

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL PARA PROTECCIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DE LAS FUENTES HÍDRICAS QUE PROVEEN DE AGUA A 11 ORGANIZACIONES COMUNITARIAS DEL PROYECTO TD CANGAHUA

Loayza, Luis¹; Méndez, Cristian²; Sánchez, Cristian³; Revelo, Susana⁴

Grupo consultor Hydroengineering, Diciembre 2020

luis.felipelj94@gmail.com¹, cristianmendez16@gmail.com², csanchezv@gmail.com³,
susy9519@gmail.com⁴

RESUMEN

En la gestión sostenible del recurso hídrico es importante desarrollar lineamientos estratégicos para su uso y aprovechamiento, considerando factores ambientales, sociales y económicos. El presente estudio abarca el estado situacional de las cuencas hidrográficas que abastecen de agua para consumo humano y riego de 11 organizaciones comunitarias del proyecto Territorio Demostrativo ubicadas en la Parroquia Cangahua, cantón Cayambe, que es financiado por la Unión Europea-UE con delegación a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo-AECID y ejecutado por Fundación Maquita en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG. Diagnóstico in situ de tres microcuencas que reflejó el estado situacional de las tres microcuencas hídricas que abastecen del recurso a la Junta de Agua Guanguilquí – Porotog de donde forman parte las once organizaciones comunitarias del proyecto: Verde Yaku ubicada en Oyacachi, río Gualimburo y río Porotog.

Para determinar el diagnóstico de las cuencas antes mencionadas, se realizó una línea base donde se caracterizó cada una de las fuentes y de las comunidades para

conocer su estado actual en aspectos ambientales, económico – productivos, sociales y de gobernanza.

En el trabajo de campo, para cada uno de los aspectos objeto de estudio, se realizó de la siguiente manera: **una campaña de aforos** en las tres fuentes, mediante un trabajo de siete días realizando dos mediciones diarias, para luego, aplicar el modelo hidrológico de Témez y obtener información comparable. Los **parámetros ambientales** analizados reflejan la destrucción de hábitat, introducción de especies y prácticas de conservación, resultados que fueron estimados a nivel de cuenca usando índices como NDVI, QBR – páramos y mediante la calidad hidro – morfológica de los ríos. Los **factores sociales** se evaluaron mediante encuestas que abordan temas de gobernanza y nivel de organización comunitaria para la gestión comunitaria del agua, y la demanda del recurso hídrico en riego y consumo humano. En la parte **económico-productiva** se consideró la demanda de agua para riego orientados a sembríos que predominan en la zona y la posibilidad que el agua que disponen cubra los requerimientos.

Palabras clave: Ambiente, cuencas hidrográficas, gestión del agua, sostenibilidad, comunitario.

INTRODUCCIÓN

El recurso agua representa un pilar fundamental en el desarrollo de los pueblos y del funcionamiento de los ciclos de vida de los ecosistemas terrestres y acuáticos, ya que es indispensable para la vida en el planeta y garantiza un conjunto de beneficios para la industria y el consumo diario (PNUMA, 2017). Dentro de varias regiones del mundo, en especial en las zonas andinas; el agua representa la base fundamental para el sustento local ya que son los principales proveedores del alimento para la población nacional (Boelens, 2003).

La gestión integral del agua en la parroquia Cangahua y parroquias aledañas está a cargo de la Junta de Agua Guanguilquí Porotog que a su vez está conformada por los ramales Guanguilquí y Porotog, que cubren a 50 organizaciones comunitarias de las parroquias Cangahua, Otón, Ascázubi y Cusubamba del cantón Cayambe, atendiendo a más de 4.800 usuarios y usuarias con agua de riego y de consumo humano, de las cuales, el 18% son mujeres.

Las fuentes hídricas más importantes que abastece al sistema Guanguilquí-Porotog provienen del río Porotog ubicado en la zona de Hierba Buena dentro de la jurisdicción parroquial de Cangahua, mientras que el ramal Guanguilquí abastece de aguas de la parte oriental (Gualimburo) y la comuna Oyacachi que aportan agua de las quebradas que se encuentran localizadas en la parroquia Oyacachi del cantón El Chaco de la provincia del Napo.

