calidad, como resultado de la actividad agropecuaria y forestal que altera los ciclos y regímenes naturales de su reposición y gastos en las cuencas hidrográficas de los ríos Molinos Norte, San Francisco, fuentes naturales del vital líquido.

La Sub-cuenca San Francisco como fuente que abastecía parte de la ciudad de Matagalpa no se encuentra en uso, debido el arrastre de sedimentos causados por el huracán Mitch y las diferentes actividades del hombre quedando inactiva desde ese período.

⁴ fao_nic_recursohídricos_cepai

Es de suma importancia la realización de estudios que reflejen el estado actual de este cuerpo de agua entre ellos realizando un balance hídrico para determinar la duración y la magnitud a nivel macro climático de los periodos con exceso o deficiencia de agua de la Sub-cuenca en estudio y planificar su uso sostenible.

Este balance hace una evaluación cuantitativa y temporal de los recursos hídricos, que nos permitirá plantear estrategias de uso y conservación del recurso de agua. Se pretende que este estudio sirva de base para la rehabilitación del proyecto hidráulico presa San Francisco como fuente de abastecimiento de agua potable a una determinada parte de la población Matagalpina.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

- Estimar el balance Hídrico de la Sub-cuenca San Francisco en el punto de control de la Obra Hidráulica (Presa San Francisco), ubicado en el municipio de Matagalpa.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Delimitar la Sub-cuenca en estudio.
- Determinar los parámetros físicos de la Sub-cuenca.
- Calcular precipitación media anual de la Sub-cuenca aplicando los siguientes métodos: Isoyetas, Polígono de Thiesen y Aritmético.
- Estimar la Evapotranspiración media anual de la sub-cuenca
- Calcular el coeficiente de escorrentía superficial de la Sub-cuenca en estudio.
- Estimar la disponibilidad de agua en el punto de control “Presa San Francisco”, para su evaluación como cuerpo de captación.

2. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EN ESTUDIO

2.1 Macro localización

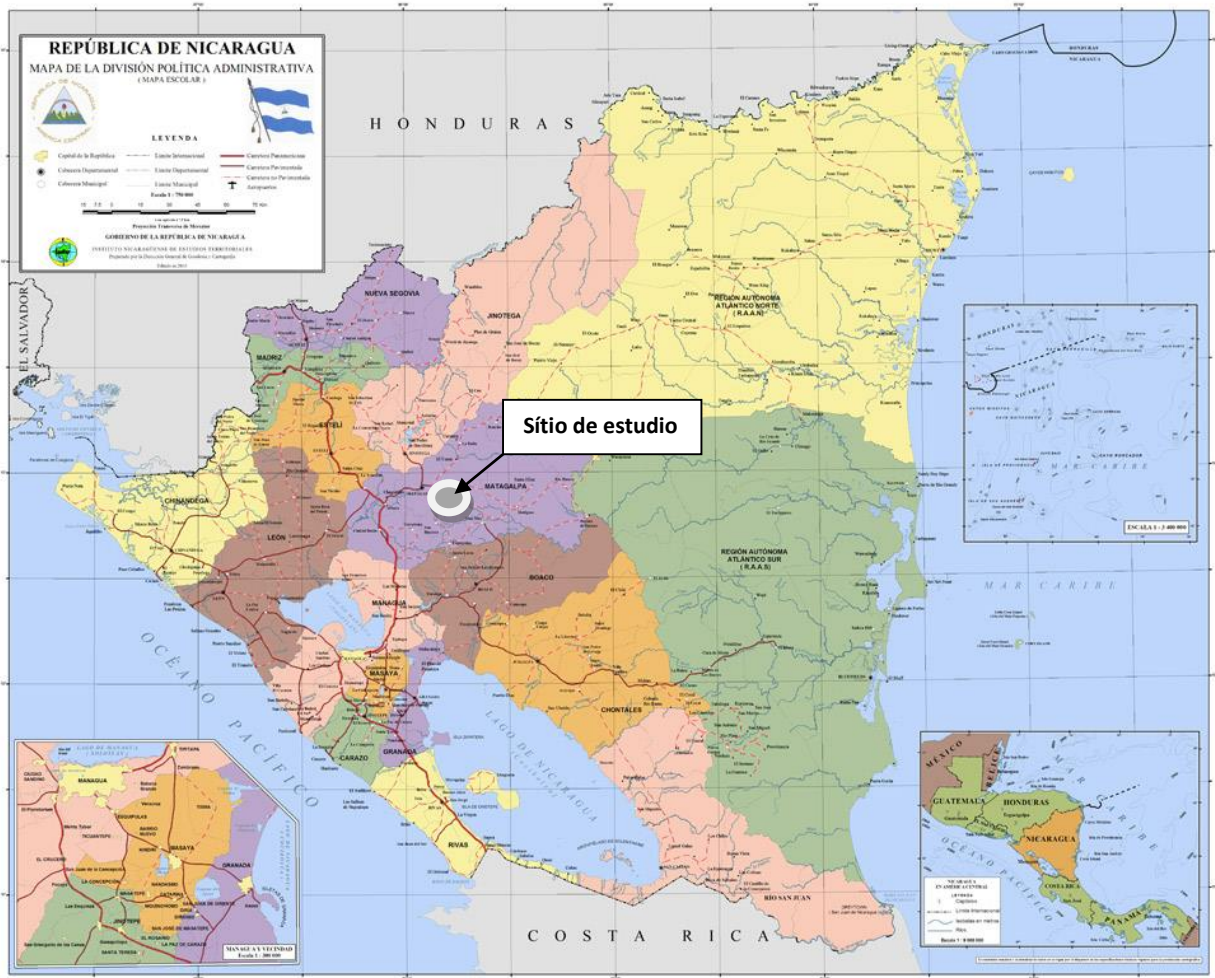
El departamento de Matagalpa se encuentra ubicado, entre los 12° 31' y 13° 20' de latitud norte, y los 84° 45' y 86° 15' de longitud oeste. Limita al norte con Jinotega, al este con las dos Regiones Autónomas, al sur con los departamentos de Managua y Boaco, al oeste con Estelí y León.

El municipio de Matagalpa se encuentra a 132 km de la capital, Managua. Está localizado dentro de la hoja cartográfica de escala 1:50.000 n° 3054-IV en las coordenadas kilométricas 1419 N y 667 E. Políticamente pertenece a la región VI. El municipio tiene una extensión territorial de 640.05 km², limita al norte con el municipio de Jinotega, al sur con Esquipulas y San Dionisio, al este con el municipio de El Tuma, San Ramón y Muy Muy, al oeste con el municipio de Sébaco.

El departamento posee una superficie de 6,803.86 km² y está dividido política y administrativamente en 13 municipios, siendo éstos los siguientes: Rancho Grande, Río Blanco, El Tuma - La Dalia, San Isidro, Sébaco, Matagalpa, San Ramón, Matiguás, Muy Muy, Esquipulas, San Dionisio, Terrabona y Ciudad Darío.

En el barrio de Guanuca, se forma el "Río Grande de Matagalpa" por la unión de los ríos Molino Norte y San Francisco. El Río Grande de Matagalpa con sus 550 km de longitud contando desde el nacimiento en Jinotega y una superficie de 17,365 km². Es el segundo río más grande del país después del Segovia (725 km). Cruza la ciudad de noreste a suroeste para desembocar en el Atlántico.⁵

⁵ Elaboración de perfiles avanzados para el mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario 13 comunidades de Matagalpa (Ing. Brenda López, Julio 2,008)



Mapa N°1 Mapa de Macro localización de la Subcuenta San Francisco.

2.2 Micro localización

La Sub-cuenca del Río San Francisco, se encuentra ubicada en la región Norte de Nicaragua, en el departamento de Matagalpa es un tributario de la cuenca del Río Grande de Matagalpa (cuenca No. 55). Posee una extensión territorial de 29.49 km², de los cuales el 96.14% del área corresponde al municipio de Matagalpa y un 3.86% corresponde al municipio de San Ramón.

Comprende las comunidades La Granja (Siares, Apantillo, Lomas de Guadalupe), El Ocote No. 1 y San Salvador (San Francisco, San José), así como diversos sectores y asentamientos ubicados en algunas haciendas como La Cuesta, Los Alpes, La Chiripa, San José, La Suiza, San Jorge, San Francisco Grande,

San Francisco Pequeño, La Carlota, entre otras. Además, en esta Sub-cuenca se encuentran parcial o totalmente los barrios Las Marías, Colonia Rubén Darío y una porción muy pequeña del barrio Guanuca.

La cuenca del río San Francisco ha sido considerada como una potencial fuente de abastecimiento para la ciudad de Matagalpa, esta cuenca a pesar de ser un 35% más grande que la cuenca del río Molino Norte, tiene menor producción de agua, esto se debe a que existe mayor deterioro ambiental de la cuenca, por lo que la alcaldía municipal de Matagalpa está realizando un plan de manejo para dicha cuenca con el fin de llevar a cabo una serie de acciones que permitan la recuperación y conservación de la misma. Esta cuenca es la que desde 1976 había abastecido a la ciudad de Matagalpa, sin embargo en la actualidad esta ha dejado de utilizarse, ya que en verano esta fuente prácticamente se seca.⁶

Los aforos realizados en esta cuenca hasta el 2008, según documento Perfil de proyecto: **“Elaboración de perfiles avanzados de proyectos para mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario”**, suministrado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados ENACAL-Matagalpa) indican los siguientes rendimientos:

Caudal mensual medio mínimo = 5.0 l/s

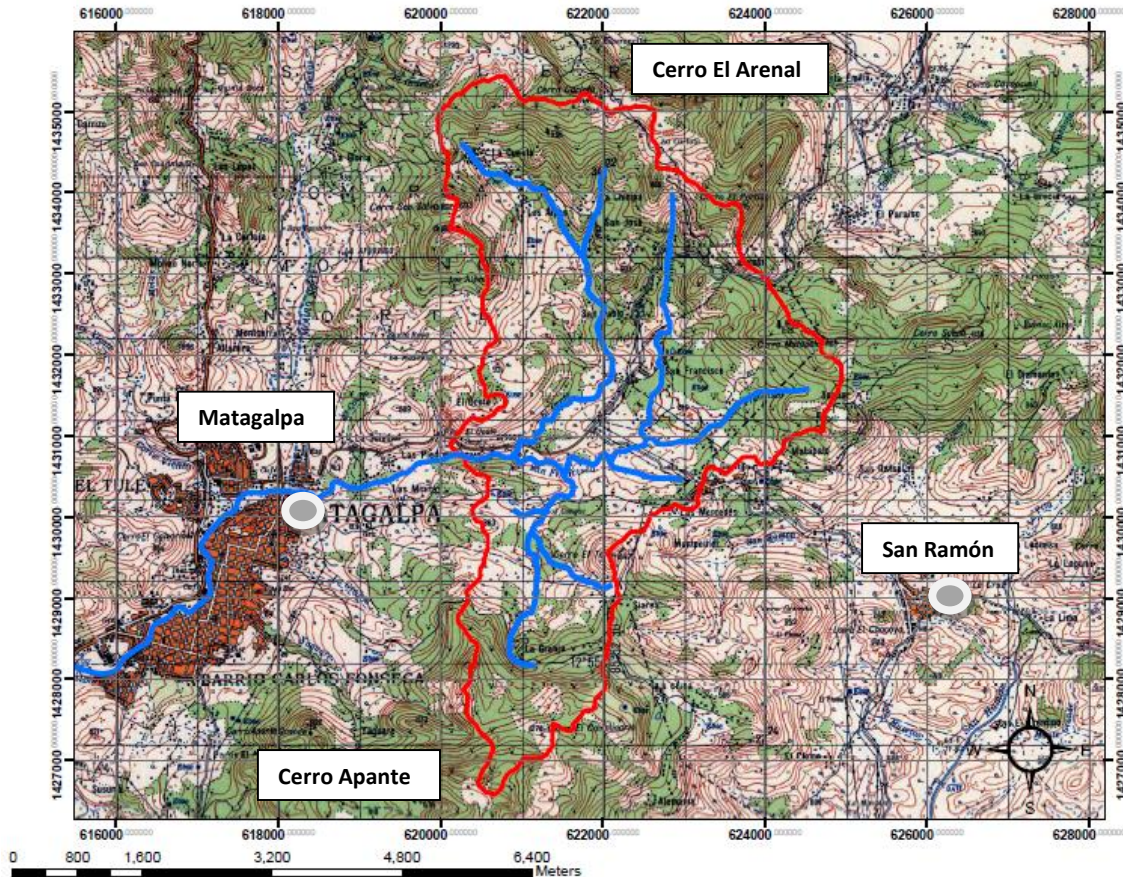
Caudal mensual medio máximo = 1,100l/s

Caudal mensual medio = 225 l/s

En el sitio conocido como Las piedrecitas existe una obra de captación que consiste en represa con desarenado y caseta de bombeo, que fueron construidas en el año 2002, sin embargo no se instaló la línea de conducción para explotar dicha fuente y parte de la misma corresponde a la tubería antigua, que hoy en día se encuentra en mal estado.

⁶ Plán de manejo integral de las Sub-cuenclas San Francisco y Molino Norte

La cuenca San Francisco limita al norte con la Reserva Natural cerro El Arenal, al sur con la Reserva Natural cerro El Apante, al este con el municipio de San Ramón y al oeste con la ciudad de Matagalpa. Geográficamente está comprendida entre las coordenadas 85°54'21" y 85°50'53" de longitud Oeste y 12°58'55" y 12°54'05" de latitud Norte.⁷ (Mapa 2).



Mapa de Micro localización de la Subcuenta San Francisco
Mapa N° 2.

2.3. Población

La población del municipio de Matagalpa es eminentemente urbana (en los barrios rurales no viven más de 80,000 personas de un total de más de 200,000) y tiene

⁷ Elaboración de perfiles avanzados para el mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario 13 comunidades de Matagalpa (Ing. Brenda López, Julio 2,008)

un crecimiento del 3.87% anual (período 1995 - 2014). Representa la cuarta zona poblacional de Nicaragua.

El casco urbano se compone de 48 barrios, 16 ciudadelas, 15 repartos, 4 asentamientos, 4 colonias y 2 urbanizaciones.

La población original de Matagalpa es de origen indígena, del pueblo aborigen "Matagalpa" al que se le añadieron los españoles y otros inmigrantes europeos.

En los últimos años, ha recibido contribuciones de la inmigración nacional proveniente de otros departamentos y de ciudades como Masaya y León.

En 1870, Matagalpa tenía una población de 4,000 habitantes, y estaba dividida en dos barrios denominados como el de Arriba y el de Abajo, siendo la población de este último puramente india. En 1940 la población de la ciudad llegó a 7,683 habitantes y en 1968 se estimó en 21,975. Actualmente la ciudad de Matagalpa cuenta con una población de un poco más de 150,456 habitantes.

Según INEDE (2008), en la sub-cuenca San Francisco, habitan 1,147 familias distribuidas en 1,223 viviendas y con un grado de hacinamiento en 892 hogares con más de 5 personas por dormitorio, lo cual representa el déficit de vivienda en la sub-cuenca. A su vez, existe una población total de 5,760 personas. En San Francisco un 40.45% habita en la parte rural y un 59.55% habita en la ciudad. Ver anexo B tabla 6.

Existe un 25% de las viviendas en la sub-cuenca con tenencia no propia, lo cual es moderadamente bajo en relación a otras zonas de Nicaragua en donde los índices de ilegalidad superan el 30%, sin embargo hay que destacar que como es sub-cuenca, hasta cierto punto, urbana esta se caracterizan por poseer altos grados de densidad poblacional por lo que obliga a la población a recurrir a los alquileres de viviendas para el desarrollo de actividades económicas ya que ambas unidades hidrológicas forman parte de la ciudad de Matagalpa la cual es

una fuente de comercio productivo y una oportunidad para mejorar los ingresos económicos familiares.⁸

La comunidad de San Salvador que se encuentra en la sub-cuenca San Francisco posee mayor número de viviendas no propias. Esta situación representa una problemática en función de promover actividades de desarrollo socioeconómico y ambiental ya que existe un ambiente de inseguridad para la inversión social y económica en términos de propiedad.

El 69% de los hogares expresan que el jefe del hogar es el hombre y solamente el 31% consideran que es la mujer, lo cual limita su participación y la aplicación del enfoque de género en los procesos de desarrollo socioeconómico, producto del reconocimiento del sexo femenino como elemento clave en la toma de decisiones, a su vez, se determina una jerarquía superior en cuanto a “poder y poseer” lo cual reprime a las mujeres en poder desempeñarse dentro de una sociedad inminentemente

2.3.1. Población económicamente activa

Existe una población económicamente activa (PEA) general de un 36% en la sub-cuenca que están laborando ya sea de manera temporal o permanente, en donde los hombres poseen mayor oportunidad laboral que las mujeres. La Alcaldía Municipal de Matagalpa (2004), identificó que las mujeres presentan el mayor desempleo en la zona con un 60%, lo cual demuestra que las mujeres poseen menos oportunidades de trabajar en este municipio. Las actividades de mayor prevalencia son: amas de casa, obreros no calificados, entre otros. La base económica en la sub-cuenca se conforma por tres sectores convencionales: primario, secundario y terciario.

En el sector primario, menos del 10% de la PEA se dedica a actividades agroforestales como el cultivo de café y al rubro agrícola como el cultivo de hortalizas que abastecen el mercado local de la ciudad de Matagalpa.

⁸ Plán de manejo integral de las Sub-cuencas San Francisco y Molino Norte, Alcaldía de Matagalpa, ALMAT.

La producción agropecuaria representa la base económica de una multitud de medianos y grandes productores quienes a la vez generan empleos temporales relacionados con las temporadas de cosecha. Otra producción característica de la sub-cuenca es el cultivo de granos básicos como maíz y frijol para el autoconsumo y el mercado local. El sector secundario, representa a las microempresas de pequeña y mediana escala, dentro de las cuales predominan los talleres de mecánica y metal, seguido de la industria textil vestuario, industria alimenticia, artesanía y carpintería.

En el sector terciario, predominan las actividades de comercio como; negocios de pulperías, consultorios registrados, por lo que estos generan la mayor parte de los ingresos municipales y ocupa la gran mayoría de la población económicamente activa dentro de las sub-cuenca: ⁹ médicos, tiendas, casas comerciales, entre otros, todos ellos debidamente registrados.

2.4. Actividades económicas del municipio

El café es el principal rubro económico del municipio y genera una gran parte de los ingresos, por su producción y venta, sin embargo se identifica el financiamiento a tiempo como un problema principal, así como el mal estado de las vías de penetración y la falta de tecnificación a los pequeños productores. El municipio cuenta con veintiocho (28) beneficios, ubicados en su mayoría en la vía carretera Matagalpa – Sébaco, los que dan en su totalidad el tratamiento requerido al café en su periodo inicial.

La producción básica la constituye el frijol y el maíz, que a la vez constituye la alimentación principal de la población. Los pequeños productores pasan grandes dificultades por la falta de cooperación en el municipio en la protección de las tierras y los bosques. En cuanto a la ganadería, según el MAG-FOR, ha disminuido grandemente en todo el Municipio, debido al abigeato indiscriminado,

⁹ Plán de manejo integral de las Sub-cuencas San Francisco y Molino Norte, Alcaldía de Matagalpa, ALMAT.

la comercialización se da principalmente con ganado venido de Municipios vecinos.

La pequeña industria carece de financiamiento, produciéndose con esto, altos costos de producción que no les permiten competir con el mercado nacional e internacional. Algunas empresas como la fábrica PROLACSA, tiene respaldo de capital Europeo y genera ingresos a la Municipalidad.

Actualmente, el Municipio de Matagalpa es una de las ciudades que tiene un comercio muy fluido, el que se ha aumentado periódicamente por ser cabecera departamental, ubicación geográfica y con un gran desarrollo productivo, generando la mayor parte de los ingresos Municipales.¹⁰

2.5. Características climáticas

El clima del municipio de Matagalpa es característico de la zona tropical lluviosa con un período seco corto alrededor de 2 meses, marzo y abril. La altura del terreno determina las condiciones climáticas moderadamente frescas y húmedas, catalogadas como clima de sabana tropical de altura. La altitud promedio de la ciudad de Matagalpa es de 681 msnm. El clima varía desde el tropical seco al Noroeste y Suroeste del municipio, el tropical semi húmedo en el área central y el tropical húmedo al norte del municipio. El viento dominante es constante con dirección noreste.

2.5.1 Precipitaciones

En la Sub-cuenca la precipitación es del tipo bimodal, comprende una época seca que va de noviembre a abril y una lluviosa de mayo a noviembre. Las precipitaciones oscilan entre los 800 y 1600 mm al año (**Ver anexo B, Tabla 1**). El rango que predomina es de 1200 a 1600 mm por año, en la parte alta media y entre 800 y 1200 en las partes bajas.

¹⁰ Elaboración de perfiles avanzados para el mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario 13 comunidades de Matagalpa (Ing. Brenda López, Julio 2,008)

2.5.2 Temperaturas

La ciudad de Matagalpa presenta temperaturas entre 20 y 22 grados Celsius. A nivel municipal, las temperaturas medias anuales oscilan entre 20° y 27° C, con una temporada de canícula de Febrero a Abril.

Las temperaturas predominantes en la Sub-cuenca oscilan entre los 20.5 y 23.5 °C, generalmente, estas temperaturas corresponden a las partes altas de las sub-cuencas. Temperaturas cálidas se registran en las partes bajas. **(Ver anexo B, Tabla 2).**

2.5.3 Canícula

Se conoce como canícula al período comprendido entre el 15 de julio y el 15 de agosto, tiempo durante el cual se reduce drásticamente la precipitación, está canícula es considerada una sequía meteorológica, y es el momento que los productores aprovechan para recolectar las cosechas de la época de siembra de primera e iniciar la preparación del suelo para la época de postrema. La misma puede afectar parcial o totalmente la capacidad productiva de los cultivos en dependencia de su severidad, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones. En la Sub-cuenca se identifican sólo dos categorías de canícula. La categoría de canícula benigna corresponde a un 35.39% del área de San Francisco. En las partes altas de la Sub-cuenca no existe canícula.

En particular, la canícula afecta una zona de 5 hectáreas aproximadamente al este del municipio incluyendo las comunidades de los Cocos, El Guayacán, El Palacio y Quebrada Honda. Sin embargo, la ciudad de Matagalpa como tal no está perturbada de manera significativa por fenómeno de canícula. **(Ver anexo B, Tabla 3).**

2.6. Uso del suelo en la Sub-cuenca

En San Francisco el uso del suelo predominante es el café con sombra que representa un 38.28% del área total. La actividad cafetalera está ligada a varios tipos de situaciones biofísicas y socioeconómicas. Esta actividad constituye la principal fuente de empleo a nivel rural, así como la principal actividad generadora de ingresos. A pesar de ello tiene consecuencias relacionadas con la

contaminación por agroquímicos y aguas mieles, así como manejo inadecuado de los desechos sólidos en asentamientos.

El 18% del área de la Sub-cuenca están siendo cultivados con granos básicos a nivel de pequeñas extensiones de forma tradicional en laderas de alta pendiente. Existe alrededor de un 5.94% de bosque, que indica que ha venido desapareciendo ante la presión de la actividad cafetalera y agrícola. Los pastos ocupan un 12.48% del área, aunque de forma extensiva y tradicional y con poca incorporación de tecnologías sostenibles.

Existe un 7.07% de bosque ripario considerado bajo si se toma en cuenta que se tiene una red de drenaje de orden 1 a 5 que mide aproximadamente 76.24 km, por lo que esta cantidad representa aproximadamente el 30% de lo que debería haber en concepto de bosque ripario en esta Sub-cuenca.

El 4.29% del área corresponde a centros poblados e infraestructura vial como el Barrio Las Marías y la Colonia Rubén Darío, y se proyecta un crecimiento de este tipo de uso en el futuro al mismo ritmo que el crecimiento poblacional, lo que constituye un problema en términos de demanda de recursos en el futuro. **(Ver anexo B, Tabla 4).**

2.7 Relieve y vegetación de la Sub-cuenca

Matagalpa está construida en un terreno irregular rodeado por montañas. La ciudad está ubicada en una elevación de 700 metros y el clima es bastante distinto al clima caliente tropical existente en las planicies del Pacífico. A pesar de que puede estar calurosa durante la época seca, Matagalpa generalmente goza de temperaturas más bajas que las ciudades de Managua y León.

Asimismo, llueve más en esta región, por consiguiente, la vegetación es también diferente, y cubre a la zona de un verde permanente.

La ciudad está rodeada de verdes montañas y uno de los picos más prominentes es el Cerro Buena Vista, que alcanza unos 1,442 metros sobre el nivel del mar.

La cordillera se llama Apante y es una reserva protegida. La vegetación abundante hace de este lugar un sitio bueno para escalar. Un pico en particular, llamado Cerro Apante, tiene senderos preparados que llevan a la cima. En el camino los visitantes pueden ver pequeños mamíferos, mariposas y otros animales, así como riachuelos y hasta cascadas. Hay un mirador ubicado en la cumbre, que brinda una excelente vista panorámica de la ciudad de Matagalpa y sus alrededores.

La Sub-cuenca está conformada por un sistema montañoso de relieve fuertemente ondulado, con alturas predominantemente a los 700 y 1440 msnm. El paisaje es muy heterogéneo, con una mezcla generalizada de potreros, cafetales, campos agrícolas, remanentes de pino, parches de bosques latifoliados premontaños húmedos, y carbonales (*Acacia pennatula*) puros o ralos dentro de potreros.

La parte baja de la Sub-cuenca se utiliza principalmente para potreros y cultivos anuales, la parte media se dedica mayormente a la producción de granos básicos (maíz y frijol) para autoconsumo y la parte alta a la producción de café.¹¹

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Desabastecimiento de agua potable en el municipio de Matagalpa

En la actualidad los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Matagalpa se encuentran en estado de deterioro, uno de los factores principales influyentes en este fenómeno es el crecimiento poblacional que se ha generado en los últimos años.

La problemática del déficit de agua para consumo, está relacionada con la distribución del recurso, ya que existen zonas donde el agua es suficiente y en otras en las que no se tiene acceso por falta de legalidad, en otros casos la cantidad de agua es baja debido a los bajos niveles de precipitación, generalmente en la zona bajas de la sub-cuenca.

¹¹ Plán de manejo integral de las Sub-cuencas San Francisco y Molino Norte, Alcaldía de Matagalpa, ALMAT.

3.2. Problemática ambiental

En San Francisco los principales problemas ambientales están relacionados con procesos de tipo productivo y de explotación de los recursos naturales, así como por factores de tipo climático que han afectado la zona.

Uno de los problemas es la falta de letrinas en las comunidades debido a la creciente demanda y aumento poblacional, por otra parte obedece a factores culturales y altos niveles de pobreza de la zona. Esto es importante de tomar en cuenta ya que un inadecuado nivel de letrificación desemboca en otros problemas como la contaminación del agua y fuentes de agua, proliferación de enfermedades, entre otras consecuencias.

Los altos niveles de deforestación se deben a factores como la influencia de los barrios de Matagalpa que utilizan leña de la zona y de los agricultores y cafetaleros que cortan el bosque para el establecimiento de plantaciones.

En zonas donde es abundante el agua, existen problemas de legalidad con las fuentes, debido a criterios como la tenencia de la tierra alrededor de la fuente y derechos de servidumbre, lo que en contextos de inestabilidad social y poca aplicabilidad de la ley de aguas, puede provocar el corte de suministros a las comunidades en situaciones de conflictos.

También existen problemas de contaminación general producto de las actividades agropecuarias, entre ellas el café, que es una de las fuentes contaminantes por el vertido de aguas mieles, así como por los agroquímicos que se utilizan en la elaboración de viveros y manejo agronómico. También existe contaminación por otros cultivos como granos básicos y hortalizas.

A pesar de la existencia de varias instituciones y organizaciones, el nivel organizativo de las comunidades es bajo, ya que existen algunas organizaciones como el Gabinete del Poder Ciudadano (GPC), Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) y otras organizaciones comunitarias, pero su desarrollo aún es incipiente y necesita fortalecerse. Esta condición provoca una mala gestión

comunitaria, bajos niveles de incidencia y falta de iniciativas propias, así como un bajo nivel de participación en la toma de decisiones.

Es notable la falta de educación ambiental, que se refleja en el nivel de conocimiento y apropiación de buenas prácticas en el ámbito social, productivo y económico para revertir situaciones como el mal cuidado del recurso hídrico, basura, uso de tecnologías inadecuadas entre otros. (Ver Anexo B, Matriz Problemática ambiental de la sub-cuenca San Francisco).¹²

¹² Plán de manejo integral de las Sub-cuencas San Francisco y Molino Norte, Alcaldía de Matagalpa, ALMAT.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. HIDROLOGÍA

Concepto

Es la Ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. Tiene como objetivo principal la estimación del evento de diseño, cuando se proyecta la construcción de una obra hidráulica. Es decir, puede ser la estimación de la avenida máxima para el vertedero de una presa o puede ser el caudal máximo que circula por un río para la instalación de un equipo de bombeo que se utilizará para el abastecimiento de agua en una población o la instalación de un sistema de regadío.

La ecuación fundamental de la Hidrología a tener en cuenta en todo momento es la siguiente:

$$A = P * S * e \quad \text{EC. 1}$$

Donde:

A = Aportación (Hm^3)

P = Precipitación (mm)

S = Superficie (Km^2)

e = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

2.1. EL CICLO HIDROLÓGICO

Concepto

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a

la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales y por sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua).

La cantidad de agua movida, dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante en relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración. El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y posteriormente a precipitación.

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve, y con estructura granular, regular en capas, en el caso del granizo. La precipitación incluye el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua (rocío) o por congelación del vapor (helada) y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas. El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno, escorrentía superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua.

El agua restante se infiltra penetrando en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas. Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desembocan en lagos y en océanos. La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.

Se puede suponer con fines didácticos que el ciclo empieza con la evaporación del agua de los océanos. El vapor del agua que resulta de la evaporación es trasladado por las masas de aire en movimiento y puede enfriarse, condensar y formar nubes. Si las condiciones son favorables al proceso de condensación continúa y aumentan los núcleos hasta que alcancen una dimensión suficiente para precipitarse. Parte de esta precipitación puede evaporarse en la atmósfera antes de llegar a la superficie de la tierra. Una gran parte de la precipitación cae directamente sobre los océanos y otra parte cae en la tierra.¹³

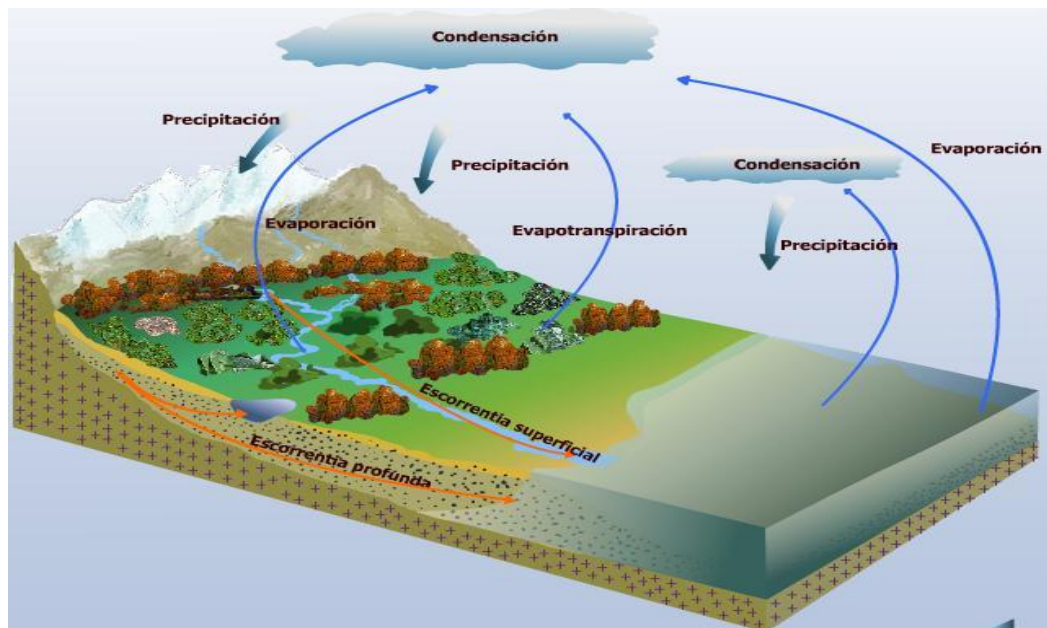


Imagen N° 1: Esquema del Ciclo Hidrológico

¹³ Diseño Hidrológico segunda edición digital (Ing. Sergio Fattorelli, Ing. Pedro C. Fernández).

2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA

Concepto

La cuenca es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. La cuenca hidrológica, junto con los acuíferos, son las unidades fundamentales de la hidrología.

Desde el punto de vista de su salida existen dos tipos de cuencas: endorreicas (cerradas) y exorreicas (abiertas).

- a) En el primer tipo, el punto de salida se ubica dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago. ¹⁴



Imagen N° 2: Cuenca endorreica

¹⁴ Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial – Agustín Felipe Breña Puyol y Marco Antonio Jacobo Villa (Universidad Autónoma Metropolitana).

- b) En el segundo tipo, el punto de salida se localiza en los límites de la cuenca y a su vez la descarga se vierte en una corriente o en el mar



Imagen N° 3: Cuenca exorreica

Una cuenca se puede clasificar atendiendo a su tamaño:

- a) Cuenca grande: es aquella cuenca en la que predomina las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevaciones, área, cauce) esta se considera grande cuando el área es mayor de 250 km².
- b) Cuenca pequeña: es aquella cuenca que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeñas duraciones y en el cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importantes que las del cauce del río principal. Se considera cuenca pequeña aquella cuya área varía desde unos pocos km² hasta un límite de 250 km².¹⁵

¹⁵ Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial – Agustín Felipe Breña Puyol y Marco Antonio Jacobo Villa (Universidad Autónoma Metropolitana)

2.2.1 Delimitación de la Sub-cuenca

La delimitación de una cuenca se puede realizar por medio de:

a) Mapas Topográficos escala

1:50,000

1:25,000

1:10,000

b) Fotografías Aéreas escala

1:25,000

1:10,000

c) Imágenes satelitales

1:25,000

1:10,000

Utilización de programa tales como: Google Earth, Arc Gis, Autocad, etc.

La delimitación de una cuenca, debe realizarse sobre un plano o mapa topográfico (escala 1:50,000) siguiendo las líneas del parte agua, que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre las cuencas adyacentes. Existen dos tipos de parte aguas o divisoria:

- a) **Divisoria topográfica:** Línea que separa las aguas que superficialmente llegan al punto estudiado, de las que pasarían a otras cuencas.



Imagen N° 4: Divisoria topográfica o parte aguas

- b) **Divisoria hidrográfica:** Tiene en cuenta además, el recorrido del agua infiltrada en el terreno.

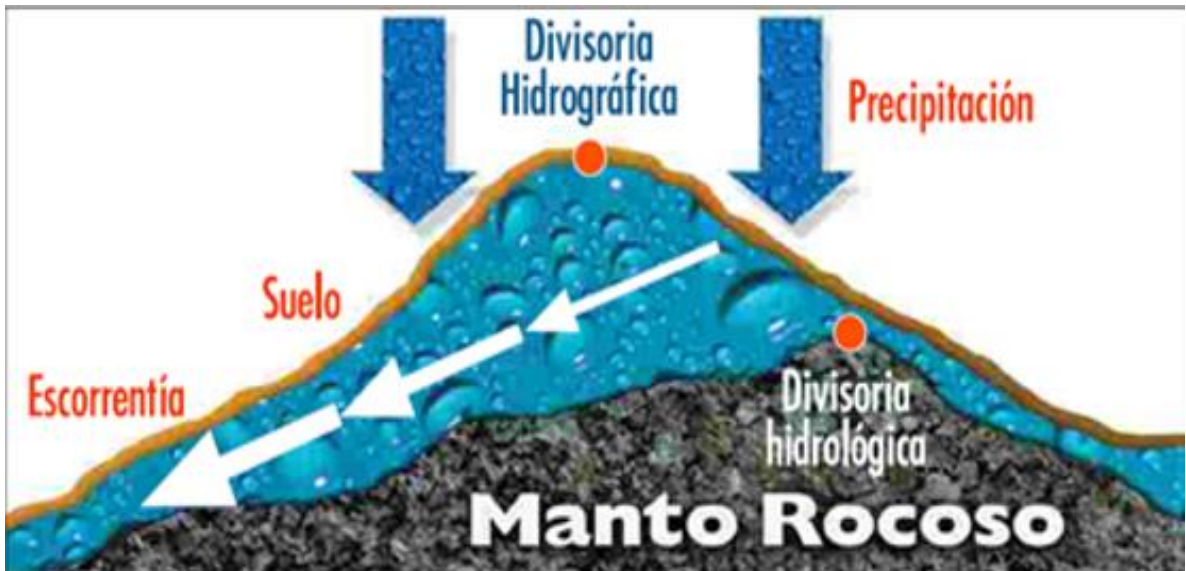


Imagen N° 5: Divisoria Hidrográfica

2.2.2. PARTES DE UNA CUENCA

- a) Cuenca alta, que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.

b) Cuenca media, la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

c) Cuenca baja, la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.



Imagen N° 6: Partes de una cuenca

2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA

a) Coeficiente de forma.

El factor de forma de Horton (1945), expresa la relación existente entre el área de la cuenca (A), y el cuadrado de la longitud máxima.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad \text{EC. 2}$$

A = área de la cuenca (Km²).

L = Longitud de la cuenca (Km).

Esta ecuación muestra que las cuencas no son similares en forma. A medida que el área aumenta, su relación A/L^2 disminuye, lo cual indica una tendencia al

alargamiento en cuencas grandes. El valor máximo que se puede obtener del factor de forma es 0.7854 para una cuenca completamente circular y a medida que la cuenca se hace más alargada, el valor tiende a cero. Los valores interpretativos de la relación de la forma de Horton pueden verse en la Tabla 5.

Cuadro número 1: Rangos entre áreas

Clase de Valores de Forma	
Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
> 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.30 - 0.37	Ligeramente alargada
0.45 - 0.60	Ligeramente ensanchada
> 1.20	Rodeando de desague

Fuente: Delgadillo y Páez (2008).

b) Coeficiente de Compacidad ó Índice de Gravelius

Es el cociente que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo del área de la misma cuenca.

$$Ic = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad \text{EC. 3}$$

Dónde:

Ic = Índice de compacidad

P = perímetro de la cuenca

S = área ó superficie de la cuenca en km²

Si $Ic = 1$ la cuenca es de forma circular. Este coeficiente es un indicador sobre la forma de la cuenca, la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca. Si: $Ic \approx 1$ cuenca regular.

$Ic \neq 1$ cuenca irregular; (Ic grande, menos susceptible a inundaciones).

c) Rectángulo equivalente

Es un rectángulo que posee la misma superficie de la cuenca, el mismo perímetro, el mismo índice de compacidad e idéntica repartición que la cuenca en estudio. Permite representar a la cuenca de forma heterogénea, con la forma de un rectángulo que tiene la misma área y perímetro. Se comprueba entonces que hay rectángulo: Si $P^2 > 16S$.

Lado mayor y lado menor del Rectángulo

Es un triángulo que tiene la misma superficie de cuenca, el mismo perímetro, el mismo índice de compacidad e idéntica repartición que la cuenca de estudio.

$$L_M = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 * S}}{4} \quad , \quad l_m = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16 * S}}{4} \quad \text{Ec 4}$$

Donde:

L= Longitud del lado mayor y lado menor del R. E

P = Perímetro de la cuenca

S = Área ó Superficie de la cuenca

d) Relación de elongación

Definido por Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima (L_m) de la cuenca medida desde la desembocadura hasta la divisoria en sus límites extremos sobre una línea recta paralela al eje del río principal.

$$R_E = \frac{\sqrt{\frac{4A}{\pi}}}{L_{max}} \quad \text{EC. 5}$$

Donde:

A = Área de la Cuenca

L = Longitud de Cauce

e) Densidad de drenaje

Nos da una idea de la permeabilidad de los suelos y de la vegetación, los valores altos representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables, por lo contrario los valores bajos indican suelos duros poco erosionables o muy permeables, **Dd** usualmente toma valores entre 0.5 para cuencas con drenaje pobre y alcanza valores hasta 3 para cuencas con drenaje desarrollado es la suma de las longitudes de toda la red de cauces de cualquier orden, en una cuenca, dividida por el área de la misma.¹⁶

$$Dd = \frac{Ls}{A} \quad \text{EC. 6}$$

Donde:

Ls = Longitud total de cursos de agua (Km)

A = Área ó superficie de la cuenca (Km²)

f) Elevación media de la cuenca

Para la comparación de cuencas mediante el valor de la altitud media, se ha de referir esta altitud media obtenida, con respecto al punto más bajo de la cuenca y no con respecto al nivel del mar.

$$Em = \frac{\sum H_i A_i}{A} \quad \text{EC. 7}$$

Donde:

A_i = Superficie entre dos curvas de nivel consecutivas.

