

IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA ENTENDER LA CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS EN LAS MICROCUENCAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION TO UNDERSTAND WATER POLLUTION BY HEAVY METALS IN THE MICRO-BASINS OF COTOPAXI PROVINCE

Marco Antonio Riofrío Guevara², Rodrigo Paul Cabrera Verdezoto², Juan Carlos Tapia Molina³, Rachele Piovaneli Tiziano⁴, Paola Stefania Pardo Reyes⁵

{marco.riofrio2916@utc.edu.ec¹, rodrigo.cabrera@unesum.edu.ec², juan.tapia0154@utc.edu.ec³, rachelepiovanelli@cotopaxi.gob.ec⁴, paola.pardo@unesum.edu.ec⁵}

Fecha de recepción: 06/12/2024

/ Fecha de aceptación: 03/01/2025

/ Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: Las microcuencas de la provincia de Cotopaxi han sido objeto de diversas investigaciones que han revelado graves problemas de contaminación de diversos parámetros, en este artículo hemos puesto especial atención a trabajos científicos de contaminación por la presencia de metales pesados; los mismos que suponen un riesgo significativo por el consumo de aguas contaminadas a largo plazo tanto a nivel local como nacional. Cotopaxi por su geología volcánica presenta en sus fuentes hídricas contaminación por metales y, de esta manera surge la necesidad realizar un estudio detallado de los posibles contaminantes de esta zona y aplicar fundamentos de educación ambiental para sugerir propuestas de mejora para las comunidades que hacen uso y consumo del líquido vital. En colaboración con el gobierno descentralizado de la provincia de Cotopaxi, revisión de las normativas legales vigentes referentes al cuidado hídrico del país y la participación técnica de docentes, se logró mediante un trabajo investigativo de carácter documental y visitas de campo, establecer una línea base de datos, e identificar los principales focos de contaminación. A partir de esta información, se planteó objetivos para una propuesta ambiental que profundice en la problemática en estudios posteriores. Como resultado de este trabajo se reflexiona que el éxito para la contaminación no solo depende de los análisis técnicos, sino también de la concientización y participación activa de las comunidades locales, y se propone que, a través de mesas de dialogo o difusión de conocimiento ambiental, es posible fomentar una mayor comprensión sobre los impactos de la contaminación y promover prácticas sostenibles. Integrar estos procesos educativos

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, <https://orcid.org/0009-0002-8916-9656>.

²Universidad Estatal del Sur de Manabí, <https://orcid.org/0000-0002-9560-5795>.

³Universidad Técnica de Cotopaxi, <https://orcid.org/0009-0008-3777-7901>.

⁴Prefectura de Cotopaxi, <https://orcid.org/0009-0002-1213-1940>.

⁵Universidad Estatal del Sur de Manabí, <https://orcid.org/0000-0002-4384-0662>.

permitirá que los habitantes de la región apliquen medidas de protección y restauración de sus recursos hídricos. Además, la educación ambiental puede empoderar a las personas para exigir políticas más estrictas y una gestión ambiental responsable por parte de las autoridades.

Palabras clave: Metales pesados, Cotopaxi, contaminación, salud, educación ambiental

ABSTRACT: The micro-basins of the province of Cotopaxi have been the subject of various investigations that have revealed serious problems of contamination of various parameters. In this article we have paid special attention to scientific works on contamination by the presence of heavy metals; the same ones that suppose a significant risk due to the consumption of contaminated waters in the long term both locally and nationally. Cotopaxi, due to its volcanic geology, presents contamination by metals in its water sources and, in this way, the need arises to carry out a detailed study of the possible contaminants of this area and to apply fundamentals of environmental education to suggest proposals for improvement for the communities that make use and consume this vital liquid. In collaboration with the decentralized government of the province of Cotopaxi, a review of the current legal regulations regarding the water care of the country and the technical participation of teachers, it was achieved through investigative work of a documentary nature and field visits, to establish a baseline of data that allowed to identify the main sources of contamination. From this information, objectives were set for an environmental proposal that would delve deeper into the problem in subsequent studies. As a result of this work, it is reflected that success in combating pollution does not only depend on technical analyses, but also on the awareness and active participation of local communities. It is proposed that, through roundtable discussions or the dissemination of environmental knowledge, it is possible to foster a greater understanding of the impacts of pollution and promote sustainable practices. Integrating these educational processes will allow the inhabitants of the region to apply measures to protect and restore their water resources. In addition, environmental education can empower people to demand stricter policies and responsible environmental management by the authorities.

