

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y BALANCE HÍDRICO DE LA
MICROCUEENCA CHALLANA, CHINCHAO – HUÁNUCO**

TESIS

Para optar el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL

DUANY DÁVILA HONORIO

Tingo María, Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 016-2018-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 6:50 pm, del día lunes 23 de julio del 2018, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y BALANCE HÍDRICO DE LA MICROCUENCA
CHALLANA, CHINCHAO-HUÁNUCO”

A cargo de la candidata al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención Gestión Ambiental, **Duany DÁVILA HONORIO**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 8:35 pm el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Tingo María, 24 de julio del 2018.

M.Sc. JOSÉ D. LEVANO CRISÓSTOMO
Presidente del Jurado

M.Sc. SANDRO J. RUIZ CASTRE
Miembro del Jurado

Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Miembro del Jurado

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SÚAREZ
Asesor



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Clima.....	3
2.2. Variables climáticas.....	3
2.2.1. Humedad atmosférica y humedad del suelo.....	3
2.2.2. Temperatura atmosférica.....	4
2.2.3. Velocidad del viento.....	4
2.2.4. Intensidad luminosa.....	4
2.2.5. Precipitación.....	4
2.2.6. Evapotranspiración.....	5
2.3. Definición de cuenca.....	5
2.3.1. Tipos de cuenca.....	6
2.3.2. Componentes de una cuenca.....	7
2.3.3. Funciones de una cuenca hidrográfica.....	9
2.3.4. Características de una cuenca hidrográfica.....	10
2.4. Infiltración.....	11
2.4.1. Capacidad de infiltración.....	11
2.5. Estudio de caudales.....	12
2.5.1. Método de aforo de caudales.....	12
2.5.2. Sensor de nivel.....	13
2.5.3. Curva de calibración de caudales.....	13
2.5.4. Registro de datos de caudal.....	14
2.6. Climodiagramas.....	15
2.6.1. Diagrama ombrotérmico de Gaussen.....	15

2.7.	Características climáticas.....	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1.	Ubicación.....	17
3.1.1.	Ubicación política.....	17
3.1.2.	Ubicación geográfica.....	17
3.1.3.	Factores climáticos.....	17
3.1.4.	Fisiografía e hidrografía.....	17
3.1.5.	Flora y fauna.....	18
3.1.6.	Actividades culturales y socio económicos.....	18
3.2.	Materiales.....	18
3.2.1.	Materiales de gabinete.....	18
3.2.2.	Equipos de campo.....	18
3.3.	Metodología.....	19
3.3.1.	Etapa de campo.....	19
3.3.1.1.	Identificación de las características físicas de la micro- cuenca Challana y el suelo.....	19
3.3.1.2.	Calculo de la condición hidrológica del suelo.....	20
3.3.1.3.	Caracterización física de la microcuenca.....	21
3.3.1.4.	Toma de datos de la estación permanente.....	21
3.3.1.5.	Instalación y calibración del sensor de nivel de agua a presión.....	21
3.3.1.6.	Monitorización del nivel de agua.....	22
3.3.1.7.	Estimación de los caudales medios.....	22
3.3.2.	Etapa de gabinete.....	22
3.3.2.1.	Estimación de las descargas promedio por el balance hídrico según Thornthwaite.....	22
3.3.2.2.	Estimación de las descargas promedio por el balance hídrico según Holdridge.....	23
3.3.2.3.	Calculo de los índices climáticos.....	25
3.3.2.4.	Diagrama ombrotérmico.....	28
3.4.	Procesamiento de datos analizados.....	29
IV.	RESULTADOS.....	30

4.1.	Principales características físicas, vegetación y suelo de la microcuenca Challana.....	30
4.1.1.	Parámetros morfométricos de la microcuenca.....	30
4.1.2.	Tipo de cobertura vegetal en la microcuenca.....	31
4.1.3.	Clasificación del suelo.....	32
4.1.3.1.	Textura y estructura del suelo.....	32
4.1.3.2.	Resistencia a la penetración y profundidad del suelo.....	33
4.1.3.3.	Cálculo de la infiltración del suelo.....	34
4.1.4.	Clasificación del uso de suelo en la microcuenca.....	37
4.2.	Distribución de las variables climáticas e hidrométricas de la microcuenca Challana.....	38
4.2.1.	Precipitación, temperatura y humedad relativa.....	38
4.2.1.1.	Precipitación (mm).....	38
4.2.1.2.	Temperatura °C.....	38
4.2.1.3.	Humedad relativa.....	39
4.2.2.	Precipitación, temperatura y humedad relativa dos períodos.....	40
4.3.	Caudales estimados.....	41
4.3.1.	Caudales medio observados según la estación meteorología, Thornthwaite y Holdridge primer período.....	41
4.3.2.	Caudales medio observados según la estación meteorología, Thornthwaite, Holdridge segundo período.....	42
4.3.3.	Caudales medio observados según la estación meteorología Thornthwaite, Holdridge en los dos períodos.....	43
4.4.	Análisis general del balance hídrico.....	45
4.4.1.	Comportamiento del balance hídrico según Thornthwaite.....	45
4.4.2.	Comportamiento del balance hídrico según Holdridge.....	47
4.5.	Índice climático.....	48
4.5.1.	Índice de Emberger o coeficiente pluviotérmico.....	48
4.5.2.	Índice de aridez de Lang.....	49
4.5.3.	Índice de aridez De Martonne.....	49
4.5.4.	Índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez.....	50
4.5.5.	Índice de continentalidad de Gorezynski.....	50
4.5.6.	Índice de continentalidad de Currey.....	50

4.5.7. Índice de oceanidad de Kerner.....	51
4.6. Construcción del diagrama ombrotérmico.....	51
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	62
ABSTRACT.....	63
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXO.....	70

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios climáticos en los bosques de una cuenca, son importantes para comprender y predecir procesos como la fotosíntesis, la regeneración biótica, ciclo de nutrientes, degradación de la materia orgánica, las modificaciones que ocasiona la cubierta vegetal por influencia del comportamiento de los parámetros meteorológicos por efecto de la deforestación (Humberto, 2010). Asimismo, la compleja topografía y los gradientes altitudinales y latitudinales de los andes tropicales dan como resultado una significativa heterogeneidad climática que debe ser tomada en cuenta en la clasificación de los numerosos ecosistemas de la región (Carmen y Cuesta, 2012).

Los bosques de la microcuenca Challana se encuentran alterados por los procesos de cambio de uso del suelo muy rápidos y la deforestación. Además en estos bosques montanos se desarrollan sistemas agrícolas (agricultura y floricultura) y pecuarios extensivos que ya están ocupando grandes superficies en esta zona y que según Bautista *et al.* (2009) para el establecimiento de estos sistemas se utiliza el método de roza, tumba y quema.

Tal es así que la exposición continua de los suelos desnudos a precipitaciones intensas tras el desmonte, la compactación de la superficie del suelo por el pastoreo excesivo, la desaparición gradual de la actividad de la fauna de los suelos, todos contribuyen a disminuir gradualmente las oportunidades de infiltración de agua de lluvia en las áreas desmontadas. Como resultado, las respuestas de la microcuenca a las lluvias se hace más pronunciada y los incrementos en los caudales durante los eventos de precipitación, en la época lluviosa, pueden ser tan grandes que llegan a impedir la recarga de las reservas de agua del suelo y subsuelo que alimentan los manantiales y mantienen el flujo base. (Bruijnzeel, 2004).

Las investigaciones climáticas y el balance hídrico en la microcuenca de Challana son escasas, el registro de variables climáticas por un período de un año, para una microcuenca de un ecosistema intervenido, ¿Permitirán la identificación climatológica de la misma? a fin de contribuir con el conocimiento de influencia climática en el manejo de cuencas y por no contar con instrumentales meteorológicos adecuados.

Dentro de este contexto, con el propósito de contribuir en este ámbito de investigación se plantea como problema científico, ¿Cuáles son las características climáticas de la microcuenca Challana, Chinchao – Huánuco? y como hipótesis que; las características climáticas de la microcuenca, identifican un clima muy húmedo en un ecosistema transicional que concuerdan con la disponibilidad hídrica, con escasa información de temperatura, humedad, precipitación y humedad del suelo en la microcuenca.

Los objetivos que se plantea en la presente investigación son los siguientes:

Objetivo General

- Conocer las características climáticas y balance hídrico de la microcuenca Challana, Chinchao - Huánuco.

Objetivos Específicos

- Determinar las principales características físicas de la microcuenca Challana y el suelo.
- Analizar la distribución de las variables climáticas en la microcuenca Challana.
- Determinar la descarga promedio, balance hídrico de la microcuenca, los índices climáticos y el diagrama ombrotérmico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Clima

Se llama clima al conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto cualquiera de la tierra así también en los distintos estados de la atmósfera (presión, humedad, temperatura, viento, etc.) Sobre una localidad o región dada durante un período cronológico determinado (Cuadrat, 2011).

2.2. Variables climáticas

López (2012) señala que las variables climáticas en un área determinada son de naturaleza muy variada e incluyen aspectos geográficos, topográficos, estacionales, características de la vegetación, la forma en que estos factores ejercen su influencia, se señalan a continuación por variable climática:

2.2.1. Humedad atmosférica y humedad del suelo

El aire en la atmosfera se considera normalmente como una mezcla de dos componentes: Aire seco y agua y se mide en porcentaje %.

Cuando la humedad alcanza el valor del 100%, se dice que el aire está saturado y el exceso de vapor se condensa para convertirse en niebla o nubes. El fenómeno del rocío en las mañanas de invierno se debe a que la humedad relativa del aire ha alcanzado el 100% y el aire no admite más agua, la humedad es más alta en los bosques, debido fundamentalmente a la reducción de la evaporación (López, 2012).

En los bosques la humedad del suelo es alto debido fundamentalmente a la reducción de la evaporación y a la disminución de la velocidad del viento (Roa, 2012).

2.2.2. Temperatura atmosférica

La temperatura atmosférica es la cantidad de calor atrapado principalmente en las concentraciones de diversos gases atrapantes de calor, conocidos como gases de invernadero siendo los principales como el dióxido de carbono, vapor de agua (sobre todo en las nubes), ozono, metano, óxido nitroso y clorofluorocarburos (López, 2012).

2.2.3. Velocidad del viento

El viento es el movimiento de la masa de aire debido a la diferencia de presiones. Cuando el viento tiene una velocidad superior a 1.3 m/s, se produce un movimiento turbulento y cuando la velocidad del viento es inferior, se produce un movimiento laminar, que impide la mezcla turbulenta (López, 2012).

2.2.4. Intensidad luminosa

La intensidad y calidad de luz son alteradas por la cobertura vegetal, debido a la reflectividad o albedo de la vegetación, la cual varía entre el 10 y el 20% en el bosque. La radiación solar no reflejada penetra en la cubierta vegetal, pudiendo ser detenida por las hojas o bien puede alcanzar el suelo. Las hojas transmiten un 10% de la luz que choca contra ellas (Najera, 2000).

2.2.5. Precipitación

Daubenmire (1993) y Hair (1987) manifiestan que cuando el aire está completamente saturado de humedad (contiene la máxima cantidad de vapor de agua) y se produce un pequeño enfriamiento, se provoca la precipitación. En los trópicos la forma más común de precipitación es la lluvia.

Las formas de precipitación se dan de forma lluvia, nieve y granizo, así mismo, la medición de la precipitación se realiza a través de un pluviómetro, pluviógrafo, estaciones automatizadas, radar e imágenes satelitales.

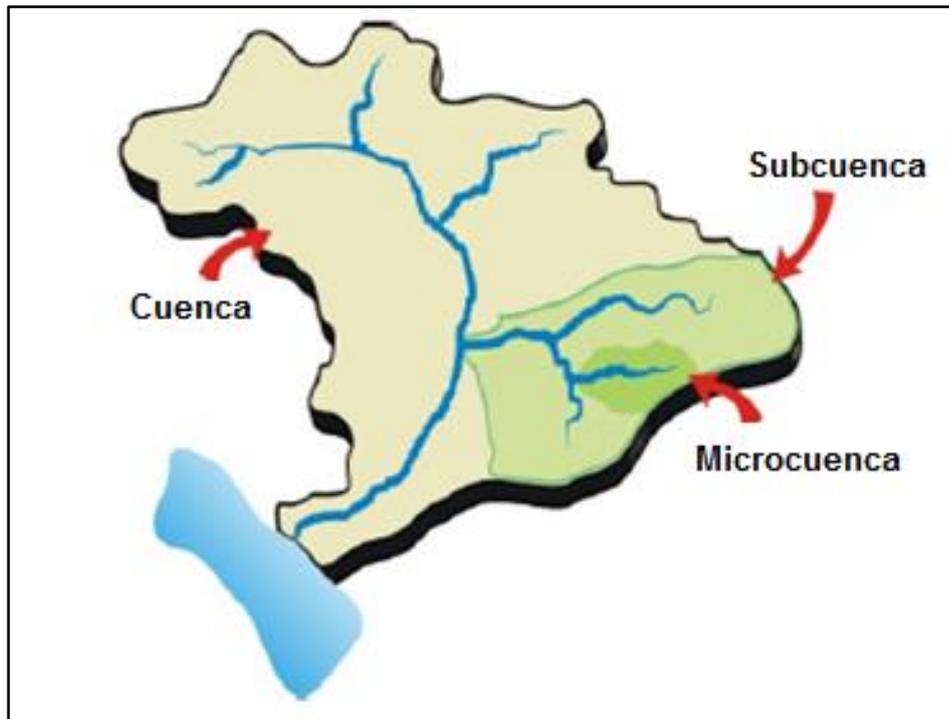
2.2.6. Evapotranspiración

Es la consideración conjunta de dos procesos diferentes de la evaporación y transpiración; donde la evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor y se produce desde la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación, así como también desde la superficie de las aguas. La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua en la atmósfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran (Sánchez, 2001).

2.3. Definición de cuenca

Ordoñez (2011) menciona que dentro de los términos que generalmente se utilizan, para definir e identificar los componentes que identifican las características de una cuenca tenemos:

- **Cuenca.** Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.
- **Subcuencas.** Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.
- **Microcuencas.** Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir; que una subcuenca está dividida en varias microcuencas.
- **Quebradas.** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.



Fuente: Ordoñez, 2011

Figura 1. Cuenca, subcuenca y microcuenca

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por la precipitación, se unen en uno solo para formar un solo curso de agua. Cada curso tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido (Bustamante, 1993).

2.3.1. Tipos de cuenca

Ordoñez (2011) señala que son:

a) Por su tamaño geográfico:

- Grandes
- Medianas o
- Pequeñas

b) Por su ecosistema

- Cuencas áridas
- Cuencas tropicales
- Cuencas frías

- Cuencas húmedas

c) Por su objetivo.- por su vocación, capacidad natural de sus recursos, objetivos y características, éstas pueden denominarse:

- Hidroenergéticas
- Para agua poblacional
- Agua para riego
- Agua para navegación
- Ganaderas y de
- Usos múltiples

d) Por su relieve

- Cuencas planas
- Cuencas de altas montañas
- Cuencas accidentadas o quebradas

e) Por la dirección y evacuación de las aguas

- **Exorreicas o abiertas.** Drenan sus aguas al mar o al océano.
- **Endorreicas o cerradas.** Desembocan en lagos, o salares que no tienen comunicación fluvial al mar.
- **Arreicas.** Las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse a una red de drenaje.
- **Caudal.** Volumen de agua que pasa por una determinada sección.

2.3.2. Componentes de una cuenca

a) Factores Físicos

González (1999) considera que los factores físicos son los que tienen que ver con el relieve, la corteza terrestre y los elementos naturales que la modifican, estos factores físicos son:

- **El relieve.** La forma del terreno, sus elevaciones y desigualdades, tienen gran importancia cuando se refiere al manejo de cuencas hidrográficas por el hecho de que están ligadas con la formación de los suelos, el drenaje, el interno, la erosión, etc.
- **La topografía.** Está ligada al relieve se encuentra la topografía, ya que las diferencias de elevación y de pendiente, aun cuando sean demasiado pequeño, estando estrechamente ligados con la diferencia de drenaje, que tiene influencia en la formación del suelo y en el uso que se le pueda dar.
- **La hidrología.** Este hace referencia al régimen de caudales o sea al volumen de escorrentía, sedimentación y clasificación de corrientes en temporales y permanentes.
- **La hidrografía.** Se refiere a las subcuencas que hacen parte de la cuenca y en general al análisis morfométrico del área de captación de la cuenca y su red de drenaje.
- **La geología.** Es la que determina la red hidrográfica y el tipo de roca y suelo que predomina en una región.

b) Factores Biológicos

González (1999) indica que los factores biológicos son aquellos que tienen vida en la cuenca:

- **El suelo.** Es necesario estudiar todas las características de los suelos, su material de origen, su relieve, la pendiente, la erosión, la fertilidad, etc.
- **La vegetación.** Incluye los bosques naturales, artificiales, las clases de cultivos existentes, las praderas naturales y otros tipos de cubierta vegetal.

- **La fauna.** Cumple un papel muy importante como integrante activo de los ecosistemas, participando en el ciclo de formación de nutrientes, cadenas tróficas, estructura de medios biológicos para el hombre.
- **La ecología.** Es importante estudiar la cuenca desde el punto de vista ecológico, tanto en áreas que están en estado natural como en áreas que han sido intervenidas y usadas con fines diferentes a lo silvestre.

2.3.3. Funciones de una cuenca hidrográfica

Jiménez (2005) manifiesta que las funciones de las cuencas hidrográficas cumplen muchas funciones, entre las principales se mencionan:

- **Función Hidrológica:** Las cuencas hidrográficas cumplen esta función, cuando reciben el agua de las diferentes fuentes de precipitación, la almacenan y posteriormente la distribuyen a través de los manantiales y ríos durante distintos momentos a lo largo del tiempo.
- **Función Ecológica:** Provee diversidad de espacios a través de los cuales se completa el ciclo hidrológico, en donde a su vez, se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua. Además, provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y que se encuentran en interacción directa con él.
- **Función Ambiental:** Las cuencas hidrográficas, constituyen verdaderos sumideros de Dióxido de Carbono (CO₂), regulan la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos, albergan bancos de germoplasma y contribuyen a conservar la biodiversidad.

- **Función Socioeconómica:** Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población, provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad. La cuenca constituye una unidad espacial eco geográfica relevante para analizar los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos agua, suelos y vegetación. Por lo tanto, constituye un marco apropiado para la planificación de medidas destinadas a corregir impactos ambientales producto del uso y manejo de los recursos naturales.

