UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE RECARGA DE LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LA PARROQUIA DIEZ DE AGOSTO DEL CANTÓN Y PROVINCIA DE PASTAZA, ECUADOR.

AUTOR(ES):

Ana María Caluña Lumisaca

Darwin Fabricio Chapi Santillan

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Ricardo Vinicio Abril Saltos M.Sc

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Sí cumple.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Sí cumple
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	Cumple, puede mejorar.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Sí cumple.
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Sí cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	23.0 / 25	Sí cumple, puede mejorar.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Sí cumple.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Sí cumple.
VALORACIÓN TOTAL	96	NOVENTA Y SEIS

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	96

Atentamente,

Firmado digitalmente porJESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha:2023-09-13 15:46+19:00

JESÚS ANTONIO BONILLA DE GRACIA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 13 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Si cumple con los solicitado.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Si cumple con los solicitado.
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	Si cumple, pero se recomienda no disponer de forma explicita la palabra objetivo dentro del apartado buscando determinar su ubicación.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Si cumple con lo solicitado.
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	12.0 / 15	Si cumple, pero se recomienda revisar la guía metodológica en cuanto a la presentación de las tablas y figuras.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	20.0 / 25	Si cumple en parte, pero se recomienda revisar la guía metodológica en cuanto a la presentación de las tablas y figuras.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Si cumple con lo solicitado
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Si cumple con lo solicitado
VALORACIÓN TOTAL	90	NOVENTA

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO HOMERO
CUICHAN PAUCAR

SANTIAGO HOMERO CUICHAN PAUCAR (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 13 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

Document Information

Analyzed document	Articulo cientifico - Ana y Darwin 18 agosto 2023.docx (D172936137)
Submitted	8/18/2023 7:49:00 PM
Submitted by	Ricardo Abril
Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Diego y Katherine 18 agosto 2023.docx
Document Diego y Katherine 18 agosto 2023.docx (D172935348)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com
1

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Tatiana Villacis y Elci Revelo.pdf
Document Tatiana Villacis y Elci Revelo.pdf (D46090872)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com
2

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / p a g d.docx
Document p a g d.docx (D59450712)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com

Caracterización del área de recarga de la captación de agua de la parroquia Diez de Agosto del cantón y provincia de Pastaza, Ecuador.

Ana María Caluña Lumisaca[1]
am.calunal@uea.edu.ec

Darwin Fabricio Chapi Santillan[1]
df.chapis@uea.edu.ec

Dr. Ricardo Vinicio Abril Saltos M.Sc[2]
rvabril@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

El área de recarga se encuentra ubicada en el sector Juan de Velasco, al ser una fuente de abastecimiento hídrica para la población de la parroquia Diez de Agosto es importante conocer la cantidad y calidad de agua que proviene de dicha fuente. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar el área de recarga de la captación de agua de la parroquia Diez de Agosto en sus componentes fisicoquímicos y microbiológicos. La metodología empleada corresponde a un estudio descriptivo, en el cual se delimitó la zona de recarga de la captación, se realizaron pruebas de infiltración, muestreos de suelo para determinar la textura, materia orgánica, densidad aparente y densidad de raíce. Además, durante cinco fechas se monitoreo el agua para determinar los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos) y microbiológicos (coliformes totales). Se obtuvo un área de recarga de 8,95 ha y un perímetro de 1,4 km. El caudal de la vertiente fue de 0,032 m^3/s, los resultados obtenidos en los parámetros de turbiedad y potencia de hidrogeno se encuentran dentro de los limites permisibles mientras que la demanda bioquímica de oxígeno sobrepasa los límites permisibles de acuerdo con los criterios de calidad de agua para el consumo humano, se obtuvo una velocidad de infiltración muy alta, el suelo presente en la vegetación de bosque y pastizal natural tienen una textura de suelo Franco arcillo arenoso, los resultados obtenidos en la materia orgánica de la cobertura de bosque fue de 5,65% y 5,55% en la cobertura de pastizal natural, la densidad aparente fue de 0,38 g/cm^3 para bosque y 0,41 g/cm^3 para pastizal natural y la densidad de raíces fue de 0,27 cm/cm^3 y 0,17 cm/cm^3 para bosque y pastizal natural respectivamente.

Palabras Clave*: Área de recarga, Criterios de calidad del agua, Características del suelo.*

Abstract

The recharge area is located in the Juan de Velasco sector, being a source of water supply for the population of the Diez de Agosto parish, it is important to know the quantity and quality of water coming from this source. The objective of this study was to characterize the physicochemical and microbiological components of the recharge area of the Diez de Agosto parish water catchment. The methodology used corresponds to a descriptive study, in which the recharge area of the catchment was delimited, infiltration tests were performed, soil sampling to determine the texture, organic matter, bulk density and root density. In addition, the water was monitored on five dates to determine physicochemical parameters (dissolved oxygen, temperature, pH, electrical conductivity, total solids, suspended solids and dissolved solids) and microbiological parameters (total coliforms). A recharge area of 8.95 ha and a perimeter of 1.4 km were obtained. The flow rate of the spring was 0.032 m3/s, the results obtained in the parameters of turbidity and hydrogen power are within the permissible limits while the biochemical oxygen demand exceeds the permissible limits according to the criteria of water quality for human consumption, a very high infiltration rate was obtained, the soil present in the forest and natural pasture vegetation has a sandy clay loam soil texture, the results obtained in the organic matter of the forest cover was 5.65% and 5.55% in the natural pasture cover, the apparent density was 0.38 g/cm3 for forest and 0.41 g/cm3 for natural pasture and the root density was 0.27 cm/cm3 and 0.17 cm/cm3 for forest and natural pasture respectively.

Key words: *Recharge area, Water quality criteria, Soil characteristics.*

1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del mundo la humanidad ha dependido del Agua, debido a que es el epicentro para llegar a obtener un desarrollo sostenible y socioeconómico, además de que se puede generar energía, producir alimentos, es necesaria para la preservación de los ecosistemas y para la supervivencia de todos los seres vivos, también juega un papel crucial en la adaptación al calentamiento global y el cambio climático, volviéndole un recurso indispensable (Editorial RSyS, 2021). El agua subterránea es otro tipo de agua, también se los conoce como acuíferos debido a que permiten el almacenamiento de agua dulce bajo la superficie de la tierra formando grandes reservas de agua, este proceso es posible por la presencia de áreas o recargas hídricas, que es un proceso natural con determinadas características biofísicas que pueden captar, acumular e infiltrar las precipitaciones al suelo, para así recargar y distribuir el agua subterránea a otros acuíferos e incluso llegar a afluentes superficiales (Fundación AGRECOL Andes, 2019).

