

# Determinación del balance hídrico y mapeo con sistemas de información geográfica de la microcuenca de la quebrada de Quillalli en el Cantón Ambato



## *Determination of the water balance and mapping with geographic information systems of the microbasin of the Quebrada de Quillalli in the Canton Ambato*

Luis Iván López Padilla. <sup>1</sup>, Robinson Fabricio Peña Murillo. <sup>2</sup>, Julia Desiree Velastegui Cáceres. <sup>3</sup>

Recibido: 10-09-2019 / Revisado: 15-10-2019 / Aceptado: 04-11-2019/ Publicado: 07-12-2019

### **Abstract.**

DOI <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.2.1014>

The present investigation proposes to determine the water balance in the microbasin of the Quebrada de Quillalli in the canton Ambato, province of Tungurahua, by means of the equation that indicates the relationship between precipitation, evapotranspiration, infiltration, runoff and flow; in conjunction with the use of Geographic Information Systems tools. Water supply was determined by homemade rain gauges throughout the microbasin; for the water demand, the evaporation of the “A” class tank was used, which was used to determine the water requirement of the crops. In addition, infiltration tests were carried out with the infiltrometer cylinder and the runoff by means of runoff trays. When calculating the variables under study, an average annual rainfall of 498.45 mm was obtained, representing a volume of 13.88 hm<sup>3</sup>, the annual evapotranspiration of 525.62 mm representing a volume of 15.25 hm<sup>3</sup>, the runoff recorded an annual volume of 11.62 hm<sup>3</sup>, the infiltration volume was 9.82 hm<sup>3</sup> and the tributary flow a volume of 4.73 hm<sup>3</sup>, same that when represented in the equation of water balance, indicates that the microbasin presents a deficit of 27.54 hm<sup>3</sup>, therefore the supply does

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador, il5432672@gmail.com

<sup>2</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador, robinson.pena@esPOCH.edu.ec

<sup>3</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador, julia.velastegui@esPOCH.edu.ec

not satisfy the demand, being necessary the implementation of strategies that allow to meet this need.

**Keywords:** Water balance, water supply, water demand, GIS

**Resumen.**

La presente investigación propone determinar el balance hídrico en la microcuenca de la quebrada de Quillalli en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, mediante la ecuación que indica la relación entre precipitación, evapotranspiración, infiltración, escorrentía y caudal; conjuntamente con el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica. La oferta hídrica se determinó mediante pluviómetros caseros en toda la microcuenca; para la demanda hídrica se utilizó la evaporación del tanque clase “A”, que sirvió para determinar el requerimiento hídrico de los cultivos. Además se realizó pruebas de infiltración con el cilindro infiltrómetro y la escorrentía mediante bandejas de escurrimiento. Al realizar los cálculos de las variables en estudio se obtuvo una precipitación media anual de 498.45 mm que representó un volumen de 13.88 hm<sup>3</sup>, la evapotranspiración anual de 525.62 mm que representó un volumen de 15.25 hm<sup>3</sup>, la escorrentía registró un volumen anual de 11.62 hm<sup>3</sup>, el volumen de infiltración fue 9.82 hm<sup>3</sup> y el caudal afluente un volumen de 4.73 hm<sup>3</sup>, mismos que al ser representados en la ecuación de balance hídrico, indica que la microcuenca presenta un déficit de 27.54 hm<sup>3</sup>, por lo tanto la oferta no satisface la demanda, siendo necesario la implementación de estrategias que permitan suplir esta necesidad.

**Palabras claves:** Balance hídrico, oferta hídrica, demanda hídrica, SIG

**Introducción.**

La mayoría de nuestro planeta (estimándose en un 70%) está cubierto por Agua, siendo este material un bien que facilita la existencia de los Seres Vivos en el planeta, ya que es utilizado por los Organismos Fotosintéticos (es decir, las especies vegetales y las algas) para poder producir su propio alimento mediante el proceso de Fotosíntesis, como también empleado en su proceso de Respiración brindando el Oxígeno que utilizamos para respirar, sirviendo sus reservas de energía como Alimento para Herbívoros y siendo la base de la Cadena Alimentaria (Pérez & Shinomi, 2016).