De acuerdo con información proporcionada por la dirigencia de la Junta Guanguilquí –

Porotog, productoras y productores de las organizaciones comunitarias que están relacionadas con TD Cangahua y que forman parte de la Agricultura Familiar Campesina, se identifica que una de las principales preocupaciones tiene que ver con el limitado acceso al agua especialmente en temporada seca (entre los meses de junio a septiembre) lo que afecta notablemente a la producción, rendimiento y calidad de sus cultivos. Otro aspecto es la contaminación ambiental de origen animal y antrópico en las fuentes hídricas que puede afectar a la calidad de agua disponible en el futuro, especialmente para las zonas bajas de la parroquia Cangahua, considerando el escenario de los efectos del calentamiento global y sus repercusiones en disponibilidad versus la demanda.

MARCO CONCEPTUAL

Los páramos son ecosistemas ubicados mayoritariamente en montañas tropicales de Centro y Sudamérica, se encuentran entre los 3.000 y 4.500 msnm aproximadamente conformando el piso altitudinal de las cordilleras de los trópicos (Díaz-Granados et al., 2005). El área del páramo se estima que esta entre los 35.000 y 77.000 km² (Hofstede et al., 2003), empieza desde la Cordillera de Mérida en Venezuela y termina en la depresión de Huancabamba en el norte de Perú (Buytaert et al., 2006). Ecuador tiene la característica de tener el complejo de páramo no interrumpido más grande teniendo en cuenta los nevados Cayambe, Cotopaxi, Antisana y los volcanes menores intermedios, con una extensión de 3.970 km² (Hofstede et al., 2003).

El páramo andino es el mayor proveedor de agua para Venezuela, Colombia, Ecuador y

algunas zonas de Perú (Wouter Buytaert et al., 2006), ya que existe una buena calidad de agua y un sostenido flujo en las zonas altas y poco intervenidas. Adicionalmente el suelo de páramo almacena carbono atmosférico ayudando a controlar el calentamiento global al mismo tiempo de que retiene agua por un periodo de tiempo largo que se libera lenta y constantemente (Hofstede et al., 2003).

De igual forma, el agua es una fuente significativa para la economía de sociedades andinas conducidas hacia las actividades agrícolas que se generan en la zona (Díaz-Granados et al., 2005). A nivel global se estima que un 40% de la población mundial vive en las cuencas de los ríos que se originan en las diferentes regiones montañosas (Buytaert et al., 2006), regido por crecientes actividades humanas en estas zonas como: la intensificación del pastoreo, avance de la frontera agrícola, el turismo, las plantaciones de pino, minería y el cambio climático que alteran el comportamiento hidrológico regulatorio y limitan el suministro de agua (W Buytaert et al., 2014).

Los páramos tienen una gran importancia hidrológica, pero también son zonas con una gran vulnerabilidad frente a actividades antropogénicas implementadas con el cambio de uso de suelo y la invasión a áreas naturales, dando como resultado mayor presión y estrés sobre el ecosistema, mediante la erosión del suelo, y la pérdida de fauna y flora que influye en el ciclo y regulación natural del agua (Wouter Buytaert et al., 2006) (Hofstede et al., 2003). Aunque el páramo es un ecosistema valioso como suministro de agua es muy poco entendido y estudiado, por esta razón es importante agregar más

conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico para el uso sustentable del agua tanto para consumo como para las actividades agrícolas y ganaderas que caracterizan la zona de páramo.

El crecimiento poblacional y por ende el aumento de la demanda de agua para consumo humano, la agricultura y la industria representan una gran amenaza que pone en riesgo la disponibilidad de este recurso. Es por ello que se concibe el proceso de gestión integral del recurso hídrico con enfoque ecosistémico como una respuesta a la crisis que se vive en el mundo respecto al manejo de este recurso.

El modelo de gestión del recurso hídrico se basa en la coordinación y orientación de las interacciones que tienen los diferentes actores en una misma cuenca, por lo que se puede definir la gestión del recurso hídrico de una cuenca como: “la gestión de las intervenciones, que los seres humanos realizan en una cuenca y sobre el agua captada por la misma, con el fin de conciliar metas económicas, sociales y ambientales que permitan mejorar la calidad de vida de todos los seres humanos que dependen del uso de su territorio y sus recursos, así como minimizar los conflictos entre los interventores y con el ambiente” (Dourojeanni et al., 2002).

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar la situación actual de las fuentes hídricas que proveen de agua a la Junta Guanguilquí- Porotog y 11 organizaciones comunitarias que forman parte del proyecto TD Cangahua.

