

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 1 de 108

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Información General		
Programa:___Proyecto:___X___	Tipo de informe: Parcial ___ Final <u>X</u> ___	Informe No. 4 de 4
Título	Evaluación de los efectos en la salud en la población vulnerable del territorio colectivo Zanjón de Garrapatero expuesta a vertimientos contaminantes por explotación minera.	
Código	110789466315	
Número de la convocatoria	894-2018	
Número de contrato	848-2018	
Programa Nacional o área de Colciencias al cual se encuentra adscrito el proyecto	Programa Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación en Salud.	
Nombre del investigador principal	Jesús Olivero Verbel	
Entidades ejecutoras y beneficiarias	Universidad de Cartagena	
Fecha de inicio del programa/proyecto	22-02-2019	
Fecha de entrega del informe	8 de abril de 2021	
Ciudad/País	Cartagena/Colombia	

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 5 de 108

2. RESUMEN

La minería artesanal de oro en Colombia produce anualmente cerca de 30 toneladas del metal precioso, sin embargo, el impacto generado por esta actividad en los ecosistemas colombianos es una de las principales preocupaciones de las comunidades y autoridades. El Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero (CCZG) es un sujeto colectivo de comunidades negras ubicado ancestralmente en los valles interandinos, al sur occidente del Municipio de Santander de Quilichao, Cauca. En esta zona han sido identificadas actividades de extracción aurífera mediante el uso de mercurio (Hg), elemento tóxico que puede contaminar el ambiente y una vez en los humanos impactar su salud con consecuencias sociales, económicas y culturales en la comunidad. Debido a esta situación de riesgo potencial, el Juzgado Primero Civil del Circuito Especializado en Restitución de Tierras de Popayán profirió el Auto Interlocutorio No. 022, enmarcado dentro del Proceso de Restitución de Tierras 19001-31-21-001-2017-00177-00, a través del cual ordenó medidas cautelares al Ministerio de Salud y Protección Social, con el objeto de evaluar los posibles efectos a la salud derivados de la exposición a vertimientos contaminantes productos de la minería de oro sobre la población vulnerable (niños, niñas, mujeres embarazadas y adultos mayores) al interior del CCZG. Para llevar a cabo esta actividad, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) realizó la convocatoria pública 848 de 2018, a través de la cual fue seleccionada la Universidad de Cartagena, representada por el Grupo de Química Ambiental y Computacional como ejecutor. El objetivo principal del estudio fue evaluar los efectos en la salud de la población vulnerable del territorio colectivo Zanjón de Garrapatero expuesta a vertimientos contaminantes por explotación minera. Este informe técnico final resume recoge la metodología utilizada y los resultados generados con el proyecto, el cual fue desarrollado por fases. La primera consistió en la socialización de los objetivos ante las autoridades gubernamentales, distritales y del consejo comunitario entrenamiento de el equipo técnico, trabajo de campo, recolectando información sociodemográfica de la población, y sobre una muestra de la misma, fueron realizadas la encuesta general de salud, valoraciones médicas, y toma de muestras biológicas humanas (cabello, sangre y orina), aplicación de test de medición de coeficiente intelectual en las veredas seleccionadas (Mazamorrero, Bajo San Francisco, La Toma (que incluye el sector los ángeles), Alto Palmar, El Palmar y Santa Lucía), y con la inclusión posterior de la vereda Ardovelas por petición expresa del Ministerio de Salud. Así mismo, fueron obtenidas muestras ambientales de sedimentos, suelo, agua, peces y árboles. La fase de laboratorio incluyó el análisis de Mercurio Total (Hg-T) en cabello, orina y sangre de voluntarios, así como análisis hematológicos, marcadores bioquímicos para función hepática, renal y de riesgo cardiovascular, y en niños, estudios a nivel molecular para marcadores de exposición a metales y estrés oxidativo, así como la medición del coeficiente intelectual. En las muestras ambientales fueron medidos los niveles de Hg-T y en aguas parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fueron procesados estadísticamente realizando comparaciones de medias entre grupos y análisis de asociación entre diferentes variables.

Todas las muestras colectadas fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad de Cartagena y los resultados obtenidos se describen en el presente informe y en el libro que se presenta como producto del estudio.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 6 de 108

3. SINOPSIS TÉCNICA

En el marco de los compromisos establecidos para la ejecución del estudio, fueron desarrolladas las siguientes etapas. El proceso inició con la socialización del estudio ante las comunidades beneficiarias y autoridades implicadas, dándoles a conocer el objeto de la investigación y su alcance. Adicionalmente, fueron concertados detalles técnicos y logísticos para la ejecución del estudio. En una primera visita al área de estudio se recolectaron 19 muestras de suelo y sedimentos, además de muestras de corteza de 4 especies de árboles para la determinación de niveles de mercurio total (Hg-T). Culminada esta etapa, fue ajustada la metodología, incluyendo el entrenamiento para el operativo de campo con el personal de apoyo, de acuerdo con sus funciones. Esta etapa también permitió realizar la estandarización, validación y ajustes de los formatos de recolección de información. Posteriormente, la ejecución de la prueba piloto permitió la aplicación de la encuesta sociodemográfica y general de salud, en la comunidad de San Antonio, vereda contigua al área de estudio. Finalizada la etapa de diseño, fue desarrollada la etapa de trabajo de campo en todas las veredas del CCZG (Mazamorrero, Bajo San Francisco, La Toma, incluyendo el sector los Ángeles, Alto Palmar, El Palmar y Santa Lucía) y con la inclusión posterior de la vereda Ardovelas por petición del Ministerio de Salud, permitiendo caracterizar la población mediante la aplicación de la encuesta general sociodemográfica y de salud, las valoraciones médicas a la población objeto de estudio. Complementariamente, fueron tomadas muestras biológicas (sangre, orina, cabello), y la aplicación de los test de coeficiente intelectual (CI). Así mismo, fueron colectadas la totalidad de las muestras ambientales (sedimentos, aguas, suelo, peces y árboles).

Como resultado de la fase de campo fueron aplicadas 725 encuestas sociodemográficas en las viviendas del CCZG. Con el siguiente orden de participación: El Palmar (162), La Toma (135), Bajo de San Francisco (131), Santa Lucía (113), Alto Palmar (68), Mazamorrero (67), Ardovelas (49). La efectividad en la aplicación de las encuestas fue del 80 %, para el orden que se indica a continuación: El Palmar (121) > La Toma (115) > Bajo San Francisco (99) > Santa Lucía (92) > Mazamorrero (59) > Ardovelas (48) > Alto Palmar (46).

Para el caso de la encuesta general de salud, fueron aplicadas un total de 432 encuestas, de las cuales 229 fueron adultos mayores, 182 menores de 5 años y en menor número las mujeres embarazadas cuya participación fue de 20 personas, y 1 encuesta rechazada. Paralelo a las evaluaciones médicas, fueron tomadas las muestras sanguíneas, de orina y cabello, así mismo, fueron aplicados los test de CI a 52 niños del CCZG, así como 49 niños con el mismo rango de edades, en otro municipio de la Costa Caribe (Mahates, Bolívar).

Fueron colectadas y procesadas en total, 332 muestras de cabello, 305 de suero para parámetros bioquímicos, 297 de sangre total para análisis de hematología y mercurio, y 290 muestras de orina para análisis bioquímicos y de mercurio. En el caso de las muestras ambientales, fueron colectadas 224 muestras de suelo superficial, 62 muestras de peces y en el caso de las muestras de sedimentos y agua fueron colectadas una muestra para cada matriz en cada uno de los diez puntos de muestreo. A las muestras de agua, les

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 7 de 108

fueron analizados parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y a la totalidad de muestras ambientales los niveles de mercurio total. Además, fueron analizados en 4 especies de árboles muestras de corteza y médula, las cuales fueron fraccionadas para el análisis de mercurio.

Los resultados mostraron que los grupos vulnerables evaluados poseen bajas concentraciones de Mercurio total en las matrices analizadas, aunque existen niveles altos de mercurio en algunos sedimentos, así como impactos por vertimientos realizados sobre los cuerpos de agua, comprometiendo la calidad ambiental de la zona.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 8 de 108

4. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

4.1 Cumplimiento del objetivo general

OBJETIVO GENERAL:	Evaluar la exposición a vertimientos contaminados con Hg producto de la minería y su posible relación con efectos en la salud de la población vulnerable del territorio Colectivo Zanjón de Garrapatero.		% de Cumplimiento	100 %
RESULTADO OBTENIDO	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	DIFICULTADES	OBSERVACIONES	
Desarrollo de la Fase I o Fase de diseño.	Anexo 1. Acta de reunión de entrenamiento para operativo de campo del personal de apoyo. Anexo 2. Representación gráfica de distancias recorridas por el equipo de trabajo durante la aplicación de la Encuesta sociodemográfica. Anexo 3. Representación gráfica de las distancias recorridas por el equipo de trabajo durante la aplicación de la Encuesta General de Salud durante la Prueba Piloto.	Retraso en la implementación de las encuestas debido al riguroso proceso de ajuste de las guías e instrumentos de encuesta por parte de los representantes de las entidades intervinientes. Esto permitió reducir el margen de error al momento de obtener la información.	La prueba piloto fue realizada en la Vereda San Antonio, perteneciente al Consejo Comunitario Aires de Garrapatero (CCAG), en concordancia con las directrices dadas por Colciencias. Las autoridades locales realizaron acompañamiento durante todo el desarrollo de la actividad.	

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 9 de 108

Fase II (operativa de campo). Obtención de información Sociodemográfica.	Anexo 4. Formato de encuesta sociodemográfica. Anexo 4A. Matriz de encuestas Sociodemográficas en Excel. Anexo 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H. Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo.	Las dificultades presentadas en esta etapa de campo estuvieron relacionadas con la disponibilidad de tiempo de los participantes debido a las actividades de campo y venta de productos en el mercado que normalmente realizan en la zona urbana, sumado al difícil acceso del terreno a algunas veredas para la colección de la información en campo y la toma de muestras. Adicional a ello la escasa conectividad a red móvil dificultó las jornadas de convocatoria. No obstante, lo anterior, la participación de los líderes fue clave para convocar al mayor número de personas posibles. Otra dificultad estuvo relacionada con participantes que, a pesar de ser convocados en varias ocasiones, no asistieron a la toma de muestras. La última salida de campo fue realizada a finales de febrero de 2020. En la etapa de análisis en laboratorio la mayor dificultad que conllevo a un retraso general del proyecto es lo relacionado con la actual emergencia ocasionada (pandemia) del COVID-19 que ocasionó la suspensión total de las actividades de laboratorio.	En el desarrollo de esta etapa un total de 725 de encuestas fueron realizadas, con una efectividad del 80% en las seis veredas. La información colectada fue revisada por el crítico, digitada, verificada y analizada con ayuda de varios paquetes estadísticos, tales como SPSS y Prisma.
---	--	--	--

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 10 de 108

Fase II (operativa de campo). Obtención de la información general de salud.	Anexo 5. Formato de encuesta general de salud Anexo 5A. Formatos de encuesta general de Salud en formato PDF diligenciados en el campo. Anexo 5B. Matriz de Encuesta General de Salud en Excel.	Las dificultades corresponden a las mismas expuestas durante el desarrollo de las encuestas sociodemográficas.	Fueron realizadas a un total de 432 encuestas de salud a 182 niños, 20 embarazadas y 229 adultos mayores, y 1 encuesta rechazada (no efectiva). Esta información fue colectada en su totalidad, digitalizada, revisada y analizada por diferentes paquetes estadísticos (Anexo 5A).
Fase II (operativa de campo). Realización de valoraciones médicas en campo.	Anexo 6. Formato de valoración médica para adultos mayores. Anexo 6A. Formato de valoración médica para menores de 5 años. Anexo 6B. Formato de valoración médica para embarazadas. Formatos de Valoraciones médicas en formato PDF diligenciados en el campo para Niños (Anexo 6C), embarazadas (Anexo 6D) y adultos (Anexo 6E), Organizadas por veredas y por equipos de trabajos, a su vez, la información digitada en Excel (Anexo 6F. Matriz de valoraciones médicas en Excel)	Muchos de los participantes presentan movilidad reducida por lo que el equipo se tuvo que desplazar hasta sus casas haciendo más lento el proceso.	Las valoraciones médicas fueron realizadas a un total de 415 personas, distribuidos de la siguiente manera: población adulta mayor 220, niños menores de 5 años 177 y mujeres embarazadas 18. Esta información fue colectada, digitalizada, revisada y analizada a través de paquetes estadísticos.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 11 de 108

Fase II (operativa de campo). Obtención de muestras biológicas y ambientales	Anexo 7. Matriz de resultados finales de bioquímica. Anexo 7A. Matriz de resultados de hematología. Anexo 7B. Resumen estadístico de resultados bioquímicos. Anexo 7C. Resumen estadístico de resultados hematológicos.	La principal dificultad para la toma de muestras estuvo relacionada con el difícil acceso al terreno en algunas veredas, sumado al orden público de la región.	Las muestras biológicas fueron analizadas en su totalidad para los análisis correspondientes a hematología, bioquímica sanguínea. Biología molecular en el caso de los niños, análisis de Hg en sangre, cabello y orina. Las muestras ambientales fueron colectadas en su totalidad.
---	--	--	--

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 12 de 108

Fase II (operativa de campo). Aplicación de Test de CI	Anexo 8. Resultados de aplicación de test de coeficiente intelectual.	La mayor dificultad alrededor de la aplicación de los test de IQ estuvo relacionada con la ausencia de un representante legal del menor a la hora de aplicar la prueba, muchos padres no estaban en las viviendas por lo que estos niños no fueron evaluados.	El test de coeficiente intelectual fue aplicado a un total de 50 niños en la zona de estudio (CCZG) y 50 niños en una zona de referencia (Mahates, Bolívar). Los resultados de las evaluaciones obtenidos se muestran en el Anexo 8.
---	--	---	--

4.2 Cumplimiento de los objetivos específicos.

OBJETIVO ESPECÍFICO:1	Describir las condiciones demográficas y socio-económicas de la población objeto de estudio.		% de cumplimiento:	100 %
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES	
Protocolo ajustado	Producto 1. Documento con el protocolo ajustado.	Anexo 9. Documento técnico con el protocolo ajustado.	Este documento fue ajustado y aprobado por Colciencias y el Ministerio de Salud y Protección Social.	
Desarrollo de la prueba piloto.	Producto 2. Documento con el informe de resultados de la prueba piloto	Anexo 9A. Documento técnico con los resultados de la prueba piloto.	La evaluación de los aspectos logísticos inherentes al desarrollo de la prueba piloto, necesaria para determinar el rendimiento en campo, contempló el análisis de rendimiento individual por encuestador, la duración promedio por encuesta, y la distancia total recorrida por el operativo de campo durante la aplicación de cada uno de los formatos de captura de información.	

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 13 de 108

Entrenamiento operativo de campo.	Producto 3. Documento que dé cuenta del entrenamiento para el operativo de campo.	Anexo 9B. Documento técnico con los resultados obtenidos durante el entrenamiento operativo de campo al personal de apoyo.	El análisis del rendimiento de trabajo individual y de los equipos de trabajo (tiempo empleado para aplicación de formatos y recorridos), determinó que es conveniente disponer de encuestadores individuales por área asignada.
Información sociodemográfica CCZG	Producto 4. Matriz en formato XML (Excel) con la totalidad de la información colectada, organizada por veredas. Con control de calidad. Producto 5. Formularios diligenciados en medio magnético, ordenados por veredas y número de encuesta organizados de forma separados por veredas, y debidamente nombrados, y los equipos de campo responsables de la información.	Anexo 4A. Matriz de encuestas Sociodemográficas en Excel. Anexo 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G y 4H. Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en campo.	En esta etapa el acompañamiento del personal perteneciente al CCZG fue fundamental para lograr el acercamiento y cumplimiento de la actividad, lo que permitió cubrir el 100% de las viviendas del CCZG.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 14 de 108

OBJETIVO ESPECÍFICO: 2	Caracterizar la calidad fisicoquímica y microbiológica, y los niveles de mercurio presentes en matrices ambientales (agua, suelo, sedimentos y pescado).			% de cumplimiento:	100 %
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCION DE RESULTADOS	OBSERVACIONES		
Hg en suelos y sedimentos.	Producto: Informe técnico final y libro que contiene toda la información de la descripción.	Anexo 10. Coordenadas de los sitios de toma de muestra de sedimentos y agua.	Un total de 224 muestras de suelo fueron tomadas en todo el territorio (Anexo 10A) y 10 muestras de sedimentos en los diferentes cuerpos de agua del CCZG. Las muestras fueron liofilizadas y tamizadas y analizadas para Hg total (Anexo 10B).		
Hg en peces.	Producto: Informe técnico final y libro que contiene toda la información de la descripción.	Anexo 10B. Matriz de resultados finales de Hg total en matrices ambientales (sedimentos, agua, suelos, peces y árboles)	Dada la tardanza del trámite administrativo para la obtención del permiso de colecta por la CRC (Anexo 10C), y atendiendo que ya las jornadas de muestreo estaban por culminar, las muestras fueron obtenidas de los vendedores de las plazas de mercado. Un total de 62 muestras fueron adquiridas, distribuidas en 4 especies comerciales representativas, a las cuales les fue analizado el contenido de Hg total.		

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 15 de 108

Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua y niveles de mercurio.	Producto: Informe final que contiene toda la información de la descripción.	Anexo 11. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua de CCZG. Anexo 10B. Matriz de resultados finales de Hg total en matrices ambientales (sedimentos, agua, suelos, peces y árboles)	Un total de 10 muestras de agua fueron tomadas en 10 cuerpos de agua importantes en el territorio. El análisis de microbiológico y fisicoquímico fue contratado con el Laboratorio EcoQuímica en la ciudad de Cali, y el análisis de Enterococos por Cardique en la ciudad de Cartagena. El análisis de Mercurio total en agua fue realizado en la Universidad de Cartagena.
--	---	--	--

OBJETIVO ESPECÍFICO: 3	Determinar los niveles de mercurio en matrices biológicas (cabello, sangre, orina).	% de cumplimiento:	100 %
-------------------------------	---	---------------------------	--------------

RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES
Cuantificación de niveles de Hg en cabello sangre y orina	Producto: Informe técnico final que contiene toda la información de la descripción.	Anexo 12. Matriz con resultados finales Hg-T en Cabello, sangre y orina.	Fueron tomadas en total 332 muestras de Cabello, las cuales fueron procesadas y analizado la concentración de Mercurio total. También fueron tomadas 290 muestras de orina, las cuales fueron pre-tratadas y analizada la concentración de Mercurio total.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 16 de 108

Determinación de Hg orgánico en muestras seleccionadas.	NA	Ninguno	Dado que ninguna de las muestras superó la concentración de 10 µg/g en la matriz, este análisis no fue realizado.
---	----	---------	---

OBJETIVO ESPECÍFICO: 4	Establecer las condiciones de salud de la población de estudio, haciendo énfasis en la identificación de signos y síntomas posiblemente relacionados con la exposición a mercurio.		% de cumplimiento:	100%
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES	

Test de medición de coeficiente intelectual. El test Breve de Inteligencia de Kaufman (K-BIT), en sus dos escalas, vocabulario y matrices, será impartido en niños y niñas de acuerdo con lo reportado en la literatura.	Producto 6: Informe de la prueba de coeficiente intelectual.	Anexo 8. Resultados de aplicación de test de coeficiente intelectual.	Un total de 50 test fueron aplicados a niños menores de 5 años al interior de la población de estudio (CCZG), igual número participantes fueron estudiados en la población de Mahates (comunidad afrodescendiente, ubicada al norte del departamento de Bolívar) con el fin de realizar comparaciones entre los dos sitios. Esta última etapa no está contemplada en el proyecto, pero dada la similitud étnica, se consideró tener una población de referencia.	
--	---	--	--	--

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 17 de 108

Análisis hematológico	Producto: Informe técnico final que contiene toda la información de la descripción.	Anexo 7A. Matriz de resultados de hematología. Anexo 7C. Resumen estadístico de resultados hematológicos.	La totalidad de las muestras sanguíneas fueron tomadas en el CCZG. En el marco del proyecto fueron realizados los análisis hematológicos y de micronúcleos en extendido de sangre periférica. Los resultados analizados con diferentes paquetes estadísticos.
Evaluación de parámetros bioquímicos.	Producto. Informe técnico final que contiene toda la información de la descripción.	Anexo 7. Matriz de resultados finales de bioquímica. Anexo 7B. Resumen estadístico de resultados bioquímicos.	La totalidad de las muestras fueron obtenidas, procesadas en los Laboratorios de Bioquímica del Grupo de Química Ambiental. Los resultados fueron analizados por diferentes paquetes estadísticos y serán empleados para la publicación de un artículo científico.
Realización de ensayos de expresión génica.	Producto: Informe técnico final que contiene toda la información de la descripción.	Este informe contiene la información en la sección de resultados de salud.	La totalidad de las muestras fueron obtenidas y analizadas en Laboratorios de Biología Molecular del Grupo de Química Ambiental y Computacional. Los resultados serán empleados para la publicación de un artículo científico.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 18 de 108

OBJETIVO ESPECÍFICO: 5	Establecer posibles relaciones entre las condiciones sociales, ambientales y sanitarias con los hallazgos clínicos y los resultados de los niveles de mercurio en biomarcadores de exposición.		% de cumplimiento:	100 %
RESULTADO OBTENIDO	PRODUCTO (si aplica)	ANEXO SOPORTE DEL DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	OBSERVACIONES	
Evaluación de las relaciones entre variables sociales, ambientales, sanitarias, hallazgos clínicos frente a las concentraciones de Hg en sangre, cabello y orina.	No aplica	Anexo 13. Tablas de correlaciones para variables evaluadas frente a las concentraciones de Hg en sangre, cabello y orina.	Se realiza análisis con todas las variables y evaluaciones realizadas incluyendo condiciones sociales, ambientales y sanitarias, variables bioquímicas, hematológicas, comparadas frente a las concentraciones de Hg total en cabello sangre y orina para los tres grupos poblacionales. Para establecer el estado de salud.	

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 19 de 108

5. DESCRIPCIÓN DE OTROS RESULTADOS OBTENIDOS

OTROS RESULTADOS	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO OBTENIDO	ANEXO SOPORTE
Artículo de investigación en revistas categoría A1	2	Publicación de resultados en revistas indexadas dentro del cuartil 1 (bases de datos ISI [CSI y SSCI] o Scopus)	Anexo 14. Borrador del artículo que será sometido para publicación.
Cartillas	3	Cartillas. Rotafolios sobre la exposición de Hg y medidas de control para la comunidad en general.	Anexo 15. Generalidades del Mercurio Anexo 15A. Efectos del Mercurio sobre la salud humana. Anexo 15B. Medidas para el control de Mercurio en comunidades mineras
Videos	1	Video con los resultados del proyecto.	En el siguiente link estará disponible el video del proyecto: https://www.youtube.com/channel/UCmMMvbFaMsQQcUYMz9COW4Q
Libro resultado de investigación	1	Libro resultado de la investigación o borrador avalado por una editorial para ser publicado. Ejemplares electrónicos.	Anexo 16. Libro digital con los resultados de la investigación.
Base de datos	1	Observatorio Nacional del Mercurio. Esta es una base de datos en formato Google Earth en donde aparecerán los resultados de este estudio y todos los reportes de mercurio en cabello disponibles para	En el siguiente link podrá ser consultada la información relacionada: http://www.haspe.co/ocm/

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 20 de 108

		Colombia que hayan sido publicados en revistas indexadas o por organismos gubernamentales.	
Documento técnico	1	Documento con el informe de resultado de la prueba piloto.	Anexo 9A. Documento técnico con los resultados de la prueba piloto.
Documento técnico	1	Documento con el informe del entrenamiento para el operativo de campo.	Anexo 9B. Documento técnico con los resultados obtenidos durante el entrenamiento operativo de campo al personal de apoyo.
Documento técnico	1	Documento que dé cuenta de la verificación de la calidad a la base de datos según lo consignado en el memorando de contratación.	Anexo 16A. Documento técnico con la verificación de la información recolectada.
Documento técnico	1	Documento que dé cuenta de los resultados del operativo de campo.	Anexo 16B. Documento de resultados del operativo de campo (encuesta sociodemográfica y general de salud)
Documento técnico	1	Archivo SQL de consolidación de indicadores y demás solicitados en el memorando de contratación.	Anexo 16C. Se anexa la metodología de lectura de la base de datos SQL. Anexo 16D. Matriz final en archivo SQL de las encuestas sociodemográficas, organizadas, ajustadas y analizadas.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 21 de 108

Base de datos	1	Documento que contenga la base de datos con la documentación actualizada que cumple requerimiento de NTCPE 1000 y demás solicitados en el memorando de contratación.	Anexo 4A. Se anexa la matriz final en archivo Excel de las encuestas sociodemográficas organizadas, ajustadas y analizadas.
Divulgación de resultados a las autoridades locales, nacionales y sectoriales	1	Presentación de los resultados ante MSPS, secretarías de salud y autoridad ambiental departamento del Cauca, entidades a nivel nacional y territorial. Producto: Documento que certifique la socialización con la población involucrada, líderes y/o Consejo Comunitario, entidades gubernamentales y de salud.	Anexo 17. Registro de entrega de resumen ejecutivo y socialización del proyecto a entidades departamentales (secretarías de salud, Corporación Autónoma Regional del Cauca C.R.C). Anexo 17A. Registro fotográfico de la divulgación de resultados. Anexo 17B. Registro de entrega de resumen ejecutivo y socialización del proyecto a entidades locales (secretaría de salud, gobierno, ambiental, planeación y bienestar social)
Participación ciudadana en proyectos de CTel	8	Contratación de personal local para apoyo para el desarrollo del proyecto.	Anexo 18. Copia de los contratos del personal de apoyo incluido de la zona de estudio.
Participación ciudadana en proyectos de CTel	1	Actas de reunión y listado de participantes.	Anexo 19. Registro de entrega de resumen ejecutivo y socialización del proyecto en la comunidad y Oficina de enlace étnico del departamento del Cauca.
Circulación de Conocimiento especializado	2	Participaciones u organizaciones de eventos científicos, tecnológicos y de innovación (congresos, seminarios, foros, conversatorios, talleres, entre otros).	Fue desarrollado en la vereda La Toma, un curso taller sobre Toxicología Ambiental con los miembros del CCZG. Anexo 20. Listado de participantes al curso taller de Toxicología Ambiental.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 21 de 108

Circulación de Conocimiento especializado	1	Participación en eventos científicos. Circulación de conocimiento especializado	Los trabajos serán presentados en los siguientes eventos científicos: - SETAC Latin America 14th Annual Meeting.
Circulación de conocimiento especializado	1	Organización del Cuarto Simposio en Toxicología Ambiental, Tema: Salud Ambiental y Minería. Año de realización 2020.	Previsto para realizarse en la cuarta semana del mes de abril del año en curso.
Joven investigador	2	Vinculación de jóvenes investigadores.	Los jóvenes Zharick Guasa Palomino y Yesid Mina Ramos, pertenecientes al CCZG, dos jóvenes investigadores contratados en el marco del proyecto. Informes de actividades de Jóvenes investigadores en el marco del proyecto, Yesid Mina (Anexo 21), y Zharick Guaza (Anexo 21A)
Estudiante de doctorado	1	Vinculación de estudiante de Doctorado con pago de recursos para sostenimiento.	Anexo 22. Constancia de realización de la tesis a partir del proyecto del Candidato a Doctor en Toxicología Ambiental Javier Galvis Ballesteros.
Informe final	1	Informe final con los resultados de la investigación	Se entrega este informe final con los resultados obtenido en el proyecto.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 22 de 108

6. RESULTADOS ADICIONALES

DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO ADICIONAL	ANEXO SOPORTE
Durante los días 29 y 30 de abril, y 1 de mayo de 2019, fueron realizadas visitas de campo a veredas incluidas en el estudio: La Toma y el Palmar. Con el objetivo de realizar una inspección visual de las diferentes actividades desarrolladas en la zona. Este recorrido fue documentado a través de registros fotográficos. Adicional fueron colectadas muestras de matrices ambientales, incluyendo muestras de corteza de árboles, suelos y sedimentos, en zonas indicadas por la comunidad que han tenido relación con la actividad minera. Esta primera visita a la zona permitió identificar que en las veredas se desarrollan diferentes actividades agrícolas, como la siembra de piña, arroz y caña. Sin embargo, fue evidenciado también que la minería de oro está vigente y su desarrollo ocurre principalmente en las laderas de los ríos. La actividad minera es realizada mediante molinos que permiten pulverizar las rocas, y el residuo es lavado por miembros de la comunidad, para posteriormente separar las partículas de oro mezclándolo con el mercurio (Hg). Los resultados de las concentraciones de Hg Total en la región corteza-medular de las cuatro especies de árboles analizadas, se muestran en el Anexo 10B. Estos resultados preliminares muestran que el Higuierón fue la especie con mayor contenido de Hg Total (18.3 ± 2.3 µg/kg), seguida del Cedro y la especie 4 (NI), con 16.8 ± 2.5 y 15.0 ± 2.5 µg/kg, siendo el árbol de Pizano quien reportó el menor promedio de este metal (7.97 ± 0.68 µg/kg). Por su parte, los resultados de los muestreos de suelo y sedimentos son mostrados en el Anexo 10B. Además, de las muestras de suelo colectadas se identificaron 6 puntos críticos cercanos a las extracciones mineras abandonadas, a las cuales les fueron determinados los niveles de metales pesados y elementos trazas, mediante ICP-MS (Anexo 25).	Anexo 23. Contenido de Hg total en las muestras de corteza de árboles obtenidas en las veredas La Toma y El Palmar. Anexo 24. Sitios de muestreo preliminar y resultados del contenido de Hg total en muestras de suelo y sedimentos de las veredas La Toma y El Palmar (CCZG). Anexo 25. Resultado de metales pesados y elementos. Anexo 26. Afiche de Efectos del Hg en el embarazo. Anexo 27. Folleto informativo sobre el proyecto.

7. CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA

A continuación, serán descritos detalladamente los aspectos metodológicos empleados para las actividades realizadas.

7.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

Área y población objeto de estudio

El área de estudio estuvo conformada por diferentes veredas que hacen parte del Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero (CCZG), ubicadas en los valles inter-andinos, al sur occidente del Municipio de Santander de Quilichao, Cauca (**Figura 1**). La población aproximada es de 2536 habitantes, de los cuales 1920 (75%) habitan en las siete veredas seleccionadas para el estudio (El Palmar: 503; Santa Lucía: 353; Mazamorrero: 241; La Toma: 309; Alto Palmar: 67; San Francisco bajo: 227; Ardovelas: 220). El estudio incluyó a su vez los tres grupos poblacionales específicos que se consideran en condición de vulnerabilidad: niños y niñas (<5 años); ancianos y ancianas (>60 años) y embarazadas.