Entre las distintas masas de agua encontramos en su mayoría los Océanos, que separan los continentes como tierras emergidas, mientras que por otro lado tenemos las conglomeraciones a menor escala, como son los Mares, Ríos y Lagunas, considerándose como tales a la conformación de las denominadas Cuencas Hidrográficas, que tienen una forma en particular y una gran utilidad en su combinación con otros Recursos Hídricos. En lo que respecta a su Rol Hídrico, actúan como un sistema de drenaje de aguas dado por su conformación natural, caracterizada por contar con una pendiente en dirección hacia el Río o Mar cercano, actuando como un afluente y en muchos casos siendo un punto de referencia a la hora de encontrar la División de Aguas, contando sin embargo como característica fundamental de que se trata de Aguas Superficiales, que se desenvuelven en forma ramificada

hasta la zona conocida como Vertiente, donde confluyen con una masa de agua de mayor tamaño (Martínez, 2004).

El recurso hídrico, a nivel nacional, está siendo altamente afectado por la presión humana, agravando cada vez más su disponibilidad (cantidad y calidad). Estos factores de presión son fundamentalmente la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros (Quinteros, 2015). Este decrecimiento en la disponibilidad hídrica aunando a un alto índice de crecimiento poblacional, generan conflictos los cuales están incrementando y que tienden a agravarse; si no se toman las medidas necesarias, como la regulación del uso del agua a través de mecanismos de planificación normativas y leyes que permitan su protección y su distribución en forma racional (Quinteros, 2015).

Los estudios de balance hídrico pueden estimarse para cualquier tamaño de masas de agua, el grado de complejidad dependerá también de la extensión de las zonas a estudiarse. Cuanta más pequeña sea la superficie de la cuenca, más complicado es su balance, ya que es más difícil estimar componentes secundarios, tales como intercambio de aguas subterráneas con cuencas adyacentes, almacenamiento de agua, en lagos, embalses, y la dinámica del balance hídrico de bosques y zonas regables. Por su parte los períodos de tiempo para poder realizar un balance varían de acuerdo a los resultados que se deseen adquirir, estos pueden ser horas, días, meses, años. La estimación del balance estará condicionada directamente por las variables que se cuenten para determinar el cálculo, por lo que se debe considerar la disponibilidad de la información de estaciones meteorológicas (Loor, 2017).

Sokolov et al., (1981), afirman que las técnicas del balance hídrico, es uno de los principales objetivos en hidrología, son un medio para solucionar importantes problemas hidrológicos teóricos y prácticos. A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre. El conocimiento de la estructura del balance hídrico de lagos, cuencas superficiales y cuencas subterráneas, es -fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de estos; por ejemplo: trasvases de cuencas, control de máximas crecidas, etc.

La información que proporciona el balance hídrico de las cuencas de ríos y lagos para cortos periodos de tiempo (estaciones, meses, semanas y días) se utiliza para explotación de embalses y para predicciones hidrológicas. Después del análisis inicial, utilizado para estimar los componentes del balance hídrico y su ajuste en la ecuación, es posible detectar deficiencias en la distribución de estaciones de observación y descubrir errores sistemáticos de medición. Finalmente, el conocimiento del balance hídrico permite una evaluación indirecta de cualquier componente desconocido dentro de él, por diferencia entre los

componentes conocidos; por ejemplo, la evaporación a largo plazo, en una cuenca de un río, puede calcularse por diferencia entre la precipitación y el caudal (Reyes et al., 2018).

Adicionalmente, es importante señalar que la mayoría de los agricultores de nuestro país y específicamente de la zona de estudio desconocen la oferta y demanda hídrica de sus cultivos, desconocimiento que ocasiona enormes perjuicios a la delicada economía familiar. Razón por la cual en el presente trabajo se propone determinar el estado actual de la oferta y disponibilidad de este recurso, lo que permitió establecer los periodos en los que se requiere regar o no en los diferentes cultivos existentes microcuenca de la quebrada de Quillalli (Córdova, 2017). La realización del balance hídrico es una herramienta útil que auxilia en el proceso de toma de decisiones para la planificación y el manejo del recurso, la administración del mismo juega un papel preponderante en el desarrollo y rendimiento de los cultivos, tanto así que se puede prever los resultados en función de la disponibilidad de agua (Emerson & Parra, 2012).

