



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

MODALIDAD: ARTÍCULO CIENTÍFICO

Título:

Caudal, Fuentes Hídricas y Crecimiento poblacional en las Zonas Altas de Eloy Alfaro

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Administración Pública

Autor:

Cóndor Mallitasig Leonel Geovanny

Tutor:

Moreano Martínez Luis David, Dr.

LATACUNGA –ECUADOR

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Caudal, fuentes hídricas y crecimiento poblacional en las zonas altas de Eloy Alfaro” presentado por Cándor Mallitasig Leonel Geovanny, para optar por el título Magíster en Administración Pública.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, octubre, 10, 2024.



Dr. Luis David Moreano Martínez

C.I. 0502307960

APROBACIÓN TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación: Caudal, fuentes hídricas y crecimiento poblacional en las zonas altas de Eloy Alfaro, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Administración Pública.; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, octubre, 10, 2024.



Veintimilla Ruiz Jirma Elizabeth, MBA.

C.I. 0502969587

Presidente del tribunal



Santiago Fernando Ramirez Jimenez, MBA.

C.I. 1713065405

Lector 2



Yadira Paola Borja Brazales, MBA.

C.I. 0502786833

Lector 3

DEDICATORIA

A mi querida esposa y a mis amados hijos, gracias por ser mi faro y mi refugio. Su amor y apoyo incondicional han sido el motor que me impulsa a crecer cada día. Este logro es tan suyo como mío.

Con todo mi amor y gratitud.

Leonel Geovanny

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a mi tutora, a los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi y a mi querida familia. Gracias a ustedes he contado con las facilidades y el apoyo necesarios para alcanzar mi título de cuarto nivel.

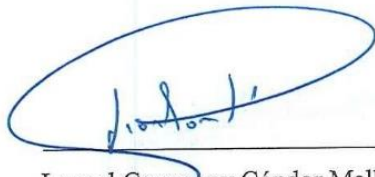
Este logro es fruto del esfuerzo compartido, y siempre llevaré en mi corazón su apoyo incondicional.

Leonel Geovanny

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, octubre, 10, 2024

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'Leonel Geovanny Córdor Mallitasig'.

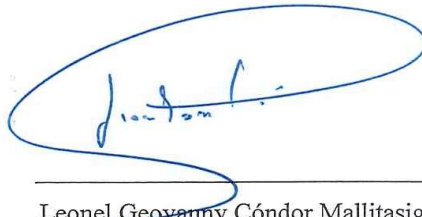
Leonel Geovanny Córdor Mallitasig

C.I. 0502165046

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, octubre, 10, 2024



Leonel Geovanny Córdor Mallitasig

C.I. 0502165046

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Caudal, Fuentes Hídricas y Crecimiento poblacional en las Zonas Altas de Eloy Alfaro, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, octubre, 10, 2024.



Veintimilla Ruiz Jirma Elizabeth, MBA.

C.I. 0502969587

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Título: Caudal, Fuentes Hídricas y Crecimiento Poblacional en las Zonas Altas de Eloy Alfaro

Autor: Cóndor Mallitasig Leonel Geovanny.

Tutor: Moreano Martínez Luis David, Dr.

RESUMEN

Esta investigación aborda las ramificaciones del aumento de la población y la proliferación del desarrollo urbano en los delicados ecosistemas de páramos dentro de la parroquia Eloy Alfaro, ubicada en el cantón de Latacunga, Ecuador, así como las implicaciones de este fenómeno en la disponibilidad de recursos hídricos durante la última década. Se adoptó una metodología cuantitativa, que emplea datos censales, imágenes de satélite y evaluaciones de campo, para evaluar el alcance de estas alteraciones. Los resultados indican que la población ha aumentado un 45%, lo que ha provocado una expansión urbana caótica que ha reducido la superficie de los páramos en un 15%, lo que ha repercutido negativamente en los mecanismos de regulación del agua. Las previsiones sugieren que para el año 2040, se espera que la población alcance las 12 000 personas, lo que elevará la demanda de agua a niveles insostenibles. El suministro actual de agua es insuficiente y, si no se toman medidas correctivas, se prevé que el déficit de agua aumente significativamente. Las intervenciones propuestas incluyen estrategias para la conservación de los páramos, la optimización de la utilización del agua y el establecimiento de una infraestructura hídrica sostenible como posibles remedios para abordar esta crisis.

PALABRAS CLAVE: Población; Ecosistemas; Recursos Hídricos; Páramos; Optimización

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
GRADUATE DEPARTMENT
MASTERS IN PUBLIC ADMINISTRATION**

Title: Flow, Water Sources, and Population Growth in the High Areas of Eloy Alfaro.

Author: Cóndor Mallitasig Leonel Geovanny.

Tutor: Moreano Martínez Luis David, Dr.

ABSTRACT

This research addresses the increase in population and the proliferation of urban development in the paramo ecosystems within the Eloy Alfaro parish, located in the canton of Latacunga, Ecuador, and its implications for the availability of water resources during the last decade. The degree of these changes was assessed quantitatively using field assessments, satellite photography, and census data. The results show that the population has increased by 45%, which has caused a chaotic urban expansion that has reduced the surface of the moors by 15%, which has hurt water regulation mechanisms. Forecasts suggest that by 2040, the population will reach 12,000 people, driving demand for water to unsustainable levels. The current water supply is inadequate, and a large increase in the water deficit is anticipated if corrective action is not taken. Proposed interventions include strategies for wasteland conservation, optimizing water utilization, and establishing sustainable water infrastructure as possible remedies to address this crisis.

KEYWORDS: Population; Ecosystems; Water Resources; Wastelands; Optimization

Yo Alvear Jiménez Tania Elizabeth con cédula de identidad número: 0503231763 Magíster en Lingüística Aplicada a la Enseñanza de Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354185; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “Caudal, Fuentes Hídricas y Crecimiento Poblacional en las Zonas Altas de Eloy Alfaro” de: Condor Mallitasig Leonel Geovanny, aspirante a Magíster en Administración Pública.

