



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**“INCIDENCIA DEL BALANCE HIDRICO
DE LA CUENCA DEL RIO OLON EN EL
DESARROLLO DE LA COMUNIDAD”**

TUTOR

MSC. MARCIAL SEBASTIAN CALERO AMORES

AUTORES

OMAR HORACIO MONTALVAN ROMERO

JESSICA JAHAIRA YANQUI PAGUAY

GUAYAQUIL

2019

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: “Incidencia del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Olón en el Desarrollo de la Comunidad”.	
AUTOR/ES: Montalván Romero Omar Horacio Yanqui Paguay Jessica Jahaira	REVISORES O TUTORES: Msc. Marcial Sebastián Calero Amores.
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIAINDUSTRIA Y CONSTRUCCION	CARRERA: INGENIERO CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2019	N. DE PAGS: 81
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	

PALABRAS CLAVE:

Diseño, Cuenca, Precipitación, Evapotranspiración, Balance Hídrico.

RESUMEN:

En este trabajo se realizó el balance hídrico de la cuenca del río Olón que tiene un área de superficie 55km² y pertenece a la Parroquia Manglaralto de la Provincia de Santa Elena, en este proyecto se estimaron tres variables climatológicas que son temperatura, la precipitación, y evapotranspiración.

La cuenca en proyecto no cuenta con una estación meteorológica dentro de la misma por tal motivo procedemos a tomar información de la estación más cercana que es el Suspiro, del cual tomamos los datos meteorológicos que fueron proporcionados por el INAMHI.

El cálculo de la evapotranspiración se obtuvo mediante el método de Thornthwaite, la cual se calculó con la temperatura media.

Se estimó el balance utilizando los datos de la Evapotranspiración Potencial y la precipitación.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON

Teléfono:

E-mail:

AUTOR/ES:

Montalván Romero Omar

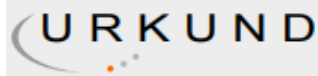
0998633070

omar_mr1@hotmail.com

Horacio

<p>Yanqui Paguay Jessica</p> <p>Jahaira</p>	<p>0992352914</p>	<p>jessicajahaira_90@hotmail.com</p>
<p>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</p>	<p>Mg. Alex Salviatierra Espinoza</p> <p>Teléfono: 042596500 Ext. 241 DECANO</p> <p>E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p> <p>Mg. Alex Salviatierra Espinoza</p> <p>Teléfono: 042596500 Ext. 241 Director de carrera</p> <p>E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Incidencia del Balance Hidrico en la cuenca del Rio Olón para el desarrollo de la c omunidad.docx (D53432987)
Submitted: 6/4/2019 6:22:00 PM
Submitted By: ibetancourt@ulvr.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

OJEDA GARCÍA FANNY CRISTINA - URKUND.pdf (D29717903)
TESIS PAUL CORNEJO RIVERO.pdf (D49064531)
1533530862_604_Proyecto_Cuenca_2.docx (D40900888)
1534997921_587_MENA_DAYSE_BH2.pdf (D40963546)
<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/algunos-parametros-de-forma-y-drenaje-de-la-cuenca-hidrografica-y-su-relacion-con-el-tiempo-de-concentracion/>
https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/cuenca_panelas/DIAGNOSTICO/2.2ASPECTOS_BIOFISICOS.pdf
http://www.nurr.ula.ve/saladageografia/DOCUMENTOS/HIDROGRAFIA/PRACTICAS_HIDROGRAFIA/PRACTICA_FORMA_DE_LA_CUENCA/GUIA_FORMA_CUENCA/PRACTICA_FORMA_CUENCA.pdf
<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/cuenca-definicion-partes-tipos-e-importancia/>
f176e074-7912-4e9a-b9ee-07ce5aa84d29
05b3e4cc-f23a-4107-aa06-46f5b2124bb5
f37e3a2e-0373-4ed8-8479-baf77bf5751a

Instances where selected sources appear:

23

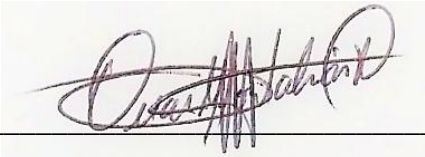
A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Marta Cabeza A." The signature is fluid and cursive.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

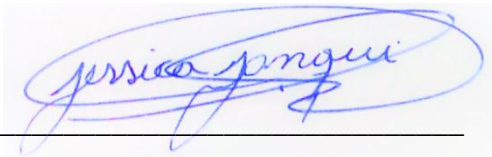
Los estudiantes egresados OMAR HORACIO MONTALVAN ROMERO y JESSICA JAHAIRA YANQUI PAGUAY, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “INCIDENCIA DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD”. corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 
OMAR HORACIO MONTALVÁN ROMERO

C.I. 092006433-4

Firma: 
JESSICA JAHAIRA YANQUI PAGUAY

C.I. 092404874-7

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “INCIDENCIA DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD”, Designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria Y Construcción Carrera De Ingeniería Civil de la universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “INCIDENCIA DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD”. Presentado por los estudiantes OMAR HORACIO MONTALVAN ROMERO y JESSICA JAHAIRA YANQUI PAGUAY como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: _____



ING. MARCIAL SEBASTIAN CALERO AMORES, MSC.

C.C: 090519786-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido realizar este trabajo investigativo ya que sin la ayuda de él no habría sido posible culminar esta meta.

A mis padres Sr Pedro Virgilio Montalván Bohórquez y Sra. Amalia Elizabeth Campodónico Romero que han sido un pilar fundamental en mi vida que me inculcaron valores además me brindaron su apoyo en el transcurso de mis estudios.

A mis hermanos y a mis hijos por el apoyo y respaldo a lo largo de mi carrera.

Al Ingeniero Mariscal Marcial Sebastián calero Amores, por darme su apoyo y dedicación quien con sus conocimientos y su experiencia ha logrado en mí que pueda terminar este proyecto con éxito.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a Dios porque supo guiarme y darme fuerzas para culminarlo.

A mis padres por guiarme y darme buenos consejos y ser un apoyo fundamental en la culminación de mi carrera, puesto que sin su apoyo no se hubiesen concretado todas mis metas.

Y a toda mi familia en general por brindarme todo su apoyo para seguir adelante.

OMAR HORACIO MONTALVAN ROMERO

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres José Yanqui Concha y Blanca Paguay Estrada por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

De igual forma, agradezco a mi Tutor de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi padre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional

A mi madre por estar conmigo a pesar de las diferentes opiniones sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mis hermanos Byron y Katlyn Yanqui por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi Tutor Ingeniero Marcial Sebastián Calero Amores, MSC. que con su amplia experiencia y conocimientos me orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo para la obtención del título

JESSICA JAHAIRA YANQUI PAGUAY

ÍNDICE GENERAL

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	II
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO	V
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	
PATRIMONIALES.....	VI
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA.....	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
DEDICATORIA.....	IX
ÍNDICE GENERAL	X
CAPÍTULO I.....	1
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. TEMA	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.5. OBJETIVO GENERAL	1
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.7. JUSTIFICACIÓN	2
1.8. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2

1.9.	HIPÓTESIS.....	2
1.10.	VARIABLES.....	3
1.10.1.	<i>Variable independiente</i>	3
1.10.2.	<i>Variable dependiente</i>	3
CAPÍTULO II.....		4
MARCO TEÓRICO		4
2.1.	INTRODUCCIÓN AL BALANCE HÍDRICO.....	4
2.2.	CICLO HIDROLÓGICO.....	5
2.3.	CUENCA HIDROGRÁFICA	7
2.4.	CUENCA HIDROLÓGICA	8
2.5.	<i>Tipos de Cuenca</i>	9
2.5.1.	<i>Cuencas Endorreicas</i>	9
2.5.2.	<i>Cuencas Exorreicas</i>	10
2.5.3.	<i>Cuencas Arreicas</i>	10
2.6.	IMPORTANCIA DE LAS CUENCAS	11
2.7.	VARIABLES MORFOLÓGICAS	12
2.8.	FORMA DE LA CUENCA	13
2.9.	FACTOR DE FORMA DE HORTÓN	14
2.10.	PENDIENTE DE LA CUENCA	14
2.11.	REDES DE DRENAJE.....	15
2.11.1.	<i>Cuenca de Recepción</i>	15
2.11.2.	<i>La garganta o canal de desagüe</i>	15
2.11.3.	<i>El lecho cono de deyección o abanico</i>	15
2.12.	PATRONES DE DRENAJE.....	16
2.12.1.	<i>Drenaje Dendrítico</i>	16

2.13. PRECIPITACIÓN.....	17
2.14. CARACTERÍSTICA DE LA PRECIPITACIÓN (TIPOS)	17
2.15. VARIABLES DE UNA PRECIPITACIÓN	17
2.16. CUANTIFICACIÓN DE UNA PRECIPITACIÓN DE UNA CUENCA PARA DETERMINAR LA LLUVIA MEDIA EN UNA ZONA.....	18
2.17. INFILTRACIÓN.....	19
2.17.1. Zona saturada	20
2.17.2. Zona de transición	20
2.17.3. Zona de humedecimiento.....	20
2.17.4. Nivel freático.....	21
2.17.5. Frente de humedecimiento	21
2.17.6. Permeabilidad.....	21
2.17.7. Conductividad Hidráulica.....	21
2.17.8. Isóbatas	21
2.18. LA EVAPOTRANSPIRACIÓN	21
2.18.1. Evapotranspiración Potencial (ETP):	22
2.18.2. Evapotranspiración de Referencia (ETo):	22
2.18.3. Evapotranspiración Real (ETr):	22
2.18.4. Coeficiente de Cultivo (Kc):.....	22
2.19. MÉTODO DE CALCULO	23
2.19.1. Método de Thornthwaite	24
2.19.2. Método de Penman.....	25
2.20. POBLACIÓN	26
2.20.1. Población Flotante.....	26
CAPÍTULO III.....	27

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1. <i>Ubicación del área de estudio de la Cuenca del rio Olón.....</i>	27
3.2. <i>Factor de forma de Hortón</i>	28
3.3. <i>Método de Isoyetas.....</i>	29
3.4. <i>Precipitación.....</i>	30
3.5. <i>Temperatura.....</i>	36
3.6. <i>Evapotranspiración (ETP).....</i>	38
3.7. <i>Evapotranspiración Real</i>	39
3.8. <i>Número de horas de sol máximas</i>	40
3.9. <i>Caudal de explotación.....</i>	40
CAPÍTULO IV	48
RESULTADO Y PROPUESTA.....	48
4.1. FACTOR DE FORMA DE HORTÓN	48
4.1.1. <i>Ancho medio.....</i>	48
4.1.2. <i>Factor de Hortón</i>	48
4.1.3. <i>Coeficiente de compacidad (Kc).....</i>	48
4.2. DENSIDAD DE DRENAJE.....	49
4.2.1. <i>Relación de Bifurcación.....</i>	50
4.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	51
4.4. ISOYETAS	54
4.5. RESULTADO DEL BALANCE HÍDRICO	55
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. El Cielo Hidrológico</i>	6
<i>Figura 2. Cuenca Hidrográficas.</i>	8
<i>Figura 3. Cuencas Endorreicas</i>	9
<i>Figura 4. Cuencas Exorreicas.</i>	10
<i>Figura 5. Cuencas Arreicas.</i>	11
<i>Figura 6. Importancia de las Cuencas.</i>	12
<i>Figura 7. Importancia de las Cuencas en el medio ambiente.</i>	12
<i>Figura 8. formas de cuencas.</i>	13
<i>Figura 9. Cuencas Hidrográficas.</i>	16
<i>Figura 10. Estaciones cercas del Río Olón</i>	19
<i>Figura 11. Infiltraciones (influencia de la vegetación)</i>	20
<i>Figura 12. Río Olón</i>	27
<i>Figura 13. Cuenca del Río Olón</i>	28
<i>Figura 14. Mapa de Isoyetas</i>	29
<i>Figura 15. Estación el Suspiro</i>	30
<i>Figura 16. Pozos de Extracción</i>	41
<i>Figura 17. Río Olón</i>	42
<i>Figura 18. Sistema Hidrológicos Potencialmente Incidentes en la Cuenca del Río Olón</i>	43
<i>Figura 19. Sistema de Redes de Drenaje</i>	50
<i>Figura 20. Mapa de Isoyetas</i>	55
<i>Figura 21. Módulo de Albarrada</i>	57
<i>Figura 22. Forma del Módulo de la Albarrada</i>	58

ÍNDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1. Variación Mensual de la Precipitación (mm)</i>	32
<i>Gráfico 2. Variación Mensual de la Precipitación (mm)</i>	33
<i>Gráfico 3. Precipitación Total Anual (mm)</i>	34
<i>Gráfico 4. Variación Mensual de las Precipitaciones (mm)</i>	35
<i>Gráfico 5. Variación Mensual de la Temperatura (°C)</i>	37
<i>Gráfico 6. Variación Anual de la Temperatura Media (°C)</i>	38
<i>Gráfico 7. Caudal de Explotación</i>	44
<i>Gráfico 8. Proyección Poblacional</i>	47
<i>Gráfico 9. Balance Hídrico</i>	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	7
Tabla 2	14
Tabla 3	29
Tabla 4	31
Tabla 5	35
Tabla 6	36
Tabla 7	40
Tabla 8	41
Tabla 9	44
Tabla 10	45
Tabla 11	45
Tabla 12	46
Tabla 13	50
Tabla 14	51
Tabla 15	53
Tabla 16	54
Tabla 17	54

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

“Incidencia del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Olón en el Desarrollo de la Comunidad”.

1.2. Planteamiento del Problema

La actividad principal de esta comunidad, está directamente relacionada con el turismo y la gastronomía, factores fundamentales del desarrollo, los cuales están directamente relacionadas con el abastecimiento del agua. Para cubrir las necesidades de agua potable la población lo realiza a través de la explotación de pozos, la mayor demanda del líquido vital se da en los meses (enero-mayo), temporada de mayor turismo, esto hace que la población flotante aumente considerablemente.

1.3. Formulación del Problema

¿Del recurso agua disponible en la cuenca, depende de la Incidencia del Balance Hídrico?

1.4. Sistematización del Problema

- ¿Cuál es balance hídrico de la cuenca del río Olón?
- ¿Cuáles son las entradas y salidas hídricas del sistema?
- ¿Qué influencia tienen las precipitaciones en el balance hídrico del sistema?
- ¿Cuánto es el consumo de la población asentada en esta comunidad?
- ¿Cuál es el incremento en el consumo con la presencia de la población flotante?
- ¿Cuáles son los limitantes hídricos para el desarrollo de la comunidad?

1.5. Objetivo General

Evaluar la incidencia del balance hídrico en el desarrollo de la cuenca del río Olón.

1.6. Objetivos Específicos

- Determinar el balance hídrico en la cuenca del río Olón.
- Indicar la disponibilidad hídrica para el desarrollo de la comunidad de Olón.
- Estimar el caudal de explotación de agua subterránea por medio de pozos de extracción.

1.7. Justificación

El presente proyecto de investigación, cuyo tema es “Incidencia del Balance hídrico de la cuenca del río Olón en el desarrollo de la comunidad de Olón” tiene como finalidad proponer un balance de agua, en la que se tomarán en cuenta las entradas y salidas del sistema hidrológico. En esta cuenca no existe información directa relacionada a la cuantificación de los recursos hídricos, por lo que no se tiene una estimación del déficit, factor importante para conocer el caudal adecuado de explotación, para que el recurso hídrico sea sostenible en el tiempo.

1.8. Delimitación del Problema

Área:	Ingeniería Civil
Campo:	Balance Hídrico de la Cuenca
Aspecto:	Hidrológico
Tema:	Incidencia del Balance Hídrico de la Cuenca Rio Olón en el Desarrollo de la Comunidad
Delimitación Geográfica:	Provincia de Santa Elena – Comuna Olón
Delimitación Espacial:	Área periférica de la Cuenca Rio Olón
Delimitación temporal:	2017-2019

1.9. Hipótesis

Si se realiza el balance hídrico en la cuenca del río Olón se determinará la disponibilidad de agua para el desarrollo de la comunidad.

1.10. Variables

1.10.1. Variable independiente

Datos fisiográficos: precipitación, temperatura, horas de sol, velocidad viento.

1.10.2. Variable dependiente

Balance Hídrico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción al Balance Hídrico

Balance hídrico o balance de masa de agua en hidrología representa las entradas y salidas de agua. El concepto de balance hídrico, como en todas las ciencias en las que se aplica, deriva del balance en contabilidad, es decir, la existencia de un equilibrio de todos los recursos hídricos que ingresan y los que salen del sistema, en un periodo de tiempo dado (León , 2015).

Los sistemas hídricos pueden presentar diferentes dominios hidrológicos, ya que son función del tipo del suelo, cobertura del mismo y pendiente de la cuenca, entre otras variables.

En la práctica el balance hídrico determina la cantidad de agua superficial, que generalmente se presenta como escorrentía, es decir a la precipitación se la debe restar por procesos de infiltración, evapotranspiración, capacidad de almacenamiento del suelo, entre otros parámetros

Ecuación fundamental de la hidrología, expresada así:

“Lo que entra (input ‘‘ I’’), menos lo que sale (ouput ‘‘O’’), es igual al cambio de almacenamiento’’.