H_i = Altura media entre cada dos curvas de nivel consecutivas.

g) Pendiente media del cauce principal ó pendiente del río

$$S_{\text{río}} = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{1000 * L_1} \quad \text{EC.8}$$

Donde:

¹⁶ Ing. Moreno Ayestas Sandra. (1994). Apuntes de Hidrología de Superficies. Printar editores. UNI, Managua.

L_I = Longitud del río (Km)

H_M = Altitud media de la cuenca (m)

H_m = Altitud mínima de la cuenca (m)

Cuadro 2. Clasificación de pendiente en las cuencas.

Pendiente media	Terreno
2%	Plano
5%	Suave
10%	Accidentado medio
15%	Accidentado
25%	Fuertemente accidentado
50%	Escarpado
50%	Muy escarpado

Fuente: Delgadillo y Páez (2008).

h) Índice de pendiente

El índice de pendiente representa el valor medio de las pendientes, se deduce del rectángulo equivalente y viene dado por la expresión:

$$I_P = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{\frac{\Delta H \cdot B}{1000}} \quad \text{EC. 9}$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del Rectángulo Equivalente

ΔH = Diferencia de altitud entre dos curvas de nivel consecutivo.

B = Tanto por uno de las superficies comprendidas entre cada dos curvas de nivel consecutivas, respecto a la superficie total de la cuenca.

i) Tiempo de concentración

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial. Fuente: Ing. Moreno Aiestas Sandra. (1994). Apuntes de Hidrología de Superficies. Printar editores. UNI, Managua.

$$T_c = 0.0041 * \left(\frac{3.28 * L_c}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.77} \quad \text{EC. 10}$$

Donde:

T_c =Tiempo de concentración (minutos)

L_c = Longitud del cauce en metros.

S_c = Pendiente del cauce.

Cuadro 3. Rango tiempo de concentración.

Clase de tiempo de concentración (min)	
Rango de T_c	Clase
0-41.7	Rápido
41.7-83.2	Moderado
83.3-125.1	Lento

Fuente: Delgadillo y Páez (2008).

Curvas características de una cuenca

j) Curva Hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca, es decir la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o superficie de la cuenca en Km^2 que existe por encima de una cota determinada, representado en coordenadas rectangulares.

Una curva hipsométrica con concavidad hacia arriba indica una cuenca con valles extensos y cumbres escarpadas y lo contrario indicaría valles profundos y sabanas planas. A través de esta curva también podemos determinar los siguientes parámetros:

a) Altura más frecuente: que viene definida por el intervalo correspondiente al mayor porcentaje de la superficie total.

b) Altura media: definida como la correspondiente al 50% de la curva hipsométrica. Por tanto es la altura para la cual las áreas quedan igual repartidas.

k) Curva de frecuencia de altitudes

Es la representación de la distribución en porcentaje de las superficies ocupadas por diferentes altitudes, es un complemento de la curva hipsométrica.

2.4. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL

Definición

El Balance Hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial, almacenamiento superficial y subterráneo y flujo de agua subterránea. Se aplica cuando se realiza una distribución de los recursos hidráulicos a nivel global, o en cuencas particulares. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua para acueducto, riego y generación hidroeléctrica.

El cálculo del balance hídrico en una cuenca o en una región determinada permite obtener información sobre: el volumen anual de escurrimiento o excedentes; el período en el que se produce el excedente y por tanto la infiltración o recarga del acuífero; y el período en el que se produce un déficit de agua o sequía y el cálculo de demanda de agua para riego en ese período.

El establecimiento de un balance supone la medición de flujos de agua (caudales) y almacenamientos de la misma (niveles). Se pueden establecer balances de forma general, incluyendo aguas superficiales y subterráneas y parciales de sólo aguas superficiales, de un acuífero, del agua del suelo, etc. En cualquier caso, a la hora de establecer el balance se examinan las entradas y las salidas en el sistema analizado (Imagen 7), es decir, se aplica la Ecuación de Continuidad sobre un volumen de control delimitado por una superficie de referencia a través de la cual el agua se mueve desde la parte interna a la externa y viceversa, siendo un sistema abierto a flujos de masa, cantidad de movimiento y de energía. Así, el balance se reduce a la cantidad de agua que queda almacenada.¹⁷

¹⁷ Diseño Hidrológico segunda edición digital (Ing. Sergio Fattorelli, Ing. Pedro C. Fernández).

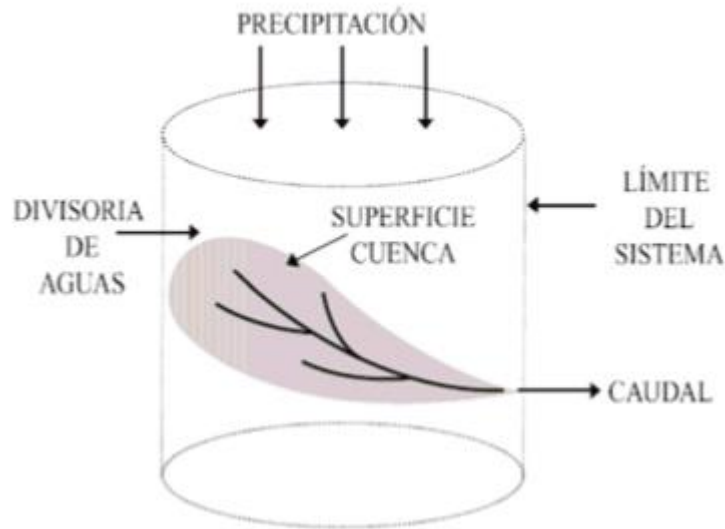


Imagen N° 7: Esquema del Balance Hídrico

ENTRADA - SALIDA = VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO

Se puede considerar que el balance hídrico superficial es un método de investigación del ciclo hidrológico; se conoce como balance hídrico, a nivel de suelo, la relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas (hacia la atmosfera) ocasionada con la evapotranspiración desde la vegetación existente.

Para realizar un balance hídrico se necesita conocer los siguientes componentes:

- Precipitación
- Pérdidas
- Escorrentía superficial
- Infiltración
- Demanda de agua

Además existen otros parámetros que son necesarios, para la estimación de la Evapotranspiración: temperatura, humedad, insolación, radiación solar, viento.

2.4.1. En el modelo del balance hídrico se considera las siguientes entradas:

- Precipitación.
- Importaciones superficiales de otras cuencas.
- Retorno de la demanda.

2.4.2. Las salidas consideradas son las siguientes:

- Evapotranspiración real.
- Evapotranspiración potencial.
- Escurrimiento superficial.
- Demanda interna y externa en la cuenca.

2.4.3 Ecuación de balance hídrico

La guía metodológica para la elaboración de balance hídrico integrado por cuenca hidrográfica elaborado por programa hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe 2005 presenta una ecuación de balance hídrico superficial de forma general, la ecuación básica es:

$$\frac{dV}{dt} = E - S \quad \text{EC. 11}$$

La cual expresa que la variación del volumen V es igual a las entradas (E) menos la salida (S) de agua para un intervalo de tiempo específico (t). Para la aplicación de modelos hidrológicos siempre serán recomendadas series de datos de al menos 30 años, valor estipulado por la FAO.

Para estimación de balance hídrico en el presente estudio, se tomara como ecuación básica:

$$P = R + E + I \quad \text{EC. 12}$$

Donde:

P = es la altura de precipitación en mm.

R = es el arroyamiento en superficie expresado en mm.

E= es la evapotranspiración real en mm.

I = es la infiltración en mm.

La infiltración (**I**) compensa las pérdidas de las aguas subterráneas. Una fracción (I) está definida a la renovación de la cantidad de agua contenido en el suelo y en el subsuelo que sufre variaciones en función de diversos factores, el más importante de los cuales es la (**E**).

El componente I_w circula y después de un trayecto subterráneo más o menos largo, reaparece al aire libre al cabo de un período de tiempo variable, alimentando la red hidrográfica (circulaciones hipodérmicas y subterráneas).

Por consiguiente se puede describir:

$$P = E + R + I + I_w \quad \text{EC. 13}$$

En este estudio para largo período (anual), se considera que $R + I + W$ las totaliza la circulación Q por lo que la expresión del balance se convierte en:

$$P = E + Q \quad \text{EC. 14}$$

2.5 COMPONENTES QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HÍDRICO

2.5.1 Precipitación

Definición.

Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitaciones son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua.

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología.

El hidrólogo necesita considerar la precipitación en relación con los límites geográficos naturales del terreno donde incide, o sea, las cuencas de los cauces hídricos superficiales. En ellas tratará de dar solución cuantitativa a la ecuación del balance hidrológico: ¹⁸

$$A = P - E \pm \Delta S \quad \text{EC. 15}$$

Donde:

A: es la aportación al cauce

P: la precipitación media

E: la evapotranspiración media

ΔS : la variación del almacenamiento en la cuenca

2.5.1.1. Tipos de Precipitación

Los principales tipos de precipitación son:

a) Llovizna: es un riego tenue compuesto exclusivamente de pequeñas gotas de agua de tamaños bastante uniforme. Las gotas son tan pequeñas que parecen flotar en el aire y siguen las evoluciones del movimiento de éste.

Además deben cumplir el requisito de que sean muy numerosas y encontrarse muy próximas unas de otras.

b) Lluvia: es una precipitación de agua líquida en la que las gotas son más grandes que las de la llovizna. Cuando hay viento en superficie puede apreciarse que la trayectoria de caída de las gotas sufre una inclinación en la dirección de éste.

¹⁸ Libro de Hidrología – Guía de Estudio para las Cátedras – Hidrología I y II – Ing. Esp. Rubén Villodas.

c) Nieve: es precipitación de agua en estado sólido en forma de cristales de hielo, en su mayor parte ramificados. Aún a temperaturas inferiores a las de congelación, estos cristales están rodeados de una delgada capa líquida, y cuando chocan unos contra otros quedan soldados constituyendo grandes copos.

d) Aguanieve: mezcla de nieve y lluvia.

e) Lluvia congelante: cuando la humedad ambiente ya condensada se precipita en forma líquida, a través del aire frío. Al chocar contra el suelo o la superficie de los objetos expuestos a la intemperie (con temperaturas inferiores a 0°C), el agua se congela dando como resultado la formación de una capa de hielo glaseado.

f) Granizo: cuando se presentan nubes de tormenta de gran desarrollo vertical, la gota de lluvia generada dentro de la nube es arrastrada hacia niveles superiores donde las temperaturas son inferiores a 0°C y se congela. Al caer se va fundiendo pero en su camino puede chocar nuevamente con las corrientes ascendentes que la llevarán a zonas de congelación, aumentando su tamaño repetidas veces hasta que por su propio peso caerán a superficie. Por el gran tamaño que adquirieron, en su reiterado proceso de congelación, no alcanzarán a fundirse por completo al llegar al suelo y por lo tanto se presentarán en estado sólido con la dureza del hielo. Son comúnmente llamadas piedras de granizo o pedrisco. Además en su caída, pueden soldarse con otros granizos formando terrones irregulares.¹⁹

2.5.1.2. Clasificación de la precipitación

La formación de la precipitación, requiere la elevación de una o más partículas de agua a la atmosfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense, esta se clasifican en:

a. Precipitación frontal: es la que resulta del levantamiento del aire cálido a un lado de una superficie frontal sobre aire más denso y frío.

¹⁹ Apuntes de Hidrología Superficial – Dr. J. Alberto Rodríguez Castro – M. en C. Guillermo Benjamín Pérez Morales. Edición 2009.

b. Precipitación de convección: en tiempos calurosos, se produce una abundante evaporación de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua, el cual se eleva sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o humedad, la masa de vapor se acumula en los puntos llamados células de convección, estas pueden alcanzar grandes alturas donde encuentran la condiciones donde provocan la condensación y la precipitación, esta vienen acompañadas de truenos y rayos y son propias de regiones tropicales.

c. Precipitación orográfica: se produce cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la precipitación.

d. Precipitación ciclónica: se produce cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferentes temperaturas y humedades, las nubes más calientes violentamente impulsadas a las partes más altas, donde puede producirse la condensación y precipitación.

2.5.1.3. Medición de la precipitación

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura de agua que se acumulara en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

Los instrumentos de medición de precipitación se basan en la exposición de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior y de lados verticales, en el cual se recoge el agua proveniente de la lluvia, registrando su altura.

Existen aparatos para medir la cantidad y la intensidad de la precipitación, los aparatos más usuales para medir precipitación son los pluviógrafos y los pluviómetros.

a) Pluviógrafo

Los Pluviógrafos o medidores con registro, son aparatos que registran la precipitación automáticamente y de forma continua, en intervalos de tiempo pequeños. Su mecanismo está compuesto por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel.

El recipiente normalmente tiene una capacidad de 10 mm de lluvia y, al alcanzarse esta capacidad, se vacía automáticamente mediante un sifón.



Imagen N° 8. Vista general de un Pluviógrafo.

b) Pluviómetros

Están formados por un recipiente graduado de área transversal, el que descarga a un embudo que capta el agua de lluvia, se acostumbra a poner en el embudo una serie de mallas para evitar la entrada de basura u otros objetos. El área de captación por lo general es 10 veces mayor que el área del recipiente de descarga con el objetivo de que por cada milímetro de agua captada se depositen 1 centímetro en el recipiente.



Imagen N° 9. Vista general de un Pluviómetro

2.5.2 METODOS DE CÁLCULOS DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE CUENCAS

2.5.2.1. Método de la media aritmética

Este método es el más simple pero el más inseguro de todos, consiste en igualar la precipitación media caída sobre una cuenca al promedio aritméticos de las lluvias registradas en los pluviómetros de la zona.

Este método solo es aplicable a zonas planas donde la estación presente una distribución uniforme y que los datos registrados por el pluviómetro no difieran mucho entre sí.

$$Pm = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Pi \quad \text{EC. 16}$$

Dónde:

Pm= Precipitación media

P1, P2, PN= precipitación media anual

N= Número de estaciones

2.5.2.2. Método de polígonos de Thiessen

Los Polígonos de Thiessen, también conocidos como Polígonos de Voronoi o Teselación de Dirichlet es el método de interpolación más simple, basado en la distancia euclidiana, siendo especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se crean al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmento de unión.

Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designando su área de influencia.

La fórmula para obtener la precipitación media por el método de thiessen es la siguiente:

$$P_{media} = \frac{\sum_{n=1}^i P_i \times A_i}{\sum A_i} \quad \text{EC. 17}$$

Donde:

P: precipitación media sobre la cuenca

P_i: precipitación observada en la Estación i

A_i: área del polígono correspondiente a la Estación i

A: área total de la cuenca

n: número de estaciones pluviométricas y/o pluviométricas con influencia en la cuenca.

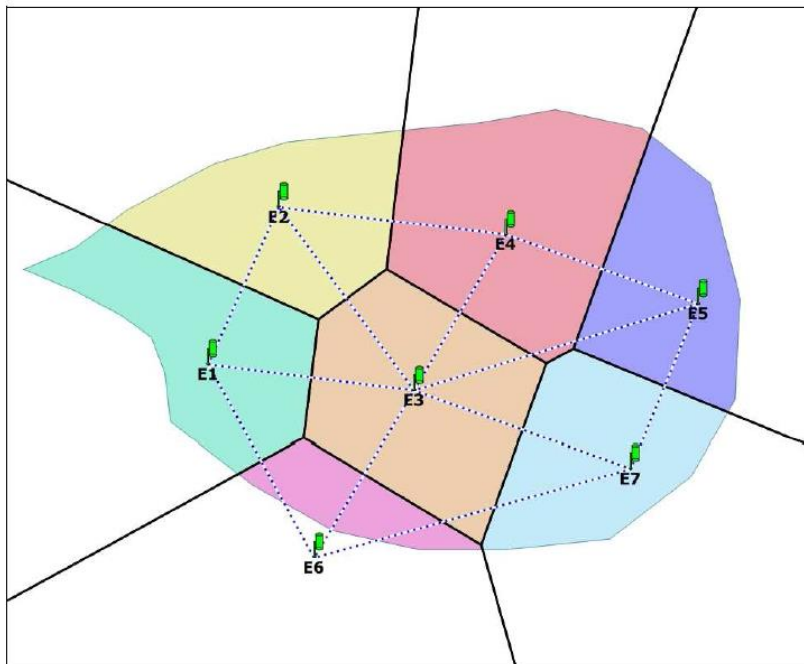


Imagen N° 10. Método de polígonos de Thiessen.

2.5.2.3. Método de Isoyetas

Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación (interpolación de líneas) llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

El intervalo de trazo de las isoyetas, dependen de los valores de la precipitaciones; como orden de magnitud, podemos decir que las isoyetas anuales y media se suele dibujar de 100 en 100mm sin perjuicio en las zonas altas, con precipitaciones fuertes puede duplicarse este intervalo y en zonas de precipitaciones bajas, debe dibujarse de 50 en 50mm

Sean P_1, P_2, \dots, P_n los valores asignados a cada isoyetas A_1, A_2, \dots, A_{n-1} las áreas entre las isoyetas $P_1-P_2, P_2-P_3, \dots, P_{n-1}-P_n$. La precipitación promedio en la cuenca o área considerada será:

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) (A_i, A_{i+1}) \right]}{\sum_{i=1}^n (A_i, A_{i+1})} \quad \text{EC. 18}$$

Donde:

P: precipitación media sobre la cuenca

P_i: precipitación observada en la Estación i

A_i: área del polígono correspondiente a la Estación i

A: área total de la cuenca

n: número de estaciones pluviométricas y/o pluviométricas con influencia en la cuenca.

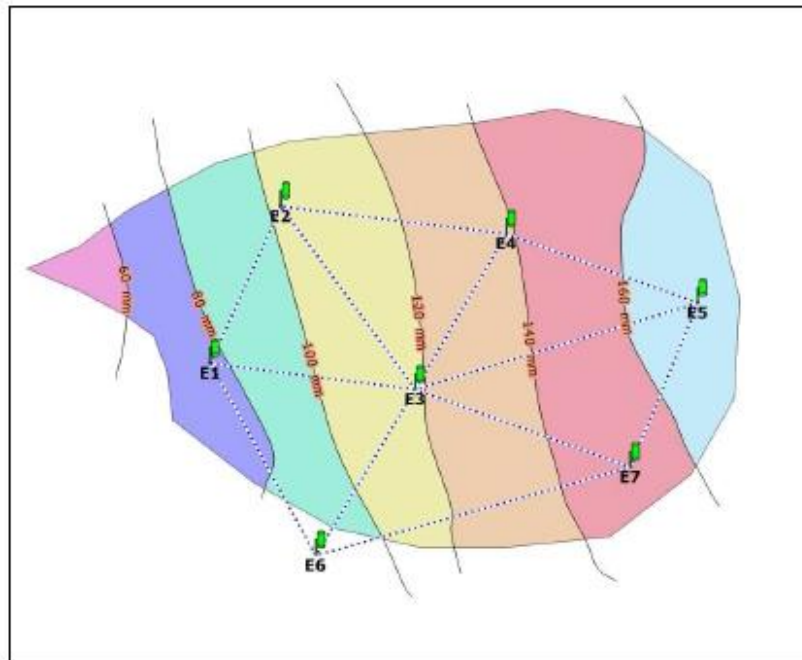


Imagen N° 11. Método de Isoyetas.

2.5.3. Temperatura

Definición

A pesar de que la temperatura es una propiedad con la cual todos estamos familiarizados, resulta difícil dar una definición exacta. Desde el punto de vista meteorológico se define como el grado de calor de la atmosfera, el cual varía de acuerdo a la altura referida a la superficie terrestre.

2.5.3.1. Medición

Para efecto meteorológico la temperatura se mide por medio de termómetros, los cuales se colocan en una caseta especial llamada abrigo meteorológico donde la circulación del aire no obstruye las medidas de la temperatura, a la vez que está protegida de los rayos del sol.

2.5.4. Evaporación

Definición

En hidrología, la evaporación es una de las variables hidrológicas importantes al momento de establecer el balance hídrico de una determinada cuenca hidrográfica o parte de esta. En este caso, se debe distinguir entre la evaporación desde superficies libres y evaporación desde el suelo.

La evaporación es un proceso físico que consiste en el pasaje lento y gradual de un estado líquido hacia un estado más o menos gaseoso, en función de un aumento natural o artificial de la temperatura, lo que produce influencia en el movimiento de las moléculas, agitándolas. Con la intensificación del desplazamiento, las partículas escapan hacia la atmosfera transformándose, consecuentemente, en vapor.

El agua en los embalses está expuesta al proceso de evaporación continua que se efectúa desde la superficie del líquido constituyendo una pérdida importante.

Durante el año que tiene variaciones dependiendo de las condiciones meteorológicas distintas que se presentan en las estaciones del año.

2.5.4.1 Estimación de la evaporación

El tanque de evaporación es el instrumento que se utiliza para estimar la evaporación que se produce desde una superficie de agua. La versión más difundida se denomina tanque evaporímetro clase A, tiene diámetro de 120cm y una profundidad de 25.4cm. La medición consiste en agregar diariamente agua al estanque de modo de reponer la que se pierde por evaporación.

Como la evaporación del tanque evaporímetro es mayor que la de un embalse, debido que las paredes del tanque evaporímetro se calientan por la radiación solar, para calcular la evaporación en este, es necesario utilizar un coeficiente de reducción para aplicarlo a la evaporación de evaporímetro.

El coeficiente es menor que la unidad, es decir, la tasa de evaporación es mayor en el tanque que en la superficie de embalse. El coeficiente para aplicarlo a la evaporación observada en el tanque clase A, a fin de determinar la evaporación en el embalse, se recomienda 0.70 con variación entre 0.60 y 0.85.



Imagen N°12. Vista general del tanque evaporímetro

2.5.4.2. Ecuaciones empíricas para determinar la evaporación desde un lago o una laguna

Una de las expresiones más simples ha sido propuesta por Visentini (Científico Italiano), y se aplica para cálculos aproximados en superficies líquidas situadas en cotas bajas, donde se puede considerar que la presión atmosférica es de aproximadamente 760 mm de columna de mercurio. Las fórmulas empíricas propuestas por Visentini son:

$$E = 75 * t \text{ (Para lagos o embalses con cota inferior a 200 msnm).}$$

EC. 19

$$E = 90 * t \text{ (Para lagos o embalses con cota entre 200 y 500 msnm).}$$

EC. 20

$E = 90 * t + 300$ (Para lagos o embalses con cota superior a 500 msnm).

EC. 21

Donde:

E: Evaporación anual en mm.

T: Temperatura media anual en grados Celsius.

2.5.5. Transpiración

Es el agua que se desprende en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas naturalmente del suelo. En los estudios hidrológicos la evaporación y la transpiración están reunidas en un solo elemento, la evapotranspiración.

2.5.6 Evapotranspiración

La evapotranspiración es denominada como las pérdidas totales de agua que ocurren en una cuenca a causa de los procesos evaporativos desde la misma, que son dos: evaporación desde el suelo y la transpiración de las plantas.

Es evidente que este fenómeno es función esencialmente de la alimentación en agua y por consiguiente del grado de humedad del suelo, el cual limita con frecuencia su acción.

2.5.6.1 Evapotranspiración real

Es la parte del agua que llega a la tierra y vuelve a la atmosfera en forma de vapor directamente por evaporación, o a través de las plantas por transpiración.

La evapotranspiración real aparece en las condiciones naturales de humedad del suelo. Por este motivo ha sido introducida la noción de evapotranspiración potencial, la cual representa la cantidad de agua que resultaría evaporada y transpirada si las reservas en agua fueran suficientes para compensar las pérdidas máximas.

Cuando el contenido de agua en el terreno es suficiente, la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial. En caso de déficit es inferior la cantidad de agua evapotranspirada se expresa en altura de agua en milímetros, entonces podemos definir la evapotranspiración real como la suma de las cantidades de vapor de agua evaporadas del suelo y de las plantas, cuando el terreno tiene su contenido real de humedad.

2.5.6.2 Evapotranspiración potencial

Se define como la cantidad máxima de agua que puede evaporarse en un clima dado incluyendo la evaporación del suelo y la transpiración por la vegetación en un periodo de tiempo dado.

2.5.6.3 Infiltración

La infiltración se refiere al ingreso del agua al suelo desde la superficie. Es un proceso directamente relacionado con las condiciones y características de la superficie del suelo, particularmente la tensión no capilar del suelo. Existe una relación muy importante entre la intensidad de la lluvia y la capacidad de infiltración del suelo. Durante períodos secos, la porosidad del suelo está libre de humedad y entonces aumenta su capacidad de infiltración. La humedad en el suelo produce que tanto suelo como vegetación se hinchen, cerrando los poros y el paso del agua (condición de saturación).

Consecuentemente, durante una lluvia la tasa potencial de infiltración comienza con valores altos y decrece a medida que transcurre el tiempo, produciéndose, en algún momento una tasa pequeña, que es fácilmente superada por la intensidad de la lluvia y comienza el encharcamiento de la superficie del suelo. Esto lógicamente estará siempre ligado a la relación entre la capacidad de infiltración y la intensidad de la precipitación (Chow, 1964). La imagen N°13 es una representación esquemática de la curva de variación de la velocidad de infiltración en el suelo.

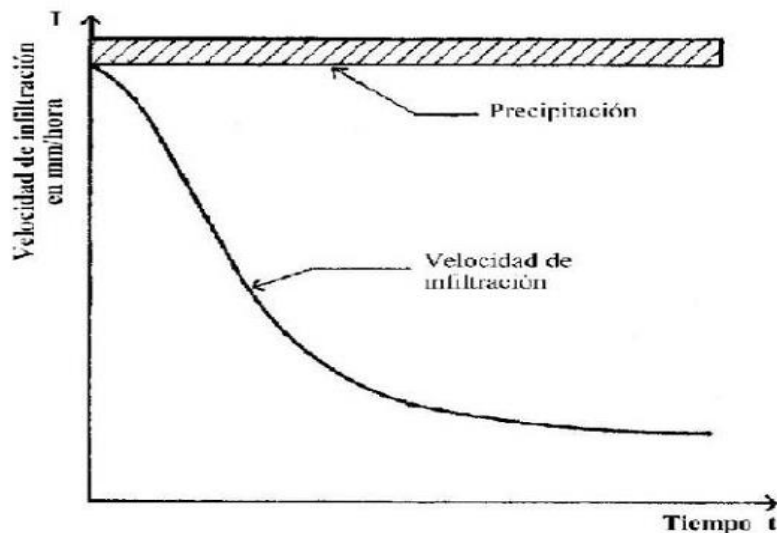


Imagen N° 13. Curva típica de la velocidad de infiltración.

2.5.7. Cálculo de la evapotranspiración real

2.5.7.1 Método de Turc

L. Turc, basándose en numerosos datos hidrológicos, ha establecido una fórmula que permite calcular la evapotranspiración real en función de la temperatura y de las precipitaciones.

$$E_{TR} = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{EC. 22}$$

Donde:

E_{TR}: Evapotranspiración real anual en mm.

P: Precipitación anual en mm.

L: $300 + 25T + 0.05T^3$ (Coeficiente experimental).

T: Temperatura media anual del aire en grados Celsius.

2.5.7.2 Método de Coutagne

Este investigador propuso una fórmula basada en datos hidrológicos tales como la precipitación anual y en función a la temperatura media anual.

$$E_{TR} = P - XP \quad \text{EC. 23}$$

$$X = \frac{10^3}{0.8+0.14T} \quad \text{EC. 24}$$

Donde:

P: precipitación real anual en mm

X: Función de la temperatura media anual

T: Temperatura media mensual del aire, °C.

2.5.8. Cálculo de evapotranspiración potencial

2.5.8.1. Método Thornthwaite

El Dr.C.W. Thornthwaite, en 1944 estableció una correlación entre la temperatura media mensual y la evapotranspiración media mensual. Este define un índice mensual (L), denominado índice de eficiencia de temperatura.

Este método solo por tomar en cuenta solo la temperatura mensual, arroja resultados estimativos y se utiliza en estudios preliminares o de gran visión. Para estudios específicos se puede usar el método de Blaney-Criddle, Penman y otros.

Thornthwaite comprobó que la evaporación era proporcional a la temperatura media afectada de un coeficiente exponencial.

Es el límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración con contenido de humedad y un desarrollo vegetal óptimo, cuya unidad de medida son los milímetros (mm) o pulgadas.

Es decir que en el balance hídrico superficial se debe cumplir la condición: $ETR \leq ETP$.

2.5.8.2. Formula método de Thornthwaite

$$ETP_j = 1.6Ka \left[\frac{10T_j}{I} \right]^a \quad \text{EC. 25}$$

Dónde:

ETPj: Evapotranspiración Potencial en el mes j, en cm

Tj: Temperatura media en el mes j, en °C

a, I: Constantes

Ka: Constante que depende de la latitud y mes del año.

I: Índice de eficiencia de temperatura.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_j \text{ donde } i_j = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514} \quad \text{EC. 26}$$

$$a = 0.49239 + 1792 * I + 1792 * 10^{-5} I^2 - 771 * 10^{-7} I^3 + 675 * 10^{-9} I^4$$

EC. 27

Cuadro 4. Factor de Ka Meses del Año

Lat. Grad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Tomado del libro Fundamentos de hidrología superficial, (Aparicio)

2.5.9. Importaciones superficiales de otra cuenca

Dentro del modelo de balance hídrico, se considerará el aporte de las aguas superficiales que son llevadas como trasvase desde otro sitio (cuenca, lago, embalse, etc.) hacia la cuenca de análisis.

2.5.9.1. Esguerrimiento superficial

El esguerrimiento es el agua producto de la precipitación que fluye por las corrientes provenientes de diversas fuentes y que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para ser finalmente drenada hasta el final de la cuenca.

2.5.9.2. Proceso del esguerrimiento

El agua de la precipitación llega primero a los objetos que están sobre la superficie del terreno, como son los árboles, casas, cultivos, pasto, rocas, etc. En estos lugares parte de la lluvia es interceptada, como se mencionó anteriormente, y parte llega al suelo, en donde se infiltra para llenar las depresiones topográficas y se va acumulando en el terreno hasta saturar el terreno y fluir superficialmente por las laderas hacia los cauces.

2.5.9.3. Factores que influyen en el esguerrimiento

Todas las particularidades de un régimen de lluvia se reproducen en la circulación de las aguas, por lo que las corrientes son afectadas principalmente por los siguientes factores:

- a) Precipitación
- b) Características fisiográficas.
- c) Uso del suelo y cobertura vegetal.
- d) Condiciones hidrológicas antecedentes.

El esguerrimiento total proveniente de una cuenca típica heterogénea tiene cuatro componentes:

- Precipitación en el cauce (lluvia que cae sobre la superficie libre de agua).
- Esguerrimiento superficial (flujo sobre el terreno).
- Esguerrimiento sub-superficial.
- Esguerrimiento subterráneo.

- a) **El esguerrimiento superficial:** es medido en los ríos a través de estaciones hidrométricas las cuales miden el caudal de agua que pasa por un punto determinado. Este caudal depende de la respuesta hídrica de la cuenca a

la precipitación que cae en ella, está condicionado por el área de la cuenca, el tipo de cobertura vegetal, tipo de suelos y pendiente del terreno.

b) Escurrimiento sub-superficial: la cual se encuentra bajo la superficie del terreno, pero cerca de ella y que se encuentra en la zona de saturación del subsuelo.

c) Escurrimiento subterráneo: es aquella agua que logra infiltrarse en el terreno hasta niveles inferiores al nivel freático o zona de saturación.²⁰

2.5.9.4. Medición del escurrimiento

La hidrometría es la rama de la hidrología que estudia la medición de una corriente, aforar una corriente significa determinar el caudal que pasa por una sección dada y un momento dado.

Existen diversos métodos, para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de la corriente o según la precisión con que se requieran los valores obtenidos.

Los métodos más utilizados son:

- a. Aforos con flotador.
- b. Aforos volumétricos.
- c. Aforos químicos.
- d. Aforos con vertedores.
- e. Aforos con Molinete.
- f. Aforos con medidas de la sección y la pendiente.

²⁰ Apuntes de Hidrología Superficial – Dr. J. Alberto Rodríguez Castro – M. en C. Guillermo Benjamín Pérez Morales. Edición 2009.

2.5.10. Demanda interna y externa

Las demandas internas se refieren a los consumos de agua por parte de los diferentes sectores de usuarios (consumo humano, agrícola, industrial, comercial, turismo, energético, etc.) ubicados dentro de la cuenca.

Las demandas externas se refieren aquellos consumos de agua por parte de sectores de usuarios ubicados en otras cuencas, que se abastecen del agua de otro sitio.

2.5.11. Métodos para el cálculo de la precipitación y evapotranspiración

2.5.11.1. Cálculo de la precipitación

La exactitud de la evaluación de la precipitación depende esencialmente de la densidad de la red, y de la calidad de los instrumentos; dependen de la zona en estudio y del fin que se persigue.

El intervalo de tiempo a utilizar en el cálculo determina el volumen de agua precipitado sobre la cuenca. Generalmente el cálculo se realiza para la precipitación media de toda la serie considerada.

Para la evaluación de la precipitación, entre otros métodos se utilizan: promedios aritméticos, Thiessen, isoyetas.

2.6. Tratamiento de datos

2.6.1. Tratamiento de información climatológica

En la aplicación de los modelos hidrometeorológicos es necesario recurrir a los datos de estaciones meteorológicas. Según la FAO es recomendable trabajar con series de datos de 30 años para obtener una mayor precisión en los resultados. Para nuestro análisis utilizaremos como parámetros de estudio 25 años, puesto que nuestras estaciones hidrometeorológicas deben poseer los mismos periodos de precipitaciones por ende trabajaremos con datos desde el año 1985 hasta el año 2010.

Estas series pueden presentar puntualmente ausencias de registros y ciertas dudas sobre la calidad de los mismos dada la gran heterogeneidad existente entre las instalaciones. Por estas circunstancias siempre hay que estudiar la validez de la información proporcionada por las estaciones meteorológicas para conocer si esta carece de errores sistemáticos y son homogéneos a lo largo de toda la serie.

2.6.2. Deducción de datos faltantes

Con frecuencia por una u otra razón existen registros de datos vacíos en las estaciones, por lo que entonces se hace necesario completar estos registros, al periodo básico de diseño la estimación de los datos faltantes. Existen varios métodos para este fin, entre los cuales se encuentran los siguientes:

2.6.2.1. Promedio aritmético

Este método consiste en promediar los valores de precipitación de las estaciones vecinas que presentan datos en la misma fecha del dato faltante. Se utiliza este método si la precipitación media anual de cada estación auxiliar (estación índice), difiere en menos del 10% de la estación incompleta.

$$PA = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} \text{ EC. 28}$$

$$PA = \sum_1^n \frac{P_i}{n} \text{ EC. 29}$$

2.6.2.2. Proporción normal

En este método se ponderan las precipitaciones de las estaciones índices con las proporciones de la precipitación normal anual de las estaciones.

$$Px = \frac{1}{3} \left[\frac{Nx}{Na} * Pa + \frac{Nx}{Nb} * Pb + \frac{Nx}{Nc} * Pc \right] \text{ EC. 30}$$

Dónde:

Px= Dato faltantes de precipitación que se desea obtener.

Na, Nb y Nc = Precipitación normal anual de las estaciones índices.

Pa, Pb, Pc = Precipitación en las estaciones índices durante el mismo periodo de tiempo del dato faltante.

Nx= Precipitación normal anual de la estación en estudio.

2.6.2.3. Método de regresión lineal

Para completar registros anuales en uno o más años, seguidos o intercalados, el uso de regresión lineal entre la estación incompleta u otras cercanas es de enorme ayuda para estimar valores faltantes. La regresión lineal y la correlación entendida ésta última como una forma de medir el grado de asociación o dependencia entre los datos de las estaciones que se analizan.

$$Y = \alpha + \beta x \text{ EC. 31}$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (XiYi) - nY'X'}{\sum_{i=1}^n (Xi)^2 - n(x')^2} \text{ EC. 32}$$

$$\alpha = Y' + \beta X' \text{ EC. 33}$$

$$Y_{x,y} = \frac{S_{x,y}}{S_x * S_Y} \text{ EC. 34}$$

Donde:

Xi= Valor correspondiente a la variable X

Yi= Valor correspondiente a la variable Y

X'= Valor medio de la variable X

Y'= Valor medio de la variable Y

n= Número total de valores.

2.6.3. Análisis de homogeneidad y consistencia

Consiste en realizar un análisis de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los

posibles errores sistemáticos que ha podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

Inconsistencia: son los errores sistemáticos que se presentan como saltos y tendencias en las series maestras.

No homogeneidad: cambios de los datos originales con el tiempo. La no homogeneidad en los datos de precipitación, se produce por movimiento de la estación, cambios en el medio ambiente que rodea la estación.

En los análisis climatológicos se utiliza el término homogeneidad aplicándose para ello las pruebas estadísticas y en los análisis hidrológicos se utiliza el término consistencia de la serie, por lo general se detecta con la técnica de la curva doble masa.

2.6.4. Análisis de consistencia curva de doble masa

El análisis de consistencia de doble masa, relaciona la precipitación anual acumulada de una estación X (estación que se analiza) con el correspondiente valor medio de la precipitación anual acumulada de un grupo de estaciones vecinas. Si la estación que se analiza ha sido bien observada, los puntos deberán alinearse en una recta, pero si existe algún quiebre, o cambio de pendiente en la recta, ello indicará que la estadística de la estación analizada debe ser corregida. Los registros a corregir serán, por lo general, los más antiguos y se harán con base en los registros más recientes, ya que se considera que los datos de los últimos años son realizados con una mejor técnica que la empleada en sus predecesores.²¹

A continuación se presentan Los casos más comunes:

²¹ Apuntes de Hidrología Superficial – Dr. J. Alberto Rodríguez Castro – M. en C. Guillermo Benjamín Pérez Morales. Edición 2009.

ANÁLISIS DE CURVA DE DOBLE MASA

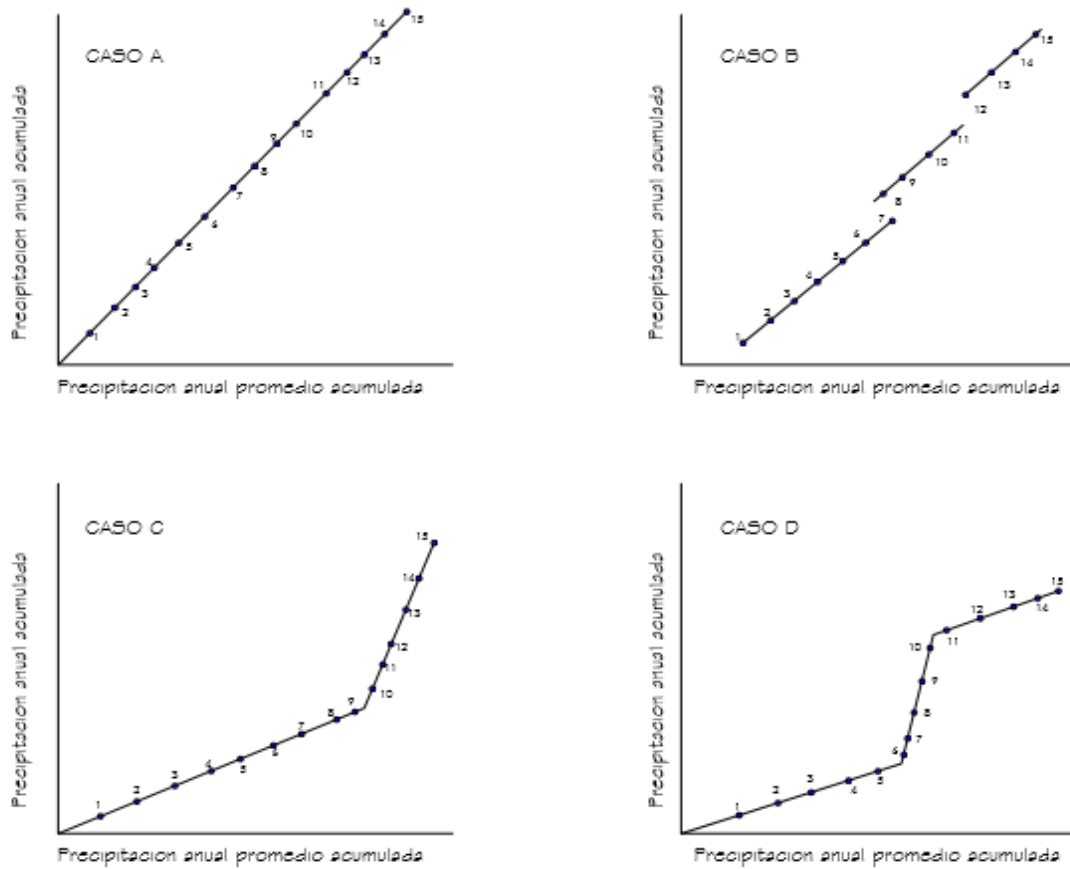


Imagen N° 14. Gráfico de análisis curva doble masa. Campos Aranda 1987.

