

## DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE, CHIMBORAZO ECUADOR

### DETERMINATION OF WATER AVAILABILITY IN THE GUAMOTE AND COMPUENE GORGE HYDROLOGICAL UNITS CHIMBORAZO - ECUADOR

Benito Mendoza<sup>1</sup>, Alexander Larrea<sup>2</sup>, Violeta Miranda<sup>3</sup>, Carlos Maldonado<sup>4</sup>, Daniela Brito<sup>5</sup>

{benitomendoza@unach.edu.ec<sup>1</sup>, alexander.larrea@unach.edu.ec<sup>2</sup>, nicole.miranda@unach.edu.ec<sup>3</sup>, carlosa.maldonado@unach.edu.ec<sup>4</sup>, danibritoarteaga@gmail.com<sup>5</sup>}

Fecha de recepción: 08/04/2026 / Fecha de aceptación: 24/04/2026 / Fecha de publicación: 30/04/2026

**RESUMEN:** La determinación de la oferta hídrica en unidades hidrográficas (UH) constituye un elemento fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos, especialmente en regiones andinas del Ecuador, donde el agua es un recurso estratégico para el desarrollo de actividades productivas y el abastecimiento de las poblaciones. Por esta razón, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la oferta hídrica en las unidades hidrográficas Guamote (UHG) y Compuene Gorge (UHCG), ubicadas en la provincia de Chimborazo. La metodología aplicada en esta investigación combinó un diseño descriptivo – experimental con un enfoque cuantitativo dividido en tres etapas fundamentales, en primer lugar, se realizó la caracterización morfológica de las unidades hidrográficas, una vez analizada el área de estudio se establecieron puntos de monitoreo en donde se ejecutaron pruebas de infiltración y recolección de muestras, considerando las diferentes categorías de uso y cobertura vegetal, con el fin de verificar las propiedades físicas del suelo y determinar la capacidad de campo. En la tercera etapa, se recopiló información meteorológica y a través del modelamiento hidrológico en el software HEC – HMS se logró estimar el caudal generado en las unidades hidrográficas en función de la precipitación registrada y de las pérdidas hidrológicas presentes en el sistema.

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-8555-8350>; +5930991391623

<sup>2</sup>Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-6727-7520>; +5930978983883

<sup>3</sup>Coordinación de Admisión y Nivelación, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0002-2478-3671>; +5930998191058

<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-7693-9692>; +593999216233

<sup>5</sup>BMTLAB Laboratorios e Ingeniería SAS, Riobamba – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-4761-4854>; +593990747444

Finalmente se obtuvo el caudal total de  $0,1568 \text{ m}^3/\text{s}$  que, mediante la resta del caudal medio de las concesiones ya utilizadas se obtuvo un caudal disponible de  $0,1393 \text{ m}^3/\text{s}$  en la UHG, a su vez, en la UHCG el valor del caudal ofertado fue de  $0,7685 \text{ m}^3/\text{s}$ . Estos resultados conforman un insumo técnico importante que facilitará la toma de decisiones y la gestión del recurso hídrico en la provincia de Chimborazo.

*Palabras clave: Caudal ofertado, escorrentía, precipitación, modelo hidrológico, infiltración*

**ABSTRACT:** Determining water availability in watersheds (UH) is a fundamental component of sustainable water resource management, particularly in the Andean regions of Ecuador, where water is a strategic resource for productive activities and supplying local populations. For this reason, the objective of this study was to determine water supply in the Guamote (UHG) and Compuene Gorge (UHCG) hydrographic units, located in the province of Chimborazo. The methodology applied in this research combined a descriptive – experimental design with a quantitative approach divided into three fundamental stages. First, a morphological characterization of the watersheds was conducted; once the study area was analyzed, monitoring points were established where infiltration tests and sample collection were performed, taking into account the different categories of land use and vegetation cover, in order to verify the physical properties of the soil and determine field capacity. In the third stage, meteorological data were collected, and through hydrological modeling using the HEC-HMS software, it was possible to estimate the flow generated in the watersheds based on recorded precipitation and the hydrological losses present in the system. Finally, a total flow rate of  $0.1568 \text{ m}^3/\text{s}$  was obtained, which, by subtracting the average flow rate of the concessions already in use, an available flow rate of  $0,1393 \text{ m}^3/\text{s}$  was obtained for the UHG; meanwhile, in the UHCG, the available flow rate was  $0,7685 \text{ m}^3/\text{s}$ . These results constitute an important technical input that will facilitate decision-making and water resource management in the province of Chimborazo.

*Keywords: Offered Flow rate, runoff, precipitation, hydrological model, infiltration*

## INTRODUCCIÓN

El ciclo hidrológico se define como la dinámica de las aguas en el planeta, del cual dependen los ecosistemas naturales y el hombre (1). En regiones altoandinas, la disponibilidad hídrica depende de una compleja interacción entre factores climáticos, geomorfológicos, edáficos e hidrológicos que determinan la capacidad de las cuencas para captar, almacenar y liberar agua (2).

En las últimas décadas la contaminación sobre el ambiente ha incrementado rápidamente, lo que ha incentivando el desgaste periódico de los recursos naturales (3). El agua representa uno de los servicios ecosistémicos más importantes, por esta razón es necesario identificar los factores que inciden con la contaminación hídrica, así también, la escasa información hidrológica en el país

resulta en investigaciones de poca precisión técnica en las categorías de balance hídrico, cálculo de la oferta y demanda hídrica.

En este contexto, la determinación de la disponibilidad hídrica constituye un aspecto clave para la gestión sostenible de los recursos hídricos (4). El análisis del balance hídrico permite cuantificar las entradas, salidas y almacenamiento de agua dentro de un sistema hidrológico, facilitando la evaluación de la oferta, frente a las demandas actuales y futuras (5). Diversos estudios han demostrado que la aplicación de modelos hidrológicos constituye una herramienta eficaz para simular los procesos de escorrentía y estimar la disponibilidad de agua en diferentes escalas espaciales, desde grandes cuencas hasta microcuencas (6).

En la región andina del Ecuador el conocimiento sobre el agua subsuperficial es limitado, demostrando que el recurso hídrico es agotable (7), esto se debe a un desbalance entre la demanda, la oferta, la legislación de los recursos naturales y los usos del agua (8), otro aspecto fundamental que interviene en el ciclo hidrológico es la escorrentía superficial, que se define como el excedente líquido que recorre una cuenca hidrográfica (9), el escurrimiento superficial tiene su recorrido desde las ramificaciones menores a los cauces secundarios y al final en el cauce principal hasta llegar a la desembocadura (10).

Por otra parte, existen procesos erosivos y desbordamientos provocados por arrastre de sedimentos, constituyendo una problemática para la gestión adecuada del recurso hídrico debido al bajo control que existe sobre el exceso de agua superficial (11).

Por ende, recopilar información hidrológica en coeficientes experimentales de unidades hidrográficas verificando su efectividad y replicabilidad, resulta de vital importancia para conocer el volumen de escorrentía superficial y subterránea en un medio determinado para gestionar adecuadamente el agua, además, el estudio de características hidráulicas como la conductividad hidráulica y porosidad genera bases sólidas sobre la gestión y aprovechamiento del recurso (12).

Entre los métodos más utilizados para la estimación de escorrentía superficial se encuentra el modelo Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN), desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (13). Este modelo ha sido ampliamente aplicado en estudios hidrológicos debido a su relativa simplicidad, su capacidad para integrar variables relacionadas con el uso, el tipo de suelo y las condiciones de humedad, y su eficacia para estimar la escorrentía directa generada por eventos de precipitación. Asimismo, herramientas de modelación hidrológica como el software Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) permiten simular el comportamiento hidrológico de cuencas mediante la combinación de datos meteorológicos, geomorfológicos y edáficos, lo que facilita el análisis del balance hídrico y la evaluación de escenarios de disponibilidad de agua (14).

En el ámbito regional, la necesidad de fortalecer los procesos de legislación ambiental y precautelar el abastecimiento hídrico ha provocado que se profundice el estudio de las cuencas

hidrográficas, especialmente las zonas altoandinas han adquirido mayor relevancia ya que varias unidades hidrológicas menores desempeñan funciones de abastecimiento y regulación de flujo en poblados aledaños y zonas productivas (2).

La unidad hidrográfica Guamote (UHG) y Compuene Gorge (UHCG) pertenecen a la cuenca del río Chambo y constituyen un sistema hídrico relevante por su función de captación y regulación de agua en zonas de alta montaña, además, existen varias actividades antrópicas que afecta la disponibilidad y la sostenibilidad del recurso hídrico.

Ante esta problemática, resulta fundamental generar información técnica que permita comprender el comportamiento hidrológico de estas unidades y estimar la disponibilidad de agua bajo condiciones actuales. La aplicación de metodologías de análisis hidrológico, combinadas con herramientas de modelación y bases de datos meteorológicas, permite obtener estimaciones confiables de la oferta hídrica y contribuir al desarrollo de estrategias de gestión sostenible del recurso (15).

De tal manera, el objetivo de este trabajo es delimitar los parámetros morfológicos e hidráulicos en las unidades hidrográficas Guamote (UHG) y Compuene Gorge (UHCG), así también, determinar las características físicas del medio, la cobertura vegetal y el uso de suelo, para dar valores cuantitativos en el cálculo de CN, y poder analizar la oferta hídrica en el sector mediante el método precipitación-escorrentía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un diseño descriptivo-experimental. En este sentido, el estudio se centró en el cálculo de la oferta hídrica y la determinación de los parámetros morfométricos e hidráulicos mediante el levantamiento y análisis de información primaria y secundaria correspondiente a la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) y a la Unidad Hidrográfica Compuene Gorge (UHCG).

El procedimiento que llevó a cabo el estudio fue de carácter cuantitativo dividido en tres fases. La primera etapa tuvo como objetivo específico delimitar y caracterizar geográficamente las unidades hidrográficas, para identificar su ubicación, el área, uso de suelo y la cobertura vegetal a través del análisis de imágenes y ortofotos de alta resolución obtenidas de satélites y ayudados de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El análisis se basó en la identificación geológica, elevación del terreno y las diferentes categorías de uso y cobertura del suelo logradas gracias a la clasificación supervisada. Además, con la ayuda de una clasificación no supervisada se verificó y contrastó la información, utilizando archivos geospaciales (shapefiles) como referencia, disponibles en bases de datos gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto Geográfico Militar (IGM).

Finalmente, una vez verificados y validados los datos espaciales obtenidos, se procedió a establecer los puntos de muestreo dentro de las áreas de estudio, con el propósito de recopilar la información necesaria para el análisis de los parámetros morfométricos e hidrológicos de ambas unidades hidrográficas.