2.3.4. Características de una cuenca hidrográfica

Ordoñez (2011) establece que para realizar la caracterización de una cuenca se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- a) **Delimitación de la cuenca.** Se puede realizar a partir de fotografías aéreas, pero lo más común es utilizando mapas topográficos (escala 1:100,000).
- b) **Área de la cuenca (A).** Es la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigida a un mismo cauce natural se mide en kilómetros cuadrados y en hectáreas cuando la cuenca es pequeña.
- c) **Perímetro (P).** Es la longitud del contorno del área de la cuenca.
- d) **Longitud del río principal (L).** Es la longitud del río principal de la cuenca, donde van a drenar todos los afluentes.

- e) **Parámetros de forma de la cuenca.** Es la configuración geométrica de la cuenca tal como está proyectada sobre el plano horizontal.

- f) **Parámetros de relieve.** La influencia del relieve sobre la cuenca es importante ya que a mayor pendiente corresponderá a una mayor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal.

2.4. Infiltración

Se denomina infiltración al proceso de entrada de agua en el suelo. Durante una tormenta la relación que hay entre el ritmo de aporte de agua a la superficie del suelo y el de infiltración determina que proporción de agua entra en el suelo y cual queda en superficie disponible para la escorrentía superficial (Monsalve, 1999).

2.4.1. Capacidad de infiltración

Se denomina capacidad de infiltración a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo y la mayor o menor compactación que tiene el mismo (Monsalve, 1999).

Factores que afectan la capacidad de infiltración: Influyen en el proceso de infiltración: entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido.

- **Entrada superficial:** La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.

- **Transmisión a través del suelo:** El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.
- **Acumulación en la capacidad de almacenamiento:** El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.
- **Características del medio permeable:** La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo-arenoso, arcilloso-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.
- **Características del fluido:** La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido y la cantidad de sales que lleva.

2.5. Estudio de caudales

El caudal o gasto de un río representa el volumen de agua que pasa por una sección dada durante la unidad de tiempo, se expresa generalmente en metros cúbicos por segundo y son variables en tiempo y en el espacio. El caudal no es constante en el recorrido del río sino que normalmente se incrementa por la incorporación de nuevos aportes (afluentes, escurrimiento, etc.). Esta evolución se puede representar en hidrograma (Monsalve, 1999).

2.5.1. Método de aforo de caudales

El aforo es la operación de medición del caudal en una sección de un curso de agua. En los ríos se mide en forma indirecta, teniendo en cuenta que:

$$Q \text{ [m}^3\text{/seg]} = V \text{ [m/seg]} \times A \text{ [m}^2\text{]}$$

- **Relación sección – velocidad.** El método consiste entonces en medir la sección del curso y la velocidad en la misma. Ello se hace a través de verticales referidas a las márgenes en las que se mide profundidad y velocidad. Se determinan así áreas parciales y velocidades medias en las áreas parciales con las cuales se determinan caudales parciales, cuya sumatoria arroja el caudal total (Monsalve, 1999).

2.5.2. Sensor de nivel

A cualquier nivel dado, los líquidos ejercen la presión igual en todas las direcciones y la presión de agua aumenta linealmente como los aumentos de profundidad. La diferencia entre la presión atmosférica y el agua alrededor de la cabeza del sensor produce una fuerza en un diafragma flexible del sensor. La presión ejercida en el diafragma es la diferencia en la presión entre la presión atmosférica y presión de agua o puede ser considerado como la presión de agua sobre la presión atmosférica. Esta diferencia de presión es directamente proporcional a la altura de la columna vertical de agua sobre el sensor. Desde que la presión atmosférica varía con la situación y tiempo, el sensor de presión tiene un tubo de la abertura atado a él que eso proporciona una referencia a la presión atmosférica (Arias y Marulanda, 2010).

2.5.3. Curva de calibración de caudales

Como se ha establecido en los párrafos anteriores, una curva de descarga está determinada por la relación existente entre los niveles de la lámina de agua con el caudal que pasa por la sección previamente determinada, es decir, $Q = Q(h)$, como se observa en la Figura 2 (Villón, 2002).

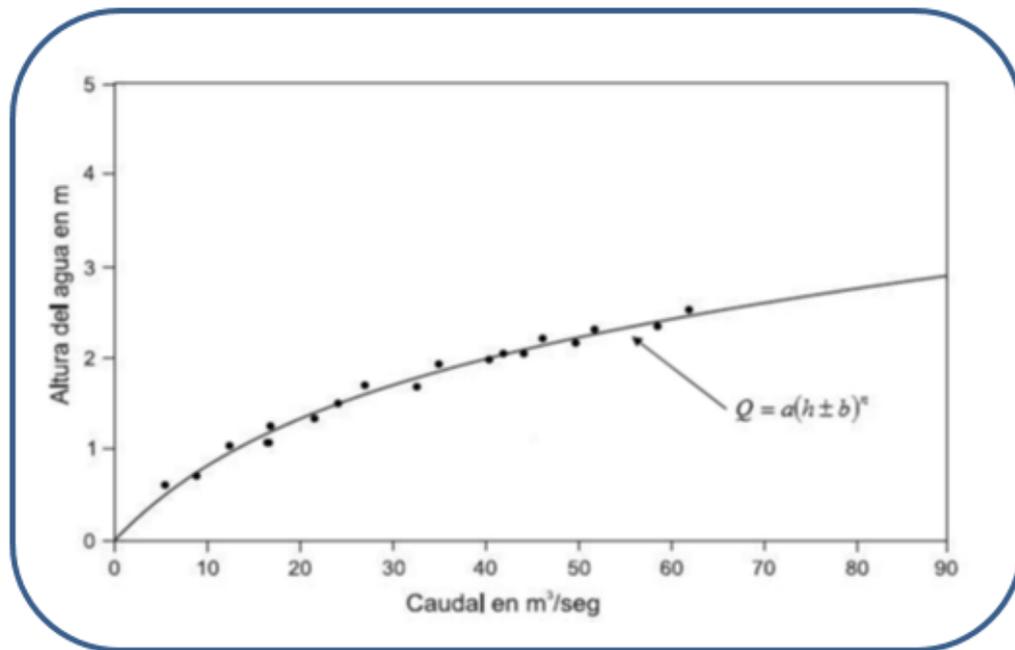


Figura 2. Curva de gasto o de descarga

2.5.4. Registro de datos de caudal

Cuando ya se tienen instaladas las estaciones de aforo o estaciones hidrométricas, el observador va a efectuar la lectura de nivel de agua en el limnómetro y lo convertirá a caudal mediante la curva de calibración del río que se está midiendo (se entiende en la sección de interés) (Vásquez, 2000).

Luego se tendrá un conjunto de datos de caudales que deberán obtenerse y registrarse convenientemente desde el punto de vista hidrológico para su posterior uso. Los diferentes tipos de registro de caudales son los que a continuación se describen:

- **Caudales medios diarios.** Son los caudales que se obtienen del promedio de 2 o 3 lecturas diarias de altura de agua del río. Se expresa en m³/s o l/s.
- **Caudales medios mensuales.** Son los que se obtienen de promedio de los caudales medios diarios dentro de un mes.

- **Caudales medios anuales.** Son los caudales obtenidos del promedio de los caudales correspondientes a los doce meses del año.

2.6. Climodiagramas

Representan gráficamente el clima de una región poniendo en evidencia rápidamente diferencias y similitudes climáticas. Entre ellos se utilizó el diagrama ombrotérmico de Gausson (Almorox, 2007).

2.6.1. Diagrama ombrotérmico de Gausson

Permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando $2 \cdot T_m$ una estimación a la evapotranspiración). Para su representación, en el eje X se pone los doce meses del año y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias anuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en °C). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser el doble que la de temperatura. Esto es, por cada °C en temperatura se toma un par de mm en precipitación. Así un valor de 20° le corresponde en la misma línea el valor de 40 mm, como se observa en la Figura 3 (Almorox, 2007).

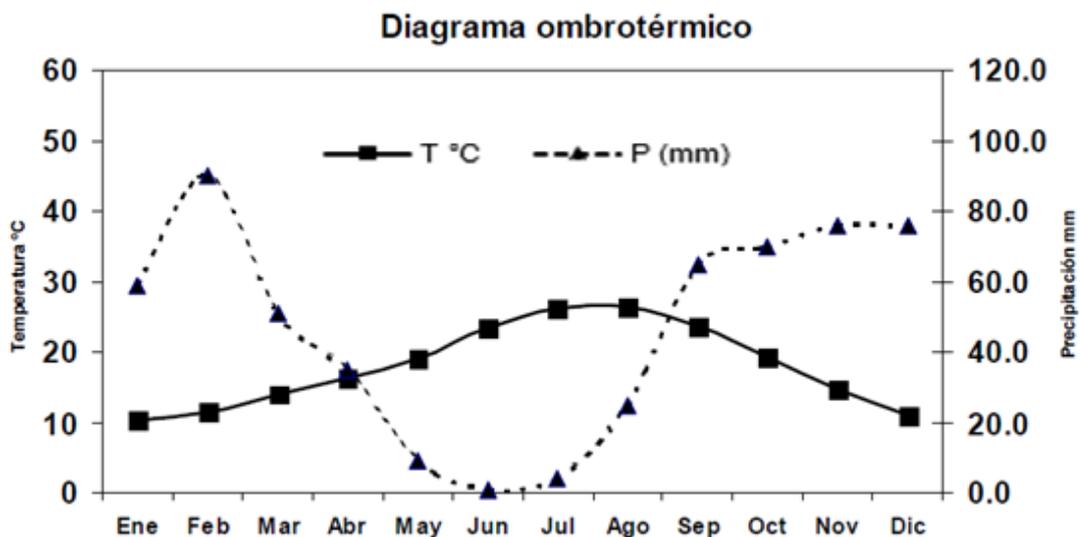


Figura 3. Diagrama ombrotérmico

2.7. Características climáticas

Las características climáticas se debe a la exacerbación de la variabilidad climática natural, por lo que hace necesaria la generación de escenarios regionales del clima, como proyecciones que pueda ser usadas en análisis de impacto y vulnerabilidad, al mismo tiempo tener en cuenta los rasgos geográficos de la cuenca y es necesario contar con estudios climáticos actuales y confiables que sirvan como línea base considerando los escenarios climáticos futuros (Avalos *et al.*, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación política

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la microcuenca Challana, en la cordillera Carpish. Ubicado en la región de Huánuco, distrito de Chinchao, localidad de Caracol, a una altitud de 1500 a 2000 m.s.n.m.

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente se encuentra en las coordenadas:

UTM 18L: Este: 383222

Norte: 8934505

Altitud: 1558 m.s.n.m

3.1.3. Factores climáticos

La microcuenca esta frecuentemente expuesta a las intensas lluvias que caen durante la estación húmeda, donde tenemos que la precipitación, humedad relativa y temperatura promedio anual es de 2524.0 mm, 89.6 % y 18.50°C respectivamente, de acuerdo a los registros tomados de la estación meteorológica.

3.1.4. Fisiografía e hidrografía

La microcuenca challana se encuentra en la parte baja del bosque montano de Carpish, donde las estribaciones varían dentro de los 1200 a 1600 m.s.n.m y tienen fuerte pendiente por encontrarse cerca de sus nacientes, donde dan origen a un valle juvenil, el sistema de distribución de las aguas de escorrentía superficial del área de estudio, está controlado por dos colectores,

la microcuenca challana y subcuenca Chinchao donde finalmente confluyen a la cuenca hidrográfica del río Huallaga.

3.1.5. Flora y fauna

La vegetación es abundante, existiendo plantas trepadoras y bejucos; el sotobosque es tupido compuesto por abundante vegetación herbácea y arbustiva donde destacan los helechos arborescentes del género *Cyathea* y *Dicksonia*, asimismo las especies *Chusquea* sp. Dentro de las especies vegetales con flores que más frecuentan son *Brachyotum* spp., *Fuchsia* spp. Respecto a la fauna existe diversidad de aves, entre ellos se encuentran los colibríes o picaflores y dan muestras de ser los polinizadores más efectivos.

3.1.6. Actividades culturales y socio económicos

La población se ha ido incrementando rápidamente durante los últimos años, existiendo migración de familias de Huánuco y Cerro de Pasco, teniendo costumbres culturales en campos de pastoreo, crianza de animales menores, su economía se basa en la agricultura y ganadería (vacuno y ovino), su actividad productiva son los cultivos de café, granadilla y aguaymanto.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de gabinete

Imágenes de satélite Land Sat 5TM, Spot 5 y Modis de 250 m, Carta Nacional del IGN a escala 1: 25 000, mapas ecológicos de la cobertura vegetal, capacidad del suelo, zonas de vida, deforestación, etc., a escala 1: 25 000, registro de parámetros meteorológicos.

3.2.2. Equipos de campo

Un sensor de nivel de agua por presión, marca Oddisey, una estación meteorológica permanente de marca Vantage Pro2 Plus, GPS navegador Map 62 S, anillo Infiltrómetro, barreno y correntómetro.

3.3. Metodología

La metodología propuesta para la ejecución de la investigación es descriptiva.

3.3.1. Etapa de campo

3.3.1.1. Identificación de las características físicas de la microcuenca Challana y el suelo

Con el apoyo cartográfico sobre la cobertura vegetal, tipo, uso actual y capacidad del suelo, previamente analizadas, se realizó el reconocimiento en campo los distintos puntos de muestreo del suelo a fin de clasificarlo, se consideró la “metodología de evaluación de calidad de suelo” recomendada por John Doran y Lincoln Nebraska del departamento de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA), identificándose los horizontes y sus características físicas relacionadas con la hidrología, como textura y clase textural. La estructura, profundidad e infiltración, se realizó por el método del agujero invertido y doble anillo Infiltrómetro aplicando las ecuaciones de capacidad de infiltración según el tipo de suelo intervenido, programada según las condiciones antecedentes de humedad en la zona, es decir días antes de las lluvias, o días sin lluvias (Doran y Lincoln 1999).

– Cálculo de la infiltración final

Para la medición de la velocidad de infiltración se utilizó el método de los anillos Infiltrómetro donde se realizó lo siguiente:

- Se colocó los anillos sobre la ubicación elegida comprobando que no queden piedras, raíces u otro objeto que puedan deformar los anillos o alterar las mediciones.
- Asegurar que el cilindro interior este totalmente centrado del cilindro exterior.
- Clavar los anillos en el suelo a igual profundidad.

- Comenzar a llenar cuidadosamente el agua en ambos anillos, empezando siempre del exterior.
- Comenzar con la medición.

Para la determinación del coeficiente de infiltración se empleó el coeficiente I a saber:

$$I = \frac{Dh * 600}{t} \quad (24)$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración

Dh = Diferencial de altura de agua (cm)

t =Tiempo (min)

Con la obtención de los datos de infiltración, se procedió con las gráficas donde se relaciona la infiltración con el tiempo.

3.3.1.2. Calculo de la condición hidrológica del suelo

Con los datos de infiltración y textura, se determinó la condición hidrológica del suelo ver cuadro 1, empleando los rangos establecidos por (Muñoz y Ritter, 2005).

Cuadro 1. Condición hidrológica del suelo

Grupo suelo	Potencial escorrentía	Textura	Infiltración final
A	Mínimo	Ar, Ar-l (arenas y loess profundos)	Rápida: 8-12 mm/h (Drenaje perfecto)
B	Bajo	F-Ar; F; F-a-Ar; F-L (arenas y loess pocos profundos)	Moderada: 4-8 mm/h (drenaje bueno o moderado)
C	Medio	F-a; F-a-L; a-Ar (suelos delgados o suelos arcillosos)	Lenta: 1-4 mm/h (drenaje imperfecto)

D	Máximo a	(Vertisoles, suelos muy arcillosos, muy poco permeables o con horizontes limitados)	Muy lenta: 0-1 mm/h (drenaje pobre o muy pobre)	21
---	----------	---	---	----

Fuente: Muñoz y Ritter (2005)

3.3.1.3. Caracterización física de la microcuenca

Con el apoyo de la carta nacional, se delimitó la microcuenca Challana para conocer los principales parámetros físicos recíprocos con el régimen hidrológico de sus aguas, Así también se determinó el área, perímetro de la microcuenca y la cobertura vegetal del suelo en la zona.

3.3.1.4. Toma de datos de la estación permanente

Con una estación meteorológica que se estaba instalada desde el año 2014-2016 en la microcuenca Challana se ha registrado datos cada 15 minutos, donde solo se compiló la información cada 15 días.

3.3.1.5. Instalación y calibración del sensor de nivel de agua a presión

Reconocido en campo el nivel del agua como un tramo estable del curso de la quebrada, con paredes y fondo uniforme, se ubica el sensor de nivel de agua en la margen derecho aguas abajo a fin que recoja los niveles producidos por la descarga a intervalo de tiempo definido.

En el lugar se calibró el equipo de acuerdo a las especificaciones técnica del proveedor, a dos niveles extremos, tanto inferior y superior con respecto al sensor estableciéndose la mejor ecuación de ajuste del nivel. De igual manera, en el software se sincronizó el tiempo de registro del sensor con la estación meteorológica instalada en el lugar y el intervalo de tiempo o frecuencia de recepción de los niveles de agua en el punto de aforo.

Seguidamente, con la información del relieve del tramo del cauce, se evaluó la descarga altura promedio de las aguas corrientes cada 15 días con un correntómetro, posteriormente se estimó la ecuación de descarga y altura.

La representación matemática de la curva de descarga se representa con la siguiente función: $Q = a (H - H_0)^b$

Donde:

Q: Gasto, en m³/seg.

H: Elevación del nivel de agua, en metros

H₀: Elevación correspondiente al gasto nulo, en metros

a, b: Parámetros de ajuste.

3.3.1.6. Monitorización del nivel de agua

Los niveles de agua obtenidos por el sensor de nivel de agua ubicado en el punto de aforo seleccionado, tiene el principio básico de obtener la altura del agua del cauce por medio de la presión que el flujo provoca en la sección del cauce. Las alturas se registraran cada 15 minutos al día por un año, luego obtener la descarga promedio diaria y mensual.

3.3.1.7. Estimación de los caudales medios

Para la estimación de los caudales medios se utilizó el criterio propuesto por (Thornthwaite y Mather, 1955), donde la escorrentía total (E) representa la cantidad de agua que escurre en la superficie y está formada, al mes, por la suma de la 1/2 de la escorrentía del mes anterior más la mitad del excedente, también del mes anterior (Villón, 2002).

3.3.2. Etapa de gabinete

3.3.2.1. Estimación de las descargas promedio por el balance hídrico según Thornthwaite

Mediante el proceso de la contabilización de la precipitación y evapotranspiración según Thornthwaite se estimó las descargas promedio de la quebrada Challana, considerando como humedad almacenada en el suelo el 10% de la precipitación total anual.

Para obtener el resultado se utilizó el método de Thornthwaite, tomando los datos de temperatura media mensual del registro de la estación, requerida para aplicar el cálculo, para estimar ETP se realizó lo siguientes:

Primero se calculó la evapotranspiración mensual, en mm por mes de 30 días de 12 meses de duración, utilizando la siguiente ecuación.