El cambia de almacenamiento está dado por $\frac{\Delta S}{\Delta t} = I - O$

Las entradas (I), definidas por:

- Precipitación(P) (lluvia, granizo y nieve)
- Agua de escorrentía entrante (Qg_{in})
- Agua superficial entrante (Q_{in})
- Aguas subterráneas entrantes (G_{in})

Las salidas (O), definidas por:

- Evaporación (E_s)
- Transpiración (T_s)

- Agua de escorrentía saliente (Q_{gout})
- Agua superficial saliente (Q_{out})
- Infiltración (I)
- Aguas subterráneas saliente (G_{out})

Desglosando tenemos lo siguiente:

- Agua superficial: $P + Q_{in} - Q_{out} + Q_{gin} - Q_{gout} - E_s - I = \Delta S_s$
- Agua subterránea : $I - G_{in} - G_{out} - T_s = \Delta S_g$

2.2.Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es el centro de la hidrología. El ciclo no tiene comienzo ni fin y sus diferentes procesos suceden en forma progresiva. En la figura 1 se presenta de forma esquemática como el líquido se evapora desde ríos, mares, lagos y desde la superficie de la tierra para incorporarse a la atmósfera; el vapor de agua se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y cae sobre el mar o la superficie terrestre; el agua que cae como precipitación pueden ser retenida por la vegetación, puede infiltrarse, evaporarse o formar flujo superficial como es la escorrentía para descargar en ríos, lagos y mares. El agua infiltrada puede percolar hondo para recargar el agua del subsuelo de dónde surge en manantiales o se traslada hacia ríos para generar en escorrentía superficial, fluyen finalmente hacia el océano o se evapora en la atmósfera conforme al ciclo hidrológico continúa (Gaiga, 2015).

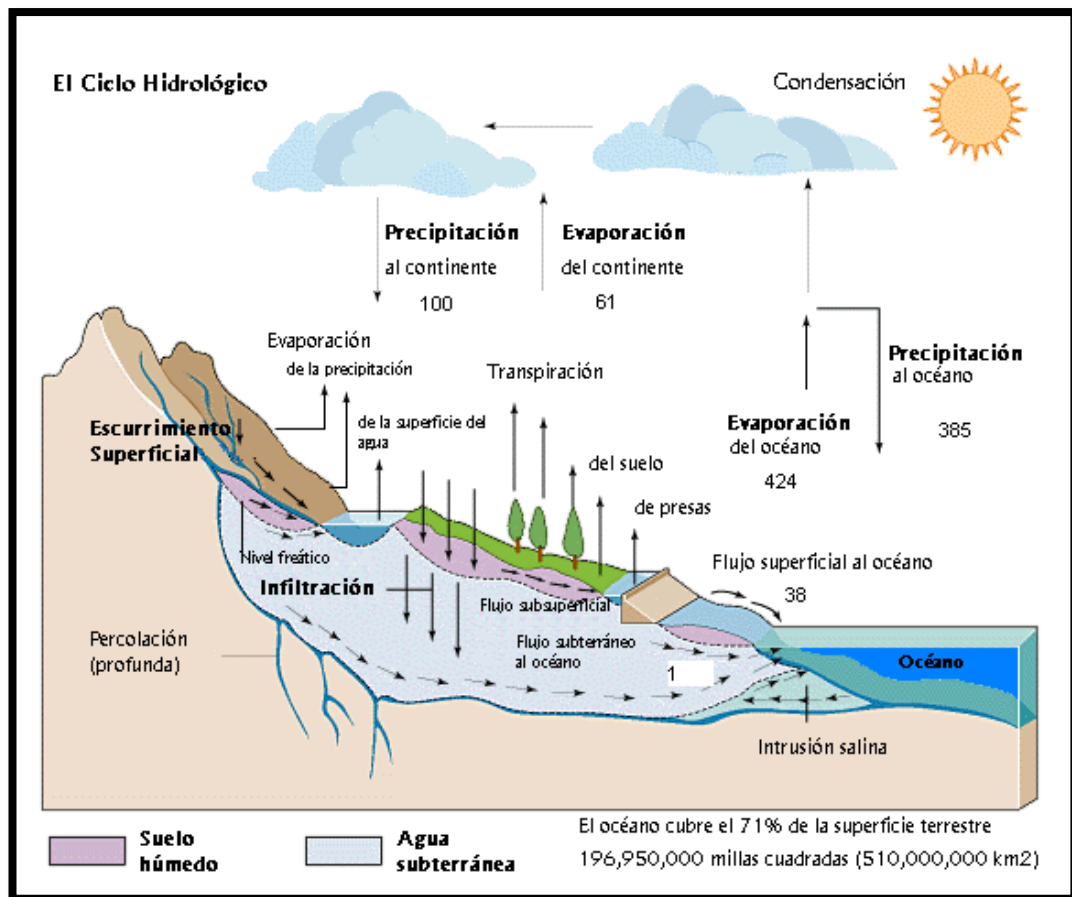


Figura 1. El Ciclo Hidrológico

Fuente: Ven Te Chow (2000). World Water Balance and Water Resources of the Earth

El cálculo del total de agua en la superficie y en muchos procesos del ciclo hidrológico ha sido consigna de exploración científica desde la 2da mitad del siglo XIX. No obstante, la información cuantitativa es particularmente escasa. Lo que quiere decir que las cantidades de agua en diversos componentes del ciclo hidrológico global aún se desconocen en forma certera. En la Tabla 1. Se presenta las cantidades estimadas de líquido en las diversas formas que existe en el planeta, cerca del 97.39% del fluido se localiza en los mares, el 2.01% se localiza en los hielos polares, el 0.58% corresponde a manantiales subterráneo y solamente el 0.001% en los sistemas de agua atmosféricos y superficial. (Gaiga, 2015).

Tabla 1
Datos del agua de la superficie terrestre.

Fuente	Porcentaje
Océanos	97,39
Hielo (Glaciares - Iceberg)	2,01
Nivel Freático y Humedad del Suelo	0,58
Lagos y Ríos	0,02
Atmósfera	0,001

Fuente: Ven Te Chow (2000). World Water Balance and Water Resources of the Earth

(Gaiga, 2015) Estima que la evaporación desde la superficie terrestre es el 61% de la precipitación, y el 39% sobrante conforma la esorrentía hacia los mares, ríos lagos inicialmente como agua superficial

2.3. Cuenca Hidrográfica

Región natural en la cual las aguas que caen son recogidas y evacuadas por un colector

Una cuenca hidrográfica está delimitada por la línea de las cumbres o divisorias de agua topográfica, una cuenca posee un cauce principal al cual llegan cauces más pequeños. (Fibras y Normas de Colombia, 2017).

El Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Suelos, clasifica a las cuencas por su tamaño de la siguiente manera:

- Sistema Hidrográfico (+ de 300.000 ha)
- Cuencas (60.000 – 300.000 ha)
- Subcuencas (10.000 – 60.000 ha)
- Microcuenca (<10.000 ha)

Una cuenca hidrográfica puede ser dividida en:

- Cuenca alta, que corresponde con las áreas montañosas limitadas en su parte superior por las líneas divisorias de aguas.

- Cuenca media, que comprende las zonas de pie de monte y valles bajos, donde el río principal mantiene un cauce definido.
- Cuenca baja o zonas transicionales (como los estuarios o humedales), donde el curso de agua divaga o desaparece como tal.



Figura 2. Cuenca Hidrográficas.

Fuente: Adaptado de La cuenca hidrográfica como espacio y territorio, (2009).

2.4. Cuenca Hidrológica

La definición de cuenca hidrológica es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo.

Tanto las cuencas hidrográficas como las hidrológicas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico principales:

- Zona de Cabecera de las Cuencas Hidrográficas: garantizan la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año.

- Zonas de Cabecera y Captación - Transporte en condiciones de Cuencas Semiáridas
- Zonas de Emisión de los Acuíferos. Las lagunas costeras regulan el funcionamiento de los ecosistemas marinos adyacentes. Los manglares están considerados entre los ecosistemas más productivos y la actividad socioeconómica asociada a los mismos abarca actividades forestales, pesqueras, turístico-recreativas y otras.

La cuenca constituye la principal unidad territorial donde el agua, proveniente del ciclo hidrológico, es captada, almacenada, y disponible como oferta de agua.

2.5. Tipos de Cuenca

Las cuencas se dividen en diversos tipos, tales como:

2.5.1. Cuencas Endorreicas

Es el tipo de cuenca que no posee salida fluvial hacia el mar, ocasionando la formación de sistemas de agua estancada tales como lagos y lagunas, como consecuencia de esto. El agua de las lluvias o precipitaciones que cae sobre estos sistemas de drenaje natural, permanece allí y solo abandona ese ambiente por infiltración o evaporación. (Fibras y Normas de Colombia, 2017).



Figura 3. Cuencas Endorreicas
Fuente: (Fibras y Normas de Colombia, 2017).

Asimismo, este tipo de cuenca es común en zonas de desierto cálido.

2.5.2. Cuencas Exorreicas

Son aquellas que pueden desembocar sus aguas hacia el mar u océanos, debido a que posee salidas fluviales. Este tipo de cuenca no queda encerrada entre los conjuntos de montañas debido sus caracterizaciones físicas. (Fibras y Normas de Colombia, 2017).



Figura 4. Cuencas Exorreicas.
Fuente: (Fibras y Normas de Colombia, 2017).

Por lo general, las cuencas (endorreicas como exorreicas), son generadoras de una gran cantidad de afluentes, lo cuáles desembocan en el curso de agua principal, pudiendo ser en océanos o mares como también en lagos o lagunas. Simultáneamente, a medida que tales afluentes se aproximan a su destino final, pierden progresivamente su intensidad original, de la cuál eran poseedores al principio del curso del descenso.

2.5.3. Cuencas Arreicas

Cuando las aguas de una cuenca no poseen ningún tipo de salida ni desembocadura hacia lagos, mares u océanos, se puede determinar a este tipo de cuenca como arreica. (Fibras y Normas de Colombia, 2017)



Figura 5. Cuencas Arreicas.
Fuente: (Fibras y Normas de Colombia, 2017).

Este fenómeno de inamovilidad de agua se debe como consecuencia de la evaporación o infiltración de tales aguas dentro del suelo.

2.6.Importancia de las cuencas

Resultaría absurdo e irracional, subestimar la importancia de las cuencas hidrográficas dentro del medio ambiente, así como también para las funciones vitales del ser humano, considerando que estas actúan como importantes reservorios de agua, que pueden ser aprovechados no sólo por el ser humano para consumo personal, sino también para diversas actividades de subsistencia económica dentro de la vida en civilización, tales como la agricultura, navegación, para el consumo de agua de diversas especies animales destacando la importancia de estas, dentro del desarrollo socio-económico de un país dentro del medio ambiente, como también para el desarrollo de algunas funciones vitales constituyendo un ecosistema para el desarrollo de ambos. (Fibras y Normas de Colombia, 2017)



Figura 6. Importancia de las Cuencas.
Fuente: (Fibras y Normas de Colombia, 2017).



Figura 7. Importancia de las Cuencas en el medio ambiente.
Fuente: (Fibras y Normas de Colombia, 2017).

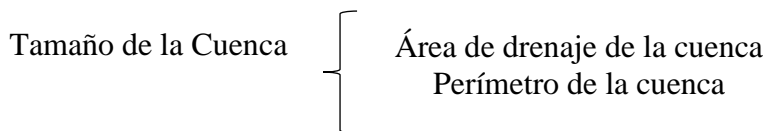
2.7.Variables Morfológicas

Entre otras variables, se presenta las de mayor uso:

- Superficie de la cuenca
- Pendiente de la cuenca
- Perímetro de la cuenca
- Índice de forma

- Factor de forma
- Longitud de la cuenca
- Amplitud

VARIABLES ANTES CITADAS QUE SE PUEDEN AGRUPAR EN:



Forma del contorno de la cuenca máxima.

2.8. Forma de la cuenca

Dos cuencas de igual área y con precipitaciones de una misma intensidad y duración, presentaran respuestas hidrológicas diferentes, la forma condiciona el tiempo de concentración de una hipotética gota de agua que escurre sobre su superficie, así también generan Hidrogramas diferentes.

Cuencas con formas redondeadas, presenta respuestas hidrológicas más rápida, respecto a cuencas con formas alargadas.

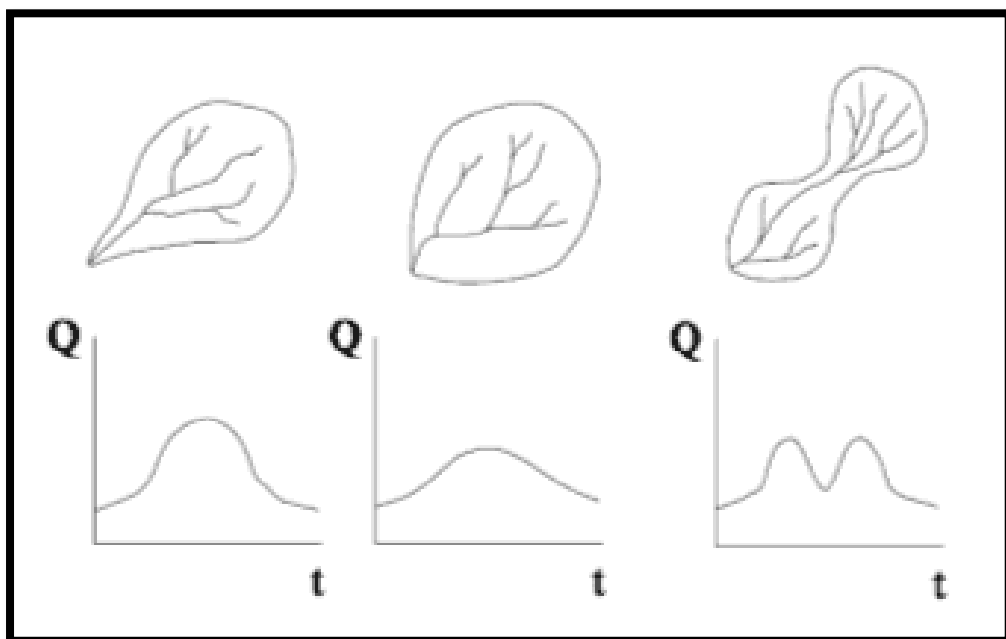


Figura 8. formas de cuencas.
Fuente: Agua y Sig 2013.

2.9. Factor de forma de Horton

Es la relación entre la longitud del cauce principal de la cuenca y el ancho medio. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal.

$$K_f = \frac{B}{L} \quad \text{y} \quad B = \frac{A}{L} \quad \text{es decir} \quad K_f = \frac{A}{L^2}$$

B.- Ancho medio de la cuenca (Km).

A.- Área de la cuenca (Km^2).

L.- Longitud del cauce principal de la cuenca (Km).

Tabla 2
Rangos aproximados del Factor de Forma

VALOR	FORMA DE LA CUENCA
<0,22	Muy alargada
0,22 - 0,30	Alargada
0,30 - 0,37	Ligeramente alargada
0,37 - 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 - 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 - 0,80	Ensanchada
0,80 - 1,20	Muy ensanchada
>1,20	Redondeado al desagüe

Fuente: (Perez, 1979)

2.10. Pendiente de la cuenca

Relaciona las tasas de infiltración, la humedad del suelo la velocidad de escurrimiento, y la descarga de los acuíferos. Controla las crecidas y el tiempo de flujo, permiten predecir la carga de sedimentos transportables y la erosión de un territorio.

Entre otros métodos de cálculos tenemos:

Método de NASH

Método de ALVORD

Método de Hortón

2.11. Redes de drenaje

Toda cuenca hidrológica está dividida en tres partes geográficas:

2.11.1. Cuenca de Recepción

Es la parte alta de la cuenca, origen del conjunto de arroyos que reúnen las aguas, predomina la erosión sobre el transporte y la sedimentación.

2.11.2. La garganta o canal de desagüe

Es el curso medio, predomina el transporte de los materiales erosionados en la parte alta, debido a la fuerte pendiente, el agua erosiona y se encaja, formando cauces más o menos estrechos dependiendo de las características de las rocas por donde discurra.

2.11.3. El lecho cono de deyección o abanico

Es el curso inferior, de corriente lenta, favorece la sedimentación de los materiales que han sido arrastrados desde la Cuenca de recepción y del canal de desagüe, pudiéndose presentar un cauce único o a su vez un Delta. Independientemente si una cuenca cuenta o no con las tres partes geográficas, siempre está compuesta por dos elementos que la definen como tal Talweg y vertientes.

- El Talweg: marca la parte más honda de un valle, y es un camino por dónde van las aguas de las corrientes naturales. Une los puntos más bajos del terreno.