Caso A: La serie de puntos encaja perfectamente en una línea recta, lo que indica proporcionalidad, y por lo tanto, la estación que se analiza es consistente.

Caso B: Series de rectas paralelas. Lo cual nos indica proporcionalidad, aunque existan años que estén medidos por exceso o defecto.

Caso C: Cuando se forman dos rectas de diferentes pendientes, se tiene un caso típico de error sistemático. La corrección se realiza por la relación de pendientes del tramo más antiguo ya que la experiencia demuestra en un 80% el periodo más moderno es el correcto.

Caso D: Algunas veces sucede que la estación presenta un tramo central de mayor o menor pendiente; en el 95% de los casos en tal período se midió incorrectamente y habrá que corregirlo para homogeneizar la serie.²²

2.6.5. Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía (c) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo.

Los diferentes métodos utilizados para su cálculo (todos ellos de naturaleza empírica) difieren tanto en su fiabilidad como en su complejidad; lógicamente, a más información utilizada más complejidad y fiabilidad y viceversa, pero, en cualquier caso, es fundamental tener en cuenta la mayor o menor homogeneidad de la cuenca.

2.6.6. Métodos de cálculo

El cálculo del coeficiente de escorrentía una cuenca hidrográfica es uno de los aspectos básicos a determinar a la hora de gestionar los recursos agua y suelo, ya sea para su mejor aprovechamiento como su correcto manejo y conservación.

2.6.7. Disponibilidad del Agua

2.6.7.1. Agua y saneamiento

Del total de viviendas existentes en la sub-cuenca, el 34% de ellas no poseen agua potable por lo que es posible que las familias que carecen de este recurso vital se estén abasteciendo de fuentes de agua como ríos, quebradas u otros, los cuales posean niveles de contaminación no tolerables para la salud humana según la OMS. Las comunidades de Los Lipes y Molino Norte en la sub-cuenca

²² Procesos del Ciclo Hidrológico D.F. Campos Aranda Tercera Reimpresión, Universidad Autónoma de San Luis Potosí – Facultad de Ingeniería, San Luis Potosí, S.L.P., México, 1998

Molino Norte y por otro lado las de San Salvador, El Ocote No 1 y La Granja en la sub-cuenca de San Francisco, son las que carecen de este servicio básico, por lo tanto se debe considerar la implementación de proyectos de agua mediante la construcción o mejoramientos de sistemas de abastecimiento a las familias que habitan en las comunidades antes mencionadas **(Ver Anexo B, Tabla 5, 6 y 7)**.

Hay que destacar que el servicio de agua potable la brinda la Empresa Nicaragüense de acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL), para suministrar el agua de estos sectores el sistema municipal cuenta con 11 tanques de almacenamiento y se abastecen de 9 pozos aprovechando los recursos hídricos de los acuíferos del Valle de Sébaco. El sistema es complementado por dos captaciones superficiales, recientemente rehabilitadas, en los ríos Molino Norte y Aranjuez. Cabe mencionar que los mecanismos de captación en el Municipio de Sébaco han creado conflictos entre usos de agua potable para Matagalpa y agua para el riego y la productividad agropecuaria en Sébaco. Esta última actividad productiva es de gran importancia regional y depende en gran medida del cuidado y manejo que se le brinde a la Cuenca del Río Grande de Matagalpa (Alcaldía Municipal de Matagalpa 2004).

El tratamiento del agua se hace por cloración, aun estando siempre expuesta a los agroquímicos utilizados en la zona de captación en este caso en el Valle de Sébaco. Los niveles estándares (pH, turbidez, alcalinidad, cloro, entre otros) son verificados diariamente en la Planta AMAT. Además, se efectúan análisis bacteriológicos una vez a la semana y físico-químicos dos veces al año, al inicio de cada estación. En la red de distribución se realiza un análisis bacteriológico y dos controles de cloro residual por semana (Alcaldía Municipal de Matagalpa 2004).

Según Diepens (2008), el consumo promedio de agua por persona a nivel urbano de los barrios que conforman a las sub-cuencas es de 107 lts/día/persona. Según Howard y Bartram (2003) con esta cantidad se cubren las necesidades básicas

de los habitantes ya que se recomienda que la dotación promedio sea de 50 lts/día por persona.

Existe un 22% de las viviendas en las sub-cuenca que no poseen servicios higiénicos. Esto representa un problema socio ambiental en los hogares donde no se cuenta con esta infraestructura, repercutiendo en la calidad ambiental e incrementando los riesgos de contaminación de acuíferos superficiales y subterráneos, lo que conllevaría de manera proporcional al deterioro de la salud humana, al ingerir alimentos y agua con altos grados de contaminación por la presencia de heces (INIDE 2008).

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1- Recopilación y análisis de información de datos

a) - Para dar inicio al estudio e identificando la problemática, pretendemos brindar información útil a la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL - Matagalpa), por medio de nuestra investigación.

Primeramente procedimos a consultar información en las diferentes instituciones entre estas tenemos: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL-Matagalpa), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), Alcaldía Municipal de Matagalpa (ALMAT).

Los datos obtenidos pertenecen en las diferentes instituciones, estos corresponden a datos de precipitaciones, vientos, temperaturas (datos hidrometeorológicos e hidrométricos) y estudios pasados de la sub-cuenca ahora en estudio. También se realizó una inspección a la sub-cuenca en el punto de control donde se pretende obtener los resultados para valorar la sub-cuenca como cuerpo de captación de agua.

b) - Como cálculo inicial se procedió a determinar el área de la sub-cuenca por medio del Software Argis 10, utilizando Shapes topográficos en escala **1:50,000**.

c) - Para el proceso de los datos meteorológicos brindados por INETER, se requirió completar los datos faltantes por medio del método de regresión lineal auxiliándonos con hojas de cálculos en Microsoft Excel, y verificar su consistencia por medio del método de doble masa, (ver sección en Capítulo III “Cálculos y Resultados”).

3.2- Estudio de las características físicas de la cuenca

a) Cálculo del área de la Sub-cuenca mediante el software Argis 10. Medir la longitud del cauce principal y secundario mediante el software Argis o AutoCAD utilizando la imagen de la sub-cuenca ya delimitada y

escalándola en AutoCAD 2016 podemos también obtener datos de las longitudes.

- b) Cálculo del perímetro de la Sub-cuenca, así como las diferentes longitudes del cauce principal y secundario, elevaciones máximas y mínimas, construcción del Rectángulo equivalente mediante el software Argis 10 o AutoCAD 2016.
- c) Cálculo de los valores de las características físicas de la Sub-cuenca san francisco y construcción de Graficas de curva hipsométrica y Diagrama de altitudes sobre la Sub cuenca.

3.3 - Construcción curva hipsométrica

- 1) Se marcan sub-áreas de la cuenca siguiendo las curvas de nivel, por ejemplo de 100 en 100 m.
- 2) Con el planímetro ó software adecuado (Auto CAD, Arc Gis etc.), se determinan las áreas parciales de esos contornos.
- 3) Se determinan las áreas acumuladas, de las porciones de la cuenca.
- 4) Se encuentra el área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno.
- 5) Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre esas altitudes.

3.4 - Trabajos de gabinete

Los trabajos de gabinete implican diversos aspectos los cuales se requieren realizar una vez procesada la información obtenida de los datos climatológicos brindados por INETER, entre estos: Mapas y datos de precipitaciones influyentes sobre la sub-cuenca:

- a) Las estaciones hidrometeorológicas brindadas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, nos permitieron conocer

que los métodos para el cálculo de la precipitación media anual, como lo son Thiessen e Isoyetas no pueden ser aplicadas en la sub-cuenca, ya que las estaciones no se encuentran dentro del área la sub-cuenca, sin embargo se logra realizar el cálculo de la precipitación media anual gracia al Software Argis 10, utilizando Shapes topográficos a escalas reducidas, este cálculo será explicado con el Software para una buena comprensión.

- b) Calcular la evapotranspiración Real y potencial por el método de Turc y Thornthwaite en función de la temperatura media (ver sección 4.5.7.1- 4.5.8.1)
- c) Calcular la evapotranspiración real y potencial.
- d) Trazar los polígonos en función de las estaciones hidrológicas utilizando los software Argis 10 y AutoCAD 2016.
- e) Calcular la evapotranspiración media y precipitación media hasta la estación de aforo de la Sub-cuenca.

3.5 - Cálculo del balance hídrico superficial hasta la estación de aforo

- a) Realizar el balance hídrico superficial hasta la estación de aforo en estudio.
- b) Realizar un análisis de caudal observado versus precipitación media hasta la estación de aforo.

3.6 - Elaboración de documento

- a) Generación de mapas utilizando software argis 10.
- b) Elaboración de documentación final.

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1. Características físicas de la cuenca

- Área de la cuenca

El área de la cuenca en estudio se calculó mediante el software Arc gis 10, el área de esta es de 22.48 km² y un perímetro de 34.50 km. Es caracterizada como una cuenca pequeña debido a su tamaño el cual es menor de 250km², según Ing. Moreno Ayestas Sandra (1994 Apuntes de Hidrología de superficies).

a) Coeficiente de forma

$$Kf = \frac{22.50 \text{ km}^2}{(2.762 \text{ km})^2} = 2.95$$

En la medida que el Coeficiente de Forma de una cuenca determinada sea más bajo, estará menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño. Puesto que su valor es mayor de 1.20 se caracteriza por tener una forma redondeando a desagüe.

b) Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

$$Ic = 0.28 \frac{34.55 \text{ km}}{\sqrt{22.50 \text{ km}^2}} = 2.04$$

Puesto que el índice de compacidad es > 1 la cuenca presenta forma irregular presentando un IC grande lo cual nos indica que esta es menos susceptible a inundaciones.

c) Rectángulo equivalente

$$L_m = \frac{27.94 \text{ km} + \sqrt{(27.94 \text{ km})^2 - 16 * 22.5 \text{ km}}}{4} = 12.11 \text{ km}$$

$$l_m = \frac{27.94 \text{ km} - \sqrt{(27.94 \text{ km})^2 - 16 * 22.5 \text{ km}}}{4} = 1.86 \text{ km}$$

Condición

$$P^2 > 16S$$

$$27.94^2 > 16(22.5)$$

$$780.6436 > 360$$



Imagen 14. Rectángulo Equivalente.

Se cumple la condición, lo cual nos indica que posee la misma superficie de la cuenca, el mismo perímetro, mismo índice de compacidad e idéntica repartición de la cuenca en estudio.

d) Relación de Elongación

$$R_E = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot 22.5}{\pi}}}{12.11 \text{ km}} = 0.44$$

El coeficiente de la relación de elongación varía entre 0.6 y 0.8 para una amplia variedad de climas y geologías. Está fuertemente correlacionada con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde varía de 0.6 a 0.80 está asociado a fuertes relieves y pendientes del terreno.

e) Densidad de drenaje

$$\begin{aligned} L_s &= 2,761.8285 + 5,600.6361 + 1086.2953 + 3163.2888 + 2,178.4002 \\ &\quad + 1051.9408 + 3,133.2090 + 1,308.4559 + 420.4382 \\ &= 20,704.4928 \text{ Mts.} \end{aligned}$$

$$Dd = \frac{20.704 \text{ km}}{22.5 \text{ km}^2} = 0.92$$

De acuerdo al valor obtenido menor nos indica que los suelos predominantes en la cuenca son duros, pocos erosionables y bastante permeables y con drenaje pobre.

f) Elevación media de la Cuenca

Para determinar los valores de la elevación media de la cuenca necesitamos auxiliarnos del Software Argis 10, ya que necesitamos identificar las curvas de nivel que se encuentran en la cuenca, las áreas parciales, alturas de estas y áreas acumuladas. A partir de estos valores podremos calcular los demás datos para completar el cálculo.

COTAS (msnm)	AREAS PARCIALES (m2)	AREAS ACUMULADAS (km ²)	Hi	HiAi	B %
745.540-800	2433718	2.434	772.770	1880704003.320	10.82%
800-900	7697733.5	10.131	850	6543073475.000	34.21%
900-1000	5185766.5	15.317	950	4926478175.000	23.05%
1000-1100	3304236.8	18.621	1050	3469448640.000	14.69%
1100-1200	2269217.5	20.891	1150	2609600125.000	10.09%
1200-1300	1389806.8	22.280	1250	1737258500.000	6.18%
1300-1402.654	213406.03	22.494	1351.327	288381287.621	0.95%
	22493885.13	22.500	Σ	21454944205.940	

Cuadro 5. Planilla de cálculo curva hipsométrica.

El resultado de la sumatoria de las áreas parciales nos representa el valor del área total de la cuenca distribuido entre las diferentes cotas que se presentan en la cuenca.

Cuadro 6. Planilla de cálculo curva hipsométrica

$\Delta H (m)$	$\sqrt{\frac{\Delta H * B}{1000}}$	AREAS SOBRE LAS COTAS (km ²)	% DEL TOTAL AREAS PARCIALES	% DEL TOTAL QUE QUEDA SOBRE LAS COTAS
54.46021	0.77	20.060	10.819	100
100	1.85	12.362	34.221	61.627
100	1.52	7.177	23.054	35.776
100	1.21	3.872	14.689	19.304
100	1	1.603	10.088	7.992
100	0.79	0.213	6.179	1.064
102.6536	0.31	0.000	0.949	0
	7.45		100.000	

$$Em = \frac{\sum H_i A_i}{A} = \frac{21454944205.940}{22493885.13} = 953.81 \text{ mts.}$$

g) Pendiente media del cauce principal ó pendiente del río

$$S_{río} = \frac{1,396 \text{ msnm} - 751 \text{ msnm}}{1,000 * 2.76 \text{ km}} * 100 = 23\%$$

El valor calculado nos indica que la cuenca presenta una pendiente accidentada ya que este oscila entre el 15% y 25% según cuadro número 2 (Cap. II – Marco Teórico). Fuente: Delgadillo y Páez (2008).

h) Índice de pendiente

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{12110}} * 7.45 = 0.068 \text{ ó } 6\%$$

El valor obtenido, representa el valor medio de las pendientes en la cuenca.

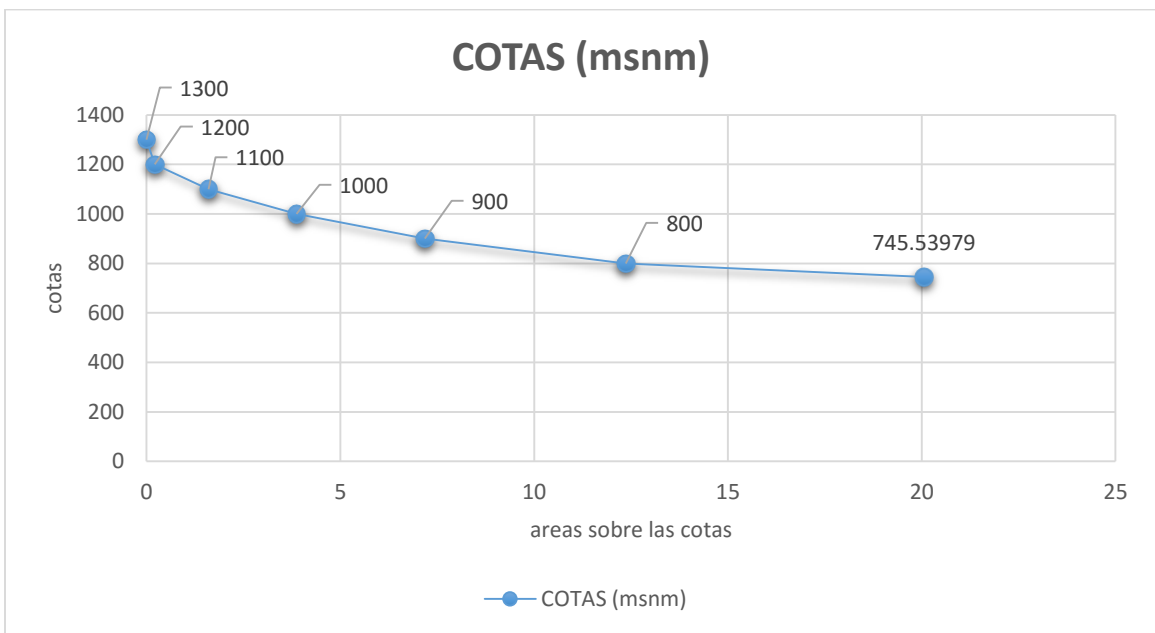
i) Tiempo de concentración

$$T_c = 0.0041 * \left(\frac{3.28 * 2760}{\sqrt{0.068}} \right)^{0.77} = 12.85 \text{ minutos}$$

El tiempo que demora una partícula de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de control son 12 minutos, lo cual nos indica que el tiempo de concentración en la cuenca es de clase rápida, ya que oscila entre 0 a 41.7 minutos, según cuadro número 3 (Cap. II – Marco Teórico). Fuente: Delgadillo y Páez (2008).

j) Curvas características de la Sub-Cuenca

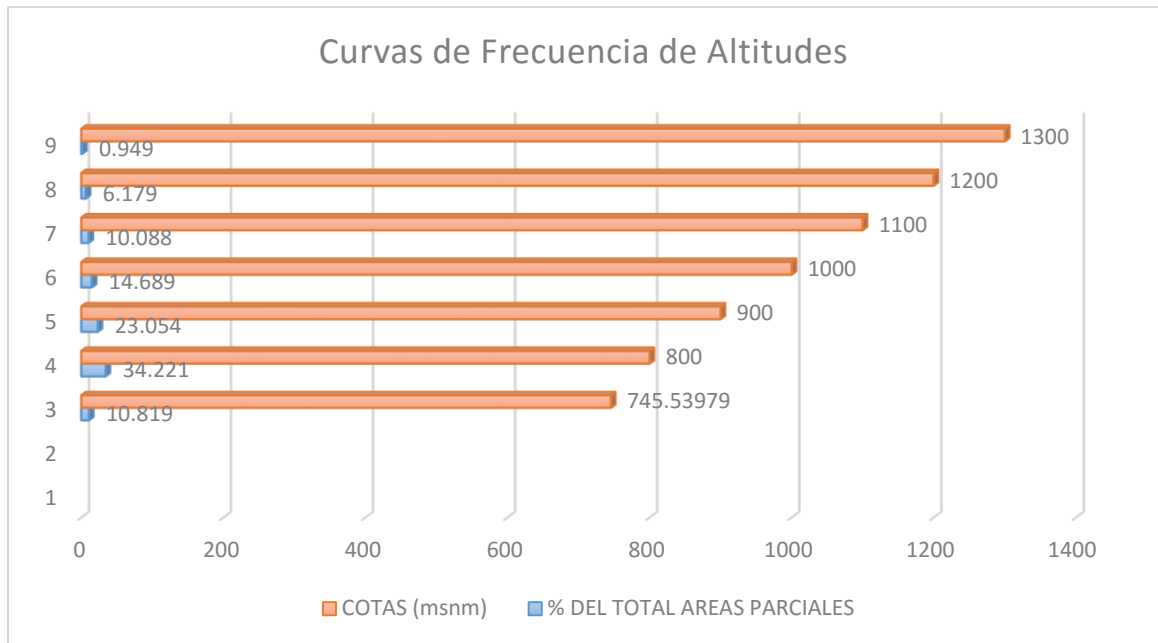
1 - Curva Hipsométrica



Grafica N° 1. Curva hipsométrica de Sub-cuenca San Francisco.

La curva hipsométrica nos indica que nuestra cuenca presenta valles extensos y cumbres escarpadas, que la concavidad de la curva tiende ir hacia arriba.

2 - Curva de frecuencia de altitudes



Gráfica N° 2. Curva de frecuencia de altitudes de Sub-cuenca San Francisco.

La gráfica nos muestra la distribución de los porcentajes de las superficies ocupadas por las diferentes altitudes presentes en la sub cuenca.

Podemos observar que en la sub cuenca predominan las mayores áreas entre las elevaciones 800 – 900 msnm, con los porcentajes de 34.22% y 23.06% respectivamente. Puesto que dentro de estos rangos de altitudes se presentan las mayores precipitaciones.

4.2. Balance hídrico superficial

4.2.1. Relleno de datos faltantes

Para el cálculo del relleno de datos faltantes se utilizó el método estadístico de regresión lineal (ver sección 2.6.2.3), se empleó para estimar datos de registros anuales, con una relación de 25 años, con un coeficiente de relación (R^2) mínimo de 0.7 se utilizó la estación como índice Jinotega (55020) y la estación San Dionisio (55016) como estación a rellenar obteniendo una ecuación $Y=0.6499x +$

606.56, $R^2= 0.1007$. La regresión realizada para la estación Sébaco (5505) tomando como índice Jinotega resulta la ecuación $Y=0.7662x - 48.763$, $R^2= 0.7302$. Para la regresión realizada en la estación San Ramón (55025) tomando como índice Jinotega resulta la ecuación $Y=1.8832 - 660.36$, $R^2= 0.5369$.

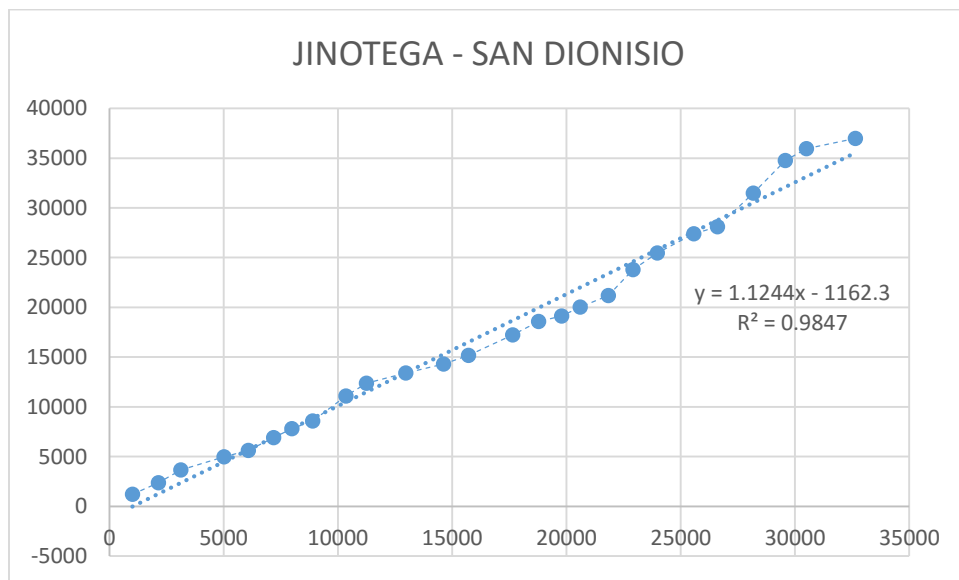
La correlación para los datos de precipitaciones se muestra (Ver cuadro 14, 15, 16. Gráficos 8, 9, 10 anexos A). Los datos de precipitación anual rellena se muestran a continuación cuadro 7.

Año	RAUL GONZALEZ	SAN RAMON	JINOTEGA	SAN DIONISIO	SEBACO	LA LABRANZA
1985	729	1154	1010.1	1209.3	759.3	742.6
1986	572.3	1383.2	1132.8	1174.6	598.9	882.7
1987	701.3	1334.8	977.7	1265.3	570.8	802.9
1988	465.4	2266.3	1898.8	1332.4	1413.2	1639.5
1989	759.3	999.9	1059.4	651.9	693.8	69.4
1990	739.6	1433.18	1111.7	1285.9	803.03	397.8
1991	572.6	825.10	788.8	894.3	555.62	665.6
1992	607.2	80.2	921.4	778.6	637.3	818.6
1993	1658.8	2250.1	1456.7	2513	943.5	1277.6
1994	2225.1	1361.1	891.8	1256.8	641.7	735.3
1995	1567.4	4334.2	1715.1	1036.7	1218.6	1138.1
1996	3165.6	4226.8	1655.2	918.8	1081.6	1282
1997	712.9	1499	1096.4	843.9	770.6	914.9
1998	1517.9	2980.3	1933.7	2081.6	1332	1059.6
1999	912.5	2175.1	1130.5	1324.6	1252.3	1345.9
2000	690.8	1115.5	1005.1	552.6	872.9	651.5
2001	661.5	683.4	814.7	922.2	919.2	640.6
2002	724.7	1128.2	1227.8	1139.4	984.6	1300
2003	802.4	1501.8	1089.5	2616.5	638.7	933.1
2004	618.4	1426.8	1065.2	1661	809	799.6
2005	998.6	1846	1589.1	1945	877.2	1458.4
2006	678	1239.8	1042.5	702.5	570.7	315.1
2007	1019.5	1574.8	1556	3369.6	1171.5	1157
2008	1281.4	1862.6	1410.2	3283	1199.2	1884.1
2009	641.5	1297.9	921.6	1205.5	507	567
2010	1842.9	2332.8	2146.8	1023.5	1926.3	2658.4

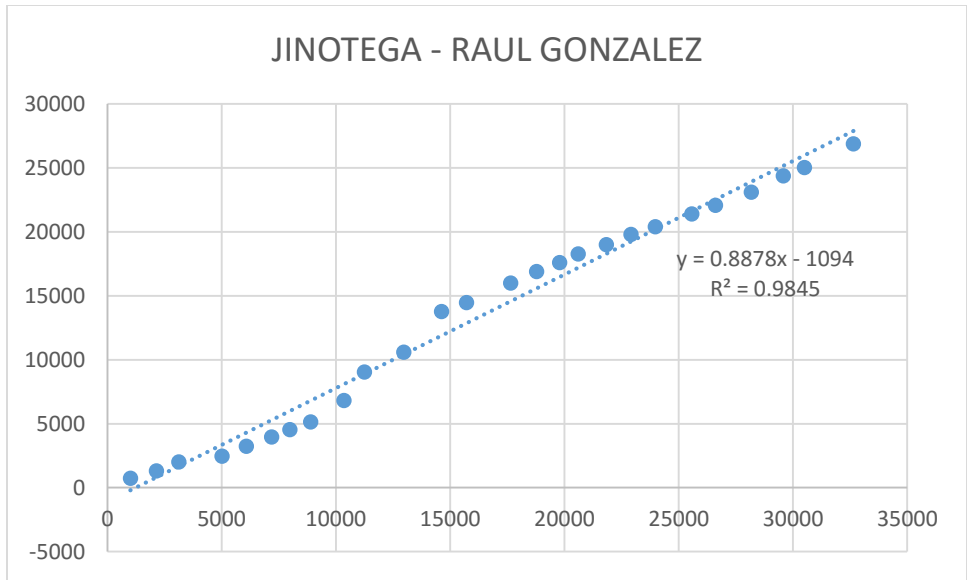
Cuadro 7. Datos de precipitación anual rellenados

4.3. Análisis de la consistencia curva doble masa

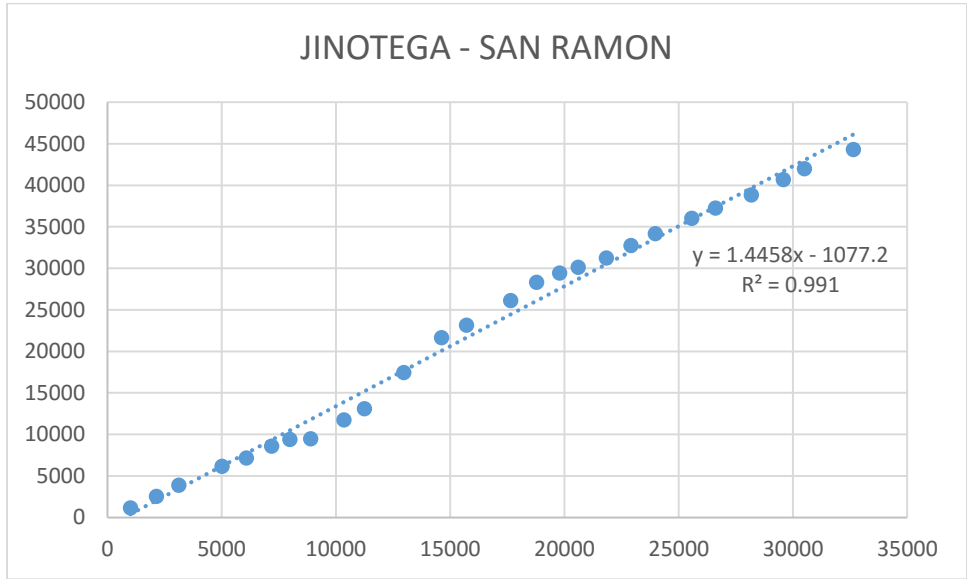
Los datos de precipitación se analizaron por el método curva doble masa para ver la consistencia de los datos registrados de las estaciones, de no tener la consistencia adecuada se procedería a corregirlas. Para este análisis se tomó como estación índice Jinotega (55020) que es del tipo estación pluviográfica (HMP). En el cuadro 7, se han tabulado los valores de precipitación anual del periodo común y se han realizado sus acumulaciones, los resultados se muestran en anexo A, cuadro 17 - 21, cuyos valores dibujados en unos ejes de coordenados, se tienen en la Grafica 3 - 7.



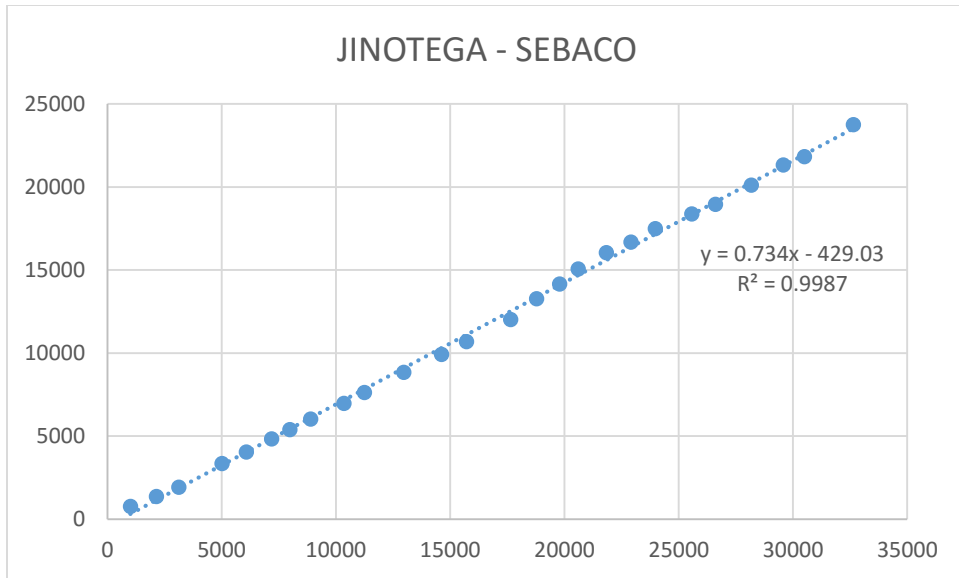
Grafica N° 3. Curva doble masa estación Jinotega – San Dionisio.



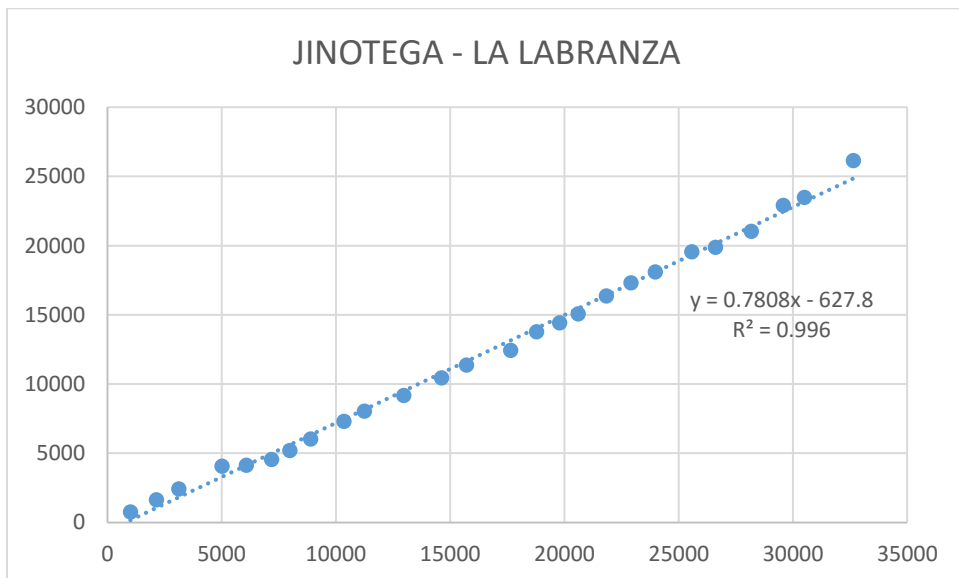
Grafica N° 4. Curva doble masa estación Jinotega – Raúl González.



Grafica N° 5. Curva doble masa estación Jinotega – San Ramón.



Grafica N° 6. Curva doble masa estación Jinotega – Sébaco.



Grafica N° 7. Curva doble masa estación Jinotega – La Labranza.

De acuerdo a la teoría (ver sección 4.6.4). Los datos resultaron satisfactorios, ya que no presentaron una variación considerable en la pendiente de la curva, lo que indica proporcionalidad y por lo tanto existe una consistencia en la estación analizada. Por lo que no es necesario hacer ningún tipo de corrección a los valores de precipitación anual.

4.4. Precipitación media anual por el método de Thiessen, Isoyetas y método de la media aritmética.

Para calcular la precipitación media anual en este estudio no se utilizó el método de polígonos de Thiessen, Isoyetas y media aritmética, ya que de las estaciones Hidrometeorológicas de la Sub-cuenca no existe alguna dentro de ella, sin embargo auxiliándonos con el software Arc gis 10, con la delimitación de la cuenca y realizando un raster a la cuenca se lograron calcular las áreas de influencia y determinar de este modo la precipitación media anual.

En el anexo B, cuadro 28 se muestra el cálculo de la precipitación media anual que cae sobre el área de la sub-cuenca. El rango de variación de la precipitación media anual en el periodo de 1985-2010 es de 704.13 – 3669.47 mm.

4.5. Cálculo de evapotranspiración real

El cálculo de la evapotranspiración real (ETR) se realizó utilizando el método de Turc (ver sección 2.5.7.1), calculándose a partir de los resultados de precipitación y temperatura media obtenida de la estación Jinotega. Los resultados de la evapotranspiración real de la cuenca se muestran en el (cuadro 24, anexos B). El rango de variación de la ETR en el periodo de 1985 - 2010 es de 696.247- 1138.912 mm.

4.6. Cálculo de evapotranspiración potencial

Se calcula la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Thornthwaite antes dicho en la sección 2.5.8.1, se interpola el valor de K (cuadro 4. Factor k_a meses del año) con respecto a la latitud que se encuentra en la estación 13°05'06" y los meses del año (**Ver anexo A, cuadro 10**). Los resultados de la ETP se muestran (ver anexo B, cuadro 24). Se puede observar que se cumple la condición la $ETR \leq ETP$.

4.7. Cálculo del balance hídrico superficial en la sub-cuenca San Francisco

Con el resultado de nuestros cálculos de precipitación media y evapotranspiración real (ETR), se logró estimar el caudal medio anual con la ecuación correspondiente (ver sección 2.5.7.1), en el período de 1985 - 2010. Los cálculos se demuestran en anexos

B, cuadro 24, y en la Grafica 17 se muestra el hidrograma anual de caudales obtenido del balance hídrico.

El balance hídrico de la sub-cuenca San Francisco se obtuvo una variación de caudal mínimo de 7.1mm en el año 2001, y un caudal máximo de 2577.1mm en el año 1995.

4.8. Calculo de caudales mediante aforos (Método del Molinete)

Se denominan molinetes hidráulicos a instrumentos cuyo objeto es el de medir mecánicamente la velocidad de una corriente de agua en el punto en que están sumergidos, constituyéndose en los dispositivos más utilizados en la actualidad para la realización de aforos directos en ríos y canales.

El fundamento de los molinetes para el cumplimiento de su función es que el movimiento de la corriente haga girar un eje a través de una hélice. Estando el aparato correctamente colocado en el seno de la corriente, mientras la velocidad de la misma permanezca constante, el eje girará con una velocidad también constante, que tendrá una relación unívoca con la de los filetes líquidos, de modo que así se podrá medir la velocidad y de las aguas en la zona donde esté colocado el molinete.

La velocidad “n” de giro se mide a través de un sistema de platinos que cierran un contacto por cada número determinado de revoluciones del eje (frecuentemente por cada 10, 20 ó 50). Estos platinos comunican con un par de bornes en el exterior del aparato, a los que se conecta un circuito eléctrico, que a través de un cable conductor tan largo como sea necesario, hace sonar un timbre por medio de la correspondiente batería de pilas. Los intervalos entre golpes de timbre se pueden contrastar fácilmente con un cronómetro, de forma de llegar a determinar, con suficiente exactitud, el valor de la velocidad angular “n” (rpm).

