



ESTADO DEL SISTEMA DE RIEGO LA VICTORIA YAHUARCOCHA SOCAPAMBA A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE AFOROS, CANTON IBARRA, IMBABURA

STATUS OF THE IRRIGATION SYSTEM LA VICTORIA YAHUARCOCHA SOCAPAMBA THROUGH THE MEASUREMENT OF STREAM FLOW GAUGING, IBARRA CANTON, IMBABURA

Recibido: 10/10/2023 – Aceptado: 13/11/2023

Diego Caicedo Rosero

Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Carchi – Ecuador

Magister en Manejo Comunitario de Recursos Naturales
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

diego.caicedo@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5447-4234>

Wilfredo Ramiro Franco

Docente investigador de la Universidad IKIAM
Tena – Ecuador

Ph.D en Ciencias Forestales
wilfredo.franco@ikiam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5447-4234>

Lenin Vladimir Paspuel Pala

Unidad Educativa Víctor Manuel Peñaherrera
Ibarra – Ecuador

Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
Universidad Técnica del Norte

lenin_paspuel@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2096-374X>

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>



Resumen

El estudio se localiza en el cantón Ibarra, Ecuador; el objetivo fue diagnosticar el estado actual del sistema de riego La Victoria, Yahuarcocha, Socapamba, en el cual se analizó la disponibilidad de caudal y sus pérdidas; la metodología para el análisis del sistema de riego fue el cálculo de la evapotranspiración, la medición de los aforos y los análisis en campo para identificar los problemas de infiltración. Los resultados fueron que el canal pierde caudal por infiltración y manejo impropio por parte de los usuarios.

Palabras Clave: Aforo, Caudal, Cuenca hidrográfica, Recurso hídrico, Riego.

Abstract

The study locates in Ibarra canton, Ecuador; Its object was to diagnosticate of the current state of irrigation system La Victoria, Yahuarcocha, Socapamba, which analyzed flow availability and its losses. The methodology for the analysis of the irrigation system was the measurement of the amount of liquid and analysis in field to identify the problems of infiltration. The results were that the irrigation system loses flow due to infiltration and improper handling by users.

Keywords: Amount of liquid, Irrigation, watershed, Hydric resource, Flow.

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

Introducción

Toda actividad que se haga tanto en instituciones públicas como privadas encaminadas al manejo del agua se conoce como gestión del recurso hídrico, y como bien público, es responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), las organizaciones de usuarios como las Juntas de Aguas y las entidades del Estado, el lograr un manejo conveniente respecto a su preservación y administración (1).

En la Junta de Agua La Victoria Yahuarcocha Socapamba la gestión sostenible del agua de riego es uno de los principales retos del futuro, el cual desempeña un papel muy importante en la agricultura (2). El manejo de los recursos hídricos pretende evitar los procesos erosivos y salinización, y, por otra parte, mejorar el consumo para siembra, fertilización sin dejar de lado la calidad y capacidad productiva (3).

El objeto del presente estudio fue analizar el estado y las causas del déficit hídrico del sistema de riego La Victoria, Yahuarcocha, Socapamba. El tipo de investigación es descriptiva (4) ya que identifica las causas de la falta de agua. Se realizó el cálculo de la evapotranspiración, se midió el caudal en tres tramos del canal de riego y se caracterizó en campo el estado del canal para riego. Los resultados indican que hay un déficit hídrico durante dos meses, se pierde alrededor de 33 litros por segundo, un 76,78% del canal se encuentra en buen estado y el porcentaje restante en estado regular.

Materiales y Métodos

El área de estudio es la correspondiente al sistema de riego La Victoria Yahuarcocha Socapamba; se encuentra ubicada en la microcuenca del río Tahuando (5), sector denominado las Malvinas, parroquia El Sagrario, cantón Ibarra, provincia de Imbabura (Figura 1). Geográficamente se localiza en un valle templado en la zona norte del Ecuador (6) y la captación del recurso hídrico se encuentra en las coordenadas UTM WGS 84, X: 822825, Y: 10035873, Z: 2284 m.s.n.m, código PFAFSTETTER 15482 (7). (Ver Figura 1).