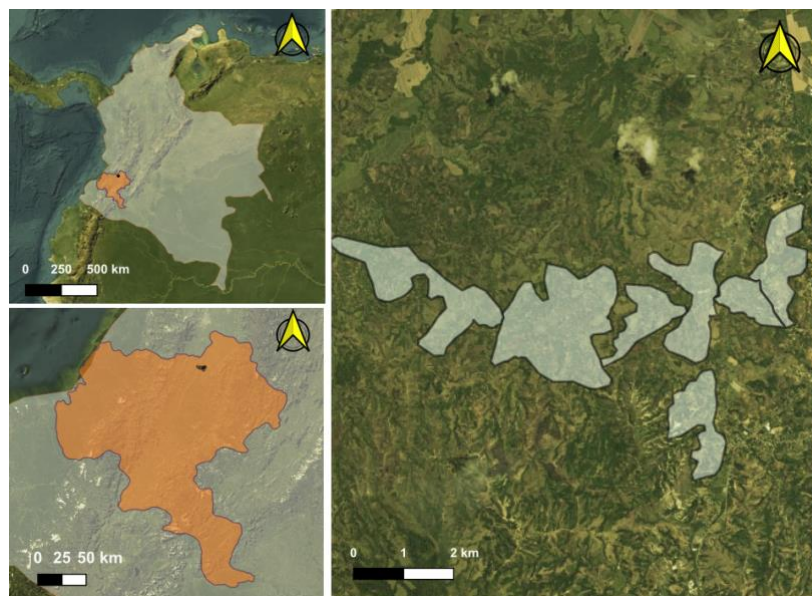


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Diseño de muestreo. En virtud a la alta dispersión existente en cuanto a la distribución espacial de la población en las comunidades del CCZG, el muestreo implementado fue por conglomerados (MCON), el cual es considerado un método apropiado para trabajar en zonas rurales donde los conglomerados suelen tener tamaños diferentes, debido a que sus áreas son regularmente definidas con ayuda de límites naturales como ríos, formaciones boscosas o carreteras, entre otras (Ospina, 2001). Con este tipo de diseño muestral se garantizó que cada vivienda de la población tuvo una probabilidad de selección conocida, la cual fue distinta de cero (Klinger, 2011). El marco muestral fue desarrollado eligiendo como Unidades Primarias de Muestreo (UPMU) cada una de las veredas para las cuales existió definición de sus límites, de acuerdo con lo establecido en el Sistema de Codificación de la División Político Administrativa de Colombia “Divipola” del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019). En los casos en que no fue posible contar con una clara delimitación de las veredas, el levantamiento de la información cartográfica fue realizado directamente en campo, con ayuda de guías de la comunidad.

El área de cada UPMU fue segmentada mediante cartografía digital en conglomerados conformados por parcelas o segmentos de aproximadamente 1-3 ha, constituyendo las unidades secundarias de muestreo (USM), dentro de las cuales fue contabilizado el número de hogares (Unidad terciaria: UTM). Con los códigos asignados previamente a cada conglomerado (USM), fue seleccionado un número de ellos de manera proporcional al tamaño de muestra estimado de acuerdo con la información sociodemográfica (ISD) disponible. En la etapa siguiente fueron seleccionadas las UTM (hogares) mediante muestreo aleatorio simple, sin reemplazo, para la selección de los individuos de la población objetivo, con los cuales fue estimado el promedio insesgado y la varianza de las variables de interés en las poblaciones objetivo, a un nivel de significancia del 95% con un error del 5%. El número de encuestas realizadas en campo para la obtención de información sociodemográfica y general de salud, así como las valoraciones médicas efectuadas en el territorio del CCZG son mostradas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Distribución de encuestas efectivas sociodemográficas, general de salud y valoraciones médicas realizadas en las comunidades del CCZG.

Comunidad	Tipo de encuesta		Valoraciones médicas		
	Socio-demográfica	General de salud	Niños	Embarazadas	Adultos mayores
	n	n	n (c) [s]	n (c) [s]	n (c) [s]
Alto Palmar	46	34	13 (10) [5]	1 (1) [0]	16 (13) [12]
Ardovelas*	48	61	25 (18) [25]	3 (2) [3]	20 (15) [18]
Bajo San Francisco	99	72	21 (18) [19]	2 (2) [1]	45 (39) [30]
El Palmar	121	93	45 (39) [40]	4 (4) [3]	47 (40) [39]
La Toma	115	68	25 (22) [18]	6 (5) [3]	33 (29) [27]
Mazamorrero	59	36	15 (8) [8]	1 (1) [1]	19 (14) [16]
Santa Lucía	92	64	28 (22) [10]	1 (1) [0]	32 (29) [27]
Total	580	428	172 (137) [125]	18 (16) [11]	212 (179) [169]

n, Número; (c), muestras colectadas de cabello; [s], muestras obtenidas de sangre.

Nota: Un grupo de niños fue seleccionado para los análisis de expresión de mRNA para los genes SOD (108), MT1K/MT1m (98) y MT1A (93), así como para la medición del coeficiente intelectual (49). *. La comunidad de Ardovelas fue incluida luego de finalizar las actividades de campo, por petición expresa del Ministerio de Salud.

Selección de personas incluidas en la muestra. Las personas incluidas en este análisis fueron seleccionadas mediante el método de selección aleatoria con afijación proporcional al número de habitantes de cada vereda, considerando en cada caso la localización de las unidades familiares en cada vereda.

Criterios de inclusión y exclusión. Dentro de los criterios considerados en el proceso de inclusión de los participantes estuvieron los siguientes: niños y niñas menores de 5 años, adultos mayores de 60 años y mujeres embarazadas, todos pertenecientes a la comunidad de Zanjón de Garrapatero, con tiempo de residencia mínimo de seis meses en esta zona, previo a la toma de muestras biológicas. Dentro de los criterios de exclusión estuvieron las personas que no firmaron el consentimiento y asentimiento informado y aquellas con discapacidad cognitiva.

7.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA Y DE SALUD

Instrumentos de recolección de la información. Para la recolección de la información general sociodemográfica, de salud y condición médica fueron diseñados cuestionarios estructurados de acuerdo con las directrices y aprobación del Ministerio de Salud.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
Versión: 01		
Fecha: 2020-05-15		
Página: 26 de 108		

Manejo logístico y desarrollo de encuestas. Durante esta fase, diversos colaboradores locales que hicieron parte de la investigación fueron capacitados sobre diversos lineamientos operativos y logísticos, tales como las rutas de trabajo, las relaciones jerárquicas que tendrían que considerar respecto al manejo de la información, los materiales y documentación necesaria para el levantamiento de la información a través de las encuestas que se manejaron de forma directa en las unidades primarias, secundarias y terciarias de muestreo, entre otras. La ejecución de las encuestas fue llevada a cabo una vez los encuestadores estuvieron debidamente capacitados sobre la manera correcta de diligenciar los instrumentos, lo cual fue apoyado con el suministro de manuales especialmente diseñados para los dos tipos de encuesta (sociodemográfica y de salud). Todo el proceso de preparación fue ajustado y validado en el desarrollo de la prueba piloto.

Prueba piloto. Una prueba piloto fue realizada con el propósito de validar los instrumentos diseñados para el registro de información, así como para ajustar tiempos y logística del trabajo de campo. Esta fue ejecutada en la Vereda San Antonio, la cual pertenece al Consejo Comunitario Aires de Garrapatero (CCAG), pero geográficamente está contigua al área de estudio. Este ejercicio permitió ajustar las estrategias de toma de muestras con la logística de campo, fijó la necesidad de acompañamiento por representantes de la comunidad, y permitió evaluar los requerimientos en materia de supervisión y evaluación del desempeño de cada encuestador.

Aplicación de encuestas sociodemográficas. Luego de validar los instrumentos de recolección de datos, y recibir el aval por parte del Minsalud y Minciencias, fueron realizadas las encuestas directamente en las viviendas ubicadas en cada uno de los segmentos previamente establecidos en la cartografía definida para la zona.

Aplicación de encuestas de salud. La recolección de información de salud general fue dirigida a la población objetivo, es decir, mujeres embarazadas, niños menores de 5 años y población adulta mayor (>60 años). Estas encuestas fueron aplicadas por personal capacitado en el área de la salud, enfermeras o auxiliares de enfermería en acompañamiento de supervisores, personal de apoyo y crítico de campo.

7.3. VALORACIONES MÉDICAS Y DE COEFICIENTE INTELECTUAL

Valoraciones médicas. Las valoraciones médicas fueron desarrolladas por médicos generales de la zona de estudio, en compañía del personal de enfermería, supervisores, personal de apoyo y líderes de la comunidad. Para tal fin se dispusieron espacios en cada vereda con una adecuación mínima necesaria para el correcto desarrollo de la anamnesis médica. La convocatoria de los participantes voluntarios fue realizada mediante llamadas telefónicas individuales y avisos en sitios estratégicos de la comunidad.

La evaluación médica incluyó la identificación de antecedentes patológicos, toxicológicos y gineco-obstétricos (Para el caso de las embarazadas), además de un examen físico completo con énfasis en el sistema neurológico. Esta evaluación fue enfocada en la

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 27 de 108

identificación de antecedentes y hallazgos clínicos relacionados con la exposición a Hg, de acuerdo con lo descrito en la literatura (WHO, 2016).

Aplicación del test de coeficiente intelectual a los niños. El Test Breve de Inteligencia de Kaufman fue aplicado a un total de 49 niños de 5 años de edad habitantes en el territorio del CCZG, para ello. La prueba fue llevada a cabo en un lugar con condiciones adecuadas de tranquilidad y privacidad, estableciendo puntuaciones para Coeficiente intelectual (CI) a partir de escalas matrices y vocabulario. El test fue aplicado por una psicóloga con experiencia previa. De igual forma, la prueba también fue realizada a 52 niños de la misma edad habitantes de Mahates (Bolívar), con condiciones étnicas y demográficas similares.

7.4. ANÁLISIS PARACLÍNICOS Y DE MERCURIO EN MATRICES HUMANAS

Obtención de muestras humanas para análisis

Muestras de sangre

La toma de muestras de sangre fue realizada por profesionales de la salud (enfermeras y bacteriólogos) empleando elementos de bioseguridad y un protocolo estándar de asepsia. Cada participante fue identificado según documento de identidad y código interno. Las muestras de sangre fueron colectadas mediante venopunción en la vena media del brazo, utilizando tubos al vacío (Vacutainer®). Para cada participante, un total 8 mL de sangre fueron extraídos en diferentes tubos de acuerdo con el tipo de ensayo. Para el análisis hematológico, las muestras fueron obtenidas utilizando tubos con EDTA como anticoagulante, y para bioquímica tubos secos sin anticoagulante. En el caso de los niños, además de los descritos fueron empleados tubos Vacuette Tempus Blood RNA (Applied Biosystems, Greiner Bio-One) para pruebas moleculares de expresión génica.

Muestras de cabello

La toma de muestras de cabello fue realizada por personal entrenado para este procedimiento, considerando elementos básicos de bioseguridad. Para cada voluntario fueron tomados entre 50 y 100 mg de cabello de la región occipital con ayuda de tijeras previamente desinfectadas con alcohol, para el caso de cabello largo, y máquinas de afeitar desechables, cuando el cabello fue muy corto. Las muestras fueron depositadas en sobres de papel debidamente rotulado con el código, nombre, cédula y fecha del participante, siguiendo las recomendaciones nacionales e internacionales para la recolección de este tipo de matriz humana (Baughman, 2006). En el laboratorio las muestras fueron picadas con tijeras de porcelana a un tamaño de partícula no superior a 1-2 mm, lavadas en varias etapas con agua Milli-Q y detergente, secadas y almacenadas en tubos Eppendorf hasta su análisis.

Muestras de orina

Las muestras de orina fueron colectadas directamente por los participantes en recipientes de polipropileno con tapa rosca, y en el caso de los menores de dos años, empleando bolsas pediátricas colocadas por sus padres. Las muestras correspondieron a la primera micción de

la mañana, tomando la porción del chorro medio (aproximadamente 30 mL), previa asepsia. Una vez recibidas las muestras fueron adecuadamente rotuladas y almacenadas bajo refrigeración para realizar la química urinaria, congelando una submuestra (-20 °C) para la determinación de mercurio.

7.4.1 Análisis de muestras humanas

Cuadros hemáticos automatizados y hematología manual

Las muestras de sangre total con anticoagulante EDTA fueron procesadas mediante un analizador automatizado Abacus 380, siguiendo los lineamientos previamente reportados (Manjarres-Suarez y Olivero-Verbel, 2020). Previo a los análisis, el equipo fue puesto a punto utilizando sangre control de hematología (Diatron) (alto, normal, bajo). En total 16 parámetros hematológicos fueron evaluados: Recuento total de glóbulos rojos (GR), hematocrito (HTC), hemoglobina (HGB), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), volumen corpuscular medio (VCM), recuento total de Leucocitos (GB), número de linfocitos (LIN), porcentaje de linfocitos (LIN%), recuento total de granulocitos (GRA), porcentaje de granulocitos (GRA%), número de células mixtas (MID), porcentaje de células mixtas (MID%), recuento total de plaquetas (PLT), plaquetocrito (PCT), ancho de distribución de las plaquetas (ADP %), ancho de distribución de los eritrocitos (ADE %) y volumen plaquetario medio (VPM), P-LCC; Recuento de plaquetas-células grandes; P-LCR; Cociente de Plaquetas-Células Grandes. Todas las muestras fueron leídas dos veces.

Una submuestra de sangre total anticoagulada fue empleada para realizar extendidos de sangre periférica en portaobjetos de vidrio. Una vez secos a temperatura ambiente, las placas fueron coloreadas utilizando la coloración Wright, siendo posteriormente inspeccionadas con un microscopio óptico para evaluar frecuencia de células, cambios morfológicos y presencia de micronúcleos (Widick y Winer, 2016).

Bioquímica sanguínea y urinaria

Las muestras de sangre total colectadas sin anticoagulante fueron centrifugadas para obtener los respectivos sueros sanguíneos. Antes del análisis de las muestras el equipo fue calibrado usando suero multicalibrador y fueron revisados los parámetros del control de calidad empleando sueros controles (Nivel I y II). Posteriormente, fueron realizadas todas las pruebas descritas a continuación: fosfatasa alcalina (FA), alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), gamma-glutamil transferasa (GGT), nitrógeno ureico en sangre (BUN), creatinina (CREAT) y perfil lipídico: Colesterol total (CT), Colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad), HDL (lipoproteínas de alta densidad), triglicéridos (TRIG). Estos paraclínicos fueron analizados empleando el equipo A25 BioSystem S.A (Barcelona, España) usando para cada prueba un kit comercial siguiendo los protocolos de la casa comercial. Todas las muestras fueron evaluadas por duplicado.

En el caso de las muestras de orina, estas fueron procesadas tan pronto llegaron al laboratorio, realizando las pruebas de uroanálisis mediante tiras reactivas de forma manual, siguiendo las especificaciones de la casa comercial (Biosystem) BioSystem S.A (Barcelona, España).

Expresión génica

Este análisis inició con la extracción del ARN total de las muestras sanguíneas, para lo cual fueron usados kits de extracción siguiendo las recomendaciones del fabricante. Una vez obtenido el ARN fue realizada la verificación de su concentración (A260), pureza (A260:A280) e integridad (gel de agarosa al 1.2% p/v). La síntesis de ADNc fue desarrollada usando el kit comercial QuantiTect Reverse Transcription (Quiagen Inc, Valencia, CA, USA), usándolo como plantilla para la reacción de PCR con los cebadores específicos para los genes de interés. Finalmente, la RT-PCR fue realizada en un termociclador StepOnePlus (Applied Biosystems), empleando una SYBR® Green qPCR Master Mix (Thermo Scientific). En total, 3 genes fueron analizados, Metalotioneína 1A (MT1A), Metalotioneína 1M (MT1m, MT1k), Superóxido Dismutasa 1 (SOD1). La expresión relativa de los genes fue determinada usando gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH) y beta 2 β 2-microglobulina (β 2M), como controles endógenos. Para todas las muestras, el método CT comparativo ($\Delta\Delta$ CT) fue empleado para realizar la cuantificación relativa de cada gen. Todos los experimentos se llevarán a cabo por duplicado, y utilizando controles negativos sin ADNc (Álvarez-Ortega et al., 2019).

Análisis de mercurio en sangre, cabello y orina

Los niveles de mercurio total (Hg-T) en muestras de sangre, cabello, y orina fueron medidos utilizando el analizador de mercurio RA-915+ Zeeman (Lumex. St. Petersburg, Rusia), de acuerdo con las indicaciones del método US EPA 7473. La cuantificación fue llevada a cabo mediante curvas de calibración empleando Materiales de Referencia Certificados (MRC) para el caso del cabello, así como soluciones diluidas preparadas a partir de un estándar comercial de 1000 mg/L de Hg (Merck. Darmstadt, Alemania) para el análisis de sangre y orina. En todos los casos las lecturas fueron realizadas cuando el valor del coeficiente de determinación (R^2) para el ajuste de la recta fue igual o mayor a 0.99.

En las muestras sanguíneas la exactitud analítica fue determinada con una muestra certificada BE 18-12 (1.32 μ g/L) suministrada por el Wadsworth Center, Albany, New York State, USA, mientras que para el cabello fue empleada la muestra certificada IAEA-086 (0.573 mg/kg) del Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, Austria. Para el caso de sangre y orina el porcentaje de recuperación fue obtenido a partir del análisis de muestras con adición de estándares. En todos los casos la recuperación del analito estuvo entre el 90-110%. La precisión, medida como la desviación estándar relativa para las determinaciones duplicadas, fue generalmente inferior al 10%. Los límites de detección estimados para una relación señal/ruido igual a 3 fueron 0.01 μ g/g para el cabello, 0.03 μ g/L para la sangre y 0.03 μ g/L para la orina.

7.5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS AMBIENTALES

Muestras de agua

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 30 de 108

La caracterización fisicoquímica y microbiológica de muestras de agua fue realizada para 10 puntos de importancia comunitaria y ambiental pertenecientes a las veredas objeto de estudio. Estos sitios fueron identificados durante la primera fase de campo con la participación de líderes de la comunidad.

En cada sitio de muestreo fue realizada la medición *in situ* de parámetros físico-químicos tales como oxígeno disuelto (mg/L), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), potencial de óxido reducción (POR), conductividad (μS/cm), sólidos totales disueltos (mg/L) y salinidad, utilizando un medidor Multiparámetro Hanna Hi 9828 (Newman y Unger, 2002). Las muestras de aguas para análisis microbiológicos (coliformes totales, fecales y enterococos) fueron colectadas en frascos estériles de vidrio, con capacidad de 250 mL, sobre los 20 cm superficiales de la columna de agua.

Las muestras de agua para análisis de mercurio total fueron colectadas en los mismos sitios en donde fueron realizadas las mediciones de parámetros fisicoquímicos. Estas fueron almacenadas en envases de polipropileno y preservadas con ácido nítrico al 1%. Posteriormente fueron transportadas a los Laboratorios de Toxicología Ambiental de la Universidad de Cartagena, manteniéndolas refrigeradas hasta su procesamiento. Los sitios de muestreo, así como algunas consideraciones sobre su ubicación espacial aparecen en la **Tabla 2** y en la **Figura 2**. La distribución espacial de los sitios de muestreo fue realizada de manera sistemática con el objeto de cubrir la mayor cantidad de área del territorio donde se ubica el Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero.

Tabla 2. Geo-referenciación de los sitios de muestreo en cuerpos de agua ubicados en el área de influencia del CCZG. Las coordenadas están en el sistema WGS 84, UTM Zona 18.

Sitio	Lugar de referencia	Coordenadas	
		N	E
S1	Río Cascabel, zona de Cachimbal	330222.13	327391.58
S2	Río Mandivá	330422.92	328976.70
S3	Río Quinamayó, vereda La Toma	330381.47	329544.66
S4	Río Quinamayó, al lado del Trapiche.	330511.78	331728.61
S5	Río Agua Limpia, en la vereda El Palmar, antes de la zona de actividad minera.	329942.51	332044.76
S6	Río Agua Limpia, en la vereda El Palmar, cerca de la zona de minería, en el límite con la vereda Aires de Garrapatero.	330700.52	332988.10

S7	Arroyo Zanjón del Gallo, límite entre El Palmar y Altos del Palmar	329734.07	331400.08
S8	Arroyo la Culebrita, en la vereda Bajo San Francisco. Entrada del resguardo indígena Guadualito.	327687.66	330857.94
S9	Arroyo en la Vereda Bajo San Francisco, frente a la Cancha	326638.28	331342.42
S10	Río Mazamorrero	323588.17	331926.32

Fuente. Información recolectada en las encuestas elaboradas por los autores.

Muestras de sedimentos

Un total de 10 muestras de sedimentos fueron obtenidas en los mismos puntos en donde fue realizada la toma de muestras de agua. El sedimento superficial (0-20 cm) fue recolectado empleando una pala plástica, dada la poca profundidad de los cuerpos de agua. El material colectado correspondió a una muestra compuesta por 4 submuestras obtenidas en lugares equidistantes hacia cada uno de los puntos cardinales, en un radio de aproximadamente un metro. De cada muestra compuesta fueron colocados aproximadamente 50 g en envases de polipropileno con cierre hermético, colocados bajo refrigeración hasta su transporte al laboratorio, y allí almacenados a -20 °C. La humedad fue eliminada mediante liofilización utilizando un equipo Labconco Freezone a 50 °C y 0.019 mbar, siendo las muestras de sedimento seco tamizadas a $\leq 63 \mu\text{m}$ y almacenadas en frascos de vidrio a -20 °C hasta su análisis (Tomiyasu et al., 2013; Palacios-Torres et al., 2018).

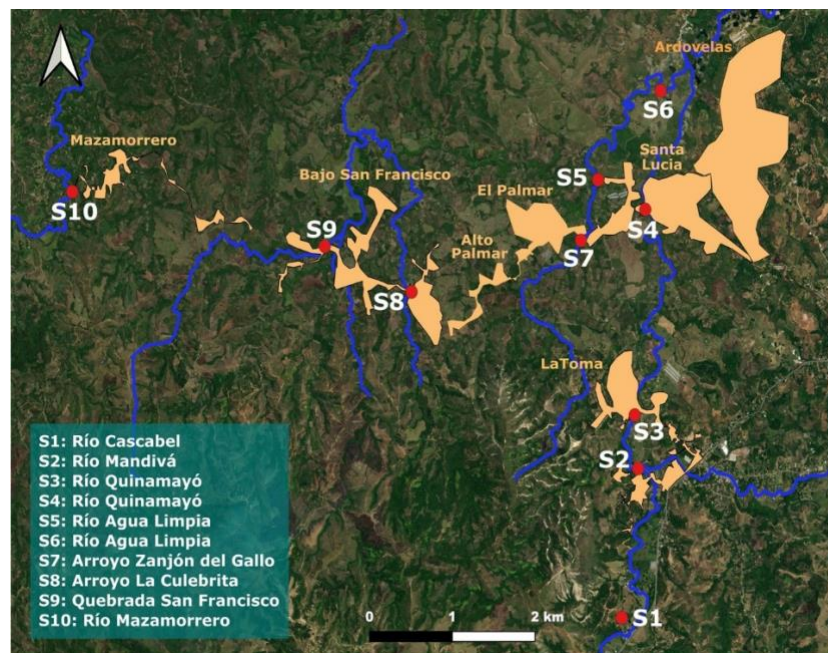


Figura 2. Ubicación de sitios de muestreo en cuerpos de agua del CCZG.

Muestras de suelo

Un total de 224 muestras de suelo fueron obtenidas en diferentes puntos de muestreo ubicados a lo largo y ancho de la zona de estudio conformada por las comunidades pertenecientes al CCZG, establecidos con ayuda y acompañamiento de líderes locales. Para tal fin, cuatro sub-muestras, de aproximadamente 10 g cada una, fueron colectadas sobre un radio de unos 20 cm, orientados hacia los puntos cardinales. El material fue mezclado y homogenizado *in situ* para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 40 g (Ferreira et al, 2015), siendo la misma almacenada en frasco tapa rosca de polipropileno. Las muestras fueron transportadas hasta el laboratorio donde fueron almacenadas a -20 °C. Posteriormente, el contenido de humedad fue eliminado mediante liofilización empleando un equipo Labconco Freezone a -50 °C y -0.019 mbar, el material seco triturado, tamizado a < 74 µm, y almacenado -20 °C hasta su análisis (Tomiyasu et al., 2013).

Muestras de peces

Las muestras de pescado fueron adquiridas en el mercado local de Santander de Quilichao, sitio en donde con mayor frecuencia las familias del CCZG compran este alimento. Teniendo en cuenta información de la dieta utilizada por los participantes del estudio, un total de

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 33 de 108

62 especímenes, correspondientes a 4 especies comercializadas en la zona, fueron procesados para su análisis. Los ejemplares se colocaron en hielo y dentro de las seis horas siguientes fueron procesados *in situ*, registrando variables morfométricas, y tomando de cada uno muestras de músculo dorsal de aproximadamente 5-10 g con cuchillos desechables. La muestra obtenida fue almacenada en tubos Eppendorf, conservadas bajo congelación para su transporte hasta la Universidad de Cartagena, en donde fueron almacenadas a una temperatura de -20 °C, para luego proceder a la realización de los análisis de Hg.

Muestras de secciones transversales de árboles

Secciones transversales de varios árboles ubicados cerca a áreas con registro de explotación aurífera en el pasado fueron obtenidas mediante un barrenador manual, a una altura de 1.5 metros. Las muestras fueron colocadas de forma inmediata en un pitillo etiquetado para alojar el núcleo de manera segura, protegiéndolas de la luz y la humedad (Perone et al. 2018). Una vez en el laboratorio las muestras fueron secadas a temperatura y luego cortadas en fragmentos pequeños (~1 cm) desde la corteza a la médula (Xu et al., 2017; Locosselli et al. 2018), almacenándolas a -20 °C hasta su análisis.

Determinación de la concentración de mercurio en matrices ambientales

Análisis de mercurio en sedimentos, suelo, agua, peces y árboles

El contenido de mercurio total en muestras de aguas, sedimentos, suelo y peces de la zona de estudio se llevó a cabo construyendo curvas de calibración con estándares externos, y haciendo las lecturas correspondientes en el analizador de mercurio RA-915+ Zeeman (Lumex. St. Petersburg, Rusia), siguiendo las indicaciones del método US EPA 7473 (Li et al., 2019). Los análisis fueron ejecutados sólo cuando los coeficientes de determinación (R^2) para las rectas ajustadas alcanzaron un valor igual o superior a 0.99.

Los análisis de agua fueron realizados empleando curvas a partir de soluciones diluidas provenientes de un estándar de 1000 mg/L de Hg (Merck. Darmstadt. Alemania). Para las muestras de suelo y sedimentos la calibración fue desarrollada empleado el material de referencia MRC AEA-433 (0.168 µg/g) del Organismo Internacional de Energía Atómica (Viena, Austria), mientras que para los peces fue usado el DORM-3 (Gao et al., 2018). Para la obtención de exactitud, las muestras de agua fueron enriquecidas con cantidades del estándar de Hg y obtenido el correspondiente porcentaje de recuperación. Para las muestras de sedimentos y suelo fue empleado el material de referencia BCR-277R, y para los peces el ERM BB422. En el caso de las muestras de árboles fue utilizado el material certificado vegetal INCT-MPH-2, cuya concentración media de Hg-T es de 0.018±0.002 µg/g (Wright et al., 2014; Kang et al., 2019). Los porcentajes de recuperación oscilaron entre 87 y 112%. Los límites de detección para las muestras fueron 0.2 µg/L, 0.01 µg/g, 0.01 µg/g, 0.02 µg/g y 0.03 µg/g, para aguas, sedimentos, suelo, peces y árboles, respectivamente.

Análisis de otros metales pesados y elementos traza

A través de una colaboración con el Departamento de Química de la Universidad Federal de Santa María, Santa Maria, RS, Brasil, fueron analizadas muestras colectadas de 6 sitios (M1-M6), cercanos a las antiguas zonas de extracción minera cerca de El Palmar y La Toma.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 34 de 108

Los análisis de elementos trazas fueron realizados mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), para lo cual fue necesario realizar previamente la digestión ácida de las muestras, asistida por microondas (MWAD), según las indicaciones establecidas en el método 3052 de la EPA, y las consideraciones señaladas en el estudio realizado por Osorio-Martínez et al. (2021).

Análisis de los datos

La totalidad de los datos obtenidos para las diferentes variables fueron almacenados en Excel, sometidos a análisis de distribución de frecuencias absolutas y relativas, realizando el cálculo de medidas de tendencia central (media aritmética y mediana) y dispersión (desviación estándar y error estándar). Los datos fueron evaluados para normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Test de Barlett), y dependiendo del caso, fueron empleados métodos paramétricos o no paramétricos para comparación de medias entre grupos. Las relaciones entre dos variables cuantitativas fueron revisadas usando análisis de correlación de Pearson (paramétrico) o de Spearman (No paramétrico). Métodos multivariados de agrupación (Clúster) se emplearon para establecer similitudes entre los sitios de estudio. Análisis de Componentes Principales (ACP) se utilizaron para corroborar la existencia de patrones espaciales, y la relación de cada uno de los sitios con parámetros fisicoquímicos. Los análisis estadísticos fueron procesados en los paquetes estadísticos R, SPSS y GraphPad Prism 9.0. Finalmente, con la información obtenida, fueron construidos mapas de distribución geográfica para variables de importancia social y sanitaria, mediante el uso del programa QGIS 3.14 (<https://qgis.org/es/site/index.html>).

8. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN A LA FECHA, DIFICULTADES Y PLAN DE CONTINGENCIA

ACTIVIDADES	OBJETIVO RELACIONADO	FECHA DE EJECUCIÓN	CAMBIOS SOLICITADOS Y APROBADOS POR COLCIENCIAS (si aplica)	PLAN DE CONTINGENCIA (si aplica)
Revisión de bibliografía.	Todos	Febrero 22 de 2019 a agosto 22 de 2020	No aplica	Ninguno
Visita de campo para reconocimiento del área.	No aplica	29-30 abril y 1 de mayo de 2019	No aplica	Ninguno
Socialización con autoridades locales y líderes del Consejo Comunitario.	No aplica	29-30 abril y 1 de mayo 2019	No aplica	Ninguno



**INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE
PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel**

Código: M801PR15F03

Versión: 01

Fecha: 2020-05-15

Página: 35 de 108

Toma de muestras preliminares de matrices ambientales.	Objetivo 2	29-30 abril y 1 de mayo 2019	Ninguno	Ninguno
Elaboración de formatos para captura de información (encuesta sociodemográfica, general de salud y valoración médica) manuales, fichas técnicas, consentimiento, asentimiento.	Objetivo 1	Marzo – junio de 2019	Todos los documentos fueron revisados y ajustados de acuerdo a sugerencias de MinCiencias y Ministerio de Salud y Protección Social.	Ninguno
Entrenamientos operativos de campo.	Objetivo 1	24 hasta el 27 de agosto de 2019	Manuales de encuestadores revisados y aprobados por Colciencias y Ministerio de Salud.	Ninguno
Validación instrumentos de captura de información.	Objetivo 1	24 hasta el 27 de agosto de 2019	Ninguno	Ninguno
Desarrollo de la prueba piloto.	Objetivo 1	24 hasta el 27 de agosto de 2019	Ninguno	Ninguno
Curso taller “Toxicología Ambiental”.	No aplica	26 de agosto de 2019	No aplica	Ninguno
Recolección de datos sociodemográficos y de salud.	Objetivo 1	8 al 23 de octubre de 2019.	Ajustes formato de captura de información	Ninguno
Compra de equipo y puesta a punto de protocolos.	Todos	Marzo de 2019.	No aplica	Ninguno



**INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE
PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel**

Código: M801PR15F03

Versión: 01

Fecha: 2020-05-15

Página: 36 de 108

Toma de muestras para análisis de mercurio en matrices biológicas (cabello, sangre y orina).	Objetivo 3	Diciembre, Enero 2019 y febrero de 2020.	Ajustes documento técnico de protocolo ajustado.	Ninguno
Toma de muestras para análisis de mercurio en matrices ambientales (agua, suelo y pescado).	Objetivo 2	Enero y febrero de 2020.	Ajustes documento técnico de protocolo ajustado.	Ninguno
Análisis hematológico, bioquímico, molecular y de coeficiente intelectual.	Objetivo 4	Septiembre – Noviembre de 2020.	Ajustes documento técnico de protocolo ajustado.	Ninguno
Análisis de mercurio en muestras ambientales (agua, suelo y pescado).	Objetivo 2	Septiembre –Diciembre de 2020.	Ajustes documento técnico de protocolo ajustado.	Ninguno
Análisis de mercurio en muestras biológicas (cabello, sangre y orina)	Objetivo 3	Septiembre –Diciembre de 2020.	Ajustes documento técnico de protocolo ajustado.	Ninguno
Análisis estadístico y procesamiento de datos.	Objetivo 5	Febrero 2020 – Febrero de 2021.	Ninguno	Ninguno
Entrega tercer informe parcial a Colciencias	No aplica	Noviembre de 2020	Ninguno	No aplica
Redacción de informe final.	No aplica	El presente informe es la verificación de este producto	Ninguno	No aplica
Socialización de resultado con las comunidades.	No aplica	Marzo 16 al 19 de 2021	Ninguno	Ninguno

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 37 de 108

Redacción de artículos.	No aplica	Marzo de 2021	Ninguno	Ninguno
Desarrollo del Simposio en Metales Pesados	No aplica	Abril de 2021. Debido a la pandemia estamos concertado con la comunidad el desarrollo del Simposio en la Comunidad o de forma virtual cumpliendo los protocolos de bioseguridad.	Ninguno	Ninguno

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 38 de 108

9. PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS FRENTE A LOS IMPACTOS REGISTRADOS EN EL PROYECTO

TIPO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	PROYECCIÓN DEL IMPACTO
Impacto de Ciencia Tecnología e Innovación	Con el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación serán publicados 2 artículos científicos en revistas indexadas dentro de los cuartiles 1 o 2, fortaleciendo de esta forma el recurso humano del Grupo de Química Ambiental y Computacional y la comunidad científica de la Universidad de Cartagena. Adicional a lo anterior el apoyo para la formación de un Doctor en Toxicología ambiental fortalecen el recurso humano de alto nivel de la Universidad de Cartagena y del Departamento de Bolívar. Este proyecto permitirá la adquisición de equipos robustos con tecnología de vanguardia, fortaleciendo la investigación institucional.	2021
Impacto sobre la productividad y la competitividad.	La ejecución de este proyecto incorpora metodologías robustas en la identificación de impactos de contaminantes sobre la salud y el medio ambiente.	2020
Impactos sobre el medio ambiente y la sociedad	Los resultados derivados de este proyecto se plantean que permitan sentar bases sobre la regulación adecuada de la minería ilegal en diferentes ecosistemas y poblaciones humanas. Permitirá además mostrar la necesidad de monitorear con mayor periodicidad estas poblaciones para poder garantizar, una adecuada calidad de vida y otros relacionados con seguridad alimentaria y disponibilidad y seguridad y disponibilidad con el agua de consumo. Finalmente, estos resultados impactarán a todos los integrantes del CCZG quienes con luchas sociales y jurídicas constantes ganaron este estudio para evaluar su salud y la de sus ecosistemas.	2020-2021

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 39 de 108

Impactos en la economía nacional y/o regional	El impacto principal será generado en el CCZG. Con la determinación de los niveles de Hg en las distintas matrices podrán determinarse las afectaciones a la población y la biota. Pudiendo a través de estos resultados realizar adecuadas gestiones jurídicas y de salud relacionadas con actividades de minería de oro, contribuyendo al bienestar general de la población afectada.	2020
Otros impactos que los proponentes consideran pertinentes	La población del CCZG, conocerá su estado de salud y la posibilidad de que su estatus esté relacionado con la exposición a contaminantes como el Hg. La afectación que se puede derivar para los menores de edad relacionadas con su adecuado desarrollo y coeficiente intelectual. Finalmente, estos resultados permitirán a los líderes políticos del CCZG seguir gestionando medidas políticas y jurídicas encaminadas a la protección de toda la comunidad especialmente de los grupos etarios más vulnerables.	2020-2021

10. ASPECTOS FINANCIEROS

El informe financiero se encuentra dispuesto en el formato de presentación de informes adjunto a este documento.

11. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS.

11.1.Resultados de la Prueba Piloto

A continuación, son presentados los resultados de la encuesta sociodemográfica y análisis bioquímicos en muestras sanguíneas.

11.1.1. Resultados de la Encuesta Sociodemográfica desarrollada durante la prueba piloto.

El análisis estadístico realizado mostró que, el tiempo promedio para la aplicación de la Encuesta Sociodemográfica fue de 11 minutos.

Los resultados generales de la encuesta sociodemográfica son representados en la **Tabla 3**, mostrando que, de las 44 personas encuestadas, el 70.5% corresponden al sexo femenino y el 29.5% al sexo masculino. Con respecto al lugar de nacimiento, el 45.5% nacieron en Santander de Quilichao, mientras que el 47.7% en la vereda de San Antonio. Un porcentaje menor es originario de Corinto- Cauca (2.3%), Popayán (2.3%) y Medina-Cundinamarca (2.3%).

Tabla 3. Socio-demografía de la población encuestada en la Prueba Piloto.

Variable	Respuesta	n	%
Sexo	M	13	29.5
	F	31	70.5
Lugar de nacimiento	Santander de Quilichao	20	45.5
	San Antonio	21	47.6
	Corinto	1	2.3
	Medina	1	2.3
	Popayán	1	2.3
Estado civil	Casado (a)	18	40.9
	Soltero (a)	19	43.2

 El conocimiento es de todos	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 41 de 108

Nivel de escolaridad	Unión libre	7	15.9
	Universitario	1	2.3
	Técnico	9	20.5
	Bachiller	25	56.7
	Primaria	9	20.5
Ocupación	Ama de casa	15	34.1
	Empleado Colombina	4	9.1
	T. Independiente	7	15.9
	Pensionado	2	4.4
	Madre comunitaria	1	2.3
	Agricultor	1	2.3
Ocupación	Aux. enfermería	1	2.3
	Ayudante	1	2.3
	Escolta	1	2.3
	Estudiantes	2	4.4
	Operario Montacargas	1	2.3
	Taxista	1	2.3
	Trabajo social	1	2.3
	Oficios varios	4	9.1
	Panadero	1	2.3
	Servicio domestico	1	2.3
Régimen de salud	Contributiva	26	59.1
	Subsidiada	18	40.9

El análisis del estado civil señaló que el 40.9% de la población participante es casada, el 43.2% soltera, y el 15.9% vive en unión libre. Por su parte, el nivel de escolaridad educativo reveló que el 20.5% de los participantes son técnicos, el 56.8% bachilleres, mientras que el 20.5% culminó la básica primaria. No obstante, solo una persona manifestó poseer título profesional universitario (2.3%).

En relación con la ocupación, el mayor porcentaje corresponde a amas de casa (34.1%), seguido por trabajadores independientes (15.9%), así mismo, 9.1% son trabajadores dependientes de la empresa Colombina S.A., mientras que un 9.1%

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 42 de 108

desarrolla oficios varios, 4.5% son pensionados y el 4.5% estudiantes. La proporción restante fue distribuida entre escoltas (2.3%), taxistas (2.3%), servicio doméstico (2.3%), agricultor (2.3%), madre comunitaria (2.3%), panadero (2.3%), operario de monta carga (2.3%) y trabajo social (2.3%).

En términos de seguridad social, la afiliación al régimen de salud tuvo que un 59.1% se encuentra afiliado al régimen contributivo y el 40.9% al régimen subsidiado. Finalmente, el 97.7% de los participantes hacen parte del estrato socioeconómico 1 y el 2% restante pertenecen al estrato 2.

11.1.2. Resultados de la Encuesta General de Salud aplicada durante la prueba piloto.

Los resultados de los rendimientos de la Encuesta General de Salud mostraron que el promedio de duración acumulado fue de 14. 7 minutos.

Por su parte, los hallazgos obtenidos a partir de la encuesta General de Salud son resumidos en la **Tabla 4**. La distribución por edades para los participantes está representada en un 58.3% en menores de 5 años, el 8.3% en mujeres embarazadas, mientras que la población adulta mayor está constituida por un 33.3%. En cuanto a hábitos generales de salud, sólo un 5.6 % de los encuestados son fumadores activos.

Tabla 4. Información obtenida en la aplicación de la Encuesta General de Salud durante la Prueba. Piloto.

Variable	Respuesta	n	%
Edad	Menores de 5 años	8	50.0
	6 a 64 años	6	16.7
	Mayores de 65 años	12	33.3
Años de trabajo	0	6	16.6
	<1	1	2.7
	1-10 años	4	11.2
	>10 años	10	27.7
	NA	13	36.3
	NS/NR	2	5.5
Fumadores en el hogar	Sí	2	5.6
	No	34	94.4
Hogares cerca de minas	Sí	25	69.4
	No	11	30.6
Antecedentes laborales en	Sí	6	16.7

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03	
		Versión: 01	
		Fecha: 2020-05-15	
		Página: 44 de 108	

minería	No	30	83.3
Hogares cerca de vías principales	Sí	29	80.6
	No	7	19.4
Consumo de pescado enlatado	Sí	14	38.9
	No	22	61.1
Uso de pesticidas en el hogar	Sí	20	55.6
	No	16	44.4
Tipo de cambios en el paisaje	Ninguno	1	2.8
	Negativo	32	88.9
	Positivo	3	8.3

Con respecto a la antigüedad laboral, el 16.6% de los participantes no cuenta con ninguna experiencia, el 2.7% posee al menos 1 año de experiencia, el 11.2% cuenta con 1 a 10 años de trabajo, el 27.7% más de 10 años y el 36.3% no aplica por ser menores de edad, y el 5.5% no sabe o no responde. Por su parte el 69.4% vive en cercanías a las minas de oro, por el contrario, el 30.6% no vive cerca. A su vez, el 80.6% señaló que sus viviendas se encuentran cerca de vías principales y el 19.4% manifestó que no. Por su parte, 16.7% ha trabajado en minería, mientras que el 83.3% de la población no.

En cuanto a los hábitos alimenticios, el 38.9% de los encuestados consume pescado enlatado y el porcentaje restante (61.1%) no los consume. En otros hábitos indagados, el 55.6% de las personas emplean pesticidas para sus labores cotidianas.

En relación con los cambios percibidos en el paisaje, el 2.8% no ha notado ningún cambio en el paisaje, sin embargo, 88.9% ha notado un cambio negativo y por el contrario, el 8.3% ha percibido cambios positivos en los ecosistemas.

11.1.3. Valoración Médica

Con el fin de poner a punto del mismo modo, la logística y los tiempos en la aplicación de los formatos de Valoraciones Médicas, el equipo médico se trasladó hasta lugar de ejecución de la Prueba Piloto. Durante la actividad fueron tomados los tiempos de cada valoración médica, para calcular la duración promedio de la ejecución de la actividad, la cual fue estimada en 30.6 ± 4.7 minutos por valoración.

Cabe resaltar que, a este formulario de valoración médica no se le realizó ninguna modificación adicional a lo establecido, siendo validado originalmente por el equipo de la Universidad de Cartagena y el Ministerio de Salud y Protección Social.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 46 de 108

11.2. Resultados de la aplicación de encuestas definitivas

11.2.1. Encuesta sociodemográfica.

Los resultados de la caracterización sociodemográfica de los habitantes del CCZG, específicamente los componentes relacionados con características socioeconómicas aparecen resumidos en la **Tabla 5**. Debe haber claridad en cuanto a que la información suministrada y procesada, en relación con aspectos sociodemográficos, fue entregada por uno de los padres (o adulto responsable) cabeza de familia, presente en la vivienda al momento de la visita del encuestador. Por tanto, los datos mostrados a continuación corresponden a la población formada por este grupo de personas.

Edad, sexo y estado civil. La edad de los encuestados en las diferentes veredas no fue homogénea. En Ardovelas y Alto Palmar, la mayoría de los encuestados aparecen ubicados entre los 33 y los 47 años; mientras que, en el resto de veredas, manifestaron tener entre 18 y 32 años.

Con base en la información suministrada por los encuestados en relación con el núcleo familiar, el perfil de edades de los habitantes de las veredas que conforman el CCZG es presentado en la **Figura 3**. El promedio de la edad para las distintas veredas estuvo entre 29.4 (La Toma) y 34.1 años (Bajo San Francisco), con valores entre 0.1 y 94 años en Ardovelas (Figura 3A). De acuerdo con el análisis general de distribución de frecuencia de edades (Figura 23B), más de la mitad de la población de ambos sexos (Femenino: 54.7- Masculino: 56.3%) no supera los 29 años de edad.

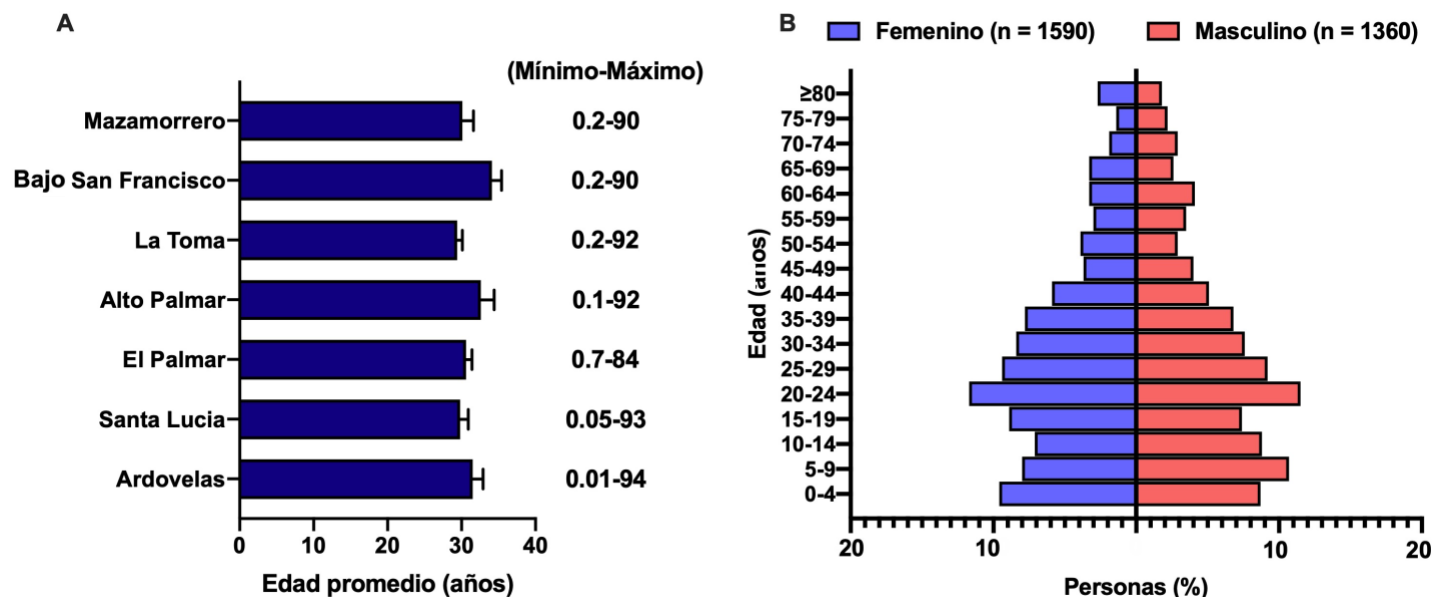


Figura 3. Promedio de edad por veredas (A) y pirámide poblacional general de los habitantes del Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero (B). Fuente: Información recolectada en las encuestas elaboradas por los autores.

Para la conformación de un tejido social robusto es necesaria una marcada presencia de adultos jóvenes (20-34 años) de ambos sexos, ya que este fragmento de las poblaciones rurales es el que suele emigrar a las zonas urbanas para huir de la violencia y la pobreza, buscando oportunidades de empleo (Jurado y Tobasura, 2012; Camargo et al., 2020). Sin embargo, estos resultados indican que en la población posiblemente existen factores intrínsecos de tipo familiar y cultural que operen de manera positiva para mantener a esta fracción de la población ligada al territorio, donde pueden desempeñar actividades agrícolas o de minería de oro artesanal, como se pudo apreciar en algunas veredas durante el presente estudio.

En cuanto a la variable sexo, el mayor número de participantes en la encuesta socio-demográfica corresponde al sexo femenino, con una representación de más del 71.3% de la población encuestada.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel						Código: M801PR15F03	
							Versión: 01	
							Fecha: 2020-05-15	
							Página: 48 de 108	

Tabla 5. Características socioeconómicas generales de los participantes encuestados en las veredas del CCZG.

Característica	Condición	Alto Palmar		Ardovelas		Bajo San Francisco		El Palmar		La Toma		Mazamorrero		Santa Lucia		Total CCZG	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Sexo	Femenino	33	(71.7)	39	(81.2)	72	(72.7)	93	(77.5)	78	(67.8)	36	(61.0)	65	(70.7)	416	71.3
	Masculino	13	(28.3)	13	(18.8)	27	(27.3)	27	(22.5)	37	(32.2)	23	(39.0)	27	(29.3)	167	28.6
Estado civil	Soltero (a)	13	(28.3)	12	(25.0)	29	(29.3)	56	(46.7)	37	(32.2)	22	(37.3)	33	(35.9)	202	(34.9)
	Unión Libre	22	(47.8)	19	(39.6)	46	(46.5)	34	(28.3)	40	(34.8)	26	(44.1)	19	(20.7)	206	(35.6)
	Casado (a)	5	(10.9)	13	(27.1)	17	(17.2)	24	(20.0)	26	(22.6)	7	(11.9)	31	(33.7)	123	(21.2)
	Divorciado (a)	1	(2.2)	0	(0.0)	1	(1.0)	1	(0.8)	2	(1.7)	0	(0.0)	2	(2.2)	7	(1.2)
Escolaridad	Viudo (a)	5	(10.9)	4	(8.3)	6	(6.1)	5	(4.2)	10	(8.7)	4	(6.8)	7	(7.6)	41	(7.1)
	Ninguna	1	(2.2)	0	(0.0)	1	(1.0)	4	(3.3)	5	(4.3)	2	(3.4)	3	(3.3)	16	(2.8)
	Primaria	22	(47.8)	19	(39.6)	59	(59.6)	46	(38.3)	45	(39.1)	33	(55.9)	30	(32.6)	254	(43.9)
	Bachillerato	20	(43.5)	22	(45.8)	33	(33.3)	57	(47.5)	58	(50.4)	20	(33.9)	46	(50.0)	256	(44.2)
	Técnico	3	(6.5)	4	(8.3)	4	(4.0)	6	(5.0)	6	(5.2)	4	(6.8)	8	(8.7)	35	(6.0)
	Tecnólogo	0	(0.0)	1	(2.1)	1	(1.0)	2	(1.7)	1	(0.9)	0	(0.0)	2	(2.2)	7	(1.2)
	Universitario	0	(0.0)	2	(4.2)	1	(1.0)	4	(3.3)	0	(0.0)	0	(0.0)	3	(3.3)	10	(1.7)
	Otro	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.8)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.2)
Ocupación	Ama de casa	24	(52.2)	14	(29.2)	48	(48.5)	42	(35.0)	36	(31.3)	25	(42.4)	34	(37.0)	223	(38.5)
	Agricultor (a)/otros	12	(26.1)	5	(10.4)	23	(23.2)	13	(10.8)	25	(21.7)	17	(28.8)	10	(10.9)	105	(18.1)
	Oficios varios	6	(13.0)	16	(33.3)	15	(15.2)	39	(32.5)	30	(26.1)	14	(23.7)	17	(8.5)	137	(23.7)
	Estudiante	1	(2.2)	2	(4.2)	3	(3.0)	4	(3.3)	3	(2.6)	0	(0.0)	8	(8.7)	21	(3.6)
	Comerciante	1	(2.2)	3	(6.3)	2	(2.0)	2	(1.7)	1	(0.9)	0	(0.0)	1	(1.1)	10	(1.7)
	Otras actividades	2	(4.3)	8	(16.7)	8	(8.1)	20	(16.7)	20	(17.4)	3	(5.1)	22	(23.9)	83	(14.3)
	Subsidiada	42	(91.3)	35	(72.9)	87	(87.9)	88	(73.3)	93	(80.9)	56	(94.9)	69	(75.0)	470	(81.2)
Seguridad social	Contributiva	3	(6.5)	13	(27.1)	7	(7.1)	29	(24.2)	16	(13.9)	3	(5.1)	19	(20.7)	90	(15.5)
	Régimen especial	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(1.6)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(0.3)
	No tiene	1	(2.2)	0	(0.0)	5	(5.1)	1	(0.8)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(1.1)	8	(1.4)
	NS/NR	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	6	(5.2)	0	(0.0)	3	(3.3)	9	(1.5)
Estrato	1	45	(97.8)	48	(100.0)	99	(100.0)	12	(100.0)	114	(99.1)	59	(100.0)	10	(90.9)	495	(99.4)
	2	1	(2.2)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.9)	0	(0.0)	1	(1.1)	3	(0.6)
Sitio de origen	CCZG	20	(43.5)	22	(41.7)	48	(48.5)	60	(50.0)	44	(38.2)	36	(61.0)	44	(47.8)	274	(47.0)
	Santander de Quilichao	15	(32.6)	13	(25.0)	29	(29.3)	45	(37.5)	50	(43.5)	14	(23.7)	24	(26.1)	190	(32.6)
	Otro	11	(23.9)	17	(33.3)	22	(22.2)	15	(12.5)	21	(18.3)	9	(15.3)	2	(26.1)	119	(20.4)

n: número de participantes; %: frecuencia relativa.

Fuente. Información recolectada en las encuestas elaboradas por los autores.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
Versión: 01		
Fecha: 2020-05-15		
Página: 49 de 108		

Núcleo familiar. Un componente de especial importancia en la encuesta sociodemográfica es la composición del núcleo familiar, cuyos resultados aparecen en la **Tabla 6**. La mayoría de los encuestados desempeñan el rol de madre de familia, siendo mayor en las veredas La Toma y Ardovelas con 49.6 y 70.8%, respectivamente. En todas las veredas la frecuencia de mujeres en estado de embarazo fue baja (1-3 por vereda), excepto en el Palmar y La Toma (5-7). A nivel general, el 54.9% de las mujeres encuestadas ocupan el rol de madre al interior de las familias estudiadas.

En la mayoría de los hogares encuestados (92.7%) sólo habita una familia. Sin embargo, en la vereda Mazamorrero, un 13.6% de los encuestados manifestó que en su vivienda vivían hasta dos familias. Igualmente, la mayoría de los encuestados manifestó tener entre una y tres personas a cargo.

En cuanto a la ocurrencia de algún tipo de discapacidad en los integrantes de la familia de los encuestados, se encontró que el 15.1% de las familias encuestadas tiene algún miembro en condición de discapacidad (física, cognitiva o sensorial). Donde las veredas El Palmar y Ardovelas arrojaron la menor (10.9%) y mayor (20.8%) frecuencia de esta condición, respectivamente. La prevalencia de personas con algún tipo de discapacidad es un problema que requiere atención, dado que podría tener algún tipo de relación con las actividades mineras en la zona (Steckling et al., 2017).

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel								Código: M801PR15F03
									Versión: 01
									Fecha: 2020-05-15
									Página: 50 de 108

Tabla 6. Características del núcleo familiar de los encuestados en las veredas del CCZG

Característica	Condición	Alto Palmar		Ardovelas		Bajo San Francisco		El Palmar		La Toma		Mazamorrero		Santa Lucía		Total CCZG	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Rol en la familia	Madre	25	(54.3)	34	(70.8)	52	(52.5)	73	(60.8)	57	(49.6)	30	(50.8)	47	(51.1)	318	(54.9)
	Padre	13	(28.3)	7	(14.6)	19	(19.2)	17	(14.2)	31	(27.0)	18	(30.5)	19	(20.7)	124	(21.4)
	Hijo (a)	4	(8.7)	3	(6.3)	10	(10.1)	19	(15.8)	14	(12.2)	4	(6.8)	15	(16.3)	69	(11.9)
	Otro	4	(8.7)	4	(8.4)	18	(18.2)	11	(9.2)	13	(11.3)	7	(11.9)	11	(12.0)	68	(11.7)
Mujeres embarazadas	0	45	(97.8)	45	(93.8)	97	(98.0)	115	(95.8)	107	(93.0)	57	(96.6)	91	(98.9)	557	(96.4)
	1	1	(2.2)	3	(6.3)	2	(2.0)	5	(4.2)	7	(7.0)	2	(3.4)	1	(1.1)	21	(3.6)
Familias que habitan en el hogar	1	42	(91.3)	46	(95.8)	90	(90.0)	111	(92.5)	111	(96.5)	50	(84.7)	87	(94.6)	537	(92.7)
	2	2	(4.3)	1	(2.1)	3	(3.0)	6	(5.0)	3	(2.6)	8	(13.6)	3	(3.3)	26	(4.5)
	3	2	(4.3)	1	(2.1)	3	(3.0)	1	(0.8)	1	(0.9)	0	(0.0)	1	(1.1)	9	(1.6)
	4	0	(0.0)	0	(0.0)	3	(3.0)	2	(1.7)	0	(0.0)	1	(1.7)	1	(1.1)	7	(1.2)
Personas a cargo	1-3	6	(13.0)	4	(8.3)	13	(13.7)	19	(16.2)	13	(11.3)	6	(10.5)	10	(11.4)	71	(12.5)
	4-6	35	(76.1)	35	(72.9)	65	(68.4)	86	(73.5)	78	(67.8)	41	(71.9)	64	(72.7)	404	(71.4)
	≥ 7	4	(8.7)	7	(14.6)	17	(17.9)	10	(8.5)	21	(18.3)	7	(12.3)	13	(14.8)	79	(14.0)
	≥ 7	1	(2.2)	2	(4.2)	0	(0.0)	2	(1.7)	3	(2.6)	3	(5.3)	1	(1.1)	12	(2.1)
Miembro con discapacidad	Sí	8	(17.4)	10	(20.8)	14	(14.3)	13	(10.9)	20	(17.4)	7	(12.1)	15	(16.3)	87	(15.1)
	No	38	(82.6)	38	(79.2)	84	(85.7)	106	(89.1)	95	(82.6)	51	(87.9)	77	(83.7)	489	(84.9)

N: número de participantes; %: frecuencia relativa. *Fuente. Información recolectada en las encuestas elaboradas por los autores.*

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 51 de 108

Características de las viviendas. Las principales características de las viviendas del CCZG son mostradas en la **Tabla 7**. La mayoría de los encuestados vive en casa propia (74.1%), seguidos de aquellos que habitan viviendas familiares tipo casa (21.0%), con un número de habitaciones que varía entre una y seis, y un porcentaje alto (84.8%) presenta cocina independiente, ubicada en la parte interior de la vivienda (75.4%). Gran parte de las viviendas (61%) posee pisos construidos en cemento. Aunque el porcentaje es bajo, casas con pisos sin cubierta o de tierra, aparecen con alguna frecuencia en las veredas Alto Palmar, Bajo San Francisco, La Toma y Mazamorrero. Un elemento crítico al momento de analizar la calidad de las viviendas, es el del material utilizado para construcción de los pisos y las paredes, ya que este puede afectar la calidad del aire al interior de las casas (Loftness et al., 2007), cuando el piso genera polvo, estas partículas pueden suspenderse en el aire formando aerosoles, los cuales representan un riesgo para la salud humana, especialmente a nivel pulmonar (Alotaibi et al., 2019). Ante estas premisas, es posible imaginar qué las personas que habitan en viviendas que cuenta con pisos sin cubierta o “de tierra” o cemento, tienen mayor probabilidad de exposición a material particulado, pudiendo afectar en el largo plazo su salud. En las veredas Ardovelas y El Palmar, las viviendas son reportadas con piso embaldosado, mientras que para el total de veredas en el CCZG solo el 18.8% manifiesta contar con este recubrimiento, lo cual supone una mejoría significativa en cuanto a la protección frente a la generación de material particulado y humedad.

La mayoría de las viviendas están fabricadas con bahareque (43.9%), seguido de bloques o madera (41.5%), principalmente en las veredas Alto Palmar, El Palmar, Ardovelas y Santa Lucía, mientras que, en Bajo San Francisco, La Toma y Mazamorrero, predomina este material. Así mismo, el material predominante de los techos es la teja (78.4%). Uno de los aspectos directamente vinculados con la mejoría en la calidad de las viviendas es el uso de materiales de construcción adecuados, lo cual es más evidente en lugares próximos a las cabeceras municipales, lo cual facilita el acceso a servicios y materiales de manera más fácil que aquellas que se ubican a mayor distancia, redundando positivamente en la calidad de las construcciones (Arévalo y Chamorro, 2003).

Servicios públicos. La mayoría de las viviendas cuenta con el suministro de energía eléctrica (98.8%) y de agua mediante acueducto veredal (93.1%). Sin embargo, la totalidad de estas carece de gas domiciliario y de alcantarillado, por lo que la disposición de excretas y aguas residuales es realizada en pozos sépticos. La ubicación del sanitario muestra un comportamiento heterogéneo, ya que la mayoría de encuestados en Alto Palmar, Bajo San Francisco y Mazamorrero, manifiestan que está ubicado en la parte externa de la vivienda, mientras que en Ardovelas, El Palmar, Santa Lucía y La Toma, está al interior de las mismas. Los hallazgos anteriores sugieren la necesidad de desarrollar mejoras sustanciales en diversos aspectos socioeconómicos para lograr un bienestar modestamente sólido al interior del CCZG. El Pacífico colombiano, en particular el departamento del Cauca, ha sido clasificado como una zona de alta vulnerabilidad social (Roncancio et al., 2020), debido a las deficiencias en la oferta de servicios públicos y de calidad de las viviendas, lo cual está directamente relacionado con la condición económica. Aunque en conjunto la calidad de las viviendas en el CCZG es modesta, la poca oferta de empleo, y la consecuente limitación de los préstamos bancarios, ha limitado el desarrollo rural de la zona. Por lo anterior, es necesario promover en estos entornos diferentes tipos de cooperativismo y

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 52 de 108

financiamiento alternativo, como formas de mejorar social y económicamente la calidad de vida de las comunidades.