La función de la velocidad en función del número de revoluciones $V = f_n$, es suministrada por el fabricante del aparato, y depende del tipo de hélice empleada, pudiendo asimilársela muy aproximadamente a una parábola de segundo grado de eje vertical

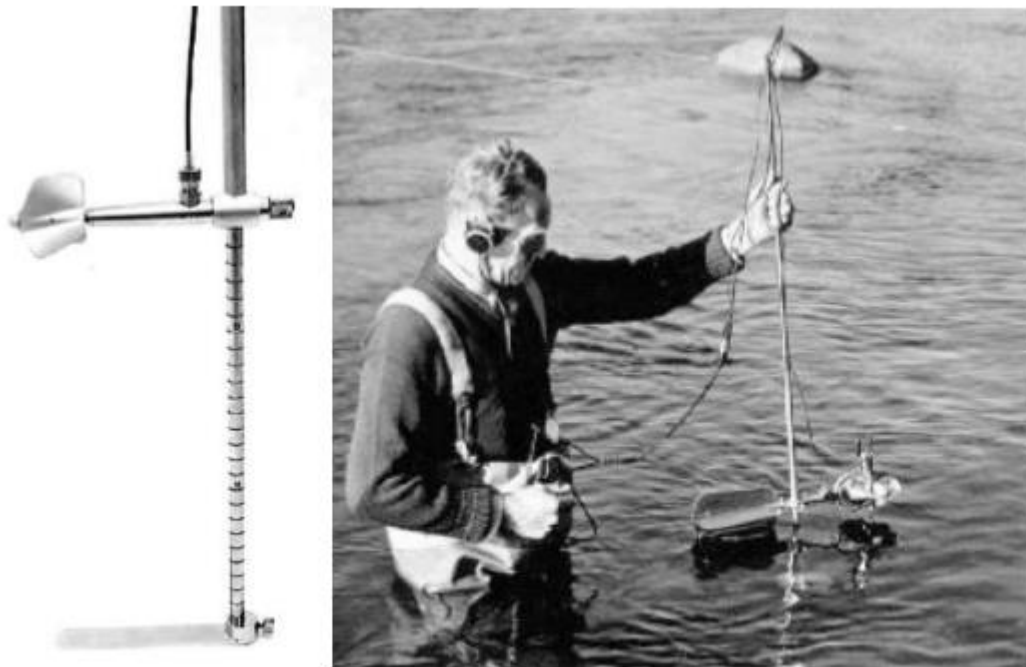


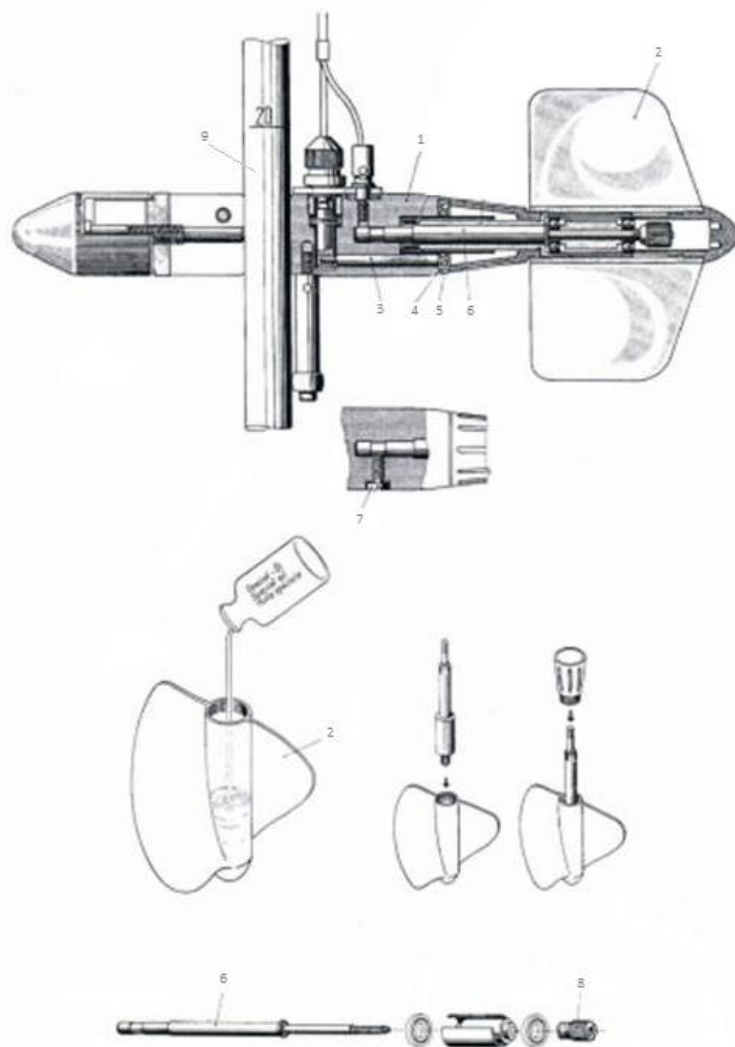
Imagen 15. Calculo de caudales con Molinete.

El molinete puede ir fijado a una barra vertical que se apoya en el fondo del cauce (que al estar graduada permite determinar la profundidad de colocación), o bien suspendido de un cable. En el primer caso, el aparato queda solidario a la barra, y su orientación, que debe ser la de un plano vertical paralelo al eje de la corriente, debe ser dada por el propio operador. Cuando va suspendido, para que el molinete permanezca orientado correctamente, debe estar provisto de un timón o cola orientadora, de forma que una vez sumergido en el agua, quede suspendido aproximadamente de su centro de gravedad, y así los filetes líquidos asegurarán directamente su alineación con la corriente.

El elemento que sirve para enrollar el cable de suspensión y que a su vez mide la profundidad a que se encuentra el molinete, se denomina torno.

Para dar inicio al proceso de Aforo con equipo molinete debe conocerse muy bien el aparato que se está empleando, seguidamente debe seleccionarse un punto donde se pueda realizar el Aforo, este punto puede estar ubicado a unos metros de distancia aguas arriba del punto de control.

4.8.1. Especificaciones técnicas del equipo



ITEM	NOMBRE
1	Cuerpo del molinete
2	Helice
3	Emisor de impulsos
4	Aro
5	Union roscada
6	Eje de acero
7	Tornillo
8	Tuerca
9	Barra gradada

4.8.2. Método para recopilación de datos en aforo

- a) Realizar limpieza en sitio seleccionado para el aforo.
- b) Ubicar estacas en ambos costados del río y posteriormente colocar una manila que nos ayudara como referencia para tomar la medida del ancho total del río.
- c) Medir el ancho total del río, esto se hace observando a simple vista hasta que punto de la orilla del río pasa la corriente en ambos costados, luego con una cinta métrica se toma la medida.
- d) Procedemos a tomar el ancho útil, a partir de este punto tomaremos los datos con el equipo molinete, pero antes con el equipo ya armado a partir del punto marcado del ancho total, se sumerge el equipo en el río y se procede a moverse hacia el centro del río. Cuando el molinete inicie a girar se marca con un prensador, lo cual indica que en este punto inicia el ancho útil. Repetir el procedimiento en el otro extremo hasta que inicie a girar el molinete y poder marcar el punto número 2 del ancho útil.
- e) Medir con una cinta métrica el ancho útil del río, de la distancia resultante de la medida se divide entre 5 si el ancho útil es igual o menor a 6 metros, si es mayor de 6 mts hasta 10 mts, el ancho útil se divide en 10 tramos iguales y se procede a marcar los puntos donde se tomaran los datos del aforo.
- f) Una vez marcados los puntos, procederemos a tomar los datos que nos registrará el molinete en cada uno de los puntos.

Nota: Si el tirante de agua medido en la barra gradada es igual o menos a 0.15 mts, se tomará una sola muestra de aforo en ese punto; si el tirante medido en el punto oscila entre 0.15 y 0.50 mts se tomaran 2 medidas del aforo en ese punto una de ellas al 40% y la segunda al 60% de la profundidad total; si el tirante es mayor a 0.50 mts, se tomaran 2 medidas de aforo en ese punto, una de ellas al 80% y la segunda al 20% de la altura del tirante hidráulico registrado. Todas estas muestras se toman en un lapso de 1 minuto.

4.9. Estimación de Caudales mediante ArcGis 10

El siguiente artículo presenta la “Estimación de Caudales Medios y Extremos en Colombia combinando balances hídricos y Teoría de Escalamiento”, este indica que:

En **Hidrología**, el balance de agua para un volumen de control o una cuenca viene dado por la siguiente ecuación.

$$\frac{dS(t)}{dt} = P(t) - E_s(t) - R_q(t) \quad \text{EC.35}$$

Donde:

- S(t): Representa el almacenamiento de agua en la columna de suelo;
- P(t): Es la tasas de precipitación
- Es(t). Es la evaporación real
- Rq(t) representa la escorrentía total (constituida por la escorrentía superficial a la salida de la cuenca y la escorrentía neta lateral subterránea).

Si integramos la ecuación anterior en un intervalo de tiempo largo (T), de tal manera que los cambios en los almacenamientos S sea despreciable

$$\int_0^T \frac{dS(t)}{dt} = \int_0^T [P(t) - E_s(t) - R_q(t)] dt \quad \text{EC.36}$$

Obtenemos lo siguiente

$$\frac{1}{T} [S(T) - S(0)] = \frac{1}{T} [PP - EE_s - RR_q] \quad \text{EC.37}$$

Donde

- PP: Precipitación promedio anual multianual en mm/año
- EE_s: Evapotranspiración real en mm/año
- RR_q: Escorrentía promedio a largo plazo en mm/año.

Dado que S varia poco mientras que el tiempo aumenta, el primer término de la ecuación anterior tiende a cero, por tanto obtendremos lo siguiente.

$$RR_q = PP - EE_s \quad \text{EC.38}$$

Esta ecuación es una aproximación que supone que el cambio en la cantidad almacenada en el suelo y en la atmosfera, en el largo plazo, es despreciable respecto a los demás términos.

De acuerdo a los autores (Poveda et al., 2007), la aproximación conduce a errores que son de menor orden que los errores en la medición de cada una de las componentes (P, E y R), por lo cual se puede usar para estimar la esorrentía. Esto requiere entonces la estimación de la lluvia y la evapotranspiración real.

La ecuación anterior se puede convertir en caudal si multiplicamos por el área, si tenemos unidades uniformes, por ejemplo: esorrentía, precipitación y evapotranspiración real en m/año y el área en m² obtendríamos el caudal en m³/año

$$A(RR_q) = A(PP - EE_s) \quad \text{EC.39}$$

$$Q(m^3/año) = A(PP - EE_s) \quad \text{EC.40}$$

Aplicando la ecuación del balance hídrico a largo plazo en ArcGis con archivos raster, podríamos obtener el caudal medio de una cuenca a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal Medio} = \int_{\text{área de la cuenca}} [P(x, y) - E(x, y)] dA \quad \text{EC.41}$$

P(x,y) es la precipitación que recibe el punto (x,y) en el período considerado, E(x,y) es la lámina de agua que se pierde por evapotranspiración en el punto (x,y) en el mismo período, y dA es un diferencial de área de la cuenca.

Esta ecuación se soluciona de forma discreta en los píxeles al interior de la cuenca, es decir se calcula la producción media de esorrentía que se produce en cada píxel del mapa que representa la región, y luego se suma el resultado según el procedimiento de agregación de variables y se obtiene el mapa de caudales medios.

Para aplicación de esta metodología en **ArcGis**, debemos contar con un **raster** de Precipitación, de Evapotranspiración real y el raster de área de la cuenca y hacer las operaciones con **Raster Calculator**.

4.9.1. Calculando caudales medios en ArcGis

Retomando el análisis hidrológico hablado en el artículo **Estimación de caudales medios con ArcGis**, veamos como obtenemos un mapa de caudales en **ArcGis**. Para ello necesitamos los siguientes archivos

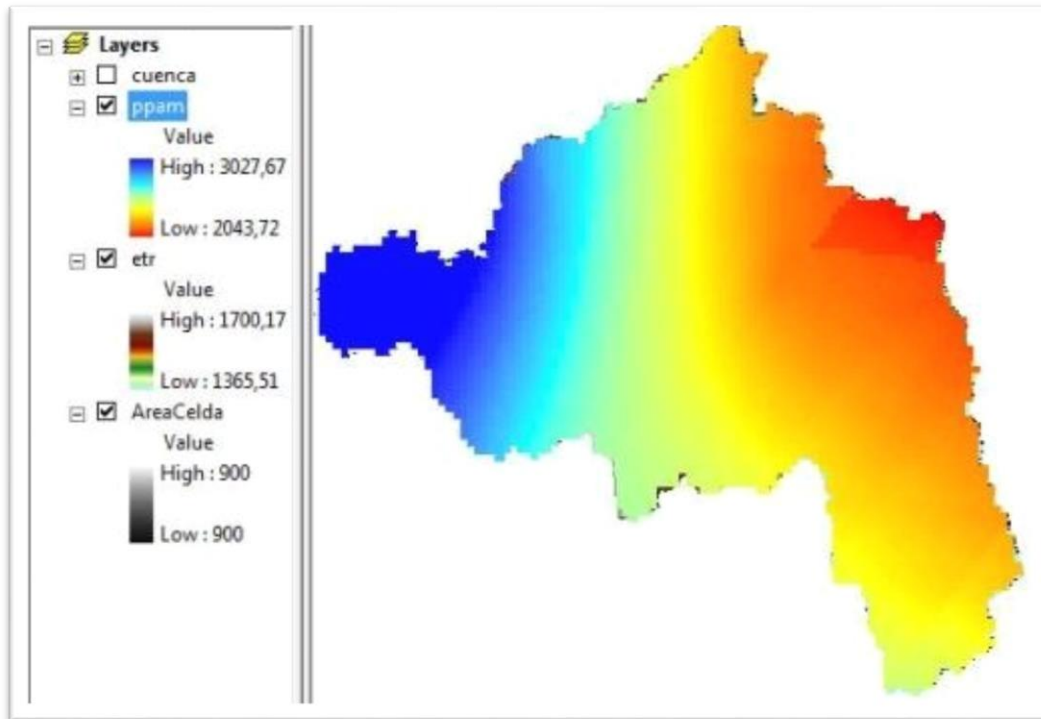
- 1 - Raster de evapotranspiración real.
- 2 - Raster de precipitación anual multianual (elaborado con más de 20 años).
- 3 - Raster de la cuenca cuyo campo "Value" almacene el área de cada celda del raster de la cuenca (o simplemente tener el valor del área de cada celda).

Para cada celda del raster realizaremos la siguiente operación

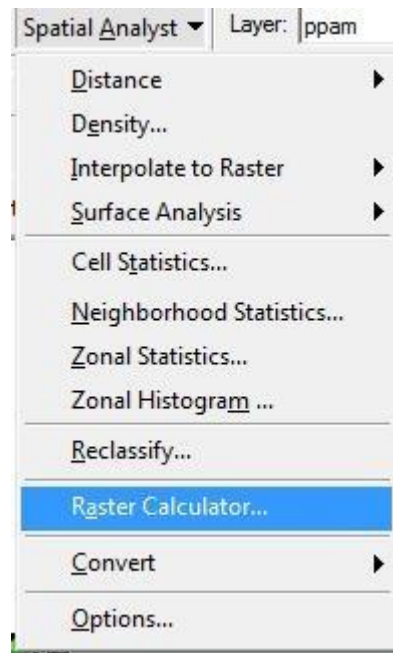
$$Q = (P - EVT)A_c \quad \text{EC.42}$$

Dado que la precipitación y la evaporación real generalmente se mide en mm/año, el área en m² y el caudal se desea en m³/s, debemos utilizar un factor de conversión para tener unidades homogéneas. Luego la ecuación anterior quedará del siguiente modo.

$$QML(m^3/s) = \frac{A_c}{3,1536 * 10^{10}} (P - EVT) \quad \text{EC.43}$$

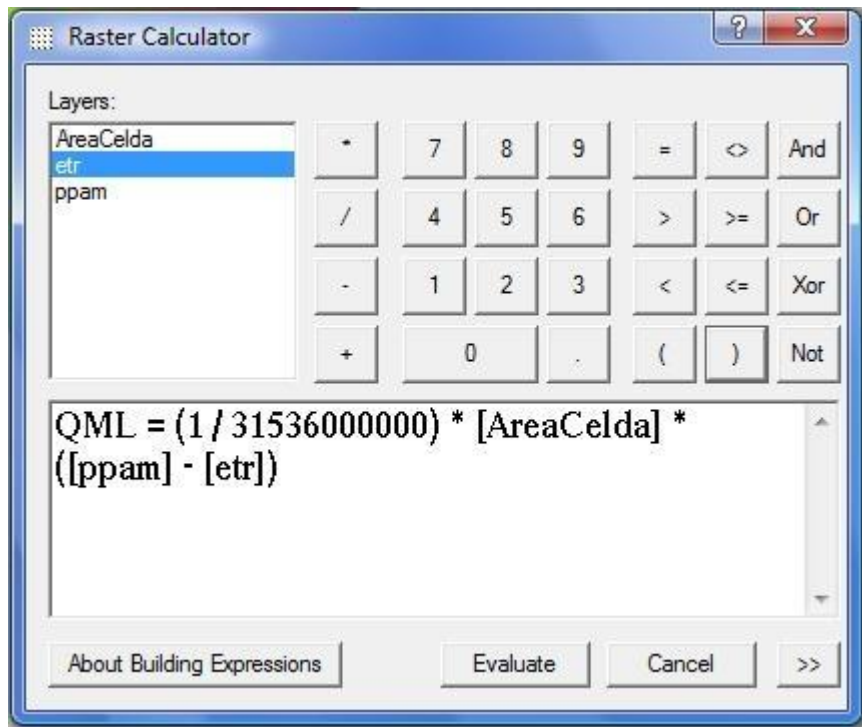


Vamos a Spatial Analyst y seleccionamos Raster Calculator.

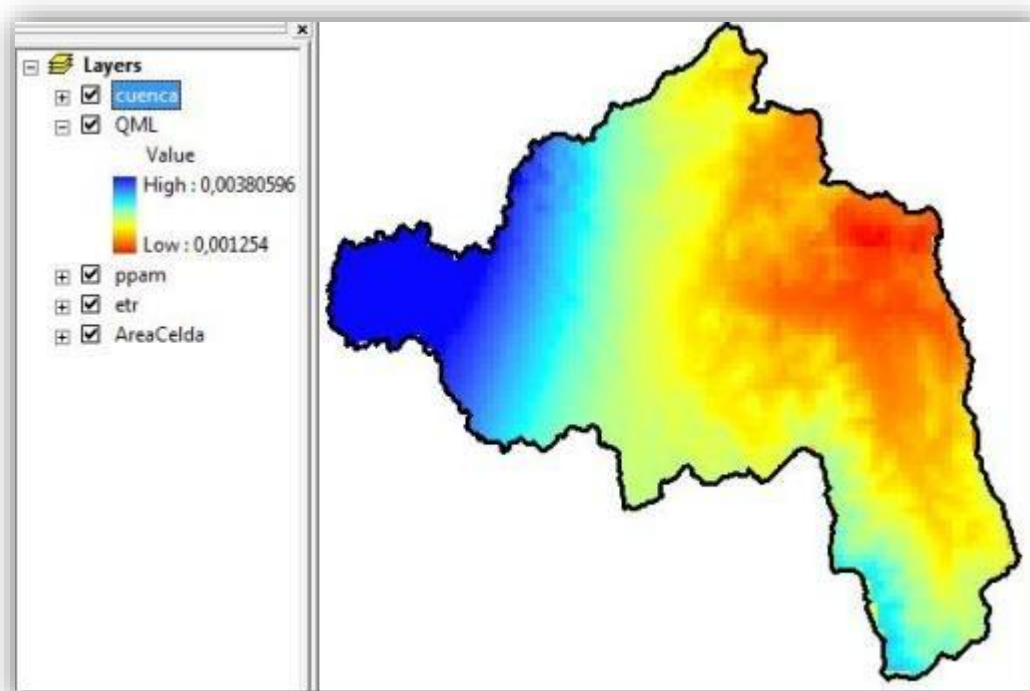


En la ventana de la calculadora raster, escribimos la siguiente expresión:

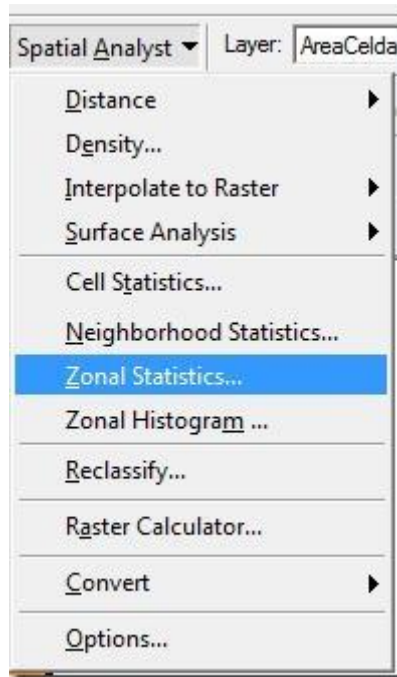
$$QML = (1 / 3153600000) * [AreaCelda] * ([ppam] - [etr]).$$



Después de presionar Evaluate... obtenemos el raster de caudal en m³/s para cada celda.

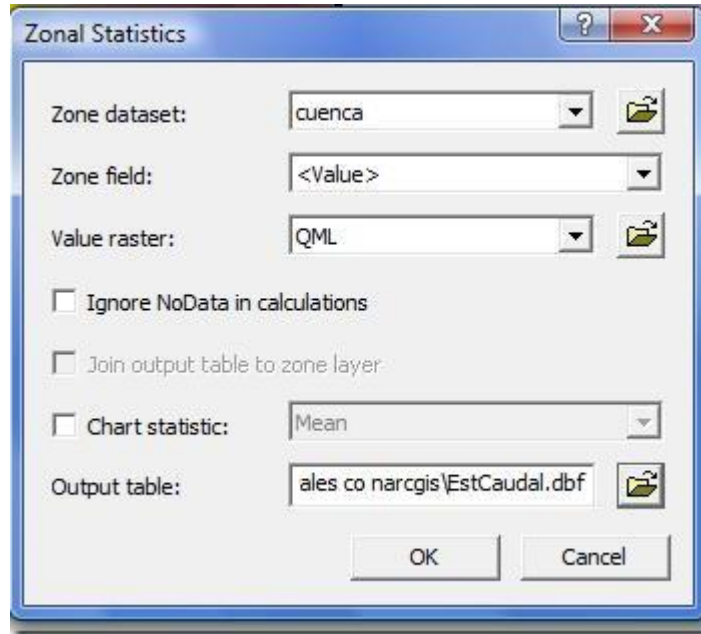


Ahora con la ayuda del shape de la cuenca (Cuenca) que vemos en la parte superior, realizamos una Estadística Zonal para determinar el caudal medio de la cuenca. Vamos a **Spatial Analyst** y elegimos la opción Zonal Statistics...



En la ventana que aparece rellenamos la siguiente información:

- Zonal dataset: elegimos el shape de polígono de la cuenca. En este caso se denomina "cuenca"
- Zonal field: Elegimos el campo "Value"
- Value raster: elegimos el raster al cual le queremos realizar la estadística zonal, en este caso se denomina QML
- Output table: Indicamos la ruta y el nombre con el que guardaremos la tabla.



Botón OK y obtenemos el caudal medio a largo plazo de la cuenca almacenado en el campo resaltado en azul.

OID	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	0	4211	3,7899E+08	0,001254	3,80596E-03	2,55195E-03	2,26566E-03	6,14503E-04	9,5407

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 1 Selected) Options

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1- Se delimitó la Sub – cuenca en estudio, empleando el Software Argis 10.2
- 2- Se determinaron los parámetros físicos ó Morfología de la Sub – cuenca, llegando a las siguientes conclusiones:
 - a) La cuenca se caracterizó como una Cuenca pequeña debido a su tamaño de 22.48 Km², presentando un menor valor de 250Km².
 - b) La cuenca presenta forma irregular dado al valor del Índice gravelius de 2.04, lo cual es menos susceptible a inundaciones.
 - c) Dado su valor de coeficiente de forma 2.95, su valor es mayor a 1.20, esta se caracteriza por tener forma redondeada a desagüe.
 - d) El valor de densidad de drenaje de 0.92 nos indica que los suelos predominantes en la cuenca son duros, poco erosionable y bastante permeables con drenaje pobre.
 - e) La cuenca presenta una elevación media de 953.81 msnm y una pendiente media del cauce principal del 23%, indicando con esto una pendiente accidentada pues si valor oscila entre el 15% al 25%.
- 3- Los cálculos de la precipitación media anual de la Sub – cuenca, empleando los métodos de Thiessen, Isoyetas y Media aritmética, no se lograron estimar, debido a que las estaciones pluviométricas se encuentran fuera del área de la cuenca en estudio,. Sin embargo, empleando el Software ARGIS 10 por medio de un Raster, se lograron obtener los resultados.

- 4- Empleando el método de Turc se determinó la Evapotranspiración real de la Sub – cuenca presentando un promedio interanual de 933.70 mm, para un periodo de 25 años de estudio. Mediante el método de Thornthwaite se logró calcular la Evapotranspiración potencial presentando un promedio interanual de 933.70 mm, para un periodo de 25 años.
- 5- Se determinó el coeficiente de escorrentía de la Sub-cuenca, en valores de porcentajes por año y con este valor se procedió a realizar el cálculo de las aportaciones en Hm³. (Ver en Anexo B, Cuadro 29).
- 6- Al realizar los cálculos del balance hídrico superficial de la Sub-Cuenca San Francisco se logró estimar un historial de caudales anuales que nos muestran los valores representativos que se han venido dando a través del tiempo, siendo los valores de caudales mayor, menor y medio los siguientes:
 - a) Caudal mayor registrado: 1,837.04 l/s en el año 1,995. Durante este año se presente el mayor dato registrado de caudal sobre la cuenca.
 - b) Caudal medio registrado: 1758.01 l/s en el año 1,996. El Caudal medio también representa un dato muy significativo sobre la cuenca, pues en este periodo el país se vió afectado por el Huracán Cesar – Douglas, registrando de este modo la cuenca un caudal atípico.
 - c) Caudal menor registrado: 5.10 l/s en el año 2,001. Este caudal nos muestra un dato muy bajo registrado en comparación con años anteriores, este cambio se dio debido al periodo de sequía que atravesó el país en este año.
- 7- Se logró estimar la disponibilidad de agua en el punto de control. Presa san Francisco, valorarla como cuerpo de captación y darle uso para consumo humano, dependerá de las autoridades administradoras de la Cuenca.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Es de suma importancia que la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL) y el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) realicen un convenio con el propósito de establecer nuevas estaciones pluviométricas en la Sub cuenca para en un futuro realizar análisis a escala más detallado.
- 2) Es necesario que el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), realice los monitores adecuados, correspondientes a las estaciones ubicadas cercanas a la sub-cuenca San Francisco, ya que la estación más cercana a esta pertenece a San Ramón, esta no cuenta con el registro de datos de temperaturas y por ende no se puede tomar como estación base para las correlaciones de las precipitaciones en la Sub-cuenca.
- 3) Puesto que la zona de estudio en la Sub-cuenca presenta en gran parte deforestación, debe implementarse a lo inmediato un plan de reforestación en las zonas más afectadas y de este modo disminuir en parte la erosión que causan las escorrentías superficiales, a su vez se disminuirán el transporte de sedimentos hacia el río mejorando de esta manera la eficiencia del cuerpo de agua.
- 4) Es responsabilidad del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), velar por la conservación y el uso adecuado de los bosques, fuentes de agua y recursos naturales en general, por ende es necesario que como institución tomen las medidas necesarias con los productores cafetaleros y otros que hacen uso de agroquímicos en sus plantaciones y cultivos que se encuentran cercanas a la sub-cuenca trayendo contaminación a las aguas.

- 5) Realizar campañas de concientización a las personas que habitan en los alrededores de la sub-cuenca, enseñándoles que no deben realizar despale en la sub-cuenca, ni contaminar con las aguas mieles de sus cultivos al depositarlos sobre el río.
- 6) Una posible alternativa de solución para rehabilitación del proyecto de la Sub-cuenca San Francisco como fuente de abastecimiento, sería almacenar el caudal por días hasta que el embalse adquiriera el volumen de almacenamiento, una vez recolectada el agua se procedería a bombear hasta la planta de tratamiento, donde sería potabilizada y luego almacenada en tanques de almacenamiento para luego ser distribuida a la población.
- 7) Brindarle mantenimiento a la presa cada cierto período, realizando un dragado que permita la extracción de las arenas y los sólidos que se han venido acumulado por las corrientes a través del tiempo.
- 8) Puesto que no se cuenta con mayor cantidad de datos de precipitaciones por parte del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), se recomienda iniciar un estudio a lo inmediato de recolección de datos de Caudales con Aforo por un periodo aproximado de un año y de este modo obtener datos actuales de caudales en la Sub – Cuenca.
- 9) Puesto que los caudales registrados son muy bajos al utilizarse un equipo de bombeo se secaría la fuente provocando sequia aguas abajo, sumado este problema a la costosa inversión de sustituir aproximadamente 3 km de tubería para la línea de conducción hasta la planta de tratamiento, la cual en estos momentos se encuentra obsoleta y tendría que sustituirse.

ANEXOS

ANEXOS A.

**Datos de Precipitación, temperatura
uniformando el período 1985-2010 y
Correlaciones**



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: RAUL GONZALEZ /SAN ISIDRO

Código: 690132

Años: 1985– 2010

Parámetro: precipitación (mm)

Latitud: 12°54'48"

Longitud: 86°11'30"

Elevación: 480 msnm

Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	0	0	10	0	74.1	82.2	67.5	93.9	91.4	217	92.5	0.4	729
1986	0	10.1	8	0	177.5	49.9	64.1	89.9	97.3	60	13.1	2.4	572.3
1987	10.5	0.3	6.2	0	55.8	113.7	133.1	100.7	180.2	57.3	1.4	42.1	701.3
1988	0.4	1.3	22.3	103.7	115.7	166.2	55.8	0	0	0	0	0	465.4
1989	0	0	0	0	33.8	131.5	150	184.9	166.5	57	20	15.6	759.3
1990	0	0.5	0	21	117.1	87.7	75.8	67.8	111.2	143.6	107.6	7.3	739.6
1991	1.6	1	0	1.6	182.1	96	17.9	14.2	121.4	96.3	40.2	0.3	572.6
1992	0.3	5.7	0	0	73.1	130.9	70.3	43.5	188	57.6	29.7	8.1	607.2
1993	7.6	0	0.9	0.9	275.3	208.4	616	69.6	335.2	129.4	13.9	1.6	1658.8
1994	1.5	1.8	2	84.60	91.6	1549	21.8	70.8	198.7	112.4	88.9	2	2225.1
1995	0.4	0	67.5	57.7	129	184.6	32.4	439.3	297	324.9	18.7	15.9	1567.4
1996	9.6	0	37.5	2.6	149.5	43.2	2044	215.3	101.1	340.4	221.8	0.6	3165.6
1997	25	0	18.8	5.9	10.1	252	97.6	11.4	102.1	147.8	42.2	0	712.9
1998	0	0	3.5	0	125.8	92.6	44.8	154.9	139.7	888.4	65	3.2	1517.9
1999	10.1	1.8	1.7	8.8	56.3	144.3	95.4	101.7	265.5	215	11.9	0	912.5
2000	0	1	0.9	0	71	70.7	87	69.7	294.9	82.6	12.3	0.7	690.8
2001	0	0.1	6.2	0	260.1	77.4	39.2	57.7	107.7	102.3	9.7	1.1	661.5
2002	0.9	1.3	0.7	5	175.9	183	68.7	27.2	134	111	16	1	724
2003	0.7	0.1	18	0	129.3	231.4	43.7	38.4	134.5	159.7	46.1	0.5	802.4
2004	0.4	0.3	0.7	12.5	86.1	58.7	125.3	95.2	167.9	57.1	14	0.2	618.4
2005	1.8	10	1.9	4.6	175	252	134.6	127.1	129.9	148.2	9.1	4.4	998.6
2006	2.5	0.4	0	4.8	74.4	157.3	63.2	40.9	126.5	112.8	83.7	11.5	678
2007	0.5	9.2	7.7	14.9	115.8	78.5	39.4	194	186.8	304.6	54.6	13.5	1019.5
2008	5.5	0.8	0.5	5.5	276.9	147.6	213.1	131	174.4	317.1	8.1	0.9	1281.4
2009	2.5	0.9	0.7	0	161.4	189.7	59	32	40.8	61.2	70.7	22.6	641.5
2010	1.2	28.4	11.7	115.3	425.8	198.4	257.7	361	337.9	86.1	19.2	0.2	1842.9
Suma	83	75	227.4	449.4	3618.5	4976.5	4717.4	2832.1	4230.9	4389.3	1110.3	155.9	26866
Media	3.32	3	9.096	17.976	144.74	199.06	188.696	113.284	169.236	175.572	44.412	6.236	1074.6

Cuadro 8. Serie de datos de precipitación estación Raúl González/San Isidro



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: SAN RAMON / MATAGALPA
Código: 55025

Latitud: 12°55'24"
Longitud: 85°50'30"

Años: 1985– 2010

Elevación: 650 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	19.4	55.5	16.3	38.2	75.5	160.7	228.6	133.3	154.5	127.7	92.6	51.7	1154
1986	24.2	9.8	15.3	10.1	234	227	202.7	169.6	264.2	122.7	73.6	30	1383.2
1987	22.8	2.2	4.9	0	105	185.9	333	273.4	231.3	75.6	23.2	77.5	1334.8
1988	61.3	30.1	6	34.3	294.7	335.1	259.6	456.5	394.8	286.8	56.7	50.4	2266.3
1989	39.4	0	0	0	0	75.6	288.9	268.7	322.4	42.9	0	0	1037.9
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.3	68.9	80.2
1993	192.8	41.6	21.3	17.6	447.3	411.4	206.1	119.4	323.3	141.8	196.5	131	2250.1
1994	79.8	43.5	24.7	20.1	53.1	67.2	161.3	190.1	240.5	321.8	125.5	33.5	1361.1
1995	88.9	155.1	166.6	143.4	189.8	467	379.6	608.6	596.2	526.4	588.8	423.8	4334.2
1996	201.4	123.2	59.6	0	620.8	587	548.1	578.6	635.7	615	257.4	0	4226.8
1997	0	0	14.8	0	1.2	169.4	103.3	258.3	274.4	608.2	66.3	3.1	1499
1998	37.2	0	101.2	0	151.6	354	211	498.3	325.2	929.2	206.5	166.1	2980.3
1999	131.9	67.2	62.3	27.6	263.8	246.4	225.4	342.2	401.1	249.4	114.2	43.6	2175.1
2000	8.7	0.3	0	3.6	144.9	192.3	110.5	170.8	327	96.5	33.5	27.4	1115.5
2001	2.6	15.6	0	0	182.5	70.6	104.6	105.6	145.4	43.6	7	5.9	683.4
2002	6.8	5.8	6.6	1.8	256.5	226	217.6	55.1	149	181	12	10	1,128
2003	3.7	0	27.2	2.9	196.7	274	196.1	148	242.2	343.2	59.6	8.2	1501.8
2004	42.8	19.9	35.8	59.7	177.6	276.5	176.8	161.6	222	173.8	72.9	7.4	1426.8
2005	22.7	0	0.1	0.3	183.3	646	283.3	200.1	160.3	257.4	47.1	45.4	1846
2006	64.4	13.9	9	1.5	91.3	123.6	218.7	131.4	257.8	210.5	36.6	81.1	1239.8
2007	30.5	13.3	10.8	17.6	71	122	136.7	351.3	260.8	425.1	97.9	37.8	1574.8
2008	55.6	22.7	42.4	17.7	174.4	259.2	274.7	226.7	311.1	393.3	36.7	48.1	1862.6
2009	36.3	25.6	12.5	20	253	130.3	291.7	201.7	51.8	132.4	79.5	63.1	1297.9
2010	9.9	8.8	4.1	169.2	323.7	152.2	317.9	759.7	394.8	144	45.4	3.1	2332.8
Suma	1183.1	654.1	641.5	585.6	4491.7	5759.2	5476.2	6409	6685.9	6448.6	2340.6	1417	42092.5
Medi	47.324	26.164	25.66	23.424	179.668	230.368	219.048	256.36	267.436	257.944	93.624	56.68	1683.7

Cuadro 9. Serie de datos de precipitación estación San Ramón.



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: JINOTEGA / JINOTEGA
Código: 55020

Años: 1985– 2010

Parámetro: precipitación (mm)

Latitud: 13°05'06"
Longitud: 85°59'48"

Elevación: 1032 msnm

Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	24.7	25.5	7.8	24.1	108.2	112	123	153.6	79.7	225.1	80.1	46.5	1010.1
1986	17.4	10.7	4.8	1.8	237.6	225.3	164	79.7	128.3	142.2	75.7	45.7	1132.8
1987	22.9	2.1	6.7	0.3	38.1	123.7	280	218.6	95.9	110.1	25.1	54.5	977.7
1988	49.5	34.5	20.1	47.7	177.8	219.6	139	416.7	363.6	333.9	34.8	61.9	1898.8
1989	81.3	48.7	5.2	0.9	70.5	212.8	168	80.1	213.2	35.6	109.8	33.3	1059.4
1990	38.7	26	22.2	17.5	201.3	137.3	89.8	144.2	136.4	85.7	167.4	45.2	1111.7
1991	26.7	34.4	3.8	4.9	130.5	86.2	96.6	59.5	98.9	152.8	50.6	43.9	788.8
1992	26.5	10.3	5.1	2.2	71.3	72.4	172	104.4	185.5	141.8	22.2	107.8	921.4
1993	80.9	14.5	11.3	6	362	170	103	192.4	325.9	78.3	50.6	61.7	1456.7
1994	30.9	34.9	17.3	29.3	54.8	95.2	75.3	98.9	155.6	151	113.1	35.5	891.8
1995	11.2	9.7	37.4	68.3	48	425.2	126	442.5	223.1	220.8	56.7	46.5	1715.1
1996	43.8	20.7	9.9	2.5	209.1	105.7	250	216.1	188.1	382.6	203.8	22.7	1655.2
1997	30.7	22.3	33.8	1	0.9	304.9	97.5	41.6	241.2	185.2	130.1	7.2	1096.4
1998	8.8	0	29.9	5	125.4	105.1	146	141.3	259.1	916.7	137	59.3	1933.7
1999	64.6	61.3	10.5	11.1	76.3	165.3	134	110.9	242.3	196.3	42.2	15.3	1130.5
2000	47.9	21.2	8.2	0.8	83.3	131.9	99	53.7	325.8	156.8	42	34.5	1005.1
2001	26.7	35.6	1.5	0.4	134	88.7	68.2	123.3	154.1	91.3	60.6	30.3	814.7
2002	23.4	11.4	23.4	39.2	140.9	308.2	181	107.4	113.4	160.4	80.4	39.2	1227.8
2003	40	8	16	9.9	152.1	314.5	111	128.2	118	81.4	82.9	27.9	1089.5
2004	30.6	21.4	30.9	27	125.6	156.5	101	106.1	235.5	105.7	109.1	15.9	1065.2
2005	14	12.8	10.9	34.3	136.6	415.1	233	210.7	136.2	282.2	66.7	37	1589.1
2006	45.1	24.4	15.7	3.6	64.6	189.8	200	72.3	112.3	179.6	65.6	69.7	1042.5
2007	15.3	30.3	29.2	9.8	138.6	120.1	111	262.6	302.6	391	99.3	45.9	1556
2008	58.1	28.1	15.1	14.7	268.2	191	211	98.5	106.1	365.1	25.8	28.2	1410.2
2009	31.8	27.1	7.3	2.4	190.4	89	196	83.3	45.3	119.3	89.2	40.8	921.6
2010	17	28.2	1.9	122	335.2	198.5	273	540.2	406.8	161.2	56.5	6	2146.8
Suma	908.5	604.1	385.9	487	3681	4764.0	3947	4286.8	4992.9	5452.1	2077.3	1062.4	32,648.6
Media	36.34	24.164	15.436	19.5	147.3	190.6	158	171.47	199.716	218.084	83.092	42.496	1305.944

Cuadro 10. Serie de dato de precipitación estación Jinotega.



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: SAN DIONISIO / MATAGALPA

Código: 55016

Años: 1985– 2010

Parámetro: precipitación (mm)

Latitud: 12°45'36"

Longitud: 85°51'00"

Elevación: 380 msnm

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	4.1	27.7	5.1	0	106.7	148.1	325.3	58.8	167	186.2	145.2	35.1	1209.3
1986	10.6	0.7	4.4	0	275	184.1	218.6	199.9	127.4	90.8	46.4	16.7	1174.6
1987	45.6	0.1	12	0	49.5	90.9	447.2	239.8	223	49	22.2	86	1265.3
1988	10.5	4.1	0.5	80.5	58.3	214.2	214.4	196.5	351.6	191.6	9.7	0.5	1332.4
1989	12.9	10.1	0.2	0	78.6	93	181.2	188.4	0	0.0	87.5	0	651.9
1990	16.3	1.8	2.8	15.7	134	210.8	103.4	195.1	185.9	274	116.4	29.7	1285.9
1991	0	0	0	25.9	155.1	133.1	196.9	87.5	127.5	130.5	37.8	0	894.3
1992	14.8	6.7	6.8	0	78.1	105.3	206.4	158.2	21.8	46.5	17.5	116.5	778.6
1993	33.4	5.6	0.5	11	246.1	104.4	205	1,150.80	572.4	145.1	28.1	10.6	2513
1994	44.9	54.6	6.5	189	80.5	109.1	133.5	178.7	153.9	223.4	69.1	13.8	1256.8
1995	4.4	26.1	9.4	15.8	30.3	239.6	131.6	163.8	203.4	176.9	17.4	18	1036.7
1996	21.6	0.1	22.8	0	123.3	101.2	113.8	80.5	28.7	120	291.8	15	918.8
1997	5.3	6.2	19	2.4	29.6	273.6	173.6	135	61	104.7	29.3	4.2	843.9
1998	1.2	0.1	7.2	0.6	209.1	176.2	217.9	237.9	264.6	741.6	222.9	2.3	2081.6
1999	2.1	13.7	10.8	65	148.9	115.3	55.2	259	574.7	58.6	20.7	0.6	1324.6
2000	1.2	0.2	0	0	19.7	174	159.9	63	22.2	83.1	22.1	7.2	552.6
2001	0	0	0	0	202.5	131.3	136.5	158.2	145.7	129.3	11.3	7.4	922.2
2002	0.3	0	0	0	76.5	272	184.1	74.5	161	272	96	3	1,139
2003	4.6	3	125.4	0	127.9	308.5	181.6	217.1	228.4	138.2	24.5	13.5	1372.7
2004	27.6	2.9	115.7	29.1	177.5	176.7	93.2	172.1	351.6	349.8	148.4	16.4	1661
2005	0	0	0	0	121.4	534	344.6	244.8	286.8	280.4	100.5	32.5	1945
2006	56.8	4.5	5.4	0	71.8	80.1	192.9	98.9	61.4	64.2	30	36.5	702.5
2007	29	0	31.3	0	56.3	108.6	234.4	185.2	228	339	80.1	25.7	1317.6
2008	9.9	1.1	5.2	2.2	71.1	276.4	228.6	132.8	213.6	278.2	6.5	0	1225.6
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	1.5	0	46.4	370.9	137.1	136	199.3	20.1	58.1	21.3	32.8	1023.5
Suma	357.1	170.8	391	483	3099	4498	4815.8	5075.8	4781.5	4531.5	1702.4	523.5	30429.4
Media	14.28	6.832	15.64	19.3	123.9	179.9	192.632	203.03	191.26	181.26	68.096	20.94	1217.176

Cuadro 11. Serie de dato de precipitación estación San Dionisio.