Keywords: Heavy Metals, Cotopaxi, Pollution, Health, Environmental Education

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Cotopaxi una de las principales fuentes del deterioro de la calidad de las microcuencas se da por las diferentes actividades industriales como: metalúrgicas, automotrices, papeleras; actividades agrícolas: descargas de plaguicidas, herbicidas y asentamientos poblacionales: aguas servidas y desechos, etc. En diferentes estudios técnicos realizados por el varias instituciones que regulan y velan por el bienestar del recurso hídrico muestran que los ríos de la provincia de Cotopaxi por sus características físico químicas están altamente contaminados, además se corrobora la presencia en diferentes de contaminantes de carácter

metálico y entre los más perjudiciales que sobrepasan la norma técnica ambiental vigente son: cromo (1), (2), (3), (4), plomo (2), (3), (5), arsénico, cadmio y boro (6), (7),(8),(9),(10). Al realizar

un análisis detallado de trabajos referentes sobre análisis fisicoquímicos de agua en las microcuencas de la provincia de Cotopaxi, se puede referenciar que el principal río de estudio es el cutuchi, posteriormente a él se hace un análisis del canal LSA y existe varios análisis segregados de otros tributarios al cutuchi. Además, no se debe pasar por alto que la mayoría del área que transitan los ríos presentan estructuras geológicas de carácter volcánico lo que le puede aportar metales a los ríos de la zona.

Debido al poco interés de diferentes autoridades de control de la provincia y de los diferentes cantones por el cuidado de los recursos hídricos, en la actualidad el manejo de las cuencas y el control de los contaminantes se tornen insostenibles. En los cantones de la provincia de Cotopaxi no existe un plan de gestión específico para los ríos que atraviesan sus territorios, a pesar de que la Constitución de 2008 de la república del Ecuador, reconoce el derecho humano al agua como fundamental e irrenunciable.

Según esta ley, el agua es un patrimonio estratégico nacional de uso público, imprescriptible y fundamental para la vida. (11). Además, en el artículo 318 de la misma constitución se alude que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria; Además que, el saneamiento, abastecimiento y el riego serán prestados por personas estatales o comunitarias” (11).

Gracias al desarrollo institucional de Secretaría del Agua, esta institución proporciona un respaldo institucional para fortalecer modelos de gobernanza referente a el agua . Por otro lado, el COOTAD asigna a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) y a las juntas de agua la responsabilidad de gestionar el recurso hídrico. Estas entidades deben desarrollar un plan de manejo que sea coherente con los diferentes niveles de gobernanza y que promueva el bienestar colectivo. Sin embargo, pese a múltiples intentos por generar un trabajo transdisciplinar, han ignorado las preocupantes señales de contaminación que afectan al río. (12).

El principal uso que dan los habitantes al agua que fluye por los ríos de la provincia es que son afluentes para el regadío de cultivos de vegetales y frutas de toda la provincia, teniendo en cuenta que el desarrollo de estas poblaciones se fundamenta en la agricultura como actividad económica primaria, y que al utilizar agua contaminada se genera un problema cíclico tanto para los cultivos de estas zonas y quienes los consumen afectando su salud pública de quien los consume (4).

