

Caracterización de captaciones de agua en Puyo, Pastaza

Characterization of water catchments in Puyo, Pastaza

Ricardo Vinicio Abril Saltos 1, * <https://orcid.org/0000-0003-1544-4360>

Esther Marianella Giler Jaramillo 2, <https://orcid.org/0000-0002-8229-8335>

Heidi Marivel Guevara Salan 2, <https://orcid.org/0000-0003-4138-0970>

Jocelyne Pamela Morales Rea 2, <https://orcid.org/0000-0002-2052-8692>

Jenny Amparo Castro Sánchez 2, <https://orcid.org/0000-0002-2592-0888>

María Gabriela Vargas Álvarez 2, <https://orcid.org/0000-0003-0045-8452>

Elcy Jimena Revelo Benavides 2, <https://orcid.org/0000-0003-1688-2514>

Tatiana Yessenia Villacis Pantoja 3, <https://orcid.org/0000-0002-9117-9629>

1 Universidad Estatal Amazónica.

2 Profesional independiente

3 Resort Cabaña Amazónica

*Autor para la correspondencia: rvabril@uea.edu.ec

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en la provincia de Pastaza, su objetivo: Determinar la incidencia del uso del suelo en las características hidroedafológicas en las captaciones Apangora y Kotococha, Huaguayacu y San Jacinto. Se determinó el área de recarga, se establecieron puntos para muestreo de suelo y pruebas de infiltración, se determinaron en el suelo los contenidos de materia orgánica, carbono, humedad, densidad aparente y de raíces. Se reportaron las diferencias estadísticas para el uso de suelo con respecto a la mayoría de parámetros, donde el mosaico, reportó mayor concentración de carbono y mayor velocidad de infiltración, también hubo correlaciones entre las características de la zona de recarga y el caudal. Se concluye que el tipo de uso de suelo, influye en la velocidad de infiltración y el contenido de humedad.

Palabras clave: cobertura, infiltración, materia orgánica, raíces, recarga hídrica.

ABSTRACT

This work was developed in the province of Pastaza, its objective: To determine the incidence of land use in the hydroedaphological characteristics in the Apangora and Kotococha, Huaguayacu and San Jacinto catchments. The recharge area was determined, points were established for soil sampling and infiltration tests, the contents of organic matter, carbon, moisture, apparent density and roots were determined in the soil. Statistical differences were reported for land use with respect to most parameters, where the mosaic reported higher carbon concentration and higher infiltration speed, there were also correlations between the characteristics of the recharge zone and the flow. It is concluded that the type of land use influences the infiltration rate and the moisture content.

Keywords: coverage, infiltration, organic matter, roots, hydric recharge.

Recibido: 9/2021, Aceptado: 9/2022

Introducción

El ciclo del agua y la cobertura vegetal, están relacionados a través de la “conectividad hidrológica”, en esta se interrelacionan los flujos de agua, los ecosistemas y las cuencas, tienen una estrecha relación con los terrenos adyacentes. (Valencia y Tobón 2017). Las zonas de recarga de las cuencas hídricas, se ven afectadas por las variaciones de precipitaciones, pero también por los cambios en el uso del suelo, donde la cobertura vegetal, influye en los procesos hidrológicos (Abril et al. 2019)

Los incrementos en la cobertura arbórea disminuyen la escorrentía y el potencial de erosión hídrica, lo que contribuye a incrementar la infiltración del agua en el suelo, favoreciéndose de este modo la disponibilidad de agua para las plantas y mejora la recarga hídrica (Ríos et al. 2013). La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, así como de la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que los terrenos muy inclinados favorecen la escorrentía superficial; por el contrario, los terrenos con poca pendiente retienen por más tiempo el agua, lo que favorece la infiltración.