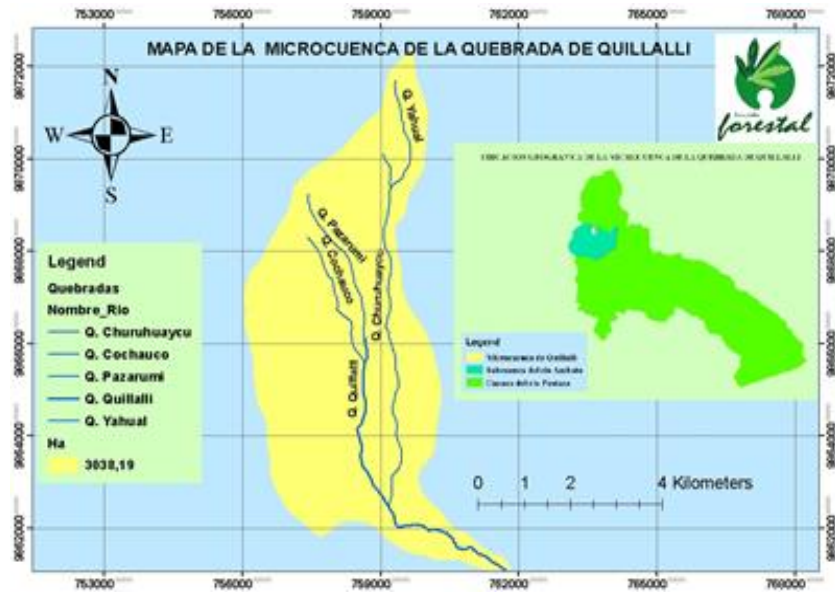
Cada vez más aparece la necesidad de conocer la disponibilidad o reserva de agua existente en nuestros alrededores, para su mejor aprovechamiento en la producción agrícola, ganadera y otros lo cual constituye el egreso fundamental de humedad del suelo y la aportación a los cauces aledaños a dicho sector. Son diversas las aplicaciones prácticas que demuestran la necesidad de precisar los cálculos de este el elemento (Emerson & Parra, 2012). Por esto, resulta particularmente importante la realización del presente estudio de balance hídrico en la microcuenca de la quebrada de Quillalli ya que la información que aquí se obtenga representará una fuente apropiada para establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del recurso y planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

## **Metodología**

### *Área de estudio*

La microcuenca de la quebrada de Quillalli se encuentra ubicada en la parte nor-occidental de la subcuenca del río Ambato como se visualiza en la Figura 1, posee una superficie de 2909,05 ha, la misma que forma parte de las parroquias Quisapincha (en su mayor parte) seguido de. Ambatillo y San Bartolomé de Pinllo pertenecientes al cantón Ambato. Según el GADPT (2015), la microcuenca de la quebrada de Quillalli se encuentra ubicado en las Coordenadas Proyectadas UTM de la zona 17S. Datum WGS84, cuya altitud oscila los 2600-4120 m.s.n.m.

De acuerdo con las divisiones hidrográficas, la microcuenca de la quebrada de Quillalli pertenece a la vertiente del Atlántico, cuenca del río Pastaza, subcuenca del río Ambato y microcuenca de la quebrada de Quillalli.



**Figura 1.-** Mapa de los principales afluentes de la microcuenca de la quebrada de Quillalli.

**Fuente:** Trabajo de campo y gabinete

**Elaborado por:** Los autores

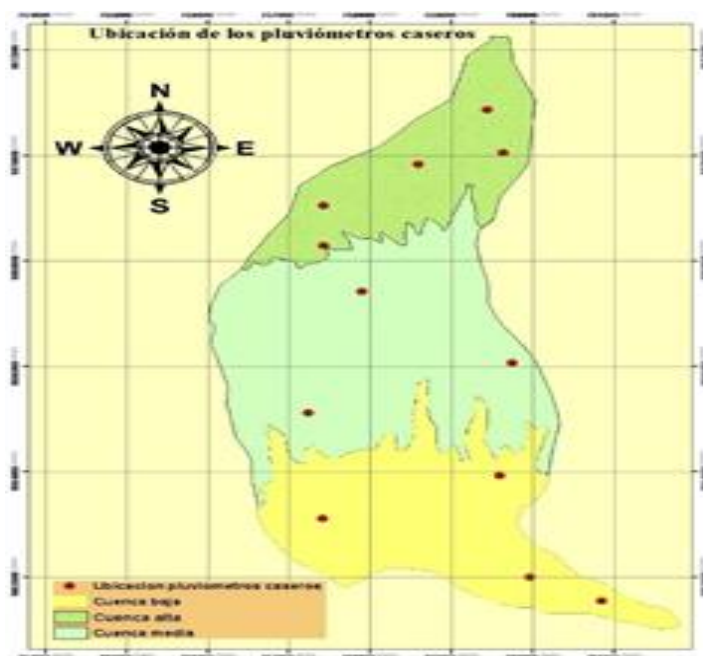
Las fases de la metodología comprenden la determinación de oferta hídrica donde se trabajó con el valor de la precipitación efectiva la cual se obtiene de multiplicar la precipitación total por un factor de corrección 0,7. Para la determinación de la demanda hídrica de los cultivos se requirió de información cartográfica donde se realizaron mapas temáticos con el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, y se identificó el uso de suelo con su respectiva superficie en las tres zonas altitudinales. Permitiendo de esta forma conocer los cultivos más representativos y en general toda la vegetación existente en la microcuenca. Por otro lado, la determinación del caudal ecológico de los principales afluentes de la microcuenca se determinó utilizando la metodología propuesta por Montana (1976), el cual es uno de los métodos más usados a nivel mundial, y ha sido utilizado mayormente en corrientes que no tienen estructuras de regulación como diques u otras modificaciones en el cauce. Este método entonces establece que caudal ambiental se debe mantener en los cauces durante el periodo húmedo y el periodo seco. Y para cada periodo el caudal ecológico será una fracción del caudal medio mensual, que será del 30% en la época seca y del 10% en la época húmeda