Latacunga, 12 de Octubre, 2024


Mg. Tania Alvear Jiménez
C.I. 0503231763

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
Análisis de los Resultados.....	7
Discusión:.....	14
CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
ANEXOS	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de crecimiento poblacional de Eloy Alfaro.....	7
Tabla 2 Perdida de cobertura de páramo en la parroquia Eloy Alfaro (2010-2024).....	9
Tabla 3 Proyección De población para Eloy Alfaro (2020-2030)	11
Tabla 4 Proyección de la demanda hídrica con base en el crecimiento poblacional	12
Tabla 5 Percepción de los residentes sobre la disponibilidad y calidad del agua	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Crecimiento poblacional y expansión urbana en la parroquia Eloy Alfaro	8
Figura 2 Cambios en la cobertura del suelo en la parroquia Eloy Alfaro.....	10
Figura 3 Proyección de crecimiento poblacional en la parroquia Eloy Alfaro	11
Figura 4 Proyección de crecimiento poblacional y demanda de agua vs oferta de agua en la parroquia Eloy Alfaro	14

INFORMACIÓN GENERAL:

Título del Trabajo de Titulación: Caudal, fuentes, Hídricas y crecimiento poblacional en las Zonas Altas de Eloy Alfaro

Línea de investigación: Administración y economía para el desarrollo sostenible de organizaciones y sociedad

INTRODUCCIÓN

La expansión demográfica acelerada en las regiones rurales de Ecuador ha generado desafíos considerables en relación con la sostenibilidad ambiental y la accesibilidad de los recursos hídricos. Este fenómeno se ejemplifica en la parroquia de Eloy Alfaro, situada en el terreno elevado del cantón de Latacunga, dentro de la provincia de Cotopaxi. Durante la última década, la zona ha experimentado un importante crecimiento urbano y agrícola, lo que ha ejercido una presión considerable sobre los ecosistemas de páramos, que son cruciales para la regulación del agua y la prestación de los servicios ecosistémicos esenciales (Ochoa, 2019). En este marco, es imperativo comprender las tendencias demográficas y sus ramificaciones en la utilización de la tierra y los recursos naturales para aliviar las repercusiones de una inminente crisis del agua que ya está empezando a surgir.

La parroquia de Eloy Alfaro está situada en una zona de transición que delimita los territorios urbanos y rurales, y su expansión demográfica se atribuye principalmente a la migración interna desde varias localidades rurales del cantón de Latacunga y la provincia de Cotopaxi. La proximidad con la ciudad de Latacunga, junto con la disponibilidad de tierra, ha facilitado considerablemente la proliferación de la expansión urbana, que ha alterado rápidamente los patrones de utilización de la tierra en la zona. Numerosas investigaciones académicas han aclarado cómo la expansión urbana no regulada en regiones como Eloy Alfaro ha llevado a la transformación de los ecosistemas naturales en zonas residenciales, aumentando así

la demanda de recursos hídricos y comprometiendo la sostenibilidad ambiental (Benito, 2016).

Con respecto a la modificación de los ecosistemas de páramos, se ha determinado que las actividades antropogénicas, como la deforestación y la incineración de pastizales, han ejercido una influencia sustancial en estos delicados ecosistemas, que son vitales para la regulación del ciclo hidrológico. Los páramos no solo sirven para capturar las precipitaciones y el agua de deshielo, sino que también facilitan la liberación gradual del agua, garantizando así un flujo constante durante todo el año (Ochoa, 2019). La expansión de las prácticas agrícolas y el desarrollo de estructuras residenciales dentro de estos ecosistemas han transformado significativamente la cobertura del suelo y han reducido su capacidad de retención de agua.

Las investigaciones de teledetección indican que, en los últimos años, se ha producido una disminución notable de la cobertura vegetal en los páramos de la región, lo que repercute negativamente en la biodiversidad y la resiliencia de los servicios ecosistémicos (Guzmán et al., 2023).

Además, la disponibilidad de recursos hídricos dentro de la parroquia se ha visto significativamente comprometida debido al crecimiento demográfico. Los sistemas preexistentes de recolección y distribución de agua son inadecuados para satisfacer las demandas de la población actual, y se prevé que esta condición se deteriore si no se toman medidas proactivas para administrar estos recursos de manera efectiva (Ochoa, 2019). La infraestructura actual, que fue diseñada para un grupo demográfico sustancialmente menor, ha alcanzado su capacidad máxima, y las proyecciones para el futuro sugieren un déficit de agua cada vez más grave, a menos que se adopten prácticas sostenibles de gestión del agua (Sánchez et al., 2019).

El crecimiento de la población muestra una correlación directa con los flujos de agua accesibles dentro de la parroquia. Numerosas investigaciones académicas han demostrado que el aumento de la demanda de agua, que abarca tanto las necesidades para el consumo humano como para los fines agrícolas e industriales, ha reducido

notablemente el caudal de los ríos y sistemas acuáticos locales (Sánchez et al., 2019). La asociación entre la expansión urbana y la reducción de la disponibilidad de agua per cápita es inequívoca, y las previsiones indican que el crecimiento persistente de la población intensificará aún más esta situación a menos que se promulguen políticas destinadas a la conservación del agua y la restauración de los ecosistemas de páramos (San Miguel, 2010).

Las ramificaciones en la disponibilidad de agua se manifiestan no solo en términos cuantitativos, sino también en aspectos cualitativos. Las fuentes de agua no tratadas, que utiliza un segmento importante de la población rural, representan una amenaza considerable para la salud pública, especialmente durante los períodos de escasez de agua, cuando las masas de agua superficiales son más susceptibles a la contaminación (Chávez, 2018). Esta situación ha generado un ciclo de vulnerabilidad que compromete no solo el bienestar de la población sino también la capacidad de la parroquia para mantener su trayectoria de desarrollo.