Objetivos específicos

- Determinar el caudal disponible en las fuentes de agua de estudio a través del modelo hidrológico de Témez.
- Identificar problemas ambientales latentes a nivel de las cuencas hidrográficas que abastecen de agua para consumo y riego a 11 organizaciones comunitarias del proyecto Territorio Demostrativo Cangahua.
- Identificar conflictos sociales generados por el actual modelo de gestión ejecutado por la junta de agua Guanguilquí- Porotog
- Estimar la demanda de agua para riego y consumo humano de las 11 organizaciones comunitarias que pertenecen al proyecto TD Cangahua, así como los sembríos que predominan dentro del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación del diagnóstico situacional sobre el manejo de las fuentes hídricas que proveen de agua a las organizaciones comunitarias del TD Cangahua se estructuró una metodología basada en Investigación Acción Participativa (IAP) compuesta por trabajo de gabinete, donde la revisión y análisis de fuentes de información primaria y secundaria provee de datos que permiten contextualizar la temática del estudio.

Metodología para determinar el número de encuestas para aspectos sociales. Se calculó la muestra metodológica para las encuestas de un grupo de 428 personas participantes activamente (usuarios y usuarias cabezas de hogar) del proyecto TD, lo que permitió levantar datos a participantes encuestados mucho más

reales y concretos. La ecuación usada para el cálculo fue la siguiente:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Donde:

N: Tamaño de la población

Z: Desviaciones estándar

e: Error estándar (Expresado en decimales)

p: Nivel de confianza del muestreo

Metodología para determinar el diagnóstico ambiental

Estudio hidrológico (aforos), El caudal se lo expresa en unidades de volumen por tiempo (m³/s), por lo cual, para este estudio se optó por el método de velocidad área.

Método velocidad área, se midió el ancho de la sección y la profundidad cada 0,5 metros en cada río, y con estos datos se calculó el área. Con la de geometría del río, se procedió a medir la velocidad con el método de dos puntos, el cual consiste en calcular la velocidad media como el promedio de la velocidad entre el 20% y 80% de profundidad.

$$V_{mean} = 0.5 * (V_{0.2d} + V_{0.8d})$$

Finalmente, el cálculo del caudal se realizó tomando el ancho entre mediciones, entre dos verticales, que vendría a ser el área por la velocidad media antes calculada.

$$Q = b * (d1 + d2)/2 * (V1 + V2)/2$$

Trabajo en campo, se realizaron mediciones de caudal de las tres fuentes usando un molinete marca SEBA de eje horizontal. La campaña de aforos se realizó durante siete días desde el 27 de septiembre hasta el 5 de octubre del 2020,

realizando un total 42 mediciones de aforos efectuadas por el método antes descrito.

Modelo de Témez, el modelo concentrado de Témez supone que el perfil del suelo está dividido en una zona no saturada y otra inferior saturada, y su comportamiento es similar al de un embalse subterráneo que proporciona agua a la red superficial. Se toma en cuenta que parte de la lluvia (P) se evapotranspira (ET) al llegar a la superficie y otra parte queda como excedente (E). El excedente puede escurrir en la superficie (ES) y otra parte se infiltra al acuífero (I). La escorrentía superficial se evacua por el cauce principal, mientras que la fracción de lluvia que infiltra al acuífero permanece como almacenamiento subterráneo para luego ser liberada.

Caudal ecológico, en el Registro Oficial No. 41, del 14 de marzo de 2007, mediante Acuerdo Ministerial N° 155 del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), se expresa también que el caudal ecológico podrá considerarse en al menos el 10% del caudal medio anual.

Destrucción de hábitat, este componente se determinó a partir de tres métodos, los cuales se detallan a continuación.

Calidad hidro morfológica, el objetivo es calcular cual es el valor de degradación del canal de los ríos y de la flora de ribera contiguo que son el apoyo de las organizaciones comunitarias biológicas del río. Algunas veces, aunque la calidad del agua (química y física del río) sea buena, la variación del canal y de las riberas afecta a las organizaciones comunitarias biológicas del río y puede rebajar su diversidad (Acosta, R., Ríos B., Rieradevall, M., & Prat, N., 2009).

Índice de calidad del bosque de ribera, QBR-and es un índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en tres bloques independientes, cada uno valora diferentes componentes y atributos del sistema (Acosta et al., 2009).

Procesamiento de imágenes satelitales (NDVI), es el índice de vegetación diferencial normalizado que permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial, mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Para el procesamiento de las imágenes, se tomaron las bandas 5 (NIR) y 4(RED) del satélite landsat 8 y del satélite landsat 7 las bandas 3(RED) y 4(NIR); con una calibración radiométrica de las bandas espectrales, la cual, se calculó con los parámetros del archivo MTL (metadato).