En la segunda fase de la investigación se determinaron los parámetros de forma, relieve, red de drenaje e hidráulicos de la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) y de la Unidad Hidrográfica Compuene Gorge (UHCG). Para ello se realizaron actividades de campo (in situ) y análisis de laboratorio (ex situ) con el objetivo de evaluar la capacidad de infiltración y caracterizar las propiedades físicas del suelo. En los puntos de muestreo previamente establecidos mediante el análisis de imágenes satelitales se efectuaron pruebas de infiltración utilizando un Infiltrómetro de doble anillo. Además, se recolectaron muestras de suelo considerando las diferentes categorías de uso y cobertura presentes en el área de estudio. En cada punto de muestreo se extrajeron cuatro muestras mediante excavaciones realizadas cada 0,40 m hasta una profundidad aproximada de 1,5 m y con un diámetro de 0,50 m, utilizando un barreno. Las muestras obtenidas fueron debidamente etiquetadas y almacenadas en recipientes herméticos para evitar contaminación durante su traslado al laboratorio. Posteriormente, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, donde se determinaron propiedades físicas del suelo como textura, permeabilidad, porosidad y contenido de materia orgánica. La permeabilidad o conductividad hidráulica (k) se calculó mediante el uso de un permeámetro, aplicando la ley de Darcy para estimar el coeficiente de permeabilidad del suelo (16), mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q = \frac{H3 - H4}{L} * A * k \quad (1)$$

$$k = \frac{Q * L}{(H3 - H4) * A} \quad (2)$$

**Donde:**

Q: Flujo (m/s<sup>3</sup>)

L: Longitud de la muestra (m)

k: Coeficiente de permeabilidad (m/s)

A: Área de la muestra (m<sup>2</sup>)

H3: Altura superior de la capa filtrante

H4: Altura inferior de la capa filtrante

La textura del suelo se determinó con base en el triángulo textural del USDA sugerido por la FAO, mediante el método organoléptico. La porosidad se estimó mediante el método del cilindro, relacionando la densidad real y aparente del suelo a partir de la diferencia de peso entre las muestras húmedas y secas, considerando el volumen del cilindro utilizado, como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$P[\%] = 1 - \frac{D_a \left[ \frac{g}{cm^3} \right]}{D_r \left[ \frac{g}{cm^3} \right]} * 100 \quad (3)$$

**Donde:**

P: La porosidad total del suelo

Da: La densidad aparente del suelo

Dr: Densidad real de las partículas

Finalmente, el contenido de materia orgánica se determinó mediante el método de calcinación, en el cual las muestras fueron sometidas a diferentes rangos de temperatura en horno y mufla para calcular la pérdida de peso correspondiente al porcentaje de compuestos orgánicos presentes en cada muestra, ecuación cuatro:

$$OM = \left[ \frac{(\text{Peso a } 105^\circ\text{C}) - (\text{Peso de calcinación a } 550^\circ\text{C})}{\text{Peso a } 105^\circ\text{C}} \right] * 100 \quad (4)$$

En la tercera fase se realizó la estimación de la oferta hídrica mediante el modelamiento hidrológico utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica y el software HEC-HMS. Inicialmente, mediante el uso de ArcGIS se procesó la información espacial necesaria para la delimitación de las unidades hidrográficas y la generación de los parámetros requeridos para el modelo. Posteriormente, se incorporaron los datos de precipitación obtenidos de las estaciones meteorológicas seleccionadas dentro del área de estudio, con el propósito de analizar y simular los procesos de conversión de precipitación en escorrentía dentro de las microcuencas evaluadas (17). El proceso de modelación inició con el cálculo de los valores iniciales del número de curva (Curve Number, CN) y del almacenamiento máximo potencial de las microcuencas, los cuales fueron utilizados como parámetros de entrada en el modelo hidrológico. A partir de estos datos, el programa HEC-HMS permitió estimar el caudal generado en las unidades hidrográficas en función de la precipitación registrada y de las pérdidas hidrológicas presentes en el sistema representadas en la siguiente ecuación:

$$P_{sb}(i) = \frac{\sum_{j=1}^n P_{em}(i,j)w(j)}{\sum_{j=1}^n w(j)} \quad (5)$$

**Donde:**

Psb (i): Promedio de la precipitación uniforme

Pem (i, j): Precipitación en el intervalo i y estación j

w(j): Área de influencia de la estación J en la subcuenca de la unidad hidrográfica

n: Cantidad de estaciones meteorológicas con influencia en las unidades hidrográficas

Para el cálculo de estas pérdidas se utilizó el método del número de curva (CN), ampliamente empleado para estimar la escorrentía superficial en función del tipo de suelo, uso y condiciones de humedad antecedente utilizando las siguientes ecuaciones.

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \quad (6)$$

$$S = 254 * \frac{100}{CN} - 1 \quad (6)$$

**Donde:**

CN: Número de curva

S: Capacidad de campo

Finalmente, se formó el hidrograma unitario, que permitió representar la respuesta hidrológica a eventos de precipitación y estimar el caudal máximo generado.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten evidenciar el comportamiento hidrológico y la disponibilidad de agua en las unidades hidrográficas evaluadas en la provincia de Chimborazo. En esta sección se presentan y analizan los resultados de manera secuencial, siguiendo las tres fases metodológicas previamente descritas.

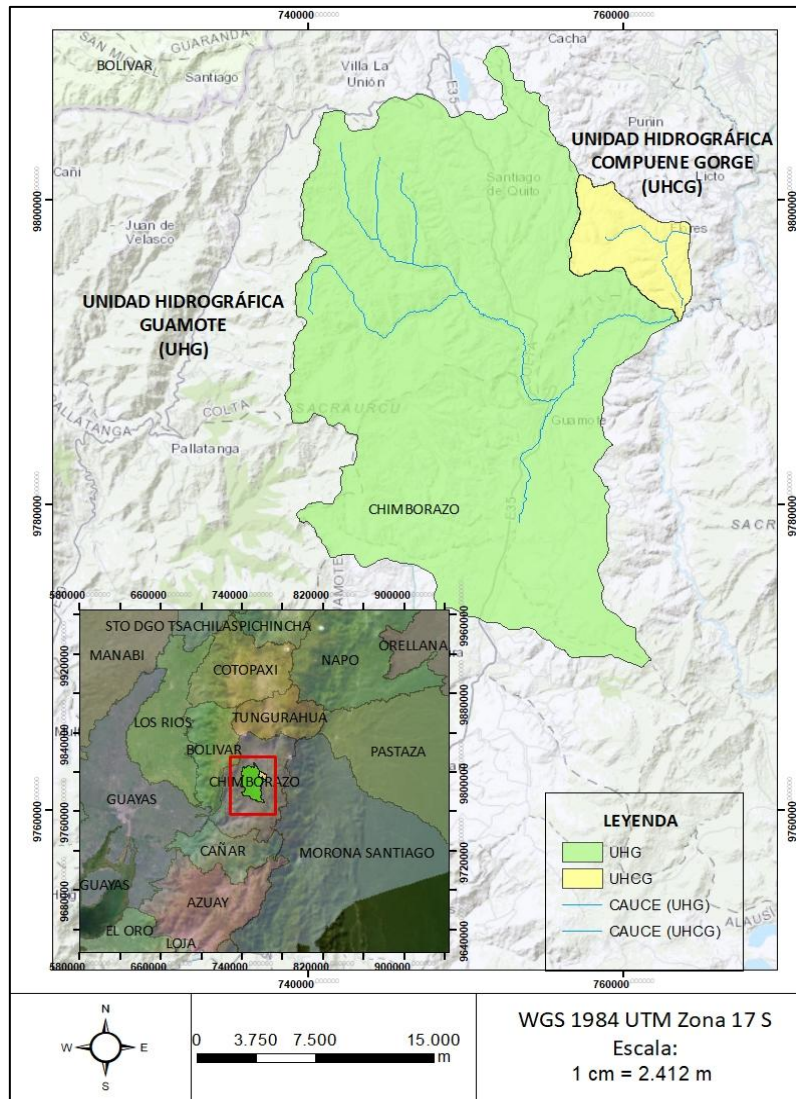
### **Delimitación y caracterización geográfica de las unidades hidrográficas Guamote y Compuene Gorge**

Las Unidades Hidrográficas estudiadas, se encuentran al sureste de la provincia de Chimborazo, la (UHG) se localiza dentro del cantón Guamote y la (UHCG) dentro del cantón Riobamba, por ende, sus límites son: al este con Guamote, al oeste con Colta, al norte con Riobamba y al sur con

el cantón Alausí. A continuación, se muestra en la Figura 1, la ubicación detallada del área de estudio.

El análisis morfométrico de la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) demostrado en la Tabla 1, ayuda a comprender la importancia que tiene la extensión, el perímetro, la relación de elongación, relación de circularidad, altura máxima, altura mínima, índice de compacidad, factor de forma y ancho medio de la cuenca con respecto a los parámetros de forma, por otra parte, la longitud del cauce principal, número de caudales y orden pertenecen a los parámetros de red, por último, la relación hipsométrica y la pendiente media de la cuenca se encuentran en los parámetros de relieve, para así, conocer la influencia de la relación precipitación escurrimiento que tienen las unidades hidrográficas. La (UHG) tiene un área es de 567,67 km<sup>2</sup>, es decir posee un tamaño intermedio, la longitud media de la cuenca es de 66,98 km; su índice de compacidad es de 1,43, por lo tanto, es una cuenca regular, esto representa que el tiempo de respuesta ante una precipitación es relativamente fluido. El factor de forma es de 0,32 por ende, la unidad hidrográfica tiene una buena respuesta en eventos de fuertes precipitaciones. La pendiente media de la cuenca es de 25 % por tanto, es de tipo escarpada. La relación de elongación es de 0,64 esto indica que la unidad hidrográfica tiene fuertes relieves y como se puede observar una pendiente más pronunciada, ya que se encuentra en una parte alta como es la zona de la parroquia Flores en el cantón Guamote. De acuerdo con la red de drenaje el río Guamote es de tercer orden (2).

**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**



**Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.**

**Fuente: Autor.**

**Tabla 1. Parámetros morfométricos de la UHG.**

Nombre	Sigla	Unidad	Valores
Área	A	Km <sup>2</sup>	567,67
Perímetro	P	Km	121,32
Índice de compacidad	Ic	Adim	1,43

**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**

Ancho medio	B	Adim	13,55
Longitud media	Lc	Km	66,98
Factor de forma	Ff	Adim	0,32
Relación de elongación	Re	Adim	0,64
Relación de circularidad	Rci	Adim	0,48
Pendiente media de la cuenca	Pmc	%	25,21
Longitud del cauce principal	Lc	Km	41,87
Orden de la red hídrica	Or	Adim	3
Sumatoria de los cauces	Lt	Km	82,39
Densidad de drenaje	Dd	Km-1	0,15
Numero de canales	Nt	Adim	15
Densidad hidrográfica	Dh	Km-1	0,026
Altura Máxima del río	Hmax	m.s.n.m	4800
Altura mínima del río	Hmin	m.s.n.m	2655
Pendiente media del cauce principal	Sm	Adim	51,2
Tiempo de concentración	Tc	h	1,02
Tiempo de Retardo	Tr	h	0,76
Relación hipsométrica	Rh	%	10

***Fuente: Autor***

La Figura 2, demuestra que la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) posee una pendiente escarpada, así como, una curva hipsométrica con un perfil tipo B.