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: SEBACO / MATAGALPA
Código: 5505

Años: 1985– 2010

Parámetro: precipitación (mm)

Latitud: 12°51'18"
Longitud: 86°05'31"

Elevación: 480 msnm

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	1.7	4	0	92.2	186.4	83.3	67.9	24.7	32.3	149.8	116.2	0.8	759.3
1986	1	3.2	0.3	0	254.3	100.9	80.2	50.6	70.5	27.5	9.6	0.8	598.9
1987	57	0.4	21.2	0	21.1	68.6	120.2	71.3	121.6	52.1	3	34.3	570.8
1988	2.8	0.4	8.1	34.4	240.5	223.7	63	354.1	309.7	147.2	18.2	11.1	1413.2
1989	2	3.4	0	0	44	75.6	81.3	131.7	236.9	81.8	26.8	10.3	693.8
1990	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	97.8	97.9	84	43.5	222.6	83.6	4.5	3.4	637.3
1993	41.9	0	0	15.9	270.7	135.8	28.6	78.6	226.5	47.7	94.8	3	943.5
1994	2.8	0.6	1.2	36.1	87.6	109.8	18.9	22	97.5	203.8	61.1	0.3	641.7
1995	0.7	0.7	78.3	112.2	92.7	256.6	54.9	278.9	149.5	191.6	1.3	1.2	1218.6
1996	0	0	2.8	9.1	86.9	50.7	251.3	200.8	102.1	226.7	148	3.2	1081.6
1997	0	0	0.8	22.5	21.8	350.8	53.5	8.6	68.1	203.6	40.9	0	770.6
1998	0	0	0	0	102.8	87.4	72.9	159.7	111.2	746.5	49.9	1.6	1332
1999	9.4	27.3	18.2	29.7	126.4	333.7	90.6	121.4	269.1	166.9	59.6	0	1252.3
2000	1.8	0	0.5	0	59.6	121.9	43.5	66	464.3	107.1	1.7	6.5	872.9
2001	0.8	1.8	7.8	0	283.2	44.3	27	64.8	270.1	193.5	21.3	4.6	919.2
2002	0.6	1.5	1.1	0.7	277.2	360	65	15.5	118	138	7	0	985
2003	0	0	0	0	79.5	141.2	49.2	32.5	132.6	132.7	71	0	638.7
2004	0	0	0	12.2	130.7	114.4	65.2	78.3	265.2	122.6	20.4	0	809
2005	0	0	0	21.8	116.3	232.4	164.3	81.8	115.1	145.5	0	0	877.2
2006	5.1	0	0	1.2	126	97.1	51.8	5.5	117.8	98.4	55.9	11.9	570.7
2007	0	0.4	6.7	60.9	36.1	121.2	35.3	189.1	122	521.9	75.6	2.3	1171.5
2008	0	0	1.8	0	218.1	174.6	174.4	107.4	190.5	332.4	0	0	1199.2
2009	0	0	0.2	0	166.7	182.6	46.9	43.1	5.2	11.1	51.2	0	507
2010	0.5	0	0	0	76	216.9	327	621.4	453.5	172.2	58.8	0	1926.3
Suma	129.1	43.7	149	448.9	3202.4	3781.5	2116.9	2851.3	4271.5	4304.3	996.9	95.3	22390.8
Media	5.164	1.748	5.96	17.956	128.096	151.26	84.676	114.052	170.86	172.172	39.876	3.812	895.632

Cuadro 12. Serie de dato de precipitación estación Sébaco.



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: LA LABRANZA / MATAGALPA
Código: 5505

Latitud: 12°51'18"
Longitud: 85°58'06"

Años: 1985– 2010

Elevación: 900 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

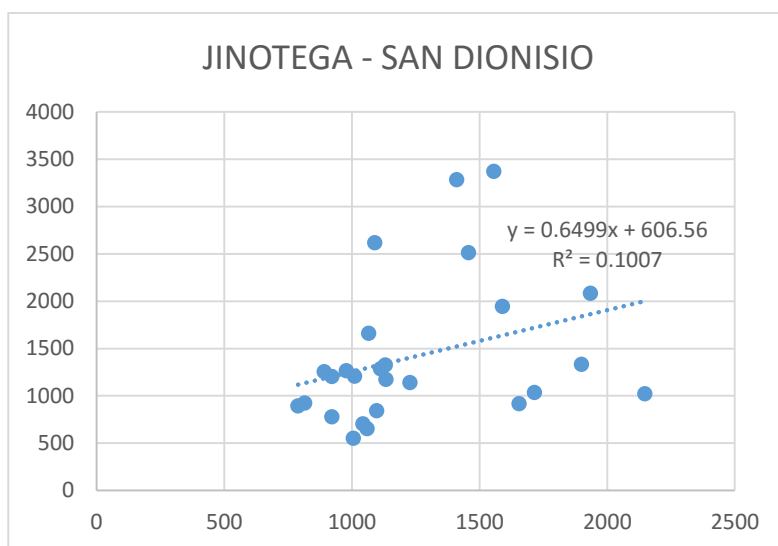
Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	2.7	1	0	0	77.4	92.7	119.8	71.8	84.2	116.7	165.5	10.8	742.6
1986	3.2	0.2	0.4	0	346.8	49.5	142.2	166.7	98.5	49.8	21.5	3.9	882.7
1987	45.8	0.6	7.3	0	86.5	75.3	208.2	139.9	145	70.1	5.4	18.8	802.9
1988	14.8	1.6	0	84	220.1	315.7	179.6	221	291.2	222.8	79.9	8.8	1639.5
1989	9.3	25.8	0	0	1.3	33	0	0	0	0	0	0	69.4
1990	0	0	0	0	65.2	207.7	10.3	8.1	106.5	0	0	0	397.8
1991	0	0	0	0	65.2	207.7	10.3	8.1	106.5	257	9.8	1	665.6
1992	2.8	5.9	0	0	96.8	80.3	177.1	42.4	78.5	263.5	49.6	21.7	818.6
1993	0.5	0	0	0	111.2	162	134.6	153.1	389.8	252.4	38.3	35.7	1277.6
1994	20.7	4.9	0	53.2	49.4	123.2	28	34.5	146.5	124.1	88.6	62.2	735.3
1995	0	0.4	58.3	35.8	93.8	357.7	78.5	252.3	93.9	161.7	5.7	0	1138.1
1996	0	0	0	0	55.7	70.3	258	179.4	142.6	317.2	255	3.8	1282
1997	3.6	1.5	10.9	0	2.3	293.5	110.5	25.8	182.3	238	46.5	0	914.9
1998	0	0	30	0	150.5	98.6	180.6	251.5	194.8	1,229.10	139.3	14.3	2288.7
1999	24	8.6	7	42.4	142.3	103.4	106.8	131	420.9	273.2	58.5	27.8	1345.9
2000	0.7	0	0	0	39.5	113.8	76.2	117.9	154.5	25.4	68.1	55.4	651.5
2001	1.2	0	0	0	374.5	22.7	43.6	41.1	100.3	16.2	41	0	640.6
2002	0	0	0	0	170.8	286.1	247.1	42.1	167.3	351.3	16.4	20.2	1,301.3
2003	0	0	10.7	16.8	145.3	311.1	137.4	16.6	91.5	157.7	45.1	0.9	933.1
2004	0	13.8	21.5	13.4	83.1	61.8	152.4	48	155.5	229.5	15	5.6	799.6
2005	0	0	0	8	96.3	398.1	204.6	314	277.7	111.4	26.7	21.6	1458.4
2006	1.7	0	0	0	106.1	26.8	60.2	32.8	23.9	63.6	0	0	315.1
2007	30	0	0	68.4	40.6	69	50.2	312.4	126.9	322	70.7	66.8	1157
2008	0	0	76.3	0	180.7	307.1	241.7	77.5	421.3	552.3	6.8	20.4	1884.1
2009	0.7	25.9	0.4	14.1	57.7	132	115.3	64.4	32.1	49.6	52.6	22.2	567
2010	0	25.9	24.3	92.1	232.7	282.6	392.9	821.8	496.2	219.1	58.6	12.2	2658.4
Suma	161.7	116.1	247.1	428.2	3091.8	4281.7	3466.1	3574.2	4528.4	5673.7	1364.6	434.1	27367.7
Media	6.468	4.644	9.884	17.128	123.672	171.268	138.644	142.968	181.136	226.948	54.584	17.364	1094.708

Cuadro 13. Serie de dato de precipitación estación La Labranza.

Cuadro 14. Correlación Jinotega – San Dionisio.

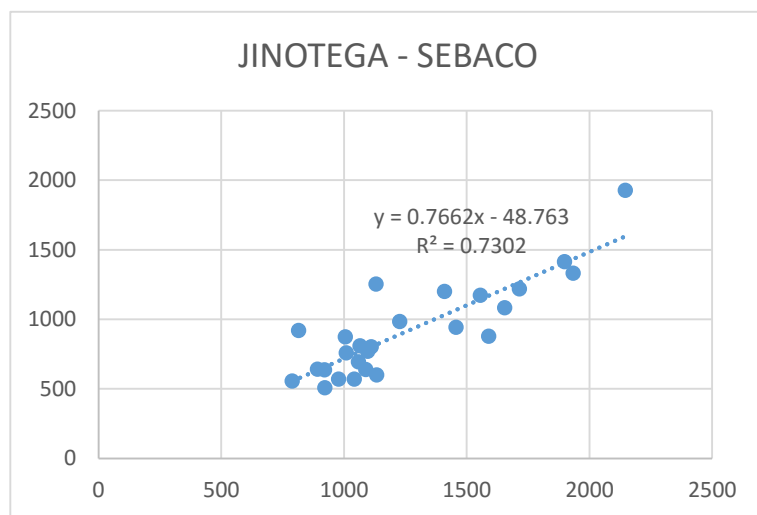
	JINOTEGA	SAN DIONISIO
Año	P	P
1985	1010.1	1209.3
1986	1132.8	1174.6
1987	977.7	1265.3
1988	1898.8	1332.4
1989	1059.4	651.9
1990	1111.7	1285.9
1991	788.8	894.3
1992	921.4	778.6
1993	1456.7	2513
1994	891.8	1256.8
1995	1715.1	1036.7
1996	1655.2	918.8
1997	1096.4	843.9
1998	1933.7	2081.6
1999	1130.5	1324.6
2000	1005.1	552.6
2001	814.7	922.2
2002	1227.8	1139.4
2003	1089.5	2616.5
2004	1065.2	1661
2005	1589.1	1945
2006	1042.5	702.5
2007	1556	3369.6
2008	1410.2	3283
2009	921.6	1205.5
2010	2146.8	1023.5



Grafica N° 8. Correlación Jinotega – San Dionisio.

Cuadro 15. Correlación Jinotega – Sébaco.

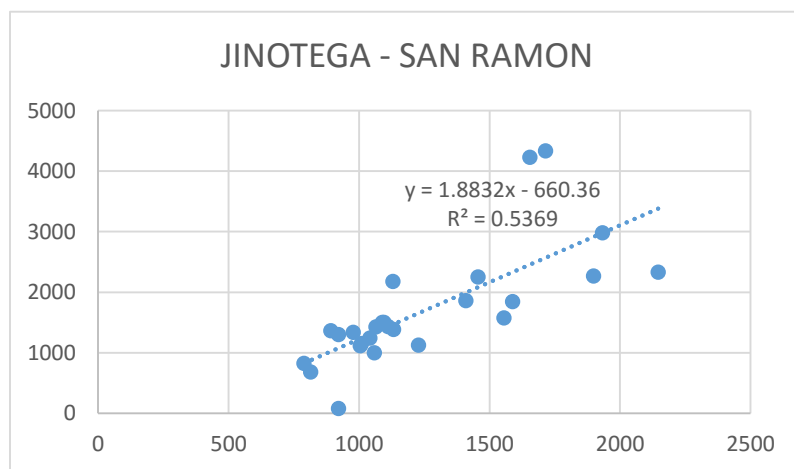
	JINOTEGA	SEBACO
Año	P	P
1985	1010.1	759.3
1986	1132.8	598.9
1987	977.7	570.8
1988	1898.8	1413.2
1989	1059.4	693.8
1990	1111.7	803.03
1991	788.8	555.62
1992	921.4	637.3
1993	1456.7	943.5
1994	891.8	641.7
1995	1715.1	1218.6
1996	1655.2	1081.6
1997	1096.4	770.6
1998	1933.7	1332
1999	1130.5	1252.3
2000	1005.1	872.9
2001	814.7	919.2
2002	1227.8	984.6
2003	1089.5	638.7
2004	1065.2	809
2005	1589.1	877.2
2006	1042.5	570.7
2007	1556	1171.5
2008	1410.2	1199.2
2009	921.6	507
2010	2146.8	1926.3



Grafica N° 9. Correlación Jinotega – Sébaco.

Cuadro 16. Correlación Jinotega – San Ramón

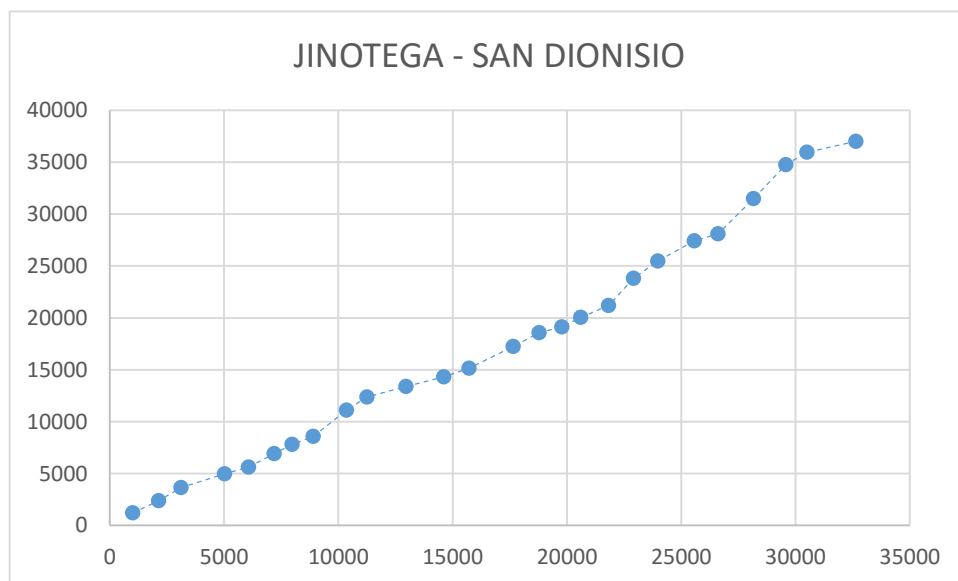
	JINOTEGA	SAN RAMON
Año	P	P
1985	1010.1	1154
1986	1132.8	1383.2
1987	977.7	1334.8
1988	1898.8	2266.3
1989	1059.4	999.9
1990	1111.7	1433.18
1991	788.8	825.10
1992	921.4	80.2
1993	1456.7	2250.1
1994	891.8	1361.1
1995	1715.1	4334.2
1996	1655.2	4226.8
1997	1096.4	1499
1998	1933.7	2980.3
1999	1130.5	2175.1
2000	1005.1	1115.5
2001	814.7	683.4
2002	1227.8	1128.2
2003	1089.5	1501.8
2004	1065.2	1426.8
2005	1589.1	1846
2006	1042.5	1239.8
2007	1556	1574.8
2008	1410.2	1862.6
2009	921.6	1297.9
2010	2146.8	2332.8



Grafica N° 10. Correlación Jinotega – San Ramón.

Año	JINOTEGA	ACUMULADO 1	SAN DIONISIO	ACUMULADO 2
1985	1010.1	1010.1	1209.3	1209.3
1986	1132.8	2142.9	1174.6	2383.9
1987	977.7	3120.6	1265.3	3649.2
1988	1898.8	5019.4	1332.4	4981.6
1989	1059.4	6078.8	651.9	5633.5
1990	1111.7	7190.5	1285.9	6919.4
1991	788.8	7979.3	894.3	7813.7
1992	921.4	8900.7	778.6	8592.3
1993	1456.7	10357.4	2513	11105.3
1994	891.8	11249.2	1256.8	12362.1
1995	1715.1	12964.3	1036.7	13398.8
1996	1655.2	14619.5	918.8	14317.6
1997	1096.4	15715.9	843.9	15161.5
1998	1933.7	17649.6	2081.6	17243.1
1999	1130.5	18780.1	1324.6	18567.7
2000	1005.1	19785.2	552.6	19120.3
2001	814.7	20599.9	922.2	20042.5
2002	1227.8	21827.7	1139.4	21181.9
2003	1089.5	22917.2	2616.5	23798.4
2004	1065.2	23982.4	1661	25459.4
2005	1589.1	25571.5	1945	27404.4
2006	1042.5	26614	702.5	28106.9
2007	1556	28170	3369.6	31476.5
2008	1410.2	29580.2	3283	34759.5
2009	921.6	30501.8	1205.5	35965.00784
2010	2146.8	32648.6	1023.5	36988.50784

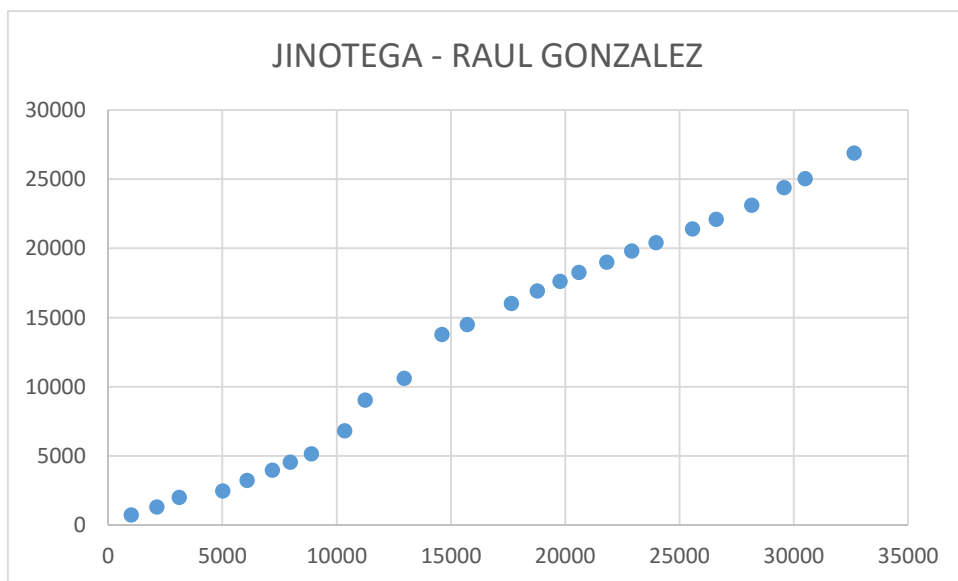
Cuadro 17. Calculo del método doble acumulación.



Grafica N° 11. Diagrama de doble masa.

Año	JINOTEGA	ACUMULADO 1	RAUL GONZALEZ	ACUMULADO 2
1985	1010.1	1010.1	729	729
1986	1132.8	2142.9	572.3	1301.3
1987	977.7	3120.6	701.3	2002.6
1988	1898.8	5019.4	465.4	2468
1989	1059.4	6078.8	759.3	3227.3
1990	1111.7	7190.5	739.6	3966.9
1991	788.8	7979.3	572.6	4539.5
1992	921.4	8900.7	607.2	5146.7
1993	1456.7	10357.4	1658.8	6805.5
1994	891.8	11249.2	2225.1	9030.6
1995	1715.1	12964.3	1567.4	10598
1996	1655.2	14619.5	3165.6	13763.6
1997	1096.4	15715.9	712.9	14476.5
1998	1933.7	17649.6	1517.9	15994.4
1999	1130.5	18780.1	912.5	16906.9
2000	1005.1	19785.2	690.8	17597.7
2001	814.7	20599.9	661.5	18259.2
2002	1227.8	21827.7	724.7	18983.9
2003	1089.5	22917.2	802.4	19786.3
2004	1065.2	23982.4	618.4	20404.7
2005	1589.1	25571.5	998.6	21403.3
2006	1042.5	26614	678	22081.3
2007	1556	28170	1019.5	23100.8
2008	1410.2	29580.2	1281.4	24382.2
2009	921.6	30501.8	641.5	25023.7
2010	2146.8	32648.6	1842.9	26866.6

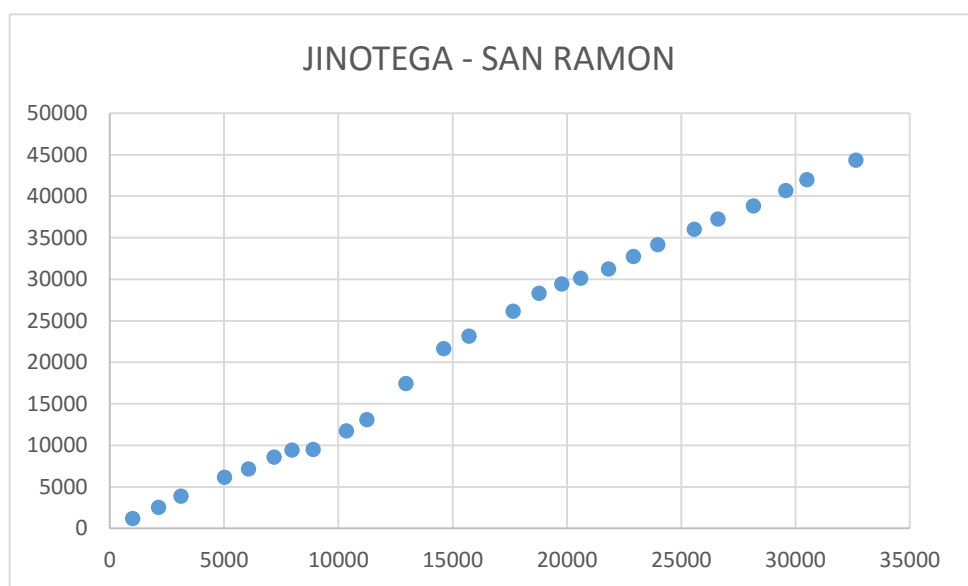
Cuadro 18. Calculo del método doble acumulación.



Grafica N° 12. Diagrama de doble masa.

Año	JINOTEGA	ACUMULADO 1	SAN RAMON	ACUMULADO 2
1985	1010.1	1010.1	1154	1154
1986	1132.8	2142.9	1383.2	2537.2
1987	977.7	3120.6	1334.8	3872
1988	1898.8	5019.4	2266.3	6138.3
1989	1059.4	6078.8	999.9	7138.2
1990	1111.7	7190.5	1433.18	8571.38344
1991	788.8	7979.3	825.10	9396.4816
1992	921.4	8900.7	80.2	9476.6816
1993	1456.7	10357.4	2250.1	11726.7816
1994	891.8	11249.2	1361.1	13087.8816
1995	1715.1	12964.3	4334.2	17422.0816
1996	1655.2	14619.5	4226.8	21648.8816
1997	1096.4	15715.9	1499	23147.8816
1998	1933.7	17649.6	2980.3	26128.1816
1999	1130.5	18780.1	2175.1	28303.2816
2000	1005.1	19785.2	1115.5	29418.7816
2001	814.7	20599.9	683.4	30102.1816
2002	1227.8	21827.7	1128.2	31230.3816
2003	1089.5	22917.2	1501.8	32732.1816
2004	1065.2	23982.4	1426.8	34158.9816
2005	1589.1	25571.5	1846	36004.9816
2006	1042.5	26614	1239.8	37244.7816
2007	1556	28170	1574.8	38819.5816
2008	1410.2	29580.2	1862.6	40682.1816
2009	921.6	30501.8	1297.9	41980.0816
2010	2146.8	32648.6	2332.8	44312.8816

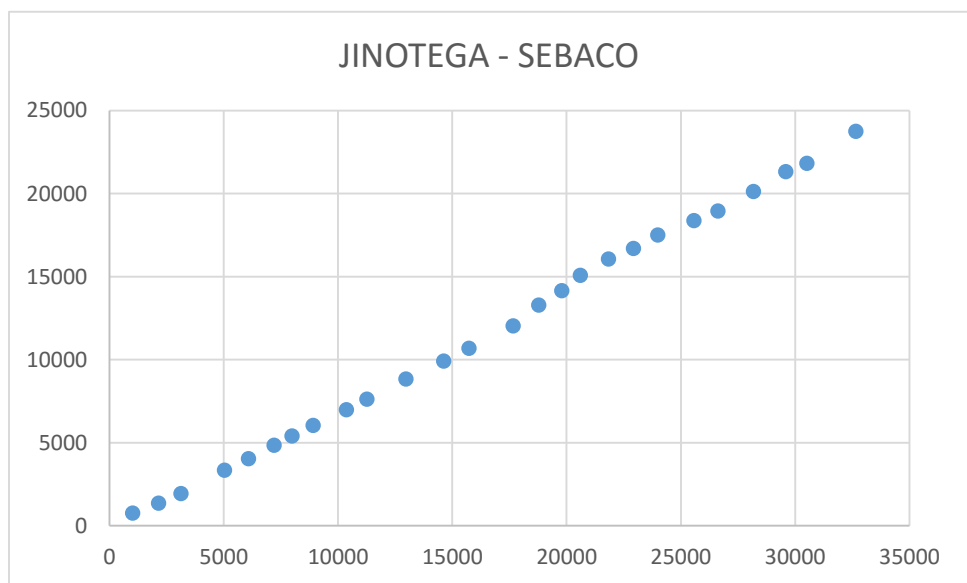
Cuadro 19. Calculo del método doble acumulación.



Grafica N° 13. Diagrama de doble masa.

Año	JINOTEGA	ACUMULADO 1	SEBACO	ACUMULADO 2
1985	1010.1	1010.1	759.3	759.3
1986	1132.8	2142.9	598.9	1358.2
1987	977.7	3120.6	570.8	1929
1988	1898.8	5019.4	1413.2	3342.2
1989	1059.4	6078.8	693.8	4036
1990	1111.7	7190.5	803.03	4839.02554
1991	788.8	7979.3	555.62	5394.6451
1992	921.4	8900.7	637.3	6031.9451
1993	1456.7	10357.4	943.5	6975.4451
1994	891.8	11249.2	641.7	7617.1451
1995	1715.1	12964.3	1218.6	8835.7451
1996	1655.2	14619.5	1081.6	9917.3451
1997	1096.4	15715.9	770.6	10687.9451
1998	1933.7	17649.6	1332	12019.9451
1999	1130.5	18780.1	1252.3	13272.2451
2000	1005.1	19785.2	872.9	14145.1451
2001	814.7	20599.9	919.2	15064.3451
2002	1227.8	21827.7	984.6	16048.9451
2003	1089.5	22917.2	638.7	16687.6451
2004	1065.2	23982.4	809	17496.6451
2005	1589.1	25571.5	877.2	18373.8451
2006	1042.5	26614	570.7	18944.5451
2007	1556	28170	1171.5	20116.0451
2008	1410.2	29580.2	1199.2	21315.2451
2009	921.6	30501.8	507	21822.2451
2010	2146.8	32648.6	1926.3	23748.5451

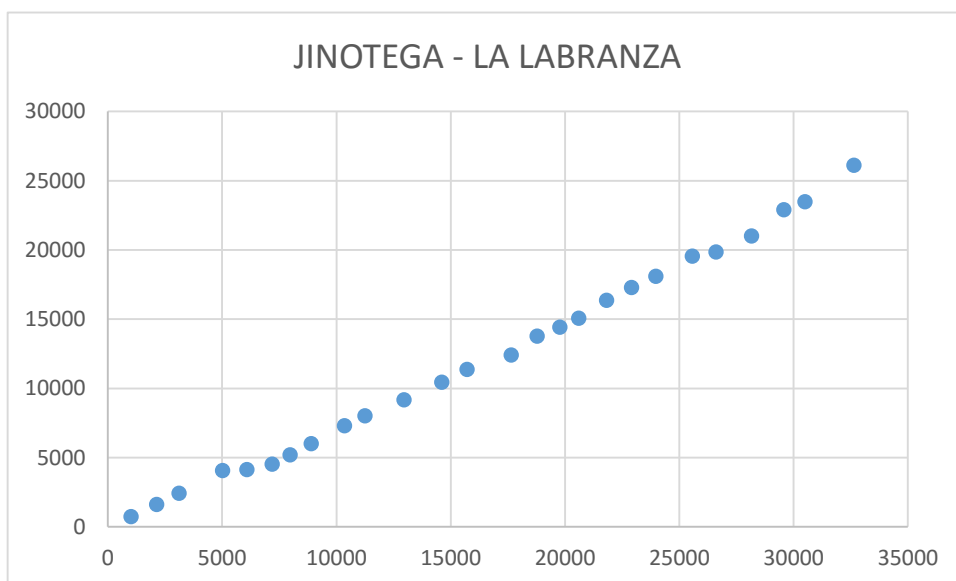
Cuadro 20. Calculo del método doble acumulación.



Grafica N° 14. Diagrama de doble masa.

Año	JINOTEGA	ACUMULADO 1	LA LABRANZA	ACUMULADO 2
1985	1010.1	1010.1	742.6	742.6
1986	1132.8	2142.9	882.7	1625.3
1987	977.7	3120.6	802.9	2428.2
1988	1898.8	5019.4	1639.5	4067.7
1989	1059.4	6078.8	69.4	4137.1
1990	1111.7	7190.5	397.8	4534.9
1991	788.8	7979.3	665.6	5200.5
1992	921.4	8900.7	818.6	6019.1
1993	1456.7	10357.4	1277.6	7296.7
1994	891.8	11249.2	735.3	8032
1995	1715.1	12964.3	1138.1	9170.1
1996	1655.2	14619.5	1282	10452.1
1997	1096.4	15715.9	914.9	11367
1998	1933.7	17649.6	1059.6	12426.6
1999	1130.5	18780.1	1345.9	13772.5
2000	1005.1	19785.2	651.5	14424
2001	814.7	20599.9	640.6	15064.6
2002	1227.8	21827.7	1300	16364.6
2003	1089.5	22917.2	933.1	17297.7
2004	1065.2	23982.4	799.6	18097.3
2005	1589.1	25571.5	1458.4	19555.7
2006	1042.5	26614	315.1	19870.8
2007	1556	28170	1157	21027.8
2008	1410.2	29580.2	1884.1	22911.9
2009	921.6	30501.8	567	23478.9
2010	2146.8	32648.6	2658.4	26137.3

Cuadro 21. Calculo del método doble acumulación.



Grafica N° 15. Diagrama de doble masa.

ANEXOS B.

Cálculos hidrológicos (ETR-ETP).

Hidrograma anual (Q l/s), Histograma del comportamiento precipitación media anual (mm/anuales).

Aforos con Molinete (Caudales).

Resultados de la sub-cuenca proporcionados por Alcaldía Municipal de Matagalpa (ALMAT)

Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (Método de Thornthwaite)

JINOTEGA/JINOTEGA - 1985

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	17.8	6.837	2.156	0.985	56.369
FEBRERO	18.5	7.249	2.156	0.907	56.405
MARZO	19.9	8.095	2.156	1.03	74.963
ABRIL	21.1	8.846	2.156	1.036	85.544
MAYO	21.9	9.358	2.156	1.095	97.968
JUNIO	20.9	8.719	2.156	1.075	86.960
JULIO	20.4	8.405	2.156	1.098	84.304
AGOSTO	20.5	8.467	2.156	1.082	83.955
SEPTIEMBRE	20.8	8.656	2.156	1.02	81.663
OCTUBRE	20.2	8.281	2.156	1.014	76.218
NOVIEMBRE	19.8	8.034	2.156	0.965	69.474
DICIEMBRE	19.1	7.608	2.156	0.966	64.354
	20.075	98.554			918.177

JINOTEGA/JINOTEGA - 1986

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	18.3	7.130	2.200	0.985	61.502
FEBRERO	19.6	7.911	2.200	0.907	65.862
MARZO	19.8	8.034	2.200	1.03	76.484
ABRIL	21.6	9.165	2.200	1.036	93.160
MAYO	22	9.423	2.200	1.095	102.522
JUNIO	20.9	8.719	2.200	1.075	89.908
JULIO	20.3	8.343	2.200	1.098	86.131
AGOSTO	21	8.782	2.200	1.082	91.449
SEPTIEMBRE	20.6	8.530	2.200	1.02	82.637
OCTUBRE	20.5	8.467	2.200	1.014	81.277
NOVIEMBRE	20.2	8.281	2.200	0.965	74.880
DICIEMBRE	19.3	7.728	2.200	0.966	67.806
	20.342	100.513			973.620

JINOTEGA/JINOTEGA - 1987

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19	7.547	2.342	0.985	73.339
FEBRERO	19.8	8.034	2.342	0.907	74.381
MARZO	21.8	9.294	2.342	1.03	105.824
ABRIL	22.6	9.815	2.342	1.036	115.817
MAYO	22.7	9.881	2.342	1.095	123.685
JUNIO	22.3	9.618	2.342	1.075	116.473
JULIO	20.9	8.719	2.342	1.098	102.202
AGOSTO	21.3	8.973	2.342	1.082	105.286
SEPTIEMBRE	21.6	9.165	2.342	1.02	102.559
OCTUBRE	21.3	8.973	2.342	1.014	98.669
NOVIEMBRE	21	8.782	2.342	0.965	90.833
DICIEMBRE	19.3	7.728	2.342	0.966	74.613
	21.133	106.528			1183.683

JINOTEGA/JINOTEGA - 1988

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.4	7.789	2.277	0.985	73.677
FEBRERO	19.9	8.095	2.277	0.907	71.890
MARZO	21.1	8.846	2.277	1.03	93.284
ABRIL	22.2	9.553	2.277	1.036	105.339
MAYO	22.2	9.553	2.277	1.095	111.338
JUNIO	21.5	9.101	2.277	1.075	101.614
JULIO	21.1	8.846	2.277	1.098	99.443
AGOSTO	20.9	8.719	2.277	1.082	95.891
SEPTIEMBRE	20.8	8.656	2.277	1.02	89.415
OCTUBRE	20.6	8.530	2.277	1.014	86.954
NOVIEMBRE	20.4	8.405	2.277	0.965	80.934
DICIEMBRE	19.3	7.728	2.277	0.966	71.411
	20.783	103.820			1081.191

JINOTEGA/JINOTEGA - 1989

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	18.8	7.427	2.207	0.985	65.546
FEBRERO	18.2	7.071	2.207	0.907	56.186
MARZO	19.9	8.095	2.207	1.03	77.704
ABRIL	21.5	9.101	2.207	1.036	92.701
MAYO	22.6	9.815	2.207	1.095	109.386
JUNIO	21	8.782	2.207	1.075	91.323
JULIO	20.7	8.593	2.207	1.098	90.362
AGOSTO	21.2	8.909	2.207	1.082	93.861
SEPTIEMBRE	20.8	8.656	2.207	1.02	84.840
OCTUBRE	20.7	8.593	2.207	1.014	83.449
NOVIEMBRE	20.1	8.219	2.207	0.965	74.425
DICIEMBRE	19	7.547	2.207	0.966	65.800
	20.375	100.808			985.581

JINOTEGA/JINOTEGA - 1990

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.4	7.789	2.343	0.985	77.016
FEBRERO	20.1	8.219	2.343	0.907	77.058
MARZO	21.3	8.973	2.343	1.03	100.240
ABRIL	23.1	10.145	2.343	1.036	121.927
MAYO	22.5	9.749	2.343	1.095	121.166
JUNIO	21.9	9.358	2.343	1.075	111.654
JULIO	21.3	8.973	2.343	1.098	106.858
AGOSTO	22	9.423	2.343	1.082	113.587
SEPTIEMBRE	22	9.423	2.343	1.02	107.078
OCTUBRE	20.9	8.719	2.343	1.014	94.396
NOVIEMBRE	20	8.157	2.343	0.965	81.033
DICIEMBRE	19.1	7.608	2.343	0.966	72.823
	21.133	106.535			1184.836

JINOTEGA/JINOTEGA - 1991

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.2	7.668	2.288	0.985	72.493
FEBRERO	19.3	7.728	2.288	0.907	67.550
MARZO	21	8.782	2.288	1.03	93.057
ABRIL	21.9	9.358	2.288	1.036	103.032
MAYO	22.2	9.553	2.288	1.095	112.344
JUNIO	21.8	9.294	2.288	1.075	105.797
JULIO	21.5	9.101	2.288	1.098	104.688
AGOSTO	21.3	8.973	2.288	1.082	100.980
SEPTIEMBRE	21.6	9.165	2.288	1.02	98.289
OCTUBRE	20.9	8.719	2.288	1.014	90.616
NOVIEMBRE	19.9	8.095	2.288	0.965	77.085
DICIEMBRE	19.5	7.850	2.288	0.966	73.662
	20.842	104.285			1099.593

JINOTEGA/JINOTEGA - 1992

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.4	7.789	2.307	0.985	75.166
FEBRERO	20.1	8.219	2.307	0.907	75.111
MARZO	21	8.782	2.307	1.03	94.365
ABRIL	22.8	9.947	2.307	1.036	114.741
MAYO	22.8	9.947	2.307	1.095	121.276
JUNIO	22.3	9.618	2.307	1.075	113.124
JULIO	20.6	8.530	2.307	1.098	96.230
AGOSTO	20.9	8.719	2.307	1.082	98.044
SEPTIEMBRE	20.7	8.593	2.307	1.02	90.398
OCTUBRE	20.8	8.656	2.307	1.014	90.871
NOVIEMBRE	20.5	8.467	2.307	0.965	83.630
DICIEMBRE	19.4	7.789	2.307	0.966	73.716
	20.942	105.056			1126.671

JINOTEGA/JINOTEGA - 1993

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.2	7.668	2.264	0.985	71.331
FEBRERO	19.7	7.972	2.264	0.907	69.619
MARZO	20.4	8.405	2.264	1.03	85.563
ABRIL	22.5	9.749	2.264	1.036	107.436
MAYO	22	9.423	2.264	1.095	107.922
JUNIO	21.6	9.165	2.264	1.075	101.639
JULIO	21.2	8.909	2.264	1.098	99.512
AGOSTO	20.7	8.593	2.264	1.082	92.904
SEPTIEMBRE	20.5	8.467	2.264	1.02	85.676
OCTUBRE	20.9	8.719	2.264	1.014	88.981
NOVIEMBRE	20.4	8.405	2.264	0.965	80.164
DICIEMBRE	19.4	7.789	2.264	0.966	71.616
	20.708	103.265			1062.362

JINOTEGA/JINOTEGA - 1994

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.2	7.668	2.277	0.985	71.953
FEBRERO	19.6	7.911	2.277	0.907	69.440
MARZO	20.7	8.593	2.277	1.03	89.298
ABRIL	21.7	9.229	2.277	1.036	100.004
MAYO	22.2	9.553	2.277	1.095	111.327
JUNIO	21.4	9.037	2.277	1.075	100.531
JULIO	21	8.782	2.277	1.098	98.364
AGOSTO	21.3	8.973	2.277	1.082	100.112
SEPTIEMBRE	21.2	8.909	2.277	1.02	93.370
OCTUBRE	21.1	8.846	2.277	1.014	91.827
NOVIEMBRE	20.3	8.343	2.277	0.965	80.027
DICIEMBRE	19.7	7.972	2.277	0.966	74.819
	20.783	103.815			1081.072