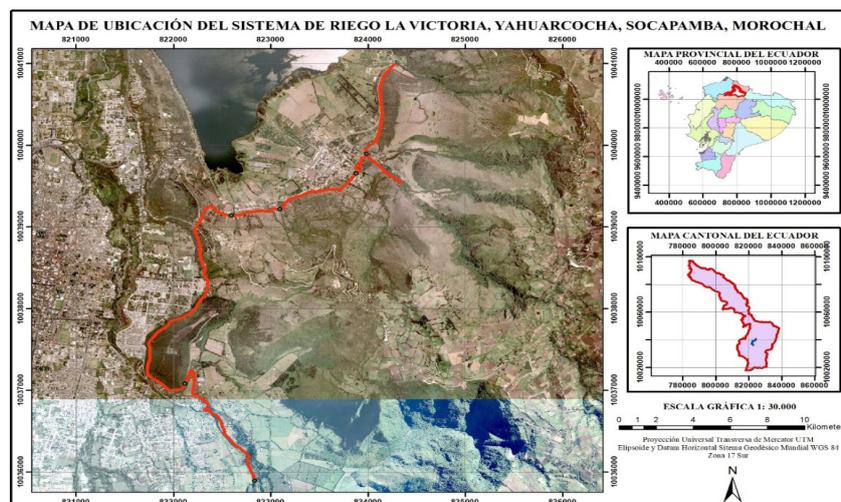


Figura 1. Ubicación del sistema de riego la Victoria, Yahuarcocha, Socapamba.

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

Uno de los parámetros que apoyaron al análisis de los aforos y facilitaron determinar el estado del sistema de riego es la Evapotranspiración Potencial (ETP) (8), que se estableció determinó utilizando la formula Christiansen – Yépez (9), y su cálculo se obtiene de la siguiente ecuación:

$$ETP = 0,36 \times RT \times CT \times CH \times CW \times CE$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial diaria (mm)

RT: Radiación terrestre, expresada como evaporación a 20° C

CT: Coeficiente de temperatura

CH: Coeficiente de humedad relativa

CW: Coeficiente de velocidad del viento

CE: Coeficiente de elevación

La medición del caudal (10) se realizó en tres tramos del canal principal, siendo el primer tramo en la parte alta del río Tahuando sector las Malvinas, el segundo en la parte media del canal principal, sector los Piqueros, y el tercero en la parte baja en la salida del túnel del canal. El aforo se realizó con molinete electrónico marca “SEBA” en época de estiaje y en horario de no uso de agua debido a los caudales ecológicos (11), y así determinar el volumen de agua perdido.

Para diagnosticar la infraestructura del sistema de riego la Victoria Yahuarcocha Socapamba, se procedió al levantamiento de información en el campo basándose en información de la infraestructura principal de riego y sus caudales para su posterior sistematización (12).

La aplicación de las técnicas de las medidas de aforo, el cálculo de la evapotranspiración y los diagnósticos *in situ* del canal fueron adecuados para los análisis del sistema de riego, ya que permitieron compilar información que permitirá tomar decisiones sobre la gestión integral del agua con los diferentes beneficiarios.

Resultados y Discusión

Se calculó la Evapotranspiración (ETP) media mensual adaptada a la altitud media de la microcuenca, sobre la base de los datos obtenidos de las variables requeridas en la estación meteorológica de la Universidad Técnica del Norte. Los valores calculados de ETP se presentan en la tabla 1.

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

Tabla 1.
Valores en mm de ETP media mensual y precipitación media mensual.

	trimestre				Total
	I	II	III	IV	año
Evapotranspiración	148,5	128,8	195,3	132,5	605,1
Precipitación	330,8	321,8	164,9	372,4	1189,9

En términos generales, el periodo de déficit hídrico se extiende durante los meses julio y agosto y el comienzo de septiembre.

La microcuenca del río Tahuando es el principal aportante para el canal de la junta de agua la Victoria Yahuarcocha Socapamba, la cual presenta un periodo de déficit moderado de julio a septiembre, pero en general, al comparar los niveles de ETP y precipitación resulta un balance positivo anual.

Según Gutiérrez et al., (13) la temperatura es una aproximación simple de la evapotranspiración, y al colocarse enfrentada a la precipitación permite definir el período o períodos secos a lo largo del año, y en efecto, cuando la ETP supera a la precipitación se inicia un ciclo de sequía, lo que concuerda con los dos meses secos que se presentan en la microcuenca del río Tahuando.

Medición y análisis de caudales.

El primer tramo de la captación fue medido en julio del 2017 el cual se encuentra localizado en la parte alta del río Tahuando sector las Malvinas; en la parte media del canal se realizó en agosto del 2017 y, por último, en la salida del túnel el cual fue medido en septiembre del 2017 (Ver Tabla 2).

Tabla 2.
Medición de caudales por sectores y coordenadas.