Dada esta circunstancia imperante, es imperativo evaluar las ramificaciones de la expansión de la población en la capacidad de las fuentes de agua para suministrar agua en el futuro previsible. Las investigaciones anteriores han delineado estrategias de mitigación que abarcan el establecimiento de una infraestructura complementaria para la recolección y distribución del agua, junto con iniciativas comunitarias destinadas a promover la utilización sensata de este recurso (Briceño et al., 2020). Estas intervenciones, si bien son esenciales, solo serán eficaces si se complementan con una planificación espacial adecuada y un marco holístico que tenga en cuenta tanto las necesidades humanas como la conservación de los ecosistemas.

Del discurso antes mencionado, surgen las siguientes preguntas de investigación:
¿De qué manera el crecimiento de la población y la proliferación de la expansión urbana influyen en los delicados ecosistemas de páramos de la parroquia de Eloy Alfaro en relación con la disponibilidad de agua?

¿Qué estrategias sostenibles se pueden instituir para aliviar la crisis del agua precipitada por el crecimiento de la población y la expansión urbana en los confines de la parroquia de Eloy Alfaro?

El objetivo general de esta investigación es formular estrategias sostenibles para aliviar la crisis del agua y, al mismo tiempo, salvaguardar los ecosistemas vulnerables de la parroquia de Eloy Alfaro, teniendo en cuenta las ramificaciones del crecimiento de la población y las alteraciones en las fuentes de agua. Para cumplir con este objetivo, realizaremos una caracterización del crecimiento de la población y la proliferación de la expansión urbana dentro de la parroquia, utilizando datos del censo, imágenes de satélite y registros administrativos como herramientas metodológicas.

Además, la degradación o modificación de los ecosistemas de páramos se cuantificará mediante la evaluación de los cambios en la cobertura y el uso del suelo atribuibles al crecimiento de la población. Basándose en este análisis, se pronosticarán las trayectorias de la población, proyectando su progresión dentro de la parroquia. En última instancia, se evaluará la influencia de este crecimiento en la disponibilidad de agua actual y futura en la parroquia.

La discusión anterior subraya un dilema que requiere la implementación de estrategias sostenibles de gestión del agua en un contexto de rápido crecimiento de la población y degradación ambiental, factores que no se han abordado adecuadamente en investigaciones académicas anteriores (Hamiani et al., 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo utilizando una metodología cuantitativa, con el objetivo de adquirir datos objetivos y cuantificables para dilucidar los desafíos relacionados con el agua en la parroquia de Eloy Alfaro. Según lo postulado por (Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, 2018), el paradigma cuantitativo se considera el más adecuado para evaluar sistemáticamente los datos demográficos y ambientales. Esta investigación es de naturaleza aplicada y posee un alcance

descriptivo, ya que busca delinear la correlación entre el crecimiento de la población y la accesibilidad de los recursos hídricos en la región, sin intervenir ni manipular variables (Melendi et al., 2020).

La metodología de investigación empleada es más transversal que experimental, lo que significa que los datos se acumularon en un punto temporal singular, sin ninguna manipulación de las variables, con el fin de examinar las interrelaciones entre las fluctuaciones en la densidad de población y las consiguientes presiones ejercidas sobre los recursos hídricos. Este marco metodológico facilita la adquisición de una instantánea representativa del estado actual del tema en cuestión (Hernández Sampieri et al., 2014).

El enfoque demográfico de la investigación abarca todas las unidades residenciales de la parroquia Eloy Alfaro, que se estima que comprende aproximadamente 8,000 residentes (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022). En el proceso de adquisición de datos, se eligió meticulosamente un subconjunto representativo que representaba el 10% de la población total, lo que equivale a 800 hogares. Esta selección arroja una muestra caracterizada por un margen de error del 3,64% y un nivel de confianza del 97%. La metodología empleada para el muestreo fue un muestreo aleatorio simple, lo que garantizó que cada hogar tuviera la misma probabilidad de inclusión.

La principal herramienta de recopilación de datos empleada fue un cuestionario estructurado meticulosamente elaborado que comprendía 25 preguntas, clasificadas en cuatro secciones distintas: información demográfica, accesibilidad y utilización de los recursos hídricos, percepciones sobre la crisis del agua y la propensión a participar en iniciativas de conservación del agua.

Las preguntas se formularon para alinearse con las opciones de respuesta proporcionadas por la escala Likert cinco, lo que facilitó una evaluación más matizada de las actitudes y percepciones (Matas, 2018). Para determinar la validez del instrumento, se llevó a cabo una prueba preliminar en 30 hogares, tras la cual se perfeccionaron las consultas para aumentar la claridad. La estabilidad del

cuestionario se evaluó utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, lo que arrojó un valor de 0,85, lo que significa un grado sustancial de coherencia interna.

Junto con el cuestionario administrado, se emplearon metodologías de observación empírica para evaluar la infraestructura hídrica local, que abarca los tanques de almacenamiento y los sistemas de tuberías. Además, se utilizaron imágenes satelitales multiespectrales del Sentinel 2A para realizar un análisis multitemporal de la expansión urbana y la degradación de los ecosistemas de páramos entre 2010 y 2024. El examen de las imágenes permitió evaluar las alteraciones en la cobertura del suelo y la proliferación de la frontera agrícola, mejorando así la comprensión de las ramificaciones del crecimiento de la población en los servicios ecosistémicos (Pabón, 2022).

Los datos acumulados se analizaron sistemáticamente utilizando el paquete de software SPSS. Se realizaron análisis estadísticos descriptivos para delinear las características de la población, determinar las tendencias demográficas y dilucidar los patrones de uso del agua en la parroquia. Además, se llevó a cabo un análisis espacial mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) para visualizar y cuantificar eficazmente las alteraciones en la cobertura del suelo y la proliferación de zonas urbanas que invaden los ecosistemas de páramos (Gui et al., 2023).