Figura 9. Cuencas Hidrográficas.
Fuente: Cuenca Hidrográfica 2016

2.12. Patrones de Drenaje

El clima y el relieve del suelo influye en el patrón de la red, pero la estructura geológica subyacente suelen ser el factor más relevante, entre otros tipos de drenaje tenemos:

- Drenaje dendrítico
- Drenaje subdendrítico
- Drenaje paralelo
- Drenaje subparalelo
- Drenaje radial

2.12.1. Drenaje Dendrítico

Formado por una corriente principal, afluentes primarios y secundarios unidos en todas direcciones, se origina en suelos homogéneos de textura fina (arcillosos u orgánicos) y en suelos de extracto rocoso superficial. Estos suelos poseen una permeabilidad baja, característica que pertenece a nuestra cuenca.

2.13. Precipitación

Son todas las aguas que caen sobre la superficie de la Tierra, y son el origen de todas las corrientes superficiales y profundas. Su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, es el problema básico de la hidrología.

2.14. Característica de la Precipitación (tipos)

La precipitación puede ser sólida en forma de niebla, granizo, nieve, escarcha o líquida en forma de lluvia y Rocío.

Los factores que determinan el mayor o menor grado la precipitación en un área determinada son:

- La proximidad a los grandes ríos y océanos lagos.
- Las cordilleras que intersectan el paso de los vientos húmedos.
- La localización geográfica de área considerada, en la ruta de las tormentas ciclónicas.

En los estudios hidrológicos la información que se requiere de la precipitación en una localidad dada son:

- Precipitación anual total.
- Distribución de la precipitación por estaciones, invierno, verano, mensual, anual.
- Intensidad duración y frecuencia de precipitaciones máximas.

La precipitación total permite clasificar las regiones en zonas húmedas subhúmedas y desérticas ofrece una idea general en cuanto a la necesidad de riego y el valor promedio de la esorrentía en una zona determinada.

2.15. Variables de una Precipitación

“Para el análisis de las precipitaciones es necesario definir algunas variables importantes para su estudio

- **La magnitud:** se define como el espesor de lámina de agua producida por la lluvia, se mide en milímetros (1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de

agua por m²), expresada también como el volumen de agua que cae por unidad de área

$$L = \frac{V}{A}$$

Dónde:

L: Magnitud de la lluvia (mm)

V: Volumen de agua cado (m³)

A: Área en la que cae la lluvia (m²)

- **El área:** Se define como la superficie en la que cae la precipitación y define indirectamente la magnitud.
- **La duración del evento:** Tiempo en el cual cae el agua total que aporta la lluvia
- **La intensidad de la lluvia:** Representa la cantidad de agua que cae en un determinado tiempo.
- **Frecuencia o intervalo de recurrencia:** También llamada periodo de retorno para determinar la lluvia media en una zona

2.16. Cuantificación de una precipitación de una cuenca para determinar la

lluvia media en una zona

Se la puede cuantificar por medio de:

- **Isoyetas:** determina las líneas de igual altura de precipitación. (Bateman, 2007)
- **Thiessen:** Aplica para cuencas de topografía suave, en lo posible plana.
- **Media aritmética:** es la sumatoria de todos los datos dividido para el número de datos.



Figura 10. Estaciones cercas del Río Olón
Fuente: Google Earth

“Sabido que existe estaciones muy distantes a la cuenca no se puede realizar con el método de Thiessen ni tampoco con el método de Isoyetas, razón por la cual asumiremos los datos fisiográficos de la estación más cercana que es El Suspiro que se encuentra ubicado a una Longitud de $80^{\circ} 39' 11''$ W y Latitud de $1^{\circ} 54' 46''$ S.

2.17. Infiltración

La infiltración es el paso del agua superficial del suelo al interior de éste. Es decir, el agua penetra por sus poros de manera vertical siguiendo una trayectoria irregular, a causa de la presencia de macroporos de diámetros mayores a 5 mm que llegan a medir hasta 10 mm.

La infiltración como concepto, Define el comienzo de la escorrentía. Se inicia cuando el suelo ya tiene sus microporos saturados, los macroporos serán los encargados de transportar el agua a través del perfil, siendo esta velocidad la de infiltración básica, la máxima lámina que pueden transportar por unidad de tiempo.

Si tenemos una lluvia con la intensidad mayor que el valor de intensidad máxima, los macroporos transportarán a través del perfil, el máximo que les sea posible. El Sobrante, se escurriera sobre la superficie del terreno, si éste es inclinado o formará encharcamiento si éste es relativamente plano.

La cantidad de agua que se infiltre y la velocidad van a depender de la estructura que contengan los suelos y la materia orgánica.

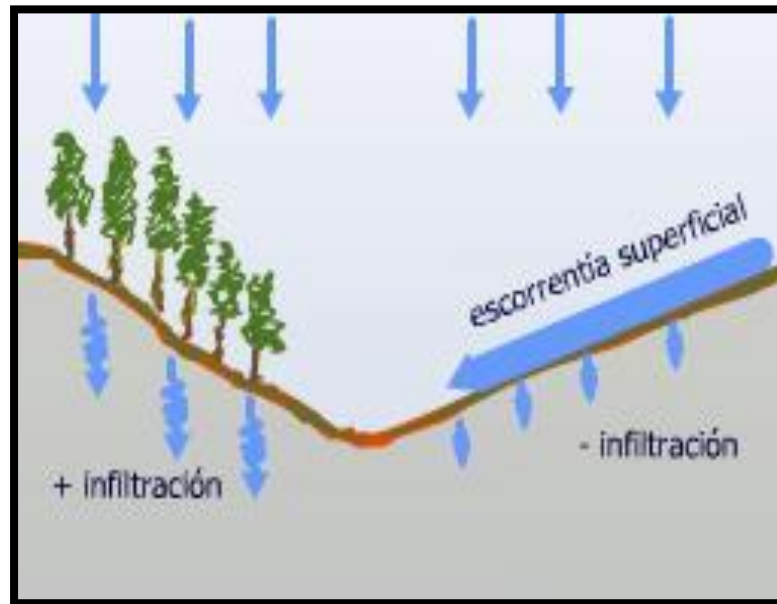


Figura 11. Infiltraciones (influencia de la vegetación)
Fuente: Universidad Complutense de Madrid 2006

Cuando el agua llega al suelo, genera 4 zonas claramente delimitadas

2.17.1. Zona saturada

Es la zona más superficial y los poros o espacios intergranulares están llenos de agua causando como efecto que esta zona aumente su espesor.

2.17.2. Zona de transición

Es aquella donde los macroporos están llenos de agua transportan el agua, Sobrante de los estratos superiores a los estratos más profundos.

2.17.3. Zona de humedecimiento

Es la zona donde los microporos están siendo llenados de agua, el llenado de los microporos depende mucho de la estructura del suelo.

2.17.4. Nivel freático

Es el plano que representa la superficie de las aguas subterráneas y separa la zona saturada de la no saturada

2.17.5. Frente de humedecimiento

Es el límite de avance del agua en el suelo y se la reconoce fácilmente por la diferencia del calor del suelo húmedo y del suelo seco.

2.17.6. Permeabilidad

Propiedad de todo medio poroso de dejar pasar fluido y en particular agua, a través de él.

2.17.7. Conductividad Hidráulica

Es la velocidad de infiltración en un medio poroso saturado, una de las características del suelo más difícil de evaluar en campo, debido a las variaciones que sufre este.

2.17.8. Isóbatas

Curva que representa puntos de igual profundidad.

2.18. La Evapotranspiración

La evapotranspiración es el producto de la evaporación de la humedad del suelo y de la transpiración de las plantas. Se determina como la pérdida de humedad desde la superficie del suelo hacia la atmósfera por evaporación directa y la pérdida de agua por transpiración de la vegetación, lo cual corresponde a la evapotranspiración, que es una fundamental y de mucha importancia del ciclo hidrológico (Quevedo Tejada, 2010).

Existen diferentes métodos para determinar la ETP, en los que se consideran distintos parámetros físicos. Entre los métodos para determinarla, según el sistema mundial de observación del ciclo hidrológico (WHYCOS, 2008) se encuentran los siguientes:

2.18.1. Evapotranspiración Potencial (ETP):

Es la cantidad máxima de agua que puede gasificarse desde la superficie del suelo envuelto por vegetación y sin tener el estrés hídrico. (FAO, 2006)

2.18.2. Evapotranspiración de Referencia (ETo):

Es la tasa de evapotranspiración de un cultivo en determinado con características de crecimiento parecidas que envuelven completamente el suelo y con la cantidad suficiente de agua para que no se dé un déficit hídrico (FAO, 2006)

2.18.3. Evapotranspiración Real (ETr):

Es la cantidad verídica de evapotranspiración, es decir lo que se ve en el campo de estudio, para el cálculo de ETr es necesario tener más parámetros a diferencia de la ETo y ETP (FAO, 2006).

2.18.4. Coeficiente de Cultivo (Kc):

Se denomina coeficiente de cultivo a un valor de ajuste para el cálculo de la ETr y se muestra en tablas dependiendo de las características de cada cultivo (FAO, 2006).

Factores que contribuyen en la evapotranspiración:

- Porcentaje de cubrimiento del suelo,
- Etapa de crecimiento de las plantas,
- Humedad,
- Temperatura y viento.
- Radiación solar,

Con relación a las estimaciones de evapotranspiración se puede denominar lo siguiente:

- Métodos indirectos que usan fórmulas matemáticas, las más usadas y conocida es la del método FAO-56 Penman–Monteith.
- Métodos directos para determinar la evapotranspiración que usan dispositivos llamados lisímetros que radica en tener una parcela de tierra trabajada sobre una gran bascula. Con ello se consigue medir las fugas de peso que, con las correcciones, se toma en cuenta pérdidas de agua por evapotranspiración (Carchi García, 2015).

Entre los métodos indirectos más usuales para determinar la evapotranspiración potencial sobresalen los siguientes:

2.19. Método de Calculo

- **Radiación:** Esta metodología precisa disponer de datos mensuales de temperatura media, humedad relativa media, cantidad de horas de sol y aceleración del viento diurno (Carchi García, 2015).
- **Penman:** Este método necesita tener temperaturas medias mensuales, humedades relativas máxima y media, cantidad de horas donde salga el sol, Ritmo del viento y estimación de la relación entre aceleración del viento ya sea diurnas y nocturnas (Richard & Allen, 2016).
- **Blaney-Criddle:** Radica en los datos de temperatura media, humedad relativa mínima, cantidad de horas donde salga el sol y la aceleración diurna del sol (Carchi García, 2015).
- **Hargreaves:** Se requieren datos de radiación y temperatura ejecutar el cálculo de evapotranspiración potencial (Carchi García, 2015).
- **Thornthwaite:** Requiere tan solo de los datos de temperatura media mensuales, y ayuda a calcular la evapotranspiración potencial mensual.

Entre los métodos más usados, por su sencillez y rapidez para el cálculo de la evapotranspiración está la metodología de Thornthwaite, uno de los métodos empíricos más accionado para hacer cálculos especificados de balances mensuales y anuales de agua, y ampliamente utilizados.

El método de Thornthwaite ofrece valores positivos en zonas más o menos húmedas, en cambio no responden bien para sectores áridos o semiáridos (Carchi García, 2015).

La escasez de información en sectores de montaña como la falta de datos de variables como la radiación, humedad, la velocidad del viento, etc., ha conducido a estimar la evapotranspiración por medio de la aplicación del método empírico de Thornthwaite (1948), que solamente necesita los datos mensuales de temperatura media (Carchi García, 2015).

2.19.1. Método de Thornthwaite

El método de Thornthwaite, es muy utilizado en todas las áreas de las ingenierías, sobre todo en las de ciencias de la Tierra, dado que solo necesitan datos de temperatura. La importancia radica, que en medios como el nuestro en los que las estaciones meteorológicas no disponen de algunos datos que requieren otros métodos, siendo la temperatura uno de los parámetros principales obtenidos de estas estaciones, hace que el método en cuestión sea muy relevante a los parámetros que necesita para su determinación, como al cálculo aproximado de la ETP (Villacís Stecey, 2012).

Este método consiste de lo siguiente:

Fórmula de Thornthwaite

- Determinar el índice de calor mensual (i):

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

A partir de la temperatura media mensual (t)

Determinar el índice de calor anual (I):

Sumando los 12 valores de i.

$$I = \sum i$$

Determinar la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

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

Dónde:

ETP (sin corregir) Evapotranspiración potencial a nivel mensual en mm/mes, para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas) Temperatura media mensual ° C índice de calor anual.

Obtenido con la expresión siguiente:

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

Realizar la corrección para el número de días del mes y el número de horas sol.

$$ETP = ETP (sin corregir) * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración potencial corregida.

N: Número máximo de horas sol, depende del mes y de la latitud.

D: Número de días del mes.

2.19.2. Método de Penman

Al contrario del método de Thornthwaite, es un método casi-empírico, es decir hay información que puede ser medida por cualquier individuo, pero hay otros que son difícil de determinar (Montaner Salas & Sánchez Almohalla Serrano, 1988).

Para aplicar este modelo se requiere de:

La radiación global incidente de la zona de estudio (En el caso que no dispongamos de este dato, se necesita contar con las horas de sol medidas por el Heliógrafo).

- La humedad relativa.
- La temperatura de la zona de estudio.
- La pendiente de la curva de tensión de saturación, dividida para la constante psicométrica.

2.20. Población

En la comuna de Olón perteneciente a la parroquia Manglaralto según el último censo del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010), esta comuna cuenta con una población de 3100 habitantes los cuales se han dedicado principalmente a la actividad pesquera, agrícola y ganadera. Además de ser un sector turístico ya que cuenta con un balneario que se encuentra ubicado en la ruta del Spondylus, la cual es visitado por muchos turistas en época de playa.

El consumo diario por persona es de 200 litros según la Organización Mundial de la Salud (OMS 2017).

El caudal consumo diario se lo estima por medio de la población.

El consumo diario habitantes esta entre los 170 – 200 lt/día/hab.

2.20.1. Población Flotante

Se ha definido como población flotante aquella que viaja de un lugar a otro y se encuentra en un momento dado en la comuna de Olón

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación del área de estudio de la Cuenca del río Olón

La ubicación del proyecto se sitúa en la zona norte de la Provincia de Santa Elena a 73 Km de la ciudad de Santa Elena. La Comuna Olón, pertenece a la parroquia rural Manglaralto que cuenta con una población de 35000 habitantes según el VII censo de población y vivienda del 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Cartográficamente la zona de estudio corresponde a las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) denominado como Olón, la cuenca cuenta con un área de 55.00 km².

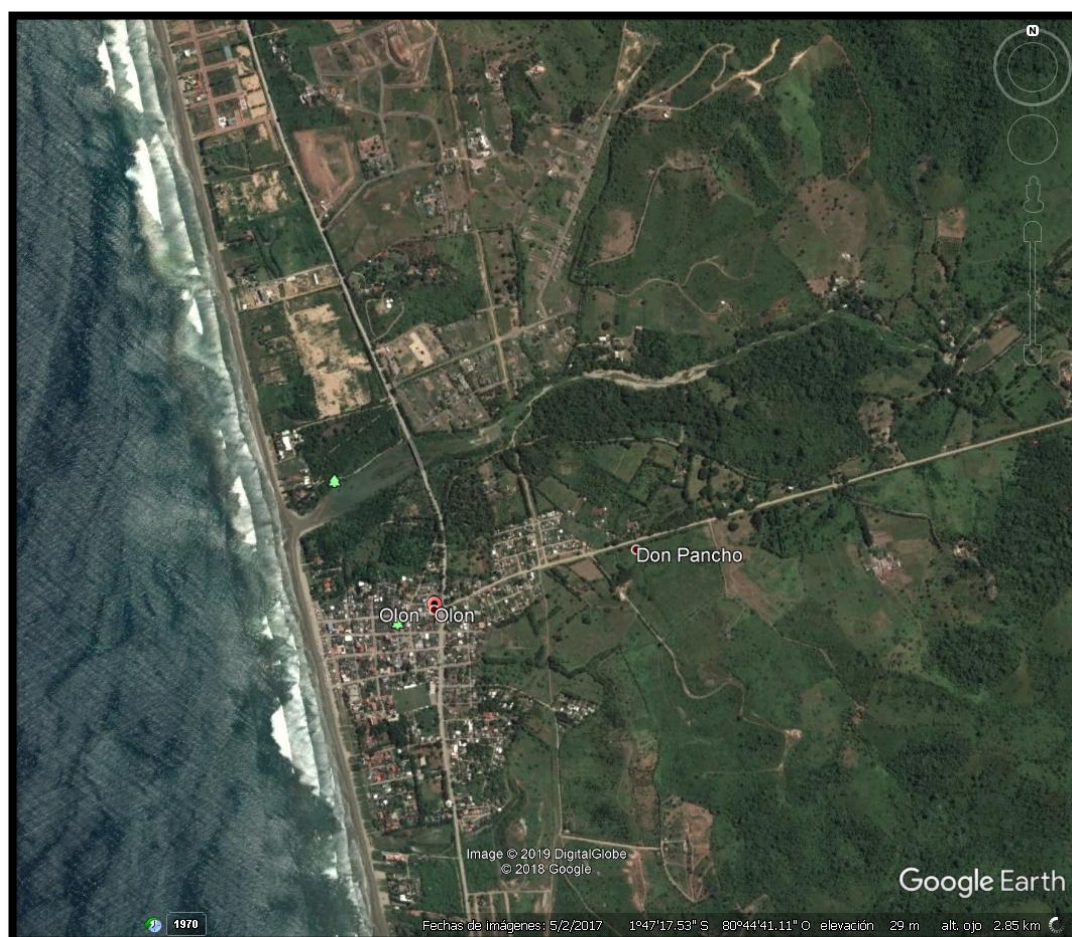


Figura 12. Rio Olón
Fuente: Google Earth



Figura 13. Cuenca del Río Olón
 Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