El presente trabajo, se desarrolló en la provincia de Pastaza en el año 2018, buscó comparar zonas de recarga hídrica con diferente extensión y cobertura y planteó como objetivo: determinar la incidencia del uso del suelo en las características hidroedafológicas en las captaciones Apangora, Huaguayacu, San Jacinto y Kotococha.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, comunidades Kotococha, Huaguayacu y San Jacinto ubicadas en la parroquia Tarqui, y en la comunidad Apangora que se encuentra en la parroquia Puyo (figura 1). En la zona la temperatura oscila entre 19°C y 23°C, con una precipitación promedio anual es de 4562 mm, siendo un clima cálido húmedo por la presencia de la selva que mantiene una humedad relativa alta de 87,8% (Naranjo 2014).

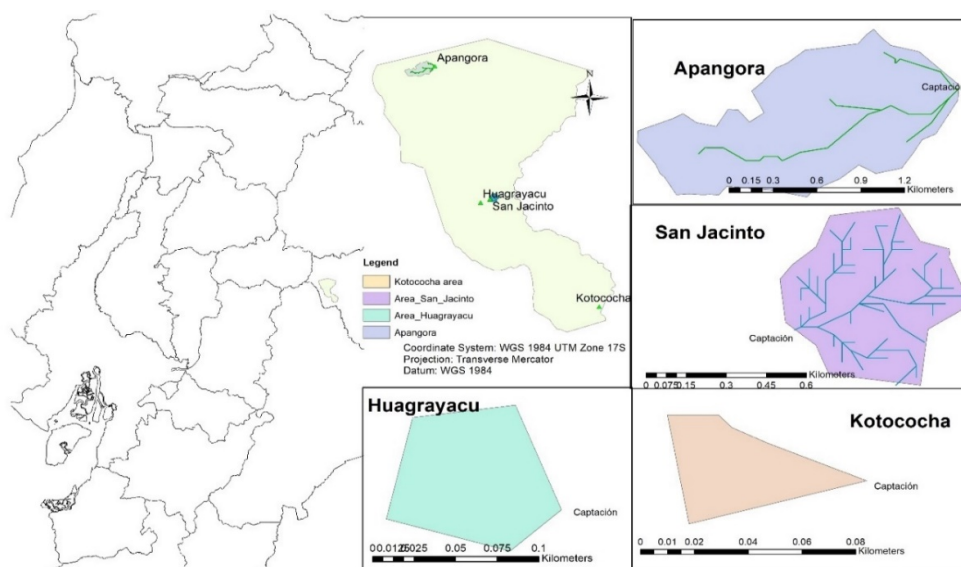


Fig. 1 - Mapa de ubicación de las zonas de recarga

Se identificaron las coordenadas de las captaciones de agua con un GPS marca GARMIN modelo Etrex, sus coordenadas proyectadas en sistema WGS 84 zona 17 (Apangora) y 18 (San Jacinto, Huagrayacu y Kotococho) se muestran en la tabla 1, así como también las características de uso de suelo. Se distribuyeron aleatoriamente los sitios para el desarrollo de las pruebas de infiltración, considerando las diferentes coberturas de suelo existentes en cada zona de recarga, desarrollándose nueve en la toma de captación Apangora (siete en cobertura de mosaico y 2 en cobertura de pasto), siete en la toma de captación Kotococho (cuatro en cobertura de pasto y 3 en cobertura mosaico) ocho en la toma de captación de Huagrayacu (seis en cobertura bosque de recambio y dos en pasto) y nueve en la de San Jacinto (cobertura de bosque de recambio).

Con el uso de modelos digitales de terreno, se delimitó el área de la zona de recarga hídrica a través de la herramienta Hidrology de Arc Map.