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

Donde:

e = evapotranspiración mensual en mm por mes de 30 días y 12 horas de duración; t = temperatura media mensual en °C; I = $\sum i$ la cual I = índice térmico anual, donde i = índice térmico mensual, utilizando la siguiente ecuación:

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

a= exponente que varía con índice anual de calor de la localidad y para hallar esta variable se utilizó la siguiente ecuación:

$$a = 0.6751 \times 10^{-6} \times I^3 - 0.77 \times 10^{-4} \times I^2 + 0.01792 \times I + 0.49239$$

Segundo corregimos el valor de e, de acuerdo con el mes considerado y a la latitud de la localidad que determinan las horas de sol.

3.3.2.2. Estimación de las descargas promedio por el balance hídrico según Holdridge

Para obtener este resultado se realizó según el método aplicado por HOLDRIDGE. Se utilizó los datos de temperatura y precipitación media

mensual de la estación automática, la cual fue necesaria para realizar el cálculo, para llevar a cabo este proceso se realizó lo siguiente:

1. Primero se determinó la biotemperatura, tomando las máximas y mínimas temperatura del día o mes, considerando como 0°C cualquier valor negativo y se dividió el total entre dos, como se muestra en la ecuación:

$$\text{BIO T}^\circ\text{C promedio de un día o mes} = (\text{T}^\circ\text{C Max.} + \text{T}^\circ\text{C Min})/2$$

2. En la fila de evapotranspiración potencial, se calculó la evapotranspiración potencial de cada mes, luego se multiplicó la biotemperatura de cada mes por 5.00, 4.84 o 4.56, según se trate los meses de 31, 30 o 28 días, respetivamente.
3. En la fila de evapotranspiración real, se efectuó el siguiente principio, cuando la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial o evapotranspiración ajustada del mes respectivo, se colocara los mismos valores que figuren en la fila de evapotranspiración potencial o ajustada, según sea el caso. Después de este paso, el resto de los casilleros de las filas siguientes se van llenando simultáneamente y en forma sucesiva mes a mes, en función de la humedad almacenada en el suelo.
4. Luego se realizó el llenado del primer casillero de humedad almacenada en el suelo, correspondiente al último mes o al siguiente de un período de lluvias, colocando en dicho casillero un valor equivalente al 10% de la precipitación total anual. Con este valor se estimó que la humedad almacenada en el suelo que se encuentra en su máxima capacidad.
5. En el casillero de exceso de precipitación, se colocó la diferencia que hay cuando la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial o evapotranspiración ajustada. Este exceso de precipitación se puede usar en dos formas:
 - Cuando el suelo está en su máxima capacidad de campo, el total pasa a ser escorrentía.

- Cuando hay deficiencia de humedad en el suelo, si está por debajo de la capacidad máxima de campo, toda o parte del exceso de precipitación pasa a recarga de humedad del suelo.

3.3.2.3. Cálculo de los índices climáticos

Se tomó los criterios de: Índice de Emberger o coeficiente pluviotérmico, índice de aridez de Lang, índice de aridez De Martonne, índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez, índice de continentalidad de Gorezynski, índice de continentalidad de Currey, índice de oceanidad de Kerner; (Almorox,2007). Todos estos índices son para determinar el tipo de clima que persiste la microcuenca Challana.

- Índice de Emberger o coeficiente pluviotérmico

$$Q = \frac{100 \cdot P}{2 \cdot (T_{12} + t_1) / 2 \cdot (T_{12} - t_1)}$$

Donde:

- Q: Índice de Emberger o coeficiente pluviotérmico
 P: Precipitación media anual
 T₁₂: Temperatura media de las máximas del mes más cálido
 T₁ : Temperatura media de las mínimas del mes más frío

Cuadro 2. Rangos de distribución de índice de Emberger

Intervalos Establecidos	Clima
Q	
>90	Húmedo
90-50	Subhúmedo
50-30	Semiárido
30-0	Árido

- **Índice de aridez de Lang**

$$P_f = P/tm$$

Donde:

P : Precipitación media anual en mm

tm : Temperatura media anual en °C

Cuadro 3. Rangos de distribución de aridez de Lang

Valor de P_f	Zona
0-20	Desiertos
20-40	Árida
40-60	Húmedas de estepa y sabana
60-100	Húmedas de bosque claros
100-160	Húmedas de grandes bosques
> 160	Perhúmedas con prados y tundras

- **Índice de aridez De Martonne**

$$I_a = P/[tm+10]$$

Donde:

P : Precipitación media anual en mm

tm : Temperatura media anual en °C

Cuadro 4. Rangos de distribución de aridez de Martonne

Intervalos establecidos de I_a	Zona
0-5	Desiertos (Hiperárido)
5-10	Semidesierto (Árido)
10-20	Semiárido de tipo mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

- **Índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez**

$$Im1 = ETP_{jl}/P_{jl}$$

$$Im2 = (ETP_{jn} + ETP_{jl})/(P_{jn} + P_{jl})$$

$$Im3 = (ETP_{jn} + ETP_{jl} + ETP_{ag})/(P_{jn} + P_{jl} + P_{ag})$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración calculada a partir del método de Thornthwaite

P :Precipitación media mensual

Se consideran mediterráneos aquellos territorios en los que:

$$Im1 > 1 \quad Im2 > 1 \quad Im3 > 1$$

- **Índice de continentalidad de Gorezynski**

$$IC = 1.7*(Mi - mi) / \sin (Lat+10) - 14$$

Donde:

IC: Índice de Continentalidad

Mi : Temperatura media del mes más cálido

mi : Temperatura media del mes más frío

Lat: Latitud

Cuadro 5. Rangos de distribución Gorezynski

Intervalos establecidos IC	Clima
(-20, 40)	Híperoceánicos
(20, 40)	Oceánicos
(40,60)	Subcontinentales
(60,80)	Continental
(80,120)	Hípercontinentales

- **Índice de continentalidad de Currey**

$$IC = (Mi - mi) / (1 + 1/3 * Lat)$$

Donde:

Mi: Temperatura media del mes más cálido

mi: Temperatura media del mes más frío

Lat.: Latitud

Cuadro 6. Rangos de distribución de Currey

Intervalos establecidos IC	Clima
(0 , 0.6)	Híperoceánicos
(0.6 , 1.1)	Oceánicos
(1.1 , 1.7)	Subcontinentales
(1.7 , 2.3)	Continental
(2.3 , 5)	Hípercontinentales

- **Índice de oceanidad de Kerner**

$$K = [(T_{oct} - T_{abr}) / A] \times 100$$

Donde:

K : Índice de oceanidad, si $k > 30$ el clima es oceánico

Toct : Temperatura media de octubre

Tabr : Temperatura media de abril

A : Amplitud térmica anual (diferencia entre las medias del mes más cálido y el mes más frío)

3.3.2.4. Diagrama ombrotérmico

El diagrama ombrotérmico o climograma se efectuó con las variables precipitación y temperatura que se va obtener de los promedios

mensuales durante el tiempo de evaluación, en el eje X se pone los meses evaluados y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias anuales (mm) y en el otro lado las temperaturas medias mensuales (°C). Se debe considerar que la escala de las precipitaciones debe ser el doble que la de temperatura, esto es, por cada °C en temperatura se toma un par de mm en precipitación. Así un valor de 20°C le corresponde en la misma línea el valor de 40 mm (Almorox, 2007).

3.4. Procesamiento de datos analizados

Corresponde a una investigación descriptiva, donde se evaluó las diferentes variables climáticas, como son: Precipitación, evapotranspiración, temperatura, humedad, morfología de la microcuenca, retención potencial máxima de infiltración y el diagrama ombrotérmico donde la variable dependiente en el ciclo hidrológico son las descargas o caudal a medir. Mientras las variables independientes son las precipitaciones, evapotranspiración, infiltración y otros en el sistema cuenca.

Donde los resultados se determinaron mediante un análisis paramétrico como: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, porcentajes y gráficos.

IV. RESULTADOS

4.1. Principales características físicas, vegetación y suelo de la microcuenca Challana.

4.1.1. Parámetros morfométricos de la microcuenca

La proyección ortogonal del área de drenaje de la microcuenca Challana ocupa 90.43 hectáreas, mientras el contorno de las líneas divisorias de agua domina 4.79 Km. Asimismo, presenta una altitud media de 1767 m.s.n.m cuyos suelos poseen una pendiente del cauce principal 27.13%, presentando un factor de forma bajo, por el valor de la forma su relación con una circunferencia, decimos que la microcuenca es de forma alargada a oval redonda oblonga, con baja susceptibilidad a las avenidas por el menor tiempo de concentración de las aguas luego de una tormenta, según explica el cuadro siguiente.

Cuadro 7. Propiedades físicas de la microcuenca Challana

Propiedad	Valor	Unidad
Área	90.439	Ha
Perímetro	4.799	km
Factor de forma	0.22	F < 1
Indicé de compacidad	1.413	K > 1
Pendiente del cauce principal	27.13	%

*Datos evaluados en el período 2014 al 2016.

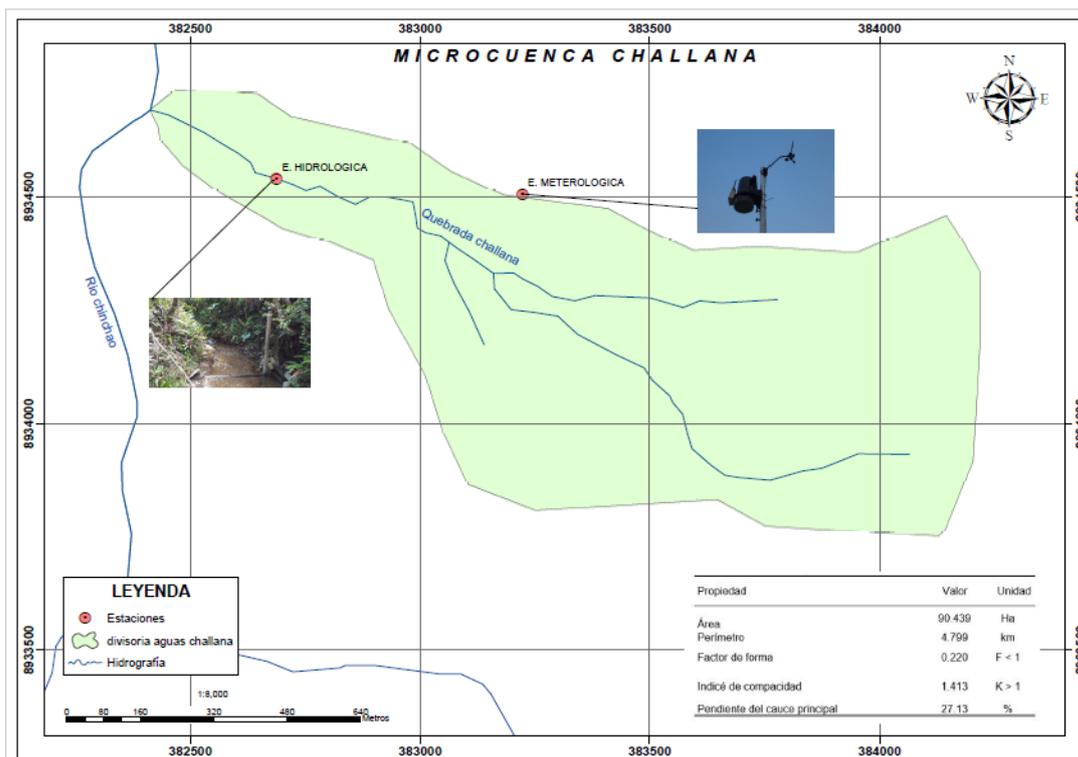


Figura 4. Microcuenca Challana

4.1.2. Tipo de cobertura vegetal en la microcuenca

La microcuenca Challana tiene la vegetación en diferentes edades de 1 año, 3, 5, 10, 20 y mayor de 30 años teniendo bosque montano, está en base a los diferentes estados sucesionales y en relación a las características del suelo. Según explica el cuadro 3 el tipo de vegetación del área con influencia antrópica fueron herbáceas, arbustiva y arbórea (bosque secundario), mientras que el bosque montano (mayor de 30 años) solo arbórea de propias especies dominantes.

Cuadro 8. Características de la vegetación de diferentes edades

Unidad de vegetación	Edad de la vegetación	Tipos de vegetación	Especies dominantes
Área con influencia antrópica	<1 año	Herbácea	- <i>Melinis minutiflora</i>
			- <i>Scleria bracteata</i>
	Pasto	Herbácea	- <i>Pteridium aquilinum</i>
			- <i>Melinis minutiflora</i>

Bosque montano	Pasto	Herbácea	- <i>Andropogon lateralis</i> - <i>Imperata brasilensis</i> - <i>Andropogon bicornis</i>
	Purma	Arbustiva	- <i>Oreocallis grandiflora</i> - <i>Graffenrieda miconoides</i> - <i>Vernonia canescens</i>
	Bosque	Arbórea o bosque secundario	- <i>Trema micrantha</i> - <i>Parsea caerulea</i> - <i>Heliocarpus americanus.</i> - <i>Psychotria stenostachya</i> - <i>Palicaurea guianensis</i>
			>30 años

*Datos evaluados en el período 2014 al 2016.

4.1.3. Clasificación del suelo

4.1.3.1. Textura y estructura del suelo

Respecto a su relación de la cobertura vegetal y la textura del suelo, el bosque mayor de 30 años presenta textura franco arenoso y aquellas coberturas de pasto presentan una textura de suelo franco arcilloso. Asimismo, la textura según su predominio es franco arcillo arenoso, seguido de franco arenoso, de esta manera los contenidos de arcilla en la clase textural por unidad de vegetación, se observa mayor contenido en coberturas menor a 1 año, disminuyendo para pastos, purma y bosques.

Respecto a la estructura del suelo se observa que en la vegetación menor de un año son de bloques finos, mientras que en purma son de bloques medio y en bosques mayores de 30 años es granular gruesa.

Cuadro 9. Textura y estructura del suelo por unidad de vegetación

Unidad de vegetación	Muestras	% arena	% limo	% arcilla	Textura	Estructura
< 1 año	M-1	45.01	23.71	31.28	Franco arcilloso	Bloque fino
	M-2	47.92	22.56	29.76	Franco arcilloso	Bloque fino
Pasto	M-1	53.01	21.04	25.95	Franco arcillo arenoso	Bloque medio
	M-2	57.01	22.37	20.61	Franco arcillo	Bloque fino
	M-3	53.18	22.56	23.09	Franco arcillo arenoso	Bloque fino
Purma	M-1	58.35	20.37	21.28	Franco arcillo arenoso	Bloque medio
	M-2	58.61	22.56	23.09	Franco arcillo arenoso	Bloque medio
Bosque	M-1	61.68	19.71	15.28	Franco arenoso	Bloque medio
	M-2	61.65	18.08	17.61	Franco arenoso	Bloque medio
>30 años	M-1	61.01	15.04	23.95	Franco arenoso	Granular gruesa
	M-2	60.35	17.07	23.09	Franco arenoso	Granular gruesa

*Datos evaluados en el período 2014 al 2016.

4.1.3.2. Resistencia a la penetración y profundidad del suelo

Los suelos de la microcuenca Challana presenta una resistencia a la penetración y profundidad efectiva distribuida con valores intermedios según la unidad de vegetación, el área de influencia antrópica con vegetación menor de un año presenta valores medios de 1.8 Kg/cm² y 3.3 cm, en pastos de 2.00 Kg/cm² y 17.7 cm, en purma 1.03 Kg/cm² y 84.33 cm, en bosque con 1.20 Kg/cm² y 103.3 cm y finalmente el área de bosque mayor de 30 años de 0.85

Kg/cm² y 110 cm, como se muestra en el siguiente cuadro. La resistencia promedio de la penetración del suelo en la microfrecuencia es de 1.8 kg/cm²

Cuadro 10. Resistencia a la penetración y profundidad efectiva del suelo

Unidad de vegetación	Evaluación	R.P. Kg/cm²	P.E. (cm)
< 1 año	E – 1	1.8	5.0
	E – 2	1.5	2.0
	E – 3	2.0	3.0
Promedio		1.8	3.3
Pasto	E – 1	2.0	18.0
	E – 2	2.1	15.0
	E – 3	1.9	20.0
Promedio		2.0	17.70
Purma	E – 1	1.0	75.0
	E – 2	1.2	90.0
	E – 3	0.9	88.0
Promedio		1.03	84.33
Bosque	E – 1	1.2	90
	E – 2	1.3	100
	E – 3	1.0	120
Promedio		1.2	103.3
> 30 años	E – 1	0.9	100.0
	E – 2	0.8	110.0
	E – 3	0.85	120.0
Promedio		0.85	110.0

*Datos evaluados en el período 2014 al 2016.

4.1.3.3. Cálculo de la infiltración del suelo

La tasa de infiltración propia a la unidad de vegetación fueron 2.35mm/h en pastos, 5.14mm/h en purma y 4.59mm/h en bosque, como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Tasa de infiltración por unidad de vegetación

Unidad de vegetación	Infiltración (mm/h)
Pasto	2.353
Purma	5.14
Bosque	4.597

*Datos evaluados en el período 2014 al 2016.

Como se observa en el cuadro 11 y figura 05, el promedio de la infiltración final donde empieza en la curva de recesión es de 2.353 mm/h lo que indica que tiene un drenaje imperfecto propio de usos de suelos pastos.

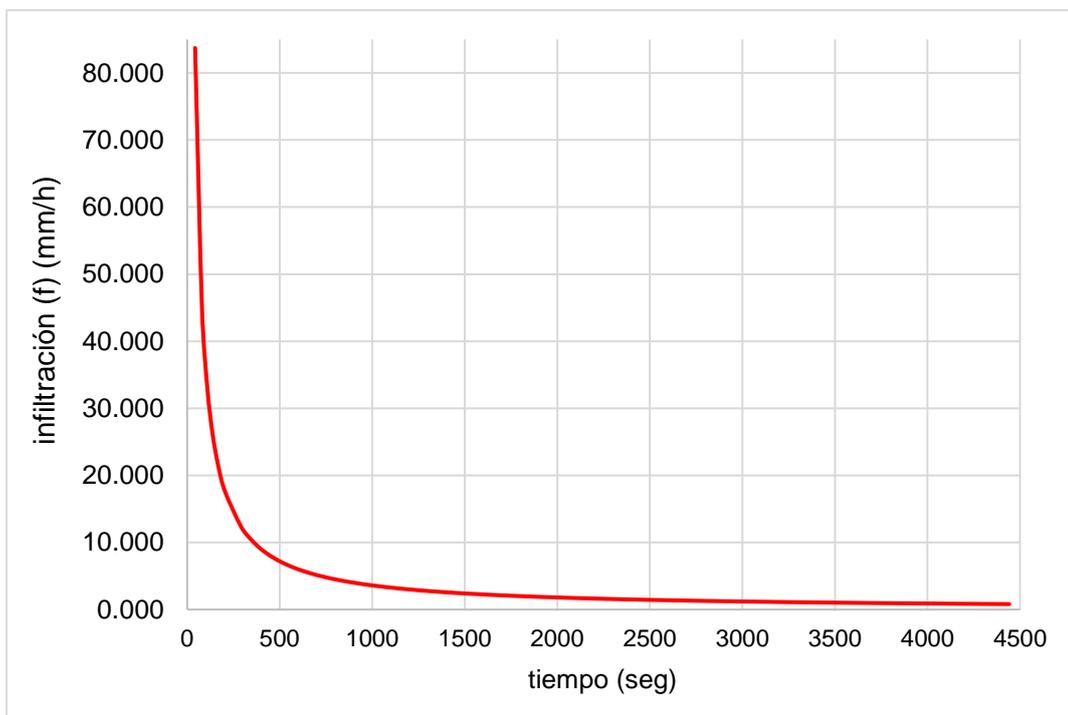


Figura 5. Curva de infiltración en pasto

Como se puede observar en el cuadro 11 y figura 6, el promedio de la infiltración final donde empieza la curva de recesión es de 5.14 mm/h lo que indica que tiene una infiltración moderada con un buen drenaje.