Finalmente, la determinación del balance hídrico en la zona de estudio donde se procedió a determinar las variables precipitación (P), evapotranspiración del cultivo (Etc), infiltración (I), escorrentía (R), caudal afluente (Q), y esto a la vez nos indicó la variación de almacenamiento de agua en el suelo, esto se lo realizó en las tres zonas altitudinales de la microcuenca.

## Instrumentación

Los pluviómetros caseros fueron instalados en el campo como se visualiza en la Figura 2, siguiendo las normas de la Organización Mundial de Meteorología

- Utilizando un listón de madera de 1,50m de longitud, un galón de 4 litros, un embudo, y un corcho, se procedió a armar e instalar los pluviómetros caseros en campo
- En el sitio de instalación los pluviómetros caseros fueron colocados y nivelados a 1,5 metros de altura, medido desde el ras del suelo hasta la parte superior de los mismos
- El criterio utilizado para la ubicación de los pluviómetros caseros fue de acuerdo al rango altitudinal, para lo cual con el programa ArcGIS 10.5, utilizando el shape curvas de nivel de la microcuenca y con información recopilada del Plan de ordenamiento territorial de Quisapincha (2015) sobre las zonas altitudinales existentes en el sitio se realizaron mapas temáticos, donde se determinaron tres zonas: alta (3600-4120 m.s.n.m), media (2600-3200 m.s.n.m) y baja (2200-2600 m.s.n.m).
- Se registró la precipitación durante el periodo enero a junio del 2018.
- Al tratarse de un estudio de balance hídricos requirieron de datos de precipitación de un año, por lo tanto, se completó los seis datos faltantes con registros de la estación meteorológica ubicada en la zona para el periodo julio a diciembre 2017.



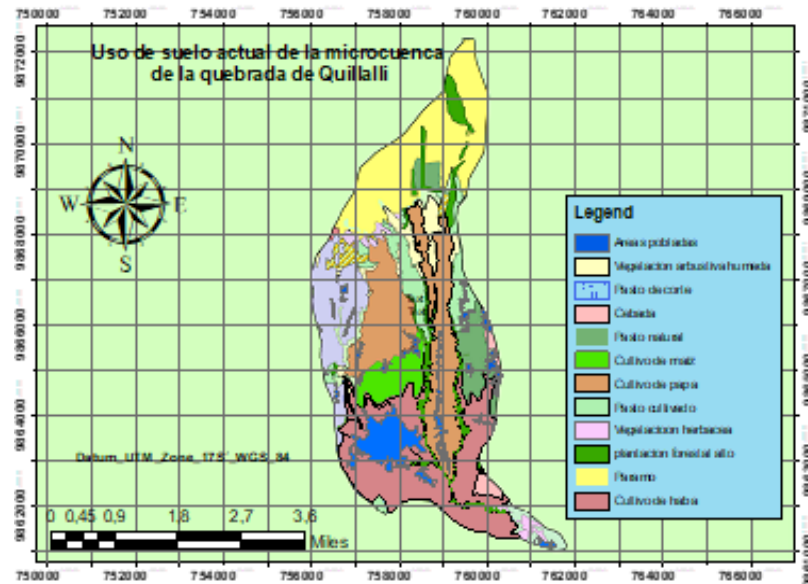
**Figura 2.-** Ubicación de los pluviómetros caseros