Por ello, resulta crucial llevar a cabo un análisis para identificar las zonas contaminadas y promover una nueva estrategia de educación ambiental enfocada en los contaminantes como son los metales pesados presentes en las microcuencas. Esto permitirá sensibilizar tanto a los gobiernos locales como a las comunidades sobre las consecuencias del uso y consumo de agua contaminada y los efectos negativos de su uso prolongado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El primer paso fue tomar como base la revisión documental de varios artículos y trabajos de titulación enfocados en el estudio de los principales ríos de la provincia de Cotopaxi (13), este procedimiento permitió conocer que tipos de contaminantes sobrepasan los límites permisibles registrados en la normativa vigente del país en los principales ríos de la provincia, además en conjunto con el departamento de riego y drenaje de la prefectura se obtuvo datos en diferentes puntos de muestreo, los mismos que presentaron exceso en los valores de diferentes metales pesados (14).

Antes de aplicar la metodología de educación ambiental se considera importante desarrollar un análisis previo de la zona de estudio y su problemática basándonos en documentación de carácter público para poder comprender la esencia del problema a tratar:

Según los datos proporcionados por SENAGUA, la división hidrográfica del Ecuador se organiza por niveles, y en la provincia de Cotopaxi se identifican 28 unidades hidrográficas de nivel cinco. Además, se destaca que Cotopaxi tiene una relevancia significativa en términos hídricos, ya que alberga una gran parte de las cabeceras de importantes cuencas hidrográficas, como las de los ríos Pastaza, Guayas y Esmeraldas. (6).

La demanda del recurso hídrico que ofrecen estas unidades hídricas, según SENAGUA, se han planteado 3605 autorizaciones de uso, siendo de estas el 77.4% para uso: doméstico, riego y uso de mesa (embotelladoras) (6).

Según el informe técnico de la prefectura de Cotopaxi, el agua en la provincia se ve en deterioro por la creciente generación de desechos sólidos y líquidos; Y a esto sumarle que la gestión de la mayoría de aguas servidas tienen como principal destino cuerpos de agua (6). En uno de los estudios realizados por Fundación Agua en 2005, se vincula a la calidad de los recursos hídricos con preservación de los ecosistemas acuáticos, además, señala que esta última se ve perjudicada por la concentración de asentamientos humanos que carecen de un sistema adecuado o eficiente para la disposición de desechos de origen doméstico, industrial y agroindustrial. No obstante, se han planteado esfuerzos por parte de entidades públicas como la dirección del ambiente de Cotopaxi para descontaminar ríos, pero debido a sus niveles alarmantes de contaminación es difícil controlar el problema.

Una vez que nos hemos relacionado con la problemática es de vital importancia, entender y conocer las leyes que rigen en la actualidad para el cuidado y control del agua; de esta manera se enfatiza en los siguientes articulados:

La Asamblea Constituyente en 2008, mediante la constitución vigente en el país, incluye disposiciones sobre el recurso natural del agua. En el Título II, Capítulo Segundo, "Derechos del Buen Vivir", Sección Primera, "Agua y Alimentación", el artículo 12 establece que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Declara además que el agua es un patrimonio estratégico nacional, de uso público, imprescriptible, inalienable, inembargable y básico para la vida (11).

Por su parte, el Código Orgánico del Ambiente (COA) controla la autoridad para sancionar la Autoridad Ambiental Nacional con el objetivo de fortalecer la gestión ambiental prevista en el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y garantizar la correcta implementación de la política pública ambiental. Asimismo, otorga a los GADs la capacidad de aplicar sanciones ambientales dentro de su jurisdicción y competencias, conforme a lo establecido en el código ambiental (15).

Para asegurar la disponibilidad adecuada de los recursos hídricos, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) tiene como objetivo prevenir, en la medida de lo posible, la disminución de este recurso. Esto incluye la protección y desarrollo de las cuencas hidrográficas, así como el desarrollo de investigaciones pertinentes. Además, los usuarios de derechos de aprovechamiento del agua deben utilizarla con eficiencia y economía, contribuyendo al mantenimiento y conservación de las obras e instalaciones relacionadas (16).