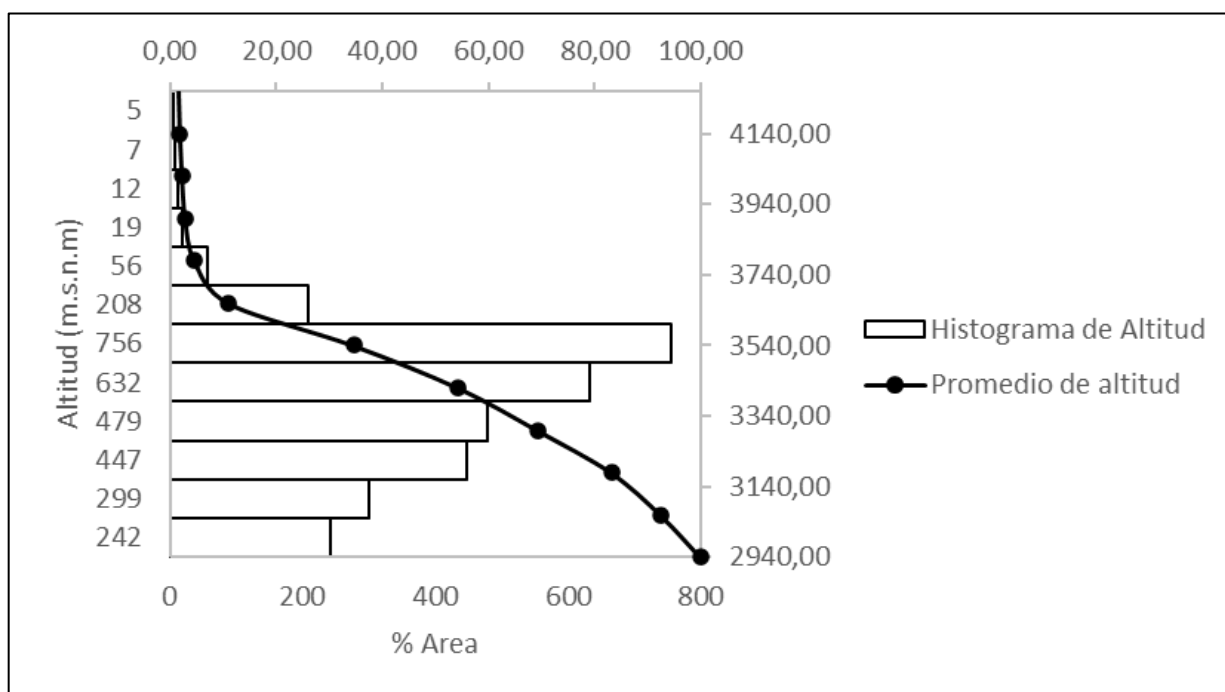


Figura 2. Curva hipsométrica de la UHG.

Fuente: Autor.

La Unidad Hidrográfica Compuene Gorge (UHCG) posee un área de 36,74 km<sup>2</sup>, es decir es una cuenca de tamaño pequeño.

La longitud del cauce principal es de 5,5 km. El índice de compacidad ( $I_c$ ) es de 1,29, el factor de forma (1,21), demostrando que se trata de una cuenca irregular (2).

La pendiente media del cauce principal ( $P_{mc}$ ) es escarpada, con un valor del 36%. La relación de elongación ( $R_e$ ) es de 1,24 es decir, la cuenca posee un relieve pronunciado. La relación de circularidad ( $R_{ci}$ ) de la (UHCG) demuestra que esta es irregular con un valor de 0,51.

De acuerdo con los parámetros de red de drenaje, la quebrada es de orden 3, con un tiempo de concentración ( $T_c$ ) de 10,57 minutos y un tiempo de retardo ( $T_r$ ) de 6,34 minutos (2).

Los parámetros de forma, relieve y red se muestran en la Tabla 2.

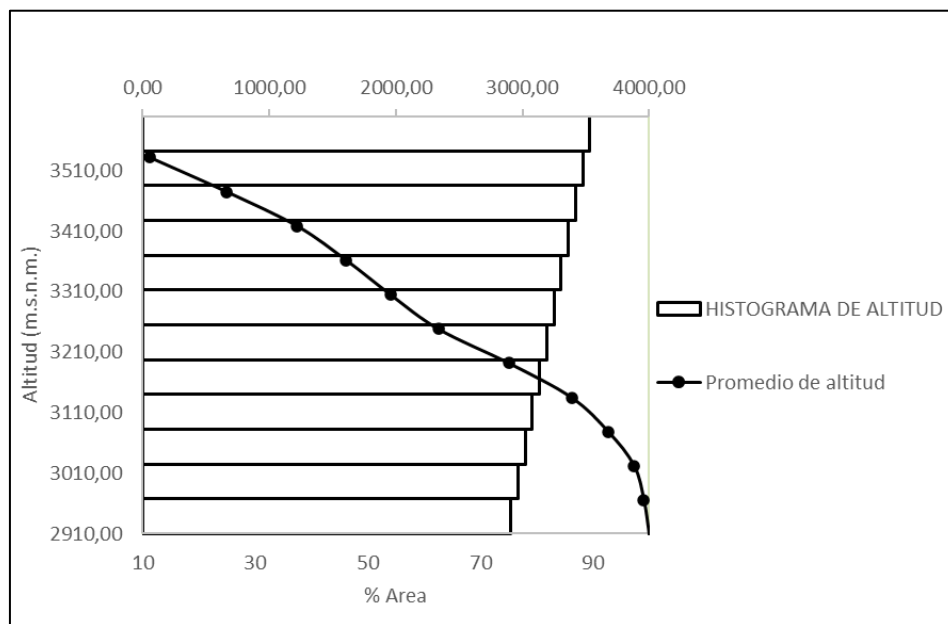
**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**

**Tabla 2. Parámetros morfométricos de la UHCG**

Nombre	Sigla	Unidad	Valores
Área	A	Km <sup>2</sup>	36,74
Perímetro	P	Km	29,95
Índice de compacidad	Ic	Adim	1,39
Ancho medio	B	Adim	6,68
Longitud media	Lc	Km	5,5
Factor de forma	Ff	Adim	1,21
Relación de elongación	Re	Adim	1,24
Relación de circularidad	Rci	Adim	0,51
Pendiente media de la cuenca	Pmc	%	34
Longitud del cauce principal	Lc	Km	5,5
Orden de la red hídrica	Or	Adim	3
Sumatoria de los cauces	Lt	Km	35,26
Densidad de drenaje	Dd	Km-1	0,96
Numero de canales	Nt	Adim	37
Altura Máxima del río	Hmax	m.s.n.m	3080
Altura mínima del río	Hmin	m.s.n.m	2880
Pendiente media del cauce principal	Sm	Adim	36
Tiempo de concentración	Tc	h	0,18
Tiempo de Retardo	Tr	h	0,11
Relación hipsométrica	Rh	%	0,97

**Fuente: Autor**

La curva hipsométrica de la Figura 3, muestra que la (UHCG) posee una relación hipsométrica de tipo B, así también, se encuentra en etapa de madurez y equilibrio, finalmente se concluye que posee una actividad erosiva media.



**Figura 3. Curva hipsométrica de la UHCG.**

*Fuente: Autor*

### Determinación de los parámetros hidráulicos de la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG)

La textura del suelo en la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) se determinó mediante la asignación de valores numéricos en un rango de 1 a 12, donde los valores más bajos corresponden a suelos de granulometría fina, seguidos por suelos francos y limosos que representan una granulometría media, mientras que los valores entre 10 y 12 corresponden a suelos arenosos como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3. Asignación numérica general para las texturas del suelo**

Tipos de suelo	Valor Numérico
Arenoso	12
Areno Francos	11
Franco Arenoso	10

**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**

Franco	9
Franco Limoso	8
Limoso	7
Franco Arcilloso	6
Franco Arenoso Arcilloso	5
Franco Limoso Arcilloso	4
Arcilloso Arenoso	3
Arcilloso Limoso	2
Arcilloso	1

***Fuente: Autor***

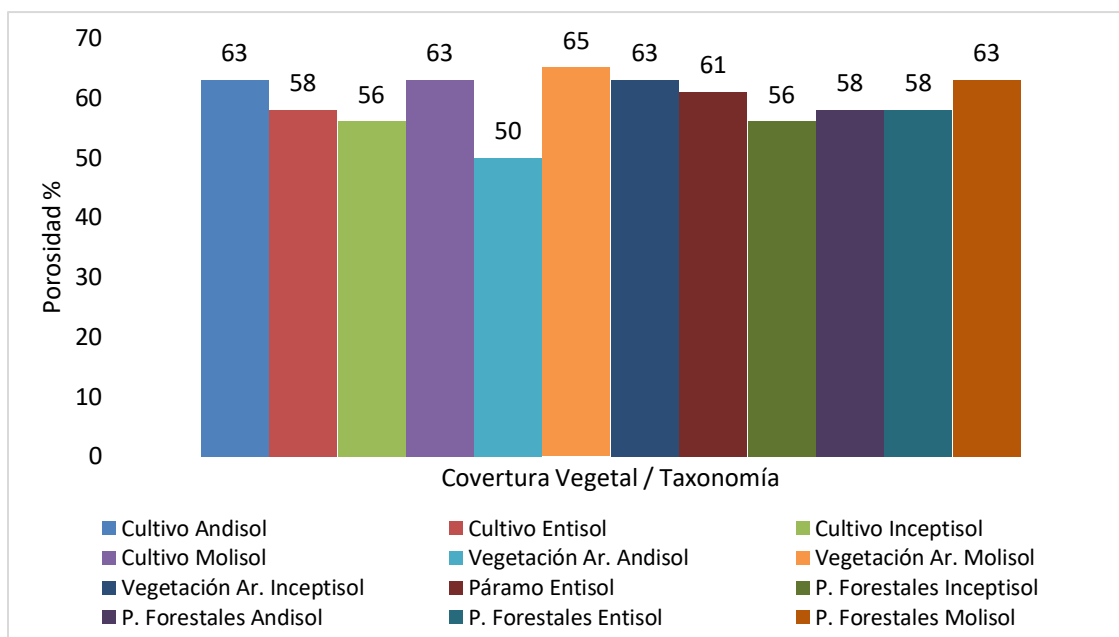
Los resultados obtenidos, presentados en la Tabla 4, evidencian variaciones en la textura del suelo en función de la cobertura vegetal presente en el área de estudio. Las categorías de cultivo y vegetación arbustiva registraron un valor de 3, correspondiente a una textura: franco limoso, considerada de granulometría media. Por su parte, la clase páramo presentó un valor de 5, asociado a suelos de textura franco-arenosa, mientras que la categoría plantaciones forestales alcanzó un valor de 7, correspondiente a suelos de textura arenosa.

***Tabla 4. Validación numérica textural para la UHG***

Clase	Textura	Textura media
Cultivo	Franco limoso	3
Vegetación arbustiva	Franco limoso	3
Páramo	Franco arenoso arcilloso	5
Plantaciones forestales	Franco arenoso	7

***Fuente: Autor***

En la Figura 4, se presentan las variaciones de la porosidad del suelo según las diferentes categorías de cobertura vegetal. Los resultados muestran valores que oscilan desde aproximadamente 50 %, correspondientes a suelos Andisoles asociados a vegetación arbustiva, hasta valores superiores al 65 %, registrados en suelos Molisoles con cobertura de vegetación arbustiva. Estas diferencias se relacionan con la composición y estructura de cada tipo de suelo, ya que los Andisoles presentan generalmente una mayor cantidad de poros en comparación con otros órdenes de suelo como los Inceptisoles. Por su parte, las demás coberturas del suelo, como cultivos, plantaciones forestales y páramo, presentan valores intermedios de porosidad, situados en un rango aproximado entre 55 % y 60 %.