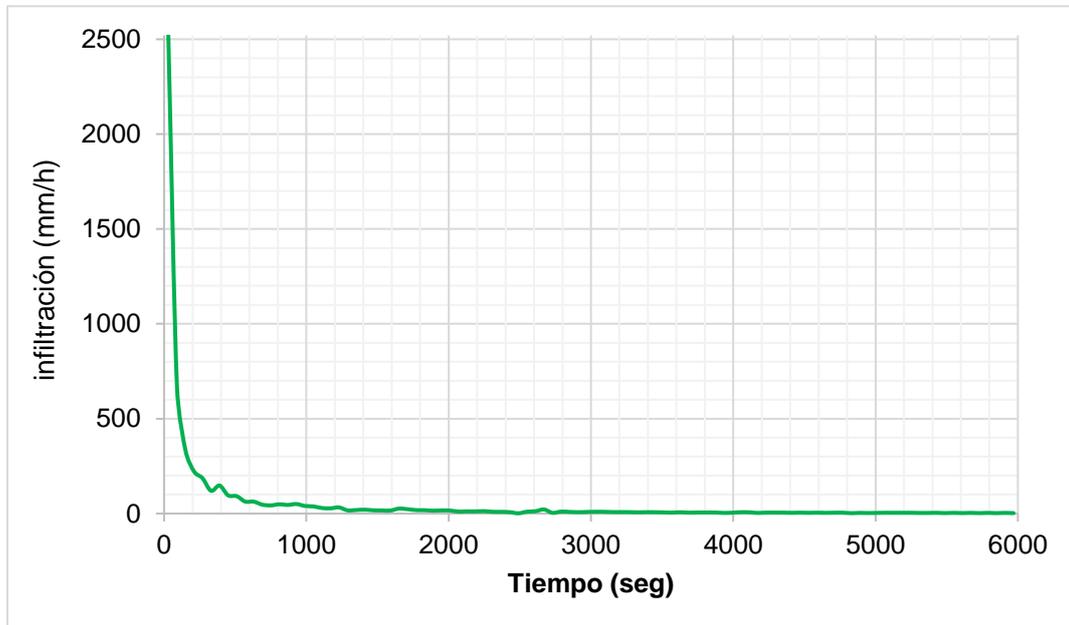


Figura 6. Curva de infiltración en purma

Como se puede observar en el cuadro 11 y figura 7, el promedio de la infiltración final donde empieza en la curva de recesión es de 4.597 mm/h lo que indica que tiene una infiltración moderada con un buen drenaje.

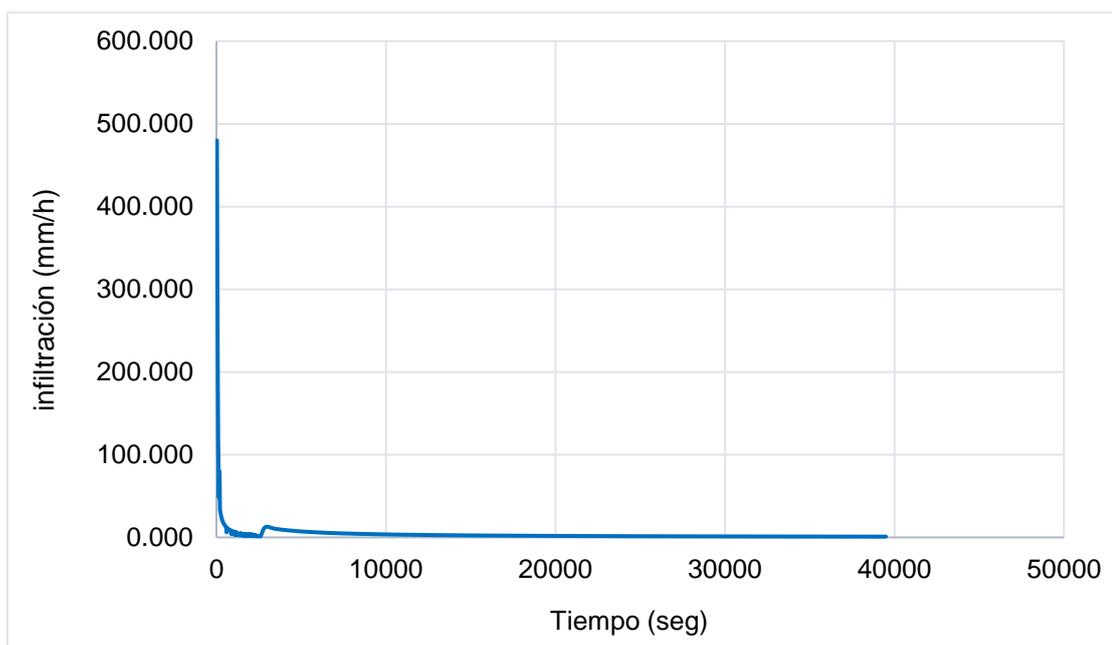


Figura 7. Curva de infiltración en bosque

4.1.4. Clasificación del uso de suelo en la microcuenca

La clasificación de uso de suelo en la microcuenca Challana se encuentra en el grupo B, en el cuadro 8 y figura 8, muestran las áreas con sus respectivos porcentajes de los usos de suelo, donde la mayor predominancia lo presenta los bosques con 38.41% de área, seguidamente de pastos 30.67%, purma 20.11%, área agrícola 9.09%, caminos 0.62%, viviendas 0.26% y vías 0.85%, donde estos es el principal factor de respuesta a la infiltración y escorrentía superficial.

Cuadro 12. Porcentaje de área para cada unidad de uso de suelo.

Uso de suelo	Descripción de uso de la tierra	Áreas		
		m ²	Ha	% Área
Área agrícola	Tierra cultivada: sin tratamiento en conservación	82200.79	8.22	9.09%
Bosques	Bosques: Cubierta buena	347196.24	34.72	38.41%
Caminos	Calles y carreteras: Tierra	5631.04	0.56	0.62%
Pastos	Pastos praderas: Condiciones pobres	277239.17	27.72	30.67%
Purma	Pastos praderas: Condiciones optimas	181751.71	18.18	20.11%
Vías	Calles carreteras: Pavimento con cuneta y alcantarillado	7660.37	0.77	0.85%
Viviendas	Residenciales. Parcelas de 2000 m ² o 25% impermeable	2322.04	0.23	0.26%

*Datos evaluados en el período 2014-2016

4.2. Distribución de las variables climáticas e hidrométricas de la microcuenca Challana.

4.2.1. Precipitación, temperatura y humedad relativa

4.2.1.1. Precipitación (mm)

Durante el período de dos años de observación tenemos que en el período 2014-2015 la lámina de agua precipitada máxima fue de 339.6 mm en el mes de enero y el mínimo fue de 66.8 mm en el mes de julio, mientras que en el período 2015-2016 la lámina de agua precipitada máxima fue de 448.7 mm en el mes de febrero y el mínimo 80 mm en el mes de agosto.

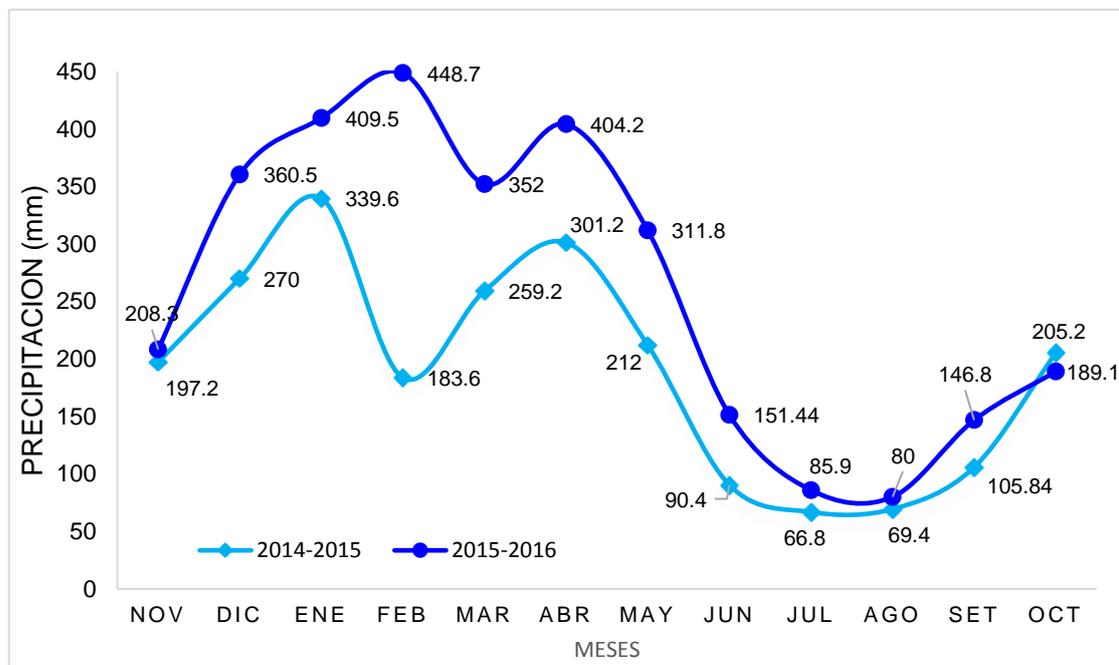


Figura 08. Lámina de agua precipitada en los períodos 2014-2016

4.2.1.2. Temperatura °C

Durante el período de dos años de observación 2014-2016, tenemos que la temperatura no se muestra muy cambiante teniendo temperaturas máximas de 19 de 19 °C y mínima de 17.8 °C

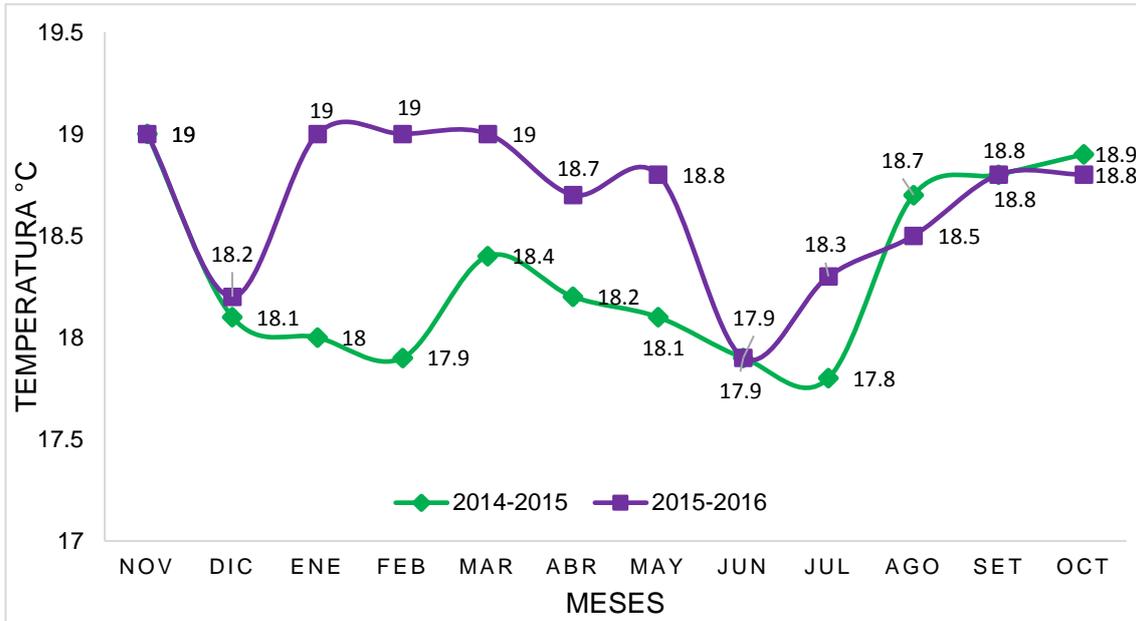


Figura 09. Temperatura en los períodos 2014-2016

4.2.1.3. Humedad relativa

Durante el período de dos años de observación tenemos que en el período 2014-2015 la humedad relativa máxima fue de 91.3 % en el mes de enero y el mínimo fue de 79.5% en el mes de agosto, mientras que en el período 2015-2016 la humedad relativa máxima fue de 91.7 % en el mes de diciembre y el mínimo 80 % en el mes de julio.

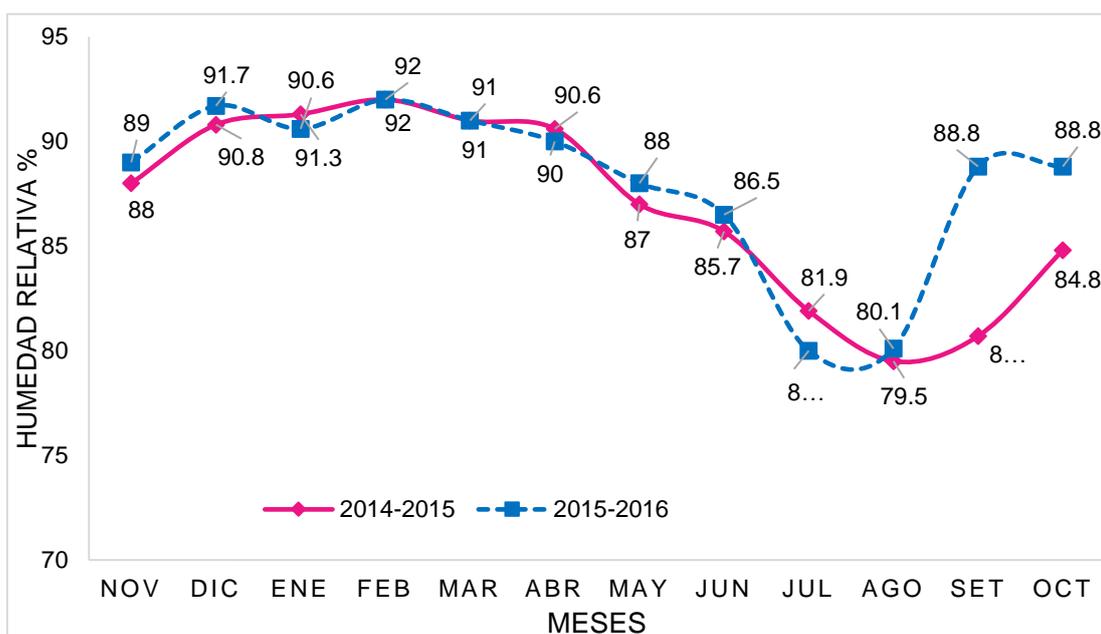


Figura 10. Humedad relativa en los períodos 2014-2016

4.2.2. Precipitación, temperatura y humedad relativa dos períodos

Durante un período de dos años de observación, noviembre 2014 a octubre 2016 la temperatura (°C) promedio fue 18.49°C distribuida desde una mínima de 17.8°C y hasta una máxima de 19°C. La humedad relativa promedio alcanzó el 87.49 % con una mínima y máxima de 79.5 % y 92% de saturación de agua en el aire y, la lámina de agua precipitada (mm) promedio fue 227 mm, con una mínima de 66.8 mm y una máxima 448.70 mm.

Cuadro 13. Variables climáticas evaluadas durante el período 2014-2016

Variable	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
Precipitación (mm)	203	315	375	316	306	353	262	121	76	75	126	197
T (°C)	19	18	19	18	19	18	18	18	18	19	19	19
H (%)	89	91	91	92	91	90	88	86	81	80	85	87

En el tiempo, la temperatura observada permanece constante sin cambios cada mes, la humedad relativa y la precipitación disminuyeron en los meses de junio, julio y agosto, recuperando e iniciando las lluvias en el transcurso de los meses siguientes.

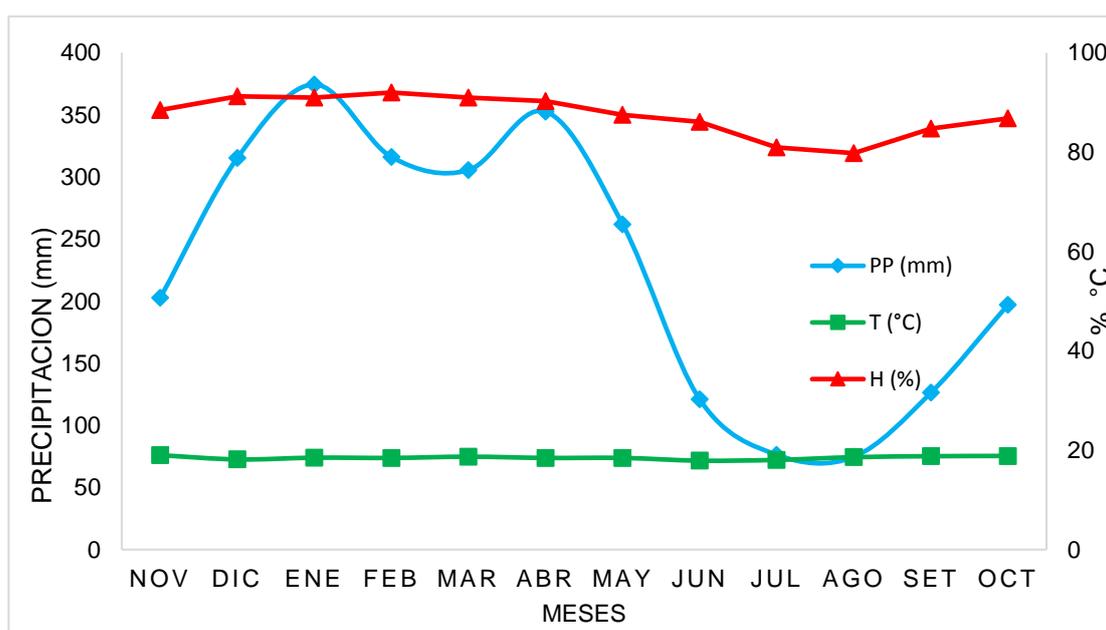


Figura 11. Variables climáticas evaluadas de noviembre 2014 a octubre 2016

4.3. Caudales estimados

4.3.1. Caudales medio observados según la estación meteorológica, Thornthwaite y Holdridge primer período.

Durante el período de evaluación 2014-2015 en la estación hidrométrica de la quebrada Challana, se obtuvo un caudal medio anual de 41.4 l/s con períodos definidos de mayor contribución por las lluvias durante los meses enero, febrero y abril y con menor contribución los meses de julio, agosto, setiembre y octubre debido a la disminución de las precipitaciones y humedad en el suelo.