JINOTEGA/JINOTEGA - 1995

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.5	7.850	2.373	0.985	79.584
FEBRERO	19.9	8.095	2.373	0.907	76.899
MARZO	21.6	9.165	2.373	1.03	106.080
ABRIL	22.6	9.815	2.373	1.036	118.795
MAYO	22.6	9.815	2.373	1.095	125.560
JUNIO	22.2	9.553	2.373	1.075	118.152
JULIO	21.6	9.165	2.373	1.098	113.084
AGOSTO	21.8	9.294	2.373	1.082	113.900
SEPTIEMBRE	21.7	9.229	2.373	1.02	106.208
OCTUBRE	21.6	9.165	2.373	1.014	104.432
NOVIEMBRE	20.5	8.467	2.373	0.965	87.792
DICIEMBRE	20	8.157	2.373	0.966	82.882
	21.300	107.769			1233.370

JINOTEGA/JINOTEGA - 1996

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19	7.547	2.281	0.985	70.433
FEBRERO	19.5	7.850	2.281	0.907	68.814
MARZO	20.4	8.405	2.281	1.03	86.617
ABRIL	22.6	9.815	2.281	1.036	110.045
MAYO	21.7	9.229	2.281	1.095	106.016
JUNIO	21.8	9.294	2.281	1.075	105.177
JULIO	21.2	8.909	2.281	1.098	100.802
AGOSTO	21.1	8.846	2.281	1.082	98.268
SEPTIEMBRE	21.6	9.165	2.281	1.02	97.720
OCTUBRE	21.1	8.846	2.281	1.014	92.092
NOVIEMBRE	20.2	8.281	2.281	0.965	79.347
DICIEMBRE	19.4	7.789	2.281	0.966	72.436
	20.800	103.974			1087.765

JINOTEGA/JINOTEGA - 1997

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.2	7.668	2.358	0.985	75.921
FEBRERO	19.9	8.095	2.358	0.907	76.068
MARZO	20.6	8.530	2.358	1.03	93.719
ABRIL	22.5	9.749	2.358	1.036	116.059
MAYO	23	10.079	2.358	1.095	129.192
JUNIO	21.4	9.037	2.358	1.075	107.006
JULIO	21.7	9.229	2.358	1.098	112.942
AGOSTO	22	9.423	2.358	1.082	114.957
SEPTIEMBRE	21.9	9.358	2.358	1.02	107.212
OCTUBRE	21.5	9.101	2.358	1.014	102.049
NOVIEMBRE	20.8	8.656	2.358	0.965	89.827
DICIEMBRE	20.1	8.219	2.358	0.966	82.948
	21.217	107.143			1207.900

JINOTEGA/JINOTEGA - 1998

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	20.4	8.405	2.446	0.985	93.411
FEBRERO	21.5	9.101	2.446	0.907	97.805
MARZO	21.8	9.294	2.446	1.03	114.898
ABRIL	23.4	10.346	2.446	1.036	137.427
MAYO	23.5	10.413	2.446	1.095	146.776
JUNIO	22.5	9.749	2.446	1.075	129.556
JULIO	21.8	9.294	2.446	1.098	122.483
AGOSTO	22.1	9.488	2.446	1.082	124.802
SEPTIEMBRE	21.7	9.229	2.446	1.02	112.510
OCTUBRE	21	8.782	2.446	1.014	103.227
NOVIEMBRE	20.6	8.530	2.446	0.965	93.725
DICIEMBRE	19.8	8.034	2.446	0.966	85.158
	21.675	110.663			1361.777

JINOTEGA/JINOTEGA - 1999

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.5	7.850	2.253	0.985	73.312
FEBRERO	19.2	7.668	2.253	0.907	65.189
MARZO	20.2	8.281	2.253	1.03	83.000
ABRIL	21.9	9.358	2.253	1.036	100.151
MAYO	22.2	9.553	2.253	1.095	109.149
JUNIO	21.5	9.101	2.253	1.075	99.694
JULIO	21.2	8.909	2.253	1.098	98.654
AGOSTO	21.6	9.165	2.253	1.082	101.398
SEPTIEMBRE	21.2	8.909	2.253	1.02	91.646
OCTUBRE	20.6	8.530	2.253	1.014	85.401
NOVIEMBRE	19.8	8.034	2.253	0.965	74.336
DICIEMBRE	18.8	7.427	2.253	0.966	66.214
	20.642	102.784			1048.147

JINOTEGA/JINOTEGA - 2000

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	18.6	7.308	2.266	0.985	66.483
FEBRERO	19	7.547	2.266	0.907	64.243
MARZO	20.7	8.593	2.266	1.03	88.594
ABRIL	22	9.423	2.266	1.036	102.301
MAYO	22.4	9.684	2.266	1.095	112.634
JUNIO	21.5	9.101	2.266	1.075	100.763
JULIO	21.1	8.846	2.266	1.098	98.630
AGOSTO	21.7	9.229	2.266	1.082	103.570
SEPTIEMBRE	21.3	8.973	2.266	1.02	93.604
OCTUBRE	20.6	8.530	2.266	1.014	86.266
NOVIEMBRE	20.3	8.343	2.266	0.965	79.413
DICIEMBRE	19.4	7.789	2.266	0.966	71.731
	20.717	103.365			1068.230

JINOTEGA/JINOTEGA - 2001

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	18.6	7.308	2.305	0.985	68.144
FEBRERO	19.5	7.850	2.305	0.907	69.969
MARZO	20.6	8.530	2.305	1.03	90.173
ABRIL	22	9.423	2.305	1.036	105.543
MAYO	22.8	9.947	2.305	1.095	121.127
JUNIO	21.5	9.101	2.305	1.075	103.863
JULIO	21.3	8.973	2.305	1.098	103.824
AGOSTO	21.7	9.229	2.305	1.082	106.795
SEPTIEMBRE	21.4	9.037	2.305	1.02	97.496
OCTUBRE	21.4	9.037	2.305	1.014	96.922
NOVIEMBRE	20.3	8.343	2.305	0.965	81.673
DICIEMBRE	20.1	8.219	2.305	0.966	79.913
	20.933	104.995			1125.442

JINOTEGA/JINOTEGA - 2002

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.5	7.850	2.339	0.985	77.775
FEBRERO	19.9	8.095	2.339	0.907	75.100
MARZO	20.9	8.719	2.339	1.03	95.650
ABRIL	21.7	9.229	2.339	1.036	105.043
MAYO	22	9.423	2.339	1.095	114.650
JUNIO	21.7	9.229	2.339	1.075	108.998
JULIO	21.5	9.101	2.339	1.098	108.944
AGOSTO	21.9	9.358	2.339	1.082	112.087
SEPTIEMBRE	22.1	9.488	2.339	1.02	107.936
OCTUBRE	21.4	9.037	2.339	1.014	99.518
NOVIEMBRE	20.5	8.467	2.339	0.965	85.653
DICIEMBRE	20.4	8.405	2.339	0.966	84.766
	21.125	106.401			1176.121

JINOTEGA/JINOTEGA - 2003

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.5	7.850	2.420	0.985	82.164
FEBRERO	20.9	8.719	2.420	0.907	89.477
MARZO	22	9.423	2.420	1.03	115.040
ABRIL	22.9	10.013	2.420	1.036	127.498
MAYO	23	10.079	2.420	1.095	136.188
JUNIO	22	9.423	2.420	1.075	120.066
JULIO	21.6	9.165	2.420	1.098	117.309
AGOSTO	21.9	9.358	2.420	1.082	119.523
SEPTIEMBRE	22.3	9.618	2.420	1.02	117.718
OCTUBRE	21.8	9.294	2.420	1.014	110.777
NOVIEMBRE	20.9	8.719	2.420	0.965	95.199
DICIEMBRE	19.7	7.972	2.420	0.966	82.593
	21.542	109.632			1313.551

JINOTEGA/JINOTEGA - 2004

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.5	7.850	2.318	0.985	76.659
FEBRERO	20.2	8.281	2.318	0.907	76.602
MARZO	20.7	8.593	2.318	1.03	92.063
ABRIL	22.2	9.553	2.318	1.036	108.903
MAYO	22.2	9.553	2.318	1.095	115.105
JUNIO	21.5	9.101	2.318	1.075	104.914
JULIO	21.4	9.037	2.318	1.098	106.007
AGOSTO	21.6	9.165	2.318	1.082	106.739
SEPTIEMBRE	21.7	9.229	2.318	1.02	101.706
OCTUBRE	21.5	9.101	2.318	1.014	98.961
NOVIEMBRE	20.1	8.219	2.318	0.965	80.568
DICIEMBRE	19.5	7.850	2.318	0.966	75.180
	21.008	105.530			1143.408

JINOTEGA/JINOTEGA - 2005

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.1	7.608	2.397	0.985	76.974
FEBRERO	19.6	7.911	2.397	0.907	75.408
MARZO	22.7	9.881	2.397	1.03	121.759
ABRIL	23.3	10.279	2.397	1.036	130.371
MAYO	22.8	9.947	2.397	1.095	130.814
JUNIO	22.2	9.553	2.397	1.075	120.472
JULIO	22	9.423	2.397	1.098	120.409
AGOSTO	22	9.423	2.397	1.082	118.655
SEPTIEMBRE	21.9	9.358	2.397	1.02	110.641
OCTUBRE	21.2	8.909	2.397	1.014	101.751
NOVIEMBRE	20.3	8.343	2.397	0.965	87.271
DICIEMBRE	19.9	8.095	2.397	0.966	83.291
	21.417	108.728			1277.817

JINOTEGA/JINOTEGA - 2006

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.6	7.911	2.374	0.985	80.591
FEBRERO	19.3	7.728	2.374	0.907	71.541
MARZO	20.7	8.593	2.374	1.03	95.934
ABRIL	22.5	9.749	2.374	1.036	117.612
MAYO	23	10.079	2.374	1.095	130.967
JUNIO	21.9	9.358	2.374	1.075	114.456
JULIO	21.8	9.294	2.374	1.098	115.641
AGOSTO	22.2	9.553	2.374	1.082	118.982
SEPTIEMBRE	22	9.423	2.374	1.02	109.781
OCTUBRE	21.9	9.358	2.374	1.014	107.961
NOVIEMBRE	20.4	8.405	2.374	0.965	86.819
DICIEMBRE	20.3	8.343	2.374	0.966	85.901
	21.300	107.794			1236.186

JINOTEGA/JINOTEGA - 2007

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	20.2	8.281	2.378	0.985	86.855
FEBRERO	20.5	8.467	2.378	0.907	82.830
MARZO	21.4	9.037	2.378	1.03	104.183
ABRIL	22.9	10.013	2.378	1.036	123.109
MAYO	23.5	10.413	2.378	1.095	138.375
JUNIO	22.2	9.553	2.378	1.075	118.652
JULIO	21.5	9.101	2.378	1.098	112.299
AGOSTO	21.7	9.229	2.378	1.082	113.127
SEPTIEMBRE	21.5	9.101	2.378	1.02	104.322
OCTUBRE	20.8	8.656	2.378	1.014	95.858
NOVIEMBRE	20	8.157	2.378	0.965	83.101
DICIEMBRE	19.7	7.972	2.378	0.966	80.250
	21.325	107.978			1242.962

JINOTEGA/JINOTEGA - 2008

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.1	7.608	2.308	0.985	72.588
FEBRERO	20.1	8.219	2.308	0.907	75.196
MARZO	20.8	8.656	2.308	1.03	92.415
ABRIL	22	9.423	2.308	1.036	105.802
MAYO	22.7	9.881	2.308	1.095	120.212
JUNIO	21.7	9.229	2.308	1.075	106.360
JULIO	21.1	8.846	2.308	1.098	101.827
AGOSTO	21.8	9.294	2.308	1.082	108.195
SEPTIEMBRE	22.1	9.488	2.308	1.02	105.264
OCTUBRE	20.9	8.719	2.308	1.014	91.992
NOVIEMBRE	19.7	7.972	2.308	0.965	76.377
DICIEMBRE	19.4	7.789	2.308	0.966	73.796
	20.950	105.122			1130.026

JINOTEGA/JINOTEGA - 2009

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.6	7.911	2.375	0.985	80.655
FEBRERO	19.4	7.789	2.375	0.907	72.481
MARZO	20.3	8.343	2.375	1.03	91.669
ABRIL	22.3	9.618	2.375	1.036	115.255
MAYO	22.1	9.488	2.375	1.095	119.240
JUNIO	22.4	9.684	2.375	1.075	120.871
JULIO	21.7	9.229	2.375	1.098	114.491
AGOSTO	22	9.423	2.375	1.082	116.562
SEPTIEMBRE	22.5	9.749	2.375	1.02	115.907
OCTUBRE	21.9	9.358	2.375	1.014	108.061
NOVIEMBRE	20.9	8.719	2.375	0.965	92.036
DICIEMBRE	20.6	8.530	2.375	0.966	89.021
	21.308	107.841			1236.251

JINOTEGA/JINOTEGA - 2010

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	19.5	7.850	2.379	0.985	79.936
FEBRERO	21.3	8.973	2.379	0.907	90.814
MARZO	22	9.423	2.379	1.03	111.378
ABRIL	23.2	10.212	2.379	1.036	127.117
MAYO	22.4	9.684	2.379	1.095	123.593
JUNIO	22.3	9.618	2.379	1.075	120.051
JULIO	22	9.423	2.379	1.098	118.731
AGOSTO	21.8	9.294	2.379	1.082	114.485
SEPTIEMBRE	21.4	9.037	2.379	1.02	103.273
OCTUBRE	21.7	9.229	2.379	1.014	106.123
NOVIEMBRE	20	8.157	2.379	0.965	83.175
DICIEMBRE	18.3	7.130	2.379	0.966	67.398
	21.325	108.029			1246.074

MES	k - latitud		
	10	20	13
ENERO	1	0.95	0.985
FEBRERO	0.91	0.9	0.907
MARZO	1.03	1.03	1.03
ABRIL	1.03	1.05	1.036
MAYO	1.08	1.13	1.095
JUNIO	1.06	1.11	1.075
JULIO	1.08	1.14	1.098
AGOSTO	1.07	1.11	1.082
SEPTIEMBRE	1.02	1.02	1.02
OCTUBRE	1.02	1	1.014
NOVIEMBRE	0.98	0.93	0.965
DICIEMBRE	0.99	0.91	0.966

Cuadro 22. Valores de interpolados Ka.

Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	media
1985	17.8	18.5	19.9	21.1	21.9	20.9	20.4	20.5	20.8	20.2	19.8	19.1	20.075
1986	18.3	19.6	19.8	21.6	22	20.9	20.3	21	20.6	20.5	20.2	19.3	20.342
1987	19	19.8	21.8	22.6	22.7	22.3	20.9	21.3	21.6	21.3	21	20.4	21.225
1988	19.4	19.9	21.1	22.2	22.2	21.5	21.1	20.9	20.8	20.6	20.4	18.8	20.742
1989	18.8	18.2	19.9	21.5	22.6	21	20.7	21.2	20.8	20.7	20.1	19	20.375
1990	19.4	20.1	21.3	23.1	22.5	21.9	21.3	22	22	20.9	20	19.1	21.133
1991	19.2	19.3	21	21.9	22.2	21.8	21.5	21.3	21.6	20.9	19.9	19.5	20.842
1992	19.4	20.1	21	22.8	22.8	22.3	20.6	20.9	20.7	20.8	20.5	19.4	20.942
1993	19.2	19.7	20.4	22.5	22	21.6	21.2	20.7	20.5	20.9	20.4	19.4	20.708
1994	19.2	19.6	20.7	21.7	22.2	21.4	21	21.3	21.2	21.1	20.3	19.7	20.783
1995	19.5	19.9	21.6	22.6	22.6	22.2	21.6	21.8	21.7	21.6	20.5	20	21.300
1996	19	19.5	20.4	22.6	21.7	21.8	21.2	21.1	21.6	21.1	20.2	19.4	20.800
1997	19.2	19.9	20.6	22.5	23	21.4	21.7	22	21.9	21.5	20.8	20.1	21.217
1998	20.4	21.5	21.8	23.4	23.5	22.5	21.8	22.1	21.7	21	20.6	19.8	21.675
1999	19.5	19.2	20.2	21.9	22.2	21.5	21.2	21.6	21.2	20.6	19.8	18.8	20.642
2000	18.6	19	20.7	22	22.4	21.5	21.1	21.7	21.3	20.6	20.3	19.4	20.717
2001	18.6	19.5	20.6	22	22.8	21.5	21.3	21.7	21.4	21.4	20.3	20.1	20.933
2002	19.5	19.9	20.9	21.7	22	21.7	21.5	21.9	22.1	21.4	20.5	20.4	21.125
2003	19.5	20.9	22	22.9	23	22	21.6	21.9	22.3	21.8	20.9	19.7	21.542
2004	19.5	20.2	20.7	22.2	22.2	21.5	21.4	21.6	21.7	21.5	20.1	19.5	21.008
2005	19.1	19.6	22.7	23.3	22.8	22.2	22	22	21.9	21.2	20.3	19.9	21.417
2006	19.6	19.3	20.7	22.5	23	21.9	21.8	22.2	22	21.9	20.4	20.3	21.300
2007	20.2	20.5	21.4	22.9	23.5	22.2	21.5	21.7	21.5	20.8	20	19.7	21.325
2008	19.1	20.1	20.8	22	22.7	21.7	21.1	21.8	22.1	20.9	19.7	19.4	20.950
2009	19.6	19.4	20.3	22.3	22.1	22.4	21.7	22	22.5	21.9	20.9	20.6	21.308
2010	19.5	21.3	22	23.2	22.4	22.3	22	21.8	21.4	21.7	20	18.3	21.325

Cuadro 23. Registro de temperaturas (Estación Jinotega)

Año	T °C	P anual (mm)	L	P²/L²	ETR (mm/año)	ETP (mm/año)
1985	20.075	1010.1	1206.392	0.701	798.291	918.177
1986	20.342	1132.8	1229.394	0.849	856.553	973.620
1987	21.225	977.7	1308.719	0.558	809.675	1183.683
1988	20.742	1898.8	1264.712	2.254	1069.155	1081.191
1989	20.375	1059.4	1232.300	0.739	827.486	985.581
1990	21.133	1111.7	1300.259	0.731	870.485	1184.836
1991	20.842	788.8	1273.697	0.384	696.247	1099.593
1992	20.942	921.4	1282.744	0.516	774.324	1126.671
1993	20.708	1456.7	1261.731	1.333	974.839	1062.362
1994	20.783	891.8	1268.448	0.494	755.248	1081.072
1995	21.300	1715.1	1315.680	1.699	1063.796	1233.370
1996	20.800	1655.2	1269.946	1.699	1026.757	1087.765
1997	21.217	1096.4	1307.948	0.703	866.055	1207.900
1998	21.675	1933.7	1351.027	2.049	1126.117	1361.777
1999	20.642	1130.5	1255.790	0.810	864.410	1048.147
2000	20.717	1005.1	1262.476	0.634	811.560	1068.230
2001	20.933	814.7	1281.987	0.404	713.481	1125.442
2002	21.125	1227.8	1299.493	0.893	917.009	1176.121
2003	21.542	1089.5	1338.355	0.663	871.546	1313.551
2004	21.008	1065.2	1288.810	0.683	846.597	1143.408
2005	21.417	1589.1	1326.580	1.435	1039.951	1277.817
2006	21.300	1042.5	1315.680	0.628	843.406	1236.186
2007	21.325	1556	1318.008	1.394	1027.394	1242.962
2008	20.950	1410.2	1283.500	1.207	971.473	1130.026
2009	21.308	921.6	1316.456	0.490	781.667	1236.251
2010	21.325	2146.8	1318.008	2.653	1138.912	1246.074

Cuadro 24. Calculo de la ETR anual de la cuenca.

Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (Método de Thornthwaite)

RAUL GONZALEZ		1985			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.1	10.145	3.088	0.99	87.851
FEBRERO	24	10.750	3.088	0.908	90.670
MARZO	25	11.435	3.088	1.03	116.673
ABRIL	25.6	11.853	3.088	1.034	126.027
MAYO	25.5	11.783	3.088	1.09	131.256
JUNIO	24.9	11.366	3.088	1.07	119.713
JULIO	24.5	11.091	3.088	1.092	116.214
AGOSTO	24.7	11.228	3.088	1.078	117.641
SEPTIEMBRE	24.5	11.091	3.088	1.02	108.551
OCTUBRE	23.7	10.547	3.088	1.016	97.589
NOVIEMBRE	23.8	10.614	3.088	0.97	94.390
DICIEMBRE	24	10.750	3.088	0.974	97.261
	24.4416667	132.653			1303.834

RAUL GONZALEZ		1986			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.5	10.413	3.164	0.99	96.745
FEBRERO	23.8	10.614	3.164	0.908	92.366
MARZO	24.8	11.297	3.164	1.03	119.351
ABRIL	26.1	12.205	3.164	1.034	140.839
MAYO	25.9	12.064	3.164	1.09	144.897
JUNIO	24.9	11.366	3.164	1.07	125.575
JULIO	24.7	11.228	3.164	1.092	124.928
AGOSTO	25	11.435	3.164	1.078	128.129
SEPTIEMBRE	24.6	11.159	3.164	1.02	115.203
OCTUBRE	24.3	10.954	3.164	1.016	110.381
NOVIEMBRE	24.6	11.159	3.164	0.97	109.555
DICIEMBRE	24.4	11.022	3.164	0.974	107.202
	24.717	134.917			1415.172

RAUL GONZALEZ		1987			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.1	10.818	3.357	0.99	117.561
FEBRERO	24.4	11.022	3.357	0.908	112.396
MARZO	26	12.135	3.357	1.03	157.800
ABRIL	27	12.848	3.357	1.034	179.810
MAYO	26.7	12.633	3.357	1.09	182.570
JUNIO	26	12.135	3.357	1.07	163.928
JULIO	24.6	11.159	3.357	1.092	138.929
AGOSTO	25	11.435	3.357	1.078	144.779
SEPTIEMBRE	25	11.435	3.357	1.02	136.989
OCTUBRE	25	11.435	3.357	1.016	136.452
NOVIEMBRE	25.7	11.923	3.357	0.97	142.929
DICIEMBRE	25	11.435	3.357	0.974	130.811
	25.375	140.413			1744.954

RAUL GONZALEZ		1988			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.7	11.228	3.269	0.99	120.838
FEBRERO	24.9	11.366	3.269	0.908	113.789
MARZO	25.6	11.853	3.269	1.03	141.322
ABRIL	25.8	11.994	3.269	1.034	145.526
MAYO	25.6	11.853	3.269	1.09	149.554
JUNIO	24.4	11.022	3.269	1.07	125.489
JULIO	24.6	11.159	3.269	1.092	131.532
AGOSTO	25	11.435	3.269	1.078	136.875
SEPTIEMBRE	25	11.435	3.269	1.02	129.511
OCTUBRE	25	11.435	3.269	1.016	129.003
NOVIEMBRE	25.6	11.853	3.269	0.97	133.089
DICIEMBRE	24.8	11.297	3.269	0.974	120.466
	25.083	137.931			1576.994

RAUL GONZALEZ		1989			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.8	11.297	3.377	0.99	131.068
FEBRERO	25	11.435	3.377	0.908	123.517
MARZO	24.8	11.297	3.377	1.03	136.363
ABRIL	26.6	12.561	3.377	1.034	173.442
MAYO	27.6	13.283	3.377	1.09	207.105
JUNIO	25.7	11.923	3.377	1.07	159.783
JULIO	25.8	11.994	3.377	1.092	165.221
AGOSTO	25.1	11.504	3.377	1.078	148.633
SEPTIEMBRE	24.7	11.228	3.377	1.02	133.209
OCTUBRE	25.1	11.504	3.377	1.016	140.085
NOVIEMBRE	25.5	11.783	3.377	0.97	141.078
DICIEMBRE	24.6	11.159	3.377	0.974	125.471
	25.442	140.969			1784.976

RAUL GONZALEZ		1990			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	25.4	11.713	3.407	0.99	144.812
FEBRERO	25.1	11.504	3.407	0.908	127.549
MARZO	25.9	12.064	3.407	1.03	161.007
ABRIL	27.2	12.993	3.407	1.034	190.978
MAYO	27	12.848	3.407	1.09	196.323
JUNIO	26.2	12.276	3.407	1.07	173.952
JULIO	26	12.135	3.407	1.092	172.955
AGOSTO	26.2	12.276	3.407	1.078	175.253
SEPTIEMBRE	25.1	11.504	3.407	1.02	143.282
OCTUBRE	24.3	10.954	3.407	1.016	127.809
NOVIEMBRE	24.1	10.818	3.407	0.97	118.635
DICIEMBRE	23.9	10.682	3.407	0.974	115.790
	25.533	141.768			1848.346

RAUL GONZALEZ 1991

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.9	10.682	3.275	0.99	108.918
FEBRERO	24.3	10.954	3.275	0.908	105.477
MARZO	25.5	11.783	3.275	1.03	140.109
ABRIL	26.3	12.347	3.275	1.034	155.626
MAYO	25.6	11.853	3.275	1.09	150.183
JUNIO	25.1	11.504	3.275	1.07	138.205
JULIO	25.9	12.064	3.275	1.092	156.310
AGOSTO	26.4	12.418	3.275	1.078	164.278
SEPTIEMBRE	25.3	11.644	3.275	1.02	135.216
OCTUBRE	24.1	10.818	3.275	1.016	114.871
NOVIEMBRE	24.4	11.022	3.275	0.97	114.204
DICIEMBRE	24.4	11.022	3.275	0.974	114.675
	25.100	138.112			1598.072

RAUL GONZALEZ 1992

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.2	10.886	3.360	0.99	119.381
FEBRERO	24.8	11.297	3.360	0.908	118.883
MARZO	25.4	11.713	3.360	1.03	146.133
ABRIL	27.4	13.138	3.360	1.034	189.242
MAYO	26.7	12.633	3.360	1.09	182.880
JUNIO	25.8	11.994	3.360	1.07	159.990
JULIO	25	11.435	3.360	1.092	146.884
AGOSTO	25.5	11.783	3.360	1.078	154.976
SEPTIEMBRE	25	11.435	3.360	1.02	137.199
OCTUBRE	24.9	11.366	3.360	1.016	134.833
NOVIEMBRE	24.9	11.366	3.360	0.97	128.729
DICIEMBRE	25	11.435	3.360	0.974	131.012
	25.383	140.480			1750.141

RAUL GONZALEZ 1993

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.9	11.366	3.344	0.99	130.090
FEBRERO	25.2	11.574	3.344	0.908	124.190
MARZO	25.7	11.923	3.344	1.03	150.442
ABRIL	27.4	13.138	3.344	1.034	187.099
MAYO	25.6	11.853	3.344	1.09	157.144
JUNIO	25.4	11.713	3.344	1.07	150.267
JULIO	25.4	11.713	3.344	1.092	153.357
AGOSTO	25.2	11.574	3.344	1.078	147.441
SEPTIEMBRE	24.3	10.954	3.344	1.02	123.534
OCTUBRE	24.8	11.297	3.344	1.016	131.722
NOVIEMBRE	25.3	11.644	3.344	0.97	134.439
DICIEMBRE	24.8	11.297	3.344	0.974	126.277
	25.333	140.045			1716.002

RAUL GONZALEZ 1994

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.5	11.091	3.335	0.99	122.529
FEBRERO	24.8	11.297	3.335	0.908	117.035
MARZO	26	12.135	3.335	1.03	155.417
ABRIL	27	12.848	3.335	1.034	176.944
MAYO	26.4	12.418	3.335	1.09	173.060
JUNIO	25.4	11.713	3.335	1.07	149.359
JULIO	26	12.135	3.335	1.092	164.772
AGOSTO	25.4	11.713	3.335	1.078	150.476
SEPTIEMBRE	25.2	11.574	3.335	1.02	138.676
OCTUBRE	24.5	11.091	3.335	1.016	125.747
NOVIEMBRE	24.1	10.818	3.335	0.97	113.642
DICIEMBRE	24.3	10.954	3.335	0.974	117.299
	25.300	139.786			1704.955

RAUL GONZALEZ 1995

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.4	11.022	3.231	0.99	113.448
FEBRERO	24.8	11.297	3.231	0.908	109.663
MARZO	25.9	12.064	3.231	1.03	143.121
ABRIL	26.3	12.347	3.231	1.034	150.969
MAYO	25.7	11.923	3.231	1.09	147.712
JUNIO	25.2	11.574	3.231	1.07	136.084
JULIO	25.1	11.504	3.231	1.092	137.110
AGOSTO	24.4	11.022	3.231	1.078	123.532
SEPTIEMBRE	24.2	10.886	3.231	1.02	113.819
OCTUBRE	24.4	11.022	3.231	1.016	116.428
NOVIEMBRE	24.5	11.091	3.231	0.97	112.635
DICIEMBRE	24.5	11.091	3.231	0.974	113.099
	24.950	136.844			1517.620

RAUL GONZALEZ 1996

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.7	10.547	3.179	0.99	100.210
FEBRERO	24.5	11.091	3.179	0.908	102.139
MARZO	24.6	11.159	3.179	1.03	117.373
ABRIL	26.7	12.633	3.179	1.034	152.876
MAYO	25.5	11.783	3.179	1.09	139.239
JUNIO	25.4	11.713	3.179	1.07	134.988
JULIO	25	11.435	3.179	1.092	130.984
AGOSTO	24.6	11.159	3.179	1.078	122.842
SEPTIEMBRE	24.9	11.366	3.179	1.02	120.799
OCTUBRE	24.4	11.022	3.179	1.016	112.811
NOVIEMBRE	23.9	10.682	3.179	0.97	100.843
DICIEMBRE	24	10.750	3.179	0.974	102.612
	24.767	135.340			1437.717

RAUL GONZALEZ 1997

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.9	10.682	3.438	0.99	119.876
FEBRERO	25.2	11.574	3.438	0.908	131.905
MARZO	25.2	11.574	3.438	1.03	149.628
ABRIL	26.3	12.347	3.438	1.034	173.975
MAYO	27.8	13.429	3.438	1.09	221.925
JUNIO	25.1	11.504	3.438	1.07	153.329
JULIO	26.3	12.347	3.438	1.092	183.734
AGOSTO	26.7	12.633	3.438	1.078	191.039
SEPTIEMBRE	26.6	12.561	3.438	1.02	178.443
OCTUBRE	25.1	11.504	3.438	1.016	145.591
NOVIEMBRE	25	11.435	3.438	0.97	137.105
DICIEMBRE	24.4	11.022	3.438	0.974	126.640
	25.633	142.614			1913.190

RAUL GONZALEZ 1998

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	25.2	11.574	3.507	0.99	150.367
FEBRERO	25.9	12.064	3.507	0.908	151.823
MARZO	26.7	12.633	3.507	1.03	191.613
ABRIL	28.2	13.723	3.507	1.034	233.003
MAYO	27.6	13.283	3.507	1.09	227.777
JUNIO	26.4	12.418	3.507	1.07	191.320
JULIO	26.1	12.205	3.507	1.092	187.582
AGOSTO	25.8	11.994	3.507	1.078	177.819
SEPTIEMBRE	24.9	11.366	3.507	1.02	148.552
OCTUBRE	24.4	11.022	3.507	1.016	137.808
NOVIEMBRE	24.3	10.954	3.507	0.97	129.687
DICIEMBRE	24.7	11.228	3.507	0.974	137.896
	25.850	144.464			2065.246

RAUL GONZALEZ 1999

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.4	11.022	3.193	0.99	110.889
FEBRERO	24.3	10.954	3.193	0.908	100.380
MARZO	24.9	11.366	3.193	1.03	123.090
ABRIL	26.5	12.490	3.193	1.034	150.754
MAYO	26	12.135	3.193	1.09	149.541
JUNIO	25.3	11.644	3.193	1.07	134.545
JULIO	25.3	11.644	3.193	1.092	137.312
AGOSTO	25.2	11.574	3.193	1.078	133.848
SEPTIEMBRE	24.2	10.886	3.193	1.02	111.286
OCTUBRE	23.8	10.614	3.193	1.016	105.105
NOVIEMBRE	23.9	10.682	3.193	0.97	101.698
DICIEMBRE	24	10.750	3.193	0.974	103.488
	24.817	135.759			1461.935

RAUL GONZALEZ		2000			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.9	10.682	3.309	0.99	111.138
FEBRERO	24.4	11.022	3.309	0.908	109.162
MARZO	25.1	11.504	3.309	1.03	135.979
ABRIL	26.6	12.561	3.309	1.034	165.414
MAYO	26.5	12.490	3.309	1.09	172.213
JUNIO	25.6	11.853	3.309	1.07	150.788
JULIO	25.5	11.783	3.309	1.092	151.908
AGOSTO	25.9	12.064	3.309	1.078	157.886
SEPTIEMBRE	24.6	11.159	3.309	1.02	125.984
OCTUBRE	24.7	11.228	3.309	1.016	127.186
NOVIEMBRE	24.9	11.366	3.309	0.97	124.712
DICIEMBRE	24.9	11.366	3.309	0.974	125.226
	25.217	139.079			1657.596

RAUL GONZALEZ		2001			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24	10.750	3.395	0.99	118.568
FEBRERO	24.6	11.159	3.395	0.908	118.257
MARZO	25.2	11.574	3.395	1.03	145.582
ABRIL	26.9	12.776	3.395	1.034	182.410
MAYO	26.9	12.776	3.395	1.09	192.289
JUNIO	25.5	11.783	3.395	1.07	157.436
JULIO	25.6	11.853	3.395	1.092	162.822
AGOSTO	26.2	12.276	3.395	1.078	173.888
SEPTIEMBRE	24.9	11.366	3.395	1.02	138.424
OCTUBRE	25.3	11.644	3.395	1.016	145.547
NOVIEMBRE	25.2	11.574	3.395	0.97	137.102
DICIEMBRE	25.7	11.923	3.395	0.974	147.163
	25.500	141.455			1819.487

RAUL GONZALEZ		2002			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	25.1	11.504	3.488	0.99	146.515
FEBRERO	25.5	11.783	3.488	0.908	141.999
MARZO	26.2	12.276	3.488	1.03	177.037
ABRIL	27.1	12.920	3.488	1.034	199.946
MAYO	27	12.848	3.488	1.09	208.074
JUNIO	25.9	12.064	3.488	1.07	176.670
JULIO	25.6	11.853	3.488	1.092	173.121
AGOSTO	26.4	12.418	3.488	1.078	190.268
SEPTIEMBRE	25.6	11.853	3.488	1.02	161.707
OCTUBRE	25.2	11.574	3.488	1.016	152.463
NOVIEMBRE	25	11.435	3.488	0.97	141.570
DICIEMBRE	25	11.435	3.488	0.974	142.153
	25.800	143.966			2011.522

RAUL GONZALEZ 2003

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	25	11.435	3.482	0.99	143.877
FEBRERO	25.6	11.853	3.482	0.908	143.318
MARZO	26.4	12.418	3.482	1.03	180.960
ABRIL	27.6	13.283	3.482	1.034	212.070
MAYO	27.7	13.356	3.482	1.09	226.388
JUNIO	25.4	11.713	3.482	1.07	164.339
JULIO	25.8	11.994	3.482	1.092	177.095
AGOSTO	25.6	11.853	3.482	1.078	170.151
SEPTIEMBRE	25.5	11.783	3.482	1.02	158.817
OCTUBRE	25.2	11.574	3.482	1.016	151.809
NOVIEMBRE	24.8	11.297	3.482	0.97	137.082
DICIEMBRE	24.7	11.228	3.482	0.974	135.725
	25.775	143.788			2001.631

RAUL GONZALEZ 2004

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.3	10.954	3.405	0.99	124.410
FEBRERO	24.9	11.366	3.405	0.908	123.986
MARZO	26.1	12.205	3.405	1.03	165.091
ABRIL	26.9	12.776	3.405	1.034	183.675
MAYO	26.5	12.490	3.405	1.09	183.993
JUNIO	26.1	12.205	3.405	1.07	171.502
JULIO	25.1	11.504	3.405	1.092	153.228
AGOSTO	25.8	11.994	3.405	1.078	166.115
SEPTIEMBRE	25.3	11.644	3.405	1.02	147.046
OCTUBRE	25.3	11.644	3.405	1.016	146.469
NOVIEMBRE	25.1	11.504	3.405	0.97	136.109
DICIEMBRE	25	11.435	3.405	0.974	134.826
	25.533	141.721			1836.450

RAUL GONZALEZ 2005

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.6	11.159	3.475	0.99	135.463
FEBRERO	25	11.435	3.475	0.908	131.406
MARZO	27.6	13.283	3.475	1.03	210.225
ABRIL	28	13.576	3.475	1.034	221.862
MAYO	27	12.848	3.475	1.09	206.112
JUNIO	25.9	12.064	3.475	1.07	175.101
JULIO	25.6	11.853	3.475	1.092	171.610
AGOSTO	25.7	11.923	3.475	1.078	171.721
SEPTIEMBRE	25.6	11.853	3.475	1.02	160.295
OCTUBRE	24.4	11.022	3.475	1.016	135.132
NOVIEMBRE	24.7	11.228	3.475	0.97	134.611
DICIEMBRE	24.9	11.366	3.475	0.974	139.008
	25.750	143.611			1992.546

RAUL GONZALEZ 2006

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.5	11.091	3.387	0.99	126.537
FEBRERO	24.5	11.091	3.387	0.908	116.056
MARZO	25.5	11.783	3.387	1.03	150.753
ABRIL	26.7	12.633	3.387	1.034	176.844
MAYO	26.7	12.633	3.387	1.09	186.422
JUNIO	25.5	11.783	3.387	1.07	156.607
JULIO	25.7	11.923	3.387	1.092	164.113
AGOSTO	26.1	12.205	3.387	1.078	170.709
SEPTIEMBRE	25.4	11.713	3.387	1.02	147.316
OCTUBRE	25.6	11.853	3.387	1.016	150.688
NOVIEMBRE	24.5	11.091	3.387	0.97	123.981
DICIEMBRE	25	11.435	3.387	0.974	133.309
	25.475	141.234			1803.334

RAUL GONZALEZ 2007

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.9	11.366	3.328	0.99	128.807
FEBRERO	24.8	11.297	3.328	0.908	116.566
MARZO	26.3	12.347	3.328	1.03	160.770
ABRIL	27.2	12.993	3.328	1.034	180.519
MAYO	26.9	12.776	3.328	1.09	183.399
JUNIO	25.7	11.923	3.328	1.07	154.666
JULIO	25.7	11.923	3.328	1.092	157.846
AGOSTO	25	11.435	3.328	1.078	142.139
SEPTIEMBRE	24.8	11.297	3.328	1.02	130.944
OCTUBRE	23.9	10.682	3.328	1.016	115.332
NOVIEMBRE	24.2	10.886	3.328	0.97	114.778
DICIEMBRE	23.9	10.682	3.328	0.974	110.565
	25.275	139.608			1696.330

RAUL GONZALEZ 2008

MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	23.7	10.547	3.153	0.99	98.706
FEBRERO	24.1	10.818	3.153	0.908	95.436
MARZO	25	11.435	3.153	1.03	121.525
ABRIL	26.1	12.205	3.153	1.034	139.735
MAYO	25.9	12.064	3.153	1.09	143.773
JUNIO	25	11.435	3.153	1.07	126.244
JULIO	24.3	10.954	3.153	1.092	117.805
AGOSTO	24.7	11.228	3.153	1.078	122.438
SEPTIEMBRE	24.9	11.366	3.153	1.02	118.834
OCTUBRE	24	10.750	3.153	1.016	105.397
NOVIEMBRE	24	10.750	3.153	0.97	100.625
DICIEMBRE	24.4	11.022	3.153	0.974	106.445
	24.675	134.574			1396.961

RAUL GONZALEZ		2009			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.2	10.886	3.339	0.99	117.922
FEBRERO	24.3	10.954	3.339	0.908	109.655
MARZO	24.7	11.228	3.339	1.03	131.358
ABRIL	26.8	12.704	3.339	1.034	173.169
MAYO	26	12.135	3.339	1.09	164.979
JUNIO	25.3	11.644	3.339	1.07	147.845
JULIO	25.5	11.783	3.339	1.092	154.905
AGOSTO	26	12.135	3.339	1.078	163.163
SEPTIEMBRE	26.1	12.205	3.339	1.02	156.376
OCTUBRE	25.6	11.853	3.339	1.016	146.020
NOVIEMBRE	24.7	11.228	3.339	0.97	123.706
DICIEMBRE	24.6	11.159	3.339	0.974	122.545
	25.317	139.914			1711.641

RAUL GONZALEZ		2010			
MES	T °C	ij	a	ka	ETP (mm/mes)
ENERO	24.1	10.818	3.180	0.99	105.761
FEBRERO	25.5	11.783	3.180	0.908	116.080
MARZO	26	12.135	3.180	1.03	140.064
ABRIL	26.7	12.633	3.180	1.034	153.003
MAYO	25.3	11.644	3.180	1.09	135.901
JUNIO	24.9	11.366	3.180	1.07	126.815
JULIO	24.8	11.297	3.180	1.092	127.777
AGOSTO	24.6	11.159	3.180	1.078	122.932
SEPTIEMBRE	24.2	10.886	3.180	1.02	110.410
OCTUBRE	24.7	11.228	3.180	1.016	117.367
NOVIEMBRE	23.7	10.547	3.180	0.97	98.253
DICIEMBRE	22.7	9.881	3.180	0.974	86.019
	24.767	135.375			1440.382

MES	k - latitud		
	10	20	12
ENERO	1	0.95	0.99
FEBRERO	0.91	0.9	0.908
MARZO	1.03	1.03	1.03
ABRIL	1.03	1.05	1.034
MAYO	1.08	1.13	1.09
JUNIO	1.06	1.11	1.07
JULIO	1.08	1.14	1.092
AGOSTO	1.07	1.11	1.078
SEPTIEMBRE	1.02	1.02	1.02
OCTUBRE	1.02	1	1.016
NOVIEMBRE	0.98	0.93	0.97
DICIEMBRE	0.99	0.91	0.974

Cuadro 25. Valores de interpolados Ka.