Históricamente, en el mundo y en Ecuador, las sociedades han utilizado el agua subterránea como una fuente de abastecimiento para la vida y el desarrollo. La vertiente

Amazónica ecuatoriana tiene una menor demanda de agua, pero esta región tiene la mayor disponibilidad de recurso hídrico, cerca del 85% del total de líquido disponible en todo el territorio ecuatoriano, este recurso se ha visto afectado tanto en su calidad como su cantidad por diversas actividades antropogénicas provocando limitaciones al acceso de agua potable, incluso a no disponer de este recurso (INAMHI, 2015). De acuerdo con el (GADPR Diez de Agosto, 2020a) dicha parroquia tiene un déficit de agua potable debido a que no se realizan tratamientos adecuados al agua que consumen, la población recibe el agua por tubería: 18,88% dentro de su vivienda, 10,84% por fuera de la vivienda, 1,20% por fuera del terreno o lote y el 69,08% recibe el agua por otros medios. De acuerdo con los criterios de calidad de agua para el consumo humano, el agua que consumen la población de la parroquia Diez de Agosto se encuentra dentro de los limites permisibles para el consumo humano.

Actualmente las cuencas se encuentran bajo un estrés hídrico provocado principalmente por el cambio climático, reduciendo las posibilidades de predecir la disponibilidad de este líquido vital como también los efectos que se producen en su calidad (Gumicio, Fernández, Mansuy, & Pulgar, 2022). Según el (GADPR Diez de Agosto, 2020b) las comunidades de la parroquia Diez de Agosto se han visto vulnerables especialmente por amenazas antrópicas como la degradación del suelo, crecimiento de la frontera agrícola y urbanización, contaminación de los recursos hídricos por lixiviación y percolación de tóxicos presentes en los residuos sólidos, falta de un adecuado tratamiento de aguas residuales y de alcantarillado, estas actividades pueden llegar a deteriorar la calidad del agua del área de recarga ocasionando la limitación del uso de este recurso para la preparación de los alimentos, hidratación, aseo personal incluso para lavar la ropa. Según (Pasig, Pelaez & Mealla, 2020) las áreas de recarga hídrica también albergan una importante biodiversidad de fauna y flora, además contribuyen a la conservación y producción de recursos hídricos porque facilita la infiltración de este recurso. Es importe cuidar, preservar, proteger, identificar y delimitar estas áreas de recarga, no solo por el hecho de que son una fuente de abastecimiento hídrico sino también por el papel importante que juegan en el ciclo hidrológico.

Ante la problemática expuesta el presente trabajo tuvo como objetivo: Caracterizar el área de recarga de la captación de agua de la parroquia Diez de Agosto en sus componentes fisicoquímicos y microbiológicos.

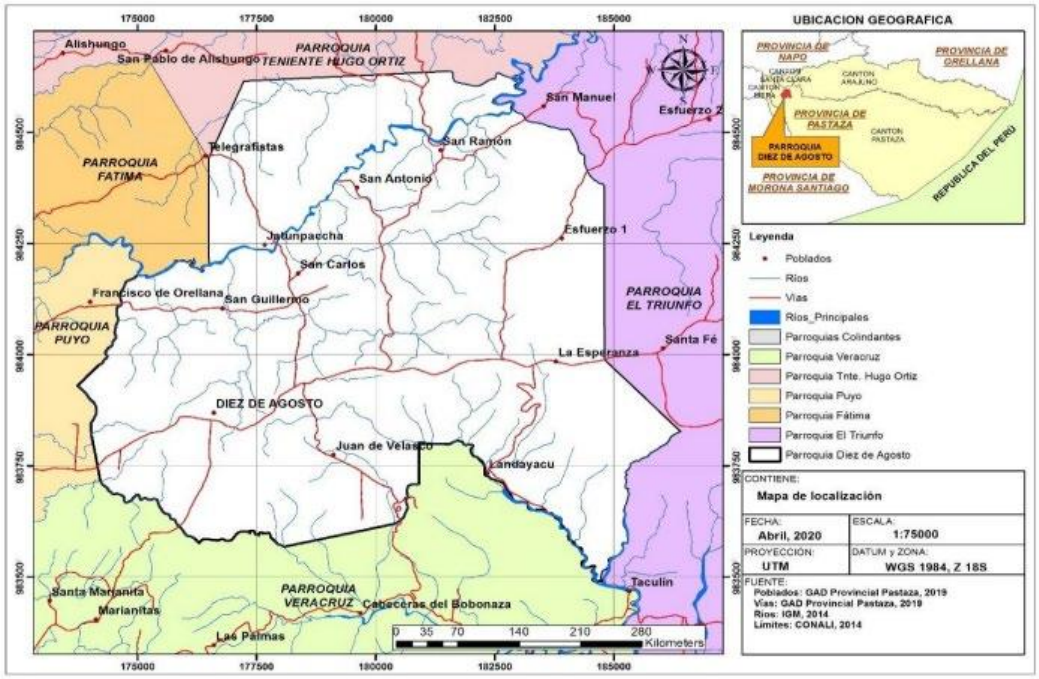
2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Ubicación

El presente proyecto de investigación se realizó en la Provincia de Pastaza, Cantón Pastaza, Parroquia Diez de Agosto, Sector Juan de Velasco, a 9 km de la ciudad de Puyo. Cuenta con una población de 1.144 habitantes según el (INEC, 2010a). Su rango altitudinal oscila entre los 600 a 1.200 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar), además posee una

extensión aproximadamente de 9.377,7 Has (93,7 Km2). La mencionada parroquia posee un clima tropical húmedo y lluvioso, con una temperatura promedio anual entre los 20,8 °C y 32 °C además recibe precipitaciones máximas anuales mayores a 4.700 milímetros, mencionado por el (GADPR Diez de Agosto, 2020c) en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

Mapa 1. Ubicación de la parroquia Diez de Agosto



Fuente: PDyOT-DIEZ DE AGOSTO 2020

2.2 Materiales

Para la investigación se utilizó lo siguiente:

Tabla 1. Materiales y equipos.

Materiales	
• Cilindros plásticos y metálicos	• Frascos esterilizados
• Cinta métrica	• Botellas de plásticos
• Cronometro	• Balde plástico
• Pala	• Fundas ziploc
• Cooler	• Nivel de burbuja
• Machete	• Penetrómetro
Equipos	
• Google Earth pro	• Equipos multiparamétricos
• Software ArcGis 10.8	

Fuente: Autores.

2.3 Metodología

La presente investigación fue de carácter descriptivo en donde se identificó las diferentes características hidro-edafológicas del área de recarga hídrica de la captación de agua de la parroquia Diez de Agosto, Sector Juan de Velazco, a través de ensayos en campo, tomas de muestra de agua y suelo.

Delimitación del área de recarga.

Se realizó una salida a campo para identificar y delimitar el área de estudio mediante el uso de la aplicación de GPS Essentials donde se marcó los puntos de interés, se procesó la información obtenida con ayuda del Software Google Earth pro y ArcGis 10.8. Para delimitar el área de recarga se partió de un Modelo Digital de Elevaciones y con ayuda de la herramienta Hydrology del Spatial Analyst de Arc-Map se procesó dicha información.