Tabla 7. Características de las viviendas en las veredas del CCZG

Característica	Condición	Alto Palmar		Ardovelas		Bajo San Francisco		El Palmar		La Toma		Mazamorrero		Santa Lucia		Total CCZG	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Propiedad de la vivienda	Propia	25	(54.3)	42	(87.5)	63	(63.6)	91	(75.8)	90	(78.3)	41	(69.5)	71	(77.2)	423	(74.1)
	Familiar	15	(32.6)	3	(6.3)	28	(28.3)	26	(21.7)	19	(16.5)	15	(25.4)	14	(15.2)	120	(21.0)
	Arrendada	5	(10.9)	3	(6.3)	6	(6.1)	1	(0.8)	6	(5.2)	2	(3.4)	5	(5.4)	28	(4.9)
	Otra	1	(2.2)	0	(0.0)	2	(2.0)	2	(1.7)	0	(0.0)	1	(1.7)	2	(2.2)	8	(1.4)
Tipo de vivienda	Casa	45	(97.8)	47	(97.9)	96	(97.0)	119	(99.2)	114	(99.1)	57	(96.6)	90	(97.8)	568	(98.4)
	Apartamento o rancho	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(2.0)	1	(0.8)	0	(0.0)	2	(3.4)	2	(2.2)	7	(1.2)
	Habitación	0	(0.0)	1	(2.1)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.9)	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(0.3)
	Otro	1	(2.2)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.2)
Material del piso	Tierra	11	(23.9)	5	(10.4)	30	(30.3)	10	(8.3)	24	(20.9)	22	(37.3)	6	(6.5)	108	(18.7)
	Cemento	27	(58.7)	28	(58.3)	53	(53.5)	72	(60.0)	74	(64.3)	32	(54.2)	67	(72.8)	353	(61.0)
	Baldosa	7	(15.2)	15	(31.3)	13	(13.1)	36	(30.0)	15	(13.0)	5	(8.5)	18	(19.6)	109	(18.8)
	Otro	1	(2.2)	0	(0.0)	3	(3.0)	2	(1.7)	2	(1.7)	0	(0.0)	1	(1.1)	9	(1.6)
Material de paredes	Bahareque	19	(41.3)	10	(20.8)	42	(42.4)	42	(35.0)	72	(62.6)	39	(66.1)	30	(32.6)	254	(43.9)
	Bloque	21	(45.7)	33	(68.8)	35	(35.4)	67	(55.8)	26	(22.6)	15	(25.4)	43	(46.7)	240	(41.5)
	Madera	3	(6.5)	3	(6.3)	4	(4.0)	4	(3.3)	2	(1.7)	2	(3.4)	4	(4.3)		(3.8)
	/ Guadua															22	
Material del techo	Otro	3	(6.5)	2	(4.2)	18	(18.2)	7	(5.8)	15	(13.0)	3	(5.1)	15	(16.3)	63	(10.9)
	Tejas	27	(58.7)	24	(50.)	56	(56.6)	76	(63.3)	84	(73.0)	46	(78.4)	51	(55.4)	364	(78.4)
	Zinc	12	(26.1)	10	(20.8)	15	(15.2)	12	(10.0)	17	(14.8)	2	(3.4)	17	(18.5)	85	(18.3)
	Plancha	1	(2.2)	0	(0.0)	0	(0.0)	6	(5.0)	0	(0.0)	1	(1.7)	7	(7.6)	15	(3.2)
Servicios	Otro (a)	6	(13.0)	14	(29.2)	28	(28.3)	26	(21.6)	14	(12.2)	10	(16.9)	17	(18.5)	115	(24.8)
	No	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(1.7)	1	(1.7)	0	(0.0)	3	(0.5)

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel										Código: M801PR15F03	
											Versión: 01	
											Fecha: 2020-05-15	
											Página: 53 de 108	

públicos Sí 46 (100.0) 48 (100.0) 99 (100.0) 120 (100.0) 113 (98.3) 58 (98.3) 92 (100.0) 576 (99.5)

Continuación. Tabla 7. Características de las viviendas en las veredas del CCZG

Característica	Condición	Alto Palmar		Ardovalas		Bajo San Francisco		El Palmar		La Toma		Mazamorrero		Santa Lucia		Total, CCZG	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Energía eléctrica	Sí	45	(97.8)	48	(100.0)	97	(98.0)	120	(100)	112	(97.4)	58	(98.3)	92	(100)	572	(98.8)
	No	1	(2.2)	0	(0.0)	2	(2.0)	0	(0.0)	3	(2.6)	1	(1.7)	0	(0.0)	7	(1.2)
Gas	Sí	0	(0.0)	0	(0.0)	6	(6.1)	1	(0.8)	8	(7.0)	4	(6.8)	0	(0.0)	19	(3.3)
	No	46	(100)	48	(100.0)	93	(93.9)	119	(99.2)	107	-93	55	(93.2)	92	(100)	560	(96.7)
Alcantarillado	Sí	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.8)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.2)
	No	46	(100)	48	(100.0)	99	-100	119	(99.2)	115	(100)	59	(100.0)	92	(100)	578	(99.8)
Acueducto	Sí	46	(100)	38	(79.2)	95	(96.0)	118	(98.3)	99	(86.1)	55	(93.2)	88	(95.7)	539	(93.1)
	No	0	0	10	(20.8)	4	(4.0)	2	(1.7)	16	(13.9)	4	(6.8)	4	(4.3)	40	(6.9)
Recolección de basuras	Sí	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.8)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.2)
	No	46	(100)	48	-100	99	(100)	119	(99.2)	115	(100)	59	(100.0)	92	(100)	578	(99.8)
Número de habitaciones	1-3	29	(63.0)	24	(50.0)	52	(52.5)	49	(41.2)	55	(47.8)	36	(61)	49	(53.8)	294	(51.0)
	4-6	17	(37.0)	24	(50.0)	45	(45.5)	70	(58.8)	58	(50.4)	23	(39.0)	42	(46.2)	279	(48.4)
	≥ 7	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(2.0)	0	(0.0)	2	(1.7)	0	(0.0)	0	(0.0)	4	(0.7)
Cocina independiente	Sí	31	(67.4)	46	(95.8)	72	(72.7)	114	(95.0)	106	(92.2)	37	(62.7)	85	(92.4)	491	(84.8)
	No	15	(32.6)	2	(4.2)	27	(27.3)	6	(5.0)	9	(7.8)	22	(37.3)	7	(7.6)	88	(15.2)
Ubicación de la cocina	Externa	20	(43.5)	5	(10.4)	30	(30.3)	19	(15.8)	35	(30.4)	18	(30.4)	15	(16.3)	142	(24.6)
	Interna	26	(56.5)	42	(87.5)	69	(69.7)	101	(84.2)	80	(69.6)	41	(69.5)	77	(83.7)	436	(75.4)
Comparte la cocina con otra familia	Sí	42	(91.3)	44	(93.6)	90	(91.8)	94	(91.3)	109	(95.6)	51	(86.4)	90	(98.9)	520	(93.2)
	No	4	(8.7)	3	(6.4)	8	(8.2)	9	(8.7)	5	(4.4)	8	(13.6)	1	(1.1)	38	(6.8)

N: número de participantes; %: frecuencia relativa. *Fuente. Información recolectada en las encuestas elaboradas por los autores*

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel										Código: M801PR15F03															
											Versión: 01															
											Fecha: 2020-05-15															
											Página: 54 de 108															

Continuación. Tabla 7. Características de las viviendas en las veredas del CCZG.

Característica	Condición	Alto Palmar		Ardovelas		Bajo San Francisco		El Palmar		La Toma		Mazamorrero		Santa Lucía		Total CCZG	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Fuente de agua	Acueducto	46	(100)	34	(70.8)	95	(98.0)	118	(98.3)	100	(87.0)	57	(96.6)	87	(94.6)	537	(93.1)
	Otra fuente	0	(0.0)	9	(18.8)	1	(1.0)	0	(0.0)	8	(7.0)	0	(0.0)	2	(2.2)	20	(3.5)
	Vivienda	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(1.7)	1	(0.9)	0	(0.0)	1	(1.1)	4	(0.7)
	Vecina	0	(0.0)	5	(10.4)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(2.2)	7	(1.2)
	No tienen	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(1.0)	0	(0.0)	6	(5.2)	2	(3.4)	0	(0.0)	9	(1.6)
Días con agua	Quebrada	0	(0.0)	12	(25.0)	1	(1.0)	1	(0.8)	12	(10.5)	2	(3.4)	3	(3.3)	31	(5.5)
	0	2	(5.6)	28	(58.3)	4	(4.1)	10	(8.4)	5	(4.4)	20	(33.9)	29	(31.9)	98	(17.3)
	1-3	3	(8.3)	2	(4.2)	1	(1.0)	13	(10.9)	3	(2.6)	5	(8.5)	13	(14.3)	40	(7.1)
	4-5	31	(86.1)	6	(12.5)	92	(93.9)	95	(79.8)	94	(82.5)	32	(54.2)	46	(50.5)	396	(70.1)
	6-7	6	(13.0)	5	(10.4)	7	(7.1)	19	(15.8)	11	(9.6)	11	(18.6)	9	(9.8)	68	(11.8)
¿Procesan el agua?	Sí	40	(87.0)	43	(89.6)	91	(92.9)	101	(84.2)	104	(90.4)	48	(81.4)	83	(90.2)	510	(88.2)
Ubicación del sanitario	No	16	(35.6)	31	(68.9)	37	(40.7)	72	(62.1)	58	(53.2)	17	(37.8)	47	(54.0)	278	(51.7)
	Dentro	28	(62.2)	14	(31.1)	54	(59.3)	44	(37.9)	51	(46.8)	28	(62.2)	40	(46.0)	259	(48.1)
	Fuera	1	(2.2)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.2)
	No tiene	31	(67.4)	35	(72.9)	75	(75.8)	92	(76.7)	76	(66.1)	24	(40.7)	74	(80.4)	407	(70.3)
Tipo de afectación	Ninguna	13	(28.3)	6	(12.5)	13	(13.1)	11	(9.2)	22	(19.1)	21	(35.6)	10	(10.9)	96	(16.6)
	T y V	1	(2.2)	6	(12.5)	3	(3.0)	13	(10.8)	8	(7.0)	8	(13.6)	5	(5.4)	44	(7.6)
	Inundaciones	0	(0.0)	0	(0.0)	3	(3.0)	0	(0.0)	5	(4.3)	3	(5.1)	3	(3.3)	14	(2.4)
	Derrumbes	0	(0.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(0.8)	1	(0.9)	1	(1.7)	0	(0.0)	3	(0.5)
	Incendio	1	(2.2)	1	(2.1)	5	(5.1)	3	(2.5)	3	(2.6)	2	(3.4)	0	(0.0)	15	(2.6)
	Otra																

N: número de participantes; %: frecuencia relativa; T y V: terremotos y vendavales. Fuente. Información recolectada en las encuestas elaboradas por los autores.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTeI	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 55 de 108

Agua para el consumo humano. Los habitantes de las diferentes veredas manifestaron tener una frecuencia en el servicio que oscila entre 6 a 7 días por semana, con la excepción de Ardovelas, quienes en su mayoría (58.3%) respondieron que solo cuentan con abastecimiento de agua veredal de 1 a 3 días por semana, En cuanto al tipo de tratamiento que le realizan al agua antes de su consumo, la mayoría de las personas respondieron que no llevan a cabo ningún tipo de procesamiento y, por tanto, la consumen como la obtienen. Por su parte, aquellos que manifestaron realizar algún tipo de tratamiento la hierven, siendo menos representativo el uso de filtros u otros métodos.

Aunque el agua para consumo humano en CCZG proviene de manantiales que reciben cierto cuidado comunitario para evitar su contaminación, es claro que una calidad de agua sub-óptima constituye un factor de riesgo significativo en el desarrollo de infecciones parasitarias (Hernández et al., 2019).

Fuente de energía para cocinar. Debido a que en ningunas de las comunidades cuentan con servicio de gas domiciliario, como alternativa, la mayoría de los encuestados utiliza como fuente de calor el gas propano, seguido de la madera o carbón, con una minúscula representación de aquellos que utilizan estufas eléctricas. Existencia igualmente un gradiente de distribución espacial en sentido decreciente con respecto al uso de gas propano, disminuyendo desde la vereda cercana a la cabecera del municipio de Santander de Quilichao (Ardovelas), con respecto a la más alejada (Mazamorrero), siendo gradualmente remplazada esta fuente de combustión por la madera y el carbón.

El consumo de madera para la cocción de los alimentos ha estado ligada a la liberación de diversos contaminantes ambientales, tales como el formaldehído, acetaldehído, acroleína y partículas pequeñas conocidas con el nombre de PM10 (diámetro aerodinámico menor de 10 micras – una micra es la milésima parte de un milímetro) (Neghab et al., 2017). El humo generado en las cocinas de leña ha sido asociado con enfermedades respiratorias agudas, alteraciones en la función pulmonar (Bede-Ojimadu y Orisakwe, 2020), el nacimiento de niños muertos (Grippio et al., 2018), y cáncer, entre otras (Velema et al., 2002). Estas consideraciones ameritan el desarrollo de programas en el CCZG para garantizar que las familias disminuyan el uso de leña como fuente de energía para cocinar los alimentos.

Acueducto y alcantarillado. El 93% de los participantes manifestó contar con el servicio de acueducto veredal. Un aspecto de especial relevancia en el CCZG es la ausencia de alcantarillado. Sin embargo, el uso de pozas sépticas funciona con relativa normalidad.

Recolección de basuras. El servicio de recolección de basura en las veredas del CCZG no existe; por tanto, sus habitantes

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 56 de 108

emplean otros métodos para eliminar los residuos sólidos, siendo el principal la quema, seguida de la disposición por entierro o ubicarla en lotes baldíos. Durante las jornadas de campo fue posible observar la ausencia de clasificación de los componentes de la basura antes de la quema, lo cual representa un riesgo potencial para la salud de las personas expuestas al humo generado. Además de generar partículas que afectan el sistema respiratorio, la combustión de material orgánico al aire libre puede producir hidrocarburos aromáticos polinucleares (Kakareka y Kukharchyk, 2003) y dioxinas (Nammari et al., 2004), ambos grupos de químicos son altamente tóxicos y generan un riesgo importante para la salud humana (Frejo et al., 2011; Zhao y Wang, 2018).

Características económicas. En el contexto económico de los habitantes del CCZG, se pudo determinar que en promedio las personas tienen ingresos por 519.323 y egresos de 426.191. La comparación de ingresos y egresos para cada vereda se muestra en la **Figura 4.** donde se observa que las personas con mejores condiciones socioeconómicas habitan en Ardovelas, con ingresos y egresos promedios de \$614.711 y \$578.000, respectivamente, mientras que las de menor ingreso y egreso fueron las de Mazamorrero, con \$358.222 y \$285.052, respectivamente. Lo anterior sugiere que los habitantes de las veredas del CCZG no alcanzan a tener excedentes suficientes para satisfacer algunas necesidades básicas, y mucho menos mantener un plan de ahorro permanente, que les garantice suplir las necesidades en las épocas de crisis.

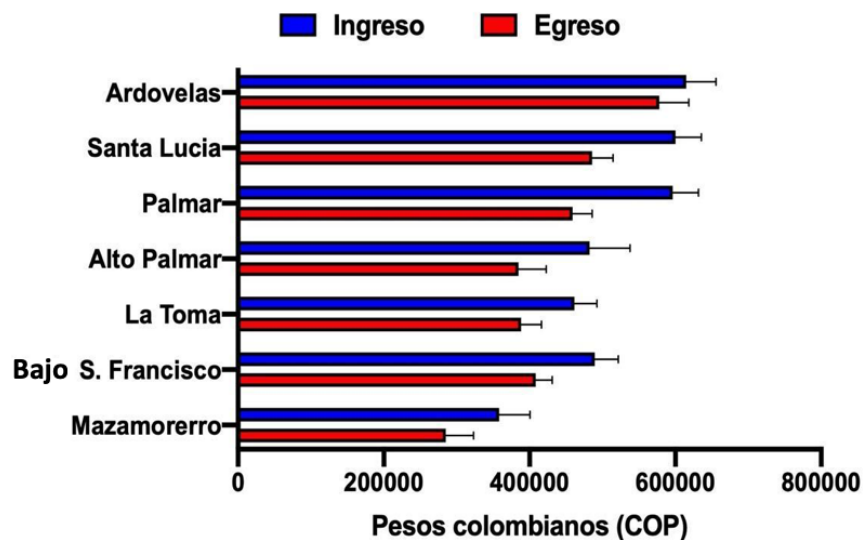


Figura 4. Promedio de ingresos y egresos de los habitantes de las veredas del CCZG.

En general, la información sociodemográfica de los habitantes de las veredas que hacen parte del CCZG sugiere la existencia de un gradiente de distribución espacial en sentido decreciente, desde las ubicadas más cerca de la cabecera municipal (Ardovelas, Santa Lucía y el Palmar) hacia aquellas localizadas en el interior del territorio (Alto Palmar, La Toma, Bajo San Francisco y Mazamorrero), especialmente para algunas variables relacionadas con el grado de escolaridad académica de las personas, condición de calidad de las viviendas y el acceso a servicios públicos.

La condición económica de la mayoría de los habitantes del CCZG, impide que estos generen excedentes suficientes para ahorrar o invertirlos en el mejoramiento de su calidad de vida o la adquisición de bienes materiales, razón por la cual urge que estas reciban apoyo económico mediante el desarrollo de actividades agroeconómicas de alto valor comercial y se facilite la implementación de cooperativas solidarias a través de las cuales estos puedan obtener buenas condiciones de crédito.

11.3. Discusión y análisis componente salud

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel		Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 58 de 108

Encuesta de Salud. Las respuestas obtenidas para diversas variables evaluadas en la encuesta general de salud, con énfasis en las que guardan alguna relación con la exposición a mercurio, y que fueron aplicadas a los voluntarios participantes de las comunidades del Consejo Comunitario del Zanjón de Garrapatero son mostradas en la **Tabla 8**.

Un factor de riesgo para la salud de especial importancia en los hogares es la exposición al humo de cigarrillo. En el CCZG solo el 7% de los niños tiene algún tipo de exposición pasiva, las mujeres embarazadas no reportaron, mientras que el 79% de los adultos mayores ha manifestado alguna exposición. En las jornadas de campo realizadas en las distintas veredas, fue frecuente observar la quema de basuras al frente de los hogares. La exposición a algún tipo de humo diferente al de cigarrillo alcanzó el 46% para los niños, el 50% para las embarazadas y el 77% en los adultos mayores.

Las manifestaciones a nivel bucal, tales como sabor metálico en la cavidad bucal y sangrado en las encías presentan baja frecuencia, reportándose para el primer caso solo 5% para los adultos; y para el segundo, frecuencias de 3,6 y 5% para los niños, embarazadas y adultos mayores, respectivamente.

Un gran número de participantes de los tres grupos evaluados afirmaron no tener dificultad para concentrarse en las actividades diarias o sensación de picazón en el rostro y cuello, con valores por encima del 88% para quienes no han presentado estos síntomas.

Tabla 8. Variables asociadas con el estado de salud en grupos vulnerables del CCZG.

Variables	Categorías	Niños		Embarazadas		Adultos		Total	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Exposición a Tabaco	No	155	(93)	0	(0)	165	(79)	320	(85.6)
	Sí	12	(7)	0	(0)	42	(21)	54	(14.4)
Exposición a humo	No	95	(54)	9	(50)	47	(23)	151	(38.6)
	Sí	71	(46)	9	(50)	160	(77)	240	(61.4)
Sabor metálico en la boca	No	80	(100)	1 8	(100)	197	(95)	295	(96.7)
	Sí	0	(0)	0	(0)	10	(5)	10	(3.3)
Sangrado de encías	No	161	(97)	1 7	(94)	205	(99)	383	(98.7)
	Sí	4	(3)	1	(6)	0	(0)	5	(1.3)
Dificultad para concentrarse en las	No	144	(99)	1	(89)	193	(93)	353	(95.1)

actividades diarias.

				6					
	Sí	1	(1)	2	(11)	15	(7)	18	(4.9)
Sensación de picazón en el rostro y las extremidades	No	113	(100)	1 7	(94)	182	(88)	312	(92.3)
	Sí	0	(0)	1	(6)	25	(12)	26	(7.7)

n: número de voluntarios; %: Frecuencia relativa.

Impresión Diagnóstica. El resultado general de la evaluación diagnóstica realizada por el personal médico durante la consulta realizada a cada uno de los voluntarios incluidos en el estudio de salud es presentado en la **Tabla 9**.

En el caso de los niños, más de la mitad de los evaluados (63%) están sanos, un 10% presenta bajo peso o talla, el 6.3% registra alteraciones en la piel y con menos del 5% de prevalencia aparecen las afecciones respiratorias y cardíacas, anemia, afecciones oculares, poliparasitismo y problemas renales, entre otros.

El número de mujeres embarazadas en el CCZG registradas y evaluadas en el estudio fue bajo (n=18), la mayoría estaba desarrollando un embarazo normal (77.8%), aunque diagnósticos de obesidad (n=1), bajo peso (n=1), diabetes gestacional (n= 1) y pérdida prematura de recién nacido (n=1), fueron realizados individualmente en cuatro pacientes. Si bien el número de embarazadas en el CCZG fue bajo, es de suma importancia realizar de forma efectiva y periódica los seguimientos a las mismas, principalmente a la primigestantes, como estrategia primaria para el control de los riesgos asociados con el embarazo.

En los adultos mayores un 7.6% fue evaluado como sano. El diagnóstico más frecuente fue la hipertensión arterial (33%), seguido de afecciones oculares (10.8%), artralgias y mialgias (9.8%), diabetes (6.7), obesidad (3.5%), y desnutrición (2.5%), entre otros.

Tabla 9. Frecuencia de enfermedades entre los niños, mujeres embarazadas y adultos mayores del CCZG.

Condición Salud	Frecuencia	%
Niños		
Niños sanos	100	63.0
Bajo peso o talla para la edad	16	10.0
Afección cutánea	10	6.3
Hernia	7	4.3
Afección respiratoria	6	3.8

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 60 de 108

Afección cardiaca	3	1.9
Anemia	3	1.9
Afección ocular	3	1.9
Poliparasitismo	2	1.3
Afección renal	1	0.6
Otras condiciones	8	5.0
Total	159	100.0
Mujeres embarazadas		
Embarazo Normal	14	77.8
Obesidad	1	5.6
Bajo peso	1	5.6
Diabetes gestacional	1	5.6
Pérdida de embarazo	1	5.6
Total	18	100.0
Adultos mayores		
Hipertensión arterial	104	33.0
Afección ocular	34	10.8
Artralgias y mialgias	31	9.8
Adulto sano	24	7.6
Diabetes	21	6.7
Obesidad	11	3.5
Desnutrición	8	2.5
Afección neurológica	7	2.2
Afección renal	2	0.6
Afección respiratoria	1	0.3
Otras condiciones	72	23.0
Total	315	100

=: frecuencia relativa.

Bioquímica y Hematología. Los resultados obtenidos para los promedios y el intervalo en los valores registrados para los parámetros bioquímicos y hematológicos, medidos en las poblaciones vulnerables del CCZG son presentados en la **Tabla 10**, mientras que los porcentajes de individuos que estuvieron por dentro y por fuera de los niveles de referencia para los distintos parámetros analizados son presentados en la **Tabla 11**. La información obtenida de las variables bioquímicas para las poblaciones de niños, mujeres embarazadas y adultos mayores de las veredas analizadas es mostrada en el **Anexos 7B**.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 61 de 108

Los niveles de fosfatasa alcalina entre los niños, embarazadas y adultos mayores (**Tabla 10**) presentaron un comportamiento fisiológico asociado con la edad (Nardone et al., 2012), lo cual puede atribuirse a la participación de esta enzima en procesos de regeneración, por ejemplo, del tejido óseo, traduciéndose en consecuencia una disminución de la misma en las etapas adultas. En cuanto al perfil geográfico, los niveles promedios más altos de Fosfatasa Alcalina y transaminasas (ALT, AST) en niños fueron registrados en Mazamorrero (424.2 UI/L) y Bajo San Francisco (23.9 y 56.6 UI/L), respectivamente (**Anexo 7B**). Aunque los factores pueden ser de diversa índole, las malas condiciones de habitabilidad y demografía experimentadas en estas comunidades, tales como menores ingresos, lo cual puede traducirse en alimentación deficiente, podrían estar incrementando el nivel de vulnerabilidad y el riesgo a padecer eventos en salud ligados a daño hepático por exposición a contaminantes ambientales (Stratakis et al., 2020; Kishi et al., 2017; Pietri et al., 2011).

Es de interés registrar el valor máximo obtenido para GGT, el cual fue evidenciado en una voluntaria embarazada de la comunidad de Ardovelas (97.5 UI/L), lo cual influyó considerablemente en el valor promedio de este grupo en esa vereda (50.5 UI/L) (**Anexo 7B**).

En los adultos mayores, uno de los aspectos sobresalientes de la bioquímica sanguínea fue el valor promedio obtenido para el colesterol total (207.2 $\pm$ 46.5 mg/dL), el cual aparece por encima de lo recomendado en todas las veredas (**Anexo 7B**), con más del 50% de los voluntarios por fuera del valor normal (inferior a 200 mg/dL) (**Tabla 10**). El colesterol total es una variable íntimamente ligada con la edad, y un factor de riesgo para la prevalencia de enfermedades cardiovasculares. Un aspecto a considerar es la exposición crónica de los adultos (más del 60%) a humo proveniente de la combustión de basuras y preparación de alimentos, la cual ha sido asociada con el incremento de los niveles séricos de CT (Dadzie et al., 2019). Por lo descrito, la eliminación de prácticas generadoras de humo en el interior del CCZG produciría beneficios importantes en las comunidades.

A nivel general, el promedio más alto para la creatinina sérica, un marcador de daño renal (Mercado et al., 2019), apareció entre los adultos mayores, seguido de las embarazadas y por último los niños (**Tabla 10**). Los valores encontrados coinciden con un nivel de conservación de la función renal para todos los grupos, lo cual está en concordancia con la escasa frecuencia de enfermedades de tipo renal entre los adultos mayores (0.6%).

En cuanto a los parámetros hematológicos (**Tabla 11**), el 16% de los niños tuvo alteraciones del volumen corpuscular medio (VCM), lo cual puede estar relacionado con la presencia de glóbulos rojos microcíticos, tal y como fue observado en los extendidos de sangre periférica. Para este grupo los datos podrían obedecer a deficiencia de hierro en la dieta o poliparasitismo (Wright et al., 2003; Kleinman, 2009). Por su parte, un porcentaje representativo de adultos mayores (29.6%) registró valores de linfocitos por fuera

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 62 de 108

del intervalo de referencia, hecho atribuible, entre otros aspectos, a la exposición crónica a humos de leña (por más de 10 años), tal como lo han reportado otros autores (Dadzie et al., 2019).

Los resultados para el análisis de los parámetros hematológicos, discriminado en cada vereda para las poblaciones de niños, mujeres embarazadas y adultos mayores, aparecen en el **Anexos 7C**.

Tabla 10. Resultados de bioquímica y hematología para las poblaciones vulnerables del CCZG.

Parámetro	Niños (n= 125)		Mujeres embarazadas (n =11)		Adultos mayores (n= 169)	
	$\bar{x} \pm EE$	(Min-Máx)	$\bar{x} \pm EE$	(Min-Máx)	$\bar{x} \pm EE$	(Min-Máx)
Bioquímica						
FA (UI/L)	359.8 $\pm$ 7.6	(199.5-588.5)	154.3 $\pm$ 23.8	(43.0-285.5)	146.3 $\pm$ 4.7	(50.0-434.0)
ALT/GPT (UI/L)	18.9 $\pm$ 0.6	(8.0-49.5)	24.7 $\pm$ 4.8	(8.5-55.5)	21.5 $\pm$ 0.7	(8.5-49.5)
AST/GOT (UI/L)	43.5 $\pm$ 1.6	(25.0-197.0)	24.5 $\pm$ 2.8	(12.0-42.0)	29.6 $\pm$ 0.7	(15.5-72.1)
GGT (UI/L)	18.7 $\pm$ 0.7	(10.0-60.0)	29.3 $\pm$ 7.8	(10.5-97.5)	35.2 $\pm$ 2.0	(5.0-183.5)
CHDL (mg/dL)	54.7 $\pm$ 1.2	(20.0-96.9)	69.6 $\pm$ 5.8	(47.9-113.5)	62.7 $\pm$ 1.4	(24.9-180.0)
CLDL (mg/dL)	88.1 $\pm$ 2.4	(10.5-169.0)	96.4 $\pm$ 9.5	(60.5-168.0)	109.2 $\pm$ 3.0	(31.0-297.5)
CT (mg/dL)	164.7 $\pm$ 3.2	(67.5-270.0)	191.7 $\pm$ 14.1	(134.5-295.5)	207.0 $\pm$ 3.6	(100-354.5)
CREAT-S (mg/dL)	0.3 $\pm$ 0.0	(0.0-0.8)	0.6 $\pm$ 0.0	(0.3-0.8)	0.9 $\pm$ 0.0	(0.1-1.8)
TRIG (mg/dL)	85.9 $\pm$ 3.4	(36.5-325.5)	119.2 $\pm$ 19.9	(39.5-237.5)	116.8 $\pm$ 4.7	(40.5-347.0)
BUN (mg/dL)	7.4 $\pm$ 0.3	(0.5-15.2)	5.9 $\pm$ 0.7	(2.8-9.1)	12.4 $\pm$ 0.4	(0.0-43.2)
CREA-U (mg/dL)	53.3 $\pm$ 4.3	(8.2-190.0)	106.1 $\pm$ 27.9	(15.5-284.3)	79.4 $\pm$ 5.5	(8.0-359.5)
Hematología						
GB (10 ⁹ /L)	9.3 $\pm$ 0.4	(4.1-29.1)	9.6 $\pm$ 0.7	(6.2-13.8)	6.3 $\pm$ 0.1	(2.7-12.6)
GR (10 ¹² /L)	4.8 $\pm$ 0.0	(4.0-6.6)	4.4 $\pm$ 0.2	(3.4-5.1)	4.7 $\pm$ 0.0	(3.4-6.4)
HGB (g/dL)	12.2 $\pm$ 0.1	(9.1-15.8)	12.4 $\pm$ 0.4	(10.2-13.9)	13.6 $\pm$ 0.1	(9.4-17.9)
HCT (%)	36.0 $\pm$ 0.3	(27.7-46.7)	36.6 $\pm$ 1.1	(30.5-41.0)	40.4 $\pm$ 0.3	(27.3-53.8)
VCM (fL)	76.2 $\pm$ 0.7	(49.0-87.0)	83.7 $\pm$ 2.3	(66.5-91.0)	85.9 $\pm$ 0.4	(66.0-98.5)
HCM (pg)	25.9 $\pm$ 0.2	(16.2-29.6)	28.4 $\pm$ 0.8	(22.4-30.7)	29.1 $\pm$ 0.1	(21.4-33.2)
CHCM (g/dL)	34.0 $\pm$ 0.1	(31.8-35.8)	33.9 $\pm$ 0.1	(33.5-34.8)	33.8 $\pm$ 0.1	(32.3-35.6)
PLT (10 ⁹ /L)	371.3 $\pm$ 9.0	(165.0-653.0)	310.1 $\pm$ 18.6	(223.0-424.5)	223.1 $\pm$ 5.2	(50.0-418.5)
PCT (%)	0.3 $\pm$ 0.0	(0.1-0.5)	0.3 $\pm$ 0.0	(0.2-0.4)	0.2 $\pm$ 0.0	(0.0-0.4)
VPM (fL)	8.1 $\pm$ 0.1	(6.3-10.5)	8.3 $\pm$ 0.2	(7.6-9.1)	8.7 $\pm$ 0.1	(6.9-11.0)
ADP (%)	38.7 $\pm$ 0.2	(34.0-43.7)	39.2 $\pm$ 0.3	(38.2-40.9)	39.4 $\pm$ 0.1	(35.8-43.6)
ADE (%)	17.8 $\pm$ 0.2	(15.6-28.4)	16.6 $\pm$ 0.2	(15.4-17.7)	16.4 $\pm$ 0.1	(14.9-19.3)
LIN (10 ⁹ /L)	4.8 $\pm$ 0.2	(1.2-17.2)	2.6 $\pm$ 0.2	(1.1-3.5)	2.4 $\pm$ 0.1	(0.8-5.5)
MID (10 ⁹ /L)	0.8 $\pm$ 0.0	(0.3-2.8)	0.6 $\pm$ 0.2	(0.2-1.9)	0.6 $\pm$ 0.0	(0.1-2.2)
GRA (10 ⁹ /L)	3.8 $\pm$ 0.2	(0.8-9.8)	6.4 $\pm$ 0.7	(3.6-9.9)	3.3 $\pm$ 0.1	(0.8-7.8)
LIN%	50.0 $\pm$ 1.1	(25.6-75.1)	27.6 $\pm$ 2.7	(10.9-39.3)	39.6 $\pm$ 0.9	(11.3-74.1)
MID%	8.9 $\pm$ 0.3	(3.5-17.9)	6.5 $\pm$ 1.5	(2.3-17.0)	9.4 $\pm$ 0.3	(1.4-28.2)
GRA%	41.0 $\pm$ 1.1	(12.4-63.5)	65.9 $\pm$ 3.2	(55.7-85.8)	51.0 $\pm$ 0.9	(21.1-84.2)
P-LCC	100 $\pm$ 3.2	(42.7-209.0)	91.5 $\pm$ 6.9	(60.0-137.5)	71.3 $\pm$ 1.8	(18.0-143.5)
P-LCR	27.7 $\pm$ 0.7	(12.4-47.0)	29.7 $\pm$ 1.7	(24.1-36.3)	32.8 $\pm$ 0.6	(16.7-52.2)

$\bar{x}$: Promedio; EE: Error estándar; Min: Valor mínimo; Máx: Valor máximo; FA: Fosfatasa alcalina; ALT: Alanino aminotransferasa; AST: Aspartato aminotransferasa; GGT: Gamma glutamiltransferasa; CHDL: Lipoproteínas de alta densidad o Colesterol HDL; CLDL: Lipoproteínas de baja densidad o Colesterol LDL; CT: Colesterol total; CREAT: Creatinina sanguínea; TRIG: Triglicéridos; BUN: Nitrógeno ureico en sangre; CREA-U: Creatinina urinaria; GB: Conteo de glóbulos blancos; GR: Conteo de glóbulos rojos; HGB: Hemoglobina (HGB); HCT: Hematocrito; VCM: Volumen corpuscular medio; HCM: Hemoglobina corpuscular media; CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media; PLT, Plaquetas; PCT, Plaquetocrito; VPM, Volumen plaquetario medio; ADP, Ancho de distribución de plaquetas; ADE: Ancho de distribución de los eritrocitos; LIN: Recuento absoluto de linfocitos; MID: Recuento absoluto de células mixtas; GRA: Recuento absoluto de granulocitos; LIN%: Porcentaje de linfocitos; MID%: Porcentaje de células mixtas; GRA%: Porcentaje de granulocitos; P-LCC: Recuento de plaquetas-células grandes; P-LCR: Cociente de Plaquetas-Células Grandes.