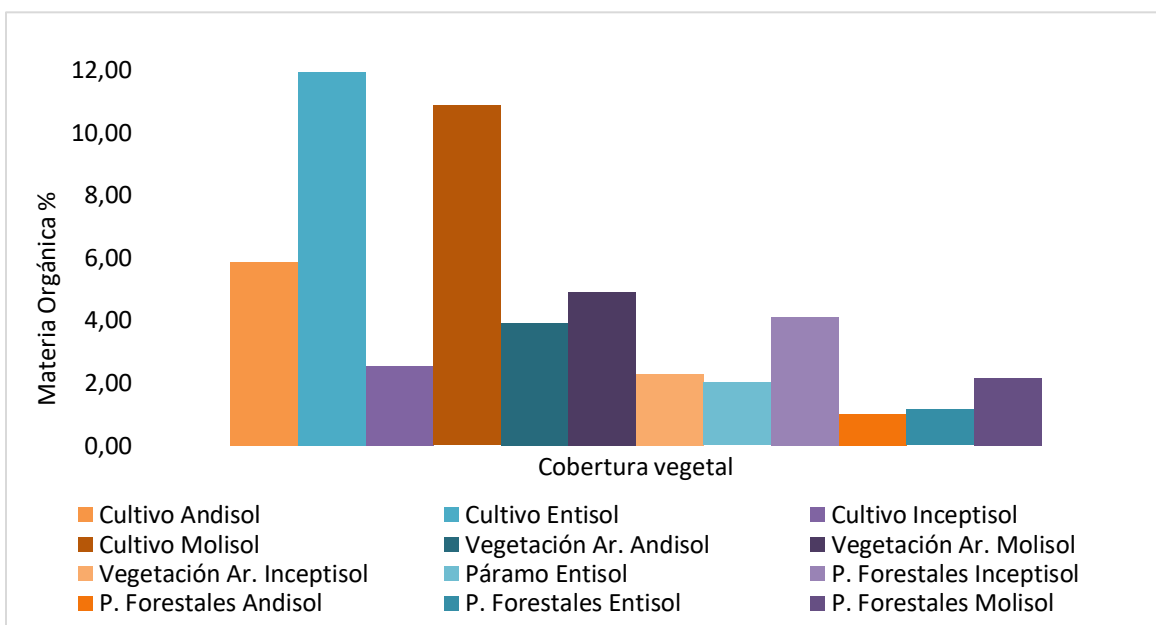
**Figura 4. Porcentaje de porosidad según la cobertura y taxonomía de la UHG.**

**Fuente: Autor**

La materia orgánica del suelo constituye un componente fundamental en los procesos edáficos y desempeña un papel importante en la fertilidad y productividad de los sistemas agrícolas (18). En la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) se observó que las áreas destinadas a la producción agrícola presentan los mayores contenidos de materia orgánica dentro de la cuenca. En particular, los suelos de tipo Entisol asociados a cultivos, registraron el valor más alto alcanzando aproximadamente 11,5 % de materia orgánica, localizados principalmente en la parte alta de la cuenca. Por otro lado, los menores porcentajes de materia orgánica se identificaron en las plantaciones forestales sobre suelos de tipo Andisol, ubicadas en la parte baja de la cuenca, zona que limita con el desierto de Palmira. En estas áreas el contenido de materia orgánica disminuye significativamente hasta 1,2 %, como se muestra en la Figura 5.

La permeabilidad es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de un fluido a través de su estructura interna en un determinado periodo de tiempo (19). Este parámetro está directamente relacionado con la porosidad y la estructura del suelo, factores que influyen en la infiltración y el movimiento del agua.

En la Figura 6, se presentan los niveles de permeabilidad determinados según la cobertura vegetal y el tipo de suelo. Los resultados muestran que el valor máximo de permeabilidad corresponde a la vegetación arbustiva sobre suelos Inceptisoles, con un valor de  $7,8 \times 10^{-4}$  m/s, lo que indica una infiltración rápida en un medio poroso relativamente grueso. En segundo lugar, se registran las plantaciones forestales en suelos Inceptisoles, con un valor de  $7,62 \times 10^{-4}$  m/s, presentando también una permeabilidad elevada. Por el contrario, el valor más bajo de permeabilidad se observó en las plantaciones forestales sobre suelos Entisoles, con  $6,47 \times 10^{-4}$  m/s, lo que evidencia una menor capacidad de infiltración en comparación con las demás categorías analizadas.



**Figura 5. Porcentaje de materia orgánica según la cobertura y taxonomía de la UHG.**

**Fuente: Autor**

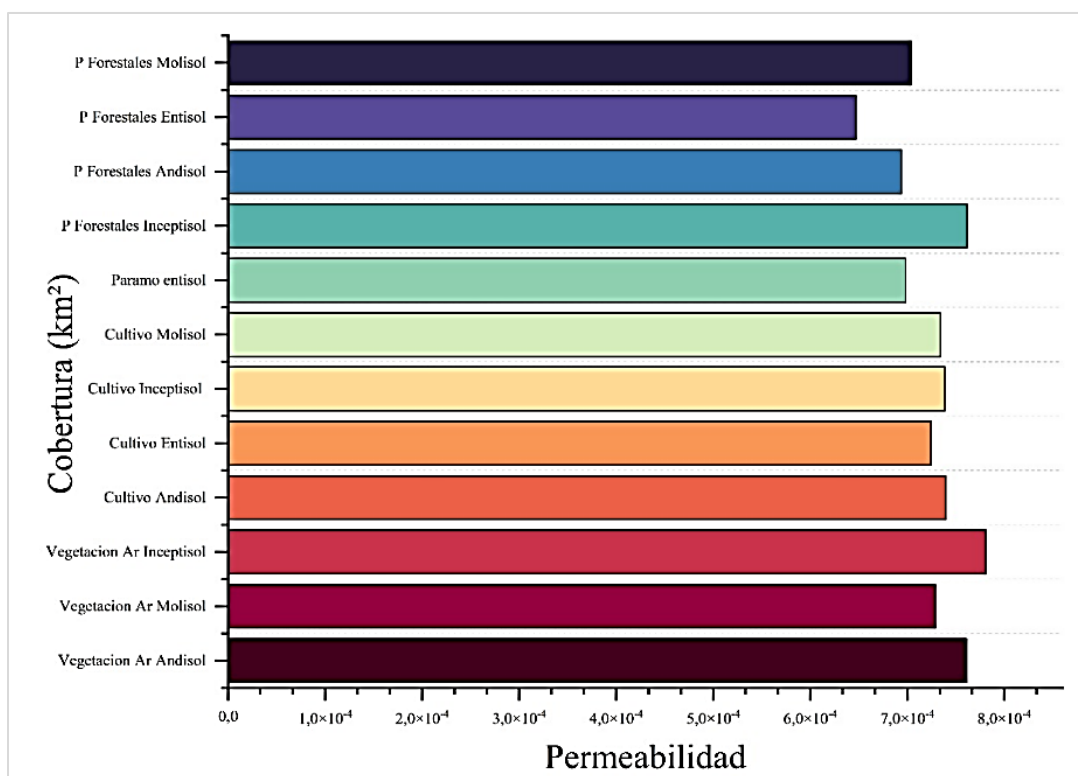


Figura 6. Permeabilidad según la cobertura vegetal en la UHG.

Fuente: Autor.

La capacidad de infiltración que se analizó en el estudio tiende a una relación con la cobertura vegetal de la zona, en la Figura 7, se observa que la curva de infiltración va desde los 0 hasta los 8 mm/h en un periodo de 20 minutos dando así una capacidad máxima de infiltración de 6,82 mm/h en el suelo de vegetación arbustiva, así también, la capacidad mínima de infiltración se observó en cultivo entisol con un valor de 0,11mm/h (2).

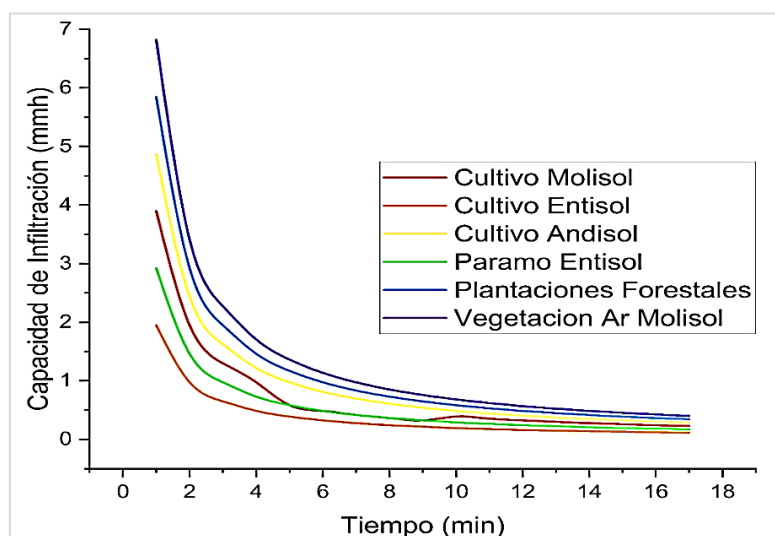


Figura 7. Capacidad de infiltración según la cobertura vegetal en la UHG.

Fuente: Autor.

### Determinación de los parámetros hidráulicos de la Unidad Hidrográfica Guamote (UHCG).

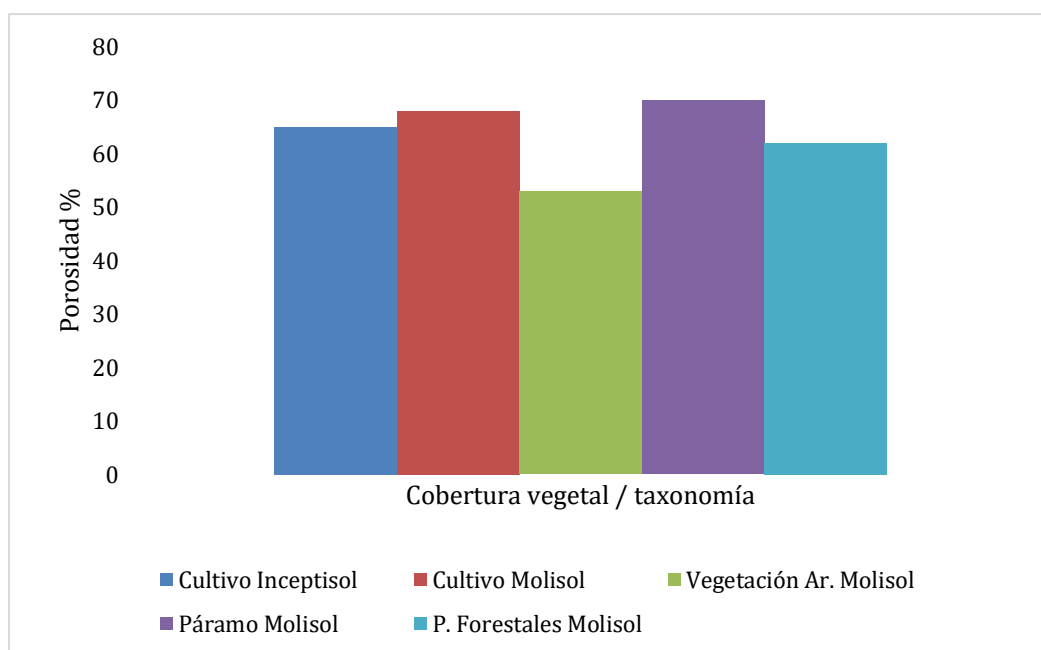
Se asignaron valores numéricos a las clases texturales del suelo aplicando la metodología establecida para el área de estudio. La Tabla 5, presenta el promedio de las clases texturales correspondiente a las diferentes coberturas vegetales en la UHCG. Los resultados muestran que las clases cultivo y páramo comparten un valor de 2, correspondiente a una textura arcilloso-limosa. Por su parte, la categoría plantaciones forestales registra un valor de 5, asociado a una textura media franco arenoso arcillosa. Finalmente, la clase vegetación arbustiva presenta un valor de 3, que corresponde a una textura media franco limoso.

Tabla 5. Validación numérica textural para la UHCG.

Clase	Textura	Textura media
Cultivo	Arcillo Limoso	2
Vegetación arbustiva	Arcilloso Arenoso	3
Páramo	Arcillo Limoso	2
Plantaciones forestales	Franco Arenoso Arcilloso	5

Fuente: Autor.