Introducción de especies, se conoce como una especie introducida, especie foránea, especie alóctona o especie exótica, es una especie no nativa del lugar o área de estudio. Dentro del diagnóstico se determinó la introducción de especies ajenas en base a lo siguiente: 1. Revisión de fuentes primarias y secundarias (línea base), para conocer las especies propias del sitio, 2. Observación directa en campo con registro fotográfico, 3. Comunicación directa con comuneros sobre la intrusión de especies dentro de las cuencas de estudio.

Prácticas de conservación ambiental, para determinar el conjunto de medidas de conservación ejecutadas por los habitantes

de las 11 organizaciones comunitarias del TD Cangahua fue importante realizar una revisión bibliográfica de documentos oficiales donde se detallaban el conjunto de actividades ejecutadas con este fin (línea base). Así mismo, mediante la aplicación de encuestas se recabó información sobre la ejecución de prácticas en pro del cuidado del ambiente.

Metodología para determinar el diagnóstico social.

Demanda de agua para consumo, para estimar el consumo de agua humano se empleó la tabla de dotación básica en base a la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, la cual está en función del número de habitantes y el tipo de clima de la zona.

Calidad de agua, para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas que emplean las 11 organizaciones comunitarias, se realizó un análisis físico químico en un laboratorio de análisis de agua acreditado por el SAE (Sistema de Acreditación Ecuatoriano) que permitió conocer las concentraciones de los siguientes parámetros: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos totales, hierro, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos y coliformes fecales.

Metodología para determinar el diagnóstico económico productivo

Cultivos predominantes, se habla de cultivos predominantes a los sembríos que abarcan mayor cantidad de áreas dentro de las organizaciones comunitarias, para aquello se realizó un análisis visual dentro del territorio; además de establecer una

conversación directa con actores sociales, quienes brindaron información relevante al tema mediante la aplicación de encuestas.

Demanda para riego, para determinar la demanda de agua para riego de los principales cultivos de las organizaciones comunitarias pertenecientes al TD Cangahua se empleó el software CROPWAT que es una herramienta de apoyo a las decisiones desarrollada por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas de la FAO. CROPWAT 8.0 es un programa informático para el cálculo de los requisitos de agua y de riego de los cultivos en función de los datos del suelo, el clima y los cultivos. Además, el programa permite el desarrollo de horarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del suministro de agua del esquema para diferentes patrones de cultivo.

RESULTADOS

Diagnóstico ambiental

Estudio Hidrológico

Fue realizado con el fin de determinar o cuantificar el recurso agua dentro de las cuencas de estudio. Este se determinó en base al modelo hidrológico de Témez, contrastado con una campaña de aforos de 7 días en campo, teniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla 1. Resultados del modelo hidrológico.

Código	Nombre de Subcuenca	Q medio (l/s)	Q ecológico (l/s)	Q disponible (l/s)
H - PTG	Río Porotog	323,7	32,4	291,3
H - GQ	Río Gualimburo	155,3	15,5	139,8
H - OYC	Río Oyacachi	64,2	6,4	57,8

El denominado "caudal ecológico" fue calculado en base a lo estipulado en el acuerdo Ministerial N° 155 del Ministerio de

Ambiente del Ecuador (MAE); el cual se pudo evidenciar que no era respetado en ninguna de las zonas de captación de agua.

Calidad Hidro- Morfológica

Esta sección de estudio determina el valor de degradación del canal de los ríos y de la flora de ribera contiguo que son el apoyo de las organizaciones comunitarias biológicas del río obteniendo una calidad buena y moderada para los ríos Gualimburo y Porotog, mientras que para el río Oyacachi se presenta una calidad hidro morfológica excelente.

Índice de ribera QBR- páramos

Este índice integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable determinó que la cuenca del río Gualimburo y Porotog presenta un inicio de alteración considerable; mientras que la cuenca del río Oyacachi tiene un bosque de ribera sin alteraciones significativas con un estado de conservación natural.

Procesamiento de imágenes satelitales

A través de la comparación del NDVI en las tres subcuencas, se notó un incremento de estrato boscoso y pajonal. Las subcuencas del Oyacachi y Gualimburo, tienen un antecedente ocurrido en 1999, con presencia de agua superficial en las zonas altas del páramo, que posiblemente pudo ser un acuífero libre o humedal, que comparado con la imagen del 2017, ya no refleja en estas zonas.