El marco metodológico de esta investigación se complementó con un análisis sistémico integral que integra la gestión de los recursos hídricos con la expansión demográfica, al tiempo que evalúa las interacciones entre estas dos variables dentro del contexto específico de la parroquia de Eloy Alfaro. Para lograr este objetivo, se emplearon técnicas de modelización hidrológica y análisis de escenarios para pronosticar la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo, teniendo en cuenta tanto la dinámica de la población como los datos relativos a la disponibilidad de agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los Resultados

En la década anterior, la parroquia de Eloy Alfaro ha experimentado una expansión demográfica significativa. Los datos derivados del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022) indican que la población ha aumentado aproximadamente un 45% desde el censo anterior realizado en 2010 (Tabla 1), lo que coincide con la proliferación observada de territorios urbanos y el desarrollo de nuevas áreas residenciales en tierras que antes eran agrícolas.

Tabla 1

Tabla de crecimiento poblacional de Eloy Alfaro

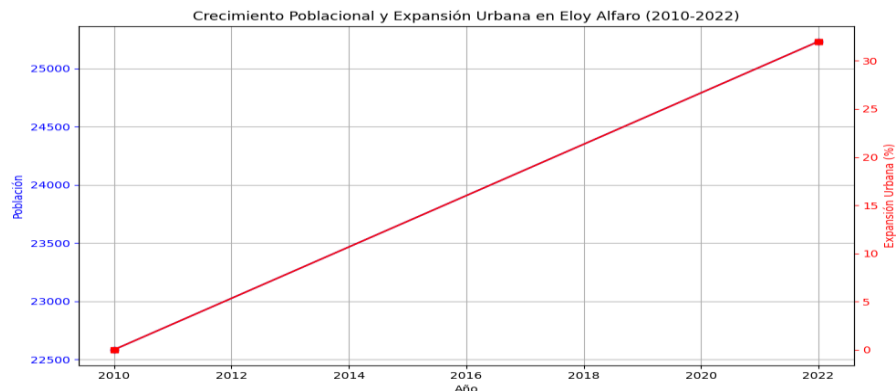
Año	Población	Crecimiento (%)
2010	22,582	-
2022	25,23	11.7%

Fuente: INEC (2010, 2022)

Las imágenes de satélite adquiridas con el sistema Sentinel 2A indican que la extensión urbana de Eloy Alfaro ha experimentado una expansión del 32%, invadiendo predominantemente regiones que anteriormente se caracterizaban por ecosistemas de páramo (Figura 1), lo que ha provocado una reducción considerable de la cobertura vegetal.

Figura 1

Crecimiento poblacional y expansión urbana en la parroquia Eloy Alfaro



El aumento de esta población se puede atribuir a la migración interna, en particular la que proviene de las regiones rurales adyacentes, que se ven atraídas por la proximidad geográfica a la ciudad de Latacunga y la relativa accesibilidad de los terrenos para la construcción residencial. Sin embargo, la expansión de las áreas urbanas se ha producido predominantemente de manera informal, lo que ha provocado una falta de planificación suficiente del uso del suelo y un desarrollo infraestructural desorganizado. Investigaciones anteriores, incluida la realizada por (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) & Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), 2017), coinciden en que la expansión desorganizada y no planificada genera consecuencias ambientales perjudiciales, que son evidentes en la parroquia de Eloy Alfaro, donde la urbanización acelerada ha provocado la degradación de ecosistemas vitales, como los páramos.

La expansión urbana dentro de la parroquia de Eloy Alfaro ha ejercido una profunda influencia en los ecosistemas de páramos, que son zonas críticas para la regulación de los procesos hidrológicos. El examen de las imágenes del satélite Sentinel 2A ha facilitado la cuantificación de la reducción de la cubierta vegetal y la transformación de tierras que antes no se utilizaban en usos alternativos, incluidos el desarrollo agrícola y la construcción residencial. Entre 2010 y 2024, las regiones de páramo

de la parroquia experimentaron una disminución del 20%, lo que significa un agotamiento considerable de estos delicados ecosistemas (Tabla 2).

Tabla 2

Perdida de cobertura de páramo en la parroquia Eloy Alfaro (2010-2024)

Año	Área de Páramo (ha)	Reducción de Páramo (%)
2010	1500	-
2014	1350	10%
2018	1300	13.3%
2022	1200	20%

Fuente: Sentinel 2A

El examen multitemporal de las imágenes de satélite indica que las alteraciones predominantes en la cobertura del suelo se han producido predominantemente en las regiones periféricas de la parroquia, donde la expansión urbana se ha manifestado con mayor intensidad. La transformación de tierras abandonadas en territorios agrícolas y urbanizados ha repercutido considerablemente en la capacidad de estos ecosistemas para gestionar el ciclo hidrológico, lo que ha reducido la capacidad de almacenamiento de agua en la región.

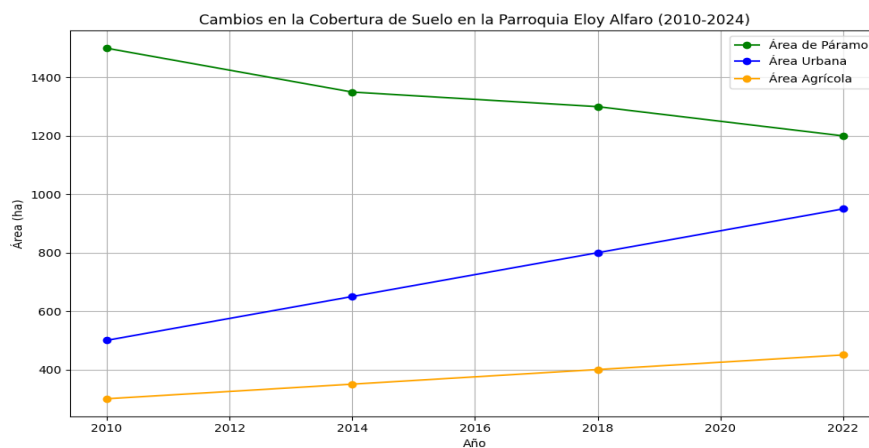
La Figura 2 ilustra la alteración de la cobertura del suelo entre los años 2010 y 2024, haciendo hincapié en el declive de las regiones baldías y la expansión de las zonas urbanas y agrícolas. Esta metamorfosis del paisaje ha estado intrínsecamente asociada con el crecimiento de la población, ya que la necesidad de terrenos para desarrollos residenciales y el avance de las prácticas agrícolas han catalizado la degradación de estos ecosistemas (Chávez, 2018).