Mientras que los caudales medios observados del balance hídrico medio anual por Thornthwaite es de 40.9 l/s teniendo mayor contribución de precipitación en los meses de enero, febrero y abril y menor contribución en los meses de julio, agosto y setiembre.

Asimismo los caudales medios observados del balance hídrico medio anual por Holdridge son de 35.8 l/s teniendo mayor contribución de precipitación en los meses de diciembre, enero y abril y menor contribución en los meses de junio, julio, agosto y setiembre.

Cuadro 14. Caudales medios observados y estimados durante el primer período

Método	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Q (m/a)
Estación hidrométrica	17.8	45.4	71.7	71.8	57.4	75.1	59.1	28.4	15.9	13.3	12.9	27.7	41.4
B.H. Thornthwaite	21.5	44.1	67.7	60.4	59.3	73.5	60.4	36.5	18.4	9.3	11.2	27.7	40.9
B.H. Holdridge	38.4	60.2	84.5	38.4	56.9	74.2	41.6	1.71	0.83	0.41	2.8	28.8	35.8

*Datos evaluados en el período 2014 al 2015.

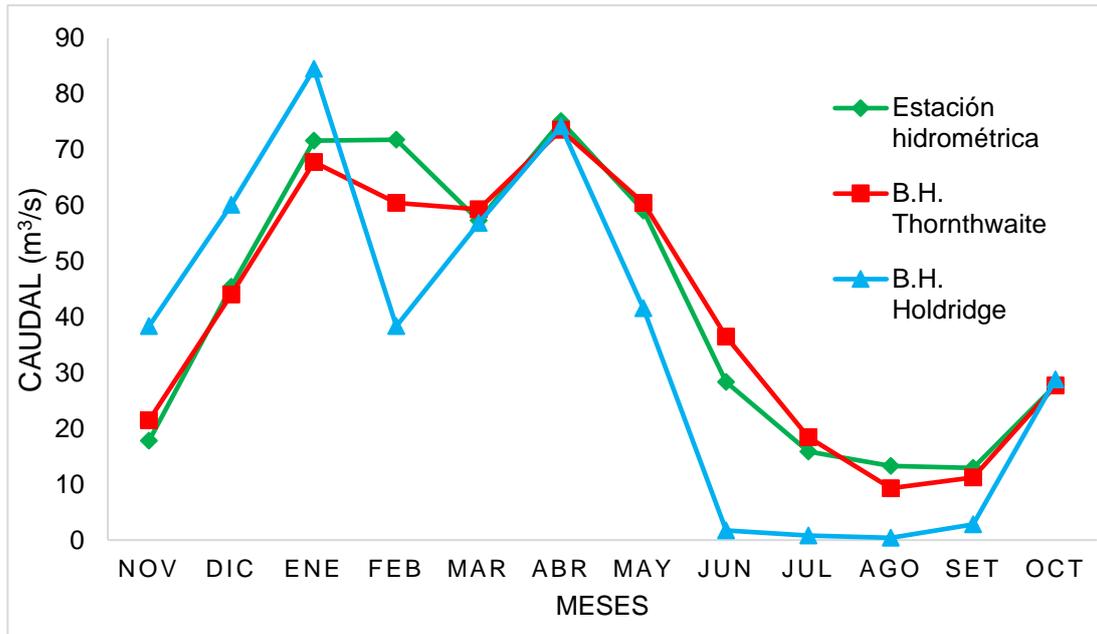


Figura 12. Descargas medias observadas y estimadas, período 2014-2015

4.3.2. Caudales medio observados según la estación meteorología, Thornthwaite, Holdridge segundo período

Durante este período 2015-2016 en la estación hidrométrica de la quebrada Challana, se obtuvo un caudal medio anual de 43.54 l/s con períodos definidos de mayor contribución por las lluvias durante los meses enero, febrero, marzo, abril y mayo y con menor contribución los meses de julio, agosto, setiembre y noviembre debido a la disminución de las precipitaciones y humedad en el suelo.

Mientras que los caudales medios observados del balance hídrico medio anual por Thornthwaite es de 64.41 l/s teniendo mayor contribución de precipitación en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo y con menor contribución en los meses de agosto, setiembre y noviembre.

Asimismo los caudales medios observados del balance hídrico medio anual por Holdridge son de 51.69 l/s teniendo mayor contribución de precipitación en los meses de diciembre, enero, marzo y abril y con menor contribución en los meses de julio, agosto y setiembre.

Cuadro 15. Caudales medios observados y estimados durante el segundo período

Método	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Q (m/a)
Estación hidrométrica	20.96	48.86	62.25	61.48	68.45	79.31	60.68	46.89	19.44	13.18	12.89	28.11	43.54
B.H. Thornthwaite	23.65	60.49	86.74	119.31	101.02	111.10	94.83	65.12	35.17	19.90	24.06	31.55	64.41
B.H. Holdridge	40.1	89.6	106.1	40.1	86.7	109.7	73.2	22.4	10.9	5.4	12.9	23.2	51.69

*Datos evaluados en el período 2015 al 2016

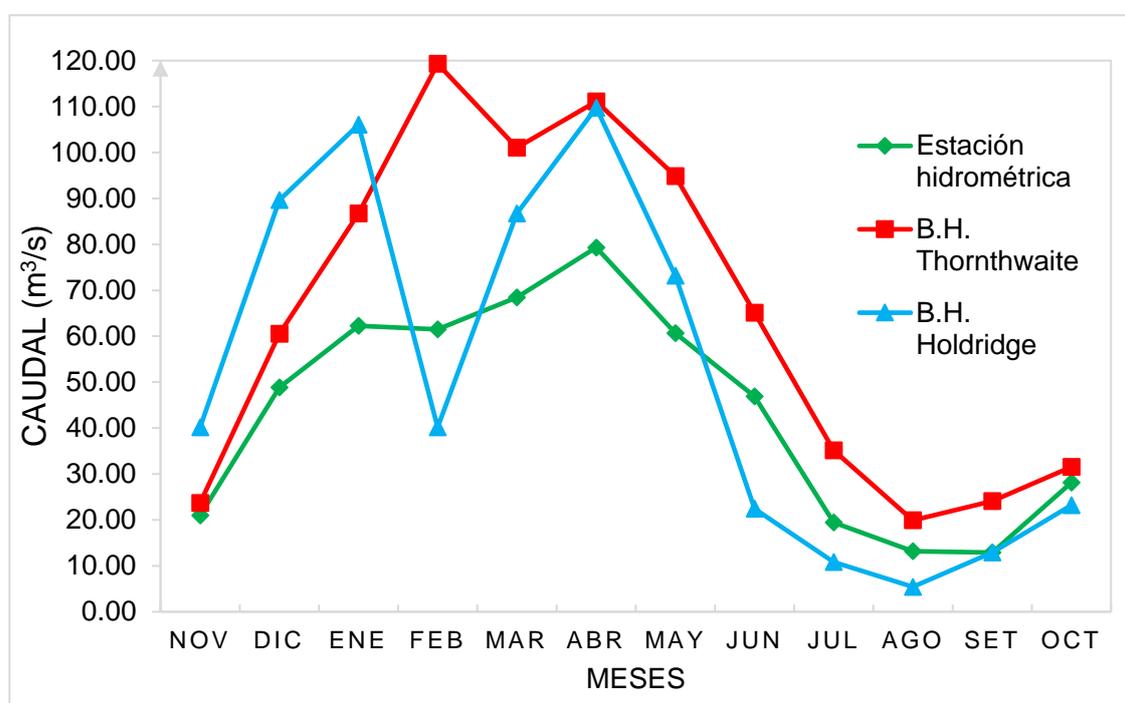


Figura 13. Descargas medias observadas y estimadas, período 2015-2016

4.3.3. Caudales medio observados según la estación meteorología Thornthwaite, Holdridge en los dos períodos

A lo largo de dos años de observación en la estación hidrométrica de la quebrada Challana, se observó un caudal medio anual de 42.4 l/s con períodos definidos de mayor contribución por las lluvias durante los meses noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo y, menor contribución los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre debido a la disminución de las precipitaciones y humedad en el suelo.

Los caudales estimados por el método del B.H Thornthwaite se encuentran próximos a los observados en la estación hidrométrica a comparación con el método del B.H Holdridge se alejan aún más.

Así, conforme el balance hídrico superficial en el sistema cuenca Challana, es decir el comparativo de las precipitaciones con la evapotranspiración según Thornthwaite y Holdridge, se estimó un caudal medio anual de 52.6 l/s y 47.6 l/s respectivamente.

Cuadro 16. Caudales medios observados y estimados durante los dos períodos

Método	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Q (m/a)
Estación hidrométrica	19.3	47.1	66.9	66.6	62.9	77.2	59.8	37.6	17.6	13.2	12.9	27.9	42.4
B.H. Thornthwaite	22.5	52.2	77.2	89.8	80.1	92.3	77.6	50.8	26.8	14.6	17.6	29.6	52.6
B.H. Holdridge	39.2	74.8	95.8	86.6	71.7	91.9	57.3	12.0	5.84	2.92	7.84	26.1	47.6

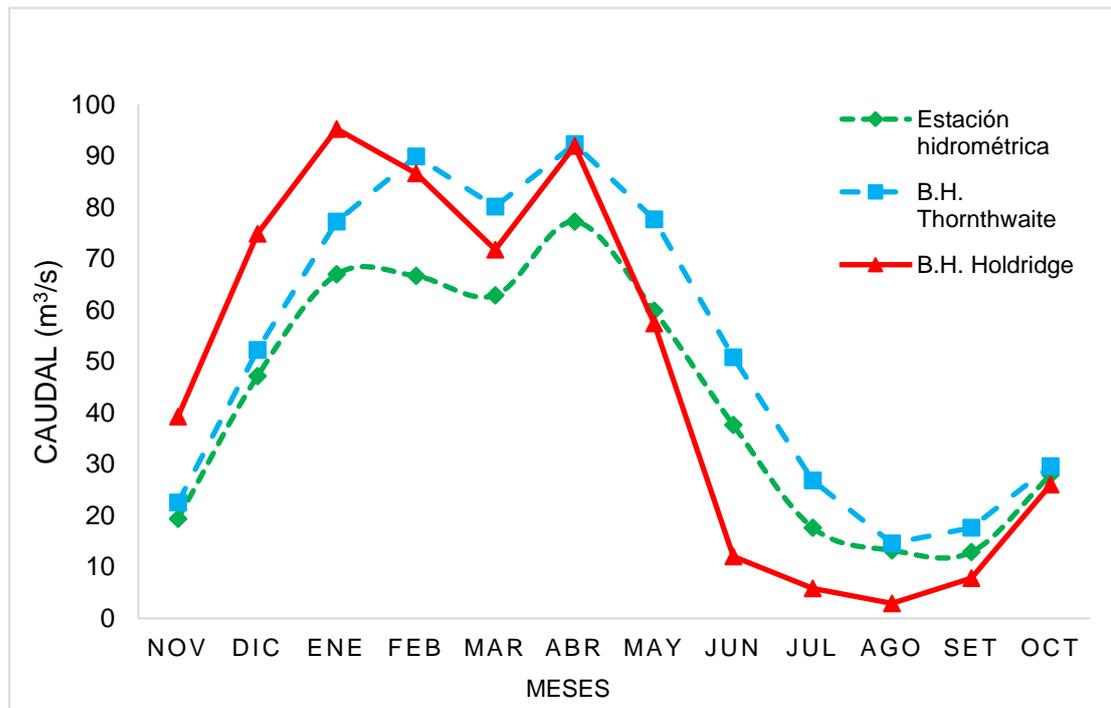


Figura 14. Descargas medias observadas y estimadas, en los dos períodos

4.4. Análisis general del balance hídrico

4.4.1. Comportamiento del balance hídrico según Thornthwaite

Del balance hídrico con Thornthwaite se tiene una evapotranspiración real total anual de 1915.97 mm y una precipitación total anual de 2728.64 mm durante dos años de observación significa un período húmedo de abundante lluvias y el aire cargado de vapor de agua sin tendencia a sufrir déficit o una sequía.

La capacidad de agua disponible (CAD) es 230.94 mm y 314.82 mm por cada uno de los dos años de observación, manteniéndose sin cambios en las reservas de agua disponible (ARM) para el suelo. La escorrentía para los meses de estiaje fueron abastecidos por el superávit de agua disponible en el suelo por las abundantes precipitaciones presentes en la zona de estudio.

Cuadro 17. Balance hídrico según Thornthwaite durante los dos períodos

Variables	período 1	período2	promedio
ETP _{rt}	1503.99	2327.94	1915.97
precipitación	2309.44	3148.24	2728.84
CAD	230.944	314.824	
REP	0	0	
DEF	0	0	

En el cuadro 18 se muestra el excedente de agua durante los dos años, observando que el período dos existió altas precipitaciones en los meses de diciembre, enero, febrero y abril, mientras que en el período uno se tiene que el excedente de agua en los meses de julio y agosto es bajo, debido a que no concurrió altas incidencia de lluvias.

Cuadro 18. Comportamiento del excedente en los dos períodos

Meses	Período 1	Período 2
Nov	123.24	135.62
Dic	199.51	290.64
Ene	271.14	334.75
Feb	122.77	381.56
Mar	189.73	279.32
Abr	246.08	337.82
May	147.28	243.36
Jun	30.20	92.47
Jul	4.77	21.69
Ago	0.43	13.73
Sep	36.84	79.03
Oct	132.00	117.95

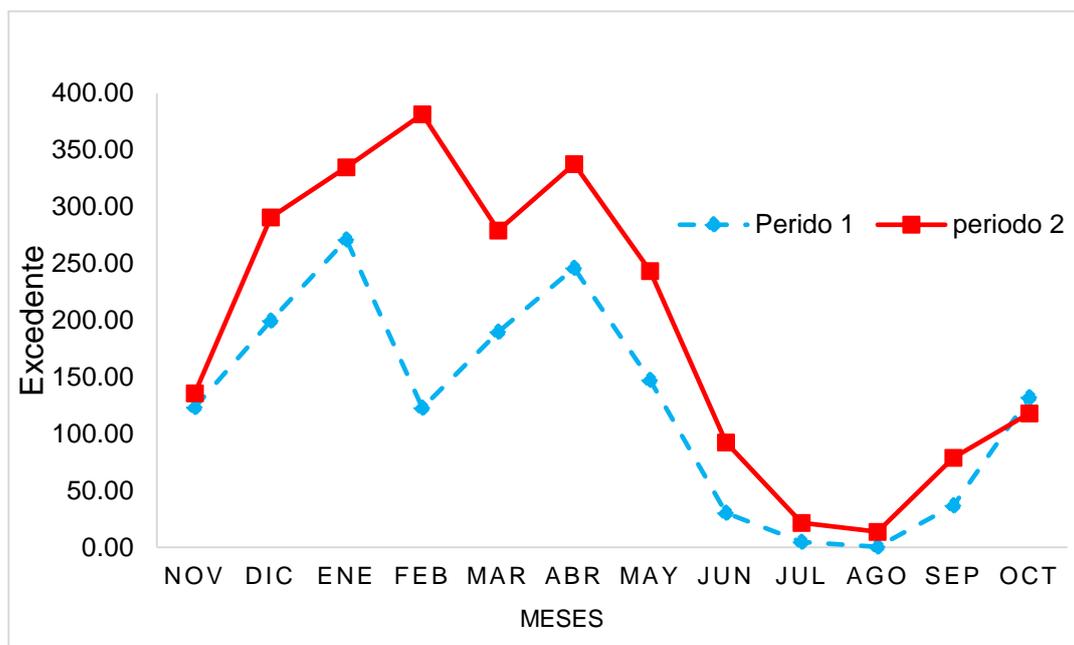


Figura 15. Excedente de agua estimada, por el método de Thornthwaite

4.4.2. Comportamiento del balance hídrico según Holdridge

De otro lado, del balance hídrico con Holdridge, cuadro 23 (Anexos), la evapotranspiración potencial depende de la biotemperatura y la constante del número de días, incrementándose los valores estimados en los meses siguientes, así resulta con agotamiento de la humedad del suelo con 20.4 mm y 19.8 mm los meses de julio y agosto, para ser recargados por las precipitaciones antecedente con 14.85 mm y 25.35 mm los meses de setiembre y octubre durante el ciclo hidrológico 2014 a 2015.

De igual manera resulta con agotamiento de la humedad del suelo con 4.10 mm y 10 mm los meses de julio y agosto, para ser recargados por las precipitaciones antecedente con 43.64 mm 25.35 mm los meses de setiembre y octubre durante el ciclo hidrológico 2015 a 2016 cuadro 24 (Anexos).

En el cuadro 19 se observa la escorrentía de agua durante los dos años, observando que el período dos existió altas precipitaciones en los meses de diciembre, enero, febrero y abril, mientras que en el período uno se tiene que el excedente de agua en los meses de junio, julio y agosto es bajo, debido a que no concurrió altas incidencia de lluvias.