3.2. Factor de forma de Horton

Para realizar el factor de forma de la cuenca es necesario contar con los parámetros que son el ancho medio y la longitud del cauce principal, la forma a emplear para realizar los cálculos es igual.

$$\text{Ancho medio } B = \frac{A}{L}$$

$$\text{Factor de Horton } K_f = \frac{B}{L}$$

3.3.Método de Isoyetas

Para realizar el trabajo con Isoyetas tomamos las estaciones de la Provincia de Santa Elena que son El Suspiro, Barcelona, Salanguillo y de la Provincia de Manabí que son Julcuy, San Pablo, se debe tener en cuenta la variación de la precipitación y toda la información de las condiciones de la zona que se tenga acerca de la lluvia

Tabla 3
Estaciones para realizar Isoyetas

Estación	Provincia	Nombre de la Estación	Coordenadas		Periodo 2012
			X	Y	Pp anual (mm.)
M0245	Santa Elena	Suspiro	538585	9788576	416,8
M0169	Manabí	Julcuy	540911	9836412	513
M0459	Manabí	San Pablo	545421	9825480	1940
M0782	Santa Elena	Barcelona	535218	9789989	340,8
M0783	Santa Elena	Salanguillo	549119	9784459	316,4

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

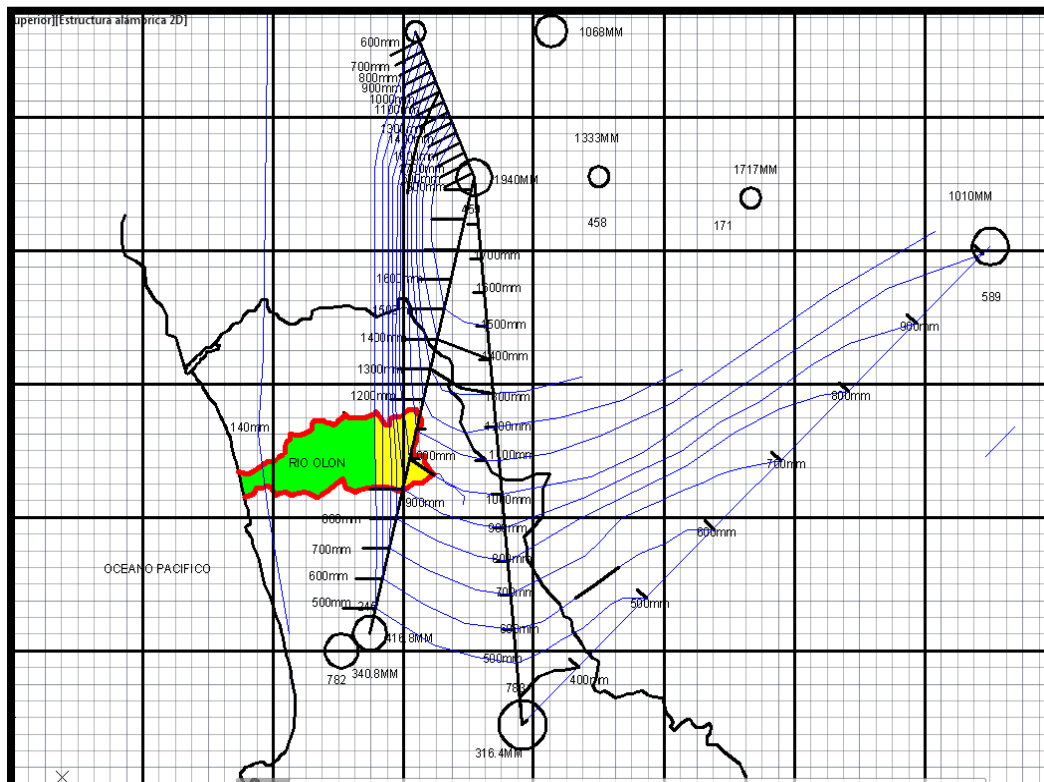


Figura 14. Mapa de Isoyetas

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

3.4. Precipitación

La precipitación es parte fundamental en el ciclo hidrológico, es así que en la cuenca del río Olón la recarga del recurso hídrico se da por medio de la precipitación, por lo que, si son escasas los niveles de la cuenca del río Olón disminuyen. Esta cuenca no cuenta con una estación meteorológica por ello hemos considerado realizar nuestro proyecto con la estación más cercana a la cuenca en nuestra investigación, la estación meteorológica El Suspiro la misma que presenta datos para el periodo 2003–2015, estación ubicada a una latitud $1^{\circ}54'0''$ S, longitud $80^{\circ}38'48''$ W.



Figura 15. Estación el Suspiro
Fuente: Google Earth

Los datos de precipitación para realizar el presente trabajo de investigación, fueron obtenidos mediante el Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI), el cual nos proporcionó información de los períodos 2003-2015 los cuales se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4
Precipitación Suspiro

PRECIPITACIÓN ESTACIÓN EL SUSPIRO													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
2003	34,1	118,7	14,4	52,2	26,7	8,2	25,2	24,4	5,7	29,4	2,8	16,6	29,9
2004	8,5	66,8	5,3	69,4	21,7	5,4	31,3	10,6	16,7	28,4	10,2	0,6	22,9
2005	0,9	57,7	21,6	52,9	-	2,5	7,7	7,4	12,0	38,2	19,7	4,3	20,4
2006	73,0	273,6	41,4	3,6	5,9	5,7	9,4	9,2	9,7	6,2	8,4	1,6	37,3
2007	32,2	20,3	67,5	25,0	10,1	20,8	37,8	13,9	6,5	39,8	11,5	8,5	24,5
2008	195,3	143,2	93,6	7,0	9,9	4,1	4,1	4,5	4,8	15,0	5,2	7,4	41,2
2009	105,7	64,3	11,8	9,0	7,0	8,0	3,1	16,8	9,5	22,1	11,6	5,1	22,8
2010	67,0	157,4	33,9	82,0	11,2	12,4	18,2	21,7	17,6	14,5	17,1	69,6	43,6
2011	55,8	56,2	-	142,3	-	6,4	27,7	20,1	5,0	14,4	0,6	14,4	34,3
2012	81,5	120,4	75,6	14,4	3,4	61,9	3,1	16,8	12,8	16,2	1,4	9,3	34,7
2013	142,8	101,7	141,1	13,5	5,9	24,6	17,0	10,8	9,5	26,0	8,4	0,4	41,8
2014	73,9	70,2	11,0	8,5	7,5	5,4	13,1	26,9	26,3	21,5	5,5	3,9	22,8
2015	14,1	16,0	100,6	149,4	14,7	8,4	17,9	7,2	8,6	4,7	13,0	11,5	30,5
Media Mensual	68,1	97,4	51,5	48,4	11,3	13,4	16,6	14,6	11,1	21,3	8,9	11,8	31,2

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En el siguiente grafico se presenta la media mensual de la precipitación de la estación El Suspiro

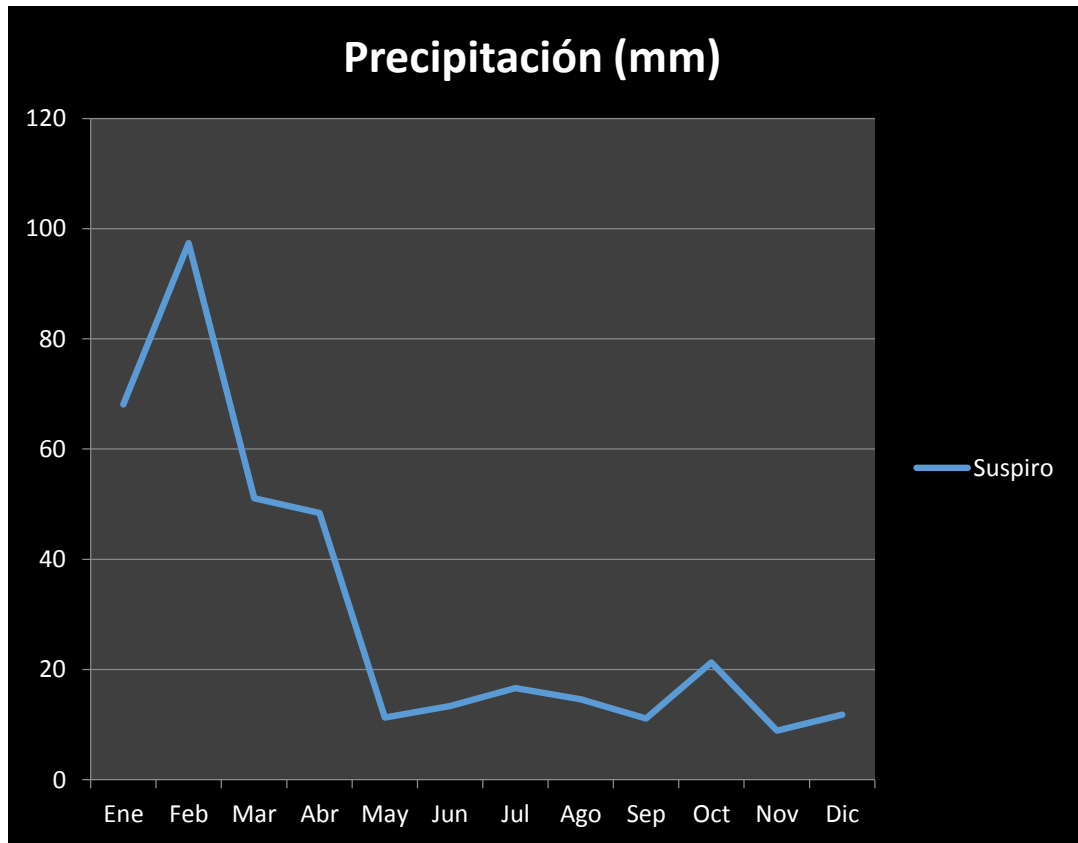


Gráfico 1. Variación Mensual de la Precipitación (mm)

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En el siguiente gráfico se muestra la estación de suspiro y su variación mensual de la precipitación.

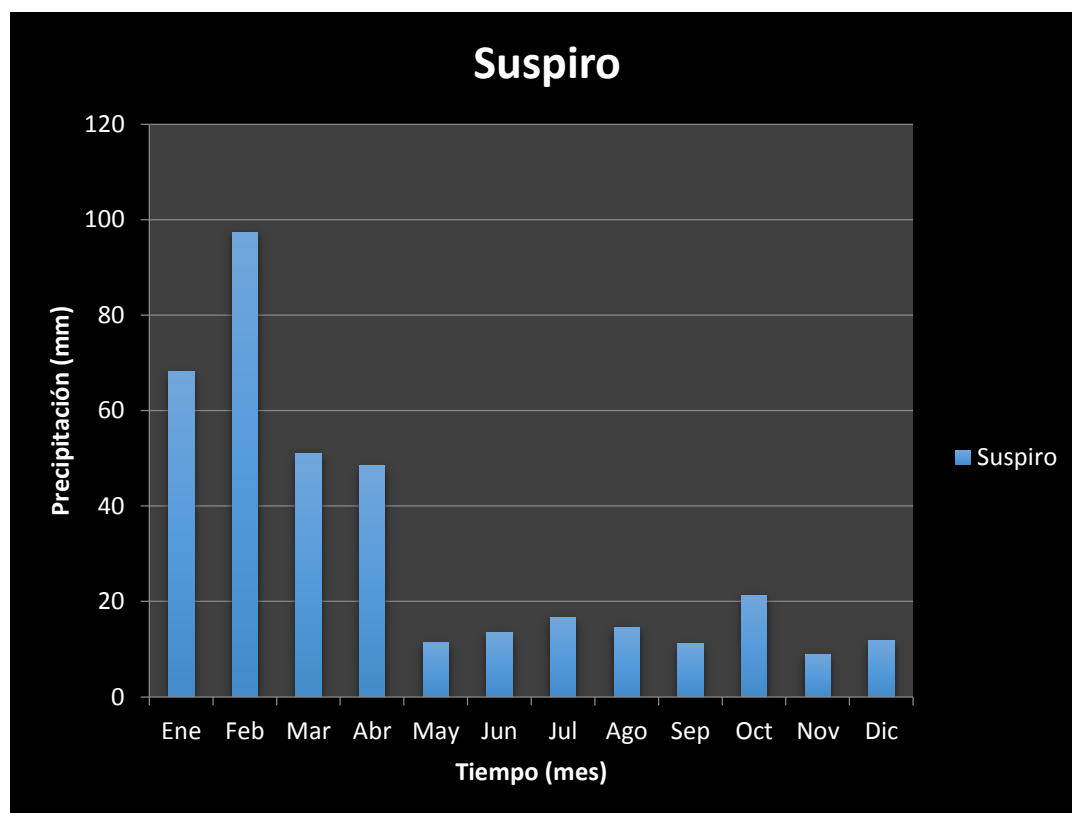


Gráfico 2. Variación Mensual de la Precipitación Suspiro (mm)
Fuente: (INAMHI)
Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En el siguiente gráfico se muestra la estación de suspiro y su variación anual de la precipitación de los años 2003-2015.

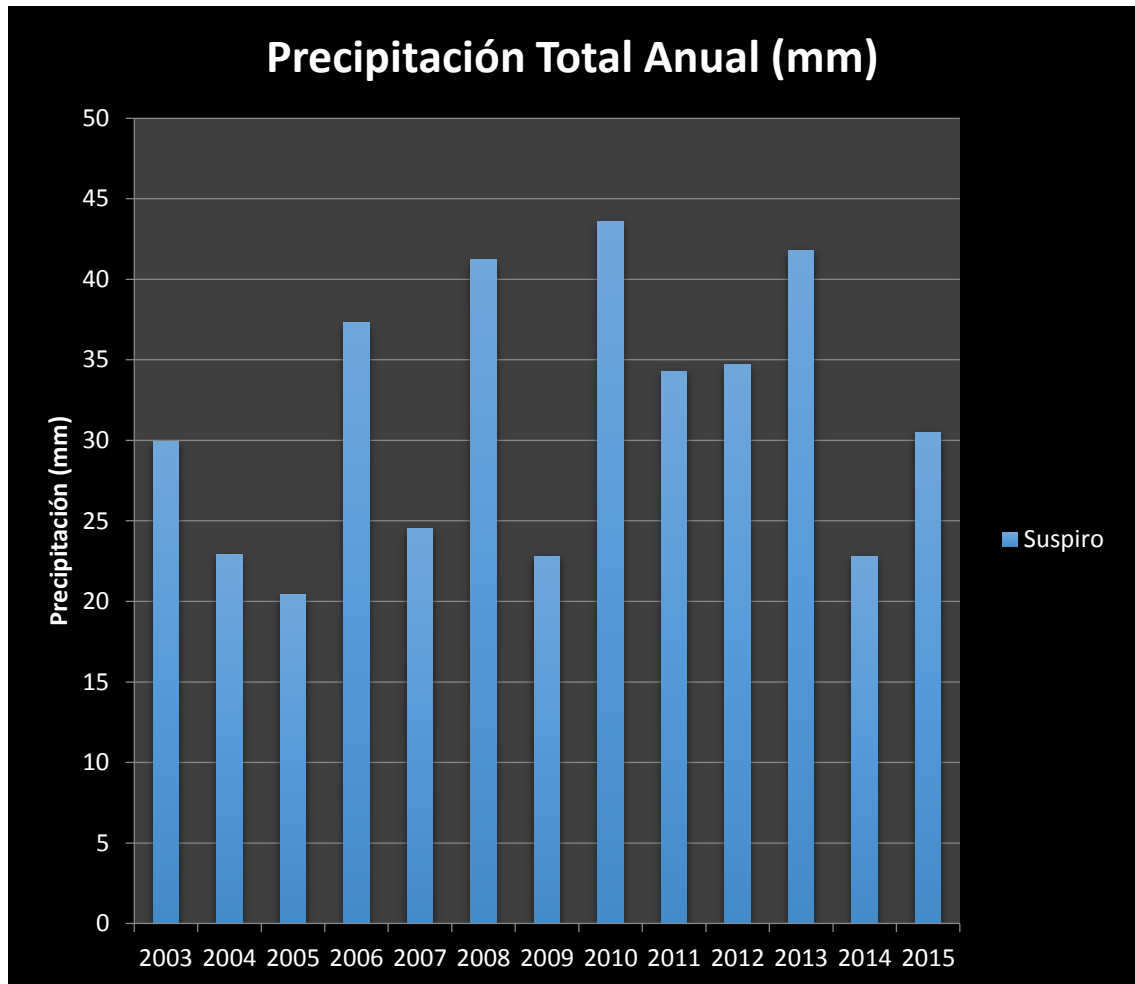


Gráfico 3. Precipitación Total Anual (mm)

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

Tomando una comparación de dos estaciones cercanas que es Barcelona y Colonche a la estación de nuestro proyecto El Suspiro, se puede apreciar que las tres estaciones tienen características climatológicas similares notamos que estas zonas costeras son húmedas ya que existen precipitaciones durante todo el año.