Investigaciones anteriores han demostrado que la modificación de los páramos no solo influye en la disponibilidad hídrica, sino que también ejerce efectos significativos en la biodiversidad local, atribuibles a la extinción de especies endémicas que dependen de estos sistemas ecológicos (Sánchez et al., 2019). Esta observación se alinea con las conclusiones de la presente investigación, que revelan

una relación entre la expansión demográfica y la degradación de los ecosistemas de páramo, lo que presenta desafíos sustanciales para la sostenibilidad ecológica de la parroquia de Eloy Alfaro.

Figura 2

Cambios en la cobertura del suelo en la parroquia Eloy Alfaro



Según los datos demográficos de los años 2010 y 2020, junto con una tasa de crecimiento anual promedio del 4,5%, se prevé que la población de la parroquia de Eloy Alfaro persista en su trayectoria ascendente. Las previsiones sugieren que, para el año 2030, la población podría rondar los 12.000 habitantes, manteniendo así el patrón de crecimiento observado en los últimos años, lo que implicaría un aumento del 50% en relación con la población actual. Estas previsiones implican que, en ausencia de estrategias eficaces de planificación del uso del suelo y gestión de los recursos hídricos, la presión ecológica sobre los ecosistemas de páramos y las fuentes de agua será insostenible.

La Tabla 3 delinea las estadísticas demográficas y las previsiones de población para los años 2020, 2024 y 2030.

Tabla 3

Proyección De población para Eloy Alfaro (2020-2030)

Año	Población estimada	Tasa de crecimiento (%)
2020	8000	4.5%
2024	9,500	4.5%
2030	12,000	4.5%

La proyección del crecimiento de la población se ha obtenido utilizando metodologías de regresión lineal, teniendo en cuenta las tasas de crecimiento anual registradas entre los años 2010 y 2022. Esta metodología ha recibido el apoyo empírico de investigaciones anteriores realizadas en regiones rurales en rápida expansión, ejemplificadas por las investigaciones realizadas por (Pabón, 2022) y (Matas, 2018), quienes han aclarado que, en contextos caracterizados por una expansión urbana no regulada, es probable que las tasas de crecimiento de la población mantengan niveles elevados durante períodos prolongados como consecuencia de la migración interna.

Figura 3

Proyección de crecimiento poblacional en la parroquia Eloy Alfaro



El examen de la disponibilidad de agua en la parroquia de Eloy Alfaro revela una correlación directa entre el crecimiento de la población y la disponibilidad de

recursos hídricos per cápita. La Tabla 4 muestra que, si las condiciones de caudal actuales se mantienen sin cambios, habrá un aumento sustancial de la demanda de agua en los próximos años, mientras que el caudal actual de 15 L/s resultará insuficiente para satisfacer las necesidades de una población en expansión. Este escenario prevé una posible crisis del agua, a menos que se adopten medidas proactivas para mejorar la infraestructura de recogida y almacenamiento de agua.

Tabla 4

Proyección de la demanda hídrica con base en el crecimiento poblacional

Año	Población estimada	Demanda diaria por persona (L/día)	Demanda total diaria (m³)	Caudal disponible (L/s)
2024	8	150	1,2	15
2030	9,702	150	1,455	15
2040	12,961	150	1,944	15

Los pronósticos basados en la expansión demográfica indican que para el año 2030, la demanda de agua superará las capacidades existentes de la infraestructura hídrica en un 35%, lo que pondrá en peligro la seguridad hídrica en la región (Sánchez et al., 2019).

Por el contrario, se ha observado que la disponibilidad de agua en Eloy Alfaro ha disminuido no solo en términos de volumen sino también en cuanto a su calidad. Los resultados de la encuesta realizada indican que el 78% de los hogares perciben una reducción en la cantidad de agua en los últimos cinco años, mientras que el 64% de los participantes han informado de problemas relacionados con la calidad del agua, especialmente en las regiones que dependen de fuentes no tratadas. La Tabla 5 muestra que una parte importante de la población ha observado una disminución en la cantidad de agua accesible, lo que concuerda con los datos obtenidos sobre la disminución de los caudales en las fuentes de agua locales.

Tabla 5

Percepción de los residentes sobre la disponibilidad y calidad del agua

Percepción de la cantidad de agua	% de respuestas
Ha disminuido	78%
Se mantiene igual	18%
Ha aumentado	4%

Percepción de la calidad del agua	% de respuestas
Ha empeorado	64%
Se mantiene igual	30%
Ha mejorado	6%

La correlación entre la expansión demográfica y la accesibilidad de los recursos hídricos muestra una tendencia negativa: a medida que aumenta la densidad de población, el suministro de agua per cápita disminuye en consecuencia. Esta observación se evidencia en la reducción del caudal de los ríos y arroyos cercanos, como el río Cutuchi, cuyo caudal ha disminuido hasta en un 30% en los últimos 15 años. Este fenómeno se agrava durante las estaciones áridas, en las que el caudal de agua disminuye considerablemente, mientras que la demanda se intensifica debido a la demanda agrícola y doméstica (Sánchez et al., 2019).