Tabla 11. Comparación entre los intervalos de referencia para los parámetros hematológicos en el CCZG.

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 64 de 108

Parámetro	Niños (n=107)			Embarazadas (n=10)			Adultos (n=154)		
	IR*	Dentro IR (%)	Fuera IR (%)	IR*	Dentro IR (%)	Fuera IR (%)	IR*	Dentro IR (%)	Fuera IR (%)
Hematología									
GR (10 ¹² /L)	3.9 –5.0	84.8	15.2	4.2-5.1	64	36	4.5-5.3	65.7	43.3
Hemoglobina (mg/dL)	9.9-14.1	97.6	2.4	11.0–14.0	91	9	11.5-16.1	96.5	3.5
HCT (%)	30-41	96.8	3.2	33-42	91	9	35-44	87.7	12.3
VCM (fL)	72.8-89.9	83.2	16.8	78-93	91	9	78-93	91.1	8.9
HCM (pg)	22.7-30.8	92	8.0	25-32	91	9	25-32	94.7	5.3
CHCM	32.3-35.0	98.4	1.6	31–37	100	0	31–37	100	0.0
GB (10 ⁹ /L)	4.8-13.2	86.4	13.6	5.6-16.9	100	0.0	4.0-11	94.1	5.9
LIN (10 ⁹ /L)	1.8-7.1	86.4	12.6	1.1-3.6	100	0.0	1.1-2.7	69.3	30.7
MID (10 ⁹ /L)	0.4-1.1	81.6	18.4	0.1-1.4	91	9	0.2-0.8	83.2	16.8
GRA (10 ⁹ /L)	1.5- 6.4	91.6	8.4	3.6-10.1	100	0	1.8-7.1	82.4	17.6
LIN (%)	20.7-58.4	81.6	18.4	16.7-43.4	91	9	16.7-43.4	70.4	29.6
MID (%)	4.6-12.1	84.8	15.2	4.6-12	91	9	4.6-12	81.6	18.4
GRA (%)	17.6-68.6	99.2	0.8	43-71	91	9	43-71	82.9	17.1
PLT (10 ⁹ /L)	212-480	88	12	146- 429	100	0	150-450	95.3	4.7
VPM (fL)	6.9-9.7	96.8	3.2	8.2 - 10.4	100	0	6.4-11	100	0

(IR): Intervalo de referencia basada en la bibliografía consultada; n: número; GB: Conteo de glóbulos blancos; GR: Conteo de glóbulos rojos; HGB: Hemoglobina; HCT: Hematocrito; VCM: Volumen corpuscular medio; HCM: Hemoglobina corpuscular media; CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media; PLT: Plaquetas; PCT: Plaquetocrito; VPM: Volumen plaquetario medio; LIN: Recuento absoluto de linfocitos; MID: Recuento absoluto de células mixtas; GRA: Recuento absoluto de granulocitos; LIN%: Porcentaje de linfocitos; MID%: Porcentaje de células mixtas; GRA%: Porcentaje de granulocitos; *. Los intervalos de referencia para los distintos parámetros fueron obtenidos de Abbassi-Ghanavati et al. (2009); Estey et al. (2013) y Achila et al. (2017).

Continuación Tabla 11 Comparación entre los intervalos de referencia para parámetros bioquímicos y los resultados obtenidos en

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 65 de 108

el CCZG.

Parámetro	Niños (n=125)			Embarazadas (n=11)			Adultos (n=169)		
	IR*	Dentro IR (%)	Fuera IR (%)	IR*	Dentro IR (%)	Fuera IR (%)	IR*	Dentro IR (%)	Fuera IR (%)
Bioquímica Sanguínea									
FA (U/L)	156-369	58.4	41.6	17- 229	82	18.0	51-165	72.2	27.8
ALT (U/L)	3-44	98.4	1.6	5-33	82	18.0	7-41	97	3.0
AST (U/L)	21-44	62.4	37.6	2-32	91	9.0	1-38	88.2	11.8
GGT (U/L)	4-22	81.6	18.4	26-32	73	27.0	9-58	87.6	12.4
CREAT (mg/dL)	0.4 -1	100	0.0	0.4- 0.9	100	0.0	0.5-1.1	86.8	14.2
BUN (mg/dL)	4-21	100	0.0	3-13	100	0.0	4-21	95.9	4.1
CT (mg/dL)	112-207	81.6	18.4	<200	63.7	36.3	<200	49.1	50.9
CHDL (mg/dL)	28-77	93.2	6.8	31-80	91	9.0	31-80	88.8	11.2
CLDL (mg/dL)	<131	94.4	5.6	16-144	91	9.0	16-144	45	55
TRIG (mg/dL)	48-219	99.0	1.0	< 150	72.8	27.2	< 150	76.9	23.1

(IR): Intervalo de referencia basada en la bibliografía consultada; n, Número de voluntarios; $\bar{x}$, Promedio; EE, Error estándar; FA, Fosfatasa alcalina; ALT, Alanino aminotransferasa; AST, Aspartato aminotransferasa; GGT, Gamma glutamiltransferasa; CHDL, Lipoproteínas de alta densidad o Colesterol HDL; CLDL, Lipoproteínas de baja densidad o Colesterol LDL; CT, Colesterol total; CREAT, Creatinina sanguínea; TRIG, Triglicéridos; BUN, Nitrógeno ureico en sangre; CREA-U, Creatinina urinaria.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 66 de 108

Los resultados de los análisis de extendidos de sangre periférica son presentados en la **Tabla 12**. Para efectos de discusión solo serán considerados los datos de niños y adultos mayores, dado que el número de muestras de embarazadas fue bajo. Los hallazgos morfológicos mostraron la presencia de micronúcleos, un biomarcador general de procesos de genotoxicidad (Lepage et al., 2020), en todos los grupos evaluados, con valores de 4.0% y 1.8% en niños y adultos mayores, respectivamente. Por su parte, cambios morfológicos en glóbulos rojos asociados al tamaño (anisocitosis) mostraron que el 16.0% de los niños presentaron alteraciones de este tipo, seguido de 11.8% en los adultos mayores. Mientras que los cambios asociados a la forma (poiquilocitosis) fueron registrados en el 11.2% de los niños. La disminución en el color (hipocromía) fueron para niños, embarazadas y adultos del 16.0%, 9.1% y 1.8%, respectivamente. El conteo manual de células en el extendido señaló que los niños, presentan mayores niveles de linfocitos que de neutrófilos, como es de esperarse para su edad, similar a lo descrito para los hallazgos de la hematología automatizada. A su vez, el conteo de monocitos fue importante tanto en adultos como en los niños. En el caso de las embarazadas, destacan el aumento marcado de neutrófilos, corroborando, los resultados hallados en los hemogramas, siendo para este análisis la diferencia un poco más marcada.

En el caso del conteo celular, el promedio para el porcentaje de linfocitos fue mayor en los niños que en las embarazadas y los adultos mayores. Como ha sido reportado por diversos autores (Gasparoni et al., 2003), la fórmula invertida entre los menores es algo habitual debido a que el proceso de desarrollo del sistema inmune de los mismos aún es activo, encontrándose niveles cercanos al 50% (**Tabla 12**). El nivel de monocitos entre los niños también fue importante. Esta línea celular participa en la presentación de antígenos e interviene en los procesos de inflamación dérmica mediante el proceso de transporte a tejidos periféricos, (Jakubzick et al., 2017), lo cual podría asociarse con el registro de patologías en piel entre los niños, siendo la segunda más frecuente (6.3%). En el grupo de embarazadas aparece aumentado el porcentaje de granulocitos, lo cual concuerda con lo expresado por otros autores (Gogoi et al., 2019), en relación con la existencia de procesos de remoción de materiales generados durante el embarazo, los cuales pueden desencadenar procesos inflamatorios.

Valores altos, cercanos al límite superior establecido, fueron hallados para el conteo total de leucocitos entre los niños de la comunidad de Bajo San Francisco ($12.710^9/L$). Mientras que los valores de hemoglobina entre los niños fueron homogéneos y no mostraron mayores diferencias. Los parámetros hematológicos entre las embarazadas en este caso fueron muy estables y no mostraron mayores variaciones, al igual que entre los adultos mayores (**Anexo 7C**).

Tabla 12. Resumen de los resultados de Extendidos de Sangre Periférica entre la población vulnerable del CCZG.

Parámetro	Niños (n= 125)		Embarazadas (n =11)		Adultos mayores (n =154)	
	$\bar{x} \pm EE$	(MIN-MAX)	$\bar{x} \pm EE$	(MIN-MAX)	$\bar{x} \pm EE$	(MIN-MAX)
Plaquetas (mm ³)	279.7±11.4	(136.0-416.0)	181.3±32.8	(148.5-214.0)	224.8±10.1	(119.0-440.5)
Neutrófilos (%)	40.5±2.3	(13.0-86.5)	73.3±2.8	(70.5-76.0)	44.0±1.6	(19.0-60.5)
Linfocitos (%)	45.4±2.0	(10.5-76.5)	22.0±1.5	(20.5-23.5)	42.3±1.6	(20.0-74.0)
Eosinófilos (%)	4.7±0.7	(0.0-21.0)	1.3±0.3	(1.0-1.5)	4.0±0.6	(0.0-17.5)
Basófilos (%)	0.9±0.3	(0.0-10.5)	0.0±0.0	(0.0-0.0)	0.6±0.1	(0.0-4.0)
Monocitos (%)	8.7±0.6	(2.0-19.0)	3.5±1.0	(2.5-4.5)	8.8±0.7	(2.0-19.0)
Alteraciones morfológicas	n	%	n	%	n	%
Anisocitosis	20	16.0	1	9.1	20	11.8
Hipocromía	20	16.0	1	9.1	3	1.8
Poiquilocitosis	14	11.2	0	0	12	7.7
Policromatofilia	0	0.0	0	0.0	3	1.8
Micronucleos	5	4.0	1	9.1	3	1.8
Monocitos vacuolados	9	7.2	0	0.0	17	10.1
Células en apoptosis	3	2.4	1	9.1	18	10.7

n: Número de voluntarios; $\bar{x}$: Media; EE: Error estándar; %: Frecuencia relativa.

Células en apoptosis fueron observadas en el 2.4% de los niños, en el 9.1% de las embarazadas y en el 10.7% de los adultos mayores. La presencia de monocitos vacuolados, como indicador de inflamación o actividad inmunológica (Hou et al., 2000), fueron registrados en el 7.2% y 10.1% de los niños y adultos mayores, respectivamente, probablemente en consecuencia al desarrollo de respuestas a estímulos inflamatorios, asociados, por ejemplo, con problemas dérmicos en los niños, o alteraciones crónicas de tipo cardiovascular en los adultos mayores (Kwaifa et al., 2020).

Marcadores urinarios. Los resultados del urianálisis practicado a los voluntarios son presentados en la **Tabla 13**. Ninguno de los individuos resultó con alteraciones correspondientes a los parámetros de Cetonas, Bilirrubinas y Urobilinógeno en orina. La presencia de esterasa leucocitaria, indicador de procesos inflamatorios mediados por leucocitos (Yu et al., 2015), fue hallada en el 10.2% de los niños, en el 37.5% de las embarazadas y el 26% de los adultos mayores. Para el caso de las gestantes, la movilización de células asociadas con procesos inflamatorios, así como el posible desarrollo de infecciones urinarias, puede estar influyendo en la respuesta observada en este grupo (González-Fernández et al., 2015). Los niveles más altos de densidad urinaria fueron registrados entre las embarazadas, factor asociado con el incremento de su metabolismo.

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 68 de 108

La mayor frecuencia de sangre en orina (hematuria) fue observada, entre los adultos mayores, probablemente derivado de fallas en la permeabilidad urinaria asociados a la alta prevalencia de las patologías, principalmente enfermedades crónicas no transmisibles frecuentes en esta población (Wei et al., 2019). Solo el 1.3% de los adultos mayores tuvieron presencia de glucosa en orina (glucosuria), lo cual indica que, a pesar de la alta tasa de personas con diabetes entre este grupo, la ausencia de esta en la orina es sugestivo de control a nivel sanguíneo y como pronóstico de buen estado renal entre los adultos diabéticos (Shobita et al., 2005), lo cual concuerda con los hallazgos de las concentraciones de creatinina sanguínea entre los marcadores bioquímicos y la baja frecuencia de adultos con alteraciones renales, relacionado con la funcionalidad conservada entre los adultos, en donde el bajo riesgo renal e infecciones en el tracto urinario concuerda con la ausencia de glucosuria, y por tanto menor crecimiento de bacterias patógenas (Geerlings et al., 2014).

Tabla 13. Frecuencia de hallazgos en el análisis de parcial de orina entre los niños, mujeres embarazadas y adultos mayores del CCZG.

Parámetro		Niños (n= 112)		Mujeres embarazadas (n =10)		Adultos mayores (n= 168)	
		Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
Sangre	n (%)	3 (3.1)	95 (96.9)	0 (0.0)	8 (100.0)	19 (12.4)	134 (86.6)
Proteínas	n (%)	0 (0.0)	98 (100.0)	0 (0.0)	8 (100.0)	1 (0.6)	152 (99.4)
Nitritos	n (%)	1 (1.0)	97 (99.0)	1 (12.5)	7 (87.5)	1 (0.6)	152 (99.4)
Glucosa	n (%)	0 (0.0)	98 (100.0)	0 (0.0)	8 (100.0)	2 (1.3)	151 (98.7)
Leucocitos	n (%)	10 (10.2)	88 (89.8)	3 (37.5)	5 (62.5)	41 (26.8)	112 (73.2)
pH	$\bar{x}$ (Min-Max)	5.7 (5.0-7.0)		6.2 (5.0-7.0)		5.7 (5.0-7.0)	
Densidad	$\bar{x}$ (Min-Max)	1025.9 (1000.0-1030.0)		1026.3 (1020.0-1030.0)		1018.1 (1000.0-1030.0)	

$\bar{x}$: Promedio; n: número

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 69 de 108

Mercurio en matrices humanas. Las concentraciones de mercurio total en orina, sangre y cabello para niños, embarazadas y adultos mayores del CCZG son mostradas en la **Figura 5**. Los resultados muestran que en promedio todos los niveles de mercurio evaluados están por debajo de los límites permisibles para todas las matrices analizadas (cabello, sangre y orina), lo cual sugiere que la exposición a mercurio en el CCZG es marginal. No obstante, las concentraciones de Hg-T en orina, sangre y cabello fueron superiores entre las mujeres embarazadas, sin embargo, solo los niveles urinarios mostraron diferencias significativas con los niveles encontrados en el grupo de niños y adultos mayores. Aunque este metal ha sido asociado con problemas de salud en las gestantes (Basu et al., 2014), el cuidado de las mismas en el CCZG debe ser más riguroso al no contar con infraestructura adecuada en salud, en especial en las veredas de Santa Lucía, Bajo San Francisco, La Toma, Ardovelas y Alto Palmar, condición agravada por el acceso limitado a la zona debido a la topografía y las condiciones climáticas.

Los resultados de la distribución espacial de los niveles de mercurio total en orina, sangre y cabello en los grupos evaluados por vereda son mostrados en la **Figura 6**. En orina, las concentraciones más altas fueron registradas en las embarazadas de El Palmar. En sangre, los niveles promedio más elevados se hallaron en las mujeres embarazadas de Mazamorrero, Bajo San Francisco y el Palmar, así como en los adultos de Santa Lucía y la Toma, este último sitio fue sujeto a minería aurífera en el pasado. Por su parte, las concentraciones de mercurio total en cabello estuvieron más homogéneas, con niveles promedio por debajo de 0.5 µg/g en todas las veredas, aunque los adultos mayores presentaron los niveles más altos, manteniéndose en el intervalo 0.2-0.49 µg/g.

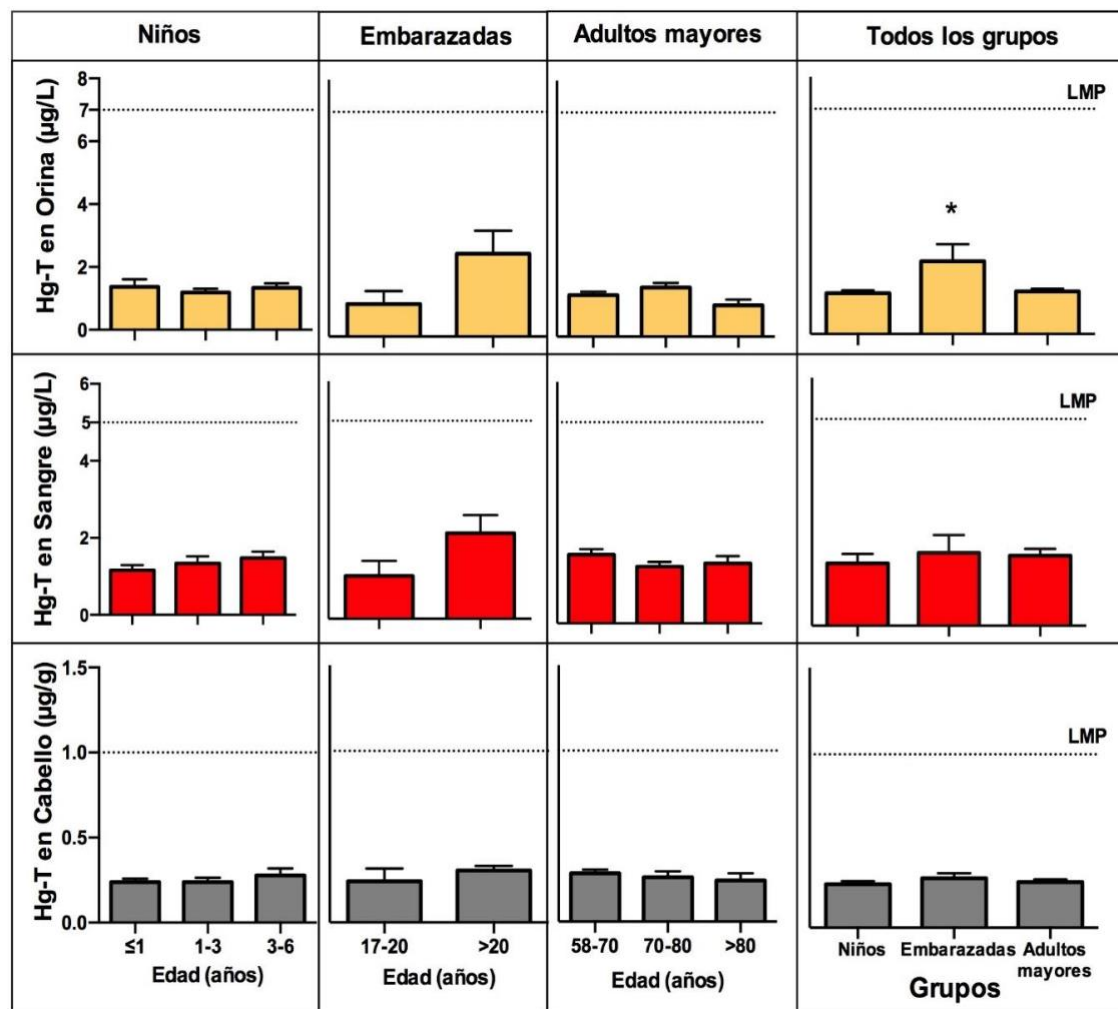


Figura 5. Concentración de mercurio total en orina, sangre y cabello para niños, embarazadas y adultos mayores.

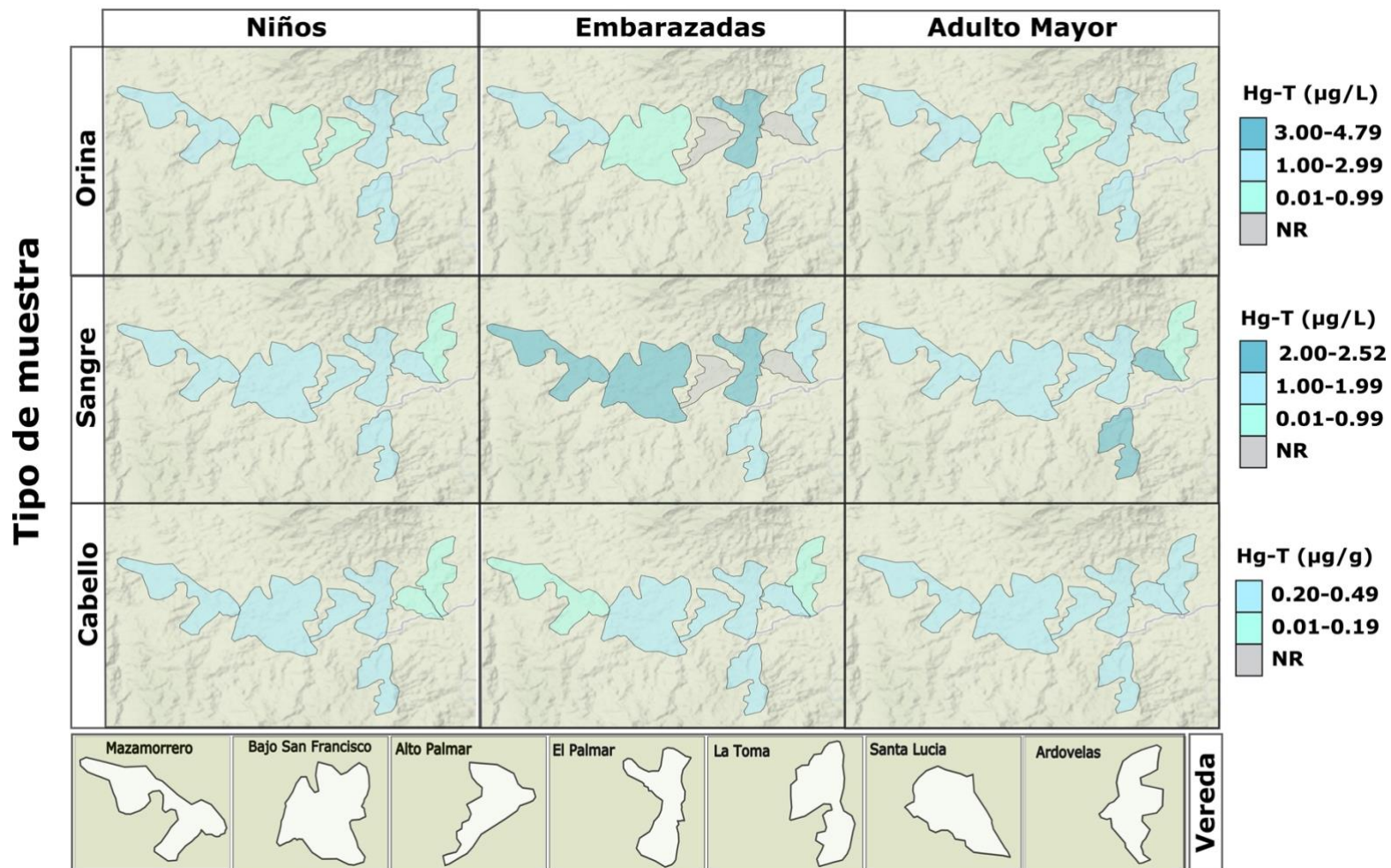


Figura 6. Distribución espacial del contenido de mercurio total (Hg-T) en distintas matrices colectadas en grupos vulnerables que habitan las veredas del Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero.

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 72 de 108

Relación entre marcadores de la condición de salud y exposición a mercurio. La condición de salud de un individuo es el producto de la combinación de muchos factores ambientales, dietarios, genéticos y sociales, entre muchos otros. Sin embargo, la exposición a contaminantes ambientales, tales como los metales pesados, puede comprometer el funcionamiento de muchos sistemas y de esta forma afectar el estado de salud. Algunas de las relaciones estadísticas evaluadas con el objeto de establecer asociaciones entre la exposición a mercurio y variables relacionadas con marcadores de salud, consumo de pescado, edad o tiempo de permanencia en el CCZG, para los tres grupos poblacionales evaluados, son mostradas en la **Tabla 14**. La correlación utilizada fue la de Spearman, como quiera que los datos fueron no paramétricos.

Tabla 14. Correlación de Spearman entre el contenido de Hg-T en el cabello, sangre y orina, con las variables de mayor importancia ambiental, médica, bioquímica y hematológica.

Población	Variables	Nivel T-Hg		
		Cabello	Sangre	Orina
Niños	Ambientales			
	Consumo de pescado por semana	0.02 (0.81)	0.24 (0.00) *	0.12 (0.19)
	Bioquímicas			
	AST	-0.07 (0.42)	-0.00 (0.95)	-0.22 (0.02) *
	CREAT orina	0.18 (0.07)	0.32 (0.00) *	-0.06 (0.53)
	Hematológicas			
	GB	0.11 (0.28)	-0.12 (0.20)	-0.24 (0.02) *
	CHCM	-0.27 (0.00) *	-0.26 (0.00) *	-0.05 (0.63)
Mujeres embarazadas	LIN	0.18 (0.10)	-0.20 (0.07)	-0.33 (0.00) *
	Ambientales			
	Años viviendo en el CCZG	-0.19 (0.47)	0.55 (0.08)	0.04 (0.91)
	Médica			
	Frecuencia cardíaca	0.32 (0.22)	0.17 (0.61)	0.73 (0.02) *
	Hematológicas			
	HCM	0.50 (0.21)	0.41 (0.24)	0.72 (0.03) *
	CHCM	0.24 (0.57)	0.68 (0.03) *	0.58 (0.10)
	PLT	0.64 (0.09)	-0.05 (0.89)	0.83 (0.01) *

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 73 de 108

	PCT	0.83 (0.01) *	0.07 (0.84)	0.75 (0.02) *
Adultos mayores	Ambientales			
	Edad	-0.27 (0.00) *	-0.08 (0.28)	-0.01 (0.94)
	Años viviendo en el CCZG	-0.20 (0.04) *	-0.04 (0.63)	-0.05 (0.50)
	Bioquímicas			
	FA	-0.09 (0.27)	-0.19 (0.02) *	-0.87 (0.28)
	ALT	-0.02 (0.79)	0.05 (0.51)	-0.36 (0.00) *
	AST	-0.14 (0.10)	-0.08 (0.29)	-0.27 (0.00) *
	TRIG	-0.03 (0.70)	-0.10 (0.19)	-0.26 (0.00) *

AST: Aspartato aminotransferasa; CREAT: Creatinina en orina; GB: Conteo de glóbulos blancos; CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media; LIN: Recuento absoluto de linfocitos; HCM: Hemoglobina corpuscular media; PLT: Plaquetas; PCT: Plaquetocrito; FA: fosfatasa alcalina; ALT: Alanina aminotransferasa; TRIG: Triglicéridos. *. Significancia estadística ($p < 0.05$).

De la **Tabla 14** es claro inferir que la exposición a mercurio tiene relación con diversidad de variables en todos los grupos considerados. Entre los tres grupos, solo los niños registraron una correlación significativa, pero baja, entre la concentración de Mercurio en sangre y la frecuencia del consumo de pescado ($p=0.24$, $p < 0.05$). Este comportamiento también fue observado con creatinina en orina ($p=0.32$, $p < 0.05$). En este grupo igualmente resalta la relación inversa entre mercurio y CHCM, tanto en cabello ($p=-0.27$, $p < 0.00$), como en sangre ($p=-0.26$, $p < 0.01$). Los resultados de las correlaciones para todos los grupos y las variables estudiadas son mostrados en el **Anexo 13**.

En las mujeres embarazadas la concentración de Mercurio en orina correlacionó con la frecuencia cardíaca ($p=0.73$, $p=0.02$). Entre las variables hematológicas, la hemoglobina corpuscular media correlacionó con el contenido de Mercurio en orina ($p=0.72$, $p=0.03$); la concentración de hemoglobina corpuscular media con mercurio en sangre $p=0.68$, $p=0.03$); y el plaquetocrito con mercurio total en cabello ($p=0.83$, $p=0.01$) y orina ($p=0.75$, $p=0.02$). Las asociaciones reportadas para este grupo son diferentes a las observadas para adolescentes de la isla de Tierrabomba, en el Caribe colombiano, en donde, por ejemplo, el mercurio total correlacionó de forma inversa con la concentración de hemoglobina corpuscular media ($p=-0.162$, $p=0.02$) (Manjarrez-Suarez y Olivero-Verbel, 2020).

En los adultos mayores, el Mercurio total en cabello correlacionó negativamente tanto con la edad ($p=-0.27$, $p < 0.05$); como con los años de permanencia en el CCZG ($p=-0.27$, $p < 0.05$). Entre los marcadores bioquímicos, tanto Alanina Aminotransferasa ($p=-0.36$, $p < 0.01$), como la Aspartato Aminotransferasa ($p=-0.27$, $p < 0.01$), indicadores de función hepática; al igual que los triglicéridos sanguíneos ($p=-0.26$, $p < 0.01$), correlacionaron negativamente con mercurio total en orina. Para el caso de las enzimas hepáticas, es probable que la disminución de la actividad enzimática en el hígado puede estar asociada con un mecanismo de tolerancia. En

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 74 de 108

algunos estudios, la exposición a Mercurio, especialmente a concentraciones altas, ha mostrado una relación directa con ALT y AST, no solo en personas jóvenes (Sivapandi et al., 2020), sino en adultos mayores (Lee et al., 2017). En el caso de los niños, grupo al cual le fue prestado especial interés, les fueron analizados los niveles de expresión de genes asociados con estrés oxidativo y exposición a metales, así como un test de coeficiente intelectual. Los resultados son presentados a continuación.

Expresión de marcadores de estrés oxidativo y exposición a metales en niños. Una de las estrategias que las células emplean para controlar su funcionamiento es a través de la expresión de ciertos genes, cuyos productos son proteínas empleadas para lograr el objetivo propuesto. El número de proteínas a sintetizar es función de la cantidad de RNAm generado, la cual a su vez dependerá del estímulo recibido por la célula. Este estímulo puede ser de varios tipos, por ejemplo, puede darse por hormonas o sustancias externas al organismo, como el mercurio. Este metal tiene la capacidad de generar diversidad de alteraciones celulares a través de la regulación de los genes (Yang et al., 2020), una de ellas es el estrés oxidativo, la cual ocurre cuando el tóxico se une al glutatión generando un aumento en la concentración de especies reactivas de oxígeno (EROs) (Shenker et al., 2002).

Cuando la concentración de EROs en la célula es superior a la que puede ser manejada por la maquinaria antioxidante, entonces aparece el estrés oxidativo, el cual causa toxicidad. Para defenderse, o adaptarse, la célula responde al insulto aumentando la expresión de ciertos genes, por ejemplo, la superóxido dismutasa (SOD), la cual hace parte de la maquinaria antioxidante de la célula (Miao y Clair, 2009). Cuando el estrés celular es inducido por metales, la defensa ocurre a través de la expresión de genes codificantes de proteínas capaces de unirse al metal, evitando así la interacción con otras proteínas celulares. Dos de las proteínas pertenecientes a este grupo son las metalotioneínas 1A (MT1A) y la 1K (MT1K). La medición de la expresión relativa de ARN mensajero (ARNm) para los genes SOD, MT1A y MT1K (MT1M), así como los niveles de mercurio obtenidos para una muestra de niños del CCZG y de una población de referencia (Mahates, Bolívar), son presentados en la **Figura 7**. Para los niños del CCZG, el gen superóxido dismutasa está significativamente sub-expresado en relación con lo observado en los niños de Mahates. Esto podría significar que el estatus oxidativo de las células en los niños del CCZG es menor al del sitio de referencia, o alternativamente que los niños están expuestos a un agente tóxico capaz de inhibir la expresión de SOD.