**Fuente:** Trabajo de campo y gabinete

**Elaborado por:** Los autores

## Resultados

De acuerdo con el mapeo de la distribución actual del uso de suelo en toda la microcuenca con herramientas de Sistemas de Información Geográfica se determinó que las 2909,05 ha. conforman la cobertura vegetal de la microcuenca de la quebrada de Quillalli, 1950,08 ha., que representan el 67,03 % pertenecen a las actividades agrícolas, el ecosistema páramo ocupa 519,61 ha que corresponden apenas al 17,86%, las plantaciones forestales con 233,90 ha que corresponden al 8,04 %., y finalmente se tiene a la vegetación arbustiva con 205,48 ha que corresponde al 7,06% de toda la cobertura vegetal como se visualiza en la Figura 3. La constante presión de ampliación de la frontera agrícola contrasta con la reducción de los bosques y vegetación nativa, con efectos en la reducción de fuentes hídricas, erosión y empobrecimiento de los suelos, esto se corrobora con los resultados presentados ya que se evidencia una clara disminución del ecosistema páramo con 519,61 ha., frente a la actividad agrícola con 1712,23 ha.



**Figura 3.-** Mapa de uso de suelo actual de la microcuenca de la quebrada de Quillalli

**Fuente:** Trabajo de campo y gabinete

**Elaborado por:** Los autores

La tabla 1 indica la cantidad de evaporación que se han generado en cada zona de la microcuenca, así tenemos que en la zona baja se han producido 1224,55 mm/año, en la zona media 1104,71 mm/año y en la zona alta se ha producido 956,56 mm/año, en promedio la microcuenca de la quebrada de Quillalli presentó una evaporación de 1095,27 mm/año, de acuerdo a estos resultados se evidencia una clara disminución de la evaporación conforme se avanza en altitud, esto puede ser explicado con lo expuesto por Plan de Ordenamiento Territorial de Quisapincha menciona que el tipo de clima predominante en la zona de páramo

es el Ecuatorial de alta montaña con una temperatura que oscila entre los 3 a 12 °C, en la zona media se tiene la presencia del clima Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo con una temperatura que oscila entre los 12 a 14°C y en la parte baja de la microcuenca se tiene el clima Ecuatorial Mesotérmico seco con una temperatura que va de los 14°C a los 17°C. Estas diferencias climáticas y de temperatura que existen en toda la microcuenca hacen que la cantidad de evaporación sea variable.

**Tabla 1.-** Evaporación de acuerdo a las zonas altitudinales en la microcuenca

Mes	Zona baja (mm)	Zona me- dia (mm)	Zona alta (mm)
Enero	108,81	102,61	80,14
Febrero	100,52	83,44	65,24
Marzo	107,57	96,72	74,75
Abril	94,8	88,5	66,72
Mayo	89,9	87,42	66,78
Junio	89,1	77,7	55,56
Julio	92,07	78,74	61,53
Agosto	102,61	91,45	71,02
Septiembre	106,5	95,4	73,93
Octubre	109,43	103,23	80,22
Noviembre	110,4	97,2	82,96
Diciembre	112,84	102,3	79,14
<b>Total</b>	<b>1224,55</b>	<b>1104,71</b>	<b>956,56 Promedio 1095,27 mm</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Elaborado por:** Los autores

En los resultados obtenidos ilustrados en la Tabla 2, indica que durante el tiempo de estudio en la zona baja la oferta hídrica fue de 3,11 hm<sup>3</sup> frente a una demanda hídrica de 5,04 hm<sup>3</sup>, en la zona media la oferta hídrica es de 6,22hm<sup>3</sup> con una demanda hídrica de 6,72hm<sup>3</sup>, la zona alta presentó una oferta hídrica de 4,55hm<sup>3</sup> frente a una demanda hídrica de 3,49hm<sup>3</sup>. Como se evidencia la oferta hídrica es mayor en la zona media, esto se debe a que aquí se tiene la mayor superficie de la microcuenca con 1397,55 ha. Por otra parte, en la zona alta donde se tiene apenas 676,02 ha de extensión se tiene una oferta hídrica de 4,55 hm<sup>3</sup>.



La demanda hídrica es mayor en la zona baja de la microcuenca con 5,04 hm<sup>3</sup> presentando un déficit de 1,93 hm<sup>3</sup>, la zona media también presenta déficit hídrico con 0,50 hm<sup>3</sup>. La zona alta es la que presenta superávit del recurso hídrico con 1,06Hm<sup>3</sup>. En total la microcuenca de la quebrada de Quillalli presentó un déficit hídrico de 1,37 hm<sup>3</sup> recurso necesario para abastecer los requerimientos hídricos de los cultivos.