Tramos	Sector	X	Y	Q= l/s
1	Las Malvinas	822825	10035873	117
2	Los Piqueros	822496	10036607	96
3	Salida del Túnel	822205	10038959	84

Según la medición de los caudales de los tres tramos, la pérdida del caudal del tramo número uno denominado las Malvinas al tramo dos llamado los Piqueros es de 21 l/s y del tramo dos al tramo tres, llamado salida del túnel, es de 12 l/s.

La pérdida del caudal en el canal principal, que es mixto (revestido y rústico de tierra), obedece a la infiltración (14) ya que en algunos sectores, el canal no se encuentra revestido y también debido al manejo impropio por parte de algunos usuarios del sistema por irrespeto a los horarios y a esto se suma la sustracción indebida del recurso hídrico.

Respecto a la medición del caudal (15), se debe tener en cuenta la particularidad del cauce, la época, accesibilidad y los objetivos del aforo. Las características de la microcuenca y las condiciones ambientales fueron básicas al momento de seleccionar las técnicas de aforo

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

en el canal de riego; en esta investigación se realizó la medición utilizando uno de los métodos más acertados por parte de entidades que se encuentran a cargo de la administración del recurso hídrico (16), concluyendo que la medición de los caudales es importante ya que se conoce la cantidad de litros que tiene un río, y dentro de la conducción del caudal saber cuánta agua se perdió durante el transcurso de este hacia los cultivos.

Estado del canal de riego

El canal principal tiene 16,66 Km de longitud, desde el sitio de captación de agua hasta su terminación en la parte baja del sistema de riego. La fuente hídrica tiene las siguientes particularidades (Ver Tabla 3).

Tabla 3.
 Características de la fuente hídrica.

Tipo de Fuente	RIO
Nombre de la Fuente	Tahuando
Tipo de Propiedad	Estatal
Caudal Máximo - Mínimo (litros/Segundo)	>5000 – 200
Insuficiencia de la Fuente	No
Protección de la Fuente	Vegetación Natural

La captación de agua del sistema la Victoria Yahuarcocha Socapamba se encuentra ubicada en la parte alta del río Tahuando, en el sector denominado las Malvinas, cuyos detalles se muestran en la tabla 4.

Tabla 4.
 Características del sistema de captación.

Nombre de la captación	Río Tahuando
Sector	Comunidad Malvinas
Tipo de Captación	Rústica
Caudal autorizado (l/s) para riego	110
Funcionamiento de la Obra	Normal
Protección de la captación	Sin Cerramiento
Derrumbes o Inestabilidad	No

Esta captación es de tipo rústica en terrenos de propiedad pública está cubierto de vegetación natural arbustiva. La fuente es activa todo el tiempo siendo su caudal aproximado en época lluviosa mayor a los 5000 l/s y en época seca (julio, agosto, septiembre) puede alcanzar un mínimo de 200 l/s.

El caudal autorizado permite su aprovechamiento por los sistemas de distribución, cuyas características se muestran en la tabla 5.

Cómo citar este artículo:

Tabla 5.
Sistema de conducción.

Tipo de conducción al inicio	Abierto y revestido
Tipo de sección al inicio	Rectangular
Número de subramales de la distribución	2
Frecuencia de mantenimiento preventivo	Mensual

Debido a que la infraestructura del canal principal es mixta (revestido parcialmente y rústico de tierra), puede relacionarse con la infiltración del agua en sectores donde la base del canal es de tierra; a continuación las métricas del revestimiento del canal (Tabla 6).

Tabla 6.
Longitudes de los tipos de revestimiento del canal principal

Canal Abierto	Embaulado	Tubería	Tierra	Mixta	PVC	Total
km	km	km	km	km	km	Km
8,67	2,48	0,01	5,29	0	0,21	16,66

El diagnóstico de campo (17) permitió determinar el estado en el que se encuentra el canal de riego; se encontró 12,79 km en buen estado, lo que representa el 76,78%; en estado regular 3,87 km, equivalente al 23,22% y un 0% en mal estado. Ello es indicativo del relativo buen estado del canal. (tabla 7)

Tabla 7.
Estado del canal principal.

Bueno	Regular	Malo
12,79 km	3,87 km	0 km

Discusión

Gaybor Tobar (18) abrevia que los sistemas de riego en Ecuador fueron construidos para una realidad distinta a la actual, y que ya están obsoletos; esto porque la recuperación del sistema de riego actual debe tener una restauración física, cambios en los horarios, redistribución del reparto, reformas en los estatutos de operación y fortalecimiento de las juntas de usuarios del agua. Lo mencionado anteriormente coincide con esta investigación ya que la recuperación del sistema de riego no solo debe encausarse en la rehabilitación física, sino que también debe iniciarse un cambio de actitud de los actores del sistema de riego, y es justamente lo que buscan los regantes, el análisis de las causas de los conflictos, su resolución y los medios de gestión.