En el gráfico 4 se muestra la variación mensual de la precipitación (mm) de las estaciones Barcelona, Colonche y Suspiro correspondiente al periodo 2003 – 2015.

Tabla 5
Precipitación Suspiro

Estaciones	Mes												Media anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Barcelona	52,0	81,0	45,1	32,0	11,5	10,2	15,0	15,2	10,5	19,3	9,0	10,9	26,0
Colonche	64,9	84,2	49,2	43,1	32,4	5,6	3,9	3,5	3,7	7,3	5,8	4,9	25,7
Suspiro	68,1	97,4	51,5	48,4	11,3	13,4	16,6	14,6	11,1	21,3	8,9	11,8	31,2

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

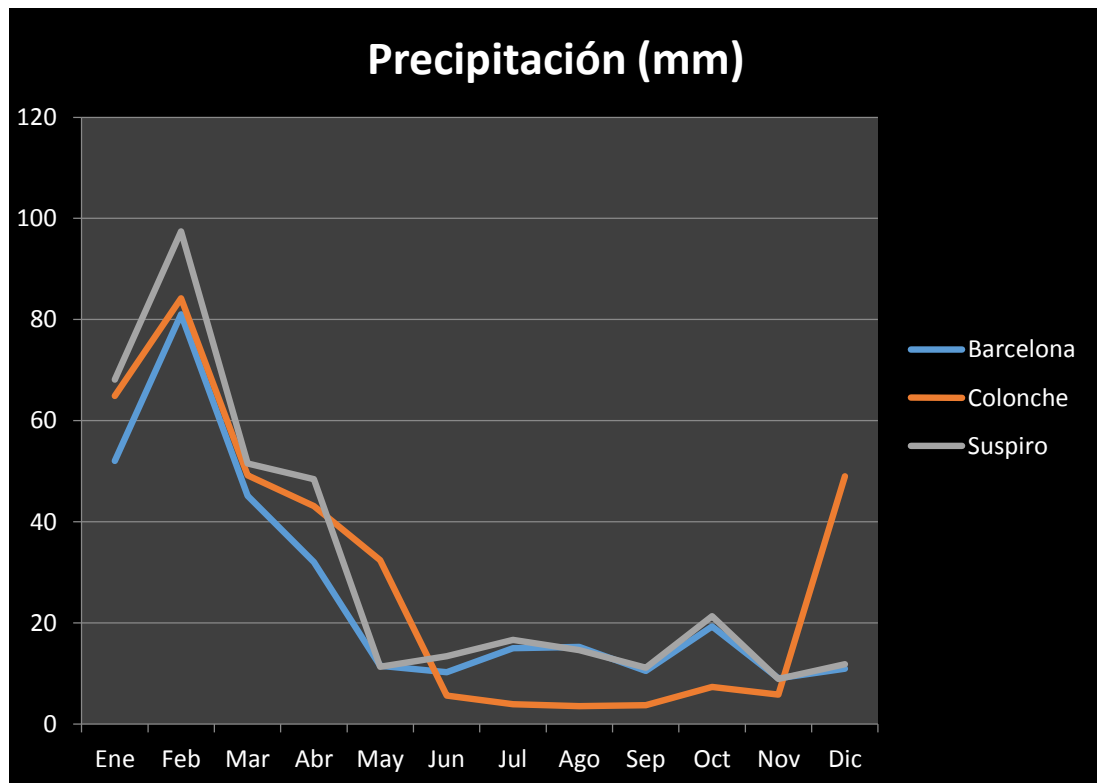


Gráfico 4. Variación Mensual de las Precipitaciones (mm)

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

3.5. Temperatura

El clima de la parroquia Olón presenta características de árido a semi-árido, con una temperatura media anual de 24.1°C, lo que condiciona este clima, a la evaporación que existe en la región.

Los datos de temperatura fueron obtenidos Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) que se han utilizado en el presente trabajo de investigación, son los que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6
Temperatura Media

TEMPERATURA MEDIA													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
2003	24,5	25,3	25,6	26,0	25,8	25,1	24,2	22,8	22,2	22,6	23,3	25,0	24,3
2004	25,3	27,0	27,1	26,8	24,8	23,2	22,5	21,5	22,9	23,3	23,1	24,6	24,3
2005	26,0	26,7	27,4	27,5	24,8	22,8	22,6	22,2	22,2	22,0	23,1	24,6	24,3
2006	25,4	25,2	25,8	27,0	25,9	20,2	20,5	20,7	21,3	21,8	22,5	24,8	23,4
2007	25,6	25,6	26,4	26,9	25,9	22,0	22,0	21,9	21,6	22,0	22,7	24,7	23,9
2008	25,7	26,0	27,1	26,8	25,8	23,8	22,5	22,7	22,1	22,1	22,8	24,6	24,3
2009	26,6	25,4	26,1	26,2	24,8	23,2	22,0	21,7	21,6	20,8	21,4	22,8	23,5
2010	24,1	24,4	23,5	24,7	25,2	25,3	23,2	20,1	22,0	21,5	21,8	22,3	23,1
2011	25,3	26,1	26,5	26,3	25,7	25,5	24,7	23,2	23,0	21,7	20,5	20,6	24,1
2012	24,1	25,1	25,5	26,9	25,6	25,1	23,9	23,4	22,9	22,3	21,5	23,0	24,1
2013	25,9	25,5	25,7	26,0	24,6	23,4	23,9	22,8	21,7	22,1	22,2	24,2	24,0
2014	26,1	26,9	26,3	27,5	27,3	25,7	24,0	22,5	22,5	22,3	24,1	25,3	25,0
2015	25,4	26,0	26,3	27,5	28,1	25,8	23,5	24,6	24,0	22,6	24,6	26,0	25,4
Media Mensua	25,4	25,8	26,1	26,6	25,7	23,9	23,0	22,3	22,3	22,1	22,6	24,0	24,1

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En el siguiente grafico se presenta la media mensual de la temperatura de la estación El Suspiro.

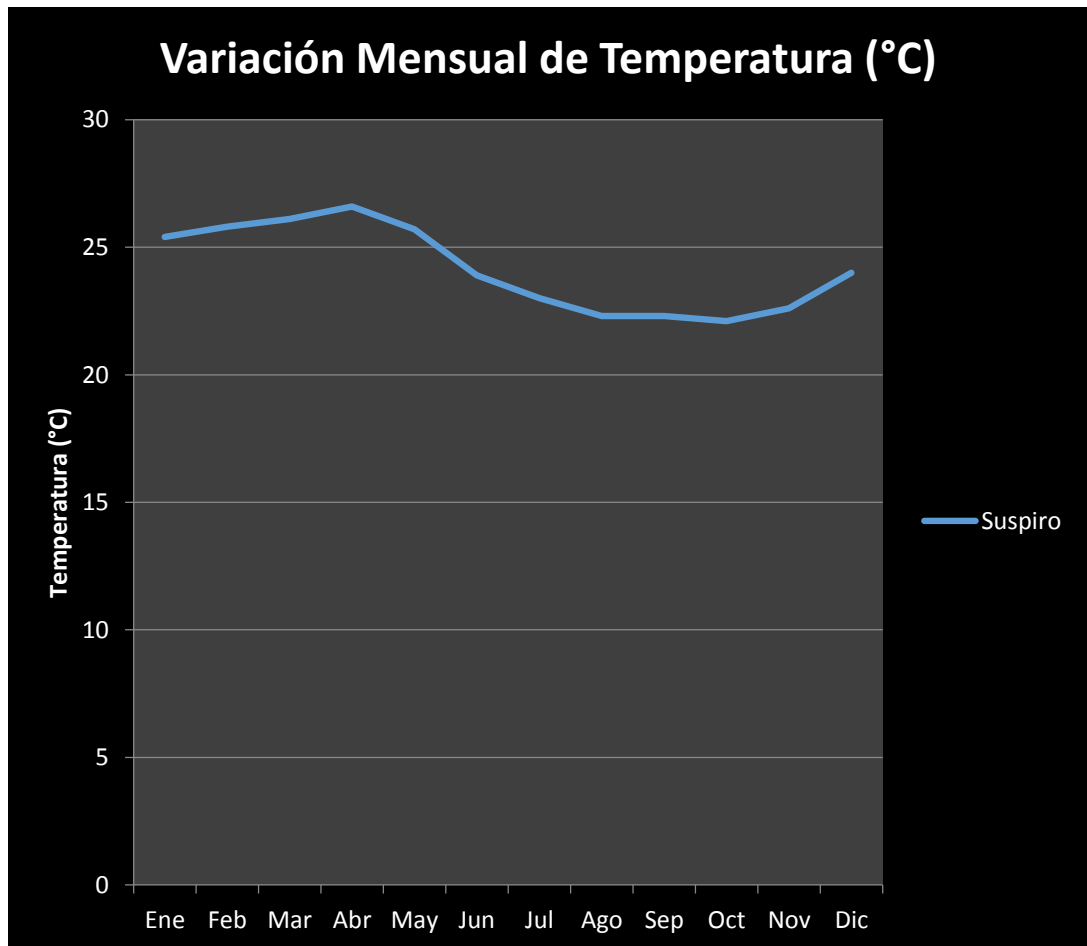


Gráfico 5. Variación Mensual de la Temperatura (°C)

Fuente: (INAMHI)

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En el Grafico 6 se muestra la variación anual de la temperatura media (°C) de los años 2003-2015 de la cuenca del río Olón, estación El Suspiro.

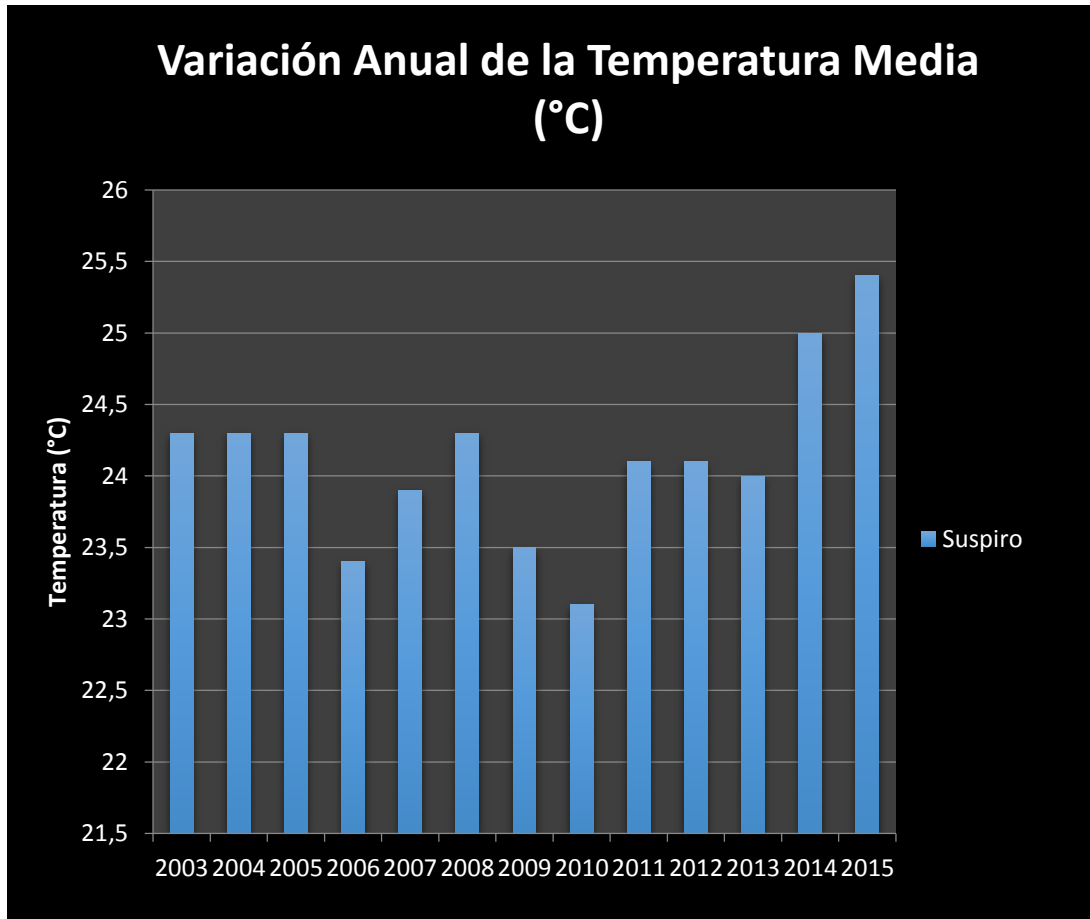


Gráfico 6. Variación Anual de la Temperatura Media (°C)
Fuente: (INAMHI)
Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

3.6. Evapotranspiración (ETP)

El método de Thornthwaite fue desarrollado a partir de los datos de precipitación, el resultado es básicamente una relación empírica entre la ETP y la temperatura del aire.

A pesar de la simplicidad y las limitaciones obvias del método, funciona bien para las regiones húmedas, entre las diferencias más notorias del método de Thornthwaite se encuentra la suposición de que existe una alta correlación entre la temperatura y algunos de los otros parámetros pertinentes tales como radiación, humedad atmosférica y viento.

La formula empirica de thornthwaite puede ser usada para cualquier zona en la cual se registran la Temperatura máxima y Temperatura minima.

La formula de thornthwaite es la siguiente:

$$ETP (sincorregir) = 16 \left(\frac{10 * t}{I} \right)^a$$

$$ETP = ETP (sincorregir) * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Dónde:

(T): Temperatura media mensual

(I): índice de calor anual

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

ETP: Evapotranspiración potencial corregida.

N: Número máximo de horas sol, depende del mes y de la latitud.

D: Número de días del mes.

3.7.Evapotranspiración Real

Aunque según el clima habrá una capacidad potencial de evapotranspirar la evapotranspiración potencial solo se podrá evapotranspirar tal cantidad si hay agua disponible. La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia o no (por tanto, la ET_i es siempre mayor o igual a la ETR_i). El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la existente en la reserva del suelo.

En el periodo húmedo, al cubrir la precipitación la demanda potencial la ET real es igual a la potencial; es decir

$$ETR_i = ET_i$$

En el periodo seco, el agua que se evapora será el agua de precipitación más la que extraemos del suelo o variación de la reserva (la reserva que nos queda menos la que teníamos el mes anterior, como tendrá signo negativo se toma el valor absoluto; es decir $ETR_i = P_i + |VR_i|$)

3.8. Número de horas de sol máximas

La región en la que se encuentra la zona estudio, es el hemisferio sur, por lo que se hace necesario utilizar las horas de sol correspondiente, ubicándose el acuífero Manglaralto a 2° latitud sur, con lo que el número de horas de sol de estas latitudes son utilizados para determinar la ETP.

Tabla 7

Número de horas de sol máximas (h/día) para el hemisferio Sur.

Lat. o S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
2	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0
4	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,9
6	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,8
8	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7
10	11,6	11,8	12,1	12,3	12,6	12,7	12,7	12,5	12,2	11,9	11,7	11,5

Fuente: Custodio y Llamas, 1984

3.9. Caudal de explotación

La Junta Administradora de Agua Potable de Olón (JAAPO) cuenta con 7 pozos de extracción, de los cuales solo están en funcionamiento tres pozos ya que el resto de pozo ya cumplió su vida útil debido a los años de funcionamiento.

La extracción de los tres pozos es exclusivamente para abastecimiento de las comunidades de Olón, Curía, San José, Las Núñez y La Entrada, en el cual se extrae un volumen promedio anual 359.177 m³ del acuífero libre desde los años 2003 – 2015.