Se menciona también en el código que se prohíbe descargar aguas residuales con contaminantes nocivos para la salud humana, la fauna, la flora y las propiedades en sistemas de alcantarillado, quebradas, acequias, ríos, lagos o mares sin cumplir con las normas técnicas y regulaciones correspondientes. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, junto con los ministerios de salud y ambiente, se encargarán de desarrollar normas técnicas y regulaciones para autorizar estas descargas, en función de la calidad requerida para los cuerpos receptores.

El Ministerio de Salud y de Ambiente conjuntamente determinarán el nivel de tratamiento necesario para las aguas residuales, independientemente de su origen, y supervisarán la construcción, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento, con el objetivo de cumplir los fines establecidos en la Ley.

Una vez que se hace referencia a la normativa legal se cree importante mencionar segmentos conceptuales los mismos que ayudan a entender el principio técnico del trabajo:

Al momento de estudiar la hidrogeología se debe contemplar diversas áreas, incluyendo el estudio de las condiciones climáticas de un lugar, el régimen de precipitaciones, la química del agua y las propiedades físicas de las formaciones rocosas, como la porosidad, permeabilidad, fracturamiento, composición química, además de los aspectos geológicos y geotectónicos (14). No obstante, para llevar a cabo una investigación hidrogeológica completa, es esencial contar con conocimientos no solo en geología e hidrología subterránea, sino también en hidroquímica y geofísica.

Después de un estudio investigativo se considera necesario clasificar la contaminación ambiental de la manera en que se generó la contaminación, esta clasificación es la siguiente: puntual y difusa es importante tomar en cuenta que están relacionadas una con otra (18).

Los metales pesados están presentes de manera natural en la corteza terrestre; sin embargo, como se ha señalado, pueden convertirse en contaminantes cuando su distribución en el ambiente se ve alterada por actividades antropogénicas que transforman los ciclos geoquímicos (19).

IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA ENTENDER LA CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS EN LAS MICROCUENCAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Según Francisco Bautista, en su libro *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*, clasifica las fuentes naturales en dos categorías: el intemperismo, que se refiere a la transformación parcial o total de las rocas en interacción con la atmósfera, y las emisiones volcánicas como la segunda fuente de contaminación. (20).

Las actividades humanas dentro de la contaminación ambiental han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de metales tanto en el suelo como en el agua; actividades como curtiembres, metalurgia, siderurgia, químicas entre otras han sido las fuentes que aportan contaminantes metálicos a los diferentes ecosistemas.

La implementación de las normas ambientales representa la manera en que se entiende y aplica el derecho ambiental. Estas normas, sean de carácter obligatorio o no, establecen reglas de conducta destinadas a garantizar el uso racional y sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente. La normativa ambiental se crea como respuesta a los problemas ecológicos que afectan a la sociedad, reflejando la constante intención del ser humano de ejercer control sobre la naturaleza (7).

Según Brañes, la gestión ambiental se define como el "conjunto de actividades humanas orientadas al ordenamiento del ambiente" (p.19). Asimismo, el autor señala que la gestión ambiental es, en esencia, una función pública o una responsabilidad del Estado. Por ello, la describe como una "competencia", "cometido", o "atribución" estatal (21). Sin embargo, a diferencia de otras responsabilidades del Estado, la gestión ambiental no es una tarea exclusivamente pública, ya que busca convertirse en una función compartida entre la sociedad civil y el estado.

Una vez analizado el marco conceptual se aplican los principios de educación ambiental enfocada a la contaminación del agua por metales, para esto, se ha considerado una serie de herramientas como el árbol de temas, problemas y objetivos; esto con la idea de correlacionar ideas necesarias para plantear un proyecto educativo ambiental que sugiera propuestas claras para controlar o mitigar el uso y consumo del agua contaminada con metales pesados. De esta manera, se resumió y se desarrolló una Tabla 1 dinámica que resume las ideas del proyecto educativo ambiental.