Tabla 1. Ubicación de las tomas de captación

Captación	Coordenadas UTM		Altura (m.s.n.m)	Áreas por uso de suelo (%)		
	X	Y		Bosque	Mosaico	Pasto
Apangora	831394	9840857	1168	0%	43%	57%
San Jacinto	167731	9830466	918	100%	0%	0%
Huagrayacu	167035	9830207	929	41%	59%	0%
Kotococho	175777	9822080	890	0%	36%	64%

Las pruebas de infiltración se realizaron con el método del cilindro simple, registrándose la lámina de infiltración a 60 y 90 minutos (Abril et al., 2019) y se determinó la velocidad de infiltración mediante la ecuación 1. Se tomaron dos muestras superficiales de suelo, en cada punto de infiltración con cilindros de dimensiones de 7,62 cm de diámetro y 5 cm de profundidad. Se determinó el contenido de carbono, densidad aparente (Bravo et al. 2017), humedad (Martínez et al. 2010) y densidad de raíces en las muestras superficiales. Se realizó un muestreo longitudinal en línea recta en dirección de la pendiente en las áreas cercanas a la toma de captación, con distancias de 10 m entre puntos y se determinó la profundidad del suelo y la humedad de este a profundidades de 0-50 cm y 50-100 cm.

$$Velocidad\ de\ infiltración = \frac{Infiltración\ acumulada}{Tiempo\ acumulado} \quad (1)$$

Se realizaron monitoreos de caudal y de calidad de agua. Se registraron los parámetros: saturación de oxígeno, pH, temperatura, conductividad a través de un medidor multiparamétrico HACH, y en laboratorio se determinó: turbidez, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos disueltos (Rice et al. 2012).

La densidad de raíces se determinó por medio de las muestras de suelo, las cuales se sometieron en la estufa a 105°C por 24 horas, transcurrido el tiempo se sacan las raíces de la muestra de suelo, estas se cuantifican y se miden los brotes y se determina la longitud de raíces a través de la fórmula de Newman (Pire 1995).

Para medir el caudal se utilizó el método de aforo volumétrico (ecuación 2) en la captación de Kotococho y Huagrayacu, para lo cual se requiere de un recipiente o un lugar con volumen

conocido y a través de la ecuación de Maning para el caso de Apangora y San Jacinto. (ecuación 3 y ecuación 4), el coeficiente de rugosidad se determinó a través de la ecuación de Bray (ecuación 5) (Abril et al. 2019).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s

V = volumen

T = tiempo

$$v = \left(\frac{1}{n}\right) * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$Q = v * A \quad (4)$$

$$n = 0,0495 * (D_{50})^{0,16} \quad (5)$$

Donde: v = velocidad en m/s, n = coeficiente de rugosidad (adimensional), Rh = Radio hidráulico, S = pendiente, A = Área (m²), Q = caudal m³/s , (D_{50}) = diámetro en metros de las piedras que ocupan 50% del lecho.

Se realizó un análisis de varianza para la velocidad de infiltración y características del suelo entre los diferentes usos de suelo, donde la variable independiente fue la cobertura vegetal presente en las parcelas, y las dependientes la velocidad de infiltración, densidad aparente, densidad de raíces, contenido de carbono, materia orgánica y humedad, los datos fueron procesados con el software Insfostat v.2020.

Con la finalidad de conocer el grado de correlación entre los parámetros hidroedafológicos evaluados y también de las características de la cuenca, con el caudal, oxígeno disuelto, pH, turbidez, sólidos suspendidos y disueltos, se realizó un análisis de correlación R² de Pearson con el software SPSS v22.

Resultados

Las áreas de recarga, presentan diferentes características en cuanto a su extensión, perímetro, longitud del cauce y pendiente (tabla 2), donde el área de recarga Apangora es la que muestra una mayor extensión, perímetro y longitud del cauce, mientras que la de Kotococha es la más pequeña con respecto a las medidas mencionadas, sin embargo es la que mayor pendiente presenta.

Tabla 2. Características topográficas de la zona de recarga

Medida	Apangora	San Jacinto	Huaguayacu	Kotococha
Área (m ²)	1152468	333 692	6870	45751
Perímetro (m)	3 800	2 298	320	200
Longitud del cauce	2062	676	10	6
Pendiente (%)	13	2.2	10.3	25

El muestreo con barrena realizado transversalmente, mostró que los suelos de la comunidad Apangora, presentan una profundidad promedio de 0,85 m, encontrándose en tres puntos a partir de los 0,5 m un lecho de piedra y en dos puntos a partir de los 80 cm se encuentra capas de arena. La captación Kotococha, presenta profundidad promedio de 0,93 m sin presencia de lecho rocoso en los puntos monitoreados. Las captaciones de San Jacinto y Huaguayacu, presentan profundidades de suelo de más de 1 m.