Pruebas de infiltración

El área de estudio presenta dos tipos de vegetación: Bosque y Pastizal Natural, para las pruebas de infiltración se tomó un punto de referencia por cada vegetación existente. Se utilizó el método de doble anillo que para Selker et al. (1999) citado por (Alvarado Batres & Barahona-Palomo, 2016) es la prueba más utilizada para la estimación de propiedades hidráulicas del suelo, el cual consiste en insertar sin su base dos cilindros de diferente diámetro (30 cm y 16 cm) uno dentro del otro respectivamente, a una profundidad de 5 cm, sin alterar las características de la muestra. Se colocó una funda plástica como base del cilindro interno (el de menor diámetro), se introduce una cinta métrica en la pared del interior del cilindro y se vierte el agua hasta llenar 15 cm, después se retiró la funda plástica y con ayuda de un cronometro se contabilizó el tiempo transcurrido en el que varía la altura de agua a diferentes tiempos, cuando el agua llegaba a una altura de 5 cm se recargaba y se anotaba el tiempo en el que se recargó. Conocida la velocidad de infiltración se procedió a calcular la Capacidad de Infiltración mediante el Modelo de Horton.

Según Horton (1993) citado por (Ruiz Romera & Martínez Santos, 2015a), para calcular la infiltración, hay que tener en cuenta que empieza en alguna una tasa f_o y va disminuyendo exponencialmente hasta alcanzar una tasa f_c. Para obtener la capacidad de infiltración en un determinado tiempo se utilizó la siguiente ecuación:

$$F = f_c + (f_o - f_c) * e^{-k*t}$$

Dónde:
F: Capacidad de infiltración en un tiempo
f_c: Capacidad de infiltración final.
f_o: Capacidad máxima de infiltración inicial.
e: Constante de napier (2.718281...).

K: Constante de decaimiento (velocidad de infiltración en el primer minuto).
t: Tiempo transcurrido desde el inicio de la lluvia.

Mientras que para obtener el número de curva conocido también como Soil Conservation Service (SCS), utilizamos el método del número de curva del SCS, Chow et al. (1992) citado por (Sánchez, 2022) nos sugiere que para estimar la infiltración se debe utilizar la siguiente conversión:

$$\text{Condición (III)} = \frac{23 * \text{CN(II)}}{10 + 0.13 * \text{CN(II)}}$$

Toma y análisis de las muestras de suelo.

Para el análisis de suelo se recolectaron de la cobertura vegetal Bosque y Pastizal Natural un total de 6 muestras superficiales, se escogieron tres puntos al azar por cobertura vegetal, mismos que cubrían el área de recarga en donde se tomaron dos muestras en cilindros metálicos a una profundidad de 5 cm y lo enrasamos, para la muestra compuesta se utilizó la técnica del cuarteo y se guardó la muestras en una funda ziploc. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Suelos de la Universidad Estatal Amazónica utilizando los siguientes métodos:

Para determinar la densidad aparente se utilizó el método del cilindro, es uno de los más utilizados y consiste en introducir un cilindro de volumen conocido en la superficie del suelo para después extraer la muestra y llevarle a la estufa a una temperatura de 105 °C hasta obtener un peso constante, para calcular la densidad aparente se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Volúmen conocido}}$$

En la determinación de la densidad de raíces finas se utilizó el método de Newman, el cual nos permite conocer la longitud de las raíces mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\pi * N * A}{2 * H}$$

Dónde:
R= longitud de raíces
N= número de intersecciones
A= área de la superficie donde están distribuidas las raíces
H= longitud total de las líneas de referencia

En la determinación de la textura del suelo se utilizó el método de Bouyoucus modificado por Day, el cual consiste en medir la densidad suspendida por el asentamiento de las partículas del suelo usando un hidrómetro, se toma dos lecturas, la primera a los 40 segundos

(s) y la segunda a las 2 horas. Para calcular la lectura corregida, el porcentaje de arena, arcilla y limo se utilizó las siguientes formulas:

$$\text{Lectura corregida} = (\text{Ltm} \pm \text{factor de corrección}) - (\text{LB} \pm \text{factor de corrección})$$

Dónde:
Ltm = lectura tomada de la muestra.
LB = lectura blanco.

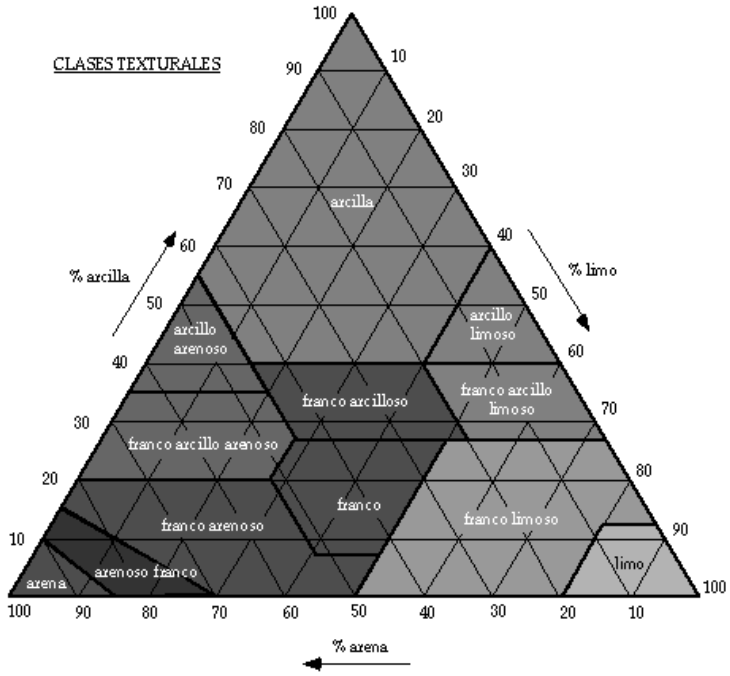
$$\%\ \text{Arena} = 100 - (\text{Lectura corregida a los 40 s} * \frac{100}{\text{gramos muestra}}$$

$$\%\ \text{Arcilla} = \text{Lectura corregida a las 2horas} * \frac{100}{\text{gramos muestra}}$$

$$\%\text{Arena} = 100 - (\%\ \text{Arena} + \%\ \text{Arcilla})$$

Obtenido el porcentaje de arena, arcilla y limo se interpolan los resultados en el triángulo de texturas para así conocer la clase textural del suelo del área de recarga.

Figura 1. Pirámide de las clases texturales básicas del suelo.