Tabla 1: Resumen de actividades planteadas para el desarrollo del proyecto educativo.

Objetivos	Actividades	Tareas
1. REDUCIR EL DESCONOCIMIENTO DE COMPOSICION DE USO DE QUIMICOS O RESIDUOS VERTIDOS AL CUERPO DE AGUA	1.1.- Analizar las deficiencias en el servicio de agua referente a su distribución y calidad.	1.1.1 EXPLICAR DIAGRAMAS DE CONTAMINANTES EN ETIQUETAS DE PRODUCTOS AGROQUIMICOS 1.1.2 REVISAR NORMATIVA PARA EL USO DE PRODUCTOS QUIMICOS 1.1.3 ESTABLECER FORMAS ADECUADAS DE AGROQUIMICOS PARA EVITAR CONTAMINACION 1.2.1 GEORREFERENCIAR ZONA DE ESTUDIO

IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA ENTENDER LA CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS EN LAS MICROCUENCAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

	1.2.-Vigilar a industrias que no controlan vertidos de contaminantes y superan limites permisibles.	1.2.2 BUSCAR ACTORES SOCIALES QUE CONTAMINAN 1.2.3 ANALIZAR ACTIVIDADES ANTROPOGENICAS
2 .-MEJORAR FALTA DE INFRAESTRUCTURA DE POTABILIZACION DEL AGUA	2.1 Analizar las deficiencias en el servicio de distribución de agua potable y calidad de agua deplorable 2.2.-Mejorar la falta de inversión para mejorar calidad del agua	2.1.1 GEORREFERENCIAR SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA 2.1.2 TOMAR MUESTRAS DE AGUA 2.1.3 ANALIZAR RESULTADOS 2.2.1 PLANTEAR PROYECTOS DE MEJORA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO 2.2.2 SOCIABILIZAR PROBLEMÁTICA A LAS AUTORIDADES 2.2.3 CREAR MESAS DE DIALOGO
3.-SOCIALIZAR DESCONOCIMIENTO DEL PROBLEMA	3.1.- Explicar a la comunidad que no conoce que los suelos tienen metales pesados y contaminan el agua 3.2.-Usar agua sin un tratamiento previo es perjudicial para la salud	3.1.1 BUSCAR INFORMACION SOBRE GEOLOGIA DE LA ZONA 3.1.2 REVISAR NORMATIVA AMBIENTAL VIIGENTE 3.1.3 ESTABLECER LUGARES Y FECHAS DE CHARLAS 3.2.1 CORRELACIONAR CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS EN LA SALUD 3.2.2 EXPLICAR PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS 3.2.3 PLANIFICAR ACCIONES PARA DIRECCIONAR AYUDA.

Después de revisar las actividades planteadas, se resume todos los actores sociales, fundamentos técnicos y otros aspectos que participarán en el proyecto mediante un sociograma que se presenta a continuación en la Figura 1.

IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA ENTENDER LA CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS EN LAS MICROCUENCAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