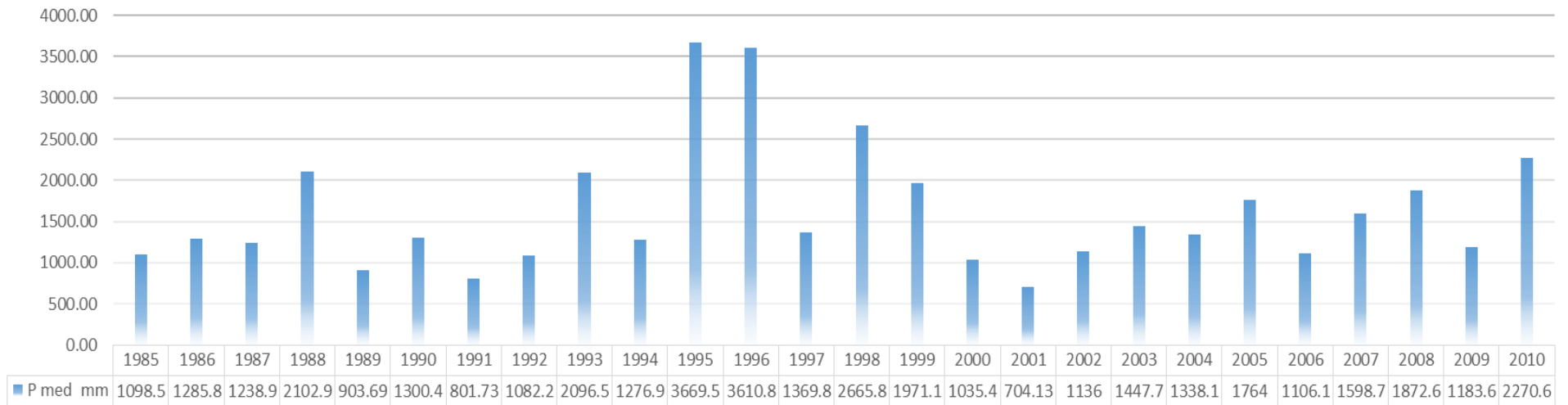
Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	media
1985	23.1	24	25	25.6	25.5	24.9	24.5	24.7	24.5	23.7	23.8	24	24.442
1986	23.5	23.8	24.8	26.1	25.9	24.9	24.7	25	24.6	24.3	24.6	24.4	24.717
1987	24.1	24.4	26	27	26.7	26	24.6	25	25	25	25.7	25	25.375
1988	24.7	24.9	25.6	25.8	25.6	24.4	24.6	25	25	25	25.6	24.8	25.083
1989	24.8	25	24.8	26.6	27.6	25.7	25.8	25.1	24.7	25.1	25.5	24.6	25.442
1990	25.4	25.1	25.9	27.2	27	26.2	26	26.2	25.1	24.3	24.1	23.9	25.533
1991	23.9	24.3	25.5	26.3	25.6	25.1	25.9	26.4	25.3	24.1	24.4	24.4	25.100
1992	24.2	24.8	25.4	27.4	26.7	25.8	25	25.5	25	24.9	24.9	25	25.383
1993	24.9	25.2	25.7	27.4	25.6	25.4	25.4	25.2	24.3	24.8	25.3	24.8	25.333
1994	24.5	24.8	26	27	26.4	25.4	26	25.4	25.2	24.5	24.1	24.3	25.300
1995	24.4	24.8	25.9	26.3	25.7	25.2	25.1	24.4	24.2	24.4	24.5	24.5	24.950
1996	23.7	24.5	24.6	26.7	25.5	25.4	25	24.6	24.9	24.4	23.9	24	24.767
1997	23.9	25.2	25.2	26.3	27.8	25.1	26.3	26.7	26.6	25.1	25	24.4	25.633
1998	25.2	25.9	26.7	28.2	27.6	26.4	26.1	25.8	24.9	24.4	24.3	24.7	25.850
1999	24.4	24.3	24.9	26.5	26	25.3	25.3	25.2	24.2	23.8	23.9	24	24.817
2000	23.9	24.4	25.1	26.6	26.5	25.6	25.5	25.9	24.6	24.7	24.9	24.9	25.217
2001	24	24.6	25.2	26.9	26.9	25.5	25.6	26.2	24.9	25.3	25.2	25.7	25.500
2002	25.1	25.5	26.2	27.1	27	25.9	25.6	26.4	25.6	25.2	25	25	25.800
2003	25	25.6	26.4	27.6	27.7	25.4	25.8	25.6	25.5	25.2	24.8	24.7	25.775
2004	24.3	24.9	26.1	26.9	26.5	26.1	25.1	25.8	25.3	25.3	25.1	25	25.533
2005	24.6	25	27.6	28	27	25.9	25.6	25.7	25.6	24.4	24.7	24.9	25.750
2006	24.5	24.5	25.5	26.7	26.7	25.5	25.7	26.1	25.4	25.6	24.5	25	25.475
2007	24.9	24.8	26.3	27.2	26.9	25.7	25.7	25	24.8	23.9	24.2	23.9	25.275
2008	23.7	24.1	25	26.1	25.9	25	24.3	24.7	24.9	24	24	24.4	24.675
2009	24.2	24.3	24.7	26.8	26	25.3	25.5	26	26.1	25.6	24.7	24.6	25.317
2010	24.1	25.5	26	26.7	25.3	24.9	24.8	24.6	24.2	24.7	23.7	22.7	24.767

Cuadro 26. Registro de temperaturas (Estación Raúl González)

Año	T °C	P annual (mm)	L	P²/L²	ETR (mm/año)	ETP (mm/año)
1985	24.442	729	1641.108	0.197	695.921	1303.834
1986	24.717	572.3	1672.904	0.117	567.488	1415.172
1987	25.375	701.3	1751.311	0.160	681.049	1744.954
1988	25.083	465.4	1716.172	0.074	471.682	1576.994
1989	25.442	759.3	1759.434	0.186	728.534	1784.976
1990	25.533	739.6	1770.658	0.174	713.509	1848.346
1991	25.100	572.6	1718.163	0.111	569.458	1598.072
1992	25.383	607.2	1752.325	0.120	601.197	1750.141
1993	25.333	1658.8	1746.252	0.902	1235.591	1716.002
1994	25.300	2225.1	1742.214	1.631	1398.588	1704.955
1995	24.950	1567.4	1700.322	0.850	1184.924	1517.620
1996	24.767	3165.6	1678.745	3.556	1499.654	1437.717
1997	25.633	712.9	1782.975	0.160	692.472	1913.190
1998	25.850	1517.9	1809.928	0.703	1198.756	2065.246
1999	24.817	912.5	1684.605	0.293	835.293	1461.935
2000	25.217	690.8	1732.156	0.159	671.265	1657.596
2001	25.500	661.5	1766.569	0.140	648.587	1819.487
2002	25.800	724.7	1803.676	0.161	703.415	2011.522
2003	25.775	802.4	1800.557	0.199	765.547	2001.631
2004	25.533	618.4	1770.658	0.122	611.715	1836.450
2005	25.750	998.6	1797.443	0.309	908.323	1992.546
2006	25.475	678	1763.508	0.148	662.351	1803.334
2007	25.275	1019.5	1739.191	0.344	914.204	1696.330
2008	24.675	1281.4	1668.051	0.590	1049.716	1396.961
2009	25.317	641.5	1744.232	0.135	630.479	1711.641
2010	24.767	1842.9	1678.745	1.205	1270.171	1440.382

Cuadro 27. Cálculo de la ETR anual de la cuenca.

COMPORTAMIENTO DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

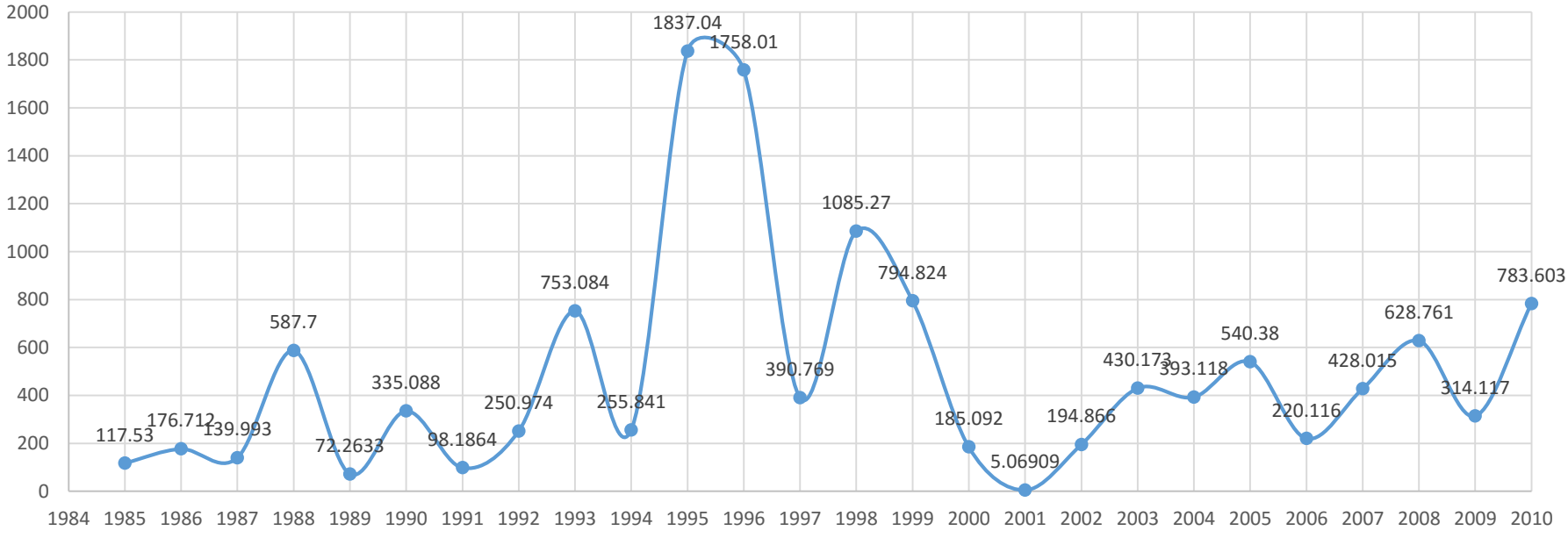


Grafica 16. Precipitaciones medias anuales

Año	P med	ETR med	Q estimado		Coeficiente de escorrentía
	mm	mm	(mm)	(m3/seg)	
1985	1098.59	933.85	164.9	0.11753	15.0%
1986	1285.84	1038.14	247.9	0.176712	19.3%
1987	1238.92	1042.69	196.4	0.139993	15.9%
1988	2102.91	1279.14	824.5	0.5877	39.2%
1989	903.69	802.4	101.4	0.0722633	11.2%
1990	1300.38	830.69	470.1	0.335088	36.1%
1991	801.73	664.11	137.7	0.0981864	17.2%
1992	1082.23	730.44	352.1	0.250974	32.5%
1993	2096.52	1040.92	1056.5	0.753084	50.4%
1994	1276.92	918.3	358.9	0.255841	28.1%
1995	3669.47	1094.49	2577.1	1.83704	70.2%
1996	3610.81	1146.61	2466.2	1.75801	68.3%
1997	1369.79	822.05	548.2	0.390769	40.0%
1998	2665.75	1144.52	1522.5	1.08527	57.1%
1999	1971.13	857.03	1115.0	0.794824	56.6%
2000	1035.44	776	259.7	0.185092	25.1%
2001	704.13	697.03	7.1	5.07E-03	1.0%
2002	1136.01	862.87	273.4	0.194866	24.1%
2003	1447.65	844.68	603.5	0.430173	41.7%
2004	1338.09	787.06	551.5	0.393118	41.2%
2005	1764.03	1006.58	758.1	0.54038	43.0%
2006	1106.05	797.51	308.8	0.220116	27.9%
2007	1598.65	998.7	600.4	0.428015	37.6%
2008	1872.63	991.3	882.1	0.628761	47.1%
2009	1183.64	743.34	440.7	0.314117	37.2%
2010	2270.55	1172.18	1099.3	0.783603	48.4%

Cuadro 28. Cálculo Hidrológico del balance hídrico.

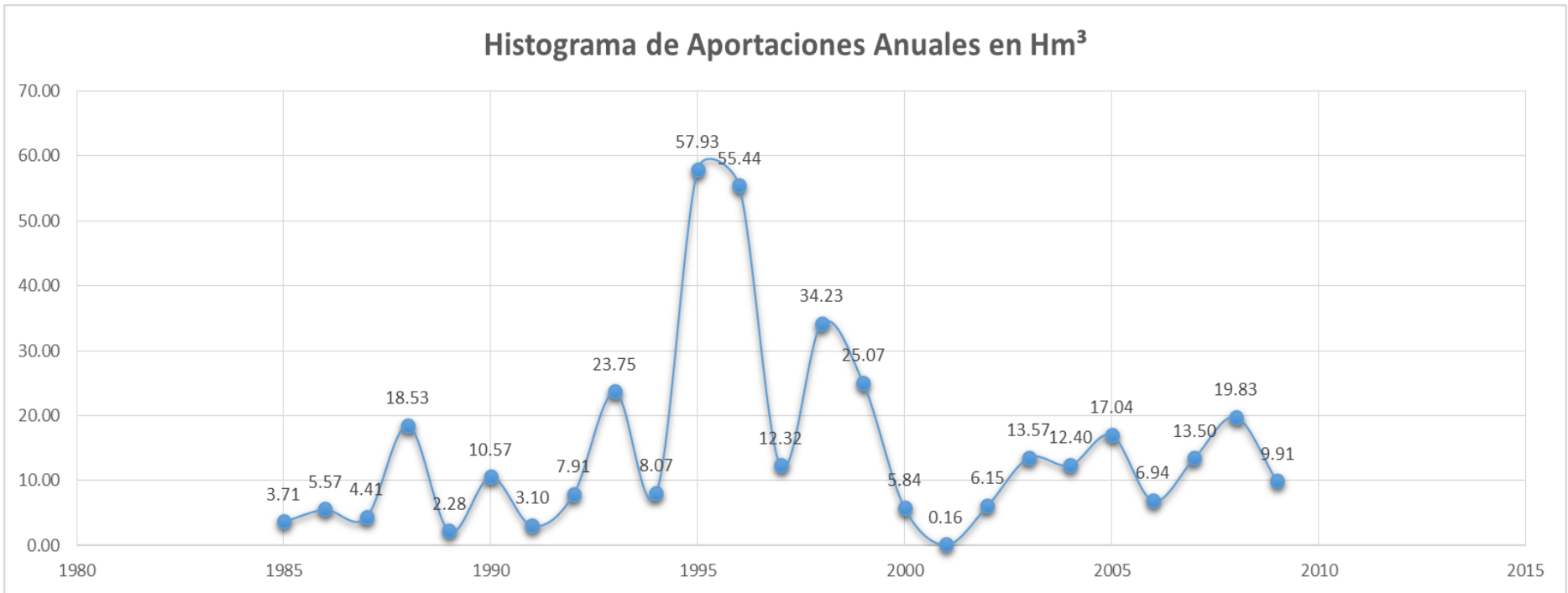
Hidrograma de caudales en l/s anuales de Subcuenca San Francisco



Grafica N° 17. Hidrograma anual de caudales.

Año	P med	Aportaciones (A)	Coeficiente de escorrentia
	mm	Hm ³	
1985	1098.59	3.71	0.1501
1986	1285.84	5.57	0.1928
1987	1238.92	4.41	0.1585
1988	2102.91	18.53	0.3921
1989	903.69	2.28	0.1122
1990	1300.38	10.57	0.3615
1991	801.73	3.10	0.1718
1992	1082.23	7.91	0.3253
1993	2096.52	23.75	0.5039
1994	1276.92	8.07	0.2811
1995	3669.47	57.93	0.7023
1996	3610.81	55.44	0.6830
1997	1369.79	12.32	0.4002
1998	2665.75	34.23	0.5711
1999	1971.13	25.07	0.5657
2000	1035.44	5.84	0.2508
2001	704.13	0.16	0.0101
2002	1136.01	6.15	0.2406
2003	1447.65	13.57	0.4169
2004	1338.09	12.40	0.4121
2005	1764.03	17.04	0.4297
2006	1106.05	6.94	0.2792
2007	1598.65	13.50	0.3756
2008	1872.63	19.83	0.4710
2009	1183.64	9.91	0.3723
2010	2270.55	24.71	0.4841

Cuadro 29. Aportaciones en Hm³



Grafica 18. Histograma de Aportaciones



**EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS.
(ENACAL)
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA**

AFORO Y CALCULO DE CAUDAL

Río: San Francisco	Cuenca: San Francisco	Molinete No.: OTT	Tipo: Z400										
Estación:	Coordenadas E: N:												
Fecha: 2-Nov-15	H. inicial: 11:00am	Final: 11:50am	Rotor: Helice										
Nivel Inicial (cms):	Final:	Medio:	No. del aforo desde la última calibración del molinete:										
Velocidad Media (m/s): 0.1183056	Ancho Total: 4.62	Util: 2.1	Ecuación de la Tabla de Calibración:										
			$V = 0,2392 * (N/T) + 0,015; 0 < n < 0,59 (35.4/60)$										
			$V = 0,2594 * (N/T) + 0,003; 0,59 < n < 9.64, (578.4/60)$										
Area Sección (m²): 0.80	Caudal (m³/s): 0.096	Tipo de Aforo: Vadeo											
Distancia desde PR (m)	Profundidades (m)			Medición de Revoluciones			Velocidades (m/seg)			SECCION			Caudal Parcial (m ³ /seg)
	PT (m)	%	PA (m)	N	T (seg)	N/T	VP	VMV	VM	PM (m)	AP (m)	SP (m ²)	
0.21	0.28	60%	0.112	17	60	0.283	0.083	0.083	0.083	0.28	0.42	0.118	0.010
0.63	0.38	60%	0.152	25.6	60	0.427	0.117	0.117	0.117	0.38	0.42	0.160	0.019
1.05	0.4	60%	0.16	34	60	0.567	0.151	0.151	0.151	0.4	0.42	0.168	0.025
1.47	0.42	60%	0.168	36.4	60	0.607	0.160	0.160	0.160	0.42	0.42	0.176	0.028
1.89	0.42	60%	0.168	16.5	60	0.275	0.081	0.081	0.081	0.42	0.42	0.176	0.014
2.1													
OBSERVACIONES ESPECIALES:										Total	m	(m ²)	(m ³ /seg)
										2.1	0.80	0.096	
OPERADORES: Luis Zeledon, Jaime Suarez					Calculado por: Luis Zeledon, Jaime Suarez								
					Revisado por: Ing. Carmelo Ruiz Vallejos								
										1525.7			
										GPM			
PR: Punto fijo de referencia. PT: Profundidad Total. PA: Profundidad de Aforo. N: Número de Revoluciones.				T : Tiempo de aforo. N/T : Revoluciones por segundo. VP : Velocidad puntual. VMV : Velocidad Medio Vertical.				VM : Velocidad Media. PM : Profundidad Media AP : Ancho Parcial. SP : Sección Parcial.					

Cuadro 30. Calculo de caudal – Aforos 1 (Equipo Molinete)



EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS.
(ENACAL)
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

AFORO Y CALCULO DE CAUDAL

Río:	San Francisco	Cuenca:	San Francisco	Molinete No.:	OTT	Tipo:	Z400						
Estación:				Coordenadas	E:	N:							
Fecha:	3-Mar-16	H inicial:	4:10pm	Final:	05:05pm	Rotor:	Helice						
Nivel Inicial (cms):		Final:		Medio:		No. del aforo desde la últi-							
Velocidad Media (m/s):	0.07320533	Ancho Total	3.28	ma calibración del molinete:									
		(m)	Util:	1.35	Ecuación de la Tabla de Calibración:								
					V = 0,2392* (N/T) + 0,015; 0<n<0,59 (35.4/60)								
					V = 0,2594* (N/T) + 0,003; 0,59<n<9.64, (578.4/60)								
Area Sección (m²):	0.41	Caudal(m³/s):	0.030		Tipo de Aforo:								
					Vadeo								
Distancia desde PR (m)	Profundidades (m)	Medición de Revoluciones					Velocidades (m/seg)			SECCION			Caudal Parcial (m³/seg)
orilla:	PT (m)	%	PA (m)	N	T (seg)	N/T	VP	VMV	VM	PM (m)	AP (m)	SP (m²)	
0.135	0.33	60%	0.132	11.2	60	0.187	0.060	0.060	0.060	0.33	0.27	0.089	0.005
0.405	0.32	60%	0.128	20.3	60	0.338	0.096	0.096	0.096	0.32	0.27	0.086	0.008
0.675	0.28	60%	0.112	27.8	60	0.463	0.126	0.126	0.126	0.28	0.27	0.076	0.010
0.945	0.31	60%	0.124	8.7	60	0.145	0.050	0.050	0.050	0.31	0.27	0.084	0.004
1.215	0.26	60%	0.096	5	60	0.083	0.035	0.035	0.035	0.26	0.27	0.070	0.002
1.35													
OBSERVACIONES ESPECIALES:										Total	m	(m²)	(m³/seg)
										1.35	0.41	0.030	
OPERADORES: Luis Zeledon, Jaime Suarez				Calculado por: Luis Zeledon, Jaime Suarez				Revisado por: Ing. Carmelo Ruiz Vallejos				471.2	
													GPM
PR: Punto fijo de referencia. PT: Profundidad Total. PA: Profundidad de Aforo. N: Número de Revoluciones.				T : Tiempo de aforo. N/T : Revoluciones por segundo. VP : Velocidad puntual. VMV : Velocidad Medio Vertical.				VM: Velocidad Media. PM: Profundidad Media AP : Ancho Parcial. SP : Sección Parcial.					

Cuadro 31. Calculo de caudal – Afros 2 (Equipo Molinete)

Resultados de la Sub-cuenca proporcionados por Alcaldía Municipal de Matagalpa (ALMAT)

Rango de Precipitaciones	San Francisco	
	Área (Ha ²)	% de Área
800 - 1200	897.24	30.24
1200 - 1600	2051.83	69.58

Rangos de Precipitación en la Sub-cuenca (Tabla 1)

Fuente: (Plan de manejo integral de las Sub-cuenclas San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.

Rango de Temperatura	San Francisco	
	Área (Ha ²)	% de Área
19.5 - 20.5	4.32	0.15
20.5 - 21.5	488.24	16.56
21.5 - 22.5	1145.78	38.85

Rango de Temperaturas en la Sub-cuenca (Tabla 2)

Fuente: (Plan de manejo integral de las Sub-cuenclas San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.

Canícula	San Francisco	
	Área (Ha ²)	% de Área
Benigna	1043.26	35.39
No hay	1905.32	64.61

Tipo de Canícula en la Sub-cuenca (Tabla 3)

Fuente: (Plán de manejo integral de las Sub-cuenclas San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.

Items	Nombre	Área total km ²	% de áreas
		29,49	100,00
1	Café con Sombra	11,94	40,5
2	Granos básicos	5,31	18
3	Bosques	1,75	5,94
4	Pastos	3,68	12,48
5	Bosque Ripario	2,08	7,07
6	Centros poblados	1,27	4,29

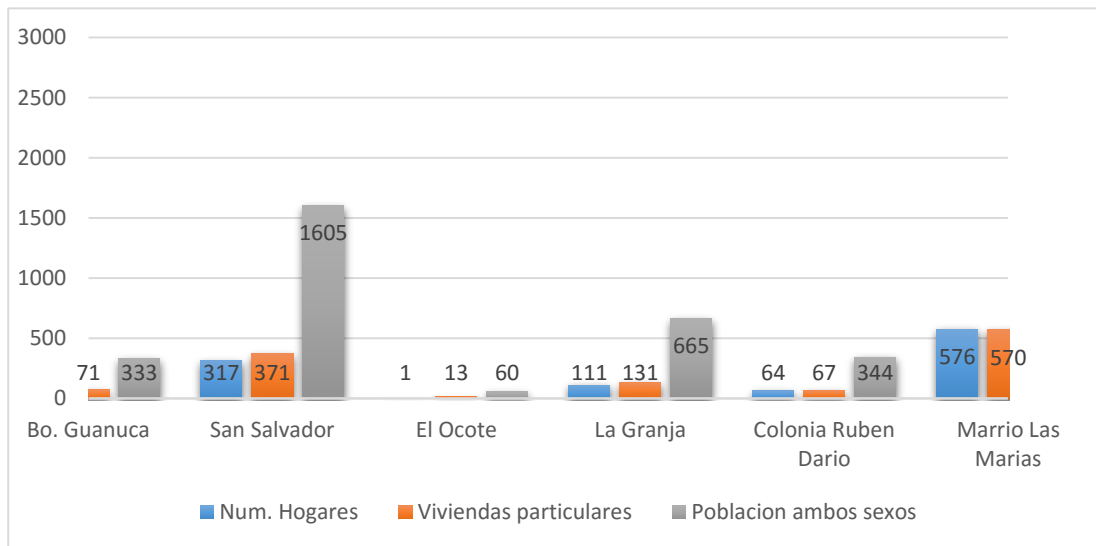
Distribución de usos de suelo en la Sub-cuenca (Tabla 4)

Fuente: (Plán de manejo integral de las Sub-cuenca
San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.

	Comunidad	Num. Hogares	Viviendas particulares	Población ambos sexos
	San Francisco	Bo. Guanuca	69	71
San Salvador		317	371	1605
El Ocote		1	13	60
La Granja		111	131	665
Colonia Ruben Dario		64	67	344
Barrio Las Marias		576	570	2753
Total			1138	1223

Población que habita en área de Cuenca (Tabla 5)

Fuente: (Plán de manejo integral de las Sub-cuenca
San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.

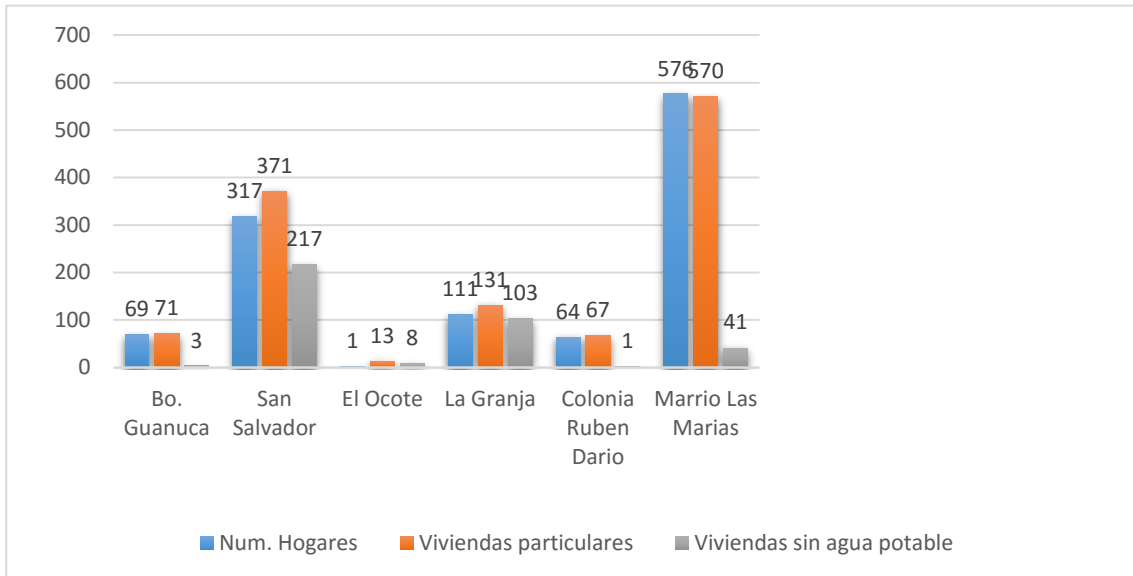


Grafica N° 19. Histograma de población que habita en área de la Sub-cuenca

	Comunidad	Num. Hogares	Viviendas particulares	Viviendas sin agua potable
San Francisco	Bo. Guanuca	69	71	3
	San Salvador	317	371	217
	El Ocote	10	13	8
	La Granja	111	131	103
	Colonia Ruben Dario	64	67	1
	Marrio Las Marias	576	570	41
	Total		1147	1223

Población que habita en área de Cuenca (Tabla 6)

Fuente: (Plán de manejo integral de las Sub-cuencas San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.

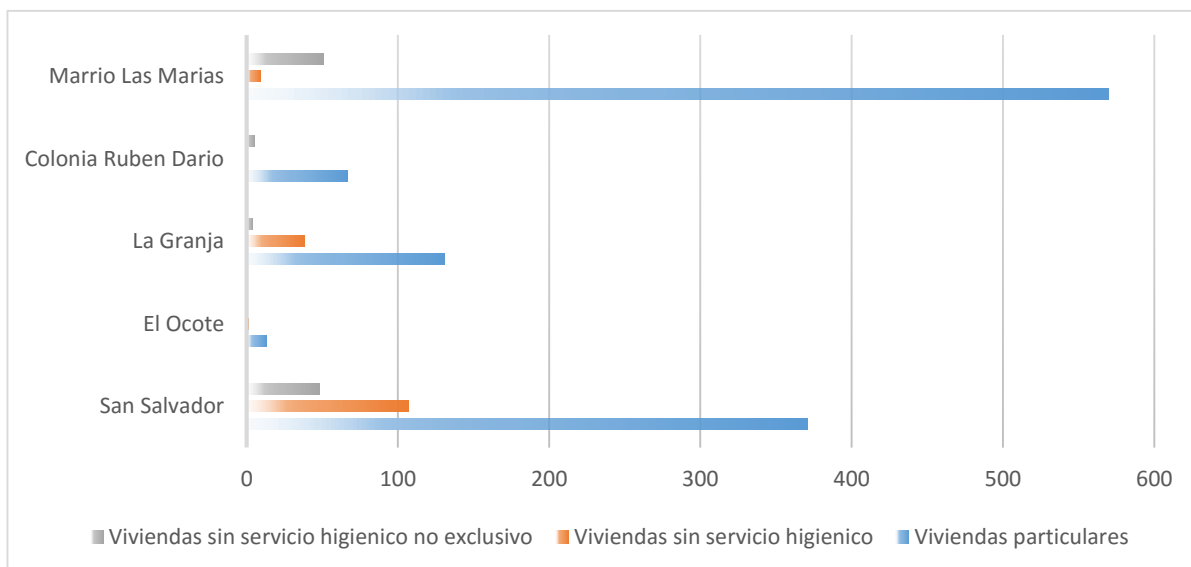


Gráfica N° 20. Histograma de población que habita en área de la Sub-cuenca

San Francisco	Comunidad	Viviendas particulares	Viviendas sin servicio higiénico	Viviendas sin servicio higiénico no exclusivo
	San Salvador	371	107	48
El Ocote	13	1	0	
La Granja	131	38	4	
Colonia Ruben Dario	67	0	5	
Marrio Las Marias	570	9	51	
Total		1152	155	108

Viviendas con y sin servicio higiénico (Tabla 7)

Fuente: (Plán de manejo integral de las Sub-cuencas San Francisco y Molino Norte) ALMAT-Matagalpa.



Grafica N° 21. Histograma de población con y sin servicios higiénicos.

Nota: Los valores presentados anteriormente son datos específicos de la Sub-cuenca (temperaturas, precipitaciones, canícula, uso de suelos, entre otros), son valores reales obtenidos a través de un estudio realizado por la Alcaldía de Matagalpa en conjunto con Cooperative for Assistance and Relief Everywhere (CARE) llamado: Plan de manejo integral de las Sub-cuenca de los ríos Molino norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua (PMISMNSF).

Estos valores corresponden a la sub cuenca en general, no en el punto de control de la obra hidráulica Presa San Francisco, sino en el punto donde se intercepta con la Sub-cuenca de Molino norte, el cual se encuentra ubicado a 3.15 km en el Barrio Guanuca al oeste de la Presa San Francisco siendo este un punto de intercepción del nacimiento del Rio grande de Matagalpa.

MATRIZ DE PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA SAN FRANCISCO

PROBLEMÁTICA	CAUSA	EFECTO	ALTERNATIVAS DE SOLUCION
Falta de Letrinas.	No ha habido buena relación de la comunidad con la alcaldía, Falta de Gestión.	Contaminación con heces. Enfermedades (diarrea vómitos) Malaria, dengue. Falta de condiciones para la comunidad.	Letrinización (aboneras, nuevas) El beneficiario debe poner una contraparte para letrinas. Ejemplo: cuotas, trabajo, materiales. El poder ciudadano debe dar seguimiento.
Caminos en mal Estado.	Existe Falta de iniciativa por parte de la comunidad. Los habitantes no le toman importancia a esta inversión. Asistencialismo (cultura toda regalada)	Reducción de oferta del agua a la familia. Familias sin cobertura de agua Compra de agua a privados.	Poner medidores. Racionamiento de algunos sectores. Proyecto de sistemas de agua. Compra de terrenos. Grupo de gente organizada. Plan de reforestación a largo plazo. Mejoramiento cobertura vegetal.
Déficit de Agua.	Despilfarro de agua, fuentes en lugares privados, deforestación que deteriora las fuentes. Disminución de caudales. Mal manejo de agua.	Sequía, reducción del caudal y fuentes de agua. Alteraciones en el Microclima Deslaves Erosión del suelo Baja productividad del suelo.	Reforestación y cuidado por las comunidades, creación de compromisos por la comunidad. Sembrar especies adaptadas a la zona. Viveros en comunidades con suficientes agua y con cultura para viveros no en todas las comunidades.
Deforestación.	Gente de los barrios deforesta. Deforestación para siembran de café. Pobreza (socolas que tala rasa) Fomento de la ilegalidad (miedo, denuncias, soborno, instituciones se hacen la vista gorda).	La comunidad no participa. Se pierde el proyecto. Falta de gestión. Se da aislamiento de la comunidad. Falta de desarrollo comunitario. Desconocimiento de funciones.	Motivar a la población (casa a casa) Asambleas dinámicas. Tomar en consideración a todos y no ser excluyentes (tomar en cuenta a mujeres, niños. Etc.) Hacer autoevaluación del comité para luego ayudar a la gente.
Organización.	Falta de entendimiento (enfoque, ideología), Falta de comunicación, falta de voluntad y comprensión. Falta de tiempo de personas que no quieren trabajar y ocupar tiempo en este tipo de organización. Falta de convivencia. División Social. Preparación de los integrantes (no están preparados para asumir).	Falta de gestión, bajos niveles de incidencia. Poco nivel de elaboración de propuestas comunitarias.	Se debe hacer conciencia y que la comunidad se involucre al comité los organizaciones que deben capacitar en roles y funciones a cada miembro.

Fuente: Plán de Manejo Integral de las sub-cuencas de los Ríos Molino Norte y San Francisco (PMISMNSF)

MATRIZ DE PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA SAN FRANCISCO

PROBLEMÁTICA	CAUSA	EFECTO	ALTERNATIVAS DE SOLUCION
Carente educación ambiental.	Falta de información. No se han capacitado a los líderes. Falta de institucionalidad, carencia organizativa. Desinterés de organizaciones en temas ambientales. El sistema educativo y los padres no dan este tipo de temas. Falta de participación en la comunidad.	Altos niveles de deterioro ambiental. Poca adopción de conocimientos y tecnologías amigables.	Trabajo con los niños en las escuelas. Sensibilización y capacitación a pobladores y productores.
Ilegalidad de fuentes de Agua.	Las fuentes están en manos de los grandes propietarios y se niegan a vender o entrar en procesos de negociación.	Conflictos por el agua y el acceso. Bajo nivel en la toma de decisiones para la realización de acciones en la fuente.	Aplicación de la legalidad y leyes Organización Procesos de negociación con propietarios
Incumplimiento de leyes nacionales.	Influencias de personas con capacidad económica. Falta de fondos de las instituciones.	Deterioro de los recursos naturales.	Aplicación de leyes sin distinciones de ideologías políticas. Asignación de recursos económicos a las instituciones.
Basuras, desechos y pulpa de café.	Pulpa de café (san José). Exceso de población no hay sistema de recolección, estiércol y pulpa.	Desechos depositados en el río, malaria y dengue.	Sistema de recolección. Hacer ahorro organizado.
Calidad del agua.	Falta de cloración de agua y hervido. Poca cobertura del MINSA en cuanto a materiales para tratar agua (no es suficiente). Contaminación con insumos y animales muertos en la parte baja. Nacimientos de agua pertenecen a grandes productores.	Enfermedades estomacales, alergias, enfermedades respiratorias, parásitos, contaminación pulpa, malos olores.	Multas, certificaciones, cumplimiento, pilas de oxidación, constante inspección, beneficios ecológicos.
Ilegalidad de fuentes de agua.	Las funciones no se cumplen. Leyes inaplicables.	Seguridad, cortan el agua, restricciones, no cuesta vender el agua a los Alpes.	Compra de terreno, se legalizo la tierra. Poner funcionarios capaces y que trabajen por bien de la comunidad. Exigir cumplimiento.

Fuente: Plán de Manejo Integral de las sub-cuencas de los Rios Molino Norte y San Francisco (PMISMNSF)

ANEXOS C.