Fuente: Clasificación según la USDA-NRCS

Para la determinación de Materia Orgánica (M.O) se utilizó el método de Calcinación, consiste en someter a la muestra a dos diferentes tiempos (24h y 2h) y temperaturas (105 °C y 360 °C) respectivamente para después por diferencia de pesos, calcular la M.O con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ M. O} = \frac{(\text{Peso a } 105\ ^\circ\text{C} - \text{Peso a } 360\ ^\circ\text{C}) * 100}{\text{Peso a } 105\ ^\circ\text{C}}$$

Ya obtenida la M.O se pudo calcular el Carbón Orgánico (C.O) utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ C. O} = \% \text{ M. O} * 0.58$$

Toma y análisis de las muestras de agua.

Para el análisis de agua se tomaron un total de 10 muestras durante los cinco monitores, el cual consistió en recolectar una vez a la semana (jueves) dos muestras de agua, la primera muestra se recolectó en una botella plástica de 1 galón aforado mientras que la segunda muestra se la recolectó en un frasco esterilizado sin aforar, se enjuagaron tres veces los respectivos envases con el agua a muestrear para después trasladar las muestras de manera inmediata a los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

Mediante el método HACH equipo multiparamétrico se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua en el laboratorio de Ingeniería Ambiental, los cuales son:

Determinación de oxígeno disuelto
Determinación de temperatura
Determinación de conductividad eléctrica
Determinación de potencial de hidrogeno (pH)

También se utilizaron los siguientes métodos citados en el Standard Methods 22nd ed. (Rice et al. 2012):

Determinación de solidos totales método 2540 B
Determinación de turbiedad método 2130 B
Determinación de solidos suspendidos método 2540 D
Determinación solidos disueltos método 2540 C
Determinación de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) método 5210 BOD

En el laboratorio de Microbiología se determinó los coliformes fecales mediante el método del número más probable (NMP) para diez tubos de ensayo de 10 ml.

Medición de caudal.

Para determinar el caudal (Q) utilizamos el método Volumétrico debido a que el área de estudio corresponde a una naciente de agua, este método consiste en contar el tiempo que transcurre en llenar el depósito de volumen conocido mediante la siguiente formula (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2017):

$$Q = \frac{\text{Volumen } (m^3)}{\text{tiempo } (s)}$$

Obtenido el caudal se realizó la proyección de consumo, partiendo de la población censada en el 2010 y de la tasa de crecimiento que se establece para la parroquia Diez de Agosto, según el (INEC, 2010b). Para determinar la población futura se utilizó la formula del método simplificado de Albino-Bocaz.

$$P_{t+n} = P_t * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Dónde:
P_{t+n} = Población final del periodo.
Pt = Población base o población inicial
r = tasa de crecimiento anual %
n = número de años de la proyección deseada

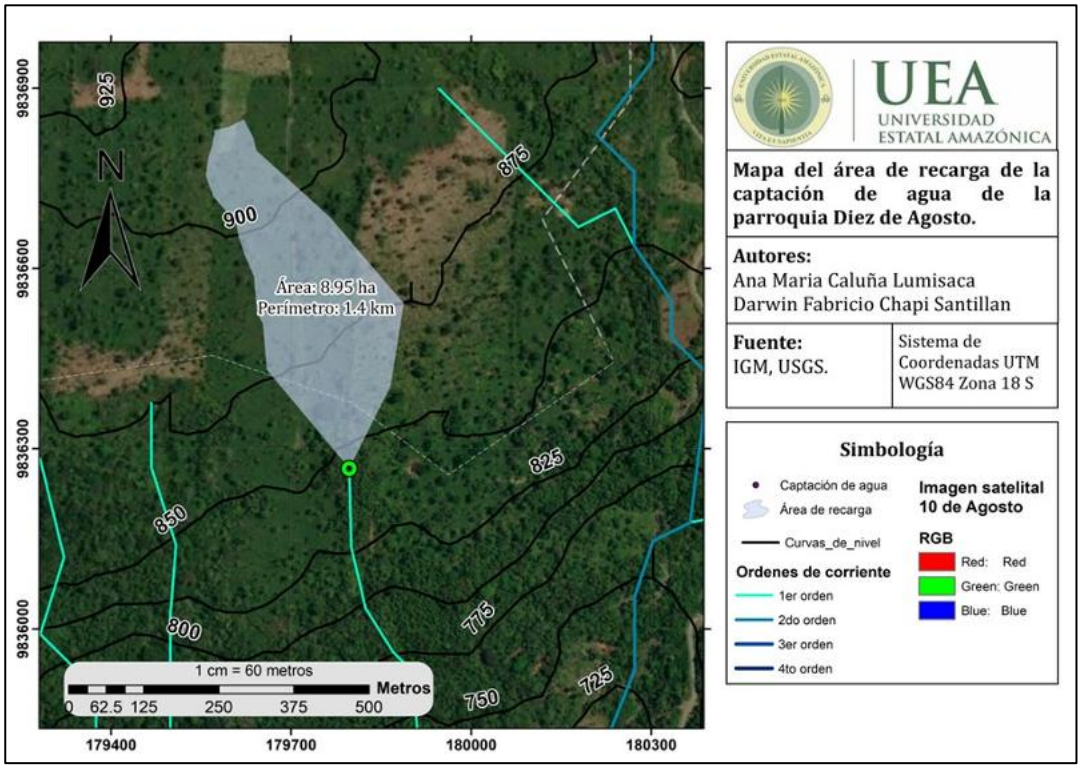
Una vez obtenida la proyección de la población se multiplica el número de habitantes estimados por el consumo promedio de agua que tiene la población de la provincia de Pastaza reportada en el Censo de Población y Vivienda de 2010.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Delimitación del área de recarga.

Como se observa en el Mapa 2, el área de recarga que se obtuvo de la captación de la parroquia Diez de Agosto fue de 8,95 hectáreas (0,0895 km2) y un perímetro de 1,4 kilómetros. El análisis hidráulico considera una categorización en función del tamaño de la cuenca, conforme al sistema propuesto por (Campos, 1998). En este contexto, el área de recarga de la captación se identifica como una cuenca de tamaño muy reducido.

Mapa 2. Área de recarga de la captación de agua de la parroquia Diez de Agosto.



Fuente: Autores

Pruebas de Infiltración

De acuerdo con la Tabla 2, la vegetación de bosque presenta valores altos en su velocidad de infiltración (fo), velocidad de infiltración inicial (fc), humus, hojarasca, numero de curva condición II y numero de curva condición III a comparación de la vegetación pastizal natural que muestra valores más bajos, pero también se observa que ambas vegetaciones presentan un mismo valor en la condición hidrológica III. Esta variación tiene coherencia con lo expuesto por Gonzales et al., (2016), donde señala que los suelos forestales, caracterizados por su significativo contenido de materia orgánica y presencia de conductos subterráneos originados por las raíces, demuestran tasas de infiltración superiores a las de los suelos agrícolas.