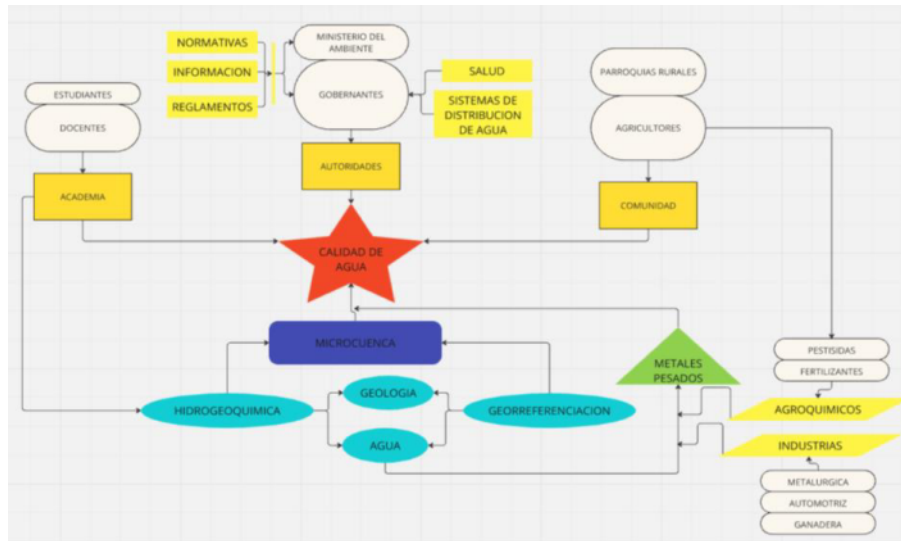


Figura 1: Sociograma del Proyecto Educativo.

RESULTADOS

Luego de crear nuestro plan de proyecto educativo ambiental y conocer los detalles del mismo y en base a la ficha pedagógica se considera generar los resultados del trabajo mediante los criterios de: conocimiento, aptitud y práctica, generando los siguientes datos:

Propósito de la iniciativa: el proyecto claramente establece los principios y propósitos sobre el agua y la contaminación en las microcuencas de la provincia de Cotopaxi por metales pesados.

Enfoque pedagógico explícito: el proyecto enlista una serie de actividades como la: capacitación a comunidades y agricultores, reuniones con todos los actores sociales y detalla o sugiere acciones para mitigar la contaminación.

Valores y actitudes explícitas: se ha hecho un análisis minucioso de los posibles saberes previos que necesita los principales actores sociales conocer antes de participar en el proyecto:

Saberes previos de los docentes:

Conocimiento sobre educación ambiental

Técnicas pedagógicas para la sostenibilidad

Contextualización local

Saberes previos de la comunidad:

Percepción de formas de contaminación de agua

Contaminantes presentes en agroquímicos

Actitudes y prácticas cotidianas de tratamiento de agua

Saberes previos de las autoridades:

Políticas y regulaciones existentes

Gestión del desarrollo

Transversalidad institucional

Red temática involucrada: una de las temáticas más importantes que el proyecto considera es el control de la calidad del agua: La aplicación de un sistema de recolección de muestras en diferentes temporadas (seca y lluvias) para evaluar cómo varían los niveles de contaminantes y la calidad del agua a lo largo del tiempo y su correlación con la geología de la zona y su actividad antropogénica cercana a las riberas de los ríos.

Estrategias de enseñanza explícita para el propósito del proceso de sensibilización: El proceso efectivamente busca hacer conciencia social sobre el consumo de agua contaminada con metales pesados y los efectos adversos a mediano o largo plazo de los mismos.

Estrategias de aprendizaje definidas para la participación de los actores: se plantea las siguientes estrategias:

Comunidad: Las prácticas tradicionales y la percepción local del agua son claves para entender cómo se usa, quién tiene acceso y qué desafíos específicos se enfrentan.

Docentes: Son quienes transmiten el conocimiento a las futuras generaciones. Si los docentes no comparten sus experiencias y conocimientos a los estudiantes y su entorno, la educación ambiental será desconectada de la realidad, y los jóvenes no entenderán la relevancia de cuidar el agua en su contexto.

Autoridades: Las políticas y regulaciones pueden ser ineficaces si no consideran el contexto y los saberes locales. Además, las autoridades juegan un papel clave en la ejecución de proyectos. Sin comprender las limitaciones y capacidades institucionales, es difícil diseñar e implementar estrategias de manejo del agua que sean realistas y sostenibles.

Recursos pedagógicos contextualizados: una de las partes innovadoras del proyecto es llegar a concientizar a las personas que no solo las industrias contaminan el agua sino la naturaleza misma de la zona aporta metales a el agua. mediante charlas y mesas de diálogo se busca crear una sinergia de conocimientos y formas de cuidar la salud e integridad de la sociedad.