Tabla 2.- Requerimiento hídrico de los cultivos en la zona baja, media y alta de la microcuenca

Zona	Superficie (ha)	Oferta (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda (Hm <sup>3</sup> /año)	Balance hídrico (Hm <sup>3</sup> /sup)	Observación
Baja	835,48	3,11	5,04	-1,93	Déficit
Media	1397,55	6,22	6,72	-0,5	Déficit
Alta	676,02	4,55	3,49	1,06	Superávit
<b>Total</b>	<b>2909,05</b>	<b>13,88</b>	<b>15,25</b>	<b>-1,37</b>	<b>Déficit</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Elaborado por:** Los autores

Con referencia a la escorrentía e infiltración en la microcuenca de la quebrada de Quillalli en la zona baja se producen 2,70 hm<sup>3</sup> de escorrentía y 3,96 hm<sup>3</sup> de infiltración con una precipitación 676,53 mm. En la zona media la escorrentía es de 8,66hm<sup>3</sup> y la infiltración de 3,97 hm<sup>3</sup> con una precipitación promedio de 896,56 mm y en la zona alta se tiene una escorrentía de 0,26 hm<sup>3</sup> con una infiltración de 1,89 hm<sup>3</sup> con una precipitación promedio anual 1017,34 mm. En total, la microcuenca de la quebrada de Quillalli presentó una escorrentía de 11,62 hm<sup>3</sup> frente a una infiltración de 9,82 hm<sup>3</sup>.

Por otro lado, la erosión hídrica se determinó de acuerdo con el uso de suelo más representativo en cada zona de la microcuenca y también en base a la pendiente que presenta la misma. Así se tiene que para la zona baja la erosión hídrica se determinó en un suelo con pastos, en la zona media se determinó en un suelo con cultivos y mientras que para la zona alta la erosión hídrica se determinó en la vegetación nativa de páramo.

El resumen del resultado del cálculo de la erosión hídrica que se produjo en la microcuenca se ilustra en la Tabla 3. Se tiene que en la zona baja en el cultivo de pastos se produjo una erosión hídrica de 4,48 t/ha/año con una precipitación de 676,53 mm/año. En la zona media se produjo una erosión hídrica de 10,68 t/ha/año con una precipitación de 896,56 mm/año. En la zona alta la erosión hídrica que se produjo fue de 0,73 t/ha/año con una precipitación de 1017,34 mm/año. En total la microcuenca presentó una erosión hídrica de 14,50 t/ha/año

con una precipitación de 939,94 mm/año Esto se correlaciona con lo manifestado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, que dice que las tasas de erosión menores a 10 t/ha/año se clasifican como un nivel leve, el rango comprendido entre 10–50 t/ha/año, son considerados como erosión moderada. De acuerdo con esto la erosión hídrica que se produjo en la zona de estudio que fue de 14,50 t/ha/año se la considera como de grado moderada.

**Tabla 3.- Resumen del cálculo de la erosión hídrica en la zona alta, media y baja**

Zona altitudinal	Precip. mm/año	Superficie (ha)	Erosión kg/ha	Total, erosión en T/sup
Suelo con pasto Zona baja				
Pendiente muy baja <12°	676,53	752,33	2,72	3,11
Pendiente baja 12°-25°	676,53	176,3	4,12	0,91
Pendiente media 25°-50 <sup>a</sup>	676,53	47,78	5,76	0,39
Pendiente alta 50°-70°	676,53	7,57	6,47	0,07
Suelo con cultivo Z, media			<b>Subtotal</b>	<b>4,48</b>
Pendiente muy baja <12°	896,56	632,65	5,71	3,62
Pendiente baja 12°-25°	896,56	575,29	8,17	4,7
Pendiente media 25°-50 <sup>a</sup>	896,56	200,96	11,76	2,36
Pendiente alta 50°-70°	896,56	0,06	14,21	0
Cuenca alta			<b>Subtotal</b>	<b>10,68</b>
Pendiente muy baja <12°	1017,3	168,9	3,01	0,5
Pendiente baja 12°-25°	1017,3	27,88	4,52	0,12
Pendiente media 25°-50 <sup>a</sup>	1017,3	11,8	5,79	0,06
Pendiente alta 50°-70°	1017,3	0,09	6,93	0,0006
Pendiente muy alta >70°	1017,3	2,3	10,76	0,02
Precip. Promedio	<b>939,94</b>		<b>Subtotal</b>	<b>0,73</b>
			<b>Total</b>	<b>14,5</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Elaborado por:** Los autores