Cuadro 19. Comportamiento de la escorrentía de los dos períodos

Meses	Período 1	período 2
Nov	110.08	115.08
Dic	178.25	265.5
Ene	250.35	314.25
Feb	101.52	362.06
Mar	168.45	256.85
Abr	212.77	314.66
May	123.25	216.8
Jun	4.90	64.32
Jul	2.45	32.16

Ago	1.23	16.08
Sep	8.04	36.91
Oct	85.35	68.75

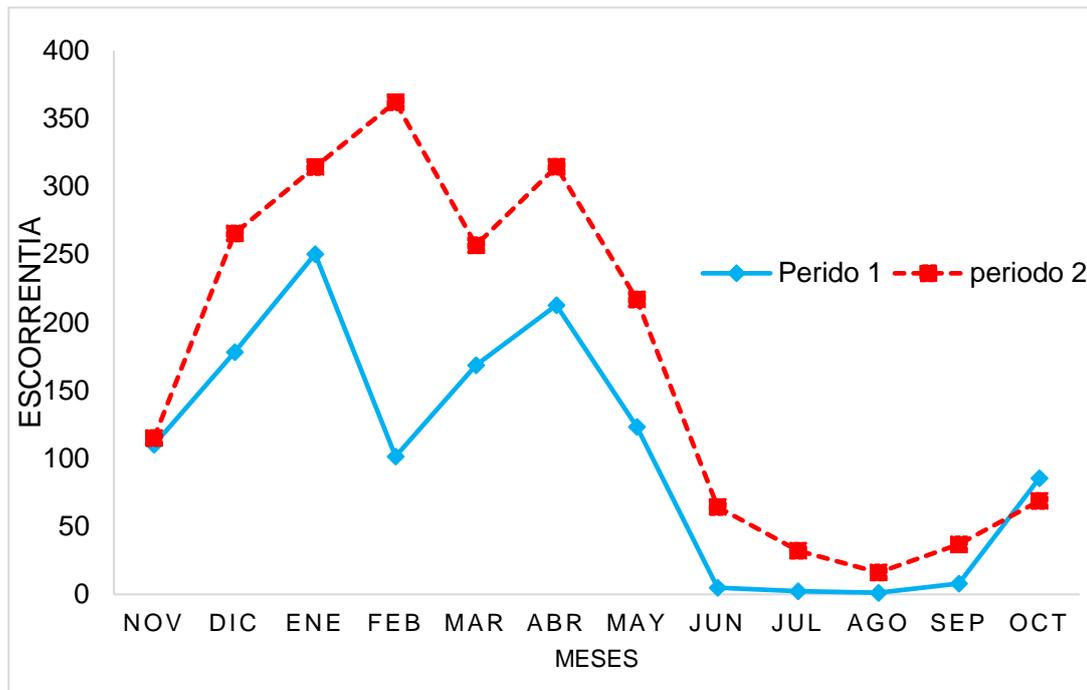


Figura 16. Escorrentía de agua estimada, método Holdridge

4.5. Índice climático

Con el objetivo de una mayor caracterización del área de estudio se han calculado distintos índices climáticos, mediante fórmulas sencillas establecidas por diferentes autores que relacionan la precipitación, temperatura y la evapotranspiración.

4.5.1. Índice de Emberger o coeficiente pluviotérmico

El coeficiente pluviotérmico obtenido durante los períodos de evaluación es: $Q = 6711.85$, siendo este dato mayor que 90 y por consiguiente según el índice de Emberger se encuentra como un clima húmedo.

Intervalos Establecidos	Clima
Q	
>90	Húmedo
90-50	Subhúmedo
50-30	Semiárido
30-0	Árido

4.5.2. Índice de aridez de Lang

El valor obtenido durante la evaluación de los 2 años es $P_f = 147.33$, para el cual el índice de aridez de Lang considera como zona húmedas de grandes bosques ya que se encuentra dentro de los rangos de 100-160.

Valor de P_f	Zona
0-20	Desiertos
20-40	Árida
40-60	Húmedas de estepa y sabana
60-100	Húmedas de bosque claros
100-160	Húmedas de grandes bosques
> 160	Perhúmedas con prados y tundras

4.5.3. Índice de aridez De Martonne

Según el índice de aridez de Martonne, la microcuenca Challana se encuentra en una zona de Perhúmeda ya que el valor obtenido durante la evaluación de I_a : 95.62 considerado el valor como mayor de 60.

Intervalos establecidos del I_a	Zona
0-5	Desiertos (Hiperárido)
5-10	Semidesierto (Árido)
10-20	Semiárido de tipo mediterráneo

20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

4.5.4. Índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez

Para determinar el índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez se trabajó con datos de 2 años de evaluación, en el cual los valores obtenidos de Im_1 , Im_2 y Im_3 , son menores a uno:

$$Im_1 = 0.788 \quad Im_2 = 0.634 \quad Im_3 = 0.70$$

Entonces podemos afirmar que la microcuenca Challana, no es un territorio mediterráneo.

Se considera mediterráneos aquellos territorios en los que:

$$Im_1 > 1 \quad Im_2 > 1 \quad Im_3 > 1$$

4.5.5. Índice de continentalidad de Gorezynski

Según el Índice de continentalidad de Gorezynski, la microcuenca Challana se encuentra en un clima Híper oceánicos el valor de $IC = -8.82$, encontrándose dentro del rango de -20 a 40 .

Intervalos establecidos del IC	Clima
(-20, 40)	Híperoceánicos
(20, 40)	Oceánicos
(40,60)	Subcontinentales
(60,80)	Continental
(80,120)	Hípercontinentales

4.5.6. Índice de continentalidad de Currey

La microcuenca Challana presenta un clima Híperoceánico ya que el valor obtenido de $IC = -0.498$.

Intervalos establecidos del IC	Clima
(0 , 0.6)	Híperoceánicos
(0.6 , 1.1)	Oceánicos
(1.1 , 1.7)	Subcontinentales
(1.7 , 2.3)	Continetales
(2.3 , 5)	Hípercontinentales

4.5.7. Índice de oceanidad de Kerner

Según Kerner la microcuenca Challana es un clima oceánico, donde el valor de $K = 42.105$, si $k > 30$ el clima es oceánico.

Cuadro 20. Principales índices climáticos para la cuenca Challana.

Índice	Símbolo	Valor	Clima
Emberger	Q	6711.85	Húmedo
Aridez (Lang)	P _f	147.33	húmedo de grandes bosques
Martonne	I _a	95.62	Perhúmedo
	Im ₁	0.78	
Mediterraneidad	Im ₂	0.63	No mediterráneo
	Im ₃	0.7	
Continentalidad - Gorezynski	IC	-8.82	Híperoceánicos – Continental
Continentalidad - Currey	IC	-0.498	Híperoceánicos
Oceanidad - Kerner	K	42.105	Oceánico

*Datos evaluados en el período 2014 al 2016.

4.6. Construcción del diagrama ombrotérmico

El diagrama ombrotérmico de la estación base se observa un régimen climático, el cual, la precipitación máxima y la mínima fue de 374.55 mm y 74.4 mm. A demás se observa que la temperatura se encuentra por debajo de la precipitación, indicando que el comportamiento de la humeada

relativa se mantuvo constante en el transcurso de los dos períodos. Asimismo la amplitud térmica es de (1.1°C) es menor que 1.5°C , propio de un clima ecuatorial.

Cuadro 21. Temperatura promedio mensual y precipitación acumulada mensual de los dos períodos de la estación meteorológica base.

Meses	Precipitación (mm)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
Noviembre	202.75	19
Diciembre	315.25	18.15
Enero	374.55	18.5
Febrero	316.15	18.45
Marzo	305.6	18.7
Abril	357.2	18.45
Mayo	261.9	18.45
Junio	120.92	17.9
Julio	76.35	18.05
Agosto	74.7	18.6
Setiembre	126.32	18.8
Octubre	197.15	18.85

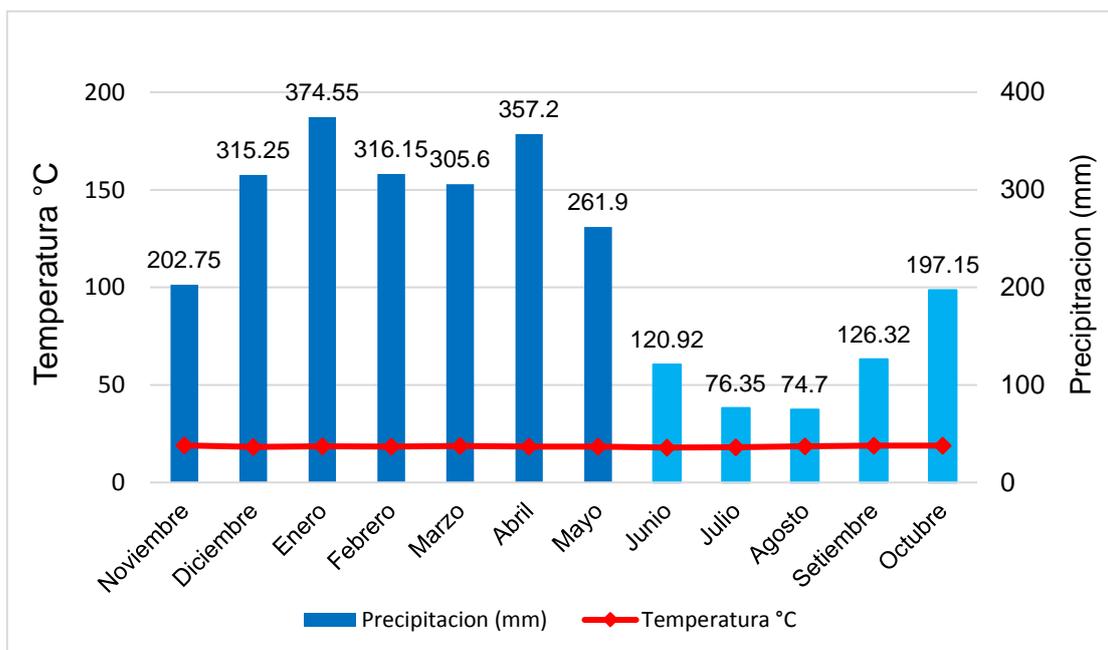


Figura 17. Diagrama ombrotérmico con datos de temperatura y precipitación de dos períodos de evaluación

V. DISCUSIÓN

La proyección ortogonal del área de drenaje de la microcuenca Challana ocupa 90.43 hectáreas, mientras el contorno de las líneas divisorias de agua domina 4.79 Km. Asimismo, presenta una altitud media de 1767 m.s.n.m cuyos suelos poseen una pendiente del cauce principal 27.13%, presentando un factor de forma bajo, la microcuenca es de forma alargada a oval redonda oblonga, con baja susceptibilidad a las avenidas por el menor tiempo de concentración de las aguas luego de una tormenta. La afirmación de estos resultados es como lo indica Villón (2002) si una cuenca tiene un factor de forma alto, existe una posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, por el contrario si la cuenca tiene un factor de forma bajo tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvia.

Asimismo, ratifica Delgadillo y Moreno las cuencas más ensanchadas poseen mayor susceptibilidad a generar crecidas, ya que el tiempo de recorrido del agua a través de la cuenca es mucho más corto que en cuencas alargadas. Caso contrario ocurre con las cuencas alargadas donde el tiempo de viaje del agua es mucho más largo, contribuyendo a que los picos de crecidas sean menos súbitos en caso de lluvias concentradas o tormentas.

La textura del suelo, el bosque mayor de 30 años presenta textura franco arenoso, en coberturas de 1 año presenta textura franco arcilloso, en la cobertura de pasto presentan una textura de suelo franco arcilloso arenoso, los contenidos de arcilla en la clase textural por unidad de vegetación, se observa mayor contenido en coberturas menor a 1 año, disminuyendo para pastos, purma y bosques. Tal como indica Palomino (2015) que en la microcuenca Challana los bosques mayores de 30 años presentan textura franco arenoso y que es un suelo regular ya que carecen de propiedades coloidales mientras que la vegetación de 1 a 3 años son de textura franco lo cual es un suelo equilibrado con propiedades compensadas.

Asimismo Doran y Lincoln (1999) concluye que la textura es una característica importante porque influye en la fertilidad y a determinar la velocidad, el almacenamiento del agua en el suelo y amplitud de aireación. Por ejemplo los suelos arcillosos retienen más agua y nutrientes que los suelos arenosos. De tal forma Campos (1998) manifiesta que el suelo influye sobre el régimen hidrológico de la corriente y su transporte de material sólido, ya que sus características determinan la naturaleza y desarrollo de la vegetación.

Respecto a la resistencia de penetración y profundidad del suelo se tiene que en vegetación menor de un año presenta valores medios de (1.8 kg/cm² y 3.3 cm), en pastos de (2.00 Kg/cm² y 17.7 cm), en purma valores medios de (1.03 Kg/cm² y 84.33 cm), en bosques mayores de 30 años (0.85 Kg/cm² y 110 cm). Estudio similar fueron reportados por Palomino (2015) que en una vegetación de 3 y 5 años presentan valor promedio de (2.00 Kg/cm²), en vegetación menor a un año valor promedio (1.77 Kg/cm²), en vegetación de 20 años valor promedio (1.17 Kg/cm²) y en vegetación mayor de 30 años (0.85 Kg/cm²) obteniendo que los suelos de 1, 3 y 5 años representan nivel de resistencia de suelos duros, mientras que los suelos de 20 y mayor de 30 años representan nivel de resistencia de suelos suaves.

De tal manera el ICT (2004) toma valores de < 1 Kg/cm² como suelos muy suaves, de 1 a 2 Kg/cm² suelos suaves, de 2 a 3 Kg/cm² suelos duros, de 3 a 4 Kg/cm² suelos muy duros y > 4 Kg/cm² suelos extremadamente duros.

Bradford (1986); citado por la USDA (1999) indica que esta metodología se usa para determinar zonas de compactación, u horizontes densos y que la compactación produce una severa restricción del crecimiento de las raíces y que es causada primordialmente por el pisoteo de los animales, a medida que la resistencia a la penetración del suelo aumenta disminuye el crecimiento de las raíces de las plantas.

En la tasa de infiltración del suelo fueron de 2.35 mm/h en pastos, 5.14 mm/h en purma y 4.59 mm/h en bosque. Monsalve (1999) reporta que: los suelos que son del grupo A tienen una infiltración rápida (8-12 mm/h)

con un drenaje perfecto, suelos del grupo B tienen una infiltración moderada (4-8mm/h) drenaje bueno o moderado, los suelos del grupo C tienen una infiltración Lenta (1-4 mm/h) drenaje imperfecto y los suelos del grupo D tienen una infiltración muy lenta (0-1 mm/h) drenaje muy pobre.

Asimismo Villón (2002), afirma que el tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y comparación, su contenido de materia orgánica, etc., son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo, predominante en la cuenca. En un suelo arcilloso compacto tiene menor velocidad de infiltración a diferencia de un suelo franco arenoso.

Carlos *et al.*, (2014) mencionan que el pastoreo tiene un efecto pronunciado sobre la densidad aparente del suelo, la porosidad, la infiltración, almacenamiento de agua, que la compactación reduce los poros del suelo que resulta en una disminución de la tasa de infiltración. Así también el tipo de cobertura vegetal, influye directamente en el movimiento del agua dentro del suelo debido a su naturaleza, el tipo de vegetación que la conforma y el espesor de la misma, el tipo de uso de tierras.

Durante un período de dos años de observación, noviembre 2014 a octubre 2016 la temperatura (°C) promedio fue 18.49°C distribuida desde una mínima de 17.8°C y hasta una máxima de 19°C. La humedad relativa promedio alcanzo el 87.49 % con una mínima y máxima de 79.5 % y 92% de saturación de agua en el aire y, la lámina de agua precipitada (mm) promedio fue 227 mm, con una mínima de 66.8 mm y una máxima 448.70 mm. A esto González (2012) determina que no es notorio un incremento o disminución de la temperatura mínima, mientras que la temperatura máxima muestra un ligero crecimiento pero solo se da a lo largo de los años y que la tendencia de la temperatura en carpish es 19°C. Mientras que en la precipitación existe disminución en los meses de junio – agosto con 50 mm e incrementando en los meses de diciembre - febrero con precipitaciones hasta de 400 mm. En la humedad relativa mínima es de 85 % y una máxima de 98 %.

Estudios similares se tiene de Salinas (2005) donde obtuvo que la temperatura media anual en los bosques montanos húmedos de del carpish varía entre los 7° a 15 °C en la parte superior (2500 a 3500 m) y entre los 15 °C a 19°C en la parte inferior (1500 a 2500 m), no existen diferencias significativas de norte a sur; las temperaturas nocturnas son frescas, lo que permite la condensación de la humedad atmosférica sobre las hojas de las plantas en forma de rocío. La precipitación anual varía entre los 400 a 7000 mm lo que sugiere diferencias considerables intrarregionales y elevaciones; sin embargo latitudinalmente los cambios no son conspicuos, probablemente la mayor parte de los bosques reciben entre 1500 a 3000 mm anualmente.

Los datos de las estaciones meteorológicas señalan una marcada estacionalidad en la precipitación, hay una estación seca durante los meses mayo a setiembre y una húmeda de septiembre a mayo, la estacionalidad se debe a un cambio en la zona convectiva Amazónica y en la zona intertropical de convergencia; las fluctuaciones en la temperatura incrementan la humedad relativa; la presencia de neblina y mejora los efectos estacionales, sin embargo reduce la radiación solar (Salinas, 2005).

Además, Quispesivana (1996); citado por la Salinas (2005) Chinchao se distingue del tipo climático por: Clima de selva tropical (Af): se caracteriza por permanente humedad temperatura media anual superior 18°C y precipitación anual superior a 750mm. Este clima se presenta de la ruta Acomayo a Tingo María.

Según WALSH Perú S.A. (2010), la precipitación, humedad y temperatura promedio anual son 2348.0 mm, 88.7% y 14.4°C respectivamente, de acuerdo a los registros de la estación meteorológica de Carpish. La red hidrográfica en esta zona es dendrítica y sus tributarios son de recorrido corto con pendientes fuertes y la microcuenca de mayor extensión es la de Chinchao.

Durante este período en la estación hidrométrica de la quebrada Challana, se obtuvo un caudal anual total de 509.51 l/s y caudal medio anual de 43.54 l/s con períodos definidos de mayor contribución por las lluvias durante

los meses enero, febrero, marzo, abril y mayo y con menor contribución los meses de julio, agosto, setiembre y noviembre. Mientras que en el balance hídrico por Thornthwaite el caudal anual total es de 631.65 l/s y los caudales medios observados es de 64.41 l/s teniendo mayor contribución de precipitación en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo y con menor contribución en los meses de agosto, setiembre y noviembre.

Asimismo los caudales medios observados del balance hídrico por Holdridge es de 51.69 l/s y el caudal anual total es de 571.85 l/s teniendo mayor contribución de precipitación en los meses de diciembre, enero, marzo y abril y con menor contribución en los meses de julio, agosto y setiembre, como se muestra en el cuadro 15 y figura 13.

Benítez (1998) menciona que la estimación de los caudales mensuales, generalmente están sujetos a errores que pueden ser bastante grandes. Los métodos a utilizar dependerán de la zona en estudio, no existiendo una norma física que pueda establecerse. Lo que sí se puede hacer, es entregar algunas posibles soluciones que deberán ser experimentadas en cada caso, para aplicar aquellas que entreguen resultados más aceptables.

UNESO (1982) menciona que la precipitación, si bien teóricamente es fácil de medir puntualmente, por problemas de contorno e instalación. El agua captada por los instrumentos es diferente a la que cae realmente sobre el suelo en ese lugar. Por otra parte la variación espacial de la precipitación entre dos lugares cercanos, especialmente en zonas montañosas, puede ser grande. El cálculo de una precipitación media de una cuenca o zona extensa utilizando cualquier de los métodos existentes se encuentra afectada de un error más grande que el que afecta a la escorrentía.