Estrategias de retroalimentación: se busca planificar charlas periódicas para ir refrescando y actualizando el conocimiento de todos los ciudadanos referente a la contaminación y contaminantes.

Estrategias para el monitoreo del proceso del proyecto: la estrategia esencial del proyecto es el trabajo transdisciplinar entre las diferentes partes y el aporte que las mismas van a dar al proyecto.

Estrategias para la evaluación transversal del proceso del proyecto: en base a las normativas legales vigentes para control de aguas, se sugiere seguir la normativa para precautelar la salud de la sociedad.

Reflexión del Proyecto: El estudio de una cuenca de un río, se lo debe considerar como un sistema dinámico abierto, el cual siempre está expuesto a cambios, por lo que se debe tener un constante monitoreo de las propiedades y estándares de calidad que aseguren la pureza del agua. Se comprueba que el flujo hídrico por suelos volcánicos, le aportan a el agua minerales y metales. En la actualidad, todos los países buscan cuidar el agua y racionalizarla, además, que no se detiene la búsqueda incesante de formas más simples para tratar el líquido vital y es lo que este proyecto quiere plantear para sugerir a autoridades y comunidad a que sean más conscientes de que el recurso hídrico es limitado y se lo debe respetar y cuidar.

DISCUSIÓN

En la actualidad se considera necesario combinar disciplinas técnicas con la sociología en la educación ambiental ya que se resalta la importancia de considerar tanto los fundamentos técnicos y el sentir humano en la resolución de problemas ambientales. Esto nos impulsa a promover el diseño de políticas y estrategias que sean no solo técnicamente eficaces, sino también socialmente inclusivas y culturalmente pertinentes.

Al revisar información bibliográfica en fuentes digitales o de texto se ve la falta de proyectos que vinculen los diferentes polos que relaciona una educación ambiental plena, es necesario como primer paso proponer mesas de diálogo en las cuales se busque fines comunes en beneficio de la comunidad y del ambiente.

La falta de conciencia ambiental de diferentes entes privados y el poco conocimiento de los efectos agudos a largo plazo que puede tener el consumo y uso de estas aguas hace que sea imperante más estudios detallados sobre esta temática

CONCLUSIONES

Las microcuencas de la provincia de Cotopaxi enfrentan una grave contaminación con diversos metales pesados como arsénico, cadmio y boro, causada principalmente por la naturaleza volcánica de la región y las descargas industriales sin tratamiento. Estos metales constituyen un peligro significativo para la salud pública y la seguridad alimentaria en la zona ya que varios autores aseveran que las principales fuentes hídricas de Cotopaxi contienen estos metales.

La falta de compromiso y aplicación efectiva de normativas y procedimientos técnicos de monitoreo y control ambiental por parte de las autoridades locales y nacionales ha dificultado la implementación de soluciones para reducir la concentración de metales pesados, esto se denota fácilmente ya que el porcentaje de contaminantes va en aumento.

La capacidad para enfrentar y mitigar la contaminación en los ríos se ve obstaculizada por la escasa difusión y concienciación sobre el problema. Si bien los suelos volcánicos de la región aportan metales a las microcuencas, la carencia de equipos suficientemente sensibles para obtener datos precisos impide identificar y delimitar los puntos críticos de contaminación. Asimismo, el desconocimiento sobre el uso adecuado de químicos, las descargas indiscriminadas en cuerpos de agua y la falta de tratamientos eficaces han agravado la proliferación de enfermedades. Por esta razón, la implementación de un proyecto de educación ambiental se presenta como una medida esencial para mejorar la situación actual de la provincia de Cotopaxi.