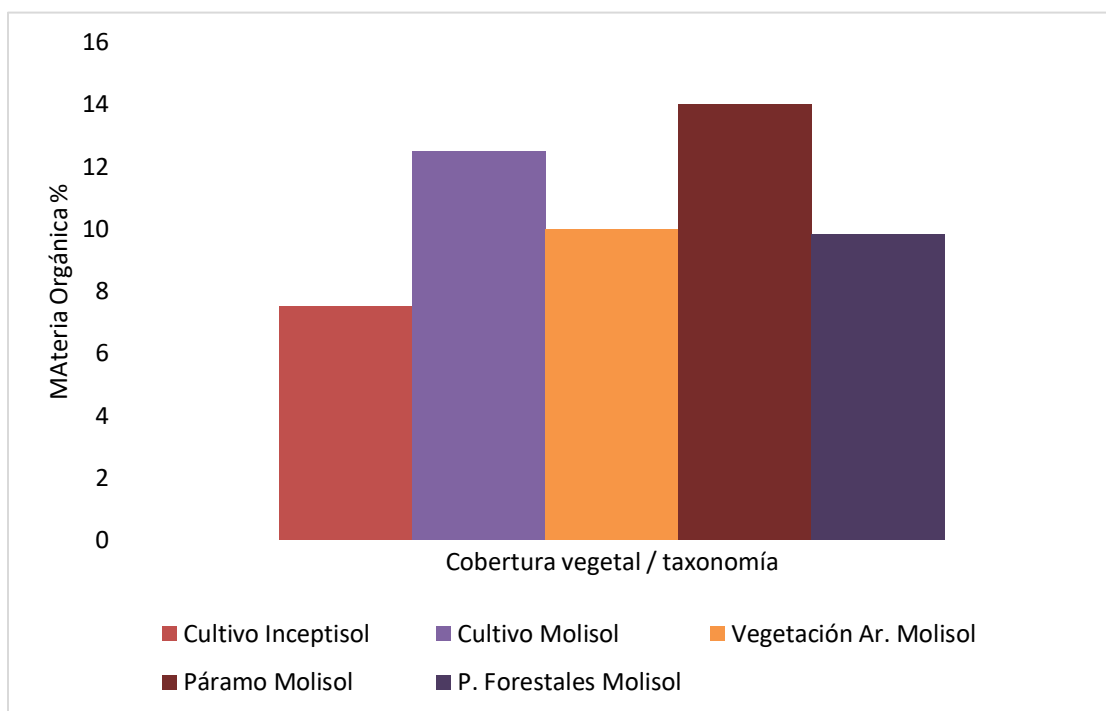
Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las diferentes muestras de suelo evidencian que los suelos con mayor porcentaje de porosidad tienden a presentar una mayor permeabilidad, debido a la mayor cantidad de espacios disponibles para el movimiento del agua. De acuerdo con la Figura 8, el mayor porcentaje de porosidad corresponde a la cobertura de páramo, con un valor aproximado de 70 %, mientras que el valor más bajo se registró en la vegetación arbustiva sobre suelos Molisoles, con un 53 % de porosidad. Estos resultados reflejan la relación directa entre la estructura del suelo, la cobertura vegetal y las propiedades hidráulicas presentes en el área de estudio.



**Figura 8. Porcentaje de porosidad según la cobertura y taxonomía de la UHCG.**

**Fuente: Autor.**

La Figura 9, presenta el porcentaje de materia orgánica del suelo determinado mediante el proceso de ignición de las muestras, considerando las diferentes coberturas vegetales presentes en el área de estudio. Los resultados evidencian que el contenido de materia orgánica mantiene una estrecha relación con el color del suelo, ya que los suelos de tonalidades más oscuras suelen presentar mayores concentraciones de compuestos orgánicos. En este sentido, el mayor porcentaje de materia orgánica se registró en el páramo sobre suelos Molisoles, con un valor aproximado de 14 %, mientras que el menor contenido se observó en la categoría de cultivo sobre suelos Inceptisoles, con un 7,5 % de materia orgánica. Estos resultados reflejan la influencia de la cobertura vegetal y del tipo de suelo en la acumulación de materia orgánica.



**Figura 9. Porcentaje de materia orgánica según la cobertura y taxonomía en la UHCG.**

**Fuente: Autor.**

La permeabilidad del suelo en la zona de Compuene Gorge muestra variaciones según el tipo de cobertura vegetal y el orden de suelo. De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 10, el valor máximo de permeabilidad corresponde a la clase páramo sobre suelos Molisoles, con un valor de  $7,40 \times 10^{-4}$  m/s. A este le siguen las categorías cultivo en Molisoles, vegetación arbustiva y cultivo en Inceptisoles. Por otro lado, la menor permeabilidad se registró en la clase plantaciones forestales, con un valor aproximado de  $5,90 \times 10^{-4}$  m/s, lo que indica una menor capacidad de infiltración en comparación con las demás coberturas analizadas.

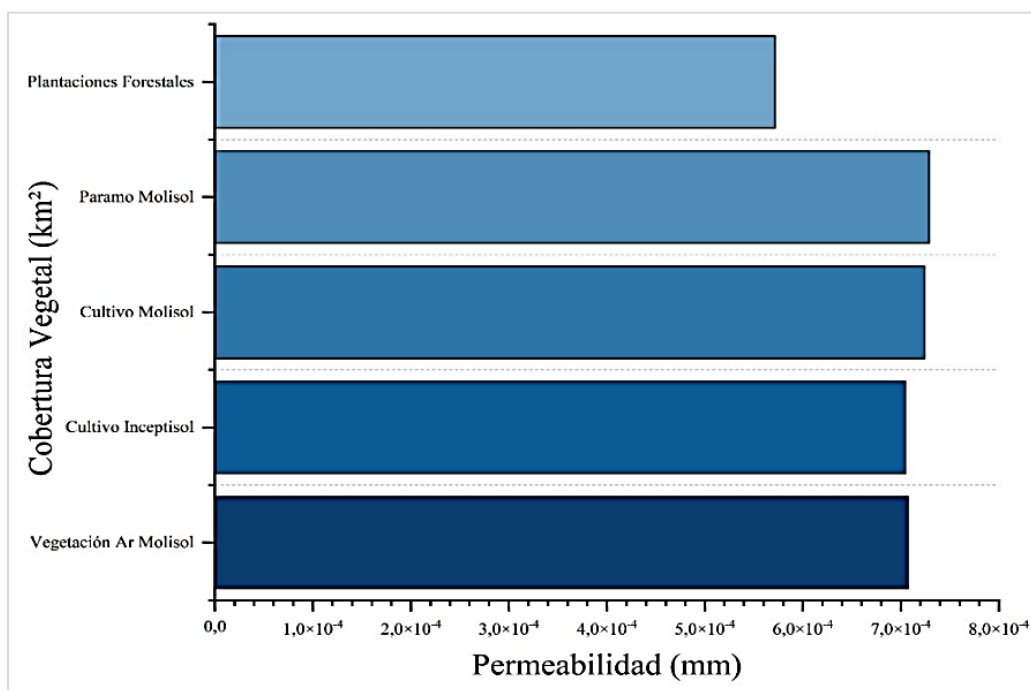


Figura 10. Permeabilidad según la cobertura vegetal de la UHCG.

Fuente: Autor.

La capacidad de infiltración evaluada en el área de estudio mostró una relación directa con el tipo de cobertura vegetal y las características físicas del suelo presentes en la zona. Este parámetro resulta fundamental para comprender el comportamiento hidrológico de las unidades hidrográficas, ya que determina la cantidad de agua que puede infiltrarse en el suelo antes de convertirse en escorrentía superficial.

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 11, la curva de infiltración registró valores comprendidos entre 0 y 8 mm/h durante un período de observación de 20 minutos, lo que evidencia la variabilidad de la capacidad de infiltración según el tipo de suelo y su cobertura. En este sentido, la mayor capacidad de infiltración se registró en los suelos de cultivo asociados a Inceptisoles, alcanzando un valor máximo aproximado de 7,82 mm/h. Este comportamiento puede atribuirse a las características estructurales de este tipo de suelo, que favorecen la presencia de macroporos y facilitan el movimiento del agua a través del perfil edáfico. Por otro lado, la menor capacidad de infiltración se observó en los suelos de cultivo sobre Molisoles, donde se registró un valor aproximado de 3,9 mm/h. Este resultado podría estar asociado a condiciones de mayor compactación del suelo lo que reduce la velocidad de infiltración del agua.

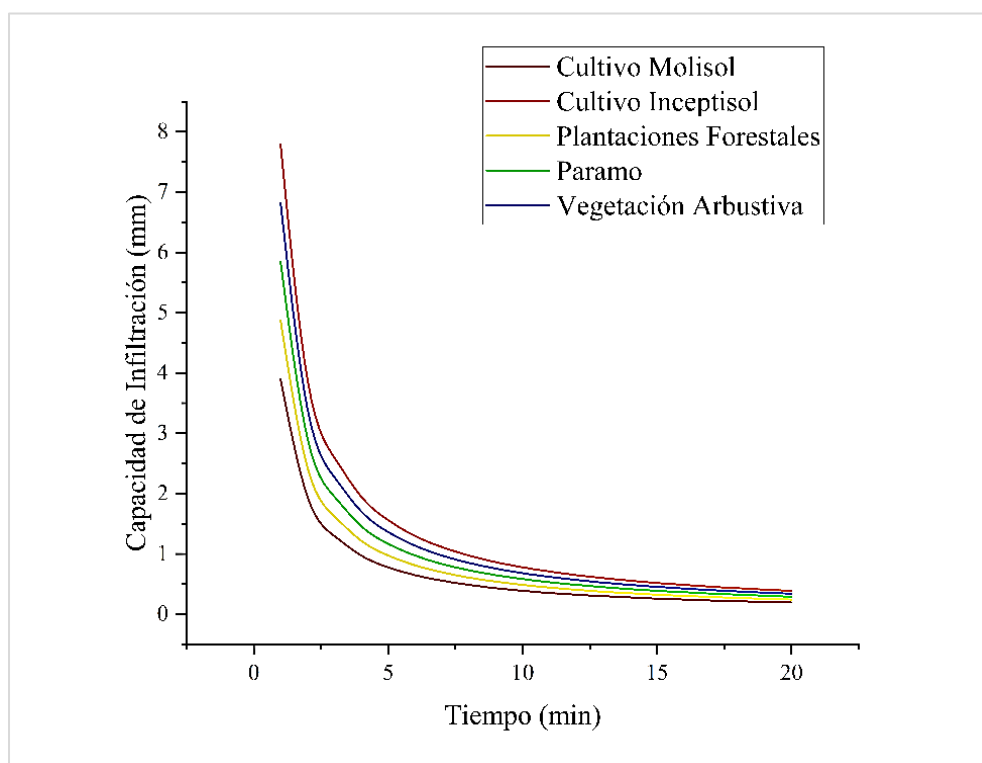


Figura 11. Capacidad de infiltración según la cobertura vegetal en la UHCG.

Fuente: Autor.

### Capacidad de campo o Constante de Humedad de las (UHG) Y (UHCG)

La constante de humedad, o también llamada capacidad de campo (S), presenta una relación la cobertura vegetal, la taxonomía y la textura del suelo, ya que estas variables influyen directamente en la capacidad del suelo para retener agua después de un evento de precipitación (20). Además, la tasa de infiltración, el porcentaje de porosidad y materia orgánica pueden variar considerablemente dependiendo de las características físicas del suelo y de la permeabilidad del subsuelo, lo que condiciona el movimiento y almacenamiento del agua dentro del perfil edáfico.

En este contexto, los suelos se clasifican en cuatro grupos hidrológicos (HGS: A, B, C y D) de acuerdo con su capacidad mínima de infiltración, determinada generalmente en condiciones de suelo desnudo después de un proceso prolongado de humedecimiento (21). Esta clasificación permite evaluar el potencial de generación de escorrentía superficial y constituye un parámetro fundamental para la aplicación del método del Número de Curva (Curve Number, CN).