Otros aspectos ambientales identificados

Dentro de las tres cuencas estudiadas se han identificado actividades antrópicas que impactan negativamente el estado natural de estas fuentes. A continuación, se

detallan los diferentes impactos ambientales identificados en campo a través de observación directa e información dotada por comuneros:

Cuenca del río Oyacachi

A 3.800 metros de altura, la cuenca del río Oyacachi es hogar de plantas y animales que relacionan sus hábitos con los cuerpos de agua presentes en el mismo. El principal impacto ambiental identificado en esta área es la invasión de ganado vacuno, lo que desencadena en afectaciones del siguiente tipo:

- Disminución de la cobertura vegetal por movilidad animal, acelerando el proceso de erosión del suelo.
- Cambio de las propiedades fisicoquímicas del agua por la presencia de excremento de estos animales.
- Compactación del suelo.

Según comuneros, las vacas son propiedad de habitantes de la parroquia Oyacachi, quienes periódicamente transportan sus animales para que se alimenten en esta zona. Es importante mencionar que todos estos animales poseen aretes o marcas identificativas; lo que indica la crianza formal de estas especies dentro del parque nacional.

Otro de los impactos identificados dentro de esta cuenca es la presencia de residuos sólidos inorgánicos a través de la vía que conecta la parroquia de Oyacachi con Papallacta. Esta zona carece de mobiliario ambiental ni señalética para la adecuada gestión de desechos.

Cuenca del río Gualimburo y Porotog

Lo impactos ambientales identificados en estas dos cuencas son similares, por tal razón se ha unificado el análisis de destrucción de hábitat de estas áreas. Al no estar restringido el acceso a estas dos cuencas, aquí se desarrollan actividades antrópicas que afectan el estado natural de estas áreas, de tal forma, se identificó lo siguiente:

- Mala disposición de residuos sólidos.
- Afectación a fauna acuática y calidad de agua por la pesca con barbasco.
- Incendios forestales.
- Cacería de venados y conejos.
- Aumento de la frontera agrícola.

Diagnóstico social

El 78,4% de la población respondió que está de acuerdo con las formas de manejo y solución de los problemas en cuanto al acceso del agua por parte de la Junta de Agua, el 17% respondió que no estaba de acuerdo.

En cuanto al factor económico, el 55,1% de la población encuestada respondió que, si está de acuerdo con la tarifa que debe pagar por el uso y cantidad de agua asignada por la Junta de Agua, mientras que el 38,2% mencionó que el pago debería ser menor. El 53,9% de la población conoce el valor de la tarifa que pagan a la Junta de Agua varía por tipo de cultivo, superficie o área regable, mientras que el 38,2% respondió que no variaba y que todos pagaban igual. Por último, el 7,9% respondió que no sabía o desconocía si variaba o no el valor de la tarifa.

En cuanto al uso del dinero recaudado, 96,6%, de la población encuestada está de acuerdo en que el presupuesto de la tarifa pagada por los miembros y usuarios de las organizaciones comunitarias sea invertido

en planes de mantenimiento, operación y reparación del sistema de riego y agua en general.

Identificación de problemas en torno a la gestión del agua

El 66,3% de las personas encuestadas respondió que el mantenimiento del canal de riego es la primera problemática o gestión que la población encuestada quisiera que mejore la Junta de Agua. El 57,3% la población encuestada respondió que la accesibilidad justa y equitativa era una opción también para mejorar y por último con un 42,7% respondieron que los robos y hurtos eran importantes de controlar.

De este mismo grupo, el 60,7% de la población está de acuerdo con la gestión y manejo de problemáticas por parte de la Junta de Agua, mientras que el 32,6% respondió que no está de acuerdo con la gestión y que deben mejorar.

Equidad y uso del recurso agua

El 55,1% la población encuestada respondió que la Junta de Agua, permite el acceso justo y equitativo a la cantidad de agua asignada. Mientras que el 42,7% respondió que la Junta de Agua no permitía un acceso justo y equitativo.

En cuanto la asignación de turnos, el 79,5% de la población encuestada respondió que desearía que los turnos de agua sean modificados y específicamente mejorados, mientras que el 17% respondió que no.

Satisfacción del suministro de agua

El 83,1% de la población encuestada respondió que, la cantidad de agua a la que acceden no es suficiente para consumo personal ni agrícola. Mientras que solo el

16,9% respondió que estaban satisfechos con la cantidad que recibían.

Mecanismos de acceso al recurso agua

El 55,1% de la población encuestada no está de acuerdo con el diseño del canal de conducción del sistema de riego Guanguilqui- Porotog, ya que este no responde a las necesidades de agua y sus diferentes usos. Por otro lado, el 43,8% respondió que si estaba de acuerdo pero que debía ser mejorado.

Para acceder al recurso agua, un 55,1% de los encuestados respondieron que realizaron una solicitud escrita a la directiva de la Junta de Agua, mientras que con un 41,6% respondieron que también realizan una petición verbal y escrita a los líderes comunitarios. También, la población encuestada reconoce que los espacios legitimados donde se acuerdan y gestionan las peticiones y permisos de accesos y uso de agua, son las asambleas generales con un 79,8% y, como segundo espacio esta las reuniones con líderes comunitarios con un 12,4%.

Demanda de agua de consumo

En el cálculo de demanda de agua por comunidad para consumo humano se obtuvieron los siguientes resultados (**ver tabla 2**):

Tabla 2. Cálculo demanda de agua para consumo

No.	Comunidad	No. Habitantes	Qm (l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)
1	Pucará	653	0,11	0,14	0,43
2	Larcachaca	474	0,08	0,10	0,31
3	La Libertad	566	0,10	0,12	0,37
		841	0,15	0,18	0,55
4	Aso 17 de junio	156	0,03	0,03	0,10
		232	0,04	0,05	0,15
5	Chambitola	543	0,09	0,12	0,35

No.	Comunidad	No. Habitantes	Qm (l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)
		807	0,14	0,18	0,53
6	Santa Marianita de Pingulmí	865	0,15	0,19	0,56
		1285	0,22	0,28	0,84
7	Pitaná Alto	446	0,08	0,10	0,29
		663	0,12	0,14	0,43
8	Santa Rosa de Pingulmí	630	0,11	0,14	0,41
		936	0,16	0,20	0,61
9	San Antonio	373	0,06	0,08	0,24
		554	0,10	0,12	0,36
10	San José	497	0,09	0,11	0,32
		739	0,13	0,16	0,48
11	Porotog	377	0,07	0,08	0,25
		560	0,10	0,12	0,36

Calidad de agua

De las muestras de agua que se recolectaron de las tres fuentes hídricas, el análisis de laboratorio acreditado determinó los siguientes resultados (**Ver tabla 3**):

Tabla 3. Resultados del análisis agua.

Parámetro	Unidades	Resultado de análisis de laboratorio		
		Oyachi H-OYC	Gualimbu H-GQ	Porotog H-PTG
Conductividad	uS/cm	145.9	62.07	100.5
DBO ₅	mg/l	< 6.5	14.2*	< 6.5
DQO	mg/l	< 20	73.5	< 20
Fosfatos	mg/l	0.287	< 0.20	< 0.20
Hierro	mg/l	1.055*	1.626*	2.152*
Nitratos	mg/l	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Nitritos	mg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02
pH	Unidades de pH	7.48	7.40	7.7
Sólidos totales disueltos	mg/l	73.46	31.53	50.76
Sólidos suspendidos	mg/l	< 20	37	52
Sólidos totales	mg/l	92.46	68.53	102.76

Parámetro	Unidades	Resultado de análisis de laboratorio		
		Oyacachi H-OYC	Gualimburo H-GQ	Porotog H-PTG
Sulfatos	mg/l	< 10	< 10	< 10
Coliformes fecales	Nmp/100 ml	2.0	< 1.8	< 1.8

Diagnóstico económico productivo

Cultivos predominantes

El 85,1% de la población encuestada cultiva cebolla larga como producto principal de su actividad agrícola productiva, y como segundo producto resultó ser los tubérculos con un 58,6%.

Los productos agrícolas generados son destinados en su mayoría al autoconsumo con un 68,5%, mientras que el 31,5% respondieron que ventas en ferias, y con un 24,7% respondieron que venta y autoconsumo por igual. Estos resultados son claves para poder entender preguntas previas, y sobre todo para poder analizar posteriormente más problemáticas como pobreza.

Demanda de riego

Dentro del territorio perteneciente al proyecto TD Cangahua, predominan los suelos francos y areno francoso, para los cuales existe la siguiente demanda según el tipo de sembrío conforme se detalla a continuación (**Ver tabla 4**):

Tabla 4. Cálculo de demanda de agua para sembríos según el tipo de suelo

Tipo de suelo	Cultivos predominantes	Caudal máximo (l/s/ha)
Franco	Cebolla	0.08
	Tubérculos (papa)	0.49
	Pasto ganadero	0.63
	Leguminosas	0.12

Areno Francoso	Cebolla	0.06
	Tubérculos (Papa)	0.67
	Pasto ganadero	0.64
	Leguminosas	0.10

DISCUSIÓN

Las unidades hidrológicas consideradas microcuencas, se caracterizan por su pequeña extensión y producen caudales que van en el orden de los 50 a 300 litros por segundo.

Los caudales calculados mediante los aforos para las microcuencas de los ríos Porotog, Gualimburo y Oyacachi fueron de 195,49 lt/s, 134,90 lt/s y 68,59 lt/s respectivamente, estos caudales se encuentran dentro del rango anteriormente mencionado, ya que cabe mencionar que las áreas de las microcuencas son las siguientes 16,3, 7,67 y 1,21 km² respectivamente.

Por otro lado, tenemos los caudales generados por el modelo hidrológico de Témez, el cual nos dio caudales un poco más elevados debido a que se usó información histórica de precipitación de más de 50 años, por lo cual no es comparable con los aforos, teniendo así los siguientes caudales: 323,7 lt/s, 155,3 lt/s y 64,2 lt/s respectivamente para el periodo de 1964 – 2019.

La calidad hidromorfológica del río Oyacachi tiene una calificación de excelente (36), que nos indica un lugar apropiado para el desarrollo de organizaciones comunitarias biológicas, con pocas alteraciones. En contraste con el río Gualimburo (tabla 8.12), se encuentra con una clasificación de buena con una puntuación de 29; presenta basura, obra de captación, y sus regímenes de velocidad y

profundidad, hacen que tenga una calidad buena. El río Porotog, a pesar de estar más cerca de la comunidad, se encuentra con una calidad moderada (27), manteniendo aun niveles de conservación aceptables.

A su vez, el índice QBR-Paramo (Acosta et al., 2009) determinó que el río Oyacachi presentó una condición muy buena (puntaje=100) teniendo una cobertura de bosque de ribera con un nivel de conservación sin alteraciones, estas características la atribuimos a la ubicación dentro de una zona protegida, con difícil acceso. Sin embargo, los ríos Porotog y Gualimburo presenta un nivel de alteración en su cobertura vegetal debido a sus cercanías a las comunidades, lo cual se evidencia el inicio de un deterioro en sus bosques de ribera.

En relación con el aspecto social, el hecho de que en la mayoría de los temas existan acuerdos entre los directivos de los ramales Guanguilquí y Porotog, sobre problemáticas claves, como presupuestos, socializaciones y solución de problemas, es realmente importante y favorable para que la Junta de Agua pueda trabajar de una manera conjunta por el bien de todas las organizaciones comunitarias que pertenecen a la misma.

Por otro lado, en aquellas preguntas en donde existe algún tipo discrepancia entre los miembros directivos en relación con los turnos de agua, tarifa monetaria y acceso de agua justa y equitativa, reflejan claramente que, para ambos miembros directivos, las realidades de las organizaciones comunitarias a las que representan respectivamente son completamente diferentes. Justamente en esta diferencia de opiniones y enfoques es donde se puede trabajar en un plan de

mejoramiento que permita que todas las organizaciones comunitarias reciban su derecho al agua de una manera justa y equitativa. La diferencia de opiniones puede encontrar algunos puntos interesantes que permitan a los miembros directivos de la Junta de Agua, observar realidades distintas y desde estructuras que tal vez a simple vista no se veían.

CONCLUSIONES

El estudio logró determinar el diagnóstico situacional de las fuentes hídricas que abastecen de agua para consumo y riego a 11 organizaciones comunitarias pertenecientes al Territorio Demostrativo de Cangahua. Para aquello, se diseñó una metodología mixta (campo y gabinete), con el fin de evaluar factores sociales, ambientales y socio económicos que influyen dentro del proceso de gestión del recurso agua.

El modelo de Témez tuvo un ajuste muy bueno al ser calibrado en la estación Aglla en captación, ya que el índice de Nash nos da un valor de 0,60. Este valor nos dio la confiabilidad necesaria para usar los parámetros en las cuencas del río Porotog, Gualimburo y Oyacachi; de esta manera se calculó un caudal medio anual de 323,7, 155,3 y 64,2 litros por segundo respectivamente para el periodo de 1964 – 2019.

En cuando al caudal ecológico para las fuentes de los ríos Porotog, Gualimburo y Oyacachi, tenemos que es necesario respetar un caudal de 32,4, 15,5 y 6,4 litros por segundo respectivamente.