En las características del suelo (tabla 3), observamos que el área de recarga de la captación Apangora, es la que presenta mayor densidad aparente, velocidad de infiltración a los 60 y 90 minutos, y a su vez es la que reporta menor densidad de raíces y humedad superficial, la zona de recarga de San Jacinto es la que presenta mayor contenido de carbono y materia orgánica.

Tabla 3. Estadísticos de las características del suelo

	Variable	Densidad Aparente del suelo g/cm ³	Velocidad infiltración 60 min cm/min	Velocidad infiltración 90min cm/min	Densidad de raíces Cm/cm ³	Humedad superficial %	Materia Orgánica %	Carbono %	Humedad 0-50 cm %	Humedad 50-100 cm %
Apangora	Media	1,9	6,54	4,40	0,44	0,3	0,2	0,1	0,55	0,50
	D.E.	0,1	6,30	2,91	0,20	0,0	0,0	0,0	0,07	0,08
	Mín.	1,7	0,50	0,47	0,19	0,2	0,1	0,0	0,44	0,40
	Máx.	2,1	20,5	9,20	0,75	0,3	0,3	0,1	0,64	0,63
Huagrayacu	Media	1,0	0,13	0,11	0,66	0,6	0,4	0,2	0,61	0,59
	D.E.	0,2	0,12	0,10	0,29	0,0	0,0	0,0	0,03	0,08
	Mín.	0,6	0,01	0,01	0,43	0,5	0,2	0,1	0,55	0,42
	Máx.	1,2	0,38	0,29	1,25	0,7	0,5	0,3	0,64	0,65
Kotococha	Media	1,3	0,58	0,63	1,11	0,5	0,1	0,0	0,45	0,42
	D.E.	0,2	0,40	0,23	0,51	0,0	0,0	0,0	0,04	0,05
	Mín.	1,1	0,06	0,29	0,20	0,4	0,0	0,0	0,40	0,36
	Máx.	1,7	1,06	0,80	1,78	0,6	0,2	0,1	0,52	0,51
San Jacinto	Media	1,1	0,51	0,37	1,17	0,6	0,6	0,3	0,53	0,46
	D.E.	0,1	0,30	0,20	0,44	0,0	0,0	0,0	0,05	0,06
	Mín.	0,9	0,12	0,11	0,73	0,5	0,6	0,3	0,44	0,37
	Máx.	1,3	0,93	0,70	1,93	0,7	0,7	0,4	0,59	0,56

D.E. Desviación Estándar, Mín. Mínimo, Máx. Máximo

La tabla 4 muestra el análisis de varianza y los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan para las diferentes características del suelo, donde se reportaron diferencias significativas para $p \leq 0,05$ para la velocidad de infiltración a los 60 minutos y en el resto de parámetros se reportaron diferencias significativas para $p \leq 0,01$. A excepción de la humedad superficial, que reportó su mayor valor en la cobertura de bosque, en el resto de parámetros, se reportaron mayores valores en el uso de suelo mosaico. La humedad de suelo a profundidad de 0 a 50 y 51 a 100 cm, no reportaron diferencias significativas para $p \leq 0,05$.

Tabla 4. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan de las características del suelo

Medida	Unidad	valor de p	Cobertura de suelo		
			Bosque	Pasto	Mosaico
Densidad aparente	g/cm ³	<0,0001	1,09c	1,36b	1,65 a
Velocidad de infiltración a los 60 min	cm / min	0,0139	0,31b	1,06b	4,06 a
Velocidad de infiltración a los 90 min.	cm / min	0,0006	0,23b	0,81b	2,75 a
Densidad de raíces	Cm /cm ³	0,0088	0,69b	0,81 a	0,94 a
Humedad superficial	%	<0,0001	0,83 a	0,72b (51,8%)	0,65c (42,3%)
Materia Orgánica	%	<0,0001	0,44c (19,4%)	0,51b (26,0%)	0,74 a
Carbono	%	<0,0001	0,34c (11,6%)	0,39b (15,2%)	0,56 a

Los valores entre paréntesis indican valor real previo a transformación con función raíz cuadrada. a, b, c: valores con letras comunes no difirieron para $p < 0,05$ (Duncan 1955).