El perfil de expresión para la Metalotioneína 1K es distinto al del SOD, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, pero mayor en los niños del CCZG con respecto a los de Mahates. La sobreexpresión de este gen ha estado igualmente asociada con la exposición a otros tóxicos ambientales, tales como los bifenilos policlorados (PCBs) (Dutta et al., 2008). Por su parte, el gen Metalotioneína 1A aparece similarmente expresado en los niños de ambas comunidades. Es de importancia destacar que la concentración promedio de mercurio en cabello en los niños del sitio de referencia fue ligera, pero significativamente superior a la

observada para CCZG, aunque en ambos casos los niveles son bastante bajos.

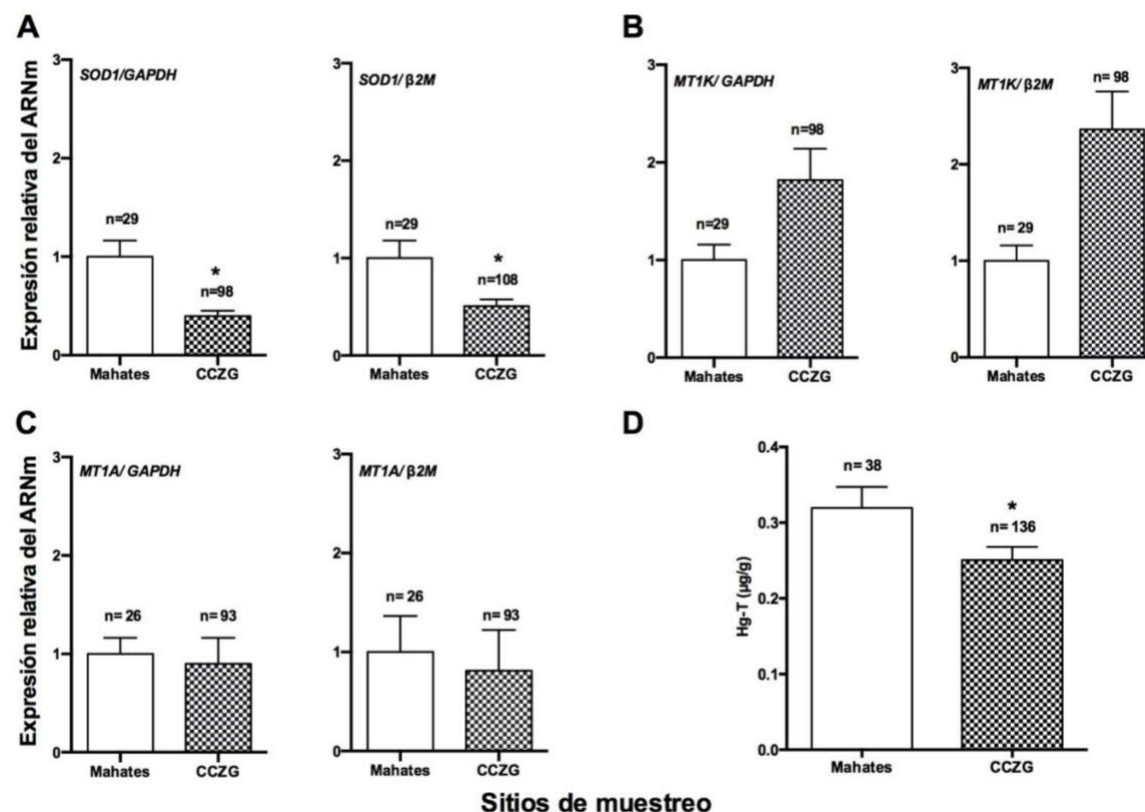


Figura 7. Expresión genética y mercurio total en cabello de niños de CCZG y Mahates: A. Superóxido dismutasa (SOD); B. Metalotioneína 1K (MT1K, MT1M); C. Metalotioneína 1A (MT1A); D. Niveles de mercurio en las muestras analizadas (fines comparativos). Los datos son presentados para dos genes constitutivos, Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GADPH) y microglobulina beta-2 (β2M), los cuales son usados para normalizar el nivel de expresión. *. Diferencia estadísticamente significativa $p < 0.05$.

Coeficiente intelectual en niños. Los resultados de la evaluación del coeficiente intelectual medido en los niños del CCZG y los de un grupo de referencia (Mahates, Bolívar), son mostrados en la **Figura 8**. Las determinaciones del coeficiente intelectual mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios para las dos poblaciones de niños evaluados. La constante es que en ambos grupos el coeficiente intelectual promedio fue bajo, con al menos un 20% clasificado como muy bajo en CCZG, y un valor casi doble para Mahates. Ninguno de los niños que tomaron el examen alcanzaron el nivel de elevado, y solo un porcentaje inferior al 10% de los niños de CCZG registró un valor medio. Estos hallazgos son parecidos a los reportados para comunidades del Caribe colombiano (Álvarez-Ortega et al., 2017).

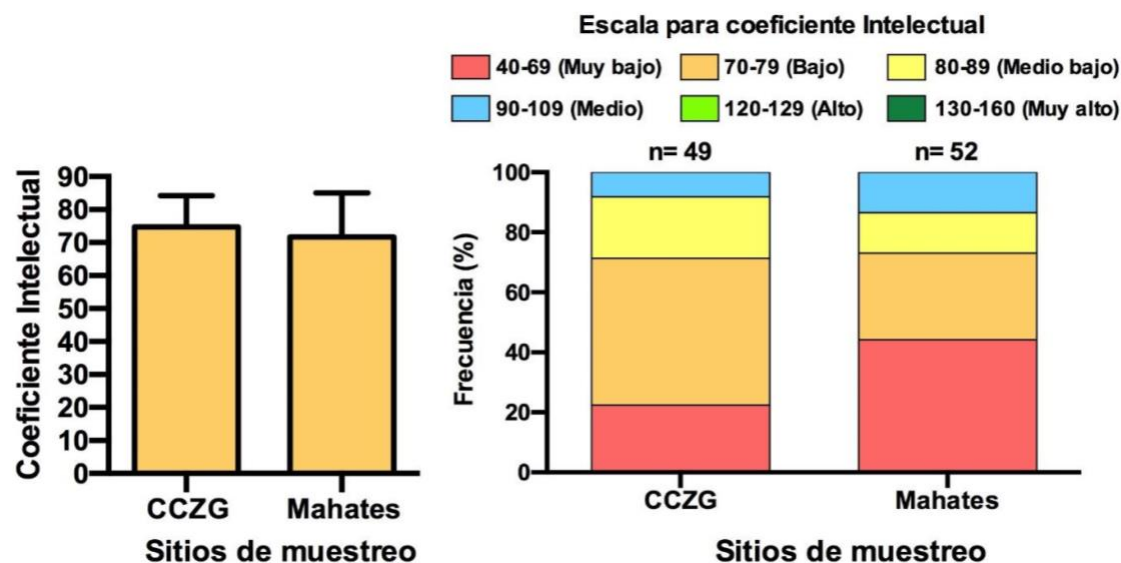


Figura 8. Coeficiente intelectual medido en niños de CCZG (Cauca) y Mahates (Bolívar).

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 77 de 108

12. Matrices Ambientales

12.1. Cuerpos de agua

Características fisicoquímicas de los cuerpos de agua. Los resultados de las variables fisicoquímicas obtenidas para los cuerpos de agua lóticos muestreados en el territorio del CCZG aparecen en la **Tabla 15**. El oxígeno disuelto tuvo un promedio de 6.8 ± 0.4 mg/L, con valores mínimo y máximo de 4.1 y 7.8 mg/L. Los valores más bajos de esta variable fueron hallados en los sitios S1-S3, los cuales estuvieron por debajo del límite establecido en la normatividad colombiana para ecosistemas acuáticos naturales de agua fría (≥ 6 mg/L). Este comportamiento probablemente obedece a los vertimientos que realizan algunas empresas procesadoras de alimentos ubicadas cerca de esos puntos, lo cual puede repercutir en el corto o mediano plazo en la ocurrencia de eventos de hipoxia, que suelen presentarse cuando los valores de OD se ubican por debajo de los 4 mg/L (Rosenberg et al., 2001).

Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos del agua procedente de los ecosistemas acuáticos analizados en el CCZG.

Variable	OD (mg/L)	Temp (°C)	pH	Cond (μS/cm)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	SDT (mg/L)
S1	5.6	22.1	6.49	107	144	51.4	91
S2	4.1	23.8	6.52	96.2	111	53.3	48
S3	5.7	24.2	6.52	76	94	63	29
S4	7.3	22.9	6.76	78.6	104	16	82
S5	7	21.9	6.48	35.3	57	18	39
S6	7.2	22.2	6.55	32.7	77	39	37
S7	6.6	21.8	6.31	26.4	78	20	54
S8	7.4	21.2	6.65	56.8	85	20	63
S9	7.7	21.4	6.47	35.1	92	15	75
S10	7.8	21.8	6.96	60.6	371	23	345
Media ± EE	6.8 ± 0.4	22.4 ± 0.3	6.6 ± 0.1	55.3 ± 7.8	118.8 ± 30.3	29.7 ± 5.6	85.8 ± 31.2
Min-Max	4.1-7.8	21.2-24.2	6.3-6.9	26.4-107	57-371	15-63	29-345

OD: oxígeno disuelto; Temp: temperatura; Cond: Conductividad; Sal: Salinidad; ST: Sólidos totales; SST: Sólidos suspendidos totales; SDT: Sólidos disueltos totales; EE: error estándar; Min: Mínimo; Max: Máximo.

El promedio de temperatura en los humedales analizados fue de 22.4 ± 0.3 °C, con valor mínimo de 21.2 °C y máximo de 24.2 °C, indicando que esta variable fue relativamente homogénea entre los sitios, lo que supone una pobre o nula influencia de impactos

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 78 de 108

ambientales que afecten la condición térmica de los ecosistemas analizados. Estos resultados están en correspondencia con lo reportado regularmente para las zonas tropicales, donde la temperatura suele mantenerse más o menos constante, lo cual facilita el permanente desarrollo de procesos fisiológicos en los organismos (Lofquist et al., 2016).

El promedio para el valor de pH fue 6.6 ± 0.1 , con valores mínimo y máximo de 6.31 y 6.96, respectivamente. La comparación de estos resultados con los valores establecidos en la normatividad colombiana (pH: 6.5-9.0), para la conservación de flora y fauna (Decreto 703 de 2018). La totalidad de los valores de pH estuvieron cercanos a este límite, indicando cierta tendencia hacia la acidez, lo cual podría derivarse del ingreso excesivo de materia orgánica al sistema (Gupta et al., 2017), generando un posible desbalance de la alcalinidad que ayuda a mantener relativamente estables los valores de pH, situación que resulta de gran importancia por las implicaciones que tiene esta variable al momento de regular la solubilidad de metales pesados peligrosos como el mercurio (Cuizano et al., 2010).

En cuanto al análisis de la conductividad eléctrica, esta variable tuvo un promedio de 55.3 ± 7.8 $\mu\text{S/cm}$, con valores mínimo y máximo de 26.4 y 107.0 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente. En general los valores encontrados para esta variable no suelen ser considerados perjudiciales para la biodiversidad de animales invertebrados, para el consumo humano o para el riego de cultivos (Hillel, 2000; Fipps, 2003; Gutiérrez-Cánovas, et al., 2019). No obstante, desde la perspectiva sanitaria, los sitios S1 y S2, donde ocurrieron los mayores valores, pueden estar enriquecidos con cationes de calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonatos (Zinabu et al., 2002), aniones de cloro, sulfatos, nitratos y pequeñas cantidades de materia orgánica y de nutrientes, producto de la disposición de aguas residuales provenientes de las zonas aledañas en donde son realizadas actividades agrícolas y de procesamiento de alimentos (WHO, 2016).

La concentración promedio de los sólidos totales presentes en el agua fue de 118.8 ± 30.3 mg/L, con valores mínimo y máximo de 57 mg/L (S5) y 371 mg/L (S10), respectivamente. Por su parte, los sólidos suspendidos totales tuvieron un promedio de 29.7 ± 5.6 mg/L, con valores mínimo y máximo de 15.0 y 63.0 mg/L en los sitios S9 y S3 respectivamente. En cuanto a los sólidos disueltos totales, el promedio de esta variable fue de 85.8 ± 31.2 mg/L, con valores mínimo y máximo de 29 y 345 mg/L en los sitios S3 y S10, respectivamente. En conjunto estos valores permiten evidenciar patrones diferenciales en los ecosistemas analizados, especialmente en S10 y S1, que presentaron los mayores valores, sugiriendo que en estos existe mayor riesgo de ocurrencia de efectos adversos sobre la producción de fitoplancton y zooplancton, así como en la reproducción y desarrollo de los peces (Weber-Scannell y Duffy, 2007; Brix et al., 2010; Mueller et al., 2017). Esta situación probablemente está relacionada con la ocurrencia de procesos como la escorrentía de las áreas circunvecinas donde se mantienen cultivos de arroz y piña, y el aporte directo de materia orgánica de empresas procesadoras de alimentos.

Materia orgánica, potencial redox y nutrientes. Los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO), potencial redox y

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 79 de 108

concentración de nutrientes son presentados en la **Tabla 16**. Para la mayoría de los sitios analizados, el valor de DQO fue inferior a <40 mg/L, siendo S1, el único que superó esta condición, presentando el valor máximo de 72 mg/L. Este sitio, ubicado en el río Cascabel, en las inmediaciones de una planta procesadora de almidón, presentó olores ofensivos y alta acumulación de espuma en la superficie del agua, indicando un marcado enriquecimiento de materia orgánica y oxidación de la misma, lo cual disminuye ostensiblemente la calidad del agua, con la consecuente reducción de los servicios ecosistémicos ofertados por los recursos hidrobiológicos existentes (Dhanjai et al., 2019; Li et al., 2019). Por su parte el análisis del Potencial Óxido-Reducción (Redox), tuvo un promedio de 0.84 ± 0.03 mV, siendo uno de los parámetros que presentó menor variabilidad, con valores que estuvieron entre 0.82 mV y 0.86 mV.

Tabla 16. Demanda química de oxígeno (DQO), potencial redox (ORP) y nutrientes en los humedales del área de influencia del CCZG

Sitio	DQO (mg/L)	ORP (mV)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrógeno Total (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)
S1	77.2	0.84	0.39	<3.0	<0.02	<0.5
S2	<40	0.84	0.22	<3.0	0.13	<0.5
S3	<40	0.84	<0.15	<3.0	0.14	<0.5
S4	<40	0.83	<0.15	<3.0	0.10	<0.5
S5	<40	0.85	<0.15	<3.0	<0.02	<0.5
S6	<40	0.84	<0.15	<3.0	<0.02	<0.5
S7	<40	0.86	<0.15	<3.0	<0.02	<0.5
S8	<40	0.84	<0.15	<3.0	<0.02	<0.5
S9	<40	0.85	<0.15	<3.0	<0.02	<0.5
S10	<40	0.82	<0.15	<3.0	<0.02	<0.5
Media ± EE	-	0.84 ±0.003	-	-	-	-
Min-Max	<40-77.2	0.82-86	<0.15-0.39	-	<0.02-0.14	-

EE: Error estándar. Min: Mínimo; Max: Máximo.

En cuanto al contenido de nutrientes, el fósforo total presentó un valor inferior a 0.15 mg/L en la mayoría de los sitios analizados, siendo los sitios S1 y S2, los únicos que superaron esta concentración, con valores de 0.39 y 0.22 mg/L, respectivamente. En virtud de los efectos nocivos que puede tener para el ambiente la presencia de fosfatos en las aguas naturales (APHA-AWWA-WPCF; 2005), es necesario limitar la llegada de estos contaminantes a los ecosistemas.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 80 de 108

En los sitios S1 y S2, las concentraciones de fósforo total permiten clasificarlas como eutrofizadas (Jiménez y Vélez, 2006), lo cual sugiere la necesidad de realizar intervenciones en las mismas por parte de las autoridades ambientales de la zona, de tal manera que puedan identificarse las fuentes directas aportantes de este nutriente a los ríos y aplicar las exigencias normativas tendientes a disminuir la carga de fósforo en los vertimientos (Du et al., 2017). Por su parte, el nitrógeno total no superó los 3.0 mg/L en ninguno de los sitios analizados; y los nitritos tuvieron valores inferiores a 0.02 mg/L en la mayoría de los sitios (70%), mientras que los nitratos mantuvieron valores homogéneos, sin llegar a superar los 0.5 mg/L. Estos resultados indican que probablemente el nitrógeno está siendo asimilado por las microalgas y bacterias del medio para su crecimiento y reproducción (Du et al., 2017; Serrano et al., 2017), y que, para el período de recolección de muestras, los bajos niveles de este nutriente, producto de la dilución asociada con las aguas altas, probablemente no estén impactando los eventos de eutrofización y sus consecuentes efectos ambientales adversos (Skeffington y Wilson, 1998; Lemley y Adams, 2018).

Análisis multivariado de las variables fisicoquímicas. Las variables fisicoquímicas evaluadas en los cuerpos de agua fueron sometidas a análisis multivariado. Para disminuir la pérdida de información, los datos con valores por debajo del límite de detección fueron reemplazados con el equivalente al 50% del mismo. El dendrograma obtenido realizando el análisis de agrupación (clúster) para los diferentes sitios analizados es mostrado en la **Figura 9**. Tres clústers son claramente identificables. El primero conformado por S1, el segundo formado por S2, S3, S4, S6, S9, S8, S7 y S5, y el tercero, por S10. Por su parte, el Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado para las mismas variables fisicoquímicas (**Figura 10**) mostró que los dos primeros componentes explican el 65.8% de la variabilidad de los datos, de los cuales el 38.5% correspondió al primer componente y el 27.3% restante al segundo. Este análisis permitió identificar al sitio S1 como aquel donde tuvieron mayor ponderación las variables fósforo, sólidos suspendidos totales y DQO, confirmando de esta manera el efecto negativo que ejerce sobre la calidad del agua la actividad industrial desarrollada en las inmediaciones de este lugar, asociada principalmente con la extracción de almidón.

El ACP también sugirió que el sitio S10 posee una alta carga para las variables pH, sólidos totales y sólidos disueltos totales, lo que probablemente está relacionado con la mayor ocurrencia de escorrentía derivada de los suelos con poca cobertura vegetal desde los cerros cercanos. Por su parte, el grupo conformado por los sitios S2-S9, fue caracterizado por tener valores intermedios de las variables antes mencionadas, indicando que en esta zona los procesos de dilución con aguas poco contaminadas alivian los impactos derivados del aporte de sedimentos y materia orgánica.

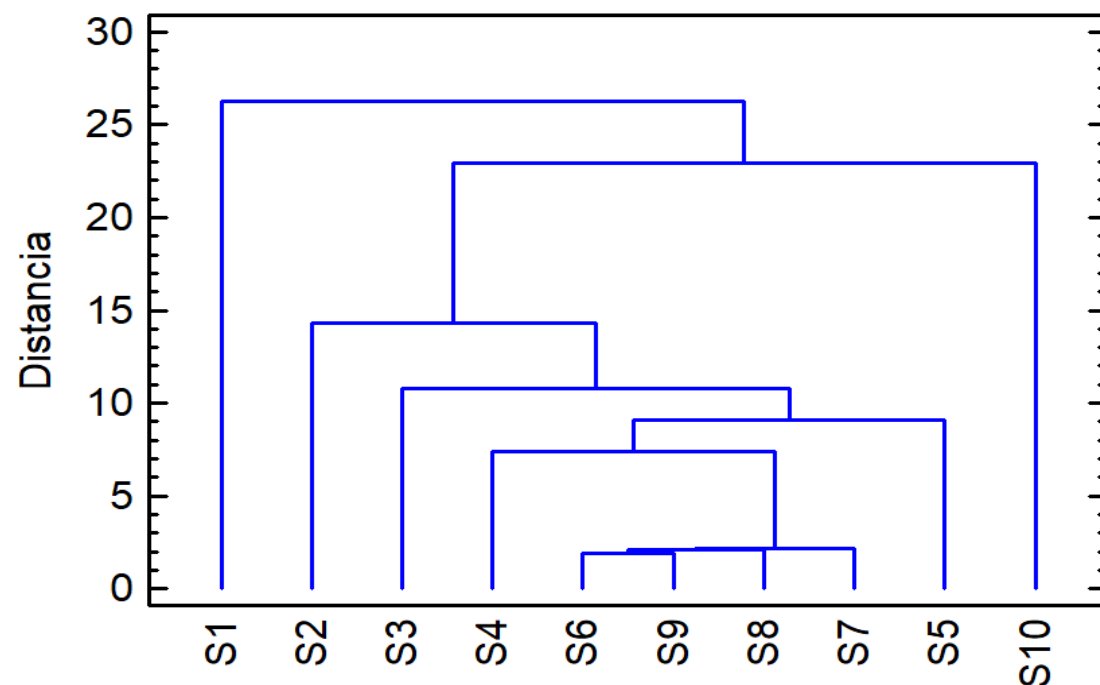


Figura 9. Dendrograma para los sitios de muestreo obtenido a partir del conjunto de variables fisicoquímicas.

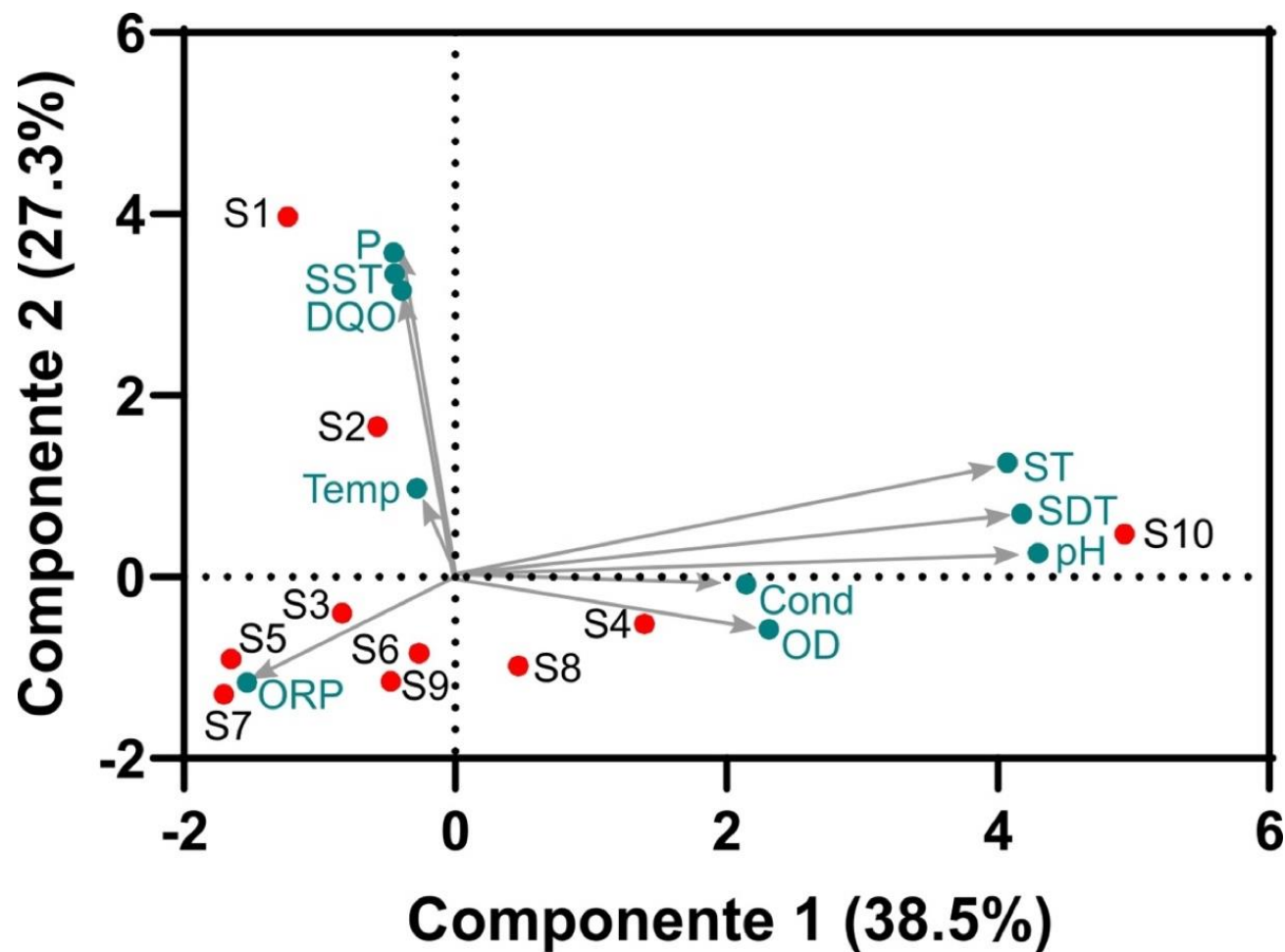


Figura 10. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables fisicoquímicas y su relación con los sitios de muestreo. SST: sólidos suspendidos totales; DQO: demanda química de oxígeno; p: fósforo total; Temp: temperatura; Cond: conductividad; ST: sólidos totales.

 El conocimiento es de todos	Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
			Versión: 01
			Fecha: 2020-05-15
			Página: 83 de 108

Indicadores microbiológicos de la calidad del agua. La concentración de los diferentes componentes microbiológicos analizados en los humedales del CCZG es mostrada en la **Tabla 17**. En relación con los resultados de los coliformes totales, el 60% de los sitios analizados presentó valores que superaron los 2.4×10^4 NMP/100 mL, indicando el aporte de aguas residuales enriquecidas con este tipo de microorganismos.

Para el caso de los coliformes fecales, la concentración más baja ocurrió en el sitio S9 (197 NMP/100 mL), ocurriendo las más altas en los sitios S2 y S3, con valores de 13000 y 9000 NMP/100 mL, superando entre 65 y 45 veces respectivamente, el límite establecido en la normatividad colombiana, para el caso de aguas con fines de conservación de la biodiversidad (200 NMP/100 mL). El resto de sitios analizados también excedió el límite establecido para este parámetro ambiental.

En el caso puntual de los enterococos, estos microorganismos estuvieron presentes en cinco de los diez sitios de muestreo, y para estos lugares, el valor más alto ocurrió en S2 (3400 NMP/100 mL) y el más bajo en S6 (84 NMP/100 mL). En los tres sitios restantes la concentración de estos microorganismos no superó los 390 NMP/100 mL.

Tabla 17. Indicadores microbiológicos en los sitios de muestreo.

Sitio	Coliformes Totales (NMP/100mL)	Coliformes Fecales: <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Enterococos (NMP/100mL)
S1	$>2.4 \times 10^4$	9000	-
S2	$>2.4 \times 10^4$	13000	3400
S3	$>2.4 \times 10^4$	5000	-
S4	$>2.4 \times 10^4$	1785	390
S5	$>2.4 \times 10^4$	1281	-
S6	2.4×10^4	820	84
S7	$>2.4 \times 10^4$	1046	380
S8	2×10^4	857	180
S9	2×10^4	197	-
S10	1.3×10^4	512	-
Media $\pm$ EE	-	3349.8 $\pm$ 1376.1	-
Min-Max	-	197-13000	84-3400

EE: Error estándar. Min: Mínimo; Max: Máximo.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 84 de 108

El comportamiento espacial de los tres parámetros microbiológicos analizados permite inferir, al igual como ha ocurrido con algunas variables fisicoquímicas, que los dos primeros sitios de muestreo (S1 y S2), están sujetos a una fuerte presión antropogénica derivada de actividades industriales, en especial producción de alimentos, así como asentamiento de comunidades en sus laderas, todas arrojando al río sus aguas residuales sin tratamiento. La presencia de coliformes totales en las aguas es un indicador de la presencia probable de microorganismos patógenos como *Clostridium perfringens*, *Salmonella* sp., y protozoarios (Anyamene y Ojiagu, 2014), los cuales pueden generar problemas sanitarios como la diarrea, giardiasis, disentería y gastroenteritis, entre otras patologías (Oyedeki et al., 2010; Aroh et al., 2013; Isikwue y Chikezie, 2014; Thliza et al., 2015; Oludairo y Aiyedun, 2016).

Las consideraciones anteriores evidencian que las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de algunos cuerpos de agua del CCZG no cumplen con los estándares mínimos de calidad requeridos para la conservación de los ecosistemas y el uso del agua por parte de las poblaciones humanas (Shotyk et al., 2010; Berisha y Goessler, 2013; Ministerio de Salud, 2014). Lo anterior hace necesario implementar programas permanentes de monitoreo comunitario en los cuales puedan involucrarse factores de vulnerabilidad, incluyendo la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, frente a los tensores ambientales presentes en estos humedales (Delpla et al., 2020).

En los ecosistemas analizados existen diferentes tensores con acción directa sobre la calidad del agua, principalmente por intervenciones del hombre, como la producción agrícola, el procesamiento de alimentos como la caña y el almidón de yuca, y otros como la minería de oro, el cual a pesar de no presentar alteraciones tan marcadas en los parámetros fisicoquímicos analizados, es muy probable que ejerza un mayor impacto relacionado con el vertimiento de elementos traza como el mercurio, entre otros. Por lo anterior es necesario enfatizar el desarrollo de muestreos multitemporales de múltiples elementos en el agua y en los sedimentos, que funcionen como sumidero de la mayoría de contaminantes ambientales.

Las autoridades del orden local y departamental deben prestar especial atención a los aspectos aquí mencionados, ya que la condición regular de los humedales analizados indica que el agua presente en estos representa un riesgo latente para los recursos hidrobiológicos, dificultando de forma significativa el uso del recurso para la recreación o el consumo humano. Los datos presentados aquí exigen la implementación de programas de monitoreo y verificación de los requisitos mínimos que deben cumplir los productores agrícolas, las empresas procesadoras de alimentos y los mineros, para minimizar o eliminar los vertimientos de sus residuos a las aguas de los ecosistemas que son fundamentales para la sostenibilidad de las veredas del CCZG.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 85 de 108

12.2. Mercurio en agua y sedimentos superficiales

Las concentraciones de mercurio en aguas y sedimentos en diferentes cuerpos de agua lóticos analizados en el área del CCZG son mostradas en la **Figura 11**. Como puede apreciarse, los puntos de muestreo están distribuidos de manera heterogénea en el área de estudio (**Figura 11A**). Las concentraciones de mercurio total en agua oscilaron entre 1.47 y 3.94 µg/L, valores observados en S10 (vereda Mazamorrero) y S9 (Puente en Bajo San Francisco), respectivamente (Figura 11B). De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), la concentración máxima permitida para mercurio en agua es de 2.0 µg/L (<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>), por lo que, en consideración a lo anterior, el 60% de las muestras están por debajo y el 40% restante, ligeramente por encima.

Por su parte, los resultados para el análisis de sedimentos provenientes de humedales analizados en el área del CCZG aparecen en la **Figura 11C**. Los valores oscilaron entre 0.03 µg/g (Estación S7) y 27.5 µg/g (S1). Aunque el 80% de los sitios analizados no superó el límite de Hg establecido para este tipo de matriz ambiental (1 µg/g de Hg), existe un alto nivel de contaminación en el Río Cascabel, afluente del Río Quinamayó.