Además, según la clasificación del modelo de Horton, el tipo de suelo según la tasa mínima de infiltración que presenta las dos coberturas de vegetación pertenecen al Grupo A. Dichos suelos exhiben un reducido potencial de escorrentía y una marcada capacidad de infiltración, según (NRCS, 2002). A su vez (Martínez, 2018) respalda el empleo del número de curva para prever la escorrentía, alegando que este enfoque considera factores fundamentales como la infiltración, la vegetación y la capacidad de retención del suelo, lo que brinda una modelización más precisa de la respuesta hidrológica ante eventos pluviales.

Tabla 2. Infiltración de la cobertura Bosque y Pastizal Natural

Muestra	Bosque	Pastizales
fo (mm/h)	567,7	400,6
fc (mm/h)	161	79
Clasificación según Horton	A	A
Humus (cm)	1,75	1,5
Hojarasca (cm)	3	1,5
Condición Hidrológica	III	III
Lluvia previa (mm)	115,2	115,2
Número de curva condición II	36	6
Número de curva condición III	56,4	12,8

Fuente: Autores.

Análisis de las muestras de suelo

Como se puede observar en la Tabla 3, los porcentajes de arena, limo y arcilla son similares en las dos coberturas de vegetación, por ello presentan una textura del suelo tipo Franco arcillo arenoso. Los resultados concernientes a la densidad longitudinal de raíces señalan una densidad media de 0,27 cm/cm3 en la zona boscosa y 0,17 cm/cm3 en el área de pastizales, resaltando la preeminencia del entorno forestal. Este contraste tiene sustento en el análisis de (Caldwell & Jackson, 1993), donde se explora la variabilidad de la densidad radicular en función de los hábitats y las condiciones edáficas, sugiriendo que las plantas en entornos boscosos tienden a exhibir densidades radiculares más elevadas en comparación con las áreas de pastizales.

Las observaciones en relación con los niveles de materia orgánica y carbono concuerdan igualmente con la densidad de raíces, puesto que los suelos boscosos presentan valores relativamente superiores en comparación con los suelos de pastizales. Esta tendencia podría asociarse con la capacidad de los bosques para retener y acumular carbono en el suelo. Según el estudio de Chen et al., (2015) analiza cómo la densidad de raíces en los bosques de bambú contribuye a la captura de carbono en el suelo, proporcionando una base sólida para comprender a profundidad cómo la densidad radicular en entornos forestales ejerce influencia en los ciclos biogeoquímicos y en las estrategias de mitigación del cambio climático.

Tabla 3. Textura, densidad aparente porcentaje de materia y carbón orgánicos.

Cobertura	Bosque	Pastizal
% Arena	52,05	51,6
% Arcilla	25	25,45
% Limo	22,95	22,95
Textura	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso
Densidad Aparente (gr/cm^3)	0,38	0,41

Materia Orgánica (%)	5,65	5,55
Carbón Orgánico (%)	3,28	3,22
Densidad de raíces (cm/cm^3)	0,27	0,17

Fuente: Autores.

Análisis de las muestras de agua.

En la Tabla 4 se puede observar los parámetros físicos químicos realizados al agua de la captación de la parroquia Diez de Agosto durante cinco fechas, donde se obtuvo una desviación estándar de ±0,2 de oxígeno disuelto, ±0,8 de temperatura, ±2,0 de conductividad eléctrica, ±99,5 de coliformes totales, ±12,4 de sólidos totales, ±12,8 de sólidos suspendidos y solidos disueltos de ±12,7.

Los resultados que se encuentran en la Tabla 4, no pudieron ser comparados con los límites máximos permisibles para fuentes de agua de consumo humano y domestico establecidos en el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA, 2015a) debido a que los parámetros analizados no son tomados en cuenta como criterios de calidad.

Sin embargo, la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza (EMAPAST-EP, 2017a) realizo un estudio y diseño definitivo del sistema de agua potable para la parroquia Diez de Agosto, del cantón y provincia de Pastaza, donde como línea base se realizó análisis fisicoquímicos del agua de la vertiente. La conductividad eléctrica que determinaron fue de 117,0 µS/cm, pero en el presente estudio se obtuvo 115,5 µS/cm, el cual tiene similitud entre ambos estudios. Los Sólidos Totales que determinaron fue de 76,10 mg/l, mientras que en el presente estudio se obtuvo 89 mg/l. Aunque los valores son comparables, carecen de cambios significativos, lo que podría atribuirse a la alteración del análisis debido al depósito de sedimentos alrededor de la captación de la vertiente.

En relación con los coliformes totales, se obtuvo un promedio de 50,8 NMP/100 ml, en contraposición a los 430 NMP/100 ml del análisis realizado por (EMAPAST-EP, 2017b). Si bien este valor no se ajusta a los límites permitidos por el INEN 1108 para agua de consumo, al someterse a una desinfección este deberá ajustarse a los parámetros reglamentarios.

Tabla 4. Parámetros físicos químicos del agua de la captación.

Parámetro	Unidades	Fecha 1 16/06/23	Fecha 2 22/06/23	Fecha 3 29/06/23	Fecha 4 06/07/23	Fecha 5 13/07/23	Promedio	Desviación estándar
Oxígeno disuelto	mg/L	6,545	6,65	6,22	6,24	6,29	6,4	±0,2
Temperatura	°C	23,00	23,5	23,4	21,45	22,65	22,8	±0,8
Conductividad eléctrica	µS/cm	114,8	115,1	113,9	114,8	119,1	115,5	±2,0

Coliformes Totales	NMP/100ml	-	≤ 1,1	220	≤ 1,1	≤ 1,1	50,8	±99,5
Solidos totales	mg/L	89	135	104	83	97	89	±12,4
Solidos suspendidos	mg/L	1	35	18	18	8	1	±12,8
Solidos disueltos	mg/L	88	100	86	65	89	88	±12,7

Fuente: Autores.

Dentro de los criterios de calidad para aguas de consumo humano y domestico que se establece en el Anexo 1 del TULSMA, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Potencial de Hidrogeno y la Turbiedad analizados en este estudio se encuentran dentro de la norma mencionada.

En el Gráfico 1 se puede observar que la demanda bioquímica de oxígeno sobrepasa los límites permisibles (<2 mg//L) establecidos en los criterios de calidad de agua para el consume humano. Esta contaminación puede ser atribuida a distintas fuentes, como el escurrimiento de áreas agrícolas y la acumulación de materia orgánica.