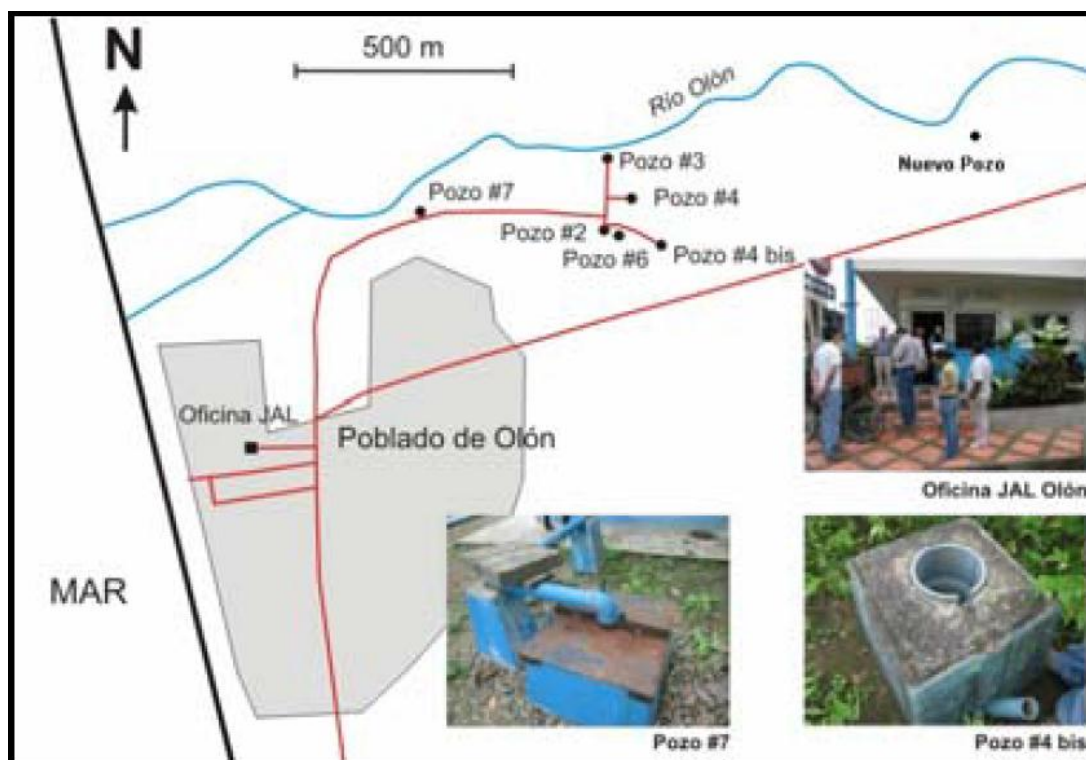


Figura 16. Pozos de Extracción
Elaborado por: (Montalvan, 2008)

Tabla 8
Coordenadas de los Pozos

Coordenadas		
Pozo	X	Y
1	528088	9802470
2	528079	9802274
3	528088	9802470
4	528215	9802242
5	528132	9802356
6	528079	9802274
7	527608	9802324

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de Olón

Los tres pozos que están en funcionamiento son los pozos # 2, 3 y 7 que se encuentran ubicados dentro de la cuenca los cuales se muestran en la figura 17. La distribución del agua a las comunidades se da por medio de redes de agua, el consumo diario por vivienda es controlada por medio de medidores.

Según (Montalvan, 2008) estimo la reserva del acuífero del Rio Olón que fue de 1.3 millones de m³, la cual fue calculado por el método de perfiles geoelectricos en el año 2008. La recarga de este acuífero se obtiene de la cordillera Chongón – Colonche que se encuentra en la parte más alta de la cuenca, ya que existe precipitaciones mayores a los 500 mm. La cordillera cuenta con dos vertientes que son la oriental que predomina un clima seco y la occidental donde predomina un clima húmedo, esto se debe a la presencia de la corriente cálida del niño. La cuenca en estudio está ubicada en la vertiente occidental.

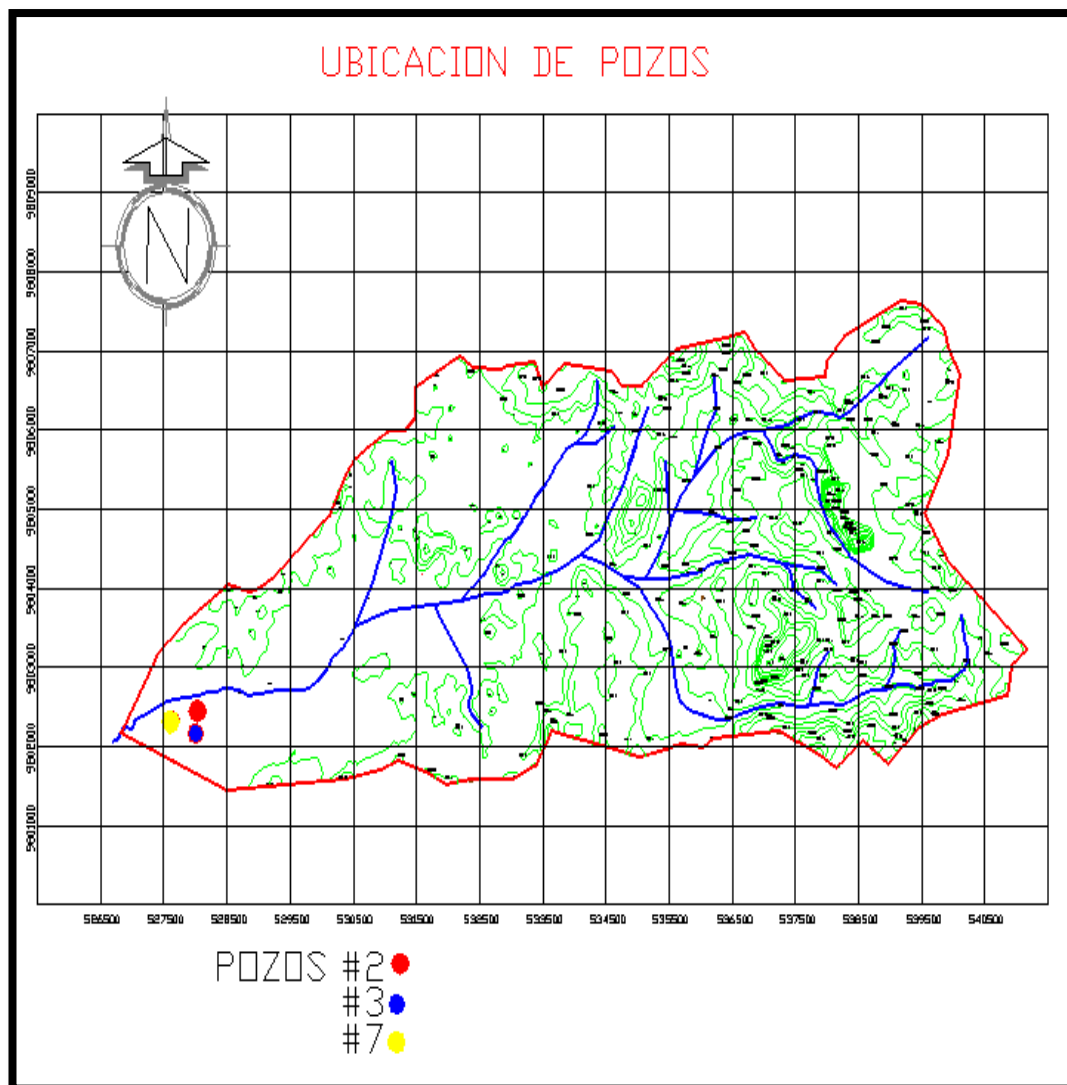


Figura 17. Rio Olón
Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En la figura 18 se presenta las cuencas aledañas del Rio Olón

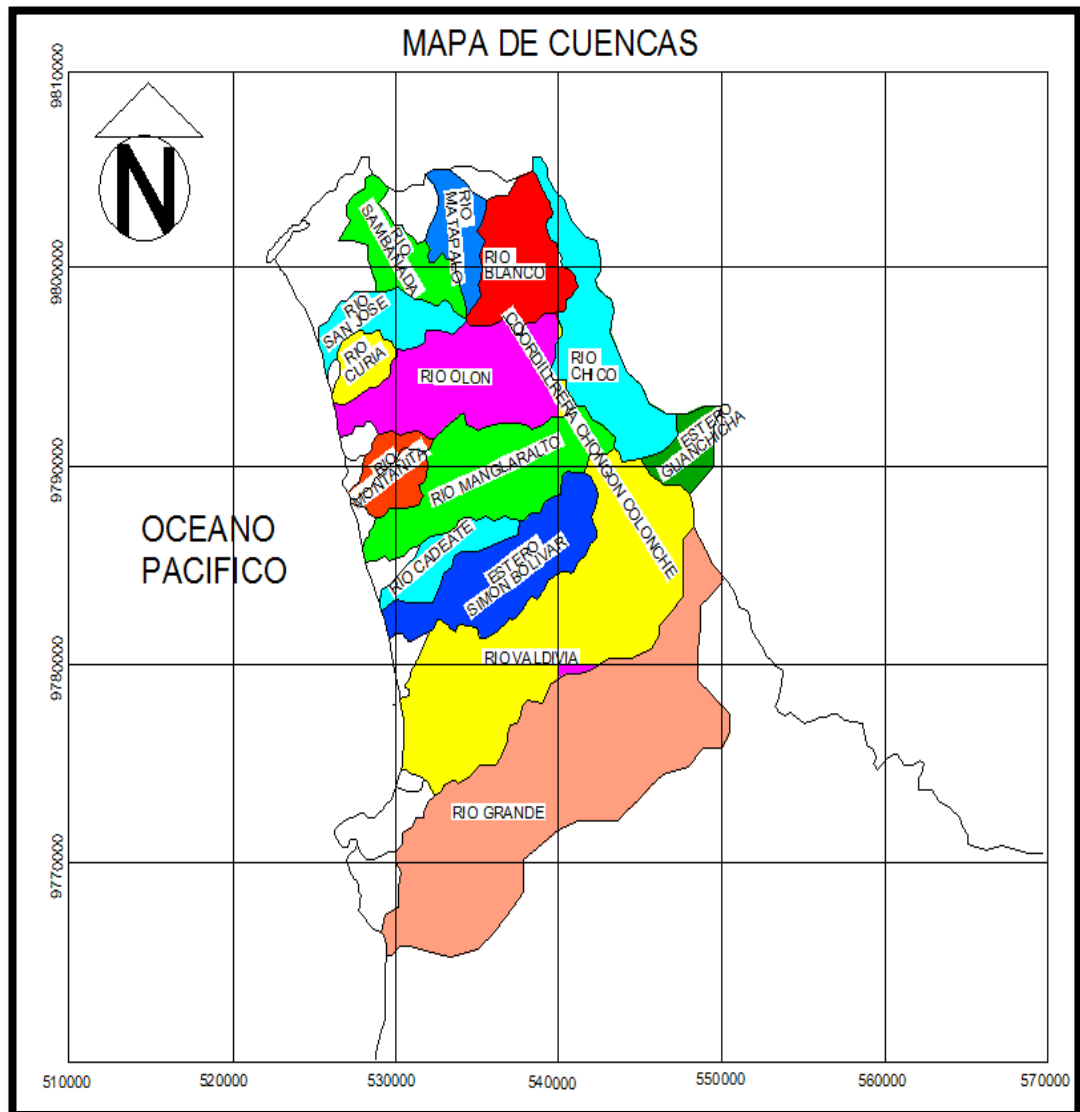


Figura 18. Sistema Hidrológicos Potencialmente Incidentes en la Cuenca del Río Olón
Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

Tabla 9

Caudal de explotación de los periodos 2003–2015.

Caudal de Explotación	
Año	m3/año
2003	183195,846
2004	184128,745
2005	198571,398
2006	205781,854
2007	219937,551
2008	225389,765
2009	250598,153
2010	275031,101
2011	320354,171
2012	459457,256
2013	536476,126
2014	727296,569
2015	883086,677

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de Olón

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

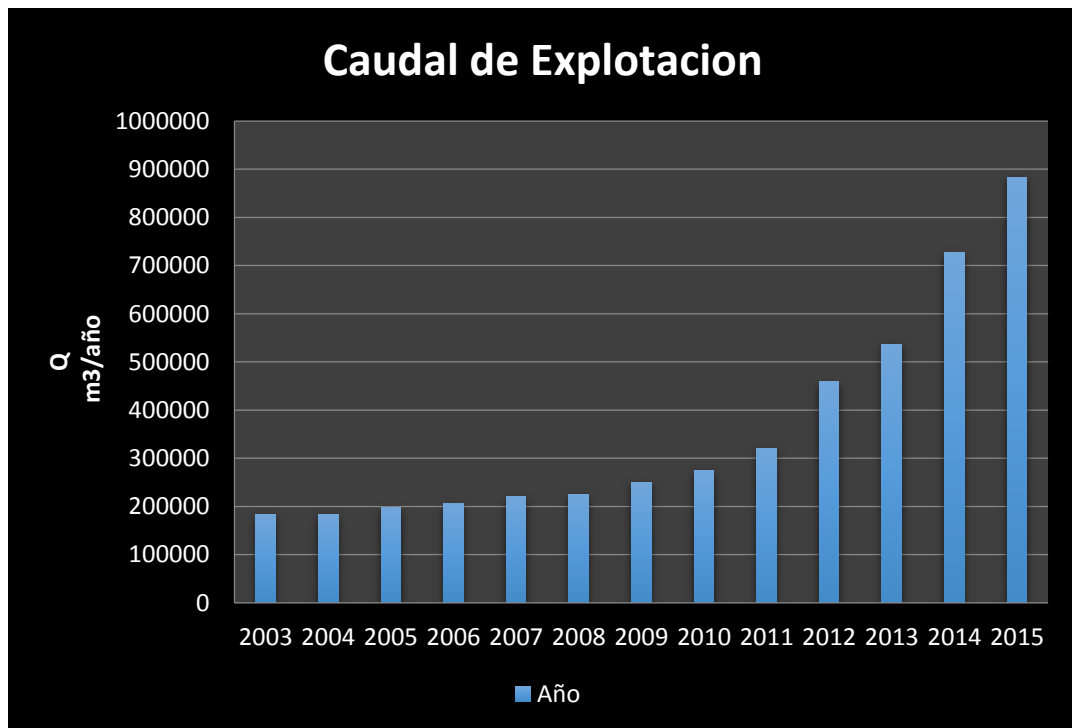


Gráfico 7. Caudal de Explotación

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de Olón

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

La tabla 9 se muestra los caudales de explotación anuales del acuífero que abastece de agua a las comunas de Olón, Curía, San José, Las Núñez y La Entrada, estos datos fueron proporcionados por la Junta Administradora de Agua Potable de Olón (JAAPO), que llevan un control diario de bombeo.

Tabla 10
Caudal de explotación

Caudal de explotación					
Año	m3/año	m3/día	habitantes	m3/hb/día	lt/hb./día
2015	883086,677	2419,41555	13321	0,18165144	181

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

El consumo diario de habitantes se calculó para el periodo 2015, donde se tomaron los valores de extracción dividiendo para la cantidad de habitantes, en este caso se tomó en cuenta la población flotante, ya que esta se encuentra en este sector turístico durante todo el año.

Según el censo del año 2001 al 2010, en la Provincia de Santa Elena el índice de crecimiento poblacional fue del 1.39%.

Tabla 11
Censal – Provincia Santa Elena

Año		Tasa de Crecimiento Acumulado Poblacional
2001	2010	
111.671	144.076	1,39%

Fuente: Censo INEC 2010 – Elaborado por: Equipo Técnico PDyOT – GADM Santa Elena 2014

La tasa promedio de crecimiento de la Provincia de Santa Elena para el periodo 2010 - 2020 es de 2,44% según la Fuente: Censo INEC 2010 – Elaborado por: Equipo Técnico PDyOT – GADM Santa Elena 2014.

Con esta información podemos realizar el cálculo poblacional de las comunidades de Olón, Curía, San José, Las Núñez y La Entrada, ya que tenemos información del Censo de Poblacional del 2010.

Además de ser un sector turístico ya que cuenta con un balneario que se encuentra ubicado en la ruta del sol Spondylus, la cual es visitada por muchos turistas en épocas de playa la cual genera aumento de población.

La población flotante no ha sido cuantificada por medio del INEC, pero la información que nos proporcionó la Junta administradora de Agua Potable de Olón nos dice que la población aumente el 100% por tal motivo la demanda del recurso hídrico es mayor.

La población esta detallada en la siguiente tabla

Tabla 12
Población Fija

POBLACION FIJA DE COMUNAS						
Año	Olón	Curía	San José	Las Núñez	La Entrada	TOTAL
2003	2267	475	907	526	1179	5353
2004	2299	482	919	533	1195	5428
2005	2331	489	932	541	1212	5505
2006	2364	495	946	548	1229	5583
2007	2397	502	959	556	1247	5661
2008	2431	510	972	564	1264	5741
2009	2465	517	986	572	1282	5822
2010	2500	524	1000	580	1300	5904
2011	2561	537	1024	594	1332	6048
2012	2623	550	1049	609	1364	6196
2013	2688	563	1075	624	1398	6347
2014	2753	577	1101	639	1432	6502
2015	2820	591	1128	654	1467	6660

Fuente: Censo INEC 2010 – Elaborado por: Equipo Técnico PDyOT – GADM Santa Elena 2014

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

En el siguiente grafico se aprecia la población de las comunas Olón, Curía, San José, Las Núñez y La Entrada de los años 2003-2015.