Para la asignación de los grupos hidrológicos del suelo, se consideraron las condiciones de uso y cobertura vegetal presentes en el área de estudio. Posteriormente, se estableció el valor del Número de Curva (CN) dentro de un rango numérico de 1 a 100, donde los valores cercanos a 100

corresponden a superficies prácticamente impermeables, como humedales, áreas urbanas, cuerpos de agua o zonas cubiertas por nieve, que presentan una alta generación de escorrentía (22). En contraste, las clases de cultivo, páramo, plantaciones forestales y vegetación arbustiva fueron evaluadas considerando el tipo de vegetación y su condición hidrológica, lo que permitió determinar los valores de CN correspondientes para cada cobertura, tal como se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6. Asignación del grupo hidrológico y CN para la UHG y UHCG.**

<b>Unidad Hidrográfica Guamote</b>				
<b>Clase</b>	<b>Textura</b>	<b>HSG</b>	<b>CN</b>	
Cultivo	Arenoso Franco	A	55	
Paramo	Franco Arenoso	A	30	
Pasto cultivado	Franco Arenoso	A	47	
Pasto cultivado	Franco Arenoso	A	47	
Plantaciones Forestales	Arenoso Franco	A	36	
Plantaciones Forestales	Arenoso Franco	A	36	
Vegetación Arbustiva	Arenoso Franco	A	35	
Vegetación Arbustiva	Arenoso Franco	A	35	
Cultivo	Franco Limoso	B	69	
Cultivo	Franco Limoso	B	69	
Vegetación Arbustiva	Franco Limoso	B	56	
Vegetación Arbustiva	Franco Limoso	B	56	
Cultivo	Franco Arcilloso	C	78	
Paramo	Franco Arcilloso	C	71	
Paramo	Franco Arcilloso	C	71	
Paramo	Franco Arcilloso	C	71	
Pasto cultivado	Franco Arcilloso	C	81	

**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**

Pasto cultivado	Franco Arcilloso	C	81
Fuente de Agua	No aplica	D	99
Zona Urbana	No aplica	D	99

**Unidad Hidrográfica Compuene Gorge**

Cultivo	Arcillo Limoso	B	71
Vegetación Arb	Arcilloso	B	66
Páramo	Arcillo Limoso	B	58
Plantaciones	Franco Arenoso Arcilloso	B	66

*Fuente: Autor.*

**Modelación hidrológica para estimar la relación precipitación - escorrentía de la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG)**

Para analizar la relación precipitación-escorrentía se aplicó la metodología del Soil Conservation Service (SCS), utilizando series diarias de precipitación y temperatura correspondientes al periodo 1981-2021, obtenidas de la plataforma satelital NASA POWER. A partir de estos datos se determinaron variables hidrológicas como precipitación efectiva, pérdidas y exceso de escorrentía, considerando además parámetros fundamentales del modelo como el tiempo de retardo, el Número de Curva (CN) y el umbral de escorrentía (2). El método SCS asume que la abstracción inicial corresponde al 20 % de la retención máxima potencial del suelo, por lo que se adopta el factor 0,2 para estimar dicha relación dentro del proceso de cálculo (22).

La modelación hidrológica realizada con el software HEC-HMS permitió dividir la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG) en tres subcuencas (SG1, SG2 y SG3), con el objetivo de analizar los valores máximos de precipitación y escorrentía (20). Para el periodo 1981-2000, en la subcuenca SG1 se registró una precipitación máxima de 10 mm y una escorrentía de 200 mm en el año 1988. En la subcuenca SG2, durante el mismo año, se registró una precipitación de 10 mm y una escorrentía de 160 mm. Por su parte, en la subcuenca SG3 se determinó que en el año 1999 se presentó una precipitación máxima de 10 mm con una escorrentía de 55 mm, como se muestra en la Figura 12.

Para el periodo 2001-2021, los resultados muestran que en la subcuenca SG1 la mayor precipitación y escorrentía se registraron en el año 2018, con valores de 8 mm y 200 mm, respectivamente. En la subcuenca SG2, durante ese mismo año, se observaron valores de 8 mm de precipitación y 160 mm de escorrentía. Finalmente, en la subcuenca SG3 se registraron valores

máximos de 8 mm de precipitación y 40 mm de escorrentía en el año 2018, tal como se presenta en la Figura 13.

### **Modelación hidrológica para estimar la relación precipitación - escorrentía de la Unidad Hidrográfica Compuene Gorge (UHCG).**

La relación precipitación - escorrentía, determinada mediante la metodología aplicada, evidenció que, en la UHCG se presentan eventos significativos de generación de escorrentía asociados a periodos de mayor precipitación. En el intervalo 1981 - 2000, se registró el evento máximo en el año 1999, tal como se muestra en la Figura 14, con una precipitación de 100 mm que generó aproximadamente 250 mm de escorrentía.

De manera similar, para el periodo 2001 - 2021, los resultados del análisis indican que el evento de mayor magnitud ocurrió en el año 2018, cuando se registró una precipitación de 80 mm y una escorrentía máxima de 200 mm, como se presenta en la Figura 15. Estos resultados evidencian la respuesta hidrológica de la microcuenca frente a eventos de precipitación intensa, así como la influencia de las características físicas y de cobertura del suelo en la generación de escorrentía superficial.

DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR

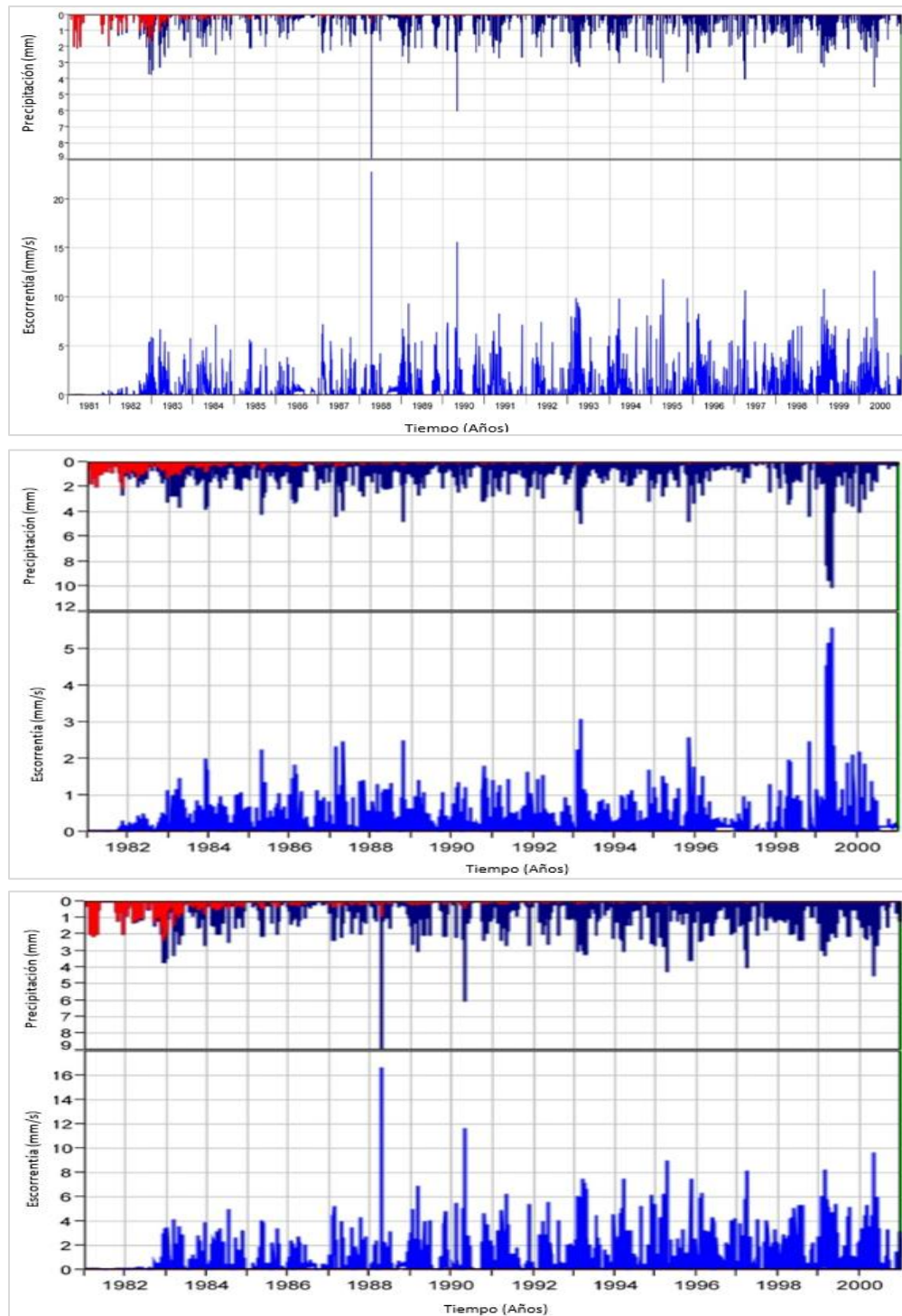


Figura 12. Relación precipitación - escorrentía periodo 1981 - 2000 (SG1, SG2, SG3)

Fuente: Autor.

DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR

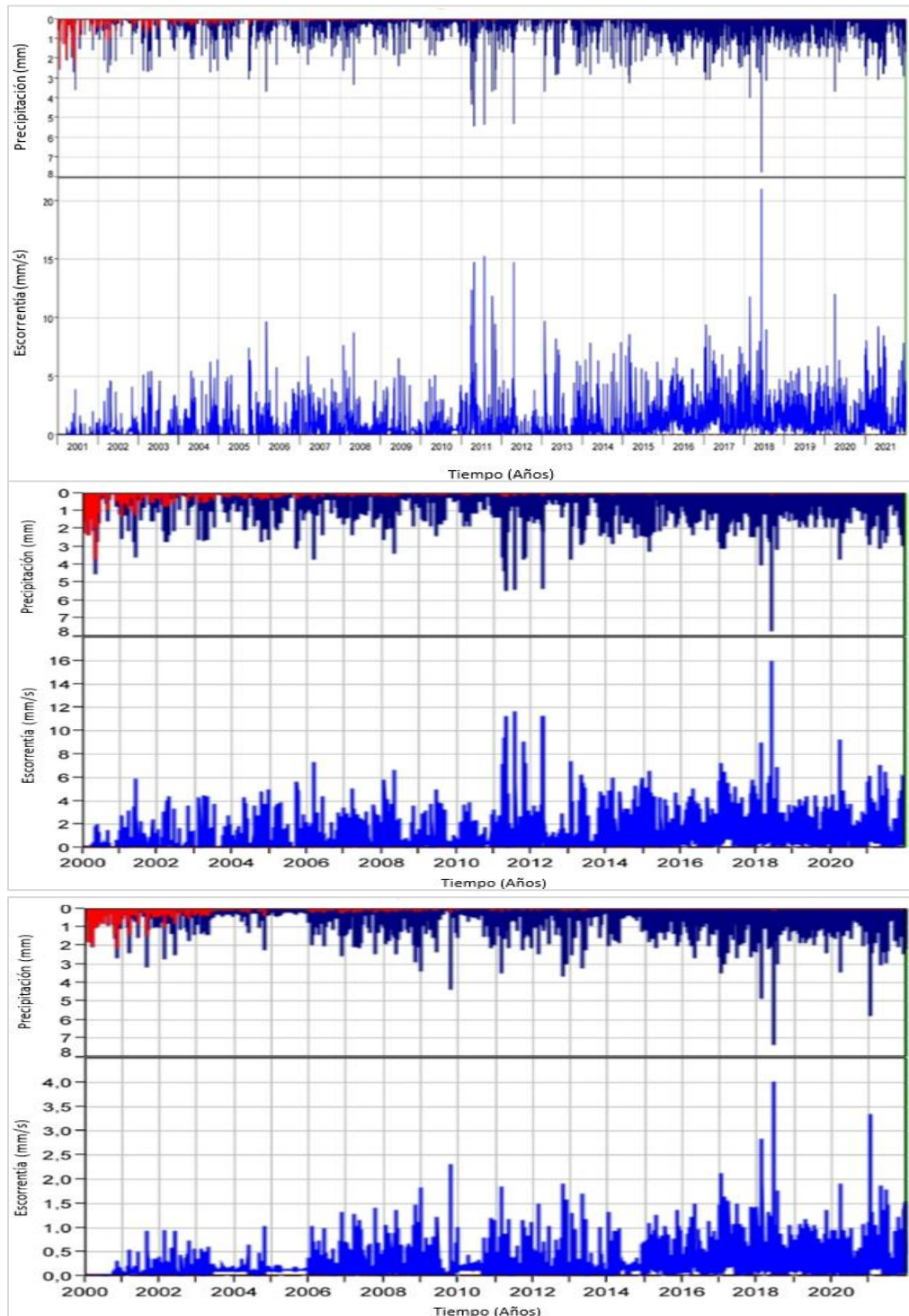
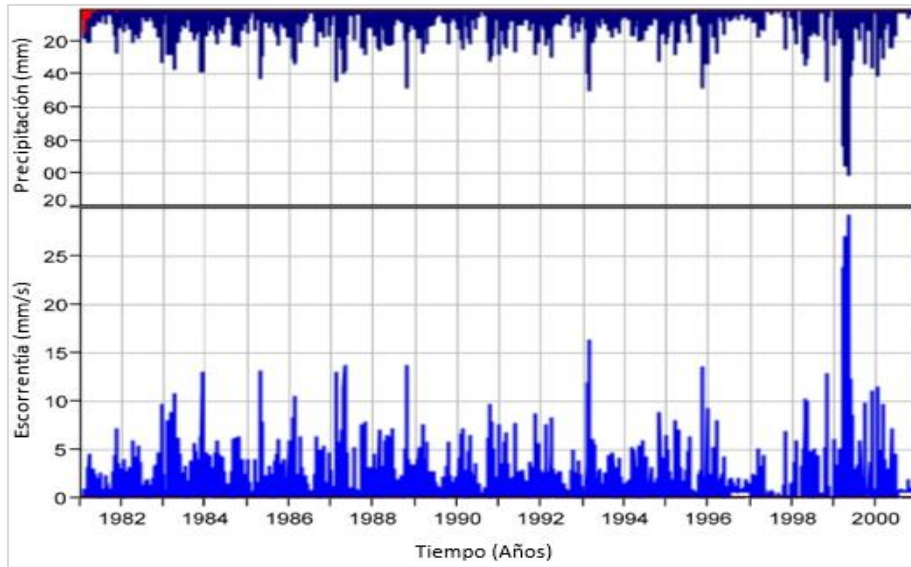