El método de Thornthwaite determino en el período 1: precipitación total anual de 2,309.44 mm*año, evapotranspiración real 805.44 mm*año, con un coeficiente de escorrentía del 56.23%, en el período dos la precipitación total anual de 3,148.24 mm*año, evapotranspiración real 820.29 mm*año, con un coeficiente de escorrentía del 54.35%. Mientras que por el método de Holdridge

evapotranspiración real 1065.42 mm*año, con una escurrentía de 1246.63 mm*año y la condición de humedad en todo el año es Húmedo en el período 1 y en el período 2 evapotranspiración real 1100.97 mm*año, con una escurrentía de 2063.42 mm*año y la condición de humedad en todo el año es Húmedo. Ver figura 19 y 20 (Anexos)

Colunge y Legarda (1985) mencionan que el método de Thornthwaite se basa en los valores de los promedios mensuales de temperatura; presentan desventajas, ya que fueron deducidas para las regiones húmedas del oeste y parte central de los Estados Unidos y los promedios estacionales de temperatura en estas zonas templadas presentan una gran variación.

Colunge y Legarda (1985) mencionan que el método de Holdridge está basado en la biotemperatura media anual, esto es, la suma de las temperaturas medias mensuales superiores a 0°C divididos por 12, o sea, cuando las plantas realizan actividades biológicas. También en su fórmula incluye ciertos factores que modifican el tiempo que se estudia; para un año se usa el factor 59, 93; para un mes de 31 días el factor 5.0, para un mes de 30 días el factor de 4.84 y para uno de 28 días se usa 4.52.

Mientras que Cavelier (1991) citado por Otaña *et al* (2008) indica que el valor promedio de la evapotranspiración para bosques montanos bajos es de 1,225 mm*año⁻¹, con una gama entre 1,155 y 1,295 mm*año⁻¹. Este promedio es inferior al registrado en bosques húmedos tropicales de tierras bajas, donde la evaporación media es de 1,415 mm*año⁻¹.

Onern (1976) menciona que los bosques montano bajo tropical clasificado según el diagrama de Holdridge, tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la octava (0.125) y la cuarta parte (0.25) del promedio de precipitación total por año, lo que les ubica en la provincia de humedad: Superhúmedo.

Tulia y Gonzaga (1997) Afirman que cuando la medición de los términos del balance hídrico se hace en intervalos de tiempo relativamente largos, comenzando y analizando en condiciones secas, proporcionan estimaciones precisas de la evapotranspiración. De aquí surge el concepto de año hidrológico, definido como un intervalo de tiempo de aproximadamente de un año sobre el cual se pueden hacer estimaciones consecutivas y precisas del consumo de agua para propósitos de comparación.

El coeficiente puvliotérmico de Emberger obtenido durante los períodos de evaluación es: $Q = 6711.85$, según el índice de se encuentra como un clima húmedo, el índice de aridez de Lang tiene un valor de $P_f: 147.33$ considerando un clima húmedo de grandes bosques, el índice de Martonne tiene un valor de $I_a: 95.62$ considerando un clima per húmedo, mientras que el índice de mediterraneidad tenemos que es un clima no mediterráneo, en el índice de continentalidad Gorezynski se tiene un $IC: -8.82$ teniendo un clima Híper Oceánicos – Continental y en el índice de Oceanidad – Kerner se tiene un $K: 42.105$ teniendo un clima oceánico. Como se detalla en el cuadro 14.

Castri y Hajek (1981) manifiestan que cuando la investigación es de carácter descriptivo en cuanto a los estudios climatológicos no se puede dar una conclusión completa y validar sobre los índices climáticos estudiados, ya que se tiene que considerar el tiempo de evaluación, la constancia y tener todos los antecedentes de los años anteriores. Pese a esto se afirma que el índice climático que se ajusta a la realidad es el índice de aridez de Lang por ser utilizado universalmente en estos tipos de estudio como factor pedogenético ya que mantiene la unidad del complejo clima-suelo.

Almendro (2010) manifiesta que en el índice de Lang las temperaturas más cercanas a los 0°C , a partir de dicha temperatura el autor considera que la vida vegetativa es nula y estaríamos ante los desiertos fríos. Y en el índice de Martonne va depender del área, ubicación, latitud y zona de vida para determinar si es un clima mediterráneo o no.

VI. CONCLUSIONES

1. La microcuenca Challana tiene una superficie de 90 Ha, se clasifica como pequeña, con factor de forma bajo, de forma alargada y la pendiente del cauce principal es de 27.13 teniendo una mayor velocidad de escurrimiento y menor capacidad de infiltración. La textura su predominio es franco arcillo arenoso, la resistencia a la penetración del suelo promedio es 1.8 kg/cm², los suelos de 1, 3 y 5 años son suelos duros o compactos, mientras mayor de 30 años tienen resistencia de suelos suaves. La tasa de infiltración del suelo fue de 2.35 mm/h en pastos, 5.14 mm/h en purma y 4.59 mm/h en bosque, con drenaje imperfecto propio de usos de suelos pastos y un buen drenaje en purma y bosques.
2. Durante los dos años de evaluación se tiene que la temperatura (°C) promedio fue 18.49°C distribuida desde una mínima de 17.8°C y hasta una máxima de 19°C. La humedad relativa promedio alcanzo el 87.49 % con una mínima y máxima de 79.5 % y 92% de saturación de agua en el aire y, la lámina de agua precipitada (mm) promedio fue 227 mm, con una mínima de 66.8 mm y una máxima 448.70 mm. Predominando un clima de bosque muy húmedo pluvial – montano bajo tropical.
3. El caudal medio anual de la estación hidrométrica de la quebrada Challana, es de 43.54 l/s, método Thornthwaite 64.41 l/s y Holdridge 51.69 l/s, afirmando que no existió alteración en su caudal, ni déficit de agua durante los meses secos, se mantuvo la condición de humedad en todo el período esto se debe a la contribución de la precipitación. Respecto al balance hídrico con el método de Thornthwaite tiene una evapotranspiración real total anual de 1915.97 mm y una precipitación total anual de 2728.64 mm durante dos años de observación se tiene un período húmedo de abundante lluvias, sin tendencia a sufrir déficit o una sequía. El

almacenamiento de agua en el suelo no muestra cambios, teniendo un buen excedente de agua. En el balance hídrico con el método de Holdridge se tiene una evapotranspiración real total anual de 1065.42 mm, con una esorrentía de 1246.63 mm período 1, teniendo una condición de humedad en los dos períodos Húmedo. Es decir no existió alteraciones respecto al balance hídrico se mantuvo la excedencia de agua en los dos periodos.

4. La microcuenca Challana tiene un clima húmedo-per húmedo de grandes bosques con influencia oceánica - continental. Dado que la investigación es de carácter eminentemente descriptivo de los estudios climatológicos y debido a que los datos existentes son muy pocos y falta información fidedigna continúa de los años anteriores. Se determinó un esbozo preliminar de los índices climáticos de la microcuenca Challana. Y finalmente la microcuenca Challana muestra en su diagrama ombrotérmico que la temperatura se encuentra por debajo de la precipitación y la humedad relativa se mantuvo constante en el transcurso de los dos períodos. Asimismo la amplitud termina es de (1.1°C).

VII. RECOMENDACIONES

- Seguir realizando estudios en variaciones climáticas, hídricas en todos los meses del año, para poder realizar una tendencia y generar un modelo climático e hídrico.
- Continuar evaluando la precipitación, temperatura, velocidad del viento, evaporación, infiltración del suelo, resistencia a la penetración del suelo en cada unidad vegetativa.
- Contar con datos históricos mayores a 5 años para poder realizar una caracterización climática y un modelo hídrico de toda la microcuenca.
- Realizar mayor cantidad de aforos para establecer una curva de descarga del caudal con mayor precisión y cercana a la realidad.
- Realizar un estudio analítico de isoyetas con datos de precipitación.
- Realizar monitoreos para determinar cambios o tendencias de las variables microclimáticas en la localidad de caracol.

ABSTRACT

The study took place with the purpose of identifying the climatic characteristics and the hydric balance of the Challana Huánuco watershed, where the objectives were to determine the principal physical characteristics of the watershed and the soil, to analyze the distribution of the climatic variables, to determine the average discharge, the climatic indices and the ombrothermic diagram. The research is clearly descriptive, the methodology used was based on doing the morphometric characterization of the watershed, textural classification, infiltration and soil use, the distribution of the climatic variables such as precipitation, temperature and relative humidity, to later apply the climatic indices, the average flow rate was estimated using the Thornthwaite and Holdridge methodologies. The obtained results were that the Challana watershed has a surface of ninety acres, a perimeter of 4.799 km, classifying it as small, the factor is of a low form, of an elongated form and its dependence on the principal channel is 27.13% with a greater runoff velocity and lower infiltration capacity, the watershed is categorized in the B group, the predominant soils are loamy and loamy clay sand, the average temperature is 18.49°C, the relative humidity reached an average of 87.49 % and the average precipitated water sheet (mm) was 227 mm on average, with a minimum of 66.8 mm and a maximum of 448.70 mm. The climate is predominantly that of a rainy, very humid, forest – low mountain tropics. The average annual flow rate is 42.4 l/s, the average flow rates observed from the average annual hydric balance, by Thornthwaite is 52.6 l/s and by Holdridge is 47.6 l/s, affirming that no alteration

in its flow rate exists, nor does a deficit of water during the dry months. With respect to the hydric balance using the Thornthwaite method, the storage of water in the soil does not show changes, having a good surplus of water, the same as with the Holdridge method. With regards to the climatic index, the Challana watershed has a humid climate – according to the humidity of large forests with ocean – continent influences and finally in the ombrothermic diagram, the temperature is less than the precipitation and the relative humidity stayed constant for the course of the evaluation period.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMENDRO, J. 2010. El clima en el sector central de tierra de barros. Actas de la II jornada. Centro universitario Santa Ana. 113-127 p.
- ALMOROX, J. 2007. Clasificación e índices climáticos. Departamento de edafología, Universidad Politécnica de Madrid.
- ARIAS, J., MARULANDA, A. 2010. Control y medida de nivel de líquido por medio de un sensor de presión diferencial. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnología. Programa de tecnología Eléctrica Pereira. 21 p.
- AVALOS, G., ORIA, C., LEON, O., JACOME, G., ACUÑA, D., LLACZA, A., CUBAS, F. 2013. Cambio climático en la cuenca del río Mantaro, Junín. Proyecciones para el 2030. Proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los andes tropicales, (Ed). Editorial SENAMHI. Lima. 94 p.
- BAUTISTA, F., DÍAZ-CASTELAZO, C., GARCÍA-ROBLES, M. 2009. Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10: 185 – 197 p.
- BENITEZ, G. 1998. Taller de hidrología aplicada a la resolución de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. Ministerio de Obras públicas. Chile, Santiago. 140 p.
- BUSTAMANTE, E. 1993. Nociones de Hidrología. Publicaciones de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

- BRUIJNZEEL, L.A. 2004. Los bosques tropicales y los servicios ambientales. Acaso los arboles impiden ver el terreno. Ed. Facultad de hidrología y las ciencias de la vida y la tierra Vrije Iniversiteit Amsterdam. Ámsterdam, Holanda.
- CALZADA, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Cornell University. 3era. Ed. Editorial Jurídica. 643 p.
- CAMPOS, A. 1988. Procesos del ciclo hidrológico. San Luis de Potosí, México. 64 p.
- CARLOS, G., MUNIVE, R., MALLMA, T., ORIHUELA, C. 2014. Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del rio Shullcas. Universidad Continental. 12 p.
- CARMEN, J., CUESTA, F. 2012. Geografía física y ecosistemas de los andes tropicales. Ed. Inter-American Institute for Global Change Research. París.
- CASTI, F., HAJEK, E. 1981. Índices puvliotérmicos como base para una clasificación del país en zonas bioclimáticas. Sección ecología y climatología. Universidad de Chile, Santiago. Chile 19-23 p.
- COLUNGE, B., LEGARDA, B. 1985. Evaluación de varios métodos para calcular la evaporación en algunas regiones de Colombia. Rev. De ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Colombia. Vol. 9. Núm 1 y 2: 120-135 p.
- CUADRAT, J., FERNANDA, M. 2011 Climatología. 6.a Ed. Catedra. Madrid. 19 p.
- DAUBENMIRE, R. 1993. Tratado de autoecología de plantas. 5ta. Ed. Omega. Madrid, España.

DELGADILLO, A., MORENO, A. [En línea]:
(<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/HIDRO/MORFOMETRIA20CUE/NCAS.pdf>. Abr.2018)

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA (USDA), 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.

DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, informe12 ene. 2017).

GONZÁLEZ, A. 1999. Fundamentos de Hidrología de Superficies. Loja, Ecuador 1999.

GONZÁLES, O. 2012. Ecología y Conservación de aves en el bosque Montano de Huánuco. Informe final. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. 107 p.

HAIR, J. 1987. Medidas de diversidad ecológica, Manual de técnicas de gestión de vidas silvestres tradicionales. 4ta. Ed. U.S.A.

HERRERÍAS, Y., BENÍTEZ, J. 2005. Consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Pp. 114-121. En: Sánchez, O., E. Peters, R Márquez, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (Eds.). Temas sobre restauración ecológica. Diplomado en restauración ecológica. 2005. INE. México.

HUMBERTO, C. 2010. Estudio microclimáticos de un bosque natural de asociación pino-roble en el Municipio de la Reina, Departamento de Chalatemango. El Salvador 33 p.

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES, 2004. Manual de Método de laboratorio análisis del suelo.

- LOPEZ, E. 2012. Silvicultura en los bosques templados de México, para optar el Título de Ingeniero Forestal, Universidad Autónoma Agraria Narro. Coahuila, México 80 p.
- JIMENEZ, F. 2005. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales, CATIE Recursos, Ciencia y decisión. Chiapas México.
- MONSALVE, G. 1999. Hidrología en la ingeniería. 2° edic. Ed. Grupo Alfa Omega. México D.F., México. 358 p.
- MUÑOZ, R., RITTER, A. 2005. Hidrología agroforestal. Edic. Mundi-prensa. Gobierno de Canarias 268 p.
- NAJERA, C. 2000. Efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de Abies-Pseudotsuga-Pinus, en Artega, Coahuila. Tesis de Maestría en ciencias Forestales. UAAAN. Buenavista, Satillo, Coahuila, México. 173 p.
- ONERN. 1976. Mapa ecológica del Perú .oficina nacional de evaluación de recursos naturales. República del Perú. Lima - Perú.
- ORDOÑEZ, J. 2001. Cartilla Técnica Aguas subterráneas-Acuíferos. Foro peruano para el agua 1° edic. Ed. Sociedad geográfica de Lima. Lima., Perú. 44 p.
- OTAYA, L.A., LEON, G.L. & BUSTAMANTE, G.J. 2007. Estimación de la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencia Agropecuarias, Medellín- Colombia.
- PALOMINO, T., 2015. Calidad de los suelos en vegetación de diferentes edades e la localidad Caracol-Distrito de Chinchao - Huánuco. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales

Renovables Mención Conservación de suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María. 92 p.

ROA, C., 2012. Evaluación de la humedad del suelo, para el Proyecto de Adaptación al cambio climático en acueductos de parcelas. Cinara, Colombia 10p.

SALINAS, A. 2005. Estudio taxonómico del orden Scrophulariales (Magnoliopsida) en los Bosques Montanos Húmedos de Carpish-Dpto. Huánuco, Perú. Tesis para optar el título profesional de Biólogo con mención en Botánica. Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 150 p.

SANCHEZ, J. 2001. Conceptos de Evapotranspiración, factores que influyen en la evapotranspiración y medidas de medición. Instituto de dasonomía tropical estación experimental de agricultura de los Estados Unidos, Rio Piedra, Puerto Rico. 56 p.

TULIA, C., GONZAGA, L. 1997. Estudio del balance hídrico de las microcuencas la beta y la cubero de piedras blancas, Antioquia. Crónica Forestal y del medio ambiente, Vol.12, numero 1. Universidad Nacional de Colombia. 15p.

UNESCO. 1982. Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de américa del sur. Montevideo. Uruguay.

VASQUEZ, A. 2000. Manejo de Cuencas Alto andinas. 2° edic. Lima, Perú., 516 p.

VILLON, M. 2002. Hidrología. 2° edic. Ed. Villón. Lima, Perú.

WALSH PERÚ S.A. 2010. Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla. Volumen I EIA. Lima, Perú

ANEXO

Anexo 1. Balance hídrico de la microcuenca Challana método de Thornthwaite

Cuadro 22. Balance hídrico de la microcuenca challana primer período por el método de Thornthwaite

Datos de la Microcuenca Challana	Días	Período 2014	ETP (mm)	ETPc FK	P mm	P-ETP mm	Nac mm	ARM mm	ALT mm	RET mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm	ESCO mm	Q Lts/s		
	30	NOV	70.4	1.05	73.96	197.2	123.24	0	230.94	0.0	0	73.96	0.0	123.24	61.62	21.49	
	31	DIC	64.1	1.10	70.49	270	199.51	0	230.94	0.0	0	70.49	0.0	199.51	130.57	44.07	
	31	ENE	63.4	1.08	68.46	339.6	271.14	0	230.94	0.0	0	68.46	0.0	271.14	200.85	67.79	
Área (Ha)	90.4	28	FEB	62.8	0.97	60.83	183.6	122.77	0	230.94	0.0	0	60.83	0.0	122.77	161.81	60.47
Área (M2)	90400	31	MAR	66.2	1.05	69.47	259.2	189.73	0	230.94	0.0	0	69.47	0.0	189.73	175.77	59.32
CAD	230.944	30	ABR	64.8	0.99	64.12	310.2	246.08	0	230.94	0.0	0	64.12	0.0	246.08	210.92	73.56
se trabajó al 10 % de la precipitación		31	MAY	64.1	1.01	64.72	212	147.28	0	230.94	0.0	0	64.72	0.0	147.28	179.10	60.45
	30	JUN	62.8	0.96	60.20	90.4	30.20	0	230.94	0.0	0	60.20	0.0	30.20	104.65	36.50	
Latitud	-9.63	31	JUL	62.0	1.00	62.03	66.8	4.77	0	230.94	0.0	0	62.03	0.0	4.77	54.71	18.47
	31	AGO	68.3	1.01	68.97	69.4	0.43	0	230.94	0.0	0	68.97	0.0	0.43	27.57	9.31	
	30	SEP	69.0	1.00	69.00	105.84	36.84	0	230.94	0.0	0	69.00	0.0	36.84	32.21	11.23	
	31	OCT	69.8	1.05	73.20	205.2	132.00	0	230.94	0.0	0	73.20	0.0	132.00	82.10	27.71	
		TOTAL	787.4		805.44	2309.44	1504.00	0.00	0.00	0.0		805.44	0.0	1504.00	1421.89	490.37	

*Elaboración propia

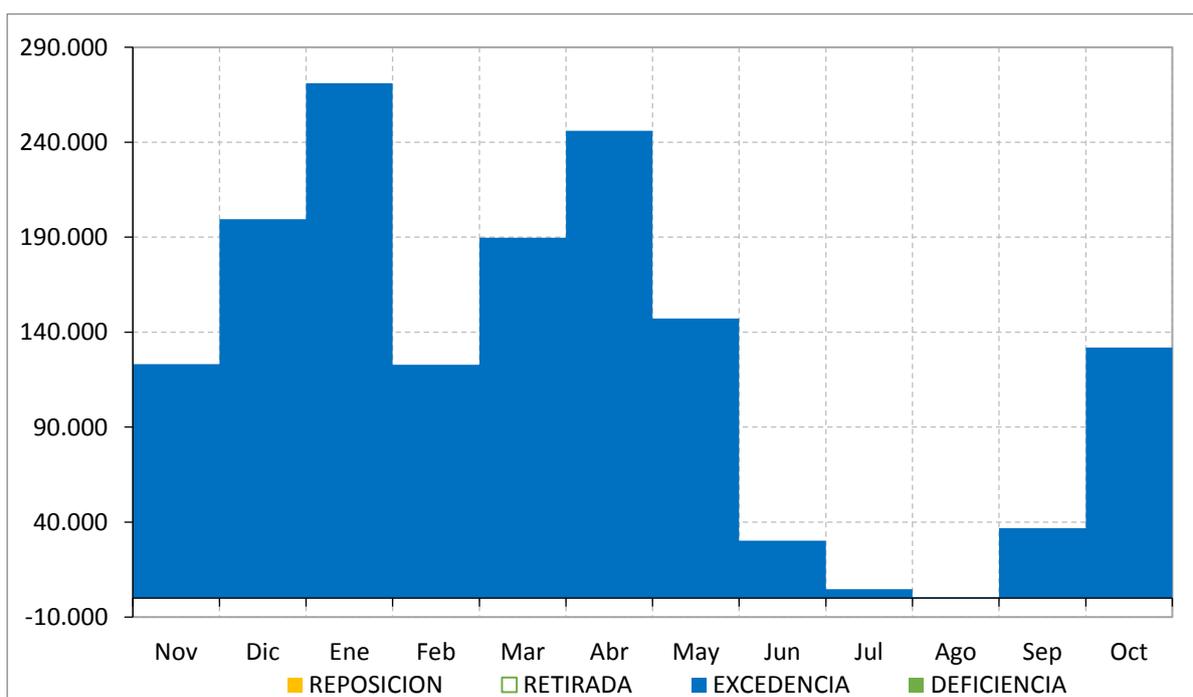


Figura 18. Excedencia de agua período 1 método de Thornthwaite

Cuadro 23. Balance hídrico de la microcuenca segundo período por el método de Thornthwaite

Datos de la Microcuenca Challana		DIA S	Periodo 2016	ETP mm	ETPc FK mm	P mm	P-ETP mm	NAC mm	ARM mm	ALT mm	RET mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm	ESCO mm	Q LTs/s	
		30	NOV	69.22	1.05	72.7	208.3	135.6	0	314.8	0	0	72.68	0	135.62	67.8	23.65
		31	DIC	63.50	1.1	69.9	360.5	290.6	0	314.8	0	0	69.86	0	290.64	179.2	60.49
		31	ENE	69.22	1.08	74.8	409.5	334.7	0	314.8	0	0	74.75	0	334.75	257.0	86.74
Área (Ha)	90.4	28	FEB	69.22	0.97	67.1	448.7	381.6	0	314.8	0	0	67.14	0	381.56	319.3	119.31
Área (M2)	9040	31	MAR	69.22	1.05	72.7	352	279.3	0	314.8	0	0	72.68	0	279.32	299.3	101.02
CAD	314.84	30	ABR	67.05	0.99	66.4	404.2	337.8	0	314.8	0	0	66.38	0	337.82	318.6	111.10
se trabajó al 10 % de la precipitación		31	MAY	67.77	1.01	68.4	311.8	243.4	0	314.8	0	0	68.44	0	243.36	281.0	94.83
Latitud	-9.63	30	JUN	61.43	0.96	59.0	151.4	92.5	0	314.8	0	0	58.97	0	92.47	186.7	65.12
		31	JUL	64.21	1	64.2	85.9	21.7	0	314.8	0	0	64.21	0	21.69	104.2	35.17
		31	AGO	65.62	1.01	66.3	80	13.7	0	314.8	0	0	66.27	0	13.73	59.0	19.90
		30	SEP	67.77	1	67.8	146.8	79.0	0	314.8	0	0	67.77	0	79.03	69.0	24.06
		31	OCT	67.77	1.05	71.2	189.1	117.9	0	314.8	0	0	71.15	0	117.95	93.5	31.55
TOTAL						820.29	3148.2	2327.9	0	0	0	820.29	0	2327.95	2234.5	772.94	

*Elaboración propia

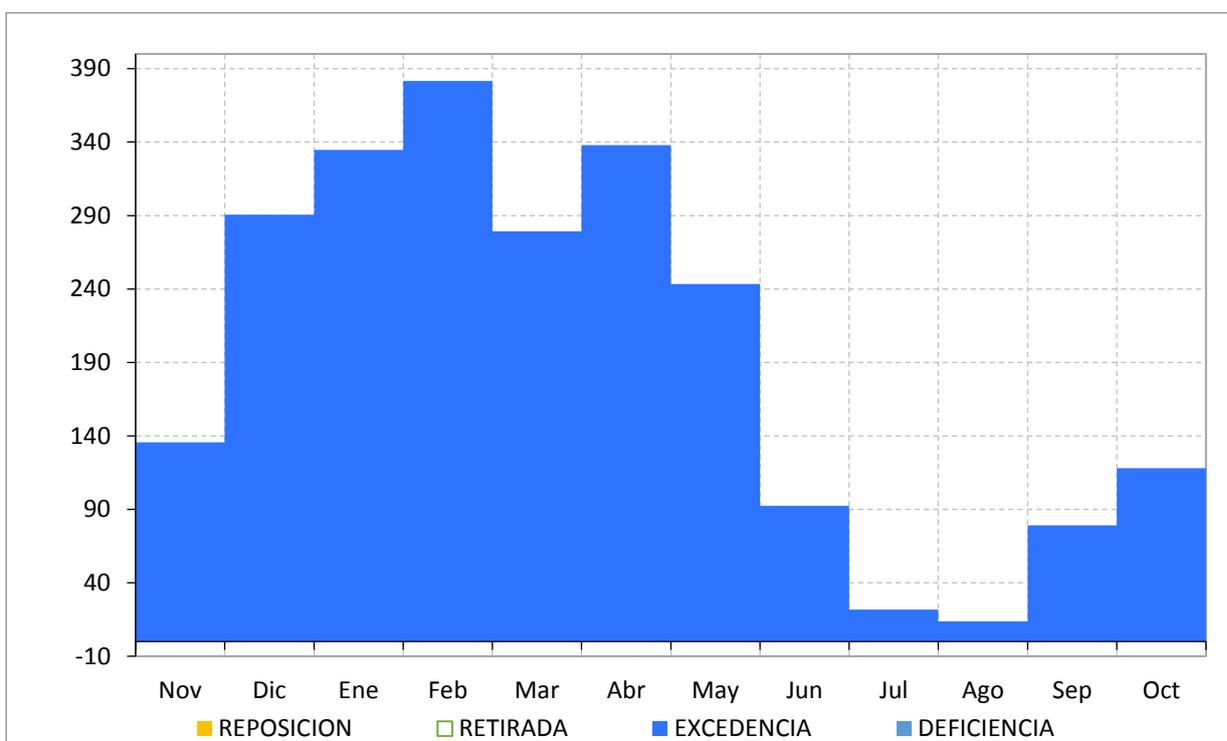


Figura 19. Excedente de agua período 2 método de Thornthwaite

Cuadro 24. Balance hídrico de la microcuenca Challana primer período método de Holdridge

Promedio de largo térmico en °C o mm	MESES DEL AÑO												TOTAL ANUAL
	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	
Número de días del mes	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
CTE según los números de los días	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
1. Temperatura (°C)	19.00	18.10	18.00	17.90	18.40	18.20	18.10	17.90	17.80	18.70	18.40	18.60	
2. Biotemperatura (°C)	18.00	18.35	17.85	18.00	18.15	18.25	17.75	17.67	17.44	17.84	18.80	18.90	
3. Evapotranspiración Potencial (mm)	87.12	91.75	89.25	82.08	90.75	88.33	88.75	85.50	87.20	89.20	90.99	94.50	1065.42
4. Evapotranspiración Climias Secos (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5. Precipitación (mm)	197.20	270.00	339.60	183.60	259.20	301.10	212.00	90.40	66.80	69.40	105.84	205.20	2300.34
6. Evapotranspiración Real (mm)	87.12	91.75	89.25	82.08	90.75	88.33	88.75	85.50	87.20	89.20	90.99	94.50	1065.42
7. Exceso de Precipitación (mm)	110.08	178.25	250.35	101.52	168.45	212.77	123.25	4.90	0	0	14.85	110.70	1275.12
8. Recarga de Humedad del Suelo (mm)	60.60										14.85	25.35	
9. Agotamiento de Humedad de Suelo (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.40	19.80	0.00	0.00	40.20
10. Humedad Almacenada en el suelo fin de mes (TA = 138 mm)	290.63	230.03	230.03	230.03	230.03	230.03	230.03	230.03	209.63	189.83	204.68	230.03	2735.05
11. Escorrentía Total (mm)	110.08	178.25	250.35	101.52	168.45	212.77	123.25	4.90	2.45	1.23	8.04	85.35	1246.63
12. a) Deficiencia total de humedad en el suelo: fin de mes (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	20.40	40.20	4.95	0	60.60
12. b) Deficiencia total de humedad en el suelo: fin de mes (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13. Deficiencia de Precipitación (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-20.40	-19.80	0.00	0.00	
14. Condición de Humedad (mm)	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	
Relación de Evapotranspiración Potencial (mm)	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	88.79	

*Elaboración propia

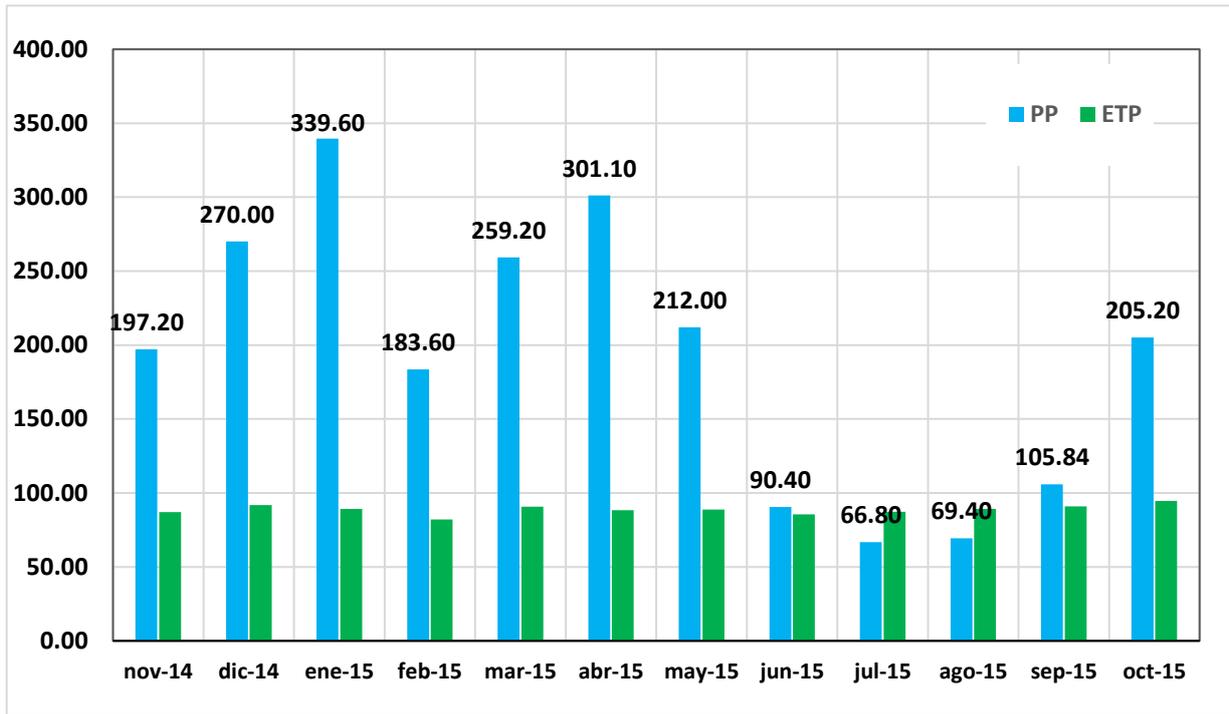


Figura 20. Precipitación y evapotranspiración período 1 método de Holdridge

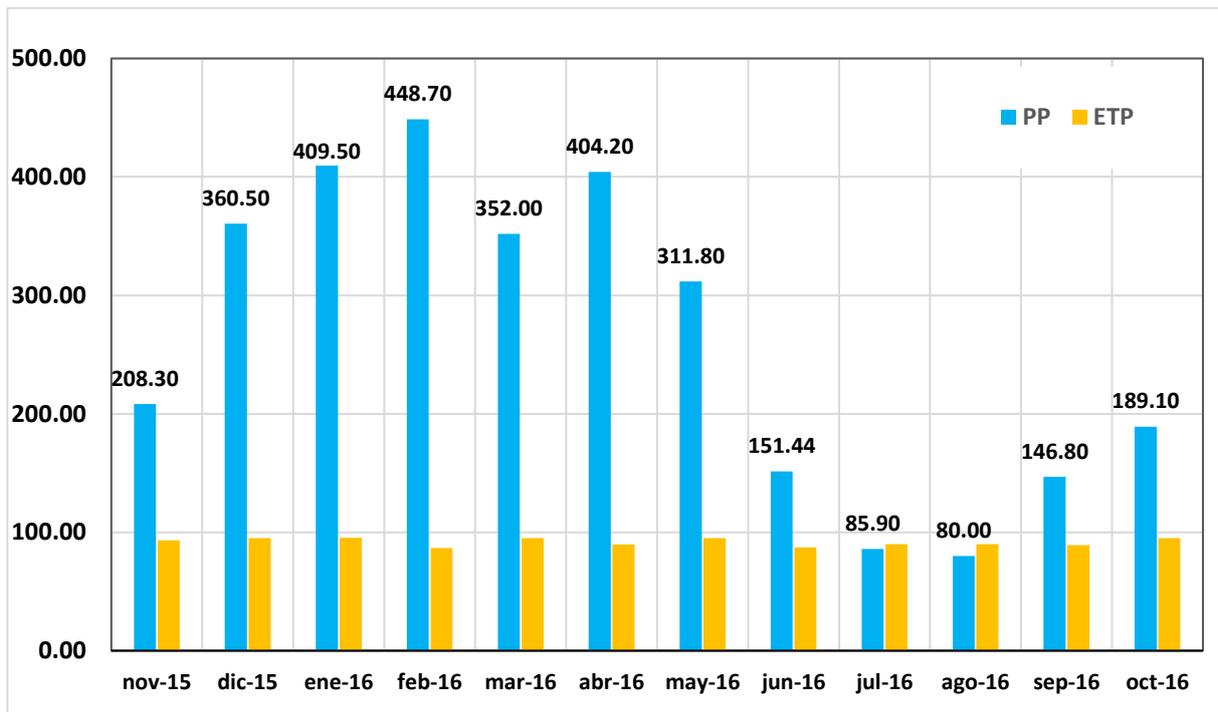


Figura 21. Precipitación y evapotranspiración período 2 método de Holdridge

Cuadro 25. Balance hídrico de la microcuenca challana segundo período método de Holdridge

PROMEDIO DE LARGO TÉRMINO EN °C o mm	MESES DEL AÑO												TOTAL ANUAL
	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	
Número de días del mes	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
CTE según los números de los días	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
1. Temperatura (°C)	19.00	18.20	19.00	19.00	19.00	18.70	18.80	17.90	18.30	18.50	18.80	18.80	
2. Biotemperatura (°C)	19.26	19.00	19.05	19.00	19.03	18.50	19.00	18.00	18.00	18.00	18.40	19.00	
3. Evapotranspiración Potencial (mm)	93.22	95.00	95.25	86.64	95.15	89.54	95.00	87.12	90.00	90.00	89.06	95.00	1100.97
4. Evapotranspiración Climáticas Secas (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5. Precipitación (mm)	208.30	360.50	409.50	448.70	352.00	404.20	311.80	151.44	85.90	80.00	146.80	189.10	3148.24
6. Evapotranspiración Real (mm)	93.22	95.00	95.25	86.64	95.15	89.54	95.00	87.12	90.00	90.00	89.06	95.00	1100.97
7. Exceso de Precipitación (mm)	115.08	265.50	314.25	362.06	256.85	314.66	216.80	64.32	0	0	57.74	94.10	2061.37
8. Recarga de Humedad del Suelo (mm)											43.64	25.35	
9. Agotamiento de Humedad de Suelo (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	10.00	0.00	0.00	14.10
10. Humedad Almacenada en el suelo fin de mes (TA = 189 mm)	314.82	314.82	314.82	314.82	314.82	314.82	314.82	314.82	310.72	300.72	314.82	314.82	3759.69
11. Escorrentía Total (mm)	115.08	265.50	314.25	362.06	256.85	314.66	216.80	64.32	32.16	16.08	36.91	68.75	2063.42
12. a) Deficiencia total de humedad en el suelo: fin de mes (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	4.10	14.10	0	0	18.20
12. b) Deficiencia total de humedad en el suelo: fin de mes (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13. Deficiencia de Precipitación (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.10	-10.00	0.00	0.00	
14. Condición de Humedad (mm)	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	HÚMEDO	
Relación de Evapotranspiración Potencial (mm)	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	91.75	

*Elaboración propia

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 22. Vegetación herbácea menor de un año



Figura 23. Estación meteorológica automática (EMA).



Figura 24. Estación meteorológica automática (EMA).



Figura 25. Realizando la calibración del Sensor de nivel de agua



Figura 26. Sensor de nivel de agua Odyssey instalado



Figura 27. Retirando la memoria interna para la descarga de datos



Figura 28. Se realizó el cambio de pañal, para evitar la sobrecarga de sedimentos



Figura 29. Colocación de los anillos de doble entrada para medir la infiltración



Figura 30. Realizando la medida de la calicata del suelo



Figura 31. Visualizando el tamaño de la estructura del suelo



Figura 32. Muestras de suelo para ser llevados al laboratorio



Figura 33. Malas prácticas ambientales que realizan en la microcuenca Challana