En el desarrollo de la agricultura, uno de los factores que han promovido mejorar el manejo de los recursos hídricos están las épocas de estiaje (19), y justamente ese es uno de los fenómenos que la administración del canal objeto de estudio debe analizar. Navarro- Álvaro (20) asevera que la baja del caudal en los sistemas de riego a menudo se debe al deficiente manejo; este obedece a las deficiencias en información, organización social e institucional y falta de estrategias adecuadas para afrontar los embates, y este caso de estudio se enmarca en esa situación.

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

El diagnóstico de campo permitió determinar un alto porcentaje en estado conservado, ello es indicativo de que la infraestructura del sistema de riego se encuentra razonablemente mantenida y con relativamente poco esfuerzo se podrían resolver los problemas de filtración. Sin embargo, ello no sería suficiente ya que la infiltración es un problema frecuente en los sistemas de conducción de agua de riego causando conflictos sociales entre usuarios coincidiendo con lo que menciona Aceros (21) por la pérdida de caudal y déficit del recurso en los cultivos, que justamente son opiniones emitidas por los regantes.

Ese déficit podría manejarse mediante pequeños reservorios, utilizando variedades de cultivos resistentes a la sequía y evitando cultivos exigentes al agua en los meses deficitarios (22), es así que se debe establecer sistemas de monitoreo de humedad del suelo para definir las mejores condiciones de humedad para cada cultivo con la menor cantidad de agua.

Esta investigación concuerda con IpiALES Lucero (23), el mismo que menciona que es necesario establecer un programa de educación ciudadana y un monitoreo adecuado e integrado por todos, incluyendo sanciones morales y multas, para evitar el hurto de este recurso. También es importante formular e implementar, junto con otras instituciones y otras casas de estudio, un programa de experimentación de sistemas de riego, coincidiendo con lo que menciona Cañón Hernández (24), con el propósito de recabar datos sobre tipos de cultivo, superficie y condiciones de suelo y topografía, a fin de avanzar en la tecnificación de los sistemas de producción y crear capacidades para manejar los periodos de déficit hídrico y enfrentar los retos del cambio climático (25).

Conclusiones

La metodología permitió hacer valoraciones acertadas sobre la disponibilidad del agua en la cuenca del río Tahuando, ya que permitió determinar el comportamiento de las precipitaciones en el año, relacionarlas con el estado del sistema de riego y así estimar la cantidad de agua aprovechable para los cultivos en la microcuenca.

Se concluye que existe un período déficit hídrico en la microcuenca del río Tahuando, pero los valores denotan que no es extendido durante todo el año, y la comparativa con la precipitación indican un balance positivo durante todo el año; se concluye también que los meses de sequía se presentan en los meses de julio a septiembre, lo que hace que los usuarios deban planificar el riego para aprovechar al máximo la disponibilidad de agua en los meses donde se presente la sequía.

Se evidenció que existe pérdida del caudal por infiltración en tramos del canal sin revestimiento, a esto se suma el mal manejo del canal por parte de algunos usuarios del sistema de riego; esta situación también permite concluir que se debe gestionar una restauración del canal de riego y también capacitar a los usuarios del sistema sobre el manejo del recurso hídrico para procurar que los cultivos sean sostenibles.