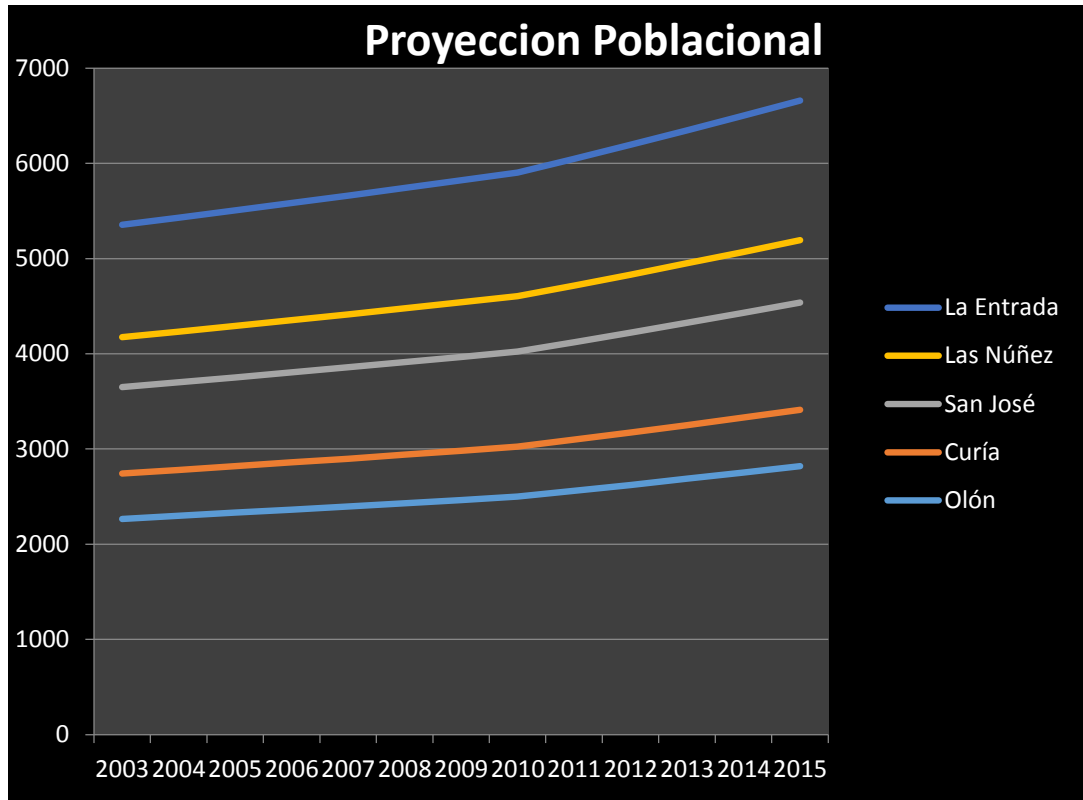


Gráfico 8. Proyección Poblacional

Fuente: Censo INEC 2010 – Elaborado por: Equipo Técnico PDyOT – GADM Santa Elena 2014.
Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y PROPUESTA

4.1. Factor de forma de Hortón

4.1.1. Ancho medio

Para el cálculo del ancho medio de la cuenca se debe tomar en cuenta el área (55.25Km^2), la longitud (15.25Km), de la cuenca del río Olón que también cuenta con un perímetro de 40.33Km .

$$B = \frac{A}{L},$$

$$B = \frac{55.25 \text{ Km}^2}{15.25 \text{ Km}}, \quad B = 3.62 \text{ Km}$$

4.1.2. Factor de Hortón

$$K_f = \frac{B}{L};$$

$$K_f = \frac{3.62 \text{ Km}}{15.259 \text{ Km}}; \quad K_f = 0.237$$

Obteniendo los resultados mediante la fórmula de Hortón $K_f = 0.237$ según la **Tabla 2** la forma de nuestra cuenca es alargada, ya que nos encontramos en el rango entre $0.22 - 0.30$.

4.1.3. Coeficiente de compacidad (Kc)

El índice de compacidad es una relación que se da entre el perímetro de nuestra cuenca y el perímetro de un círculo que se da de área igual a nuestra cuenca entonces podremos decir:

$$K_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

K_c = Coeficiente de Compacidad

P = Perímetro de la cuenca

A = Área de la cuenca

Si el coeficiente de compacidad es mayor o igual que 1, para el caso que K_c es igual a 1, obtenemos una cuenca circular.

También se puede decir si el coeficiente es mayor tendremos una cuenca irregular.

$$K_c = 0.282 \frac{40.33Km}{\sqrt{55.25Km^2}} = 1.53 Km$$

Con este resultado podemos concluir que nuestra cuenca es irregular.

4.2. Densidad de Drenaje

Esta se da por medio de la longitud total de los cursos de agua y el área total de la misma.

$$D_d = \frac{L}{A}$$

D_d = Densidad de Drenaje.

L = Longitud total de los cursos de agua.

A = Área de la cuenca.

$$D_d = \frac{43.28Km}{55.25Km^2} = 0.78 Km$$

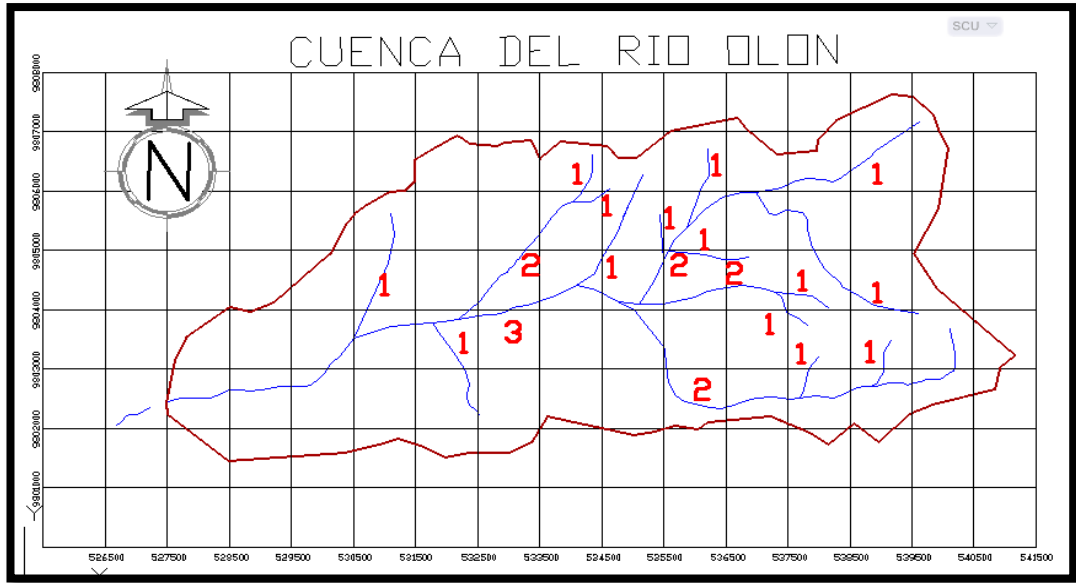


Figura 19. Sistema de Redes de Drenaje

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019).

4.2.1. Relación de Bifurcación

Hortón encontró empíricamente que la relación de bifurcación R_b o relación del número N_i de canales de orden i y el número N_{i+1} de canales de orden $i+1$, es relativamente constante de un orden a otro. Esta es la ley de Hortón de número de ríos.

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dónde:

N_u = Numero de Drenaje de Orden u

N_{u+1} = Número de Canales de Orden $u+1$

Tabla 13
Relación de Bifurcación

orden	Numero de Drenajes	Longitud km	Relación de Bifurcación
1	14	25,49	2,33
2	6	10,354	1,5
3	4	7,445	
		R_b	1,915

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

4.3. Evapotranspiración

Este parámetro es muy importante dentro del ciclo hidrológico. La importancia radica en su relación directa con las plantas, dado que es una combinación de la evaporación y la transpiración.

Existen gran cantidad de métodos empíricos que tienen fundamentos físicos y teóricos, pero la falta de parámetros meteorológicos dificulta su aplicación, como el método estándar de Penman-Monteith, Es un método que combina el balance de energía radiante con principios aerodinámicos, exige la determinación de un gran número de datos meteorológicos, que en nuestra estación no están disponibles.

La evapotranspiración de nuestro proyecto fue determinada por el método de Thornthwaite, este método es muy utilizado dado que presenta una estimación muy confiable, a pesar de lo sencillo de los datos a utilizar, que son temperatura y número reales de horas de sol que se obtendrá mediante la tabla 7. De la estación El Suspiro, se han tomado los datos de temperatura de los años 2003-2015.

En la tabla 6 observamos la temperatura media, para realizar el cálculo de la evapotranspiración.

Esta cuenca no dispone de estaciones meteorológica, pero contamos con estaciones aledañas que es Barcelona, Colonche, Suspiro, las estaciones meteorológicas de Barcelona y Colonche se encuentra lejos de la cuenca rio Olón, por la cual hemos trabajado con la estación más cercana que es El Suspiro,

Dónde:

Tabla 14
Cálculo de la ETP mediante la fórmula de Thornthwaite

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
tem	25,4	25,8	26,1	26,6	25,7	23,9	23,0	22,3	22,3	22,1	22,6	24,0	289,7
i	11,7	12,0	12,2	12,6	11,9	10,7	10,1	9,6	9,6	9,5	9,8	10,8	130,4
ETP													
sin	118,8	124,7	129,2	137,3	123,6	99,5	88,9	80,6	80,6	78,1	83,6	101,1	
corr													
nºdías													
mes	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
nº													
horas	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	
luz													
ETP													
corr.	122,8	119,5	134,6	139,6	129,9	101,1	93,4	84,6	81,3	81,3	83,6	104,5	1276,2

a= 3,01

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

(t): Temperatura media mensual

(I): índice de calor anual

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

ETP: Evapotranspiración potencial corregida.

N: Número máximo de horas sol, depende del mes y de la latitud.

D: Número de días del mes.

Se pide calcular la ETP en mm/mes durante el mes de enero según el método de Thornthwaite

La ETP sin corregir se calcula según la expresión:

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

Los datos de temperatura se obtienen de la media mensual de la tabla N° 6 según (INAMHI)

Necesitamos calcular I y a

$$I = \sum i$$

Donde, i es el índice de calor mensual

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

$$i = \left(\frac{25.4}{5} \right)^{1.514} = 11.7$$

I=130.4 y a se obtiene del valor de

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

$$a = 675 * 10^{-9} 130.4^3 - 771 * 10^{-7} 130.4^2 + 1792 * 10^{-5} 130.4 + 0.49239 = 3$$

Y podemos calcular la ETP (sin corregir) para el mes de enero

$$ETP (sin corregir) = 16 \left(\frac{10 * 25.4}{130.4} \right)^3 = 118.8$$

El número de horas de luz se obtiene de la tabla 7 según la latitud.

El número de horas de luz corrige la ETP (sin corregir) para obtener la ETP según Thornthwaite.

$$ETP = ETP (sin corregir) * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

$$ETP = 118.8 * \frac{12}{12} * \frac{31}{30} = 122.8$$

Una vez obtenida la Evapotranspiración Potencial, procedemos a obtener el cálculo del Balance Hídrico.

ETP corr: Evapotranspiración Potencial corregida

P: Precipitación

ETR: Evapotranspiración Real

Déf: Déficit

Exce: excedentes

Tabla 15
Cálculo del Balance Hídrico

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	1000
P	68,1	97,4	51,5	48,4	11,3	13,4	16,6	14,6	11,1	21,3	8,9	11,8	374,3
ETP corr.	122,8	119,5	134,6	139,6	129,9	101,1	93,4	84,6	81,3	81,3	83,6	104,5	1276,2
ETR	122,8	119,5	134,6	139,6	129,9	101,1	93,4	84,6	81,3	81,3	83,6	104,5	1276,2
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reserva	945,3	923,2	840,1	748,9	630,3	542,5	465,7	395,7	325,5	265,4	190,7	98,1	
Excedentes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

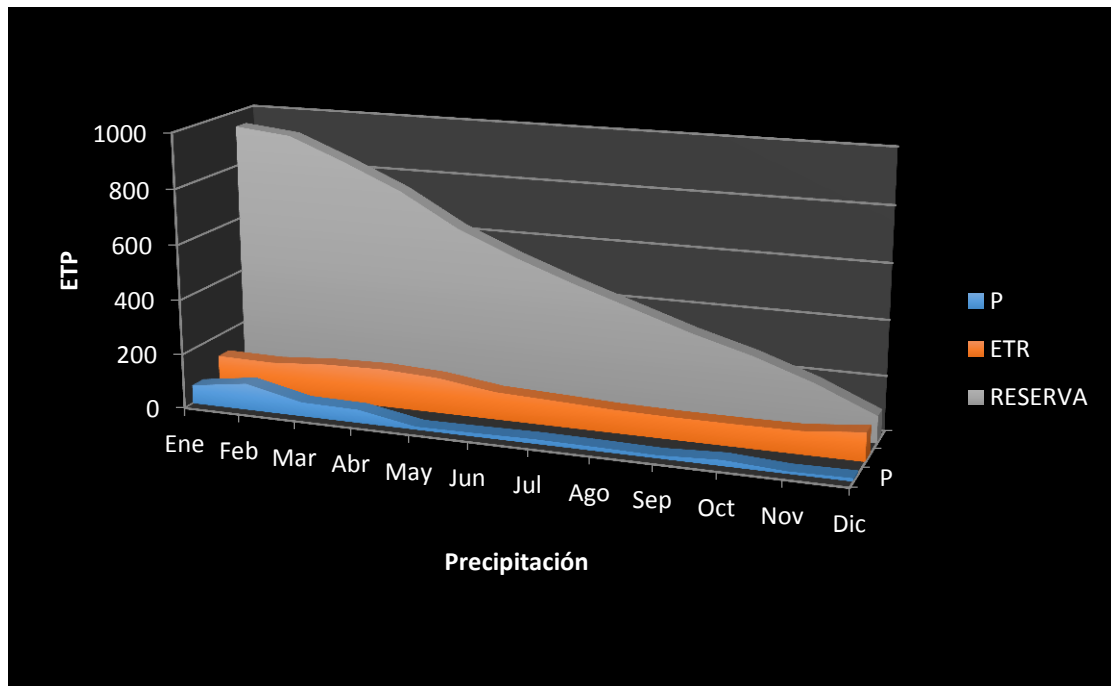


Gráfico 9. Balance Hídrico

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

4.4. Isoyetas

Para realizar el cálculo de precipitaciones mediante Isoyetas, hemos tomado estaciones cercanas al área de estudio, en este caso las más cercanas se encuentra en la Provincia de Manabí y de Santa Elena, se presenta en la siguiente tabla, además toda la información fue proporcionada por el INAMHI del periodo 2012, ya que es la que cuenta con toda la información de precipitación completa.

Tabla 16
Coordenadas para el cálculo de Isoyetas

Estación	Provincia	Nombre de la Estación	Coordenadas		Periodo 2012
			X	Y	Pp anual (mm.)
M0245	Santa Elena	Suspiro	538585	9788576	416,8
M0169	Manabí	Julcuy	540911	9836412	513
M0459	Manabí	San Pablo	545421	9825480	1940
M0782	Santa Elena	Barcelona	535218	9789989	340,8
M0783	Santa Elena	Salanguillo	549119	9784459	316,4

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

Para realizar el mapa de Isoyetas se tomo los datos meteorologicos de las estaciones, que se encuentran distribuidos cerca de la cuenca. Para este calculo se traza líneas entre estaciones para luego proceder a realizar interpolacion de cada recta para establecer las curvas de precipitacion.

Las precipitaciones en la parte alta de la cuenca nos demuestran valores mayores a los 500mm, los que fluctuan entre los 500mm-1000mm, y la parte baja de la cuenca esta entre los 140mm-500mm con esto procedemos a realizar el calculo de las precipitacion media de la cuenca .

Tabla 17
Precipitación medio de la cuenca

Intervalo	Pp media Intervalo (mm)	Área del Intervalo (ha)	Pp x Área de Intervalo (ha*mm)
500-1000	750	41,10	30825
140-500	320	14,15	4528
		55,25	35353

Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

$$Pp \text{ media} = \frac{35353ha*mm}{55.25ha} = 639.87mm$$

Realizado el calculo mediante isoyetas tenemos como resultado que la precipitacion media de la cuenca del rio Olón es mayor que los 500mm, esto se debe a que la parte alta de la cuenca se encuentra en la coordillera chongon colonche.

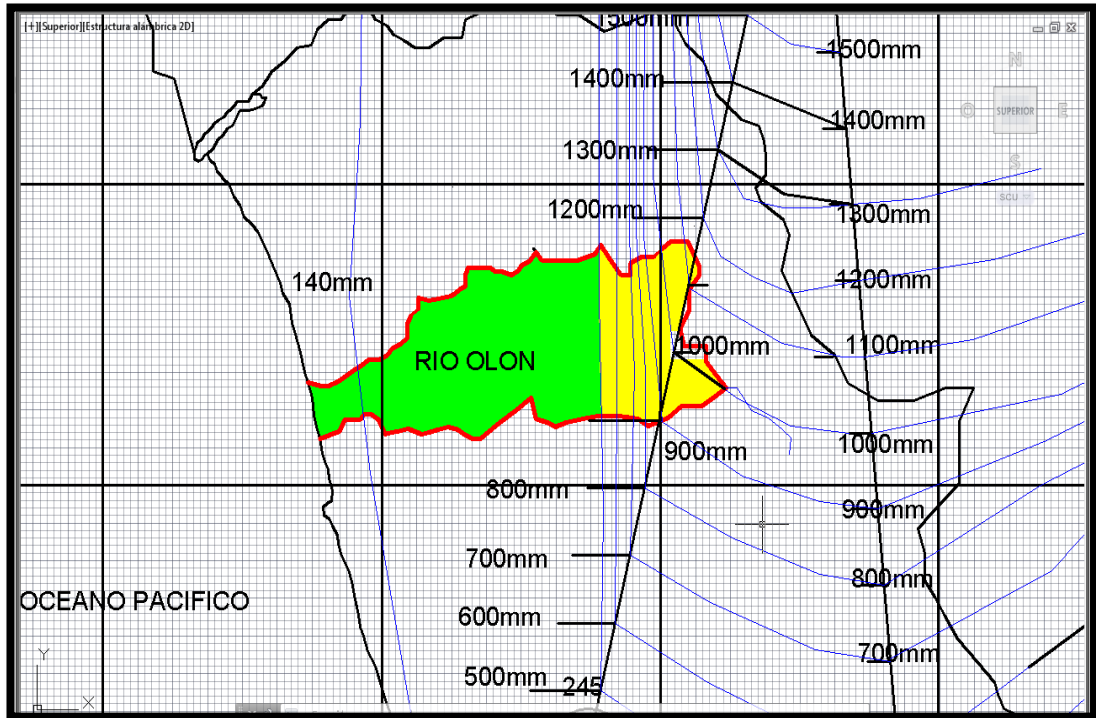


Figura 20. Mapa de Isoyetas
Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

4.5.Resultado del Balance hídrico

El balance hídrico de la cuenca del río Olón, fue realizado considerando los datos meteorológicos de precipitaciones y temperaturas medias de los años 2003 al 2015,

Para el cálculo de la Evapotranspiración real se toma en cuenta los siguientes casos por cada mes. Si $P \geq ETP$, entonces, $ETR = ETP$

Si $P < ETP$, entonces, $ETR = P + RESERVA$

Con esto podemos concluir que, si la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial, entonces la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial, y si se da el caso de que la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial entonces la evapotranspiración real es igual a la precipitación más la reserva acumulada.