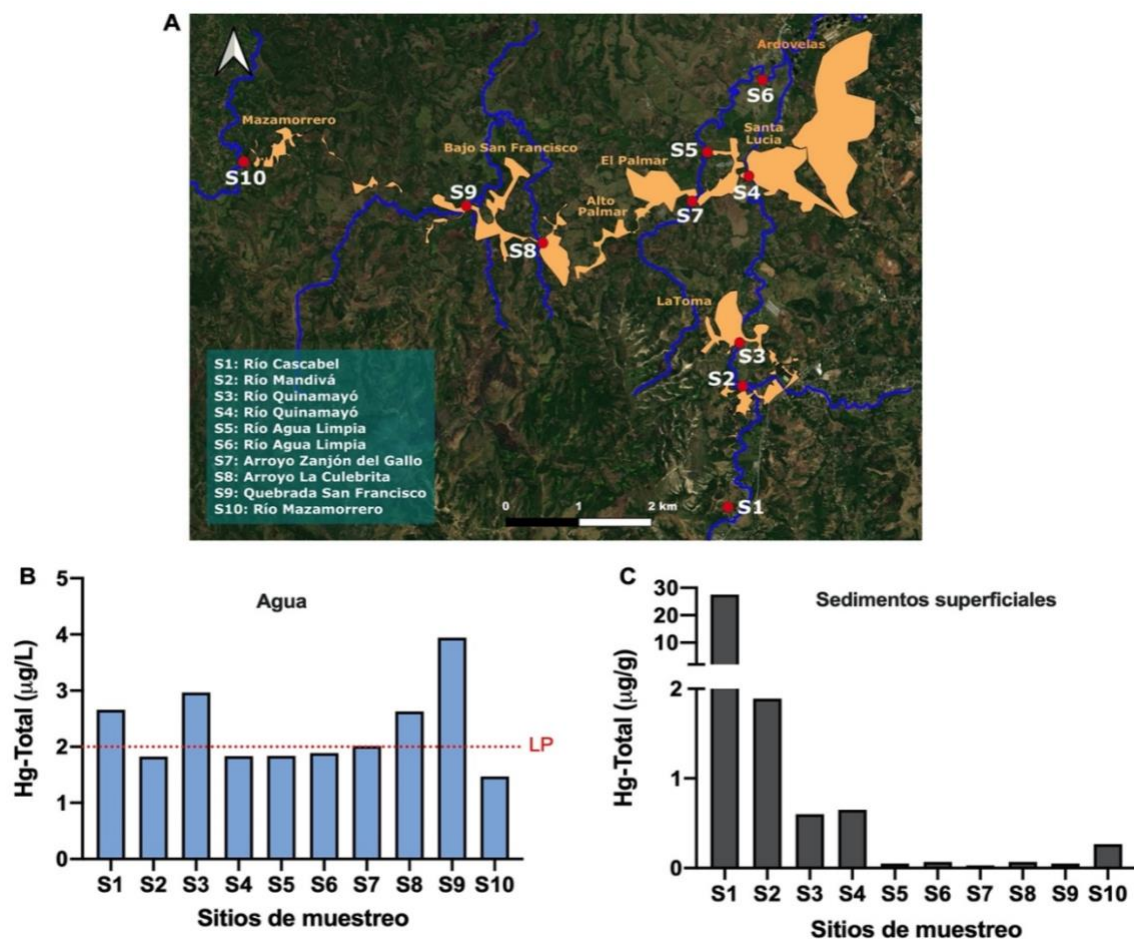


Figura 11. Puntos de muestreo **(A)**; Concentración de mercurio total en agua y los sedimentos superficiales de los sitios de muestreo ubicados en los humedales en el área del CCZG **(B)**. Concentración de Hg en sedimentos del CCZG **(C)**. LP: Límite permisible.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTeI	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 87 de 108

12.3. Mercurio en suelo

Las mediciones de mercurio total fueron llevadas a cabo en 224 muestras de suelo, obteniéndose un promedio de 0.073 µg/g, con valores mínimo y máximo de 0.007 y 0.75 µg/g, respectivamente (**Figura 12**).

El análisis de la interpolación espacial de los valores de mercurio, mostrado en la **Figura 13**, indica que la concentración de este metal en suelo, no superó los 0.17 µg/g, con alguna distorsión derivada de algunos valores superiores a 0.25 µg/g, en muestras provenientes del suroriente del CCZG, donde está ubicada la vereda La Toma.

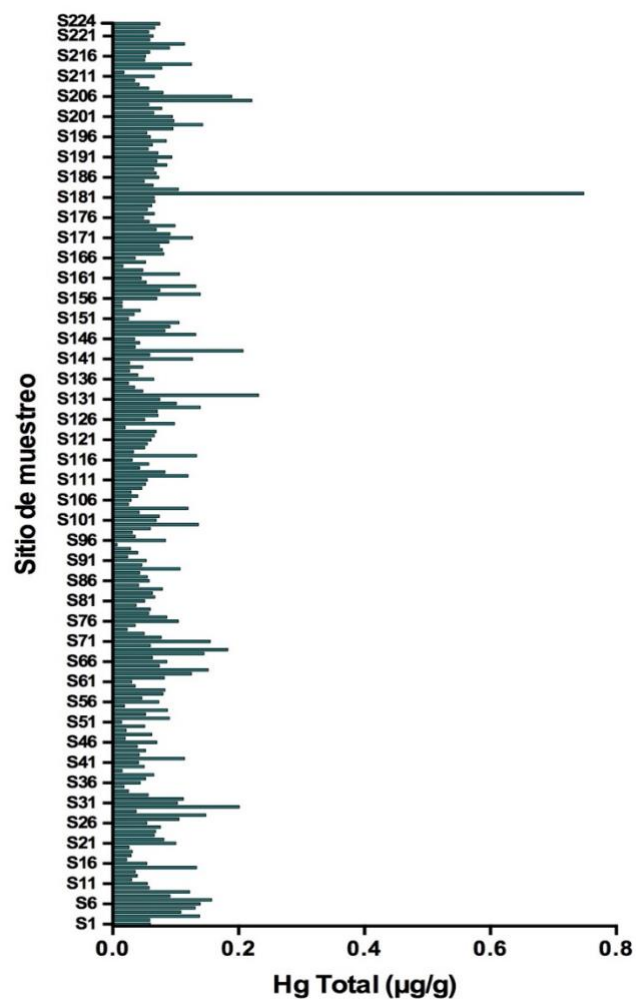


Figura 12. Concentración de mercurio total en el suelo de distintos sitios a lo largo del territorio del CCZG.

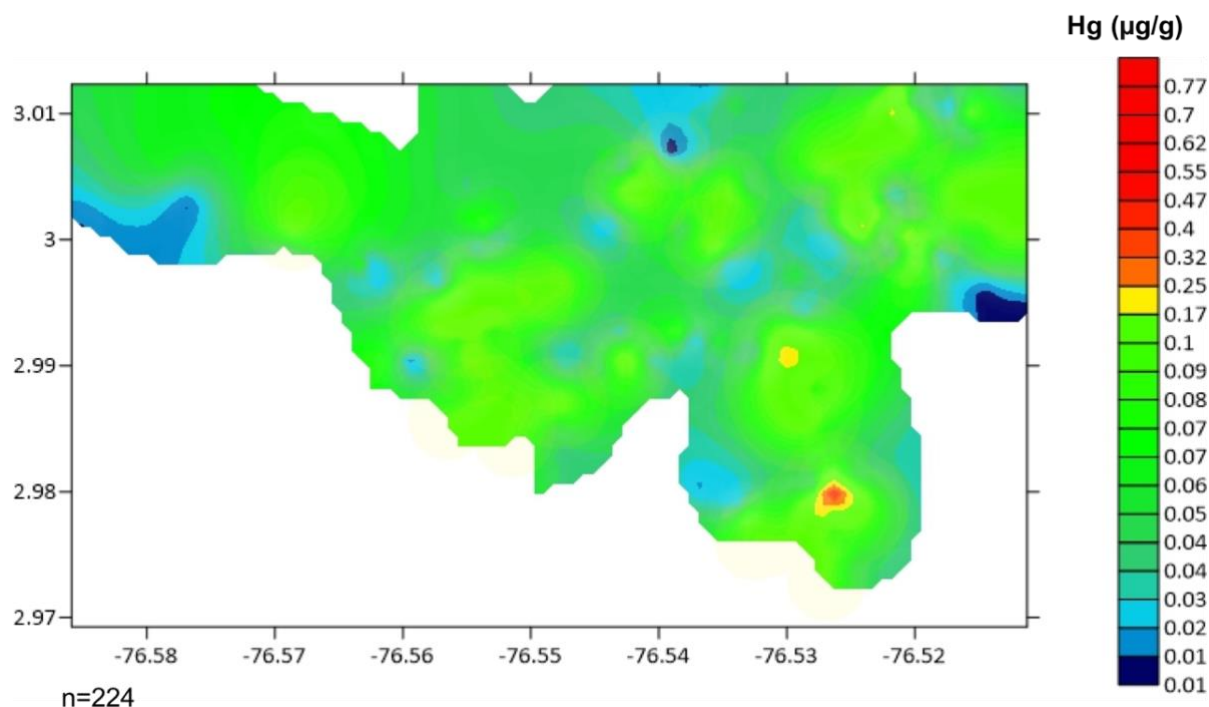


Figura 13. Distribución espacial de la concentración de mercurio en el suelo de las comunidades del CCZG.

Otros metales pesados de interés toxicológico en el suelo

Las concentraciones de algunos elementos trazas (Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V y Zn) analizados en seis (6) muestras de suelo del territorio del CCZG son presentadas en la **Tabla 18**. Los resultados mostraron que para la totalidad de sitios analizados las concentraciones de arsénico y cromo superaron los valores permisibles sugeridos en la literatura científica. Ambos elementos se caracterizan por poseer distribución cosmopolita y estar presentes principalmente en suelos arcillosos (Tóth et al., 2016). Igualmente, el vanadio y manganeso tuvieron concentraciones elevadas en todos los sitios analizadas, con excepción del M1, que resultó con niveles de Mn promedio ($150.0 \pm 3.0 \mu\text{g/g}$), por debajo de las concentraciones permisibles. Estos elementos cada vez toman mayor relevancia en el monitoreo de suelos con vocación agrícola y en zonas cercanas a sitios de explotación minera, dado

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 90 de 108

que esta actividad facilita la movilidad de estos elementos, incrementándose con ello el riesgo de exposición humana (Alcalá et al., 2009; Jiang et al., 2019). Es posible que la presencia de estos elementos en el suelo pueda tener relación con la remoción de capas inferiores durante el proceso de extracción de oro, lo cual ha podido haberse enriquecido con el efecto residual de algunos plaguicidas con Mn aplicados históricamente en la zona, principalmente en los cultivos de piña (Raymond et al., 2011).

El resultado de la evaluación de elementos traza en las muestras de suelo sugiere que debe prestarse mayor atención a estos contaminantes en el área de estudio. Para el caso del arsénico, la exposición al mismo ha sido asociada con mayor riesgo de padecer alteraciones de piel, cáncer y problemas con el sistema circulatorio (Raymond et al., 2011). El manganeso suele relacionarse con problemas neurológicos como el Parkinson (Luo et al., 2020), mientras que el vanadio es tóxico para la piel, el hígado, los riñones y el sistema inmunológico (Hao et al., 2021). Aunque el plomo y el cadmio aparecen en bajas concentraciones en el suelo muestreado, su biocumulación puede generar daños en los sistemas endocrino, inmunológico y nervioso (Jiang et al., 2019; Álvarez-Ortega et al., 2019).

Debe recalcar que el riesgo de exposición a estos elementos puede darse por vía alimentaria, teniendo en cuenta que muchos de los terrenos del CCZG son usados para cultivos de pancoger y frutales, lo que puede estar impactado la seguridad alimentaria de las comunidades al interior del CCZG.

Tabla 18. Concentración de algunos elementos traza en muestras de suelo del CCZG.

Elementos	LMP (mg/kg)	Sitio de muestreo					
		La Toma			El Palmar		
		M1-S-SQ	M3-S-SQ	M5-S-SQ	M13-S-SQ	M14-S-SQ	M16-S-SQ
Plata	-	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
Arsénico	5 ^a	18.9 ± 0.6*	15.6 ± 1.5*	44.5 ± 0.4*	20.0 ± 0.6*	20.3 ± 0.4*	9.0 ± 0.6*
Bismuto	-	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
Cadmio	1 ^a	< LC	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
Cobalto	100 ^a	8.73 ± 0.1	19.3 ± 0.1	25.4 ± 0.2	22.1 ± 0.4	20.0 ± 0.4	22.1 ± 0.5
Cromo	100 ^a	139 ± 5.0*	156.0 ± 5.0*	204.0 ± 7.0*	133.0 ± 7.0*	122.0 ± 2.0*	137.0 ± 2.0*
Cobre	100 ^a	74.2 ± 1.2	53.0 ± 2.6	111.0 ± 6.0*	78.0 ± 0.7	64.5 ± 0.8	89.9 ± 1.3
Manganeso	200 ^b	150.0 ± 3.0	576.0 ± 20.0*	474.0 ± 12.0*	849.0 ± 12.0*	640.0 ± 13.0*	663.0 ± 8.0*
Molibdeno	-	1.8 ± 0.0	0.8 ± 0.1	1.4 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0
Niquel	50 ^a	23.4 ± 0.7	46.9 ± 0.5	68.0 ± 0.7*	50.7 ± 0.4*	44.6 ± 0.5	49.1 ± 0.7
Plomo	60 ^a	10.7 ± 0.2	9.4 ± 0.5	7.03 ± 0.3	9.6 ± 0.2	10.3 ± 0.5	8.7 ± 0.2
Antimonio	2 ^a	1.4 ± 0.0	1.4 ± 0.1	2.4 ± 0.0	1.4 ± 0.0	1.3 ± 0.0	1.6 ± 0.0
Selenio	-	3.0 ± 0.0	5.7 ± 0.8	3.5 ± 0.5	< LC	0.4 ± 0.0	0.5 ± 0.0
Estaño	-	0.9 ± 0.0	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0	0.9 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.2
Titanio	-	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0
Vanadio	100 ^a	210.0 ± 4.0*	152.0 ± 5.0*	267.0 ± 8.0*	195.0 ± 3.0*	179.0 ± 4.0*	227.0 ± 11.0*
Zinc	200 ^a	120.0 ± 5.0	117.0 ± 2.0	157.0 ± 1.0	185.0 ± 6.0	154.0 ± 3.0	146.0 ± 2.0
Ubicación							
Latitud (N)		2°58'45.8756"	2°58'40.644"	2°58'33.5426"	3°0'40.5571"	3°0'40.5642"	3°0'41.5602"
Longitud (O)		76°31'35.5077"	76°31'37.2568"	76°31'29.8253"	76°31'12.1488"	76°31'12.147"	76°31'24.2328"

Nota: Los resultados son presentados como la media de la concentración ± desviación estándar (µg/g). Las muestras fueron analizadas por triplicado. < LC, nivel por debajo del límite de cuantificación; LMP, límite máximo permitido; *. Concentraciones por encima del LMP; LMP Tomados de: a. Tóth et al. (2016); b, Kharaziet al. (2021)

12.4. Mercurio en peces de consumo

Los resultados del contenido de mercurio total para los peces consumidos en las comunidades del CCZG son mostrados en la **Figura 14**. Puede apreciarse claramente que las especies *Prochilodus* sp. (bocachico) y barbudo presentaron promedios significativamente superiores a los registrados por la tilapia y la Cachama. Sin embargo, el bocachico fue la única que superó el límite permisible de Hg total, establecido por la OMS (0.5 µg/g).

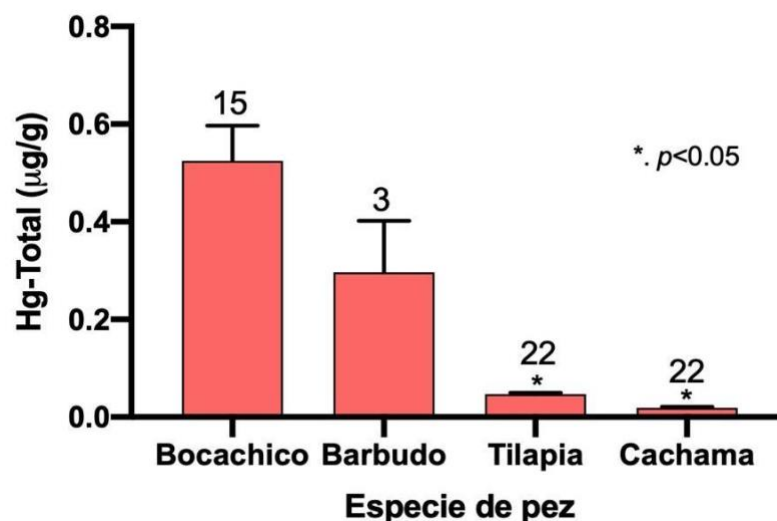


Figura 14. Contenido de mercurio en el músculo de las principales especies de consumo adquiridas en la plaza central del municipio de Santander de Quilichao.

Diversos estudios previos han señalado que *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) colectado en varios ríos de Colombia posee bajas concentraciones de Hg-Total (Carranza-López et al., 2019; Olivero et al., 2015). Por lo anterior, los valores altos de Hg-Total hallados en *Prochilodus* sp. requieren de un análisis mucho más detallado, el cual debe incluir la identificación de la especie de pescado, y el origen de las muestras. Una posible hipótesis es que la especie es cultivada en perforaciones superficiales que anteriormente fueron usados con fines de minería de oro, y por tanto poseen restos del metal en los sedimentos. Independiente de la fuente de bioacumulación, esta especie no debe ser comercializada para el consumo humano y requiere un esfuerzo importante de monitoreo para garantizar su inocuidad alimentaria.

12.5. Análisis de mercurio en muestras de árboles

Los resultados de las concentraciones de Hg Total en la región corteza-medular de las especies de árboles muestran qué, en términos generales, las concentraciones de Hg-T en los árboles fueron bajas. El Higuerón fue la especie con mayor contenido promedio de Hg Total ($18.3 \pm 2.3 \mu\text{g/kg}$), seguida del Cedro ($16.8 \pm 2.5 \mu\text{g/kg}$) (**Figura 15**). Estos datos coinciden con las bajas contracciones del metal halladas en la superficie terrestre, siendo por tanto mínima la transferencia desde el suelo a las plantas a través de las raíces (Xu et al., 2017).

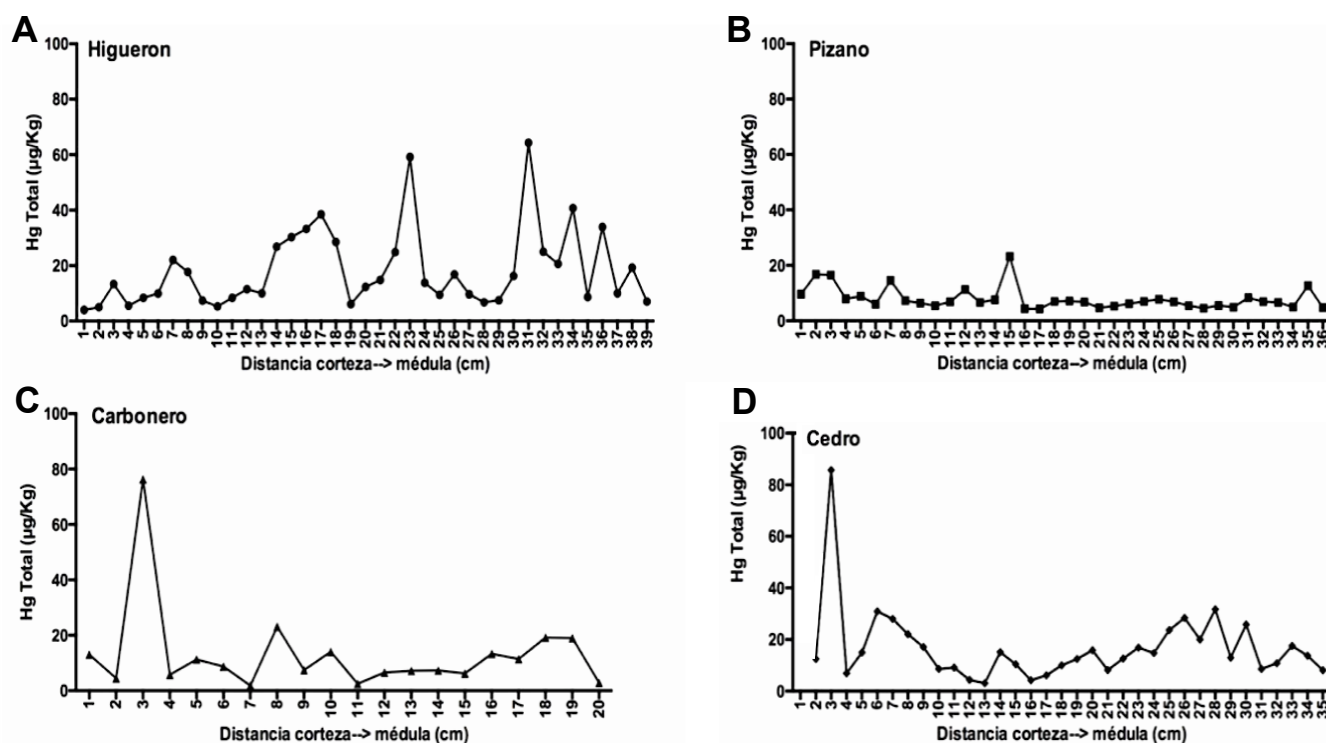


Figura 15. Contenido de Hg total en las muestras de corteza de árboles obtenidas en las veredas La Toma y El Palmar. Ubicación: Higuerón (N 2°58'48.4966", O 76°31'34.6382"), Pizano (N 2°58'48.6448", O 76°31'34.5745"), Carbonero (N 3°0'33.3553", O 76°31'25.9776"), Cedro (N 3°0'35.8548", O 76°31'37.5056").

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 94 de 108

13. CONCLUSIONES

- Entre las principales ocupaciones de la población del CCZG destacan las actividades agropecuarias y domésticas, siendo el estrato socioeconómico 1 el más representativo con más del 90%.
- Un alto porcentaje de los adultos cabeza de hogar encuestados registra nivel de formación académica secundaria (44.2%), siendo menos frecuente aquellas personas con nivel de educación superior (1.7%).
- La mayoría de las viviendas están fabricadas con bahareque (43.9%), seguido de bloques o madera (41.5%), principalmente en las veredas Alto Palmar, El Palmar, Ardovelas y Santa Lucía.
- La población del CCZG tiene necesidades básicas insatisfechas, acceso limitado a servicio de agua, el cual es suministrado sin tratamiento, ausencia de sistema de saneamiento básico y manejo deficiente de residuos sólidos.
- La quema de basuras es el principal método de eliminación de los residuos sólidos, seguida de la disposición por entierro o disposición en lotes baldíos. Dado que ninguna de las veredas cuenta con el servicio de recolección de residuos sólidos.
- Los habitantes del CCZG poseen solvencia económica precaria, representado en excedentes insuficientes para satisfacer necesidades básicas y mantener un plan de ahorro permanente. Lo anterior supone la necesidad de desarrollar mejoras sustanciales en diversos aspectos socioeconómicos para lograr un bienestar modestamente sólido al interior del CCZG.
- El 15.1% de las familias encuestadas tiene algún miembro en condición de discapacidad física, cognitiva o sensorial.
- La proporción de voluntarios expuestos a humo de cigarrillo fue de 46% para los niños, 50% para las embarazadas y 77% en los adultos mayores.
- El estado de salud de la mayoría de niños y embarazadas del CCZG es bueno (>63%), mientras que el 92.4% de los adultos mayores presenta al menos una patología asociada con enfermedades crónicas no transmisibles.
- La infraestructura en salud al interior de las comunidades del CCZG es deficiente, con solo dos centros de salud, ubicados en El Palmar y Mazamorrero. Lo anterior sugiere ampliar la capacidad con centros de salud adecuadamente dotados y con personal permanente para atender las emergencias que puedan presentarse en las comunidades, dado el difícil acceso entre las mismas.
- El 50.9% de los adultos mayores presentan niveles de colesterol total por encima del intervalo de referencia recomendado.
- El coeficiente intelectual promedio en los menores fue bajo, pero similar a los medidos en una población socio-demográficamente similar del Caribe colombiano.
- Los niveles de Hg-T en sangre registraron una correlación significativa, pero baja, con la frecuencia del consumo de pescado ($\rho=0.24$, $p<0.05$).
- Para todas las matrices analizadas, las mujeres embarazadas mostraron niveles promedio de Hg-T más elevados; y sólo las concentraciones de Hg-T en orina fueron estadísticamente superiores al compararlas con menores y adultos mayores. Sin embargo, el

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTeI	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 95 de 108

promedio de Hg-T en las matrices biológicas humanas analizadas en el CCZG no superaron los límites máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (cabello: 1 µg/g, sangre: 5 µg/L y orina: 7 µg/L).

- Las concentraciones medias de Hg-T en sangre más elevadas fueron registradas en las mujeres embarazadas de las veredas El Palmar, Mazamorrero y Bajo San Francisco, mientras que los niveles urinarios más altos solo fueron observados en las mujeres embarazadas de la vereda El Palmar.
- El grupo de los niños fue el único que tuvo una correlación baja, pero significativa, entre la concentración de mercurio en sangre y la frecuencia del consumo de peces.
- Entre las especies de peces comercializados en la plaza de mercado de Santander de Quilichao, el Bocachico (*Prochilodus* sp) presentó los valores más altos (0.53 ± 0.07 µg/g), superando ligeramente el nivel sugerido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- Los ríos Quinamayó, Cascabel y Mandivá, hacen parte del entorno cultural, social y ambiental del CCZG, y, por tanto, su deterioro impacta negativamente el tejido social y el bienestar de la comunidad.
- La calidad del agua en los diferentes sistemas hídricos de la comunidad no permite su utilización para consumo humano.
- Existe un patrón de distribución espacial en sentido decreciente en los valores de materia orgánica y carga bacteriana desde el Río Cascabel hacia la cuenca baja.
- Los niveles de Hg-T promedio en suelos estuvieron dentro de los límites permisibles establecidos.
- En muestras de sedimentos, varios puntos superaron 0.5 µg/g, específicamente en los sitios ubicados en el Río Quinamayó (0.6 y 0.65 µg/g), Río Mandivá (1.9 µg/g) y el Río Cascabel (Zona de Cachimbal), donde ocurrió el valor más alto (27.5 µg/g).
- La concentración promedio de mercurio en agua en los sitios monitoreados estuvo ligeramente por encima de los límites máximos sugeridos por organizaciones internacionales (1-2 µg/L).
- El Río Cascabel, a la altura de Cachimbal, es un sitio con niveles altos de contaminación por mercurio, y constituye una fuente del metal para el CCZG que debe ser remediada para evitar afectaciones sobre la salud ambiental y humana.
- Los niveles de mercurio en suelo fueron bajos, con un promedio de 0.07 µg/g.
- Es necesario implementar estrategias que permitan controlar los niveles de mercurio en las matrices ambientales del CCZG con el fin de evitar el riesgo de exposición humana a Mercurio.
- La contaminación del Río Quinamayó por aguas servidas con alto contenido de materia orgánica inhabilita su utilización como fuente de agua potable y bienestar para la comunidad, en especial durante la época seca.
- El re-direccionamiento o tratamiento adecuado de las aguas residuales industriales que contaminan el Río Quinamayó permitiría la recuperación de servicios ambientales, fortaleciendo la seguridad hídrica y alimentaria.
- Es necesario realizar programas periódicos de monitoreo comunitario en los cuerpos de agua. La utilización de plaguicidas es un factor de riesgo para la salud de los habitantes del CCZG que debe ser incluida como variable prioritaria en los programas de salud pública y ambiental.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 96 de 108

14. CONSIDERACIONES FINALES Y DIFICULTADES

Este estudio ha indagado sobre distintos factores determinantes de la salud de los habitantes del CCZG, incluyendo desde aspectos socio-demográficos hasta la participación del mercurio como factor de riesgo para la salud de las personas. Algunas consideraciones generales derivadas de los análisis presentados en los capítulos anteriores son presentadas a continuación.

En las veredas que hacen parte del CCZG existe un gradiente socio-económico cuya distribución espacial ocurre en sentido decreciente desde aquellas ubicadas más cerca de la cabecera municipal (Ardovalas, Santa Lucía y el Palmar) hacia las ubicadas en el interior del territorio (Alto Palmar, La Toma, Bajo San Francisco y Mazamorrero), principalmente para algunas variables relacionadas con el grado de escolaridad académica de las personas, condición de calidad de las viviendas y el acceso a servicios públicos, principalmente en lo que respecta al tratamiento del agua de consumo.

Los datos colectados a partir de las evaluaciones sociodemográficas permiten evidenciar una situación económica compleja en la población del CCZG, caracterizada por bajos salarios, carencia de algunos servicios básicos, y un detrimento en la calidad de los servicios ambientales del ecosistema circundante. Más de la mitad de la población que habita en el área del CCZG pertenece a los grupos etarios jóvenes. Ante la actual crisis por pandemia, y la ausencia de oportunidades, es probable que muchos de ellos opten por trabajar en actividades de extracción de oro, aumentando el riesgo de sufrir lesiones o estar expuestos a mercurio, lo cual en el corto o mediano plazo puede conducir a algún tipo de discapacidad. Por lo anterior, las autoridades deben realizar esfuerzos para estructurar estrategias que potencialicen la ocupación de este segmento de la población en actividades que sean de impacto socio-económico para la comunidad y que constituyan el menor riesgo posible para la salud.

A pesar de las limitaciones económicas, la salud de la comunidad en general es aceptable, con un perfil similar al observado en otras regiones del país con condiciones socioeconómicas parecidas y factores de vulnerabilidad evidentes.

Aunque el mercurio está presente en distintas matrices ambientales en el territorio, los niveles de exposición en la población son bajos y no sobrepasan en promedio las concentraciones del metal sugeridas por las agencias internacionales como adecuadas para no generar alteraciones significativas en la salud.

Si bien en humanos y en suelos la concentración de mercurio fue baja, algunas matrices ambientales tienen un grado de afectación importante, en especial sedimentos ubicados en franjas de ríos que antiguamente recibieron residuos de minería, incluyendo aquellos que

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 97 de 108

en la actualidad son impactados por drenajes de minas activas. De especial sorpresa fue el encontrar niveles importantes de mercurio en músculo de peces para el consumo humano, adquiridos en la plaza de mercado, en especial el Bochachico. Diversos estudios a nivel nacional con esta especie han mostrado que, en aguas naturales, en virtud de su bajo nivel en la cadena trófica, esta especie por lo general presenta bajas concentraciones de mercurio total. No obstante, es muy probable que las concentraciones elevadas del tóxico halladas en el Bocachico obedezcan a que los especímenes son cultivados en pozas que anteriormente estuvieron habilitadas en la extracción de oro por mercurio. Otra posible hipótesis es que la especie conocida como bocachico en la zona no corresponde a *Prochilodus magdalenae*, y, por tanto, la bioacumulación está ocurriendo en una especie con características similares. Esto requiere una revisión más exhaustiva de esta situación.

Es claro qué, a pesar de la baja exposición a mercurio registrada en las poblaciones estudiadas, diversas situaciones cotidianas fueron identificadas como factores que podrían estar impactando la salud de las personas, en especial las más vulnerables. La quema de residuos es una práctica habitual en todo el territorio del CCZG, razón por la cual deben formularse planes de manejo de residuos que sean menos agresivos con el ambiente y la salud de las personas, ya que los habitantes pueden estar expuestos a humos y partículas altamente nocivas para la salud. Un programa comunitario de compostaje sería ideal para evitar la quema de material orgánico proveniente de los árboles y los sobrantes de alimentos, así como una estrategia de aprovechamiento, re-uso, reciclaje o enterramiento para el resto de residuos sólidos.

Un problema mayúsculo que enfrenta la comunidad es la disponibilidad de agua para consumo humano, la cual es suministrada sin tratamiento y en cualquier momento puede conducir a situaciones sanitarias de complejidad. La comunidad está haciendo esfuerzos para conservar las fuentes de agua, pero estas acciones deben tener un acompañamiento permanente de las autoridades ambientales para evitar el deterioro de las condiciones del bosque en las áreas de manantiales, y las mismas deben estar bajo estricta protección en los Planes de Ordenamiento Territorial.