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

Referencias Bibliográficas

- Vaca I, Aguirre P. Gobernanza de los recursos hídricos para el desarrollo sustentable en el canal de riego Peribuela Imbabura-Ecuador [Internet]. Vol. 9, Sustentabilidad(es). 2018. Available from: www.sustentabilidades.usach.cl
- Gil Antonio María, Reyes Hernández Humberto, Marquez Mireles Leonardo, Cardona Benavides Antonio. Disponibilidad y uso eficiente de agua en zonas rurales. *Investig Cienc* [Internet]. 2014;22:67–73. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67435407008>
- Pérez-Casar L. Agricultura regenerativa: aliada para un futuro sostenible. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* [Internet]. 2021;47(2):155–8. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/10164>
- Hernández Roberto, Fernández Carlos, Baptista María. *Metodología de la Investigación*. Quinta Edi. McGraw - Hill, editor. Vol. 136, *Journal of Experimental Psychology: General*. México; 2014. 656 p.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. Actualización del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Ibarra [Internet]. 2020. Available from: www.ibarra.gob.ec
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. 2013;44(8).
- Rosas L. Manual de procedimientos de delimitación de unidades hidrográficas. Caso: Ecuador. Vols. 1, 33 p. Ecuador; 2009.
- Jiménez-Moreno MJ, Laguna RR, Maurice MJE, Zarate RR, Sandoval OAA. Análisis de indicadores ambientales espacio - temporales de agua, suelo y vegetación. *Rev Mex de Ciencias Agrícolas*. 2019;10(7).
- Erazo L, Tapia C. Caracterización del sistema de riego Jiménez Cevallos de la provincia de Cotopaxi [Internet]. Escuela Politécnica Nacional; 2010. Available from: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2648/1/CD-3331.pdf>
- Salazar Wilian. Diseño de curvas de gasto en puntos de interés a través de un modelo hidráulico en el río Casacay. [Machala]: Universidad Técnica de Machala; 2019.
- Sánchez Mendieta CE, Espinoza Correa J, Vera Dominguez F, Luna Romero A, Bustamante Roque A, Cardenas Pucha J, et al. Metodología para la estimación de caudales mínimos de una cuenca hidrográfica con escasa información hidrometeorológica. *Cumbres*. 2017;3(1).
- Loaiza M, Hoyos J, Arredondo E, Arciniegas M. Sistemas de riego caseros empleados por los pequeños y medianos agricultores del corregimiento de Santa Elena – Medellín – Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana. 2013;

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>

- Gutiérrez C, Ochoa L, Velasco I. Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y sociedad*. 2005;17(34):35–71.
- Gaspar Romero E. Aplicación de geomembranas para reducir las pérdidas de agua por infiltración del canal de riego Caqui, Provincia de Huaral. [Lima]: Universidad Peruana de los Andes; 2019.
- Lavado-Casimiro W. Estudios Hidrológicos del SENAMHI Resúmenes Ejecutivos-2020. In Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú; 2020.
- Rueda Ureña O, Chitiva M. Análisis comparativo de tres métodos para la medición de caudales en canales abiertos. [Internet]. Vol. 147, Análisis comparativo de tres métodos para la medición de caudales en canales abiertos. [Bogotá]: Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2016. Available from: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3367>
- Ramírez Romero S, Vallejo Ramírez D. Diagnóstico técnico-productivo de las unidades de producción familiar de región del Papaloapan de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* [Internet]. 2023; Available from: <https://ageconsearch.umn.edu/record/337036/>
- Gaybor Tobar A. Análisis exploratorio hacia la comprensión de evolución tecnológica del riego en el Ecuador. *Revista Economía*. 2019;70(112).
- Achá Nicolás, Saavedra Oliver, Ureña Jhonatan. Modelación hidrológica en la cuenca del río Rocha incorporando lineamientos de caudal ecológico. *Revista Investigación & Desarrollo*. 2022;22(1).
- Navarro-Álvaro M. Nivelación de tierras: una opción viable para el uso eficiente y gestión sustentable del agua en la agricultura. *Ingeniería y Región*. 2018;20.
- Daniel Aceros. Prototipo de una ruta tecnológica para el IOT, enfocadas en las tecnologías de riego, para los agricultores de pequeña escala en Colombia. Vol. 25, *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2020.
- Santacruz G, Yumbla C. Diseño del reservorio de regulación para el sistema de riego de la comuna Quinuapata, Cantón Cañar, Provincia del Cañar. [Cuenca]: Universidad del Azuay; 2023.
- Ipiates Lucero L. Diagnóstico socio-ambiental para la elaboración de un plan de manejo ambiental del canal de riego Mocha-Quero-ladrillos en la provincia de Tungurahua [Internet]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2018. Available from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8934>
- Cañón Hernández M. Determinación de las necesidades hídricas en un cultivo de café, en etapa productiva, con base en el conocimiento del balance hídrico. Universidad de Manizales. 2018;
- Vásquez Hernández N. Percepciones sobre cambio climático en relación a las medidas de mitigación y adaptación sobre la disponibilidad y conservación del agua [Internet]. Director. [Ibarra]: Universidad Técnica del Norte; 2018. Available from: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9056>

Cómo citar este artículo:

Caicedo, D., Franco, W & Paspuel, L. (Enero – Diciembre 2023). Estado del sistema de riego la victoria Yahuarcocha Socapamba a través de la medición de aforos, cantón Ibarra, Imbabura. *Tierra Infinita* (9), 39-49. <https://doi.org/10.32645/26028131.1241>