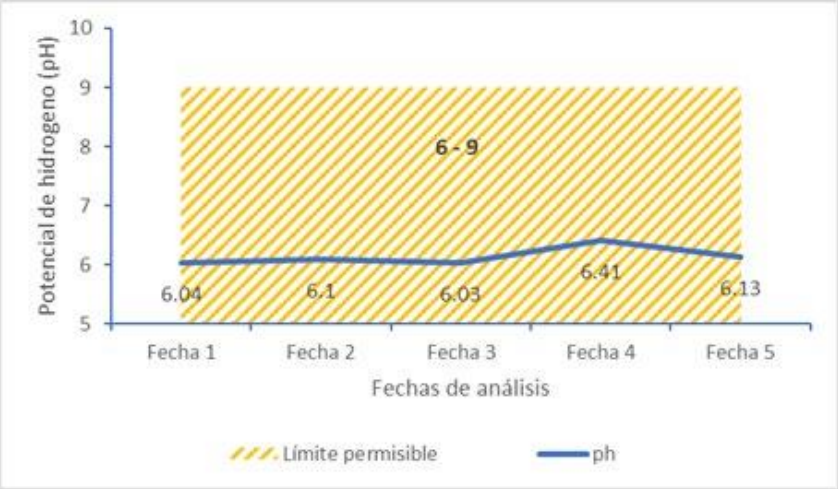
Gráfico 1. Limites permisibles del DBO.



Fuente: Autores.

En el Gráfico 2, el parámetro evaluado es el pH, con un promedio de 6,17 en el estudio actual y 6,23 en el análisis realizado por (EMAPAST-EP, 2017c). Estos valores se ajustan a los límites permisibles para consumo humano y doméstico establecidos en el (TULSMA, 2015b), que comprenden un rango de pH de 6 a 9.

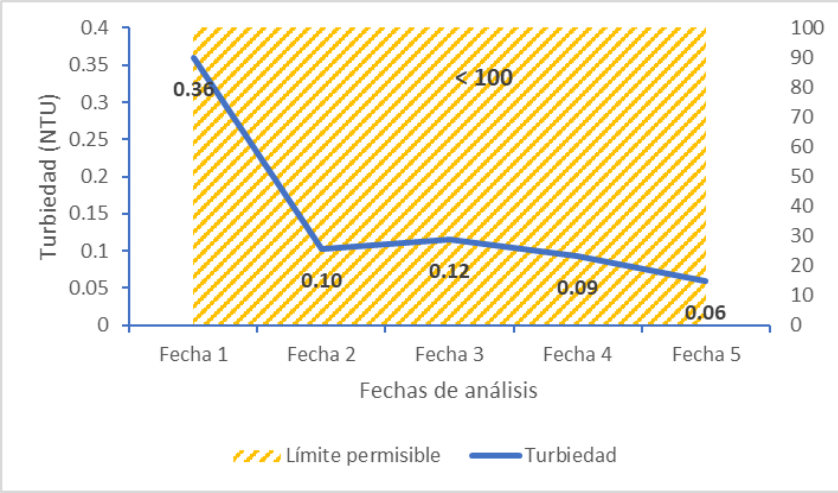
Gráfico 2. Limites permisibles del pH.



Fuente: Autores.

En el Gráfico 3, se aprecia los valores obtenidos de turbiedad mismos que se encuentran muy por debajo de los límites permitidos según el (TULSMA, 2015c), cuyo valor debe de ser menor a 100 NTU. Estos valores se encuentran semejantes a los obtenidos en el estudio realizado por (EMAPAST-EP, 2017d)., el cual obtuvieron una turbiedad de 0 NTU.

Gráfico 3. Limites permisibles de la turbiedad.



Fuente: Autores.

Medición de caudal.

Como se puede observar en la Tabla 5, el volumen del tanque de bombeo de la captación Diez de Agosto es de 14,8 m^3, con un tiempo promedio de llenado de 466 segundos, un caudal promedio de 0,032 m^3/s (32 lt/s). En el estudio realizado por (EMAPAST-EP, 2017e), determinaron un caudal de 20 lt/s en la vertiente ubicada en el sector Juan de Velasco.

Tabla 5. Caudal del tanque de reservorio de la captación de agua de la parroquia Diez de Agosto.

Datos	Unidades	Valor
Volumen total del tanque de bombeo	m^3	14,8
Tiempo promedio de llenado	s	466,0
Caudal promedio	m^3/s	0,032
Caudal promedio mensual	m^3/mes	83.693,05

Fuente: Autores.

La Tabla 6 nos indica que la población de la parroquia Diez de Agosto en el año 2010 fue de 1144 habitantes con un crecimiento anual del 1,29 %, esto según el (INEC, 2010c). Para el año 2040 se proyecta que la población aumentará a 1.680 habitantes con un consumo de total de 6.684 m3 de agua al mes. En función de las proyecciones de consumo, se evidencia que el caudal de la vertiente que abastece a la parroquia Diez de Agosto es más que suficiente para cubrir las necesidades de consumo de las futuras poblaciones de la parroquia.

Tabla 6. Proyección de consumo hasta el año 2040.

Descripción	Unidades	Año 2010	Año 2040
Población Total	hab	1.144	1.680
Consumo mensual	m^3/mes	4.550	6.684

Fuente: Autores.

4. CONCLUSIONES

El área de recarga de la captación de agua en la parroquia Diez de Agosto, situada en la comunidad de Juan de Velasco, engloba una superficie total de 8,95 hectáreas, con un perímetro de 1,4 kilómetros. En esta región, se observa la presencia de dos categorías de cobertura vegetal: bosque y pastizales naturales.

De acuerdo a las características obtenidas en las pruebas de infiltración realizadas a las dos vegetaciones presentes en el área de estudio (bosque y pasto natural) se obtuvo que el suelo se encuentra dentro de la categoría A de acuerdo a la clasificación de Horton, estos suelos se caracterizan por presentar una alta capacidad de infiltración, se determinó que la textura presente en el suelo para ambas vegetaciones es franco arcillo arenoso mientras que los resultados para la densidad longitudinal de raíces fue mayor en el entorno boscoso, alcanzando 0,27 cm/cm^3, a comparación de los 0,17 cm/cm^3 en el área de pastizales. Esta disparidad se atribuye a la concentración de carbón y materia orgánica en el ambiente boscoso que son ligeramente superior en comparación a los resultados obtenidos en el pastizal natural, esto tiene concordancia con las características del suelo presente en la parroquia Diez de Agosto que son suelos bien drenados con un alto contenido de agua y

materia orgánica.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al agua de captación de la parroquia Diez de Agosto en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica, se evidencia que de todos los parámetros analizados el DBO, pH y turbiedad son los únicos que se los considera dentro de los criterios de calidad para aguas de consumo humano y domestico establecidos en el Anexo 1 del TULSMA, los valores obtenidos en el DBO se encuentran fuera del rango permitido pero esta discrepancia no afecta la calidad de agua debido a que se puede considerar apta para el consumo humano solo es necesario realizar por seguridad en el proceso de tratamiento una desinfección, los demás parámetros como el pH y la turbiedad se encuentran dentro de los limites permisibles.

El caudal promedio de la fuente de agua que abastece a la población de la parroquia Diez de Agosto fue de 0,032 m^3/s, es decir un caudal mensual de 83.693,05 m^3/mes. Se proyecta que el consumo de agua para el año 2040 sea de 6.684 m^3/mes, es decir que el caudal de la vertiente abastece la demanda de consumo de las futuras poblaciones de la parroquia.

5. REFERENCIAS

Alvarado Batres, C., & Barahona-Palomo, M. (15 de septiembre de 2016). The Scientific Electronic Library Online - SciELO. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00023.pdf

Caldwell, M. & Jackson, R. (1993). The Dynamics of Long-Term Growth and Development in Trees and Some Other Plants. In "Ecological Studies: Analysis and Synthesis" (Vol. 99)

Campos, A. (1998). Procesos del Ciclo Hidrológico. México: Universidad Autonoma de San Luis Potosi. Recuperado de https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3331

Castro, C. (2021). Voces azuayas. Recuperado de https://vocesazuayas.com/ejecucion-de-la-consulta-popular-del-agua-de-cuenca-delimitacion-de-zonas-de-recarga-hidrica/

Chen, B. M., Li, X. Y., Yang, Y. S., & Fang, W. J. (2015). Root Biomass and Soil Organic Carbon Concentration in Moso Bamboo Forests. Forests,

Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). Centro Agua UMSS-FCAyP. Recuperado de http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S_T_12016_Medicion_infiltracion_doble_anilla. pdf

Docampo, R. (s.f.). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Urugauy. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf

Editorial RSyS. (2021). Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad. Recuperado de https://responsabilidadsocial.net/agua-que-es-definicion-caracteristicas-e-importancia/

EMAPAST-EP. Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza (2017). Estudio y diseño definitivo del sistema de agua potable para la parroquia Diez de Agosto, del cantón y provincia de Pastaza. (Consultor: Luis Muela Ronquillo).

Espinales Cedeño, F., Alulema del Salto, R., & Caicedo Toro, M. (marzo de 2021). SCIELO. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/pdf/dilemas/v8nspe2/2007-7890-dilemas-8-spe2-00017.pdf

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S. Recuperado de https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/escorrentia-definicion-tipos-y-factores-que-la-generan/

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). Fibras y Normas de Colombia S.A.S. Recuperado de https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/caudal-definicion-y-metodos-de-medicion/

Fundación AGRECOL Andes. (noviembre de 2019). AGRECOL Andes. Recuperado de https://www.agrecolandes.org/wp-content/uploads/2020/01/boletin-recarga-h%C3%ADdrica-misereor-y-solidagro.pdf

GADPR Diez de Agosto, Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Diez de Agosto. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Diez de Agosto (PDyOT).

González A., Álvarez P., González M. y Aguirre Z. (2016). Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía, 6(1):50-59, ISSN1390-590, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Gumicio, C., Fernández, C., Mansuy, N., & Pulgar, A. (septiembre de 2022). FIMA ONG. Recuperado de https://www.fima.cl/wp-content/uploads/2022/09/guia-municipio-verde-agua.pdf

INEC. (2010). Censo de población y vivienda de Ecuador. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito, Ecuador. Extraído de: http://www.inec.gob.ec

Innovatione. (22 de abril de 2019). Innovatione. Recuperado de https://innovatione.eu/2019/04/22/el-suelo/

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (agosto de 2015). Introducción a la Hidrología del Ecuador. 2a ed. Recuperado de https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2%20EDICION_2014.pdf

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2017). ICC. Recuperado de https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf

Martínez, J. R. (2018). Evaluación del método del número de curva para estimación de escorrentía en cuencas hidrográficas. Journal of Hydrological Engineering.

Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). CATIE. Recuperado de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8339/Guia_para_la_identificacion_participativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NRCS. (2012). National Engineering Handbook. Part 630 Hydrology. WashingtonD.C.

Olmedo, M. A., & González, P. (1 de marzo de 2022). Banco Interamericano de Desarrollo - IADB.org. Recuperado de https://blogs.iadb.org/agua/es/cuencas-hidrograficas-vida-

silvestre/

Ortega Miranda, G. (24 de julio de 2018). abc. Recuperado de https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/el-suelo-caracteristicas-1724350.html

Pasig, R., Pelaez, D., & Mealla, C. (febrero de 2020). SIHITA. Recuperado de https://sihita.org/wp-content/uploads/2022/04/Determinacion-areas-de-recarga-agua-subterranea-Tarija_2020.pdf

Pereira Morales, e. (2011). Edafología 1 (1ra. ed.). Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. Recuperado de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf

Rice, E. W., et al. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed. Edition. American Public Health Association.

Ruiz Romera, E., & Martínez Santos, M. (2015). Open Course Ware (OCW). Recuperado de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/47724/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_4.pdf

Sánchez V, J. (s.f.). FaCENA. Recuperado de https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf

Sánchez, F. (marzo de 2022). Hidrología e Hidrogeología. Recuperado de https://hidrologia.usal.es/practicas/Pneta_SCS/Pneta_SCS_fundam.pdf

TULSMA (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Edición Especial Nº 387.

6. ANEXOS

Anexo A: Marco Teórico.

Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica son áreas o zonas que se encuentran en la superficie de la tierra que recogen el agua que cae de las precipitaciones y constituyen un ciclo natural encargado de drenar el agua hacia una desembocadura a través de los acuíferos y ríos (Olmedo & González, 2022).

Escorrentía

También se le conoce como escurrimiento y sucede cuando se excede la capacidad de infiltración del suelo generando una lámina de agua de lluvia que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje por acción de la gravedad hasta alcanzar a una red fluvial (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., s.f.).

Área de recarga

También se le conoce como zona de recarga hídrica y son todas las partes de una cuenca hidrográfica que, por condiciones climáticas, topográficas y geológicas, permiten que una

gran cantidad de precipitaciones se filtren al suelo permitiendo la recarga de los acuíferos (Castro, 2021)

Factores que afectan el área de recarga

Según INAB (2003) citado por (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009a) los factores que afectan a las áreas de recarga son:

El clima: las cantidades de lluvias y la evapotranspiración son los factores que más afectan, esto se debe por la pérdida de agua en la transpiración de las plantas y la evaporación del agua.

El suelo: suelos impermeables y compactados impiden y dificultan la infiltración.

La topografía: es la que determina el tiempo de contacto entre la superficie y el agua, pendientes fuertes favorecen la generación de escorrentía superficial, además disminuyen el tiempo de contacto y reducen la infiltración del agua.

Los estratos geológicos: pueden afectar considerablemente la cantidad de recarga hídrica por la disposición de los distintos materiales geológicos en los diferentes estratos o capas del suelo.

La cobertura vegetal: disminuye la escorrentía superficial, debido a que permite un mayor tiempo de contacto del agua con la superficie facilitando el proceso de infiltración; también, un porcentaje significativo de la lluvia es interceptada por la cobertura vegetal.

El escurrimiento: el agua procedente de las precipitaciones forma flujos subterráneos, subsuperficiales y superficiales, mismos que son captados por los cauces de los ríos.

Infiltración del agua

Es el movimiento del agua que penetra desde la superficie del suelo hasta su interior por efecto de la gravedad y por la presencia de espacios porosos del suelo, desplazándose a capas más profundas abasteciendo a los mantos acuíferos (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009b).

Velocidad de infiltración

Es la relación que existe entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo que tardará en infiltrarse dicha lamina (Delgadillo & Pérez, 2016).

Capacidad de infiltración

Es el nivel máximo de agua que el suelo puede absorber y depende de las características físicas del suelo, al igual que del estado de humedad antecedente a la precipitación (Ruiz Romera & Martínez Santos, 2015b).

Número de curva

Es un parámetro hidrológico, se utiliza para calcular la precipitación efectiva la cual es producida por una tormenta en un área determinada (Espinales Cedeño, Alulema del Salto, & Caicedo Toro, 2021)

Caudal

Es el volumen o cantidad de agua que circula por una superficie (río, tubería, entre otros) en un determinado tiempo (Fibras y Normas de Colombia S.A.S.)

Suelo

Es una capa solida delgada, está formada por la desintegración paulatina de las rocas superficiales por acción del agua, temperatura y otros agentes atmosféricos como el viento o por acción de agentes biológicos (Innovatione, 2019).

Características del suelo

De acuerdo con (Ortega Miranda, 2018) algunas características del suelo son:

Constituidas por partículas sólidas de diferentes tamaños.

Poseen componentes inorgánicos y orgánicos provenientes de la descomposición de restos animales y vegetales.

Contienen agua entre los espacios que dejan las partículas sólidas que lo componen, dependiendo de la relación que exista entre las partículas sólidas se puede conocer la capacidad de retención de agua.

Presentan propiedades fisicoquímicas propias, el cual depende de la cantidad de materia orgánica, minerales y agua que poseen, mismas que determinan la productividad desde el punto de vista agrícola.

Contiene minerales (nitrógeno, magnesio y fósforo) permitiendo el crecimiento de las diferentes especies.

Son susceptibles a la degradación por mal uso como: exceso de uso de fertilizantes, monocultivos, pastoreo excesivo, entre otros convirtiéndoles en suelos estériles.

Con el tiempo evolucionan además sus propiedades van cambiando, haciendo que su productividad aumente o disminuya.

Tienen diferentes criterios para su clasificación como: tamaño de sus partículas, presencia de horizontes, composición química, evolución, entre otros.

Densidades del suelo

Se puede definir como la masa por unidad del volumen (m/V), existen dos tipos de densidades, de acuerdo con la densidad de sus componentes sólidos y de acuerdo con el conjunto del suelo; y son (Pereira Morales et al., 2011a)

Densidad real conforma la densidad de la fase solidad del suelo, es decir evalúa el grado de compactación.

Densidad aparente refleja la masa de la fracción solida de una unidad de volumen de suelo no perturbado y seco, influyen en la capacidad de retener el agua permitiendo el crecimiento de las raíces, circulación del aire y agua.

Textura del suelo

Según (Sánchez V, s.f.) la textura es la proporción inorgánica del suelo compuesta de diversos tamaños de partículas minerales como la arena, limo y arcilla, se expresa en porcentaje determinando así las propiedades físicas primaria y químicas del suelo, además guardan relación con la permeabilidad, porosidad, densidades real y aparente, capacidad retentiva del agua, potencial intercambio catiónico y estructura. Además, son de interés edafológico las partículas menores a de 2 mm de diámetro mientras que las partículas mayores a 2 mm se llaman modificadores texturales.

Según las distintas proporciones de arena, arcilla y limo, los suelos se pueden agrupar en clases estructurales, es decir una clase textural es el nombre que se le asigna a un suelo de acuerdo con las fracciones o fracción dominante, y este sistema emplea 12 clases texturales:

Arena	Arena franca	Franco arcillo limoso
Arcilla	Franco arenoso	Franco arcillo arenoso
Limo	Franco arcilloso	Arcillo limoso
Franco	Franco limoso	Arcillo arenoso

Contenido de materia orgánica en el suelo

Su origen se da por los restos animales y vegetales que se incorporar al suelo sufriendo una descomposición provocada por los mismos sistemas enzimáticos. Al pasar por el proceso de descomposición se convierte en sustancias humitas para después convertirse en minerales por el proceso de mineralización o pueden ser retenidas para completar una serie de ciclos (biológicos, químicos y geológico) (Pereira Morales et al., 2011b).

Contenido de carbón orgánico en el suelo

Según (Docampo, s.f.) es una pequeña parte del ciclo global del carbono y se refiere a la cantidad de carbono que contiene el suelo, depende de las características de este además del equilibrio entre la tasa de entrada y salida del carbono orgánico. De acuerdo con el contenido de arcilla, profundidad, densidad del suelo y la vegetación existente se puede conocer la cantidad total potencial del carbono que podría contener el suelo.

El contenido de carbono está determinado en gran medida por el tipo de material que compone la entrada de carbono al suelo, debido a que la materia orgánica que ingresa es diferente por lo tanto puede variar los niveles de descomposición.

Limites permisibles para aguas de consumo

Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Tabla 7. Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN^-	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,05
Fluoruro	F^-	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO_3	mg/l	50,0
Nitritos	NO_2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petroleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: TULSMA, 2015

Anexo B: Imágenes de la investigación

Figura 2. Realización de las pruebas de infiltración.



Figura 3. Toma de muestras de suelo.



Figura 4. Toma de muestras de Agua.



Figura 5. Aforo del tanque reservorio para la medición de caudal.

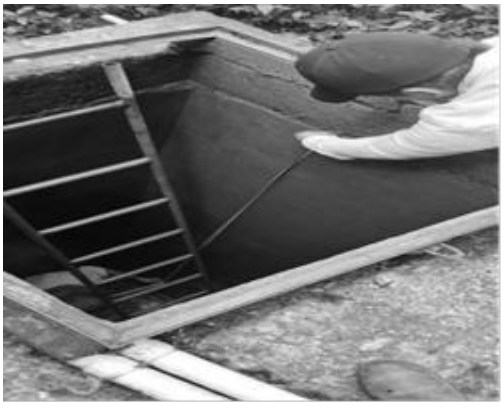


Figura 6. Análisis de las muestras de Agua.

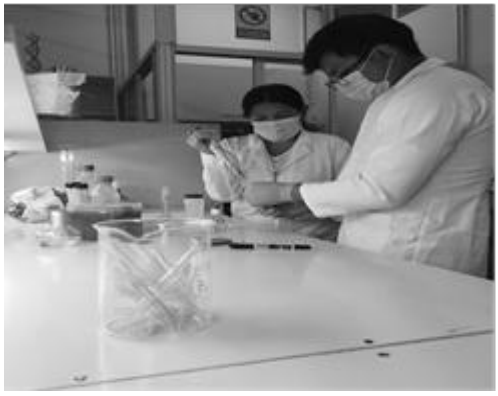


Figura 7. Análisis de las muestras de Suelo.