**Mapas: Clasificación decimal del rio,
curvas de nivel, estaciones
meteorológicas, estación de aforo,
distribución de áreas de influencia.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL

SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA



Unión en Ciencia y Tecnología

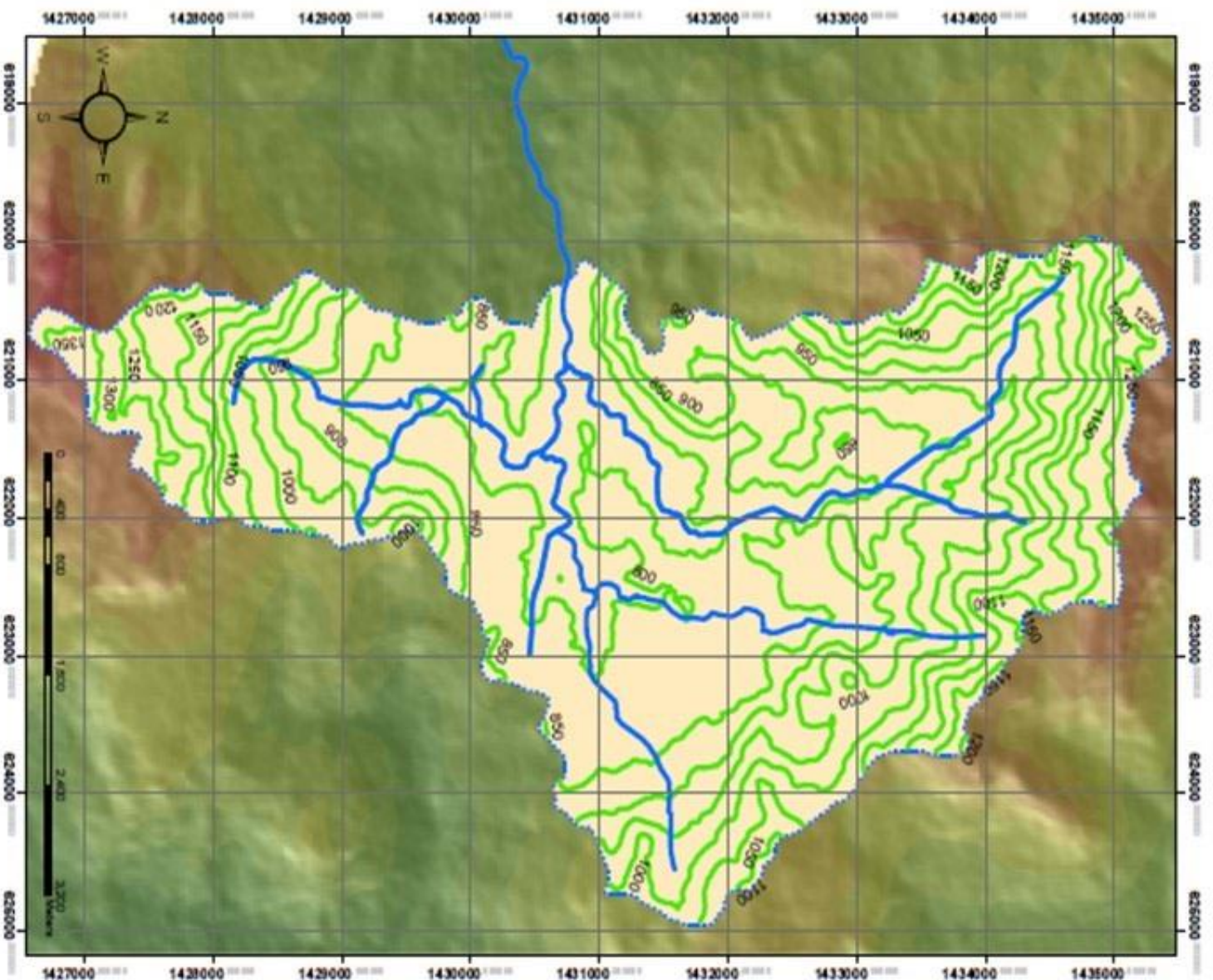


CURVAS DE NIVEL

ESCALA HIPSONOMETRICA



LEYENDA



Br. Luis Nelson Zeledón Siles
Br. Jaime Francisco Suárez Granados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA

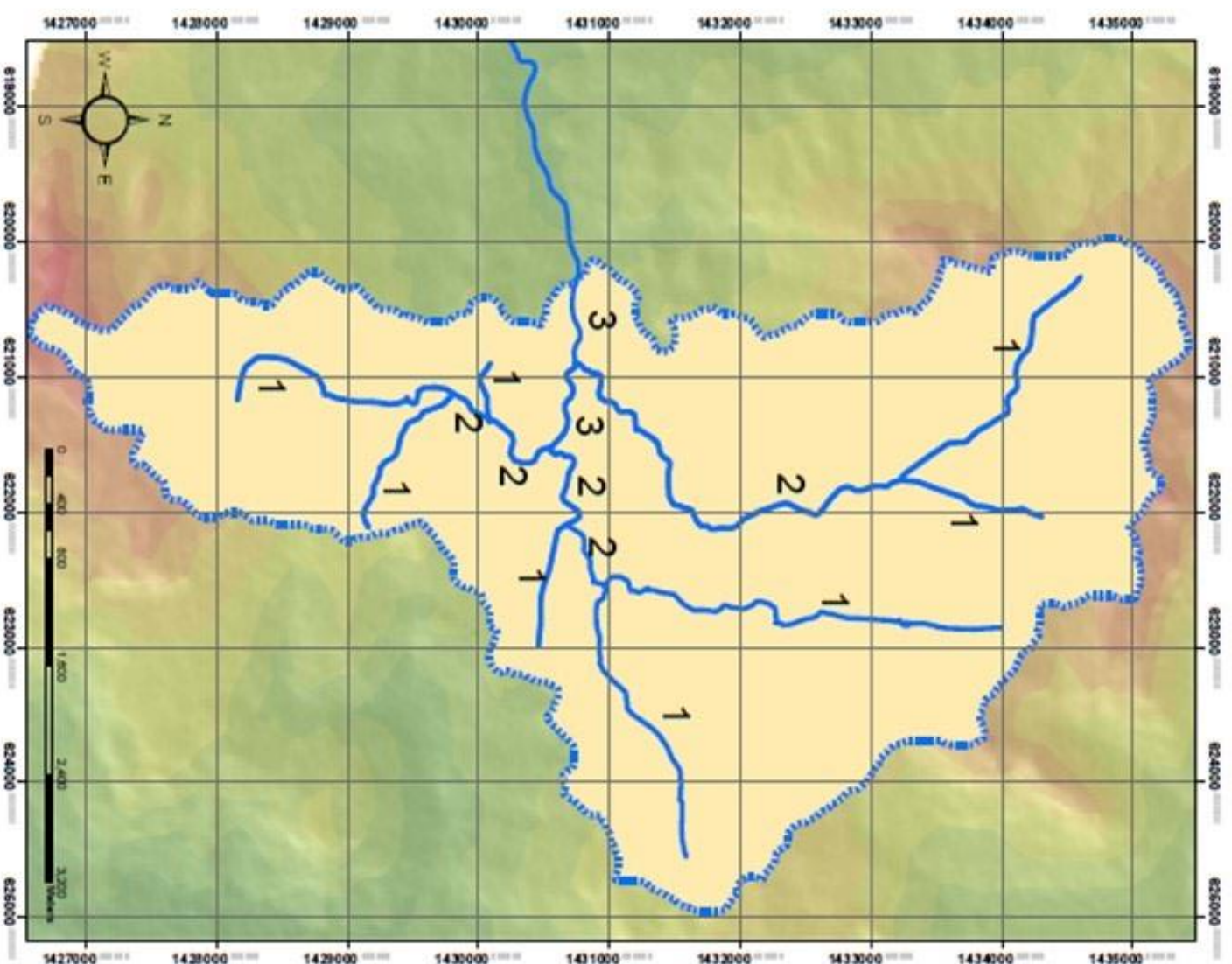
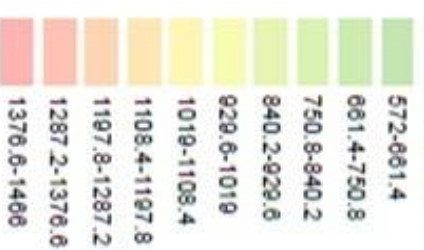


CLASIFICACION DECIMAL DEL RIO

ESCALA HIPSONOMETRICA



ELEVACIONES



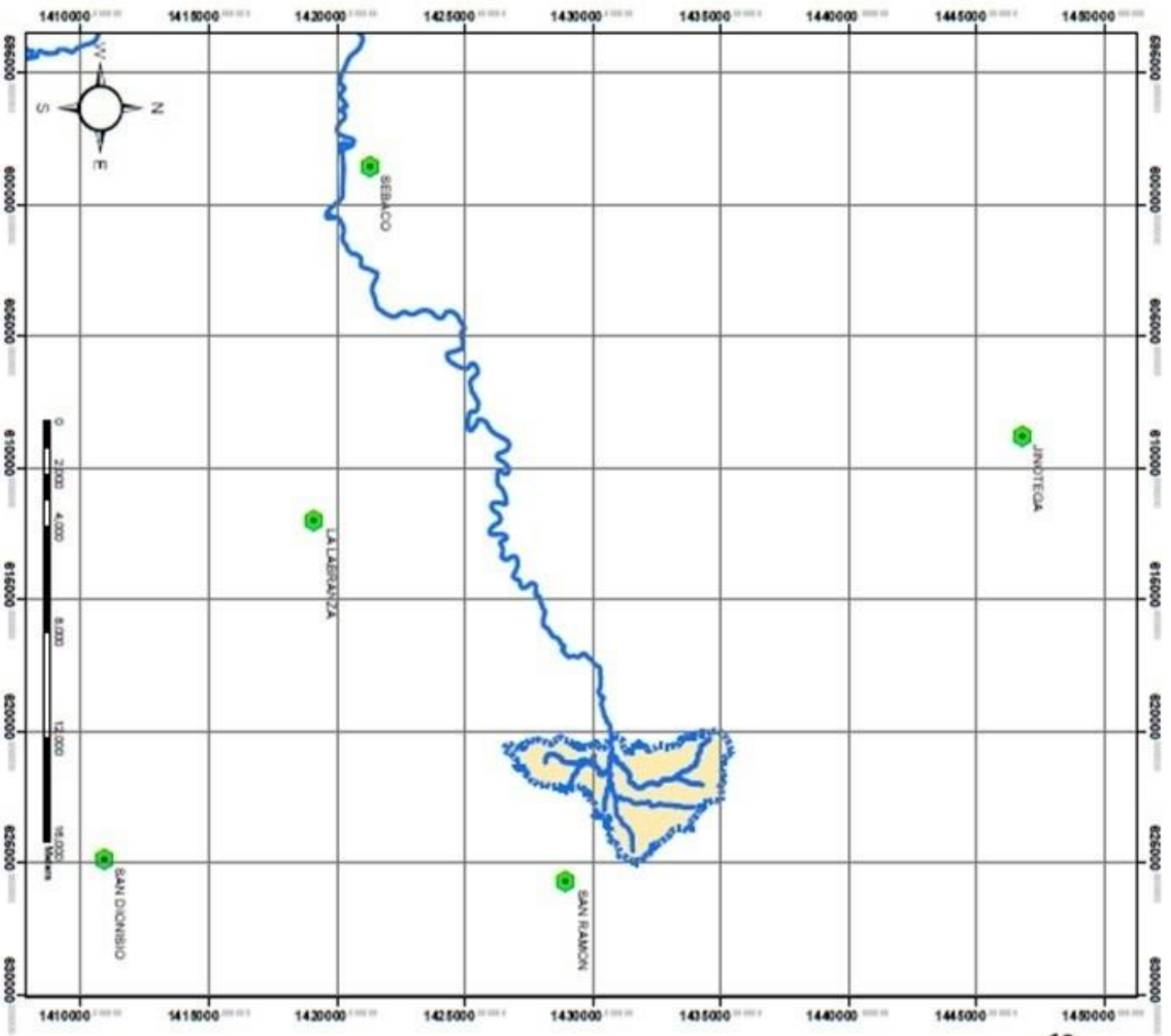
Br. Luis Nelson Zeledón Siles
 Br. Jaime Francisco Suárez Granados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA



ESTACIONES DE INFLUENCIA

- LEYENDA**
- ESTACIONES
 - RIOS
 - CUENCA



Br. Luis Nelson Zeledón Siles
Br. Jaime Francisco Suárez Granados

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA**

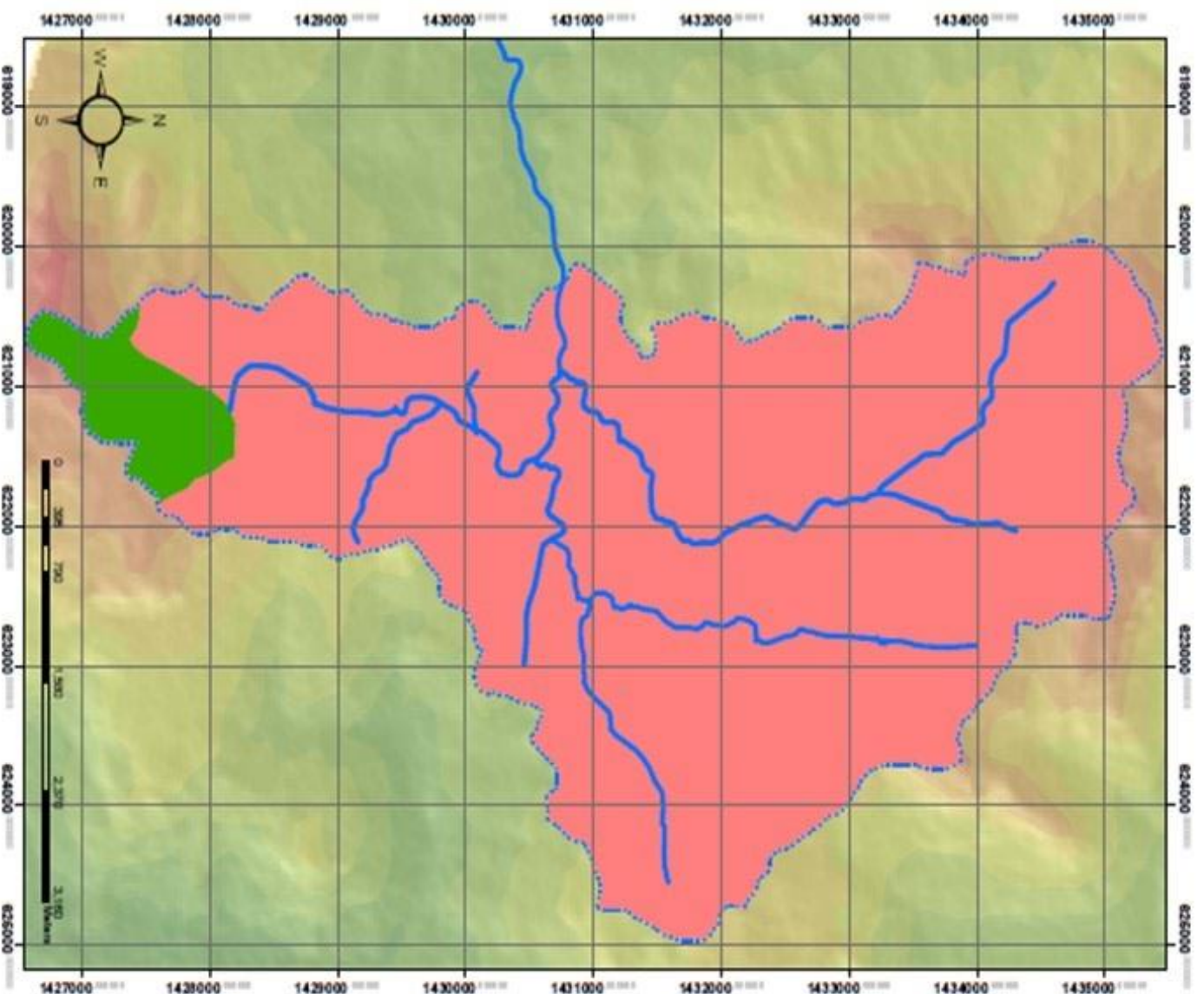


GEOLOGICO

LEYENDA

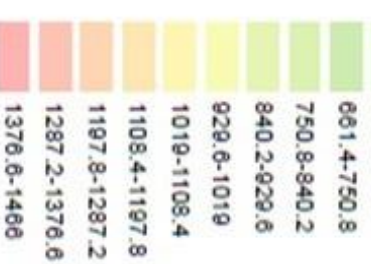


LEYENDA



ESCALA HIPSOMETRICA

ELEVACIONES



Br. Luis Nelson Zeledón Siles
Br. Jaime Francisco Suárez Granados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA



PRECIPITACIONES

ESCALA HIPSONOMETRICA

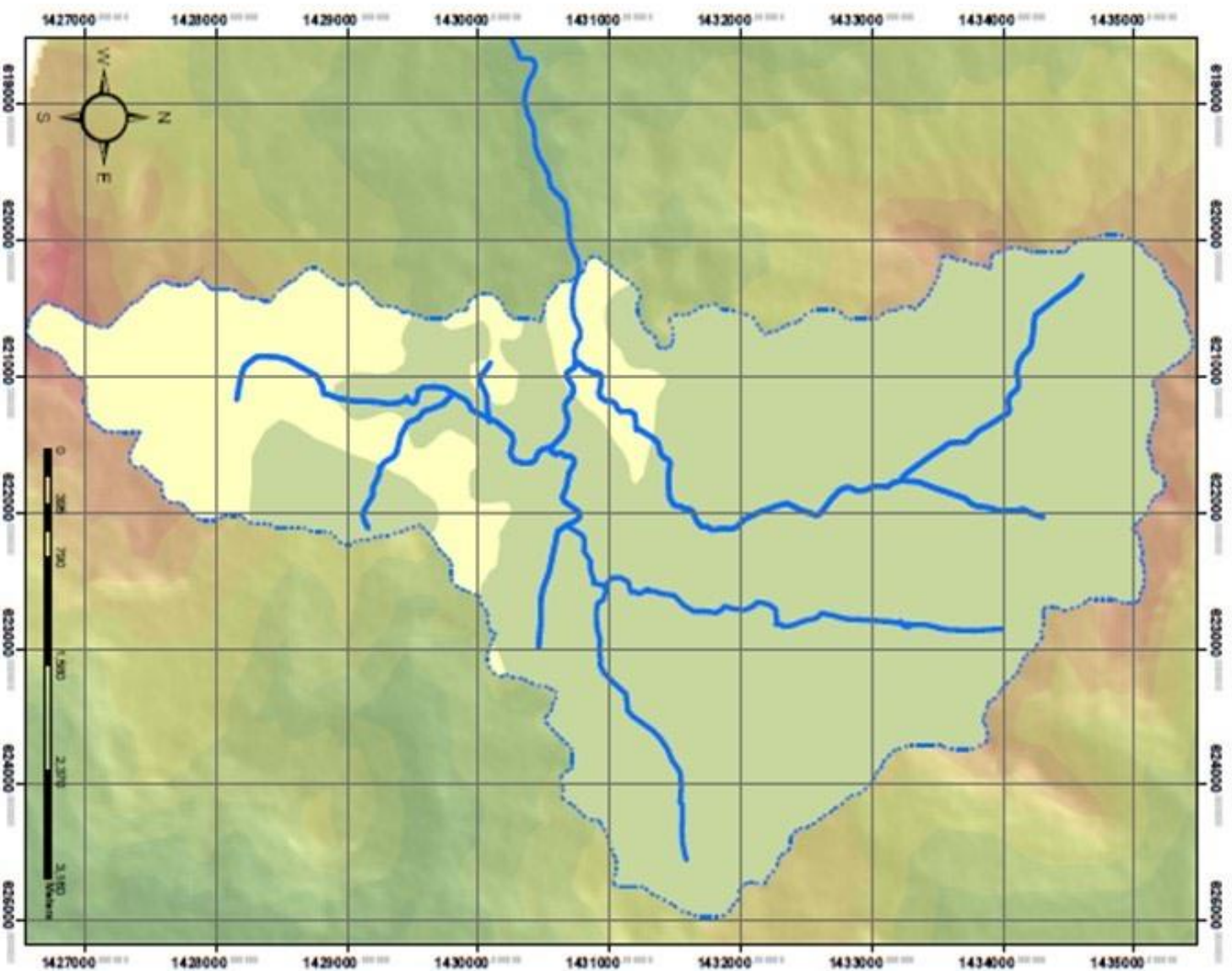
LEYENDA

LEYENDA

ELEVACIONES



PRECIPITACIONES

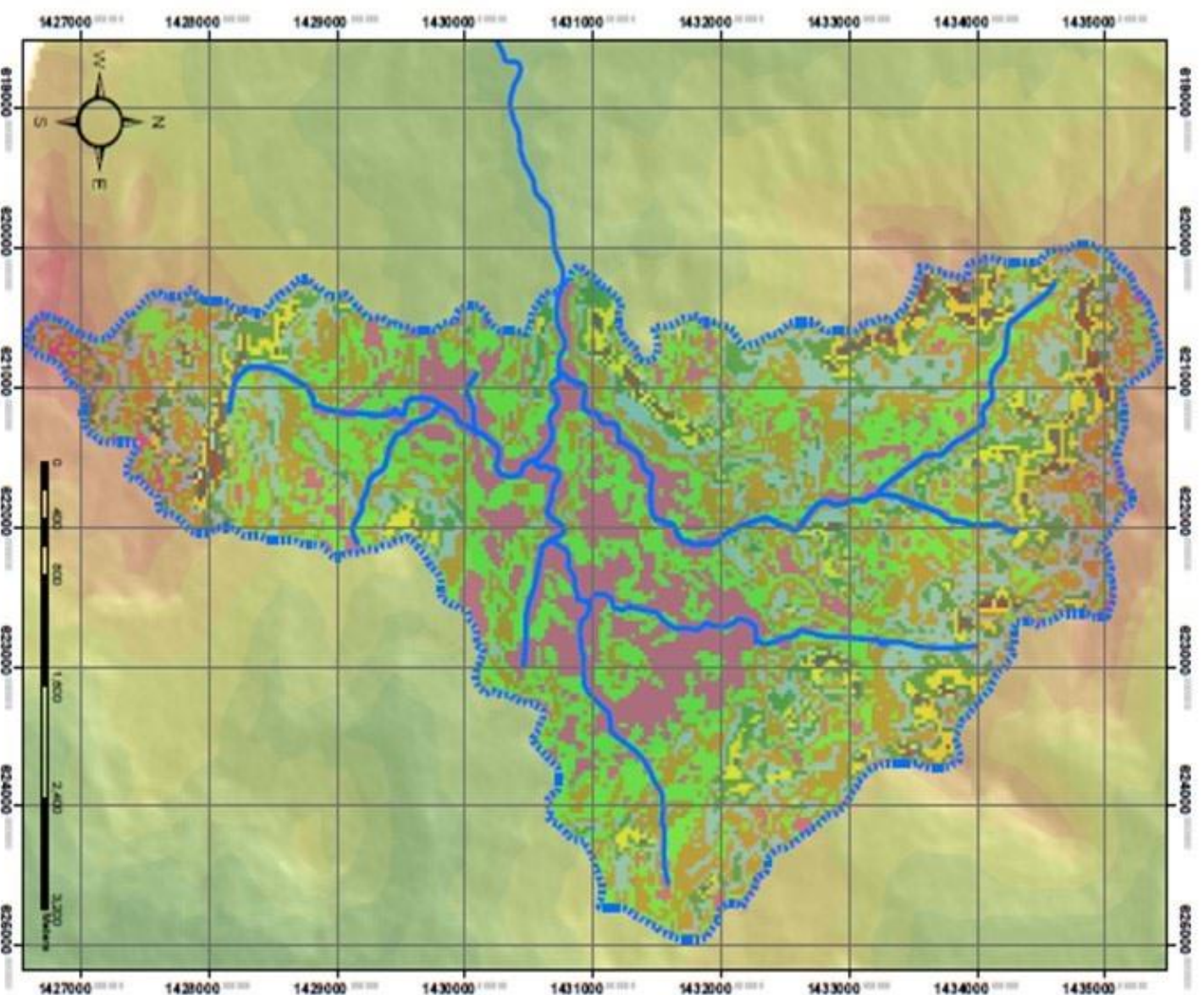


Br. Luis Nelson Zeledón Siles
Br. Jaime Francisco Suárez Granados

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA**



Unión en Ciencia y Tecnología



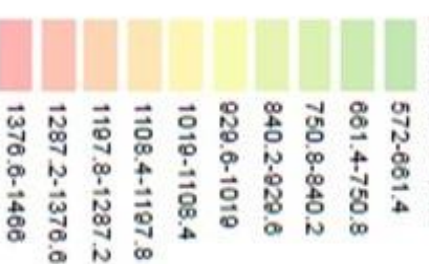
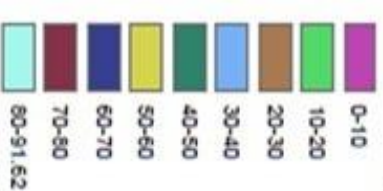
PENDIENTE

ESCALA HIPSONOMETRICA

LEYENDA

PENDIENTE (%)

ELEVACIONES



Br. Luis Nelson Zeledón Siles
Br. Jaime Francisco Suárez Granados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL SUBCUENCA SAN FRANCISCO - MATAGALPA



TIPO DE SUELOS

ESCALA HIPSONOMETRICA

LEYENDA



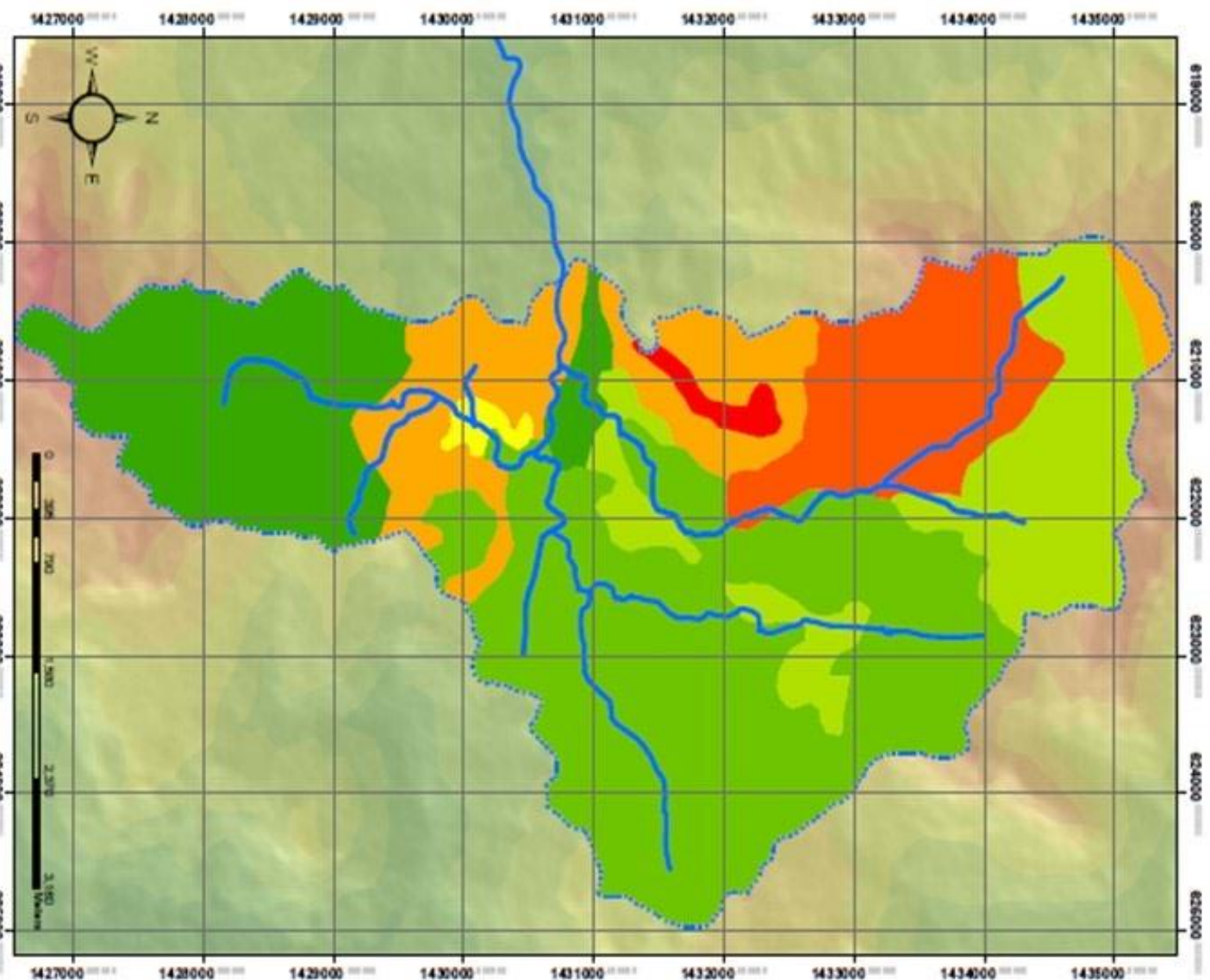
LEYENDA

SUELO

SUELOS

- Aforamiento rocoso
- Suelos Verticos
- Typic Haplochromutis
- Typic Hapludants
- Typic argiludalls
- Udic Argiustolls
- Ultic Hapludants

ELEVACIONES
572-661.4
661.4-750.8
750.8-840.2
840.2-929.6
929.6-1019
1019-1108.4
1108.4-1197.8
1197.8-1287.2
1287.2-1376.6
1376.6-1466



Br. Luis Nelson Zeledón Siles
Br. Jaime Francisco Suárez Granados

ANEXOS D.

**Fotografías de visitas de campo y
Realización de Aforo en Sub
Cuenca San Francisco.**

**A) Fotografías del punto de control de la Sub-cuenca
Estado actual (Bocatoma San Francisco)**



Fotografía Num.1 (Fachada frontal de Bocatoma, Punto de control)



Fotografía Num.2 (Canal de desagüe)



Fotografía Num.3 (Válvula de cierre de compuerta)



Fotografía Num.4 (Canal de desagüe)

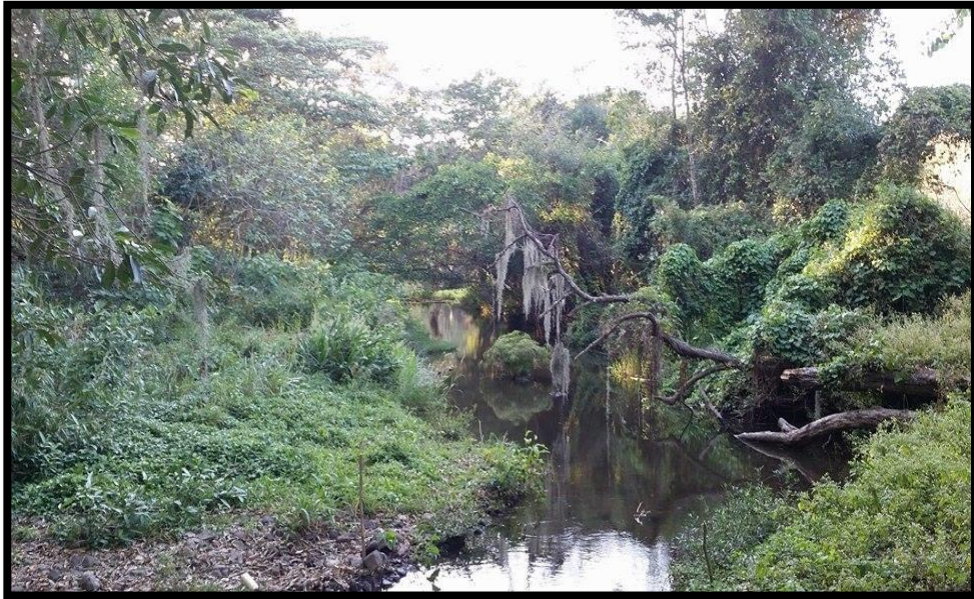


Fotografía Núm. 5 Presa San Francisco Azolvada



Fotografía Núm. 6 Acumulación de sedimentos en Presa San Francisco

**B) Realización de Aforo con equipo Molinete en el punto de control
(Presa San Francisco).**



Fotografía Núm. 7 Ubicación del sitio a 150 mts del punto de control
Aguas arriba



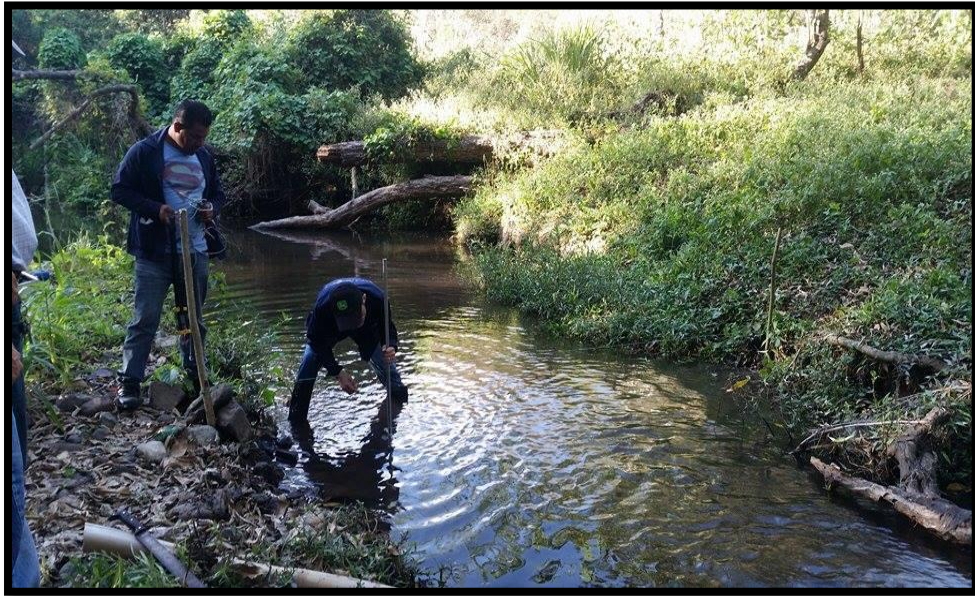
Fotografía Núm. 8 Trazo de medidas



Fotografía Núm. 9 Equipo de Aforo



Fotografía Núm. 10 Armado de equipo de Aforo



Fotografía Núm. 11 Medición de tramos para marcar los puntos de Aforo



Fotografía Núm. 12 Aforo en puntos delimitados

ANEXOS E.

**Generalidades Obras de captación y
planta de tratamiento, Matagalpa.**

GENERALIDADES PLANTA DE TRATAMIENTO.

En la actualidad la ciudad de Matagalpa se está viendo afectada por problemas de abastecimiento de agua potable a la población. Por esta razón se están realizando estudios como balance hídrico superficial, con el fin de optar a esta cuenca como futura reactivación para fuente de captación y de este modo minimizar los problemas de desabastecimiento como los que se están presentando hoy en día.

Con el objetivo de brindar agua de calidad y mejorar las condiciones de vida de la población Matagalpina, se construyó la primera planta potabilizadora de Matagalpa en los años 1960, considerando su procedencia, esta fuente requiere de una Planta de Tratamiento para darle una calidad que la haga apta para consumo humano y en el año 2002 se llevó a cabo un proyecto de mejora como las que se mencionan a continuación:

- a) Construcción de un Canal de ingreso o recepción.
- b) Sistema de dosificación hidráulica de reactivos químicos.
- c) Sistema completo de instalaciones eléctricas y mecánicas para agitación del agua con químicos y drenaje de lodos en el Clarificador.
- d) Nuevo sistema de tuberías de entrada y salida de los filtros para que operen de manera independiente.
- e) Sistema de filtración rápida descendente para cada uno de los cuatro filtros.
- f) Opción de Retrolavar los filtros con aire y/o con agua.
- g) Sistema de Precloración al agua cruda.
- h) Sistema de Postcloración al agua filtrada.

Componentes de planta de tratamiento central.

1. **Canal de ingreso o recepción y mezcla rápida:** Contiene dos cámaras de tranquilización para pasar después a otra estructura dotada con una mampara reductora de velocidad y vertedero de rebose triangular de 90°.
2. **Sistema de dosificación hidráulica de reactivos químicos:** El área de dosificación se localiza en la Casa de Químicos construida con dos niveles. El nivel superior se utiliza para almacenar el Sulfato de Aluminio, en tanto que en la planta baja se ubican seis pilas de concreto para la preparación de las soluciones primarias de estos químicos.
3. **Floculación y Clarificación:** Sistema completo de instalaciones eléctricas y mecánicas para agitación del agua con químicos y drenaje de lodos en el Clarificador. El método utilizado desde 1960 es el “***tratamiento por contacto de sólidos***”.

La Unidad está integrada por:

- ❖ Depósito con entrada para el agua cruda
- ❖ Ducto circular para distribución del influente
- ❖ Zona primaria para la mezcla y reacción
- ❖ Zona secundaria de reacción con dos tubos o cilindros concéntricos para la convección o manejo del floculo
- ❖ Sistema impulsor rotativo motorizado para mezcla,
- ❖ Sistema de recolección para el efluente,

Tres concentradores para la acumulación y drenaje del exceso de sólidos que se forman durante el tratamiento.

4. Filtración: sistema de tuberías de entrada y salida de los filtros para que operen de manera independiente La planta potabilizadora cuenta con cuatro unidades de filtración rápida que operan por gravedad, son de tasa constante y carga variable, con opciones de lavado por aire y agua y medio dual (arena y antracita).

5. Desinfección: Se aplica cloro gas en solución, con un sistema de cloración independiente, para la pre-cloración al agua cruda y post-cloración al agua filtrada, si llegan a requerirse. La pre-cloración se localiza en el Canal de Ingreso en un punto aguas arriba del vertedero de mezcla rápida, mientras que la post-cloración se realiza en la Sala de Válvulas, en la tubería de recolección de agua filtrada, aguas arriba de la válvula de flotador que controla la entrada de agua al Tanque de Agua Clara. Cada sistema de cloración lo compone una balanza con capacidad para dos cilindros de 150 libras, clorador, inyector y un dispositivo de intercambio automático para asegurar una aplicación de cloro interrumpida.

Características generales de la planta de tratamiento de agua potable

1 – Caudal de agua bruta (lps)	101.46
2 – Caudal agua tratada (lps)	66.00
3 – Superficie ocupada (mzn)	1 MZ.
4 – Tipo de tratamiento	Tratamiento químico

BIBLIOGRAFÍA

- 1 - Ayestas Sandra Moreno. (1994). Apuntes de Hidrología de Superficies. UNI, Managua: Printar editores.
- 2- Agurcia González , Melvin y Reyes Palacios, Nestor. Tesis Monográfica de Estudio de Potencial Hidroeléctrico del Río Malacatoya en el embalse Las Canoas. Managua, Universidad Nacional de Ingeniería - UNI.
- 3 - Breña Puyol Agustin Felipe (2006). Principios fundamentales de la hidrología superficial. Tlalpan, D.F México, Universidad Autónoma Metropolitana.
- 4 - Delgadillo, A. y Páez, G. (2008). Aspectos hidrológicos, sub-cuencas susceptibles a crecidas.
- 5 - Dr. J. Alberto Rodríguez Castro, M. en C. Guillermo Benjamín Perez Morales. (2009). Apuntes de Hidrología superficial.
- 6 - Campos Aranda. (1998). Procesos del Ciclo Hidrológico. Tercera Reimpresión. Mexico, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
- 7 - INETER. Datos Meteorológicos de la institución INETER. Registros de Campo. Managua.
- 8 - Ing. Sergio Fattorelli, Ing. Pedro C. Fernandez. Diseño Hidrológico segunda edición digital.
- 9 - Ley del Agua Cap. 1 Arto. 13, sección D. Ley del Agua Cap. III Arto.
- 10 - López, Ing. Brenda (Julio 2008). Elaboracion de perfiles avanzados para el mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario 13 comunidades de Matagalpa. Matagalpa.
- 11 - Plan de manejo integral de las sub-cuencas de los ríos Molino Norte y San Francisco(Alcaldía Municipal de Matagalpa - Nicaragua).
- 12 - Villadas, Ing. Esp. Rubén. Libro de Hidrología . Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ingeniería Civil.
- 13 - Villodas., Ing. Esp. Rubén. Libro de Hidrología – Guía de Estudio para las Cátedras – Hidrología I y II.

14 - Zambrana Sevilla, Yelisseth Yaoska. (2008). Monografía: Plán de manejo y Gestión de la Sub-cuenca del Rio San Francisco, Matagalpa-Nicaragua. Managua, Universidad Nacional Agraria.

Organizaciones proveedoras de Información

- 1 - Alcaldía municipal de Matagalpa (ALMAT).
- 2 - Empresa Nicaragüense de acueductos y alcantarillados sanitarios ENACAL, Matagalpa - Nicaragua.
- 3 - Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados sanitarios ENACAL, Managua - Nicaragua.
- 4 - Instituto Nicaragüense de estudios territoriales (INETER)

Web grafía

- 1 - fao_nic_recursoshídricos_cepai
- 2 - <http://www.ifrc.org/docs/IDRL/Nicaragua/LEY%20DE%20AGUA.pdf>
- 3 - <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp10z24.pdf>
- 4 - <http://www.siagua.org/organismos/ministerio-ambiente-recursos-naturales-marena>.
- 5 - http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- 6 - <http://www.aguaysig.com/2011/07/estimación-de-caudales-medios-con.html>
- 7 - <http://www.youtube.com/watch?=&XgFLOyZuxUE>
- 8 - www.ineter.gob.ni/