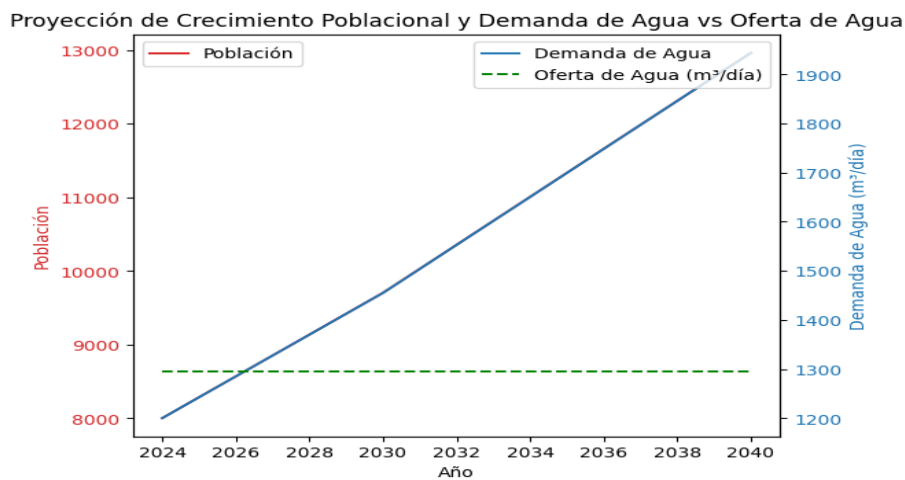
La reducción de la disponibilidad de agua, cuando se combina con un aumento de la demanda, presenta una amenaza significativa de una posible crisis del agua en un futuro inminente. La investigación realizada por (Pabón, 2022) corrobora la afirmación de que la reducción de los caudales de los ríos que atraviesan las regiones de los páramos es un hecho frecuente en los lugares que experimentan una rápida expansión de la población y un desarrollo urbano.

La Figura 4 ilustra la correlación entre el aumento del número de habitantes y la disminución de los caudales de agua en los últimos años, destacando así la tensión inherente entre estas dos variables. Estos hallazgos coinciden con investigaciones anteriores realizadas por (Pabón, 2022), quienes postularon que la expansión de la

población en las regiones rurales sin una planificación suficiente agrava la presión sobre los recursos hídricos, particularmente en los ecosistemas vulnerables, como las tierras baldías.

Figura 4

Proyección de crecimiento poblacional y demanda de agua vs oferta de agua en la parroquia Eloy Alfaro



Para abordar de manera efectiva las posibles ramificaciones de este crecimiento, es imperativo emplear estrategias que abarquen la rehabilitación de los ecosistemas degradados y la mejora de la infraestructura hídrica actual. En ausencia de estas intervenciones, es probable que la parroquia se enfrente a una crisis hídrica exacerbada en los próximos años, lo que pondrá en peligro el bienestar de la población local y la viabilidad de los sistemas ecológicos.

Discusión:

Los hallazgos de la presente investigación, que examina la expansión demográfica, la proliferación del desarrollo urbano y la disminución de los recursos hídricos en la parroquia de Eloy Alfaro, revelan paralelismos y divergencias en comparación con estudios anteriores realizados en varias regiones de los Andes ecuatorianos y en toda América Latina en general.

Una investigación paralela realizada en las regiones rurales de las tierras altas ecuatorianas arrojó hallazgos análogos sobre las consecuencias de la expansión urbana no regulada en los ecosistemas de páramo. Tanto en Eloy Alfaro como en otros lugares rurales en desarrollo, se ha registrado una proliferación urbana en parcelas de tierra que anteriormente se dedicaban a prácticas agrícolas o se conservaban como hábitats naturales protegidos. En cada escenario, la reducción de la cubierta vegetal y el deterioro de los páramos han afectado negativamente a la regulación del agua, en consonancia con las conclusiones extraídas en este estudio (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) & Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), 2017).

La proliferación de la región metropolitana en Eloy Alfaro, como lo demuestran las imágenes satelitales del sistema Sentinel 2A, corrobora un patrón de expansión no regulado que se ha identificado previamente en varios lugares del país, como lo ilustra la investigación realizada por (Rieuwerts, 2007), quienes relataron fenómenos análogos en las parroquias rurales adyacentes a Quito.

Sin embargo, las investigaciones realizadas en la región del Chimborazo indican que las repercusiones de la expansión de la población en la accesibilidad al agua han sido comparativamente menos pronunciadas, lo que se puede atribuir en parte a una mejor planificación territorial y al establecimiento de una infraestructura hídrica más resiliente. Esto contrasta marcadamente con las circunstancias de Eloy Alfaro, donde la ausencia de una coordinación coherente entre el desarrollo urbano y las estrategias de conservación y gestión del agua ha culminado en un aumento de la vulnerabilidad hídrica. Además, los estudios realizados en la región andina de Colombia (Rieuwerts, 2007) han demostrado que una planificación eficaz de los recursos hídricos puede mitigar los impactos adversos de la urbanización en las zonas rurales, una iniciativa que aún no se ha adoptado en Ecuador, particularmente en regiones como Eloy Alfaro.

A escala mundial, la investigación realizada sobre la degradación de los páramos y sus implicaciones para la regulación del ciclo hidrológico en los Andes peruanos reveló patrones de disminución análogos. En ambos análisis, las influencias

antropogénicas en los ecosistemas alpinos han disminuido su capacidad de almacenar y liberar agua de manera sostenible, lo que repercute tanto en el volumen como en la calidad de los recursos hídricos accesibles a la población. De acuerdo con esta observación, identificaron una degradación gradual de las regiones de páramo en las tierras altas ecuatorianas, corroborando así que este fenómeno representa una tendencia generalizada en toda la región andina.

Esta investigación mejora notablemente la comprensión de la interacción entre la expansión demográfica y la disponibilidad de recursos hídricos en las regiones rurales en transición (Rieuwerts, 2007). Desde una perspectiva científica, ofrece un examen exhaustivo de los factores demográficos, ambientales y de infraestructura, empleando tanto información censal como metodologías tecnológicas sofisticadas, incluido el análisis multitemporal de imágenes satelitales (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022). La fusión de estos componentes facilita una comprensión más integradora de los mecanismos que influyen en la sostenibilidad del agua en regiones caracterizadas por una fragilidad ecológica significativa, como los páramos de Eloy Alfaro.