AGRADECIMIENTOS

La Universidad Técnica de Cotopaxi desde el centro de investigación de la Facultad de las Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas agradece a la Prefectura de Cotopaxi en especial al departamento de Riego y Drenaje por el trabajo en conjunto y por el aporte de información; Sin ello no sería posible la presente investigación, además augura continuar trabajando en conjunto para el beneficio de la población de Cotopaxi.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hidalgo C, Osorio E. Evaluación y determinación de la capacidad secuestrante de los metales pesados cromo (CR) y cadmio (CD) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machángara [Internet]. Universidad Técnica Salesiana; 2013. Available from:
2. Gómez Castro, A. D. Determinación de plomo y cadmio por espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito, para la evaluación de la calidad del agua en afluentes cercanos al volcán Cotopaxi [Internet]. Universidad Técnica Particular de Loja; 2018. Available from:
3. Taipei CA, Chilingua VN. Determinación de los contaminantes presentes en las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato, tramo CEASA UTC, Periodo 2013 [Internet]. Universidad Técnica de Cotopaxi. 2013. Available from:
4. Sánchez S, Pérez L, Córdova M, Cabrera D. Heavy metal contamination in the Cotopaxi and Tungurahua rivers: a health risk. Environmental Earth Sciences [Internet]. 2020: 79-144. Available from:
5. Mafla E. Determinación de cromo, plomo y arsénico en aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato y evaluación de la transferencia de dichos metales a hortalizas cultivadas en la zona; mediante espectrofotometría de absorción atómica [Internet]. Universidad Central del Ecuador; 2015. Available from:
6. Cotopaxi P. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Cotopaxi 2021-2025. Latacunga: Prefectura de Cotopaxi [Internet]. 2021. Available from:
7. Garay F. La aplicación de las normas ambientales y la contaminación del Río Cutuchi en a la ciudad de Latacunga, en el período enero 2015 a octubre 2016 [Internet]. Universidad Técnica de Cotopaxi; 2018. Available from:
8. Lasluisa, A., & Toaquiza, K. (2021). "DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO EN LOS SUELOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE DEL PERIODO 2020- 2021. UTC. Available from:

9. Guanotásig, C. (2022). Evaluación de fuentes puntuales de contaminación de la cuenca del Río Cutuchi en el sector La Estación del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi. UTI. Available from:
10. Mayorga, E. (2014). PURIFICACIÓN DE AGUAS DE REGADÍO DEL CANAL LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO POR FILTRACIÓN ANAERÓBICA-AERÓBICA. ESPE. Available from:
11. Constitución. Registro Oficial. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y descentralización COOTAD [Internet]. 2008. Available from:
12. Almeida A. Contaminación de los recursos hídricos. En Foro de los Recursos Hídricos. Segundo Encuentro Nacional [Internet]. 2006: 371-383. Available from: <https://camaren.org/recursos-hidricos/>
13. Riofrío Guevara, M.A., Mogro Cepeda, Y.V., Carvajal Jiménez, B.D., Cando Sangucho, B.J., & Jacho Lugmaña, A.Y. (2024). El río Cutuchi, contaminante que fluye en nuestra sociedad y la afecta. *RECIMUNDO*. Available from:
14. Memorando Prefectura de Cotopaxi Nro.GADPC-GRYD-WC-RP-2023-03. ASUNTO: Resultados análisis de calidad de agua- Monitoreo calidad de agua.
15. Ambiente M. Código Orgánico del Ambiente. [Internet]. 2024. Available from: https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
16. MAATE. Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica. [Internet]. 2024. Available from: <https://suia.ambiente.gob.ec/>
17. Fetter C. Applied Hydrogeology (Fourth) [Internet]. 2001. Available from:
18. Campaña A, Gualomoto E. Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. Latin American journal of Biotechnology and Life Sciences [Internet]. 2017: 305-310. Available from:
19. Galán, E. (2003). Aportaciones de la mineralogía a la evaluación y tratamientos de suelos y sedimentos contaminados por elementos traza. España: Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía. Available from:
20. Bautista F. Introducción al Estudio de Suelos Contaminados por Metales Pesados. Yucatán: UAY. [Internet]. 1999. Available from:
21. Brañes, R. (2000). Manual de Derecho Ambiental Mexicano. Distrito Federal de México: Fundación Mexicana para la Educación. Available from: