

Apropiación social del conocimiento como contribución a la salud humana y ambiental en la vereda Naranjal de Quetame, Cundinamarca

Social appropriation of knowledge as a contribution to human and environmental health in the village of Naranjal de Quetame, Cundinamarca

Viviana Andrea Gualteros¹, Dayana Rodríguez Morales¹, Ruth Mélida Sánchez Mora³

Recibido: 10 de junio de 2023

Aceptado: 08 de agosto de 2023

Resumen

Las sociedades humanas generan conocimiento para comprender su entorno, apoyadas en la ciencia y la investigación. Sin embargo, comunidades vulnerables enfrentan dificultades para acceder al conocimiento y tomar decisiones ante cambios sociales y ambientales. La apropiación social del conocimiento (ASC) busca involucrar a estas comunidades en la ciencia y la tecnología para mejorar su calidad de vida. En la vereda Naranjal, Quetame, los problemas de acceso al agua potable y contaminación afectan la salud. Este estudio propone utilizar el nematodo *Caenorhabditis elegans* como modelo biológico para explicar los efectos de la contaminación y aplicar estrategias de ASC en la comunidad.

Palabras clave: apropiación social del conocimiento, contaminación del agua, salud pública, vulnerabilidad, ciencia y tecnología, *Caenorhabditis elegans*.

1. Bacterióloga y Laboratorista Clínico, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Facultad Ciencias de la Salud, Joven Talento Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, Grupo y Semillero de Investigación Biotecnología y Genética UCMC.
Correo electrónico: vivis_1894@hotmail.com (Viviana Andrea Gualteros)
drodriguez@unicolmayor.edu.co (Dayana Rodríguez Morales)

2. Docente investigador Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, líder del grupo y semillero de investigación Biotecnología y Genética, Facultad Ciencias de la Salud, programa Bacteriología y Laboratorio Clínico.
Correo electrónico: rmsanchezm@unicolmayor.edu.co

Abstract

Human societies generate knowledge to understand their environment, supported by science and research. However, vulnerable communities face difficulties in accessing knowledge and making decisions in the face of social and environmental changes. The social appropriation of knowledge (SAK) seeks to involve these communities in science and technology to improve their quality of life. In the village of Naranjal, Quetame, problems of access to drinking water and contamination affect health. This study proposes to use the nematode *Caenorhabditis elegans* as a biological model to explain the effects of contamination and apply SAK strategies in the community.

Keywords: social appropriation of knowledge, water pollution, public health, vulnerability, science and technology, *Caenorhabditis elegans*.

Introducción

Las sociedades conformadas por el ser humano constantemente han producido conocimiento sobre su entorno y su realidad, todo esto a partir de la necesidad que tiene un individuo de comprender por qué y asimilar el medio en el que habita (1). Por otro lado, la ciencia, es la base esencial de la sociedad para producir conocimiento, el cual se fortalece por medio de la investigación (2). Sin embargo, debido al constante cambio, el progreso científico, los diversos entornos socioeconómicos y la imposibilidad de acceder a un aprendizaje constante desde la infancia por parte de algunas comunidades en condiciones de vulnerabilidad, han generado un retroceso y una incapacidad de tomar decisiones oportunas ante las proble-

máticas y sus procesos de transformación constante (1,3).

Por lo anterior, en la actualidad ha sido necesario promover el conocimiento autónomo con el fin de generar progreso social y minimizar las problemáticas existentes de manera autosostenible, todo esto, porque las comunidades futuras se visualizan como sociedades en las cuales cada individuo tenga la capacidad de generar su propia acción y toma de decisiones a medida que sucedan cambios sociales, ambientales y culturales en su entorno (1-3).

No obstante, para logra la adquisición de saberes y capacidad de decidir ha sido necesario involucrar a comunidades que hacen parte de la ciencia, tecnología e innovación para

contextualizar a las poblaciones que desconocen las condiciones de su entorno (4). Dicho proceso se conoce como; Apropiación Social del Conocimiento (ASC) el cual, básicamente promueve la generación y uso del conocimiento, a partir de la articulación y participación entre grupos científicos y poblaciones vulnerables para contribuir a su aprendizaje y mejora de la calidad de vida (4-6).

Una de las problemáticas actuales difíciles de resolver por parte de las comunidades es el acceso al agua potable y su contaminación debido a la gestión inadecuada de las actividades urbanas, industriales y agropecuarias, las cuales conllevan a que cientos de millones de personas consuman agua y alimentos de origen vegetal y animal peligrosamente contaminados y por ende enfermen o en el peor de los casos mueran (7-8).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el agua salubre y accesible es importante para la salud pública, ya que contribuye al crecimiento económico de los países y promueve en gran medida la reducción de la pobreza. Sin embargo, esta misma organización, para el 2019 reporta que 423 millones de personas en el mundo se abastecen de agua procedente de pozos y manantiales no protegidos y 159 millones de personas recogen agua superficial no

tratada en lagos, estanques, ríos o arroyos (9).

Asimismo, según lo reportado en el Índice Nacional de Salud del 2020 en Colombia por cada 100 personas que viven en área rural, 46.4 acceden a agua potable. De manera similar en el Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia del 2019 se afirma que por exposición a aire y agua de mala calidad suceden anualmente 17,549 muertes, lo que traduce al 8% del total de la mortalidad anual siendo en el caso del agua contaminada la enfermedad diarreica aguda (EDA) la principal causa (10-11).

En el Municipio de Quetame, Cundinamarca los habitantes de la vereda Naranjal se abastecen de ríos, manantiales, quebradas, posos o nacederos y carecen de acueducto para realizar sus actividades diarias, además su actividad económica y laboral se basa en cultivos como Sagù, frijol, caña de azúcar, café, pastos y ganadería de ceba, doble propósito y cerdos lo que incrementa el constante uso de agroquímicos, pesticidas y desechos que impactan en el suelo y el agua repercutiendo en la salud humana (12-14).

Para poder transformar el lenguaje científico de una manera entendible y aplicable a la comunidad es importante destacar el uso de modelos experimentales que permita brindar conocimiento

acerca de lo que le sucede a un ser vivo cuando es expuesto a unas condiciones específicas a lo largo de su vida y de esta manera demostrar de forma tangible lo que le sucede cuando habita en ciertas condiciones humanas específicas como la exposición a aguas carentes de potabilización. Es por ello que el nematodo *Caenorhabditis elegans* (*C.elegans*) es un modelo experimental ideal para evaluar estas condiciones, debido a que cuenta con un ciclo de vida corto, es de fácil manejo, posee diferentes marcadores fluorescentes que permiten observar características fisiológicas que se correlacionan con otros mamíferos y se puede exponer a situaciones ambientales de manera similar con el ser humano, además su comportamiento puede ser explicado de manera sencilla a cualquier tipo de comunidad (15).

Como consecuencia a lo mencionado anteriormente, el objetivo de esta investigación se basa en diseñar y aplicar actividades de ASC en la población de la Vereda Naranjal, de Quetame, Cundinamarca en búsqueda de aportar conocimiento relacionado con la salud humana y ambiental debido a la problemática hídrica que estos poseen y al mismo tiempo correlacionar los datos sobre la salud humana utilizando a *C. elegans* como modelo biológico de contaminación.

Metodología

Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación (Minciencias) y el Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud) por medio de la Convocatoria 874 la cual fue ejecutada en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca dentro del Grupo y Semillero de Investigación de Biotecnología y Genética. Las bases metodológicas de esta Investigación están fundamentadas en los principios de apropiación social del conocimiento (ASC) establecidos por Minciencias (16).

En el desarrollo de esta propuesta se incluyeron, las problemáticas y limitantes para el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), haciendo un énfasis en los objetivos tres y seis "Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades" y "Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos respectivamente" (17).

Selección del área en estudio, reconocimiento y análisis del contexto en municipios de Cundinamarca

Para reconocer los territorios se hace uso de los diferentes convenios establecidos entre la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y los Alcal-

días locales de municipios de Cundinamarca (18). Al mismo tiempo se lleva a cabo una búsqueda sistemática de información por Web con el fin de conocer las condiciones de los habitantes, haciendo énfasis en la presencia de acueducto y agua potable de los municipios, lo anterior con el fin de delimitar la población a estudiar siendo Quetame, Cundinamarca el área seleccionada (12).

Luego de elegir el municipio estudio se hace uso de los correos electrónicos y teléfonos disponibles en página Web de la Alcaldía de Quetame, en pro de establecer el contacto directo con un líder local y ser aceptados como grupo de investigación en el municipio (19). Se procedió al reconocimiento, acercamiento y análisis del contexto por medio de la visita a veredas Granadillo, Tibrote Alto, Tibrote Bajo, Ficalito, Naranjal, Centro y Hoya Baja próximas a los Ríos y Quebradas del municipio.

Caracterización de la población de estudio de la Vereda Naranjal como parte de la cohesión y actividades de ASC para fomentar el dialogo de saberes.

Para reconocer las condiciones culturales y sociales que las personas de la vereda Naranjal viven con respecto a la falta de acueducto, se diseñó un consentimiento informado bajo lo es-

tipulado en la Ley 1581 de 2012 y el decreto 1377 de 2013 la cual establece medidas generales para garantizar los niveles de seguridad y privacidad adecuados para la protección de datos personales (20). A su vez, se diseñó una primera encuesta basada en la caracterización de la población y se fomentó el dialogo de saberes a través del material para el fortalecimiento de las actividades de ASC como el poster; ¿Qué sucede con el agua actualmente? y folleto; *C. elegans* como modelo de contaminación, material que fue elaborado luego de una búsqueda sistemática de información (21-22).

Actividades ASC para promover confianza en la Comunidad de la Vereda Naranjal a partir de las condiciones del agua que consumen

Se diseñó una encuesta enfoca en determinar el origen del agua y la percepción macroscópica de la misma a partir de parámetros visuales como color y presencia de partículas dirigida a las familias de la Vereda Naranjal, así como también, si aplican un método para tratar el agua antes de consumirla. Para comparar estos resultados estadísticos desde un enfoque científico se realizó una toma de muestra en frascos shott estériles en tres puntos los cuales fueron seleccionados por la población de Naranjal (1 Agua de Nacadero Santa Rosa, 2 Agua de Tanque de abastecimiento y 3 Agua

de Vivienda aleatoria) con el fin de destacar las características macroscópicas observadas por los investigadores y la población en este estudio.

Para aquellos habitantes de Naranjal que no realizan un procedimiento al agua se diseñó un instructivo para elaborar un filtro casero el cual se planteó con base a información vía internet (23-24). Se entregó un kit para la elaboración de 1 filtro de 2 Litros a cada familia participante en el estudio, con el fin de brindar una alternativa fácil y económica para purificar el agua que consumen.

Promoción de la participación ciudadana y reflexión crítica ante los problemas hídricos y de salud de la Vereda Naranjal

Para identificar los problemas de salud presentes en los habitantes de la vereda Naranjal, se diseñó una encuesta enfocada en identificar síntomas recurrentes en los habitantes así como también, las enfermedades diagnosticadas por un médico con el fin de analizar sus condiciones. Para fomentar la participación en situaciones que afectan la realidad de la salud de los habitantes e intervenir la problemática ambiental se realizó primero una campaña de recolección de basuras teniendo como base un video educativo fundamentado en el nuevo código de colores en Colombia y el uso de las tres R (Reciclar, Reducir y

Reutilizar) y segundo, una campaña de reforestación basado en el manual ¿Cómo plantar un árbol? (25-26).

Resultados

Reconocimiento y análisis del contexto del municipio de Quetame, Cundinamarca

Se estableció un contacto directo con un líder local de la Alcaldía de Quetame, Cundinamarca, quien aprobó la visita y ejecución del proyecto de investigación. Se intercambiaron conocimientos y análisis con los líderes locales relacionados con las fuentes hídricas a medida que se ejecutaba el recorrido y la visita (Figura 1A). Los afluentes visitados fueron la Quebrada Blanca, el Rio Contador, el Rio Negro, el Rio Saname, la Quebrada Naranjal y la Quebrada Quiña (Figura 1 B-G).



Figura 1. Reconocimiento y análisis del contexto y fuentes hídricas del municipio de Quetame, Cundinamarca. (A) Contacto directo con unos líderes locales de la Alcaldía, Director de la Unidad Tecnológica Agropecuaria (UTA), intercambio de conocimientos y análisis de los afluentes con el líder local. Afluentes que rodean las veredas Granadillo, Tibrote Alto, Tibrote Bajo, Ficalito, Naranjal, Centro y Hoya Baja (B) Quebrada Blanca, (C) Rio Contador, (D) Rio Negro, (E) Rio Saname, (F) Quebrada Naranjal, (G) Quebrada Quiña.

Los afluentes visitados fueron la Quebrada Blanca, el Rio Contador, el Rio Negro, el Rio Saname, la Quebrada Naranjal y la Quebrada Quiña (Figura 2 A-F). Dentro de los territorios visitados se destacan Granadillo, Tibrote Alto, Tibrote Bajo, Ficalito, Naranjal, Centro y Hoya Baja. Se seleccionó la

Vereda Naranjal debido a que la habitan 128 personas quienes no cuentan con un acueducto y para sus actividades cotidianas y laborales en el sector agropecuario consumen y usan agua de nacederos o quebradas aledañas que no tienen ningún tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Vereda Naranjal, Quetame Cundinamarca. Descripción de las características demográficas de la Vereda Naranjal, (Has): Hectáreas. Tomado y Modificado de: Alcaldía de Quetame, Cundinamarca (14).

VEREDA NARANJAL, QUETAME CUNDINAMARCA	
UBICACIÓN	Sector 1 de la cabecera municipal de Quetame, sobre la vía que conduce a Villavicencio.
NÚMERO DE HABITANTES	128 habitantes distribuidos en 23 viviendas.
ÁREA	Área de 1373.39 Has, (9.92% del área total del municipio).
ACTIVIDAD AGROPECUARIA	Cultivos de Sagù, frijol, caña de azúcar, café, pastos y ganadería de ceba, doble propósito y cerdos.
SANEAMIENTO BÁSICO	No poseen acueducto.

Rasgos poblacionales de la comunidad de la Vereda Naranjal

Los rasgos poblacionales de la vereda los naranjales hacen parte de la cohesión y dialogo de saberes desde un enfoque de ASC. Del total de los habitantes (128 personas), voluntariamente participaron en este estudio las cuales comprendían un total de 12

familias conformadas por 43 personas distribuidas respecto sexo y edad como se observa en la (Figura 2). El 51% del total de encuestados son hombres el restante mujeres (Figura 2A), la mayoría están en una edad promedio de 1 y 10 años (14%), 31 y 40 años (13%) y un (11%) se distribuyen en la edad de 11 a 20 y 51 y 60 años (Figura 2B).

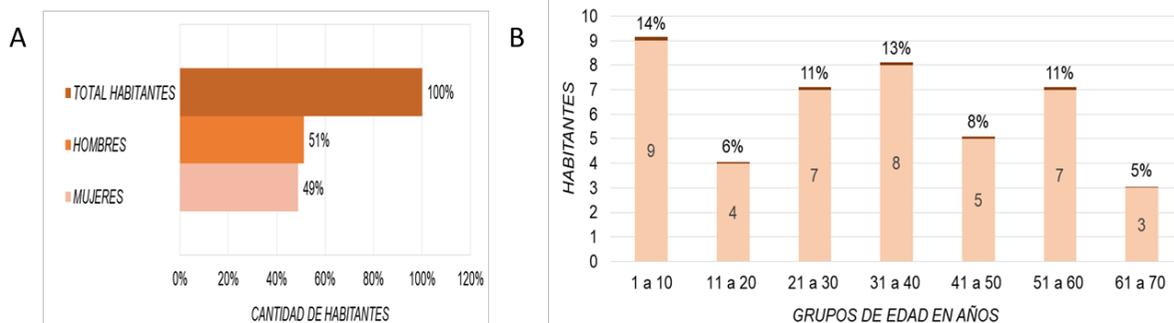


Figura 2. Distribución poblacional por sexo y edad. Se observa que la distribución con respecto al total de la población entre sexo difiere en un 2%. La mayoría de la población se encuentra distribuida en niños entre 1 y 10 años de edad y adultos jóvenes entre los 31 y 40 años. Fuente: elaboración propia.

Las actividades de ASC desarrolladas, permitieron transformar el lenguaje técnico científico a una comunicación sencilla y adaptada a la comunidad rural de la vereda Naranjal en todas

las edades. El poster denominado “¿Qué sucede con el agua actualmente? Hizo posible generar un espacio reflexivo ante este recurso luego de informar que tan solo el 0.025% de

agua en todo el mundo es apta para el consumo humano y aunque en Colombia hay una fuente agua sustancial las actividades antropogénicas y agroquímicas desde el sector rural están impactando negativamente sobre el agua generando índices de contaminación y por ende la producción de enfermedades (Figura 3A).

Por otro lado, fue posible transmitir información científica en pro de mejorar las condiciones de vulnerabilidad de la población luego de dar a conocer

al modelo ambiental *C. elegans* como un paralelo al ser humano y poner en evidencia que este nematodo será expuesto a muestras de agua originarias de las fuentes hídricas de las cuales se abastecen los habitantes de la vereda Naranjal (Datos no mostrados). De esta manera desde la ciencia, la comunidad puede comprender e interpretar los resultados obtenidos en el laboratorio, en este caso, observar los cambios en el comportamiento de *C. elegans* cuando es expuesto a agua sin ningún tratamiento (Figura 3B).



Figura 3. Actividades Iniciales de Apropiación Social del Conocimiento. (A) Intercambio de saberes, relacionado con la contaminación del agua (B) Aplicación del consentimiento informado y encuesta 1, (C) Aplicación encuesta. **Fuente:** Elaboración Propia

Condiciones Macroscópicas del Agua y seguridad en la Comunidad de la Vereda Naranjal

Las familias a través de las encuestas manifestaron que tan solo el 2% del total consume agua proveniente de una tienda o supermercado la cual

es considerada potable y los demás se irrigan con tanques, agua lluvia y nacederos, ríos o quebradas, siendo este último grupo el más utilizado por la población (Figura 4A). El 50% de la población utiliza estas fuentes hídricas para actividades agropecuarias lo que hace que indirectamente aumen-

te el consumo de estas aguas por medio de alimentos vegetales y animales incluidos los habitantes de otras veredas y/o municipios dependiendo de la

actividad económica a la que se dedica cada individuo y el 100% usa estos afluentes para alimentarse y bañarse (Figura 4B).

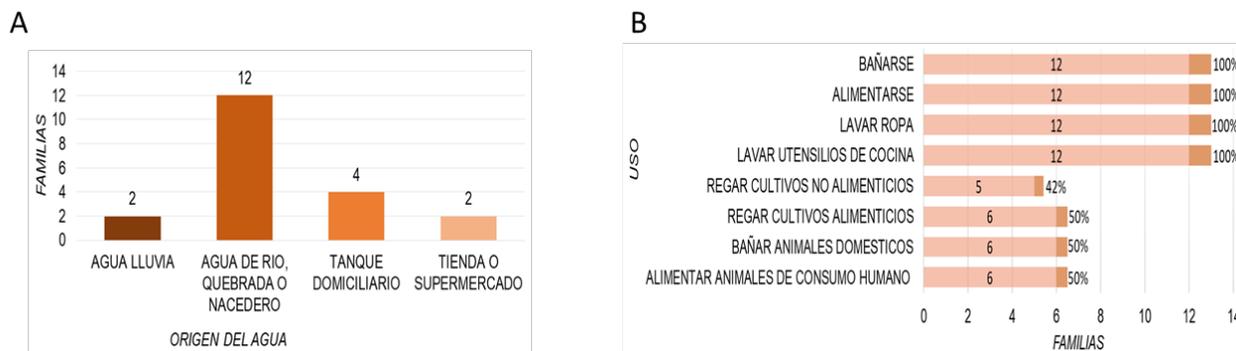


Figura 4. Origen y usos del agua usada diariamente por familias de la vereda Naranjal de Quetame, Cundinamarca. Las 12 familias de este estudio consumen agua proveniente de río, quebrada o nacideros de estas tan solo 2 compran agua potable para alimentarse. El 100% de las familias utilizan este recurso para actividades cotidianas y el 50% para regar cultivos y alimentar animales de consumo humano. **Fuente:** Elaboración Propia

En cuanto a las características macroscópicas del agua, las familias de la vereda Naranjal manifestaron que observan que la mayoría de veces y sobre todo en las temporadas de invierno el agua que consumen es de color amarillo (33%) y Café (25%) (Figura 5A) y con partículas visibles suspendidas (50%) (Figura 5B) lo que sugiere una mala conservación

de las fuentes las naturales que irriga la vereda y abastecen a la misma. Por otro lado, el 50% de las familias manifiestan que no utilizan ningún método para minimizar los posibles contaminantes del agua, sin embargo, la otra mitad de la población hierve el agua (25%) y usa Filtros (25%), (Figura 5C).

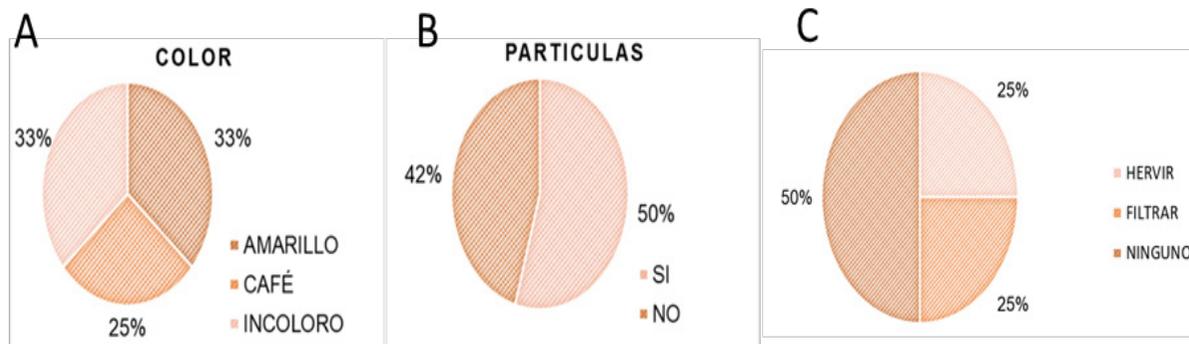


Figura 5. Características del agua y métodos usados para tratar el agua de consumo humano por las familias de Naranjal. (A) Color del agua que consumen los habitantes. (B) Familias que observan la presencia de partículas suspendidas en el agua que consumen. **Fuente:** Elaboración Propia.

Para confirmar esta información, las muestras tomadas en los puntos seleccionados por la población (Figura 6

A-C) se clasificaron macroscópicamente bajo los mismos parámetros que se les preguntaron a los habitantes.



Figura 6. Toma de muestras y características macroscópicas muestras en los puntos elegidos por la población. (A) Nacedero (B) Tanque de abastecimiento (C) Vivienda aleatoria. (D) Apreciación de color y presencia de partículas según lo observado por los investigadores y habitantes luego de la toma de muestras con respecto a cada punto seleccionado. **Fuente:** Elaboración Propia

Para contribuir a la mejora de la calidad de vida de la comunidad se hace una explicación de las capas del filtro casero y se entregan 12 Kits para la

elaboración de un filtro por familia. Se resolvieron las dudas de la comunidad y se procedió a la elaboración del filtro con la comunidad (Figura 7 A-D).

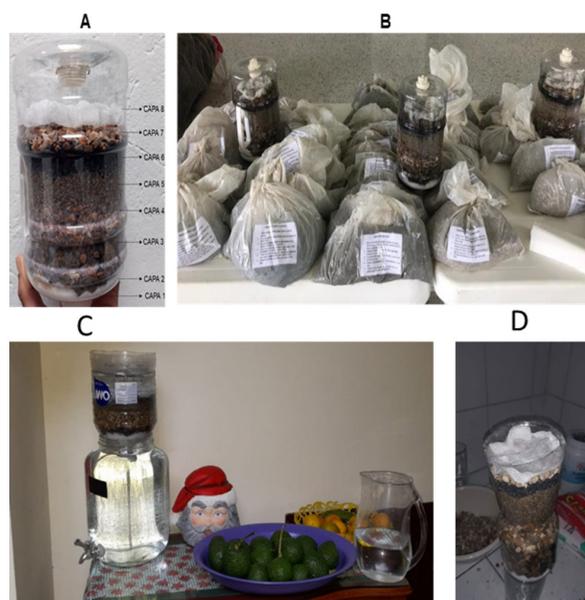


Figura 7. Filtro casero para minimizar los contaminantes del agua. (A) Capa 1: Gasa estéril, Capa 2: Algodón, Capa 3: Grava o piedra Gruesa, Capa 4: Grava o Piedra Fina, Capa 5: Arena de río fina, Capa 6: Carbón pulverizado activado, Capa 7: Grava fina, Capa 8: Gasa estéril (B) Kits y filtros ejemplo para explicación y elaboración del filtro con la comunidad. (C) Filtro casero elaborado por uno de los habitantes del municipio (D) Elaboración filtro casero por un habitante de la vereda Naranjal. **Fuente:** Elaboración Propia

Promoción de la participación ciudadana y reflexión crítica ante los problemas de salud ambiental de la Vereda Naranjal

Entre los síntomas que manifiestan las personas que habitan la vereda Naranjal se destacan los que involucran el sistema gastrointestinal con un (48%) de incidencia, se incluyeron en este grupo aquellos que presentaba al me-

nos uno de las siguientes alteraciones: diarrea, vomito, dolor estomacal. Continuo a esto, se tiene que en cuanto a la piel un (36%) de los habitantes dice presentar de manera recurrente condiciones cutáneas como alergias, resequedad, verrugas, ronchas o brotes y el (21%) posee síntomas o patologías que involucran el sistema endocrino (Figura 8).

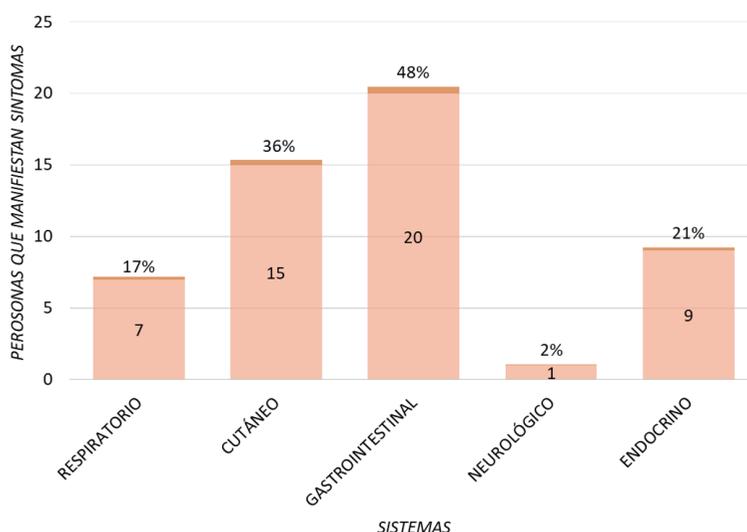


Figura 8. Clasificación de síntomas que han manifestado los habitantes de la vereda Naranjal de Quetame, Cundinamarca por sistemas. La mayor incidencia de sintomatología involucra los sistemas Gastrointestinal y Cutáneo.

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, entre los habitantes que manifestaron tener enfermedades diagnosticadas por un médico sobresalen las parasitosis, virosis y bacteriosis intestinales en un (21%) y la gastritis en un (19%). A nivel hormonal se puede incluir el descontrol en el ciclo menstrual (16%) y el hipotiroidismo (9%) como parte de problemas en sistema endocrino lo cual se correlaciona con lo anteriormente mencionado. Sin embargo,

los datos como asma (7%), diabetes (7%), obesidad (7%) migraña (9%) e hipertensión (14%) aunque se encuentran en un porcentaje significativo, son enfermedades crónicas que no se correlacionan directamente con el consumo de agua contaminada y si así lo fuese sería necesario descartar trastorno hereditarios o relacionados con los hábitos de los habitantes de Naranjal (Figura 9).

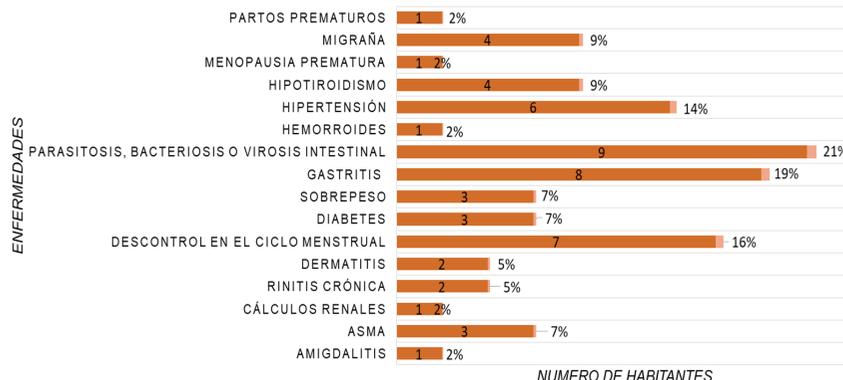


Figura 9. Enfermedades diagnosticadas por un médico que manifestaron los habitantes de la vereda Naranjal de Quetame, Cundinamarca. Predominan enfermedades relacionadas con el sistema gastrointestinal tales como gastritis, parasitosis, virosis y bacteriosis intestinales. **Fuente:** Elaboración Propia.

En cuanto a la oportunidad de mejora de la calidad de vida y salud de los habitantes de Naranjal, se seleccionaron niños de la vereda entre los 6 y 11 años a quienes se les aplicaron las actividades de ASC. El video educativo "Acompáñame a reciclar y cuidar el medio ambiente" dio inicio a la campaña de recolección de basuras en el municipio (Figura 10A) lo que permitió generar

un conversatorio infantil con el fin de comprender el Nuevo código de colores para reciclar (Negro: Residuos no aprovechables, Verde: Residuos orgánicos aprovechables y Blanco: Residuos aprovechables), lo que hizo posible aplicar los conceptos de Reducir, Reciclar y Reutilizar, se hace entrega de un punto ecológico de reciclaje para los niños del municipio (Figura 10B).



Figura 10. Campaña de Recolección de Basuras y reforestacion (A) Acompañamiento a reciclar y cuidar el medio ambiente (B) Entrega de punto ecológico basado en el nuevo código de colores Se observan a niños y adultos participando en la siembra masiva de arboles para mejorar las condiciones ambientales del sector. **Fuente:** Elaboración Propia

Posteriormente, en compañía de los líderes locales se seleccionaron las especies Pino (*Podocarpus oleifolius*), Romeron (*Retrophyllum rospigliosii*), Roble (*Quercus humboldtii*), Siete cueros (*Andesanthus lepidotus*), Yarumo (*Cecropia peltata*) Mano de Oso (*Oreopanax bogotensis*) y Arrayan (*Myrcianthes leucoxyla*) para ser sembrados alrededor de la quebrada Naranjal (Figura 10 C) y disminuir los índices de contaminación ambiental de la zona. Con este material, la campaña de reforestación fue ejecutada con niños y adultos del municipio y durante la siembra se destacó la importancia de la comunidad rural para realizar actividades de siembra.

Discusión y conclusiones

La percepción de las comunidades sobre el significado del agua como base de vida y fuente de sostenibilidad ambiental, sobre todo en el sector rural de Quetame en la vereda Naranjal, al igual que en un estudio reportado en Urabá, Antioquia pone en evidencia que la relación entre los afluentes que abastecen los territorios y las comunidades es muy inestable, lo que genera un rápido deterioro ambiental y agotamiento de los recursos hídricos impactando sobre los ecosistemas y la salud humana (27). De hecho aunque los habitantes perciben características inusuales no se evidencia un esfuerzo

para mejorar esta condición (Figura 8 y 10) y (Tabla 2).

En este sentido, de forma paralela a investigaciones que involucran la ASC, una vez más se concuerda en que la inclusión, participación e integración de las poblaciones en condición de vulnerabilidad en el diseño y formulación de proyectos de investigación y desarrollo promueven que las comunidades se sientan incluidas y además sean capaces de tomar decisiones de la manera más acertada posible, con respecto a los cambios y problemas de su entorno (28). En este caso en particular, aplicar medidas correctivas con respecto al consumo de agua sin tratar para minimizar las problemáticas de salud evidenciadas (Figura 5) a través de las encuestas y el modelo experimental *C. elegans*. Al mismo tiempo, indagar sobre esta causa permite de una u otra manera los líderes locales sean alertados para mejorar, dar inicio e invertir en proyectos relacionados con acueductos para contribuir a la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

En este trabajo y en los citados a continuación se fortalecen las relaciones entre investigadores y comunidades produciendo una consolidación y confianza entre ambas partes, permitiendo así la inclusión de conceptos, métodos y estrategias acertadas para ejecutar intereses de beneficio donde

la calidad de vida mejora y la producción científica aumenta (Figura 9, 15 y 16) lo que favorece a las partes implicadas generando una reflexión y otra manera de ver y sentir la ciencia como base del conocimiento (27-29).

Las metodologías usadas en este trabajo de manera similar a otros proyectos que involucran la ASC constituyen experiencias pedagógicas que promueven soluciones creativas y sostenibles de manera que todo el aprendizaje permite darle valor a la cultura en torno al agua (27,30). Tanto en el caso del estudio en el Pacífico Risaraldense y Mapiripán Meta, como en Quetame, Cundinamarca (Figura 11 y 12) la apropiación social de ciencias y tecnologías ambientales como los filtros caseros contribuyen a minimizar las enfermedades de la población al mismo tiempo que permiten bajar los índices de pobreza extrema y contribuyen al mejoramiento de las condiciones de vida de poblaciones vulnerables (28,29).

En Colombia, según el informe nacional de calidad de agua para el consumo humano existen diferentes niveles de riesgo relacionados con el uso de agua contaminada y las enfermedades comunes por esta causa. En el nivel de riesgo alto, se encuentran los departamentos: Caldas, Huila, Nariño y Putumayo seguido del riesgo medio donde figuran: Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Cesar, Chocó, Magdalena, Meta,

Norte de Santander, Risaralda, San Andrés y Providencia, Sucre, Tolima, Valle del Cauca y Vichada. Por otro lado, el riesgo bajo lo conforman Amazonas, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Guanía, Santander y Vaupés y los pocos departamentos que no tienen ningún riesgo son Antioquia, Arauca, Córdoba, La Guajira y Quindío (31).

En los departamentos mencionados anteriormente, el mayor impacto se ve reflejado en zonas rurales, todo esto debido al déficit de inversiones dirigidas al sector del agua potable y saneamiento, siendo destinado a estas zonas tan solo el 4% de los recursos totales establecidos para disminuir el consumo de agua no potable en zonas no urbanas, además, es importante mencionar que según el Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Y Saneamiento Básico Rural el 55% de los acueductos existentes poseen una inadecuada operación y mantenimiento de los cuales el 25% deben reconstruirse en su totalidad (32).

La zona rural del municipio de Quetame, Cundinamarca posee solamente dos acueductos veredales, los cuales carecen de una adecuada infraestructura que garantiza su calidad. Por un lado, el acueducto de la vereda Estaquecá Bajo el cual funciona por medio de un sistema de gravedad se ve afectado por las continuas crecientes de la quebrada y la inestabilidad del terreno

en el que está construido y de la misma manera el acueducto Guacapate no cumple con los requisitos mínimos aptos para el consumo (12, 33).

Las demás veredas de este municipio, como: Guamal Alto, Guamal Bajo, Naranjal, Mesetas, Hoya Vargas, Hoya Baja y Hoya Alta no poseen este servicio hídrico y como consecuencia sus habitantes se ven obligados a irrigarse de agua por medio de aljibes, pozos o tomas de las quebradas con red de mangueras simples de captación, conducción, almacenamiento y distribución las cuales no se han construido de manera adecuada, ni reciben un mantenimiento periódico, tal y como lo manifiestan los habitantes de Naranjal (Figura 6 y 7), en el peor de los casos los habitantes captan agua de fuentes superficiales utilizando animales de carga o personas directamente, entre ellos niños (33-34).

No obstante, la hidrografía de Quetame es muy variada y prevalecen grandes afluentes unidos entre sí como el Rio Negro Orinoco el cual se abastece de varias quebradas siendo la Hoya su primordial afluente. Sin embargo, aunque se cuenta con el recurso hídrico para abastecer de manera digna al municipio como se observa en las fotografías de la (Figura 2), falta una mayor inversión en este sector para suplir las necesidades de los habitantes (33-34). Avanzando en el tema, en los

últimos años del total de habitantes de Naranjal distribuidos en 28 viviendas, se ha reportado que 15 familias sobreviven con agua proveniente de ríos o manantiales y 12 de Poso sin bomba, lagibe, lo cual se correlaciona con los resultados obtenidos en esta investigación (Figura 6) (12).

A causa del agua contaminada en Colombia, prevalecen las patologías como Hepatitis A, Cólera, fiebre Tifoidea y paratifoidea y en gran porcentaje de casos las enfermedades Diarreicas agudas a causa de agua contaminada (31). En Quetame, existen reportes sobre la alta tasa de enfermedad diarreica aguda ocasionada por parasitismo intestinal, estas mismas estadísticas sugieren que esta incidencia se debe a la mala calidad del agua que se consume en el municipio (12). De manera similar sucede en esta investigación (Grafica 13 y 14) a lo que respecta los síntomas y enfermedades del sistema Gastrointestinal.

El sistema endocrino y toda su función hormonal se influencia directamente por el comportamiento diario y las condiciones del medio en las que un ser humano se expone (35). En el caso específico del área rural los plaguicidas y demás agroquímicos por ejemplo, constituyen impurezas que pueden llegar al hombre directamente a través del agua y en forma indirecta a través de alimentos de origen vegetal y animal, lo que de alguna manera podría estar sucediendo

en Naranjal (36). Estas sustancias químicas pueden ser resistentes a la degradación, y en consecuencia, persistir por largos períodos de tiempo en las aguas subterráneas y superficiales (37).

Se estima que la contaminación del agua por metaloides oscila entre los 200 millones de metros cúbicos diariamente (37,38). Los metales pesados son especies químicas no degradables, es decir, una vez arrojados al medio ambiente, sólo pueden distribuirse entre los entornos aire, agua y suelo, cambiando su estado de oxidación e incorporándose a los seres vivos (38,39). A pesar de que algunos metales son esenciales para los ecosistemas, se ha descrito que en el ser humano la presencia eleva de Arsénico (As), Aluminio (Al), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Manganeso (Mn), Plomo (Pb), Estaño (Sn), Hierro (Fe) y Zinc (Zn), tienen un alto potencial tóxico y produce trastornos metabólicos, reproductivos y neurológicos (38-41).

Entre las condiciones de salud mayormente reportadas a esta causa se encuentran también las erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, cáncer de pulmón, afecciones cardíacas, óseas, testiculares, infertilidad, daños del sistema nervioso central y periférico o la muerte

(37). Lo anterior podría explicar todo lo relacionado con lo capturado en este trabajo relacionado con el sistema endocrino (21%) como el hipotiroidismo (14%) y el descontrol en el ciclo menstrual (16%) (Figura 14).

En Quetame, es frecuente en consulta externa en adultos mayores enfermedades como hipertensión arterial y diabetes (12), de forma similar a como se expresa en este trabajo, (Figura 14) esto puede deberse en mayor incidencia a factores genéticos, nutricionales y comportamentales, sin embargo, se han reportado estudios relacionados con el consumo de agua contaminada y la incidencia de estas dos enfermedades (42-45)

Según los resultados obtenidos en este trabajo la sintomatología cutánea (36%) es evidente en esta población (Figura 13), estudios similares han manifestado que el consumir agua contaminada y exponerse a la misma a través de las duchas diarias y ropa lavada con estos afluentes producen manifestaciones cutáneas que afectan la calidad de vida de las personas (46-50)

Es importante resaltar que aunque las patologías y síntomas manifestadas por los habitantes de la vereda Naranjal de Quetame, Cundinamarca se pueden correlacionar con el consumo de agua contaminada a través de la literatura resulta necesario profundizar

este estudio con datos paraclínicos de la población y tener en cuenta otros aspectos para asegurar dicha información, como lo es el tiempo de residencia en el municipio, tiempo de origen de la enfermedad, factores genéticos predisponentes y otras causas ambientales indirectas como el aire contaminado, alimentación, entre otros, todo esto con el fin de dar respuesta al origen de cada una de las enfermedades, así mismo, se requiere de un estudio de años luego de establecer un acueducto en el municipio y evaluar las condiciones de salud de personas expuestas a un acueducto de calidad con respecto al consumo de agua sin ningún tratamiento.

Referencias

1. Chaparro Osorio F. Apropiación social de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) e informatización de la sociedad colombiana. POLIANTEA [Internet]. 2013 Jul 15 [cited 2022 Feb 23];2(3):203–26. Available from: <https://journal.poligran.edu.co/index.php/poliantea/article/view/350>
2. Alvarado Rodríguez ME, Flores Camacho F. Concepciones de ciencia de investigadores de la UNAM: Implicaciones para la enseñanza de la ciencia. Perfiles educativos [Internet]. 2001 [cited 2022 Feb 23];23(92):32–53. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982001000200003#:~:text=La%20ciencia%20es%20un%20conjunto
3. Alejandro S, Agudelo M. Apropiación social del conocimiento: Una nueva dimensión de los archivos 1 Social appropriation of knowledge: A new dimension of archives. Rev Interam Bibliot Medellín (Colombia) [Internet]. 2012 [cited 2022 Feb 23];35(1):55–62. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rib/v35n1/v35n1a5.pdf>
4. Chaparro F. Conocimiento, aprendizaje y capital social como motor de desarrollo. Ciência da Informação [Internet]. 2001 Apr [cited 2022 Feb 24];30(1):19–31. Available from: <https://www.scielo.br/j/ci/a/KWKzyWxnd-F6XbmdXjDfFXcL/?format=pdf&lang=es>
5. Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. ¿Qué es la Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación? [Internet]. Minciencias. 2018 [cited 2022 Feb 24]. Available from: <https://minciencias.gov.co/cultura-en-cte/apropiacion-social/definicion>
6. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Estrategia Nacional de Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación [Internet]. repositorio.minciencias.gov.co. 2013 [cited 2022 Mar 5]. Available from: <http://repositorio.minciencias.gov.co/handle/11146/612>
7. World Health Organization: WHO. Inocuidad de los alimentos [Internet]. www.who.int. 2022 [cited 2022 Feb 24]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
8. Tobón-Marulanda FÁ, López-Giraldo LA, Paniagua-Suárez RE. Contaminación del agua por plaguicidas en un área de Antioquia. Revista de Salud Pública [Internet]. 2010 Feb 23 [cited 2022 Mar 4];12(2):300–7. Available from: <https://scielosp.org/article/rsap/2010.v12n2/300-307/#:~:text=Ambas%20microcuencas%20son%20contaminadas%20por,de%20dichas%20fuentes%20h%C3%ADdricas%20que>

9. World Health Organization: WHO. Agua [Internet]. Who.int. World Health Organization: WHO; 2019 [cited 2022 Feb 25]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
10. Instituto Nacional de Salud: INS. Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia [Internet]. www.ins.gov.co. 2018 [cited 2022 Feb 25]. Available from: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx>
11. Sarmiento A, Bastos A, Acevedo C, Administrativo A, Rivera I, Administrativa R. Equipo Técnico Así Vamos en Salud [Internet]. 2020 [cited 2022 Mar 1]. Available from: https://www.asivamosensalud.org/sites/default/files/indice_asi_vamos_en_salud_2020_final_vf_1.pdf
12. Alcaldía Municipal de Quetame, Cundinamarca. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL [Internet]. OFICINA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. 2008 [cited 2022 Feb 25]. Available from: <https://repositoriodim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/9928/2081-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. Jiménez Quintero CA, Pantoja Estrada AH, Leonel HF. Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuena "La Pila." Universidad y Salud [Internet]. 2016 Dec 20 [cited 2022 Feb 26];18(3):417. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v18n3/v18n3a03.pdf>
14. Alcaldía de Quetame. Vereda Naranjal [Internet]. www.quetame-cundinamarca.gov.co. 2018 [cited 2022 Mar 4]. Available from: <http://www.quetame-cundinamarca.gov.co/municipio/mapas-y-territorios-872770>
15. Conference Proceedings UTMACH. C. Elegans como organismo modelo en estudios de la toxicidad ambiental en agua y sedimentos [Internet]. investigacion.utmachala.edu. ec. 2017 [cited 2022 Mar 4]. Available from: <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/download/308/252/475>
16. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Convocatoria para el fortalecimiento de proyectos en ejecución de CTel en ciencias de la salud con talento joven e impacto regional [Internet]. Minciencias. 2018 [cited 2022 Mar 1]. Available from: <https://minciencias.gov.co/convocatorias/vocaciones-cientificas-ctei/convocatoria-para-el-fortalecimiento-proyectos-en>
17. United Nations Development Programme. Sustainable Development Goals | United Nations Development Programme [Internet]. www.undp.org/es. 2022 [cited 2022 Mar 1]. Available from: https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=EAlaIQobChMlw_N67Sd9gI-VjsGGCh05bQEOEAYASAAEgLOovD_BwE
18. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca: Uicolmayor. Listado de Convenios [Internet]. [Unicolmayor.edu.co](http://unicolmayor.edu.co). 2020 [cited 2022 Mar 1]. Available from: https://www.unicolmayor.edu.co/portal/recursos_user///ProyeccionSocial/2020/Convenios/ListadoConvenios2020.xlsx
19. Alcaldía Municipal de Quetame, Cundinamarca. Alcaldía Municipal de Quetame [Internet]. www.quetame-cundinamarca.gov.co. 2022 [cited 2022 Mar 1]. Available from: <http://www.quetame-cundinamarca.gov.co/>
20. Función Pública de Colombia. Decreto 1377 de 2013 - Gestor Normativo - Función Pública [Internet]. www.funcionpublica.gov.co. 2013 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53646>

21. National Geographic: Latinoamérica. 11 datos interesantes sobre el agua [Internet]. www.nationalgeographic.es. 2019 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.nationalgeographic.es/photoaquae/2019/03/11-datos-interesantes-sobre-el-agua>
22. González V, Romero C, Domínguez R, Benítez D. C. Elegans como organismo modelo en estudios de la toxicidad ambiental en agua y sedimentos. Conference Proceedings UTMACH [Internet]. 2018 Jul 19 [cited 2022 Mar 3];2(1). Available from: <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/308>
23. Avellaneda LM. Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de san antonio de anapoima [Internet] [Anteproyecto]. [Universidad Libre]; 2016 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%2011.pdf?sequence=1>
24. Campos V. Estudio de un método alternativo para la purificación de arsénico del agua. Revista de la Sociedad Química de México [Internet]. 2003 Sep 1 [cited 2022 Mar 5];47(3):283–6. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000300013
25. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Ministerio de Relaciones Exteriores - Normograma [Resolucion 2184 de 2019 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible] [Internet]. www.cancilleria.gov.co. 2019 [cited 2022 Mar 3]. Available from: https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_minambienteds_2184_2019.htm
26. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. FAO - SFM Detalles de herramientas: Cómo plantar un árbol [Internet]. www.fao.org. 2009 [cited 2022 Mar 3]. Available from: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tools-details/es/c/240958/>
27. Venegas M del RA, Moncada AFC, Alvis RG. Co-creación como metodología para la apropiación social de la ciencia y la tecnología (ascyt) del recurso agua. Caso Urabá-Antioqueño-Colombia. El Ágora USB [Internet]. 2016 Jan 6 [cited 2022 Mar 5];16(1):277–86. Available from: <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Agora/article/view/2176/1904>
28. Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. Manejo y tratamiento del agua mediante tecnologías, apropiación social del conocimiento y las TIC [Internet]. ideasparaelcambio.minciencias.gov.co. 2018 [cited 2022 Mar 5]. Available from: <https://ideasparaelcambio.minciencias.gov.co/reto/manejo-y-tratamiento-del-agua-mediante-tecnolog%C3%ADas-apropiaci%C3%B3n-social-del-conocimiento-y-las>
29. Ángel Amézquita Berjan M. Apropiación Social De Ecotecnologías En Comunidades Vulnerables: Caso De Estudio Filtros Cerámicos Para El Acceso Al Agua Segura En La Vivienda [Internet] [Tesis de Maestria]. [Universidad Tecnológica De Pereira]; 2017 [cited 2022 Feb 2]. Available from: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/02f3a854-5be5-4d17-a6c8-fb3cf1497a46/content>
30. Burgos KR, Martínez RO, Díaz CR, Estrada JE, Solano AG. Fundamentos para la apropiación social de la cultura del agua en la educación básica del departamento del Atlántico, Colombia [Internet] [Tesis de Doctorada]. [Universidad del Atlantico]; 2016 [cited 2022 Mar 3]. Available from: https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/2606/Cap_5_Fundamentos_Apropiaci%C3%B3nSocial.pdf?sequence=9&isAllowed=y

31. Ministerio de Salud y Protección Social. Informe Nacional De Calidad Del Agua Para Consumo Humano Inca 2016 [Internet]. www.minsalud.gov.co/. 2016 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/ssa-inca-2016.pdf>
32. Ministerio de Vivienda. Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Y Saneamiento Básico Rural [Internet]. minvivienda.gov.co/. 2021 [cited 2022 Feb 28]. Available from: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/2021-03/9.-plan-nacional-sasbr-vf.pdf>
33. Fernando Moreno Ariza B. Análisis A La Adición De Recursos Otorgada Al Convenio Interadministrativo Suscrito Entre Empresas Públicas De Cundinamarca Y El Municipio De Quetame - Cundinamarca [Internet] [Tesis Especialista en Gerencia de Obra]. [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA]; 2020 [cited 2022 Feb 26]. Available from: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24581/1/PROYECTO_551400%20%281%29.pdf
34. Contraloría de Cundinamarca. Agua Potable en Cundinamarca [Internet]. www.car.gov.co/. 2019 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5e29f8f13c3ee.pdf>
35. Hiller-Sturmhöfel S, Bartke A. The endocrine system: an overview. *Alcohol Health and Research World* [Internet]. 1998 [cited 2022 Mar 4];22(3):153–64. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6761896/>
36. Weisenburger DD. Human health effects of agrichemical use. *Human Pathology* [Internet]. 1993 Jun [cited 2022 Mar 2];24(6):571–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8505035/>
37. Pabón SE, Benítez R, Sarria RA, Gallo JA, Pabón SE, Benítez R, et al. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2022 Mar 2];14(27):9–18. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672020000100009
38. Salas-Mercado D, Hermoza-Gutiérrez M, Salas-Ávila D. Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2022 Mar 5];37(4):185–93. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602020000400001
39. Madero A, Marrugo J. Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba* [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2022 Mar 4];16(1). Available from: <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/298>
40. Chambi Parisaca LJ, Orsag Céspedes V, Niura Zurita A. Evaluación de la presencia de metales pesados en suelos agrícolas y cultivos en tres microcuencas del municipio de Poopó-Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* [Internet]. 2017 [cited 2022 Mar 5];4(1):67–73. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182017000100009&lng=es&nrm=iso
41. Laino Guanes RM, Bello Mendoza R, González Espinosa M, Ramírez Marcial N, Jiménez Otárola F, Musálem Castillejos K. Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. *Sistema de Información Científica Redalyc* [Internet]. 2015 [cited 2022 Mar 4];VI(4):61–74. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353543299004>

42. Bräuner EV, Nordsborg RB, Andersen ZJ, Tjønneland A, Loft S, Raaschou-Nielsen O. Long-Term Exposure to Low-Level Arsenic in Drinking Water and Diabetes Incidence: A Prospective Study of the Diet, Cancer and Health Cohort. *Environmental Health Perspectives* [Internet]. 2014 Oct [cited 2022 Mar 4];122(10):1059–65. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4181933/>
43. Longnecker MP, Daniels JL. Environmental contaminants as etiologic factors for diabetes. *Environmental Health Perspectives* [Internet]. 2001 Dec 1 [cited 2022 Mar 5];109(Suppl 6):871–6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240622/>
44. Hall EM, Acevedo J, López FG, Cortés S, Ferreccio C, Smith AH, et al. Hypertension among adults exposed to drinking water arsenic in Northern Chile. *Environmental Research* [Internet]. 2017 Feb [cited 2021 Mar 3];153(99):99–105. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5534354/>
45. Islam M, Khan I, Attia J, Hassan S, McEvoy M, D'Este C, et al. Association between Hypertension and Chronic Arsenic Exposure in Drinking Water: A Cross-Sectional Study in Bangladesh. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet]. 2012 Dec 7 [cited 2021 Mar 1];9(12):4522–36. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3546776/>
46. Karagas MR, Gossai A, Pierce B, Ahsan H. Drinking Water Arsenic Contamination, Skin Lesions, and Malignancies: A Systematic Review of the Global Evidence. *Current environmental health reports* [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2022 Mar 4];2(1):52–68. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4522704/>
47. Cheng P-S, Weng S-F, Chiang C-H, Lai F-J. Relationship between arsenic-containing drinking water and skin cancers in the arseniasis endemic areas in Taiwan. *The Journal of Dermatology* [Internet]. 2015 Aug 18 [cited 2022 Mar 4];43(2):181–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26283637/>
48. Verweij PE, van Egmond M, Bac DJ, van der Schroeff JG, Mouton RP. Hygiene, skin infections and types of water supply in Venda, South Africa. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* [Internet]. 1991 Sep 1 [cited 2022 Mar 5];85(5):681–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1781009/>
49. Ghosh P, Banerjee M, De Chaudhuri S, Chowdhury R, Das JK, Mukherjee A, et al. Comparison of health effects between individuals with and without skin lesions in the population exposed to arsenic through drinking water in West Bengal, India. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* [Internet]. 2007 May 1 [cited 2022 Mar 4];17(3):215–23. Available from: <https://www.nature.com/articles/7500510>
50. Centros para el control y la prevención de enfermedades. Enfermedades transmitidas en aguas recreativas | Healthy Swimming | Healthy Water | CDC [Internet]. www.cdc.gov. 2021 [cited 2022 Mar 5]. Available from: <https://www.cdc.gov/healthywater/swimming/esp/rwi-esp.html>