Los cálculos del balance se muestran en la tabla 15, las entradas al sistema se dan exclusivamente por las precipitaciones, al realizar el balance se demuestra q la precipitación es menor que la evapotranspiración. Lo que nos demuestra q toda precipitación es evaporada, la recarga del acuífero se da por medio de las precipitaciones que se generan en las partes altas de la cordillera que sobrepasan los 500mm.

En el presente estudio realizado en la que se hace vigente un balance hídrico positivo la que demuestro. Que la precipitación en la cuenca alta se encuentra por encima de los 500mm/ anuales por lo que la comunidad al ritmo actual de explotación no presenta problemas de abastecimiento sin olvidar que la presencia de precipitaciones es un factor importante para el desarrollo de las comunidades que se abastece de agua del acuífero Olón.

Con este estudio se determinó que en la cuenca del rio Olón las precipitaciones mayores se dan en época de invierno que son en los meses de enero hasta abril, y la evapotranspiración es mayor que las mismas.

Por tal motivo la recarga a nuestro acuífero es mínima, hay que tomar en cuenta que hasta el momento la explotación del acuífero ha sido vital para el consumo de la población.

Mediante los resultados obtenidos se observa que por medio agua superficial no tenemos recurso hídrico para desarrollar, pero si se daría en el agua sub-superficial, si es posible realizar un módulo de 100 hectáreas para que los habitantes lo pueden utilizar para diversas formas, es necesario especificar que no es alcance, sino la forma de aprovechar en mayor parte el recurso hídrico. Este módulo sería una albarrada que servirá para la época de estiaje, para el desarrollo de cultivo.

Tomando en cuenta que la población se incrementa cada año y la explotación del acuífero será mucho mayor. Este módulo de una albarrada, ayudaría a retener agua en la parte alta de la cuenca que se muestra en la siguiente figura.

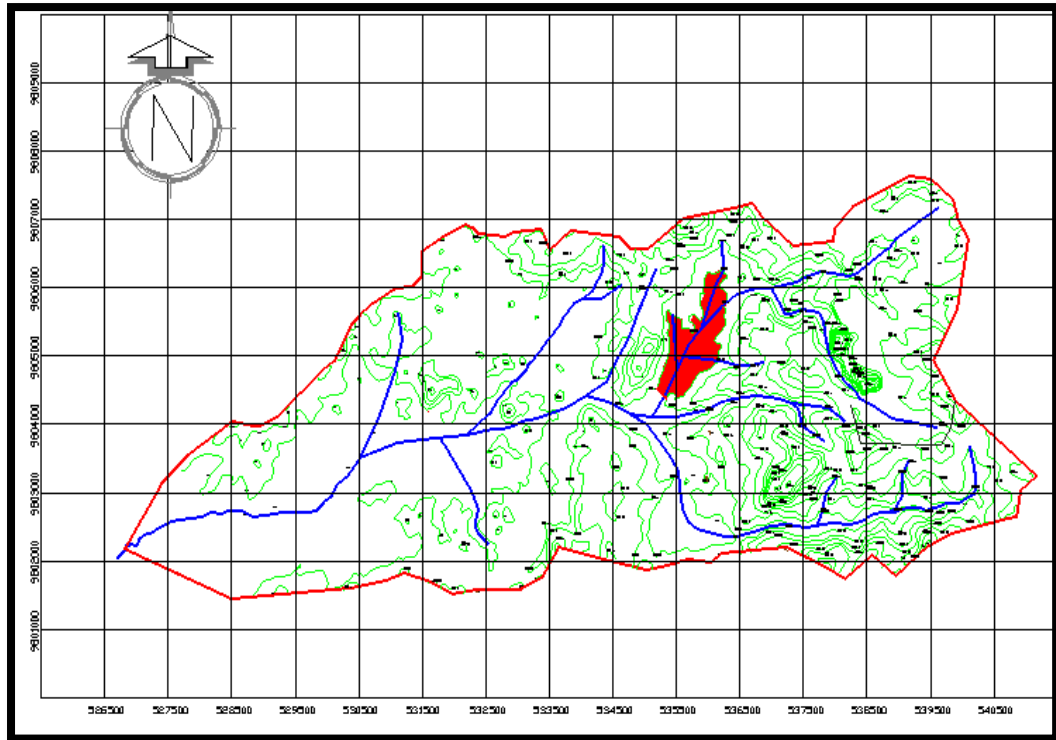


Figura 21. Módulo de Albarrada
 Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

Esta construcción servirá para poder almacenar agua para agricultura, esto ayudará a mejorar la calidad de vida de los habitantes de Olón, lo cual generará plazas de trabajo y productividad de la comuna. La propuesta es que al mismo tiempo ayude a recargar el acuífero mediante el agua que se infiltra por medio de escorrentía diferida. Esto permitirá que el acuífero tenga una recarga mayor ya que todas estas comunidades dependen del recurso hídrico, que solo se lo utiliza para el consumo humano.

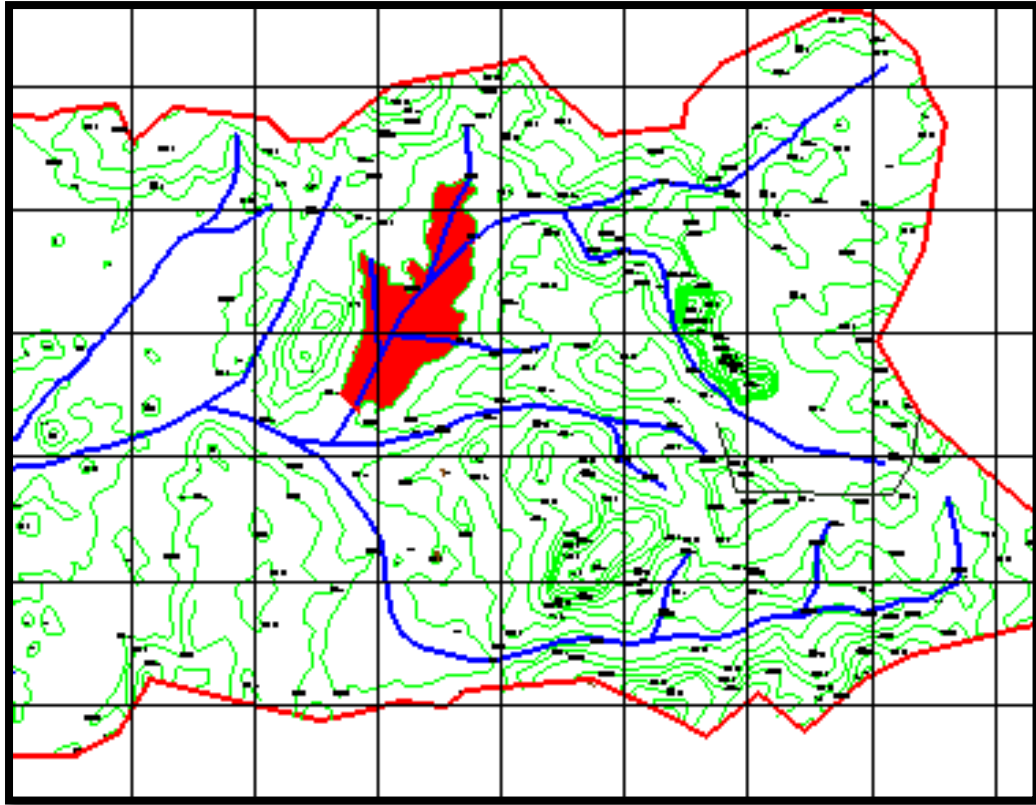


Figura 22. Forma del Módulo de la Albarrada
 Elaborado por: Montalván Romero, O & Yanqui Paguay, J. (2019)

La albarrada tendrá un área 1.2 ha. y una altura de 9 metros esto generara un volumen de

108000m³, por lo tanto, el volumen máximo que puede cubrir la albarrada es 90000m³.

Para obtener el cálculo de cuantas hectáreas se puede regar, se tendrá en cuenta que 1l/s abarca una hectárea en riego, de esto podemos realizar el siguiente cálculo:

$$1 \text{ ha} \text{ -----} 1 \text{ lt/seg.}$$

La cantidad de horas diarias será de 2h.

Esto se dará para 3 meses que es 90 días.

$$1 \text{ lt /seg.} * 3600 \text{ s} * 2 * 90 = 648000 \text{ lt} = 648 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen máximo de Albarrada} = 90000 \text{ m}^3$$

Realizaremos el cálculo para 72000m^3

Entonces:

Hectárea para riego $=72000\text{m}^3 * \text{ha} / 648\text{m}^3 =111.11\text{ha}$.

Ya realizado el cálculo podremos concluir que nuestra albarrada tiene una disponibilidad de 90000 m^3 de los cuales se estima un porcentaje en evaporación e infiltración, y con el cálculo de riego 72000m^3 de 2 horas diarias por tres meses abastecerá un área de 111 ha.

CONCLUSIONES

El balance hídrico determino una disponibilidad de agua subterránea la cual es administrada por la JAAPO.

Se empleó el método de Thornthwaite lo cual permitió para la cuenca propiamente dicho estimar la evapotranspiración real.

Dado el desarrollo actual puede mejorarse en función de la disponibilidad determinada.

Al realizar el cálculo de la precipitación media por medio de Isoyetas podemos observar que las precipitaciones son mayores en la parte alta de la cuenca y estas pasan los 500mm, esto nos indica que nuestro acuífero del rio Olón se recarga gran parte por estas precipitaciones.

La explotación del acuífero aumenta a razón del aumento de la población, en el que se debe considerar la población flotante, la cual es producto de que es una zona turística y gastronómica, por lo que, al ritmo actual, los niveles en algún momento se verían afectados, dado que la recarga es la misma, por lo que se deberían tomar acciones para prevenirlo.

El balance hídrico de la cuenca incide directamente en la gestión del recurso hídrico para el abastecimiento doméstico para las comunidades que abastece de agua JAAPO. Con la cual se puede planificar el desarrollo de las comunidades que se basan en turismo y gastronomía.

Actualmente el abastecimiento de la población es exclusivamente de agua subterránea la cual es administrada por la JAAPO no se conoce más recursos hídricos para el abastecimiento.

Según la JAAPO se encuentra en desarrollo un proyecto de una planta potabilizadora en el trans- base San Vicente, la que aun solamente es un proyecto.

El balance realizado en el presente trabajo es positivo dado que la recarga del acuífero se da en la cuenca alta del rio Olón, la que corresponde a la cordillera Chongón Colonche, por lo que la precipitación a este sector se encuentra por los 500mm/anales por lo que se considera una reserva útil.

Al presentar un balance hídrico positivo en la cuenca, el desarrollo de la comunidad de Olón se basa principalmente en el turismo y la pesca, mientras que los

recursos hídricos de la cuenca (acuífero), se usan básicamente para el abastecimiento de la población dado que existe poca actividad agrícola y ganadera.

Al realizar el cálculo de la precipitación media por medio de Isoyetas podemos observar que las precipitaciones son mayores en la parte alta de la cuenca y estas pasan los 500mm, esto nos indica que nuestro acuífero del río Olón se recarga gran parte por estas precipitaciones.

RECOMENDACIONES.

Realizar el estudio geológico y geoelectrico para ubicar potenciales sitios de aprovechamiento de aguas subterráneas.

Desarrollar pozos de prueba para determinar potenciales sitios de aguas subterráneas.

Elaborar un estudio geológico y topográfico, estimar sitios para ubicar albarrada.

Desarrollar proyectos socios productivos orientados al desarrollo agrícola y ganadero para mejorar la calidad de vida de la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Badillo, J., & Rodriguez, R. (2016). *Mecanica de Suelo Tomo 1*. Mexico: Limusa.
- Barzallo Samaniego, E. L., & Guerrero Merchán, C. R. (2013). *Estudio y Caracterización de Criterios para la Estimación del borde libre en presas de tierra*. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería.
- Cifuentes, R., & Perez, S. (Abril de 2013). *Revista de la Construcción*. Obtenido de Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>
- Dr. Fernández Rynoso, D., Dr. Martínez Menes, M., Ing. Mendoza González, M. C., Ing. Medina Martínez, A., & ing. Sales Martínez, R. (2012). *Presa con cortinas de tierra compactada*. Obtenido de SAGARPA, SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTOS:
http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_PRESA%20DE%20TIERRA.pdf
- Escobar Potes, C. E., & Duque Escobar, G. (2017). *Geolecnia Para el Trópico Andino*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Espinosa, M. (2010). *Ingenieria de Presas de Escollera*. Argentina: Ex-libro.
- Fernández Pinargote, K. R. (2015). *Estudio y Diseño de la via que va desde el Carretero los lojas-Recinto la Estacada, del Cantón Daule-Provincia del Guayas*. Guayaquil: Universidd de Gauyaquil , Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Escuela de Ingeniería Civil.
- Fibras y Normas de Colombia. (2017). *Cuenca: Definición, Partes, Tipos e Importancia*. Obtenido de Fibras y Normas de Colombia:
<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/cuenca-definicion-partes-tipos-e-importancia/>
- Gaiga. (2015). *Ciclo Hidrológico*. Obtenido de Gaia Geología:
<http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/CICLO.htm>
- Geosistemas, P. (2009). *Manual de Diseño con Geosintéticos*. Bogota - Colombia: Zetta Comunicadores S.A.
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2016). *Geotecnia Macánica de suelos, Terminología y simbología*. *INEN*, 36.

- Ing. Morante Soto, G. A. (2018). *GUÍA TÉCNICA — Diseño y Construcción de Pequeñas Presas Rústicas en Lagunas Periglaciares*. Lima Peru: Gráfica Aquarela EIRL.
- Ing. Suarez Díaz, J. (14 de Agosto de 2014). *Diseño de Presas Pequeñas*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/Hector0125/presas-de-tierra-ing-civil>
- Juarez Badillo, e., & Rico Rodriguez, A. (1974). *Mecanica de Suelo Tomo III, Flujo de Agua en Suelo*. Maxico: Limusa.
- Macdonel Martínez, G., Pindter Vega, J., Herrejón de la Torre, L., Pizá Ortiz, J., & López Gutiérrez, H. (2015). *Ingeniería Marítima Y Portuaria*. Mexico: Alfaomega.
- Ministerio de Obras Publicas y Comunicación. (2015). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: MOP.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecu. (2013). *Volumen 3 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: NEVI-12.
- Montoya Orozco, A. (2010). *Confiabilidad en Estabilidad de Taludes*. Mexico D.F.: Programa de maestría y doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- NÚÑEZ, W. A. (2006). *Análisis técnicoeconómico comparativo entre dique construido en material granular compactado y dique en gaviones en el embalse del Proyecto Hidroeléctrico Cariblanco*. Costa Rica: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA - ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/587/INFORME%20FINA Labstract.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/587/INFORME%20FINA%20Labstract.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Perez, J. (1979). *Fundamentos del ciclo hidrológico*. Fundamentos del ciclo hidrológico: Facultad de Ingeniería Departamento de Meteorología e Hidrología.
- Rico Rodríguez , J. B. (2015). *Mecánica de Suelos 2*. Mexico: Limusa.
- Rico Rodriguez, J. B. (2016). *Mecanica de suelo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.
- Sandoval Erazo, W. (julio de 2018). *Capitulo 5: Presas de tierra y enrocado*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326560958_Capitulo_5_Presas_de_Tierra_y_Enrocamiento

Torres Belandria, R. A. (2008). *Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado*. Merida - Venezuela: Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.

Villa, Y. I. (2016 - 2017). Modelación de la estabilidad del talud aguas abajo en la cortina del cierre principal del embalse Alacranes. . Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de las villas.