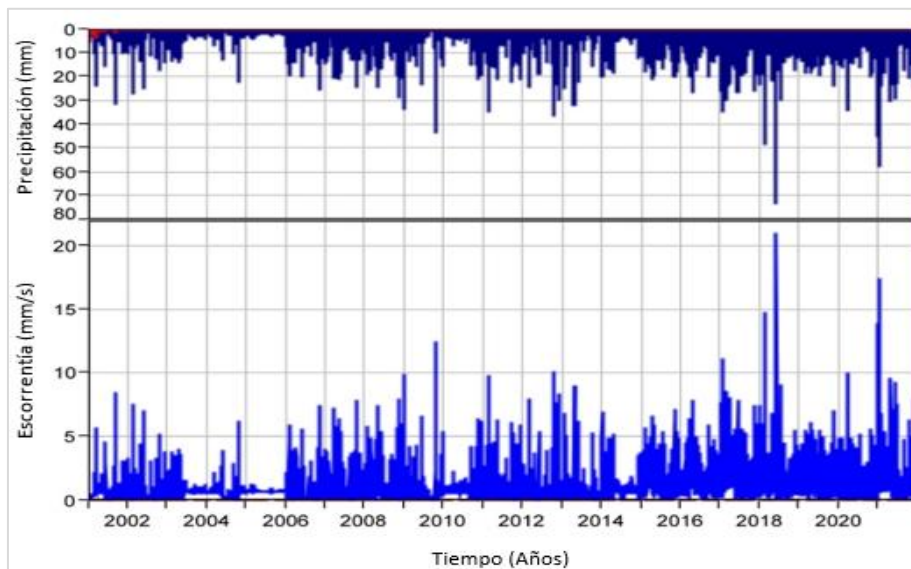
Figura 13. Relación precipitación - escorrentía periodo 2000 - 2020 (SG1, SG2, SG3)

Fuente: Autor.



**Figura 14. Relación precipitación - escorrentía 1981 - 2000 UHCG.**

**Fuente: Autor.**



**Figura 15. Relación precipitación - escorrentía 2001 - 2020 UHCG**

**Fuente: Autor.**

### Oferta hídrica para la Unidad Hidrográfica Guamote (UHG)

La oferta hídrica es la cantidad de agua aprovechable para una comunidad, su fauna y flora, con este fin, se localizó las diferentes zonas de riego en la unidad hidrográfica de Guamote (UHG) y mediante el modelo de precipitación-escorrentía se determinó el caudal máximo en la zona, además, se determinó el caudal ecológico y el caudal disponible para el aprovechamiento de la población, en definitiva, el valor total del caudal es de 0,1568 m<sup>3</sup>/s que, mediante la resta del caudal medio de las concesiones ya utilizadas se obtuvo un caudal disponible de 0,1393 m<sup>3</sup>/s como se muestra en la Tabla 7 (2).

*Tabla 7. Caudal ofertado para la (UHG).*

Año	Caudal promedio	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Oferta
1981	0,007494795	0,000749479	0,00184893	0,004896385
1982	0,064598082	0,006459808	0,00184893	0,056289344
1983	0,144998904	0,01449989	0,00184893	0,128650084
1984	0,129402459	0,012940246	0,00184893	0,114613283
1985	0,101305479	0,010130548	0,00184893	0,089326002
1986	0,12289726	0,012289726	0,00184893	0,108758604
1987	0,106411781	0,010641178	0,00184893	0,093921673
1988	0,167962842	0,016796284	0,00184893	0,149317627
1989	0,111199452	0,011119945	0,00184893	0,098230577
1990	0,114164658	0,011416466	0,00184893	0,100899262
1991	0,123246849	0,012324685	0,00184893	0,109073234
1992	0,096040437	0,009604044	0,00184893	0,084587463
1993	0,15654137	0,015654137	0,00184893	0,139038303
1994	0,128943562	0,012894356	0,00184893	0,114200275
1995	0,121684384	0,012168438	0,00184893	0,107667015
1996	0,125954918	0,012595492	0,00184893	0,111510496
1997	0,042878082	0,004287808	0,00184893	0,036741344

**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**

1998	0,142381918	0,014238192	0,00184893	0,126294796
1999	0,272018356	0,027201836	0,00184893	0,242967591
2000	0,16605082	0,016605082	0,00184893	0,147596808
2001	0,115227397	0,01152274	0,00184893	0,101855728
2002	0,109326301	0,01093263	0,00184893	0,096544741
2003	0,112006301	0,01120063	0,00184893	0,098956741
2004	0,103722951	0,010372295	0,00184893	0,091501726
2005	0,128120822	0,012812082	0,00184893	0,11345981
2006	0,109599452	0,010959945	0,00184893	0,096790577
2007	0,136980822	0,013698082	0,00184893	0,12143381
2008	0,189760929	0,018976093	0,00184893	0,168935906
2009	0,116691507	0,011669151	0,00184893	0,103173426
2010	0,147194521	0,014719452	0,00184893	0,130626138
2011	0,126986575	0,012698658	0,00184893	0,112438988
2012	0,107504918	0,010750492	0,00184893	0,094905496
2013	0,087429863	0,008742986	0,00184893	0,076837947
2014	0,131490137	0,013149014	0,00184893	0,116492193
2015	0,325929863	0,032592986	0,00184893	0,291487947
2016	0,31070929	0,031070929	0,00184893	0,277789431
2017	0,368947671	0,036894767	0,00184893	0,330203974
2018	0,346736438	0,034673644	0,00184893	0,310213865
2019	0,311545753	0,031154575	0,00184893	0,278542248
2020	0,242154918	0,024215492	0,00184893	0,216090496
2021	0,358009589	0,035800959	0,00184893	0,3203597
Promedio	0,156884206	0,015688421	0,00184893	0,139346855

### Oferta hídrica para la Unidad Hidrográfica Compuene Gorge (UHCG)

El valor del caudal promedio de la unidad hidrográfica Compuene Gorge (UHCG) es de 0,8539 m<sup>3</sup>/s, y, mediante la resta del caudal de las concesiones ya utilizadas, dio un resultado de 0,7685 m<sup>3</sup>/s evidente en la Tabla 8, que puede ser aprovechable para las personas que se encuentran en la zona.

**Tabla 8. Caudal ofertado UHCG.**

Años	Caudal medio	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Caudal Ofertado
1981	0,464380822	0,046438082	0,000078468	0,417864272
1982	0,697210959	0,069721096	0,000078468	0,627411395
1983	1,025452055	0,102545205	0,000078468	0,922828381
1984	0,794144809	0,079414481	0,000078468	0,71465186
1985	0,591227397	0,05912274	0,000078468	0,53202619
1986	0,697271233	0,069727123	0,000078468	0,627465642
1987	0,592136986	0,059213699	0,000078468	0,53284482
1988	0,92036612	0,092036612	0,000078468	0,82825104
1989	0,602567123	0,060256712	0,000078468	0,542231943
1990	0,61459726	0,061459726	0,000078468	0,553059066
1991	0,659884932	0,065988493	0,000078468	0,59381797
1992	0,512166667	0,051216667	0,000078468	0,460871532
1993	0,831687671	0,083168767	0,000078468	0,748440436
1994	0,682723288	0,068272329	0,000078468	0,614372491
1995	0,642723288	0,064272329	0,000078468	0,578372491
1996	0,663956284	0,066395628	0,000078468	0,597482188
1997	0,225739726	0,022573973	0,000078468	0,203087285
1998	0,748783562	0,074878356	0,000078468	0,673826737

**DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS GUAMOTE Y COMPUENE GORGE,  
CHIMBORAZO ECUADOR**

1999	1,427463014	0,142746301	0,000078468	1,284638244
2000	0,86981694	0,086981694	0,000078468	0,782756778
2001	0,603008219	0,060300822	0,000078468	0,542628929
2002	0,571745205	0,057174521	0,000078468	0,514492217
2003	0,585413699	0,05854137	0,000078468	0,526793861
2004	0,541838798	0,05418388	0,000078468	0,48757645
2005	0,668953425	0,066895342	0,000078468	0,601979614
2006	0,571947945	0,057194795	0,000078468	0,514674683
2007	0,714531507	0,071453151	0,000078468	0,642999888
2008	0,989344262	0,098934426	0,000078468	0,890331368
2009	0,608139726	0,060813973	0,000078468	0,547247285
2010	0,766852055	0,076685205	0,000078468	0,690088381
2011	0,661339726	0,066133973	0,000078468	0,595127285
2012	0,559762295	0,05597623	0,000078468	0,503707598
2013	0,455139726	0,045513973	0,000078468	0,409547285
2014	0,684389041	0,068438904	0,000078468	0,615871669
2015	1,695715068	0,169571507	0,000078468	1,526065094
2016	1,615822404	0,16158224	0,000078468	1,454161696
2017	1,917958904	0,19179589	0,000078468	1,726084546
2018	1,801868493	0,180186849	0,000078468	1,621603176
2019	1,61859726	0,161859726	0,000078468	1,456659066
2020	1,257833333	0,125783333	0,000078468	1,131971532
2021	1,859279452	0,185927945	0,000078468	1,673273039
Promedio	0,853994651	0,085399465	0,000078468	0,768516718

**Fuente: Autor.**

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que el comportamiento hidrológico de las unidades hidrográficas Guamote (UHG) y Compuene Gorge (UHCG) está fuertemente establecido por sus características morfológicas, edáficas y de cobertura vegetal, lo cual coincide con los reportes (1) y (3), quienes señalan que la interacción entre estos factores determina la generación de escorrentía y la disponibilidad hídrica.

El cálculo de los parámetros de forma, red y relieve permite evidenciar varias diferencias entre ambas unidades hidrográficas. La UHG, al exhibir un área mayor, específicamente (567,67 km<sup>2</sup>) y una pendiente media del 25 %, determina que existe una respuesta hidrológica moderada frente a eventos fuertes de precipitación, con tiempos de concentración más extensos. En contraste, la UHCG, posee un área reducida (36,74 km<sup>2</sup>) y pendientes escarpadas, exactamente (34 %), también, demuestra tiempos de concentración menores, por ende, su respuesta hidrológica es más rápida y potencialmente más susceptible. Según el autor (4), este comportamiento está validado por sus condiciones morfológicas, donde unidades hidrográficas escarpadas tienden a generar respuestas más inmediatas ante lluvias intensas.

Por otra parte, se determinaron los parámetros hidráulicos, en donde se evidencia que la textura, porosidad, permeabilidad y contenido de materia orgánica influyen en la capacidad de infiltración del suelo, por tanto, en la generación de escorrentía superficial. Los suelos con mayores espacios porosos, como los páramos y ciertos Molisoles, presentan mayores tasas de capacidad de infiltración, lo cual favorece la retención hídrica. A diferencia de los suelos con menor contenido de materia orgánica o mayor compactación, como Entisoles e Inceptisoles, tienden a presentar menores tasas de capacidad de infiltración, incrementando el escurrimiento superficial.

El estudio de (5), señala que la estructura del suelo y su cobertura vegetal son de vital importancia en los procesos de infiltración.

Además, se determinó que el porcentaje de materia orgánica del suelo interviene directamente con la capacidad de retención de humedad, un ejemplo claro de este fenómeno es que las zonas de páramo y vegetación natural presentan mejores condiciones hidrológicas en comparación con áreas destinadas a las actividades agrícolas o forestales.

Por último, el análisis del modelamiento hidrológico mediante la transformación de precipitación a escorrentía analizado en el software HEC HMS, demostró que las dos unidades hidrográficas responden con gran diferencia a los eventos de fuerte precipitación, debido a su propia estructura y extensión.

La unidad hidrográfica Guamote (UHG) se subdividió en tres subunidades que representan el tránsito en la cuenca alta, media y baja, posee una heterogeneidad espacial en las condiciones físicas y cobertura, a su vez, la unidad hidrográfica Compuene Gorge (UHCG) registró valores

elevados de escorrentía, específicamente en los años 1999 y 2018, esto indica la gran sensibilidad hidrológica de la UH.

El cálculo de la oferta hídrica demostró, que, aunque las dos unidades hidrográficas poseen recurso hídrico aprovechable, hay una diferencia en los caudales disponibles, la UHCG evidencia valores más altos para el aprovechamiento del recurso, ya que la respuesta hidrológica de la misma es más rápida a comparación de la unidad hidrográfica Guamote (UHG), sin embargo, este recurso se trata de un estudio preliminar para la toma de decisiones de los actores involucrados en el buen manejo de los servicios ecosistémicos, la información propuesta, resalta la importancia de un estudio más detallado y con la intervención municipal cantonal.

## CONCLUSIONES

El análisis hidrológico desarrollado en la unidad hidrográfica Guamote (UHG) y en la unidad hidrográfica Compuene Gorge (UHCG) parte de la necesidad de una base de datos morfométricos e hidráulicos que ayude a la gestión del recurso hídrico. A través de este estudio, se pudo identificar los factores físicos del suelo mediante el método de máxima verisimilitud, este procedimiento detalló la presencia de cuatro unidades geográficas: cultivo, vegetación arbustiva, páramo y plantaciones forestales. Además, el trabajo in situ permitió definir la relación entre la capacidad de infiltración, permeabilidad y capacidad de campo de las coberturas vegetales presentes en ambas unidades hidrográficas, evidenciando procesos de degradación edáfica por la práctica agrícola inadecuada y las condiciones naturales de la zona.

En cuanto al análisis hidrológico, se estableció que el potencial máximo de retención del suelo está directamente condicionado por el Número de Curva (CN), el cual depende de la textura y la cobertura vegetal. En este contexto, las áreas de estudio, al encontrarse en zonas predominantemente rurales, presentan usos de suelo enfocados principalmente en actividades agropecuarias, lo que influye en la dinámica de infiltración y escorrentía. También, se observó superficies con baja capacidad de retención, y estas, generan una transformación inmediata de precipitación a escorrentía, mientras que, en suelos con mayor capacidad de retención, los volúmenes de escorrentía disminuyen significativamente. Además, la modelación hidrológica mediante el software HEC-HMS demostró ser una herramienta eficaz para representar el comportamiento real del sistema hídrico, integrando variables como precipitación efectiva, temperatura, evapotranspiración, pérdidas e infiltración. La calibración del modelo con datos meteorológicos históricos permitió obtener resultados consistentes, útiles para el análisis de la oferta hídrica y la planificación de recursos. Asimismo, el análisis de periodos de retorno evidenció que la variabilidad temporal y las condiciones del suelo influyen directamente en la respuesta hidrológica a largo plazo.

Finalmente, se determinó que la oferta hídrica disponible es de 0,1393 m<sup>3</sup>/s para la microcuenca del río Guamote y de 0,7685 m<sup>3</sup>/s para la quebrada Compuene Gorge. Estos valores representan

un recurso significativo que puede ser aprovechado en proyectos de riego y gestión sostenible del agua, contribuyendo al desarrollo productivo de la provincia de Chimborazo, siempre que se implementen medidas adecuadas de conservación y manejo del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Picuña A, Pilamunga L. Determinación de parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2023 [cited 2026 Mar 5]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11098>  
doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11098>
2. Larrea A, Maldonado C. Determinación de la oferta hídrica de la microcuenca Guamote y quebrada Compuene Gorge, en la provincia de Chimborazo [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2022 [cited 2026 Mar 5]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10251>
3. Jaya V, Rodriguez E. Determinación de la oferta hídrica en las microcuencas de los ríos Ishpi, Daldal, Uldán y quebrada Cachipata, en la Provincia de Chimborazo [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2023 [cited 2026 Mar 5]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10872>  
doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10872>
4. Shagñay G. Diagnóstico hidrológico de la microcuenca Chimborazo con el componente de cambio climático [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2025 [cited 2026 Mar 5]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14939>  
doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14939>
5. Carrillo A. Determinación de la oferta hídrica de la microcuenca del río Coco en el cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2025 [cited 2026 Mar 5]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14911>  
doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14911>
6. Jumbo F, Franco J, Pacheco C, Cañarte E. Aplicación de herramientas basadas en SIG para la delimitación automática de cuencas hidrográficas. Samaniego E, editor. Aplicación de herramientas basadas en SIG para la delimitación automática de cuencas hidrográficas [Internet]. Primera edición. Puno: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú; 2026 [cited 2026 Mar 5]. 17–126 p. Available from: <https://editorial.inudi.edu.pe> doi:10.35622/inudi.b.153
7. Sanabria C, Nieto C, Burgos B, Loiza M. Descripción hidrogeomorfológica de la Cuenca Alta del río Sibimbe (Bolívar, Ecuador) con fines de riego. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. 2022 Nov 19;3(2):1141–9. doi:10.56712/latam.v3i2.173
8. Escorcía R, Herrera R, Herrera J. Oferta hídrica superficial del humedal el Gallinazo, ubicado en Aguachica-Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2022 Dec 18;14(1):1–30. doi:10.22490/21456453.5959

9. Ruiz A. Modelo matemático preliminar de la cuenca baja del río Chambo (CBRCH) [Internet]. [Quito]: Escuela Politécnica Nacional; 2024 [cited 2026 Mar 7]. Available from: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25920>  
doi:<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25920>
10. Yungan J. Estudio de los Páramos de Ecuador: Aplicación a una cuenca hidrográfica [Internet]. [Manresa]: Universitat Politècnica de Catalunya; 2024 [cited 2026 Mar 7]. Available from: <https://hdl.handle.net/2117/412033>  
doi:<https://hdl.handle.net/2117/412033>
11. Muñoz P, Saz M, Escolano S. Tendencias de cambio de usos y coberturas de suelo en la cuenca hidrográfica media - alta del río Mira en Ecuador. *Investigaciones Geograficas*. 2024 Jan 26;81:155–79. doi:10.14198/INGEO.25248
12. Vallejo K. Análisis hidrológico de la comunidad Galte Jatun Loma perteneciente a la parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo. [Internet]. Riobamba; 2025 Feb [cited 2026 Mar 7]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14855>  
doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14855>
13. Matovelle C, Heras D, Ávalos C, Al-Cántar G, Mora G, López P, et al. Comparative analysis of the morphometric characteristics of hydrographic systems of the Pacific slope, Ecuador [Internet]. Cuenca; 2020 May. Available from: <http://orcid.org/0000-0002->  
doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7774550>
14. Flores E. Modelo predictivo del impacto del cambio climático en la oferta hídrica de la Cuenca Mantaro mediante redes neuronales artificiales, Ayacucho [Internet]. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2025 [cited 2026 Mar 5]. Available from: <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/8273>  
doi:<https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/8273>
15. Arias P, Díaz D, Cabrera S, Jácome G. Water scarcity index in the Ambi river basin, Ecuador. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 2025 Jan 1;16(1):1–40. doi:10.24850/j-tyca-2025-01-01
16. Lascano L. Transformaciones hidrosociales en Picaihua, Tungurahua (Ecuador): un análisis multiescalar desde la ecología política del agua. *INTER DISCIPLINA*. 2022 Sep 3;10(28):507. doi:10.22201/ceiich.24485705e.2022.28.83312
17. Aumassanne C, Salcedo A, Gaspari F, Bonilla J, Fontanella D. Variabilidad de la Oferta Hídrica de la cuenca alta del río Colorado. La Plata; 2021 May.
18. Cando J, Espinosa J, Bastidas W, Montufar C. Determinación de la brecha hídrica en la distribución de caudales a partir de la cuantificación de la demanda hídrica por uso de suelo. Estudio de caso del canal de riego Tumbaco, Pichincha, Ecuador. *Siembra*. 2024 Jun 11;11(1):1–16. doi:10.29166/siembra.v11i1.6264
19. Muñoz J. Monocultures in the Vinces river basin (Ecuador) and their relationship between the supply of water for irrigation. *Revista interamericana de ambiente y turismo*. 2021 Dec 31;17(2):113–23. doi:10.4067/s0718-235x2021000200113
20. Leon C, Mendoza B. Gestión de riesgos mayores en la carretera Troncal Amazónica, en el sector río Upano, Macas (EC) [Internet]. Riobamba; 2022 Sep [cited 2026 Mar 25]. Available

from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9775>  
doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9775>

21. Lala H, Fernández M. Analysis of the sustainability through water footprint in the Pita River microbasin, Ecuador. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 2020 Jan 5;11(1):169–234. doi:10.24850/j-tyca-2020-01-05
22. Maldonado E, Hernández Víctor, Martín J, Manrique O. Herramienta informática para el análisis hídrico de las precipitaciones diarias y extremas en cuencas hidrográficas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. 2022 May 31;16:31–50. doi:<http://rcci.uci.cu>