La tabla 5, muestra que la humedad superficial en el suelo, presenta correlaciones al 0,01 con la densidad de raíces finas, a la vez de reportar relaciones inversas con el contenido de carbono, materia orgánica y la densidad aparente del suelo. El contenido de carbono tiene correlación directa con la materia orgánica y la densidad aparente e inversa con la concentración de raíces finas. Esta, a su vez también presenta correlaciones inversas con la concentración de materia orgánica y la densidad aparente. Las velocidades de infiltración a los 60 y 90 minutos, presentan correlaciones inversas con el contenido de carbono y la densidad de raíces finas, y la velocidad de infiltración presenta una correlación inversa con la humedad superficial del suelo.

La tabla 6, muestra la caracterización de los muestreos de agua realizados entre octubre y diciembre del 2018, donde podemos observar que se registran mayores valores de caudal en la captación de Apangora, con una media de 211,7 l/s, lo cual puede deberse a una mayor área de recarga y longitud del cauce, lo cual también influye en un menor coeficiente de variación. De la misma forma la saturación de oxígeno reporta un mayor promedio en la captación de Apangora, lo cual se debe principalmente a que el río presenta un lecho rocoso con gran cantidad de saltos y cascadas, lo que permite una mayor aireación, sin embargo, esta toma de captación es la que reporta mayor variabilidad en este parámetro. Los valores de pH y conductividad, y sólidos disueltos muestran un mayor promedio en la captación de Kotococha, mientras que la temperatura y turbidez es mayor en Apangora y la Turbidez y los sólidos suspendidos, reportan mayor valor en la captación e Huaguayacu.

Tabla 5. Análisis de correlación de Pearson R2 para características del suelo

	Carbono	Materia Orgánica	Densidad aparente	Densidad de raíces finas	Velocidad de infiltración a los 60 min	Velocidad de infiltración a los 90 min
Humedad superficial	-0,804**	-,597*	-0,870**	0,910**	-0,476	-0,562*
Carbono	1	0,847**	0,783**	-0,757**	0,577*	0,606*
Materia Orgánica		1	0,497	-0,554*	0,467	0,493
Densidad aparente			1	-0,766**	0,469	0,524
Densidad de raíces finas				1	-0,551*	-0,664*
Velocidad de infiltración a los 60 min					1	0,945**
Velocidad de infiltración a los 90 min						1

*. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Tabla 6. Caracterización del muestreo de agua de las captaciones.

		caudal (litros/seg)	Saturación de Oxígeno (%)	Potencial hidrógeno (pH)	Temperatura (°C)	Conductividad (uS/cm)	Turbidez (NTU)	Solidos suspendidos (cm ³ /litro)	Solidos disueltos (mg/litro)
Apangora	Media	211,67	106,73	6,72	25,40	49,88	1,43	0,70	57,00
	CV	39,27	16,35	6,33	10,97	11,17	66,79	89,21	14,36
	Mín.	135,00	93,10	6,28	23,10	45,10	0,65	0,20	48,00
	Máx.	300,00	126,40	7,13	28,50	56,00	2,49	1,40	64,00
Huagrayacu	Media	0,20	92,85	6,13	22,38	23,65	3,63	3,81	32,00
	CV	140,72	16,70	4,08	11,76	22,18	107,56	98,09	27,83
	Mín.	0,00	76,00	6,00	19,00	19,20	1,00	0,40	24,00
	Máx.	0,60	110,10	6,50	25,00	31,00	9,40	8,81	42,00
Kotococha	Media	0,48	96,73	7,49	23,70	84,40	1,33	0,98	54,00
	CV	89,44	3,34	3,82	8,96	73,72	47,08	125,44	65,87
	Mín.	0,00	94,00	7,11	22,00	24,80	0,58	0,20	5,00
	Máx.	1,05	100,70	7,80	26,50	170,40	1,95	2,80	89,00
San Jacinto	Media	6,93	102,83	7,33	21,15	25,88	2,46	1,30	34,00
	CV	20,20	17,07	2,68	5,60	17,87	54,67	45,72	24,13
	Mín.	6,00	83,30	7,15	20,30	20,40	1,26	0,80	24,00
	Máx.	9,00	125,80	7,51	22,90	31,70	4,39	2,10	44,00

CV: Coeficiente de variación Min.: Mínimo Máx.: Máximo

El análisis de correlación de Pearson entre las características de la cuenca y los parámetros de muestreo de agua, reportan que existen correlaciones significativas al 0,01 entre la longitud

del cauce y el área de la zona de recarga. El caudal reporta correlaciones significativas al 0,05 con el área de la zona de recarga y la longitud del cauce, mientras que el oxígeno disuelto la presenta con el perímetro de la cuenca.

Tabla 7. Análisis de correlación de Pearson R2 entre características de la cuenca y muestreo de agua

	Perímetro de la zona de	Longitud del cauce	Pendiente	Caudal	Saturación de oxígeno	pH	Temperatura	Conductividad	Turbidez	Sólidos suspendidos	Sólidos disueltos
Área de la zona de	0,949	0,998**	-0,156	0,969*	0,894	-,070	0,665	-0,013	-0,496	-0,570	0,557
Perímetro de la zona de	1	0,966*	-0,416	0,846	0,955*	0,019	0,400	-0,210	-0,383	-0,564	0,339
Longitud del cauce		1	-0,217	0,955*	0,906	-0,074	0,616	-0,067	-0,461	-0,556	0,508
Pendiente			1	0,013	-,279	0,264	0,593	0,927	-0,571	-0,258	0,712
Caudal				1	0,766	-0,199	0,806	0,080	-0,487	-0,477	0,641
Saturación de oxígeno					1	0,312	0,390	0,006	-0,592	-0,776	0,463
pH						1	-0,103	0,580	-0,682	-0,766	0,348
Temperatura							1	0,565	-0,653	-0,444	0,895
Conductividad								1	-0,808	-0,583	0,816
Turbidez									1	0,936	-0,913
Sólidos suspendidos										1	-0,741
Sólidos disueltos											1

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Discusión

Los resultados de infiltración, concuerdan con lo expuesto por Abril et al. (2019) en estudios realizados en la zona, donde se reportan velocidades de infiltración entre 0,13 y 0,55 cm /min. Las velocidades de infiltración y el contenido de humedad superficial son afectadas de forma diferente por la cobertura del suelo, una cobertura de mosaico, donde existe mezcla entre árboles y pasto, permite una mayor velocidad de infiltración, pero a su vez el movimiento vertical del agua conlleva a que se presente menor humedad superficial del suelo. Esto concuerda de forma parcial con (Jaramillo Y Chávez 1999), ya que plantean que el cambio de uso de suelo de bosques a cultivos intensivos, presenta influencias en la disminución de retención y movimiento del agua en el suelo, cumpliéndose esto solo para el caso de la humedad superficial, la cual presenta mayor porcentaje en el uso del suelo Bosque. Martinez et al. (2010), plantean que los sitios con mayor cantidad de árboles, presentan menor pérdida de humedad en las épocas secas y menor incremento de humedad en épocas lluviosas, a su vez sitios con pendiente más pronunciada tienen mayor pérdida de humedad en épocas secas y mayor incremento de humedad en épocas lluviosas.

Para las concentraciones de materia orgánica y carbono, Serrano et al. (2014) plantean en comparaciones con diferentes tipos de coberturas que las zonas abandonadas pueden presentar mayores concentraciones de materia orgánica que las repoblaciones forestales, lo cual también se observa en la cobertura de suelo mosaico.

Las características de la zona de recarga, influyen en el caudal y la saturación de oxígeno. Abril et al., (2019), reportan mayores caudales en ríos con zonas de recarga más grandes, pero a su vez estos presentan menor coeficiente de variación en diferentes épocas del año,

reportando este parámetro también una correlación significativa al 0,01 con la velocidad de infiltración a una hora, en el presente trabajo, la zona de recarga de la captación Apangora, fue la que mostró mayor velocidad de infiltración a los 60 minutos y es la segunda con menor coeficiente de variación con respecto a los caudales.

Conclusiones

Las cuatro captaciones, presentan diferentes tipos de cobertura, donde la cobertura de mosaico, reporta mejores resultados en todas las medidas a excepción del contenido de humedad superficial.

El contenido de carbono tiene influencia en características como la humedad del suelo y la velocidad de infiltración, a su vez estas dos últimas variables son interdependientes.

El área, perímetro y longitud del cauce influyen en el caudal y la saturación de oxígeno en las captaciones estudiadas.

Reconocimiento

Se realiza un especial reconocimiento al personal del Gobierno Descentralizado Provincial de Pastaza y al personal de laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica, por las facilidades prestadas tanto para el acceso a las áreas de zona de recarga y para el análisis de las muestras de suelo y agua.

Referencias

1. Abril R., Yanez Y., Villarroel C., Idrovo I., Caicedo E., Vargas M., Tapia A., and Valle M. "Influence of land use and geomorphology on the flow of the Pindo River, Ecuador". Journal of Environmental Hydrology. vol 27 Paper 9 pp.1-19. ISSN: 1058-3912. International Association for Environmental Hydrology. San Antonio. 2019.
2. Bravo C., Ramírez A., Marín H., Torres B., Alemán R., Torres R., Navarrete H. y Changoluisa D. "Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana". Revista Electrónica Veterinaria, vol 18 no11,6-12. ISSN: 1695-7504. Veterinaria Organización, Málaga. 2017.
3. Jaramillo A. y Chaves B. "Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) al sol y bajo sombra". Revista Cenicafe. Vol 50, p. 97-105. ISSN: 0120 – 0178. Centro Nacional de investigaciones del café. Manizales. 1999.
4. Martínez F., Sosa F. y Ortiz J. "Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza". Tecnología y ciencias del agua, vol 1, no4, p. 89-103. ISSN: 2007-2422. Instituto mexicano de Tecnologías del Agua, Morelos. 2010.
5. Naranjo C. "Anuario meteorológico". Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), No. 51- 2011 extraído de:<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>. 2014.
6. Pire R. "Densidad longitudinal de raíces y extracción de la humedad en un viñedo del Tocuyo-Venezuela". Agronomía Tropical, vol 35, no1-3, p. 5-20. ISSN: 0002-192X. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA de Venezuela, Maracay. 1985.

7. Rice E., Baird R., Eaton A. and Clesceri L. "Standard methods for the examination of water and wastewater", 22nd Ed., ISBN-13: 978-0875530130, American Public Health Association, American Water Works Association, Washington, USA.2012.

8. Ríos N., Cárdenas A., Andrade H., Ibrahim M., Jiménez F., Sancho F., Ramírez E., Reyes B. y Woo A. "Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica". En *Agroforestería en las Américas* no45, p. 66-71. ISSN, 1022-7482. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 2013.

9. Serrano P., Nadal E. y Lana N. "La relación suelo-vegetación y su influencia en el comportamiento hidrológico de diferentes ambientes vegetales". *Geoecología, cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García Ruiz*. ISBN: 978-84-617-3212-8 978-84-96487-83-3 Universidad La Rioja, Logroño.2014.

10. Valencia J. y Tobón C. "Influencia de la vegetación en el funcionamiento hidrológico de cuencas de humedales de alta montaña tropical". *Ecosistemas*, vol. 26, no2, p.10-17. ISSN: *ISSN 1697-2473*. Asociación española de ecología terrestre, Madrid. 2017.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.