Pese a estar dentro del Parque Nacional Cayambe-Coca, en el área de la cuenca del río Oyacachi se desarrollan actividades antrópicas (ganadería y turismo informal)

que amenazan el estado natural de este ecosistema y por ende el recurso agua. Mientras tanto, en la cuenca del río Gualimburo y Porotog a estar más cerca de zonas habitadas son afectadas por la mala disposición de residuos, pesca ilegal, incendios forestales, cacería y el crecimiento de la frontera agrícola.

En base al análisis realizado se pudo evidenciar que los cultivos como la papa y el pasto son los que mayor demanda de agua tienen, dependiendo de la textura de suelo, como por ejemplo, en suelos francos la papa demanda una cantidad de riego de 0,49 l/s/ha, y en suelos franco-arenosos la papa requiere un caudal de 0,67 l/s/ha.

Las organizaciones comunitarias con mayor demanda de agua para consumo son las de Pucará y Santa Marianita de Pingulmí por lo que será necesario comenzar con el diseño de la red de agua potable para las organizaciones comunitarias y tener una correcta distribución del caudal.

Las conclusiones de la parte social indican que existen acuerdos entre ambos los presidentes de las juntas Guanguilquí y Porotog, sobre problemáticas claves, como presupuestos, socializaciones y solución de problemas, es realmente importante y favorable para que la Junta de Agua trabaje de manera conjunta por el bien de todas las organizaciones comunitarias que pertenecen a la misma.

Por otra parte se detectó discrepancia entre los miembros directivos en relación con los turnos de agua, tarifa monetaria y acceso de agua justa y equitativa, reflejan claramente que, para los directivos de los dos ramales de agua, las realidades de las organizaciones comunitarias a las que representan respectivamente por lo que ha

sido necesario conversar y llegar a acuerdos para trabajar en un plan de mejoramiento socio-organizativo que permita que todas las organizaciones comunitarias tengan derecho al agua de manera justa y equitativa.

En base al estudio se realizó un plan integral para la protección y manejo de las fuentes hídricas que contempla temáticas para la protección y manejo de páramos, educación ambiental, prevención de incendios, mejoramiento de la infraestructura hídrica, monitoreo de las cuencas hídricas, entre las principales

LITERATURA CITADA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Smith, M., Raes, D., & Wright, J. L. (2005). FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 131(1), 2-13.
- Amendaño Estévez, E. N. (2018). Propuesta de gestión del recurso hídrico de la vertiente La Merced para el desarrollo sostenible, provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia Cutuglagua (Master's thesis, PUCE-Quito).
- Boelens, R. (2003). Derechos de agua, gestión indígena y legalización nacional. Universidad de Wageningen
- Buytaert, W., Celleri, R., De Bievre, B., & Cisneros, F. (2014). HIDROLOGÍA DEL PÁRAMO ANDINO: PROPIEDADES, IMPORTANCIA Y VULNERABILIDAD, (May 2014).

- Buytaert, Wouter, Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 79(1–2), 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>
- Condesan. (2012). Buenas prácticas para la gestión de los páramos Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú., 65–67.
- Díaz-Granados, M., Navarrete, J., & Suárez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Serie Recursos Naturales e Infraestructura (Vol. 47). <https://doi.org/1680-9025>
- EQUATORINITIATIVE. (2019). Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza. <https://www.equatorinitiative.org/2019/07/29/fondo-de-paramos-tungurahua-y-lucha-contra-la-pobreza/>
- Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). Los Páramos del mundo.
- Holdridge, L. R. (1987). Ecología basada en zonas de vida (No. 83). Agroamérica.
- MAE. (2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático en Ecuador (EMCC 2012-2025). *Journal of Visual Languages & Computing*, 11(3), 55. Retrieved from https://www.m-culture.go.th/mculture_th/download/king9/Glossary_about_HM_King_Bhumibol_Adulyadej's_Funeral.pdf
- Jesús, M. A. De, Hidalgo, C., & Gutiérrez, C. (2009). Mineralogía Y Retención De Fosfatos En Andisoles. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 275–286.
- MUNNE, A., C. SOLÍS A & N. PRAT. 1998a. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
- PNUMA, 2017. Estrategia sobre el agua dulce 2017-2021. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi (Kenya).
- Secretaría del Agua (2012). NORMA CO 10.7-602- Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Retrieved from: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf
- Smith, J. K., Cartaya, V., Llambí, L. D., & Toro, J. (2014). Análisis participativo del uso de la tierra y la calidad de vida en dos páramos de Venezuela: importancia para el diseño de estrategias de conservación, 1–21.