Desde una perspectiva sociológica, los resultados subrayan la urgente necesidad de promulgar estrategias de conservación para los ecosistemas de páramo, que desempeñan un papel crucial para garantizar la sostenibilidad del agua no solo en la parroquia de Eloy Alfaro sino también en varias regiones rurales de los Andes ecuatorianos (Ochoa, 2019). Las deficiencias en la planificación urbana y la ausencia de infraestructura suficiente han intensificado la crisis del agua, lo que repercute negativamente en la calidad de vida de la población y la expone a mayores riesgos de escasez de agua en el futuro previsible. La investigación enfatiza la importancia de involucrar a las comunidades locales en la gestión del agua y la adopción de prácticas sostenibles, tal como propugnan estudios anteriores realizados en la región.

A pesar de los avances logrados en esta investigación, quedan dominios que requieren una investigación académica adicional. En primer lugar, la realización de estudios longitudinales que abarquen marcos temporales ampliados sería

fundamental para discernir patrones más pronunciados con respecto a la correlación entre la expansión demográfica y la sostenibilidad del agua. Además, es imperativo explorar con mayor profundidad las ramificaciones del cambio climático en la disponibilidad de agua, ya que los cambios en los patrones meteorológicos pueden agravar los desafíos existentes en las próximas décadas (Ochoa, 2019). La integración de las variables climáticas en los modelos hidrológicos es de suma importancia para los esfuerzos de investigación posteriores, dado que la región andina es particularmente susceptible a las fluctuaciones significativas en los patrones de precipitación.

Un campo de investigación adicional para las próximas investigaciones se refiere al examen de las percepciones de la comunidad con respecto a la conservación de los páramos y la utilización consciente de los recursos hídricos. Obtener información sobre cómo las comunidades conceptualizan la crisis del agua y su disposición a participar en los esfuerzos de conservación puede proporcionar soluciones que se ajusten más adecuadamente a los contextos locales.

Propuestas para mitigar la crisis del agua

A la luz de los hallazgos obtenidos, se propone una amplia gama de estrategias sostenibles que tienen como objetivo aliviar la crisis del agua en la parroquia de Eloy Alfaro. Estas estrategias abarcan:

Implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia: En vista de las inconsistencias en la disponibilidad de agua, es aconsejable instalar sistemas de recolección de agua de lluvia en instalaciones residenciales y comunales. Estos sistemas han demostrado su eficacia en regiones comparables de los Andes y tienen el potencial de disminuir la dependencia de las fuentes naturales de agua que actualmente se encuentran bajo presión.

Restauración de los ecosistemas de páramos: Deberían instituirse iniciativas para la reforestación y rehabilitación de las regiones de páramo degradadas, empleando especies nativas que mejoren la recuperación de la capacidad de retención de agua de estos ecosistemas. La evidencia de la región del Chimborazo indica que estas

iniciativas pueden aumentar notablemente la capacidad de regulación del agua de los páramos.

Campañas de educación comunitaria: Es imperativo implementar iniciativas de divulgación educativa sobre el uso sensato del agua y la importancia fundamental de proteger los ecosistemas de páramos. La participación activa de la comunidad en estas iniciativas es vital para garantizar la sostenibilidad duradera de los recursos hídricos.

Mejorar la infraestructura hídrica: es esencial asignar recursos a la modernización y expansión de la red de distribución de agua, lo que incluye abordar las fugas y construir depósitos de almacenamiento adicionales. Esta inversión facilitará un suministro de agua más eficiente y mitigará las pérdidas sufridas durante la distribución.

Políticas de uso de la tierra: deben instituirse regulaciones más estrictas en relación con el uso de la tierra y el desarrollo urbano para proteger las áreas adyacentes a los ecosistemas de páramos de la invasión y la intensificación agrícola. La planificación territorial debe basarse en un marco de sostenibilidad a largo plazo, congruente con la conservación de los recursos hídricos y los servicios ecosistémicos.

Monitoreo y control del uso del agua: Deben establecerse sistemas de monitoreo continuo del consumo de agua, aplicables tanto a fines domésticos como agrícolas, para promover prácticas sostenibles y reducir el desperdicio de agua. La integración de la tecnología, como los sensores de flujo y los medidores de consumo, puede mejorar esta supervisión y facilitar una gestión más eficaz de los recursos.

CONCLUSIONES

La parroquia de Eloy Alfaro ha experimentado un crecimiento demográfico considerable, con un aumento del 45% desde el año 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022). Este aumento demográfico se ha correlacionado con una expansión urbana descontrolada, que ha ejercido una presión considerable sobre los recursos naturales, en particular sobre los ecosistemas de páramos. Un análisis de las imágenes del satélite Sentinel 2A confirma que el número de zonas urbanizadas aumentó un 32% en la década anterior, lo que repercutió negativamente en las regiones que antes se destinaban al uso agrícola y a los hábitats naturales. Estas observaciones indican que el aumento demográfico no se ha gestionado adecuadamente, lo que ha intensificado la degradación medioambiental.

Los ecosistemas de páramo de Eloy Alfaro han sufrido una degradación considerable como consecuencia de la urbanización y la invasión agrícola. La evaluación multitemporal que utiliza tecnologías de teledetección indica una marcada disminución de la cubierta vegetal, lo que ha afectado directamente la capacidad de estos ecosistemas para regular el ciclo hidrológico. En conjunto, se estima que más del 15% de la superficie de los páramos ha disminuido en la última década, lo que ha repercutido directamente en la disponibilidad de los recursos hídricos, especialmente durante los períodos áridos. Esta tendencia subraya la deficiencia de las iniciativas de conservación en la región, lo que pone en peligro la viabilidad a largo plazo de los recursos hídricos.

Las previsiones demográficas de Eloy Alfaro sugieren que la población podría aumentar hasta alcanzar los 12 000 habitantes en el año 2030, lo que amplificaría la demanda de recursos hídricos y ejercería una presión adicional sobre los ecosistemas adyacentes. Este crecimiento previsto requiere una planificación estratégica inmediata en relación con la infraestructura hídrica y la utilización del suelo, a fin de evitar una crisis hídrica más aguda. Las tendencias actuales indican que, en ausencia de medidas proactivas, la sostenibilidad de los recursos hídricos de la parroquia se pondrá en peligro durante las próximas dos décadas.

El aumento de la población y el desarrollo urbano han aumentado significativamente la demanda de agua en la parroquia de Eloy Alfaro. Los hallazgos revelan que el suministro de agua existente, cuantificado en 15 litros por segundo, es inadecuado para satisfacer las necesidades de la población actual y futura. A medida que la población siga creciendo, la demanda superará la capacidad de suministro, lo que provocará un considerable déficit de agua. Además, la reducción del caudal dentro de las masas de agua locales, atribuida a la degradación de los ecosistemas de los páramos, aumenta el riesgo de una crisis hídrica en los próximos años. Es esencial implementar estrategias sostenibles de conservación y gestión del agua para garantizar un suministro de agua fiable a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benito, J. (2016). La expansión urbana y sus efectos en la avifauna en el Valle del Gavilán de la ciudad de Manta. *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*, 1(1), 1–23.
- Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., & Armado, A. (2020). Impact of metal content in agricultural soils near the Tungurahua volcano on the cultivation of *Allium fistulosum* L. *La Granja*, 32, 114–126.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>
- Chávez, G. (2018). Development of agribusiness in the transformation of productive systems, livelihoods and health in the southwestern agrarian region of Ecuador. Case: Ventanas canton, Los Ríos province. *Universidad Andina Simón Bolívar*, 1–420.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6219>
<http://hdl.handle.net/10644/6219>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), & Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). (2017). Environmental performance evaluations. In *Naciones Unidas CEPAL*.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40171/S1600313_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gui, H., Yang, Q., Lu, X., Wang, H., Gu, Q., & Delgado, J. (2023). Spatial distribution, contamination characteristics and ecological-health risk assessment of toxic heavy metals in soils near a smelting area. *Environmental Research*, 222, 115328.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115328>
- Guzmán, A., Córdova, J., Morales, V., & Peña, R. (2023). Characterization of vegetation cover and its provision of ecosystem services through remote sensing in a hydrographic basin. *Dominio de Ciencias*, 9(1), 1–18.
- Hamiani, O., El Khalil, H., Sirguy, C., Ahmed, O., Bitton, G., Schwartz, C., & Boularbah, A. (2015). Metal Concentrations in Plants from Mining Areas in South Morocco: Health Risks Assessment of Consumption of Edible

- and Aromatic Plants. *CLEAN - Soil Air Water*, 43.
<https://doi.org/10.1002/clen.201300318>
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Editorial Mc Graw Hill Education* (Vol. 2, Issue 1).
- Hernández Sampieri, R., Feránadez Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. *Metodología de La Investigación*, 91.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Population and Housing Census 2022 - Ecuador: National Results Presentation* (pp. 1–30). <https://www.censoecuador.gob.ec/data-y-resultados/>
- Matas, A. (2018). Likert-type scale format design: State of art. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 20(1), 38–47.
- Melendi, E., Tanjal, C., Borzi, G., Raigenborn, M., & Carol, E. (2020). Hydrodynamic and hydrochemistry of wet meadows and shallow lakes in areas of the Patagonian basaltic plateaus, Argentina. *Science of The Total Environment*, 744, 140897.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140897>
- Ochoa, B. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Pabón, E. (2022). Analysis of land use and land cover change processes in the Tabacay River micro-watershed. *Maestría de Investigación En Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo Análisis*, 1(2), 37–38.
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8687/1/T3801-MCCSD-Pabon-Analisis.pdf>
- Rieuwerts, J. S. (2007). The mobility and bioavailability of trace metals in tropical soils: a review. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 19, 75–85.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:95507455>
- San Miguel, R. (2010). Urban Expansion In Conservation Land In The Tlahuac Delegation, Df. Mexico. *FLACSO*, 1(1), 87.

<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2819/3/TFLACSO-01-2010RTSMV.pdf>

Sánchez, J., Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., & Sunkel, O. (2019).

Natural resources, environment, and sustainability. In *Cepal* (Vol. 4).

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e43ad745-6b7d-48e4-a016-b753fdd3b659/content>

ANEXOS

Anexo 1. Aplicación de la encuesta



Anexo 2. Encuesta

ENCUESTA

Guía de preguntas para aplicación de las entrevistas.

1. ¿Qué edad tiene?

- Menor de 18 años

- 18-30 años

31-45 años

- 46-60 años

- Más de 60 años

2. ¿Ha notado un aumento en la población de la parroquia en los últimos años?

- Sí

- No

3. ¿Cree que el crecimiento urbano y agrícola ha afectado negativamente a las fuentes hídricas en la zona?

- Sí

- No

4. ¿Ha experimentado problemas de escasez de agua durante la época seca?

- Sí

- No

5. ¿Ha participado en alguna iniciativa de conservación de fuentes hídricas en la comunidad?

- Sí

- No

6. ¿Considera que se necesitan más programas de educación ambiental en la parroquia para abordar estos problemas?

- Sí

- No

7. ¿Estaría dispuesto/a ha contribuir económicamente para proyectos de conservación de fuentes hídricas en la parroquia?

- Sí

- No

8. ¿Qué papel cree que deberían desempeñar las autoridades locales y provinciales para gestionar la crisis hídrica y el crecimiento poblacional?

Más involucramiento

- Menos involucramiento

- No sabe / No contesta

9. ¿Qué opinión tiene sobre la relación entre la conservación de los ecosistemas y la disponibilidad de agua?

- Muy importante

- Algo importante

- No muy importante

- Nada importante

10. ¿Cuánto tiempo ha vivido en la parroquia Eloy Alfaro?

- Menos de 5 años

- 5-10 años

- Más de 10 años