La oferta neta del caudal se determina, ajustando la oferta total, con una reducción del 40 %, avalado por la UNESCO, que representa el caudal para mantener el régimen hidrológico mínimo y sostenimiento de los ecosistemas. (Para facilitar el cálculo los datos expresados en l/s se transformaron a m<sup>3</sup>/s) con esta reducción se obtiene 0,11 m<sup>3</sup>/s, como se indica en la Tabla 4:

**Tabla 4.- Cálculo de la oferta neta en la microcuenca de la quebrada Quillalli**

Microcuen.	Q aforado (m <sup>3</sup> /s)	Q concesionado SENAGUA (m <sup>3</sup> /s)	Q concesionado ajustado fc 0,8 (m <sup>3</sup> /s)	Q total (m <sup>3</sup> /s)	Q total reducido m <sup>3</sup> /s	Oferta neta (m <sup>3</sup> /s)
Quebrada de Quillalli	0,15	0,13	0,1	0,25	0,1	0,11

**Elaborado por:** Los autores

**Fuente:** Trabajo de campo

La oferta hídrica durante el tiempo de estudio en la quebrada de Pazarumi fue de 339,66 l/s como se indica en la Tabla 5. El mes donde se registró la mayor oferta hídrica fue abril con 47,39 l/s, el caudal de uso fue de 42,65 l/s y el caudal ecológico a mantenerse en este cauce durante la época húmeda corresponde al 10% del caudal total lo que nos da un valor de 4,74 l/s.

En contraste la menor oferta hídrica se registró en octubre con 9,78 l/s, con un caudal de uso de 6,85 l/s y el caudal ecológico a mantenerse durante la época seca fue del 30% del caudal total lo que nos dio un valor de 2,93 l/s. En total la quebrada de Pazarumi presentó un caudal ecológico de 21,72 l/s a preservarse durante la época húmeda y de 36,75 l/s a preservarse durante la época seca.

**Tabla 5.- Caudal en la quebrada de Pazarumi**

Mes	Q (l/s)	Q uso (l/s)	Q ecológico (l/s)	Q ecológico (l/s) (Total)
Enero	28,35	25,52	2,84	21,72 l/s durante la época húmeda
Febrero	37,23	33,51	3,72	
Marzo	39,45	35,51	3,95	
Abril	47,39	42,65	4,74	
Mayo	35,21	31,69	3,52	

Junio	29,54	26,59	2,95	
Julio	18,02	12,61	5,41	
Agosto	15,34	10,74	4,6	
Septiembre	10,45	7,32	3,14	
Octubre	9,78	6,85	2,93	
Noviembre	31,56	22,09	9,47	36,75l/s durante la época seca
Diciembre	37,34	26,14	11,2	
Promedio	28,31	23,44	4,87	
<b>Total</b>	<b>339,7</b>	<b>281,22</b>	<b>58,47</b>	

**Fuente:** Trabajo de campo

**Elaborado por:** Los autores

Los datos para el cálculo de balance hídrico fueron transformados a  $\text{hm}^3$ , para una mejor comprensión e interpretación de los resultados, como se muestra a continuación en la Tabla número 6.

Tabla 6.- Cálculo de balance hídrico de la microcuenca de la quebrada de Quillalli

<b>P</b>	<b>Etc</b>	<b>Q</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>Observación</b>
<b>(<math>\text{hm}^3/\text{año}</math>)</b>	<b>(<math>\text{hm}^3/\text{año}</math>)</b>	<b>(<math>\text{hm}^3/\text{año}</math>)</b>	<b>(<math>\text{hm}^3/\text{año}</math>)</b>	<b>(<math>\text{hm}^3/\text{año}</math>)</b>	<b>(<math>\text{hm}^3/\text{año}</math>)</b>	
<b>13,88</b>	15,25	4,73	9,82	11,62	-27,54	Déficit

**Fuente:** Trabajo de campo

**Elaborado por:** Los autores

De acuerdo con la Tabla 6 la fórmula para el cálculo de balance hídrico indica que para las 2909,05 ha que conforman la microcuenca de la quebrada de Quillalli se tiene un déficit hídrico de  $27,54 \text{ hm}^3$  de acuerdo a los factores climáticos, edáficos, topográficos que presentó la zona. Esta falta del recurso hídrico explica el por qué la población al no tener agua para riego realice actividades agrícolas durante las épocas de lluvia es decir durante el primer semestre del año, aunque durante los últimos años esto ha cambiado y ya no se tiene etapas definidas de invierno y verano debido a las consecuencias del cambio climático.

### Conclusiones.

- La oferta hídrica que se produjo en la microcuenca de la quebrada de Quillalli fue de  $13,88 \text{ hm}^3/\text{año}$ . La zona media registró el mayor volumen de lluvias con  $6,22$

hm<sup>3</sup>/año, y en contraste la zona baja presentó la menor oferta hídrica con 3,11 hm<sup>3</sup>/año.

- La demanda hídrica en los principales cultivos de la microcuenca fue de 15,25 hm<sup>3</sup>. La zona media registró la mayor demanda hídrica con 6,72 hm<sup>3</sup>/año, y en contraste la menor demanda hídrica se registró en la zona alta con un volumen de 3,49 hm<sup>3</sup>/año, esto debido a la presencia de una notable superficie de páramo lo que permite captar, almacenar y regular el recurso hídrico.
- La demanda hídrica para consumo doméstico en la microcuenca fue de 25,50 l/s, información obtenida de las concesiones de agua otorgadas por SENAGUA a los diferentes usuarios de la microcuenca.
- La zona media de la microcuenca es la que presentó la mayor cantidad de erosión hídrica con 10,68 t/ha/año, esto debido a la carencia de cubierta vegetal durante las labores de pre-siembra y etapas vegetativas iniciales de los cultivos lo que hace que se produzca una importante pérdida de suelo.
- El caudal ecológico promedio para preservarse durante el tiempo de estudio en la quebrada de Churuhuaycu fue de 30,14 l/s durante la época húmeda y de 59,33 l/s durante la época seca. En la quebrada de Cochauco fue de 21,94 l/s durante la época húmeda y de 35,93 l/s durante la época seca. La quebrada de Pazarumi presentó un caudal ecológico de 21,72 l/s a preservarse durante la época húmeda y de 36,75 l/s a preservarse durante la época seca. La quebrada de Quillalli presentó un caudal ecológico de 43,02 l/s a preservarse durante la época húmeda y de 67,51 l/s a preservarse durante la época seca. En total la microcuenca de la quebrada de Quillalli presentó un caudal ecológico de 116,82 l/s a preservarse durante la época húmeda y de 199,52 l/s a preservarse durante la época seca.

### Referencias Bibliográficas.

- Córdova, M. (2017). Calidad del agua en la microcuenca del río Challhuahuacho comparado con los estándares de Calidad ambiental para riego y bebedero) en la zona De Challhuahua-cho, cotabamba. (Tesis de grado. Ingeniero Geólogo). Universidad Nacional de Cajamarca. Ca-jamarca - Perú.
- Emerson, A., & Parra, R. (2012). Modelamiento y manejo de las interacciones entre la hidrología, la ecología y la economía en una cuenca hidrográfica para la estimación de caudales ambientales (Tesis de grado. Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Colombia. Medellín - Colombia.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Quisapincha. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de Quisapincha. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Quisapincha. Ambato.
- Loor, S. (2017). Estudio de balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas sector San Juan y San Bartolomé en el área de intercepción con el bosque y vegetación protector Agua-rongo. (Tesis de grado. Ingeniero Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca - Ecuador.
- Martínez, A. (2004). Necesidades hídricas en cultivos hortícolas. Recuperado el 16 diciembre de 2018, de [http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh177/034\\_041.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh177/034_041.pdf).

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). Libro 56 Guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. Recuperado el 12 de diciembre del 2018, de <http://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>.
- Pérez, C., & Shinomi, Y. (2016). Manejo integral de cuencas hidrográficas. Recuperado el 14 de noviembre de 2018, de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR32793.pdf>.
- Quinteros, T. (2015). El ciclo hidrológico del agua. Recuperado el 27 de octubre de 2018, de <https://es.scribd.com/document/389986070/Parametros-de-calidad-del-agua>.
- Reyes, I., Bolaños, G., & González, F., (2018). Balance hídrico de las presas hoover y glenn canyon ubicadas sobre el cauce del río Colorado. Recuperado el 25 de octubre de 2018, de [https://www.ina.gob.ar/congreso\\_hidraulica/resumenes/LADHI\\_2018\\_RE\\_387.pdf](https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_387.pdf)
- Sokolov, A., & Chapman, T. (1981). Métodos de cálculo de balance hídrico. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>.

**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

López Padilla, L., Peña Murillo, R., & Velastegui Cáceres, J. (2019). Determinación del balance hídrico y mapeo con sistemas de información geográfica de la microcuenca de la quebrada de Quillalli en el Cantón Ambato. *Ciencia Digital*, 3(4.2), 129-143.  
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.2.1014>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