Uno de los aspectos de mayor complejidad en el desarrollo sostenible de las comunidades del CCZG es la calidad de las aguas de quebradas y ríos que atraviesan el territorio y que están siendo sometidas a una carga severa de contaminantes, incluidos en la lista galpones de pollo, procesadores de yuca, porquerizas, entre muchas otras actividades que drenan sus residuos sin tratamiento de forma directa a los cuerpos de agua. La contaminación de varios ríos es evidente por el material depositado, especialmente en la época seca, en donde la dilución es mínima y los olores nauseabundos pululan a lo largo del territorio. Esta situación altera la convivencia social en la comunidad y rompe los lazos de interacción con los ríos, cuyos servicios ambientales son clave en materia de recreación y alimentación. Si estos asuntos no son atendidos con prontitud, el desplazamiento ambiental será inevitable.

Entre las diversas opciones posibles está el trasladar el sitio de entrada de las aguas residuales a los ríos empleando tuberías que las

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 98 de 108

depositen aguas abajo, y propiciar la construcción de plantas de tratamiento cuyas salidas no sean las corrientes del territorio del CCZG, entre otras.

Dificultades observadas en el desarrollo de este proyecto fueron:

- Problemas de orden público en la zona de estudio dada la presencia de grupos armados ilegales y acciones terroristas de amplio conocimiento público.
- Dificultad para la consecución de personal de la zona que cumpliera con los perfiles requeridos para su participación en las actividades establecidas en el proyecto.
- Problemas para la consecución del servicio de transporte permanente debido a la renuencia de estos por prestar su servicio en el área de trabajo.
- Restricción en el acceso a una parte de las personas a muestrear, dado que varias de ellas consideraron que las actividades desarrolladas estaban relacionadas con proselitismo político de algún candidato de la zona.
- Baja cobertura telefónica que dificultó las jornadas de convocatoria del personal a las etapas de tomas de muestras.
- La actual crisis de pandemia declarada obligó a suspender las actividades de procesamiento y análisis de muestras ambientales y biológicas, trayendo consigo retrasos en el desarrollo del proyecto.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 99 de 108

15. SIGLAS Y ABREVIATURAS

ADE: Ancho de distribución de los eritrocitos
ADN: Ácido desoxirribonucleico
ADNc: Ácido desoxirribonucleico complementario
ADP: Ancho de distribución de las plaquetas
ALT/GPT: Alanino amino-transferasa/Transaminasa glutámico pirúvica
ARN: Ácido ribonucleico
ARNm: Ácido ribonucleico mensajero
AST/GOT: Aspartato aminotransferasa/Glutamato-oxalacetato transaminasa
BUN: Nitrógeno ureico en sangre
°C: Grados centígrados
CCAG: Consejo Comunitario Aires de Garrapatero
CCZG: Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero
CLDL: Lipoproteína de baja densidad
cm: Centímetro
CREAT: Creatinina
CT: Colesterol total
CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media
CHDL: Lipoproteína de alta densidad
DQO: Demanda química de oxígeno
E: Este
FA: Fosfatasa alcalina
fL: Femtolitro
g: Gramo
GAPDH: Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa
GB: Recuento total de leucocitos

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 100 de 108

GGT: Gama-glutamyl transferasa
GR: Recuento total de glóbulos rojos
GRA: Recuento Total de Granulocitos
HCM: Hemoglobina Corpuscular Media
Hg: Mercurio
HGB: Hemoglobina
IMC: Índice de Masa Corporal
kg: Kilogramo
LIN: Linfocitos
m: Metro
MID: Recuento absoluto de células mixtas
mL: Mililitro
mV: Milivoltio
N: Norte
NMP: Número más probable
NS/NR: No sabe/ No responde
O: Oeste
ORP: Potencial redox
P-LCC: Recuento de plaquetas-células grandes
P-LCR: Cociente de plaquetas-células grandes
PCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa
PCT: Plaquetocrito
Pg: Picogramo
pH: Potencial de hidrógeno
PLT: Recuento total de plaquetas
RT-PCR: Reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real
SDT: Sólidos disueltos totales
SOD: Superóxido dismutasa
SST: Sólidos Suspendidos Totales
ST: Sólidos totales
TRIG: Triglicéridos
UPM: Unidades productoras minera
UPMU: Unidad primaria de muestreo
US EPA: Agencia de protección ambiental de Estados Unidos
USM: Unidad secundaria de muestreo

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 101 de 108

VCM: Volumen Corpuscular Medio

VPM: Volumen Plaquetario Medio

WGS: Sistema geodésico de coordenadas geográficas

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 102 de 108

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbassi-Ghanavati, M., Greer, L.G., Cunningham, F.G. 2009. Pregnancy and laboratory studies: a reference table for clinicians. *Obstetrics & Gynecology*. 114(6):1326-1331.
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Rodríguez, J. C., Quintana, C., Terrazas, C., & Rivero, O. (2009). Metales pesados en suelo urbano como un indicador de la calidad ambiental: Ciudad de Chihuahua, México.
- Alotaibi, S., Chakroun, W., Habchi, C., Ghali, K., Ghaddar, N. 2019. Influence of mixed and displacement air distribution systems design on concentrations of micro-particles emitted from floor or generated by breathing. *Journal of Building Engineering*. 26:100855.
- Alvarez-Ortega, N., Caballero-Gallardo, K., Olivero-Verbel, J. 2019. Toxicological effects in children exposed to lead: A cross-sectional study at the Colombian Caribbean coast. *Environment International*. 130:104809.
- Alvarez-Ortega, N., Caballero-Gallardo, K., Olivero-Verbel, J. 2017. Low blood lead levels impair intellectual and hematological function in children from Cartagena, Caribbean coast of Colombia. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 44:233-240.
- Anyamene, N., Ojiagu, D. 2014. Bacteriological Analysis of sachet water sold in Akwa Metropolis, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Biosciences*. 3:120–122.
- APHA-AWWA-WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation). 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C.
- Arévalo, R., Chamorro Rivas, J.M. 2003. A quality index for Spanish housing. *Universidade de Vigo, Departamento de Economía Aplicada*.
- Aroh, K., Eze, E., Ukaji, D., Wachuku, C., Gobo, A., Abbe, S., Teme, S., Igoni, H. 2013. Health and environmental components of sachet water consumption and trade in Aba and Port Harcourt, Nigeria. *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*. 4(2):13–22. doi: 10.5897/JCEMS11.040.
- Basu, N., Tutino, R., Zhang, Z., Cantonwine, D.E., Goodrich, J.M., Somers, E.C., Rodriguez, L., Schnaas, L., Solano, M., Mercado, A., Peterson, K., Sánchez, B.N., Hernández-Avila, M., Hu, H., Téllez-Rojo, M. 2014. Mercury levels in pregnant women, children, and seafood from Mexico City. *Environmental Research*. 135:63-69.
- Baughman, T.A. 2006. Elemental mercury spills. *Environmental Health Perspectives*. 114(2):147.
- Bede-Ojimadu, O., Orisakwe, O.E. 2020. Exposure to wood smoke and associated health effects in Sub-Saharan Africa: A systematic review. *Annals of Global Health*. 86(1):32.
- Berisha, F, Goessler, W. 2013. Investigation of drinking water quality in Kosovo. *J. Environ Public Health*. 2013. 2013:374954
- Brix, K., Gerdes, R., Curry, N., Kasper, A., Grosell, M. 2010. The effects of total dissolved solids on egg fertilization and water hardening in two salmonids—Arctic Grayling (*Thymallus arcticus*) and Dolly Varden (*Salvelinus malma*). *Aquatic Toxicology*. 97(2):109-115.
- Camargo, G., Sampayo, A. M., Peña Galindo, A., Escobedo, F.J., Carriazo, F., Feged-Rivadeneira, A. 2020. Exploring the dynamics of migration, armed conflict, urbanization, and anthropogenic change in Colombia. *PloS One*. 15(11): e0242266.
- Carranza-Lopez, L., Caballero-Gallardo, K., Cervantes-Ceballos, L., Turizo-Tapia, A., Olivero-Verbel, J. 2019. Multicompartment mercury contamination in major gold mining districts at the Department of Bolivar, Colombia. *Archives of Environmental Contamination and*

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 103 de 108

- Toxicology. 76(4):640-649.
- Castellanos, C. 2001. Los ecosistemas de humedales en Colombia. *Revista Luna Azul*. 13(7):45-56.
- Cuizano, N., Reyes, A., Úrsula F., Domínguez, S., Llanos, B., Navarro, A. 2010. Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 76(2):123-130.
- Dadzie, E.K., Ephraim, R.K., Afrifa, J., Quaicoe, R., Bediako, B.S., Duku, B.I., Dadzie, I. 2019. Persistent exposure to wood smoke is associated with variations in biochemical and hematological indices among regular wood burners in the Cape Coast metropolis, Ghana. *Scientific African*. 4:e00100.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2019. Geoportal: Codificación de la Divipola. Disponible en: <https://geoportal.dane.gov.co/consultadivipola.html>
- Delpa, I., Proulx, F., Rodríguez, M. 2020. A methodology to prioritize spatiotemporal monitoring of drinking water quality considering population vulnerability. *Journal of Environmental Management*. 255:109869.
- Dhanjai, Sinha, A., Zhao, H., Chen, J., Mugo, S. 2019. Water Analysis. Determination of Chemical Oxygen Demand. *Encyclopedia of Analytical Science (Third Edition)*: 258-270.
- Du, L., Chen, Q., Liu, P., Zhang, X., Wang, H., Zhou, Q., Wu, Z. (2017). Phosphorus removal performance and biological dephosphorization process in treating reclaimed water by integrated vertical-flow constructed wetlands (IVCWs). *Bioresource Technology*. 243:204-211.
- Dutta, S.K., Ghosh, S., De, S., Hoffman, E.P. 2008. CYP1A1 and MT1K are congener specific biomarker genes for liver diseases induced by PCBs. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 25(2):218-221.
- Esdale, L.J., Chalker, J.M. 2018. The mercury problem in artisanal and small-scale gold mining. *Chemistry (Weinheim an der Bergstrasse, Germany)*. 24(27):6905-6916.
- Estey, M.P., Cohen, A.H., Colantonio, D.A., Chan, M.K., Marvasti, T.B., Randell, E., Delvin, E., Cousineau, J., Grey, V., Greenway, D., Meng, Q.H., Jung, B., Bhuiyan, J., Secombe, D., Adeli, K. 2013. CLSI-based transference of the CALIPER database of pediatric reference intervals from Abbott to Beckman, Ortho, Roche and Siemens Clinical Chemistry Assays: direct validation using reference samples from the CALIPER cohort. *Clinical Biochemistry*. 46(13-14):1197-1219.
- Ferreira, S.L.C., Lemos, V.A., Silva, L.O.B., Queiroz, A.F.S, Souza, A.S, Da Silva, E.G.P., dos Santos, W.N.L., das Virgens, C.F. 2015. Analytical strategies of sample preparation for the determination of mercury in food matrices—a review. *Microchemical Journal*. 121:227-236.
- Fipps, G. 2003. Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies. The Texas A&M University System. Disponible en: <http://soiltesting.tamu.edu/publications/B-1667.pdf>.
- Frejo, T., Moya, M., Lobo, A., García, M., Díaz, J. 2011. Dioxins and environment. *Revista de Salud Ambiental*. 11(12):52-63.
- Fryzova R, Pohanka M, Martinkova P, Cihlarova H, Brtnicky M, Hladky J, Kynicky J. 2018. Oxidative Stress and Heavy Metals in Plants. *Rev Environ Contam Toxicol*. 245:129-156. doi: 10.1007/398_2017_7.
- Gao, Z.Y., Li, M.M., Wang, J., Yan, J., Zhou, C.C., Yan, C.H. 2018. Blood mercury concentration, fish consumption and anthropometry in Chinese children: A national study. *Environment International*. 110:14-21.
- Gasparoni A, Ciardelli L, Avanzini A, Castellazzi AM, Carini R, Rondini G, Chirico G. 2003. Age-related changes in intracellular TH1/TH2

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 104 de 108

- cytokine production, immunoproliferative T lymphocyte response and natural killer cell activity in newborns, children and adults. *Biology of the Neonate*. 84(4):297-303.
- Geerlings S, Fonseca V, Castro-Diaz D, List J, Parikh S. 2014. Genital and urinary tract infections in diabetes: impact of pharmacologically-induced glucosuria. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 103(3):373-381.
- Gogoi, P., Sinha, P., Gupta, B., Fimal, P., Rajaram, S. 2019. Neutrophil-to-lymphocyte ratio and platelet indices in pre-eclampsia. *International Journal of Gynaecology & Obstetrics*. 144(1):16-20.
- González-Fernández, D., Koski, K.G., Sinisterra, O.T., Del Carmen Pons, E, Murillo, E., Scott, M.E. 2015. Interactions among urogenital, intestinal, skin, and oral infections in pregnant and lactating Panamanian Ngäbe women: a neglected public health challenge. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 92(6):1100-1110.
- Grippo, A., Zhang, J., Chu, L., Guo, Y., Qiao, L., Zhang, J., Myneni, A. A., Mu, L. 2018. Air pollution exposure during pregnancy and spontaneous abortion and stillbirth. *Reviews on Environmental Health*. 33(3):247-264.
- Gupta, N., Pandey, P., Hussain, J. 2017. Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India. *Water Science*. 31(1):11-23.
- Gutiérrez-Cánovas, C., Arribas, P., Naselli-Flores, L., Bennas, N., Finocchiaro, M., Millán, A., Velasco, J. 2019. Evaluating anthropogenic impacts on naturally stressed ecosystems: Revisiting river classifications and biomonitoring metrics along salinity gradients. *Science of the Total Environment*. 658:912-921.
- Hao L, Zhang B, Feng C, Zhang Z, Lei Z, Shimizu K. 2020. Human health risk of vanadium in farmland soils near various vanadium ore mining areas and bioremediation assessment. *Chemosphere*. 2021 Jan; 263:128246. doi: 10.1016/j.chemosphere.128246.
- Hernández, P.C., Morales, L., Chaparro-Olaya, J., Sarmiento, D., Jaramillo, J.F., Ordoñez, G.A., Cortés, F., Sánchez, L.K. 2019. Intestinal parasitic infections and associated factors in children of three rural schools in Colombia. A cross-sectional study. *PloS one*. 14(7): e0218681.
- Hillel, D. 2000. Salinity management for sustainable irrigation: integrating science, environment, and economics. The World Bank.
- Hou, F.F., Boyce, J., Zhang, Y., Owen, W.F. Jr. 2000. Phenotypic and functional characteristics of macrophage-like cells differentiated in pro-inflammatory cytokine-containing cultures. *Immunology & Cell Biology*. 78(3):205-213.
- IDEAM. 2019. Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Ideam: 452 pp.
- Isikwue M. O., Chikezie A. 2014. Quality assessment of various sachet water brands marketed in Bauchi metropolis of Nigeria. *International Journal of Advances in Engineering and Technology*. 6:2489-2495
- Jakubzick, C.V., Randolph, G.J., Henson, P.M. 2017. Monocyte differentiation and antigen-presenting functions. *Nature Reviews Immunology*. 17(6):349-362.
- Jiang, F, Ren, B, Hursthouse, A, Deng, R . Wang, Z. 2019. Distribution, source identification, and ecological-health risks of potentially toxic elements (PTEs) in soil of thallium mine area (southwestern Guizhou, China) Reinar. *Sci. Pollut. Res* 26, 16556–16567
- Jiménez, M., Vélez M. 2006. Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en Recursos Hidráulicos*. 14:53-69.
- Jurado, C., Tobasura, I. 2012. Dilema de la juventud en territorios rurales de Colombia: ¿campo o ciudad? *Revista Latinoamericana de*

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 105 de 108

- Ciencias Sociales. Niñez y Juventud. 10(1).
- Kakareka, S.V., Kukharchyk, T.I. 2003. PAH emission from the open burning of agricultural debris. *The Science of the Total Environment*. 308(1-3):257-261.
- Kang, H., Liu, X., Guo, J., Wang, B., Xu, G., Wu, G., and Huang, J. 2019. Characterization of mercury concentration from soils to needle and tree rings of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) of the middle Tianshan Mountains, northwestern China. *Ecological Indicators*, 104, 24-31.
- Kishi, R., Araki, A., Minatoya, M., Hanaoka, T., Miyashita, C., Itoh, S., Kobayashi, S., Ait Bamai, Y., Yamazaki, K., Miura, R., Tamura, N., Ito, K., Goudarzi, H. 2017. The Hokkaido Birth Cohort Study on environment and children's health: cohort profile-updated 2017. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 22(1):46.
- Kleinman, R.E. 2009. *Pediatric nutrition handbook*. Elk Grove Village, IL: American Academy of Pediatrics. 403-422.
- Klinger, R. 2011. *Muestreo estadístico: métodos básicos*. Programa Editorial Universidad del Valle. 439p.
- Kwaifa, I.K., Bahari, H., Yong, Y.K., Noor, S.M. 2020. Endothelial dysfunction in obesity-induced inflammation: Molecular mechanisms and clinical implications. *Biomolecules*. 10(2):291.
- Lee, M.R., Lim, Y. H., Lee, B. E., Hong, Y.C. 2017. Blood mercury concentrations are associated with decline in liver function in an elderly population: a panel study. *Environmental Health: a Global Access Science Source*. 16(1):17.
- Lemley, D., Adams, J. 2018. Eutrophication. *Encyclopedia of Ecology* 2nd ed. Elsevier, Pages: 86-90.
- Lepage, C.C., Thompson, L.L., Larson, B., McManus, K.J. 2020. An automated, single cell quantitative imaging microscopy approach to assess micronucleus formation, genotoxicity and chromosome instability. *Cells*. 9(2):344.
- Li, A., Kroeze, C., Kahil, T., Ma, L., Strokal, M. 2019. Water pollution from food production: lessons for optimistic and optimal solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 40:88-94.
- Locosselli, G. M., K. Chacón-Madrid, M. A. Zezzi Arruda, E. Pereira de Camargo, T. C. Lopes Moreira, C. D. Saldiva de André, P. Afonso de André, J. M. Singer, P. H. Nascimento Saldiva, and M. S. Buckeridge. 2018. Tree rings reveal the reduction of Cd, Cu, Ni and Pb pollution in the central region of São Paulo, Brazil. *Environmental Pollution* 242:320-328.
- Lofquist, A., Lacy, L., McGahey, B., Lester, N., Walton, J. 2016. To the extreme! How Does temperature affect the metabolic rate of Poikilotherms. *Journal of Introductory Biology Investigations*. 5:1.
- Loftness, V., Hakkinen, B., Adan, O., Nevalainen, A. 2007. Elements that contribute to healthy building design. *Environmental Health Perspectives*. 115(6):965-970.
- Luo X, Ren B, Hursthouse AS, Thacker JRM, Wang Z. 2020. Soil from an Abandoned Manganese Mining Area (Hunan, China): Significance of Health Risk from Potentially Toxic Element Pollution and Its Spatial Context. *Int J Environ Res Public Health*. 9;17(18):6554. doi: 10.3390/ijerph17186554.
- Manjarres-Suarez, A, Olivero-Verbel, J. 2020. Hematological parameters and hair mercury levels in adolescents from the Colombian Caribbean. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(12):14216-14227.
- Manjarres-Suarez, A., Olivero-Verbel, J. 2020. Hematological parameters and hair mercury levels in adolescents from the Colombian Caribbean. *Environmental Science and Pollution Research International*. 27(12):14216-14227.

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 106 de 108

- Mercado, M.G., Smith D.K., Guard, E.L. 2019. Acute kidney injury: diagnosis and management. *American Family Physician*. 100(11):687-694.
- Miao, L., St Clair, D.K. 2009. Regulation of superoxide dismutase genes: implications in disease. *Free Radical Biology & Medicine*. 47(4):344-356.
- Ministerio de Salud y Protección Social. 2014. Informe de la calidad del agua para consumo humano, año 2012 con base en el IRCA. 217 p.
- Mueller, J., Grabowski, T., Brewer, S., Worthington, T. 2017. Effects of temperature, total dissolved solids, and total suspended solids on survival and development rate of larval Arkansas River Shiner. *Journal of Fish and Wildlife Management*. 8(1):79-88.
- Nammari, D.R., Hogland, W., Marques, M., Nimmermark, S., Moutavtchi, V. 2004. Emissions from a controlled fire in municipal solid waste bales. *Waste Management*. 24(1):9-18.
- Nardone, V., Fabbri, S., Marini, F., Zonefrati, R., Galli, G., Carossino, A., Tanini, A., Brandi, M.L. 2012. Osteodifferentiation of human preadipocytes induced by strontium released from hydrogels. *International Journal of Biomaterials*. 2012: 865291.
- Ncube-Phiri, S., Ncube, A., Mucherera, L., Ncube, K. 2015. Artisanal small-scale mining: potential ecological disaster in Mzingwane District, Zimbabwe. *Jamba (Potchefstroom, South Africa)*. 7(1):158.
- Neghab, M., Delikhoon, M., Norouzian Baghani, A., Hassanzadeh, J. 2017. Exposure to cooking fumes and acute reversible decrement in lung functional capacity. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 8(4):207-216.
- Newman. M., Unger. M. Editors. *Fundamentals of Ecotoxicology*. Second Edition. Estados Unidos: Lewis Publishers; 2002.
- Olivero-Verbel et al. 2015. Perfil ambiental de la Ciénaga Miramar, Barrancabermeja – Santander. ISBN: 9789588736785. Editorial Universitaria. Universidad de Cartagena 208p. Colombia.
- Oludairo, O., Aiyedun, J. 2016. Contamination of commercially packaged sachet water and the public health implications: an overview. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*. 13(2):73-81.
- OMS. 2019. Agua, datos y cifras. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Osorio-Martinez, J., Silva, L.F.O., Flores, E.M.M., Nascimento, M.S., Picoloto, R.S., Olivero-Verbel, J. 2021. Environmental and human health risks associated with exposure to hazardous elements present in urban dust from Barranquilla, Colombian Caribbean. *Journal of Environmental Quality*. 50(2): 350-363.
- Ospina, D. 2001. Introducción al muestreo. Ed. Unibiblos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 262p.
- Oyedeji, O., Olutiola, P., Moninuola, M. 2010. Microbiological quality of packaged drinking water brands marketed in Ibadan metropolis and Ile-Ife city in South Western Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*. 4(1):96-102.
- Palacios-Torres Y, de la Rosa JD, Olivero-Verbel J. 2020. Trace elements in sediments and fish from Atrato River: an ecosystem with legal rights impacted by gold mining at the Colombian Pacific. *Environmental Pollution* 256:113290. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113290.
- Palacios-Torres, Y., Caballero-Gallardo, K., Olivero-Verbel, J. 2018. Mercury pollution by gold mining in a global biodiversity hotspot, the Choco biogeographic region, Colombia. *Chemosphere*. 193:421-430.
- Perone, A., C. Cocozza, P. Cherubini, O. Bachmann, M. Guillon, B. Lasserre, M. Marchetti, and R. Tognetti. 2018. Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy). *Environmental Pollution* 233:278-289.
- Pietri, D.D., Dietrich, P., Mayo, P., Carcagno, A. 2011. Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de

	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 107 de 108

- información geográfica en Argentina [Multicriteria evaluation of environmental risk exposure using a geographic information system in Argentina]. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 30(4):377-387.
- Raymond, A. Wuana, Felix, E. Okieimen. 2011. "Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation", *International Scholarly Research Notices*, vol. 2011, <https://doi.org/10.5402/2011/402647>
- Roncancio, D.J., Cutter, S.L., Nardocci, A.C. 2020. Social vulnerability in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 50:101872.
- Rosenberg, R., Nilsson, H., Díaz, R. 2001. Response of benthic fauna and changing sediment redox profiles over a hypoxic gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 53(3):343-350.
- Sakamoto, M., Nakamura, M., Murata, K. 2018. Mercury as a global pollutant and mercury exposure assessment and health effects. *Nihon Eiseigaku Zasshi. Japanese Journal of Hygiene*. 73(3):258-264.
- Serrano, L., Reina, M., Quintana, X., Romo, S., Olmo, C., Soria, J.M., Bagella S. 2017. A new tool for the assessment of severe anthropogenic eutrophication in small shallow water bodies. *Ecological Indicators*. 76:324-334.
- Shenker, B.J., Pankoski, L., Zekavat, A., Shapiro, I.M. 2002. Mercury-induced apoptosis in human lymphocytes: caspase activation is linked to redox status. *Antioxidants & Redox Signaling*. 4(3):379-389.
- Shobita R. 2005. Serious infections in elderly patients with diabetes mellitus. 2005. *Clinical Infectious Diseases*. 40(7):990-996.
- Shotyk W., Krachler M., Aeschbach-Hertig W., Hillier S., Zheng, J. 2010. Trace elements in recent groundwater of an artesian flow system and comparison with snow: enrichments, depletions, and chemical evolution of the water. *Journal of Environmental Monitoring*. 12(1): 208-17.
- Sierra-Marquez L, Espinosa-Araujo J, Atencio-Garcia V, Olivero-Verbel J. 2019. Effects of cadmium exposure on sperm and larvae of the neotropical fish *Prochilodus magdalenae*. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 225:108577. doi: 10.1016/j.cbpc.2019.108577. Epub 2019 Jul 29.
- Sivapandi, K., Velumani, A., Kallathiyan, K., Iyer, S., Sinkar, P. 2020. Blood mercury and liver enzymes: A pan-India retrospective correlation study. *Toxicology and Industrial Health*. 36(12):1019-1023.
- Skeffington, R., Wilson, E. 1988. Excess nitrogen deposition: Issues for consideration. *Environmental Pollution*. 54(3):159-184.
- Steckling, N., Tobollik, M., Plass, D., Hornberg, C., Ericson, B., Fuller, R., Bose-O'Reilly, S. 2017. Global burden of disease of mercury used in artisanal small-scale gold mining. *Annals of Global Health*. 83(2):234-247.
- Stratakis, N.V., Conti, D., Jin, R., Margetaki, K., Valvi, D., Siskos, A.P., Maitre, L., Garcia, E., Varo, N., Zhao, Y., Roumeliotaki, T., Vafeiadi, M., Urquiza, J., Fernández-Barrés, S., Heude, B., Basagana, X., Casas, M., Fossati, S., Gražulevičienė, R., Andrusaitytė, S., Uppal, K., McEachan, R.R.C., Papadopoulou, E., Robinson, O., Haug, L.S., Wright, J., Vos, M.B., Keun, H.C., Vrijheid, M., Berhane, K.T., McConnell, R., Chatzi, L. 2020. Prenatal exposure to perfluoroalkyl substances associated with increased susceptibility to liver injury in children. *Hepatology*. 72(5):1758-1770.
- Thliza L., Khan A., Dangora D., Yahaya A. 2015. Study of some bacterial load of some brands of sachet water sold in Ahmadu Bello University (Main Campus), Zaria, Nigeria. *International Journal of Current Science*. 14:91–97.
- Tomiyasu, T., Kono, Y., Kodamatani, H., Hidayati, N., Rahajoe, J.S. 2013. The distribution of mercury around the small-scale gold mining

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 108 de 108

- area along the Cikaniki river, Bogor, Indonesia. *Environmental Research*. 125:12-19.
- Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M. R., & Montanarella, L. 2016. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment international*, 88, 299-309.
- United Nations Environment Programme UNEP. 2013. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases, and Environmental Transport; UNEP: Geneva, Switzerland.
- Valencia, I., Silva, L. 2018. Entre subsistencias y neo extractivistas locales. *Dinámicas mineras en el Norte del Cauca, Colombia. Estudios Políticos (Universidad de Antioquia)*. 52:172-193.
- Velema, J.P., Ferrera, A., Figueroa, M., Bulnes, R., Toro, L.A., de Barahona, O., Claros, J.M., Melchers, W.J. 2002. Burning wood in the kitchen increases the risk of cervical neoplasia in HPV-infected women in Honduras. *International Journal of Cancer*. 97(4):536-541.
- Weber-Scannell, P., Duffy, L. 2007. Effects of total dissolved solids on aquatic organisms: a review of literature and recommendation for salmonid species. In *American Journal of Environmental Sciences*. 3(1):1-6.
- Wei, C., Weiqing, C., Hui, W., Xiuqing, D., Qinghua L, Haiping, M., Jiaqing, T., Jianxiong L., Feiyu Z., Ning L., Huijuan H., Richard J. J., Shu-Feng, Zhou, X.Y. 2009. Prevalence and risk factors associated with chronic kidney disease in an adult population from southern China. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 24(4):1205-1212.
- World Health Organization (WHO). 2016. Total dissolved solids in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf.
- Widick, P., Winer, E.S. 2016. Leukocytosis and leukemia. Primary care: Clinics in Office Practice. 43(4):575-587.
- World Health Organization (WHO). 2016. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Mercury publications.
- Wright, G., Woodward, C., Peri, L., Weisberg, P. J., and Gustin, M. S. 2014. Application of tree rings [dendrochemistry] for detecting historical trends in air Hg concentrations across multiple scales. *Biogeochemistry*, 120(1), 149-162.
- Wright, R.O., Tsaih, S.W., Schwartz, J., Wright, R.J., Hu, H. 2003. Association between iron deficiency and blood lead level in a longitudinal analysis of children followed in an urban primary care clinic. *Journal Pediatric*. 142(1):9-14.
- Xu, J., Jing, B., Zhang, K., Cui, Y., Malkinson, D., Kopel, D and Da, L. 2017. Heavy metal contamination of soil and tree-ring in urban forest around highway in Shanghai, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(7), 1745-1762.
- Yang, L., Zhang, Y., Wang, F., Luo, Z., Guo, S., Strähle, U. 2020. Toxicity of mercury: Molecular evidence. *Chemosphere*. 245:125586.
- Yu, Y., Sikorski, P., Bowman-Gholston, C., Cacciabeve, N., Nelson, K. E., & Pieper, R. 2015. Diagnosing inflammation and infection in the urinary system via proteomics. *Journal of Translational Medicine*. 13(1):1-14.
- Zhao, H., Wang, J. 2018. Chemical-looping combustion of plastic wastes for in situ inhibition of dioxins. *Combustion and Flame*. 191:9-18.
- Zinabu, G., Chapman, L., Chapman, C. 2002. Conductivity as a predictor of a total cations and salinity in Ethiopian lakes and rivers: revisiting earlier models. *Limnologica*. 32(1):21-26.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 109 de 108

17. LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Acta de reunión de entrenamiento para operativo de campo del personal de apoyo.
- Anexo 2.** Representación gráfica de distancias recorridas por el equipo de trabajo durante la aplicación de la Encuesta sociodemográfica.
- Anexo 3.** Representación gráfica de las distancias recorridas por el equipo de trabajo durante la aplicación de la Encuesta General de Salud durante la Prueba Piloto.
- Anexo 4.** Formato de encuesta sociodemográfica.
- Anexo 4A.** Matriz de encuestas sociodemográficas en Excel.
- Anexo 4B.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (Alto Palmar).
- Anexo 4C.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (Ardovelas).
- Anexo 4D.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (Bajo San Francisco).
- Anexo 4E.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (El Palmar).
- Anexo 4F.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (Mazamorrero).
- Anexo 4G.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (La Toma).
- Anexo 4H.** Formatos de encuestas sociodemográficas en formato PDF diligenciados en el campo (Santa Lucía).
- Anexo 5.** Formato de encuesta general de salud.
- Anexo 5A.** Formatos de encuestas general de salud en formato PDF diligenciados en el campo.
- Anexo 5B.** Matriz de encuesta general de salud en Excel.
- Anexo 6.** Formato de valoración médica para adultos mayores.
- Anexo 6A.** Formato de valoración médica para menores de 5 años.
- Anexo 6B.** Formato de valoración médica para embarazadas.
- Anexo 6C.** Formatos de valoraciones médicas en formato PDF diligenciados en el campo (Niños).
- Anexo 6D.** Formatos de valoraciones médicas en formato PDF diligenciados en el campo (Embarazadas).
- Anexo 6E.** Formatos de valoraciones médicas en formato PDF diligenciados en el campo (Adultos mayores).
- Anexo 6F.** Matriz de valoraciones médicas en Excel.
- Anexo 7.** Matriz de resultados finales de bioquímica.
- Anexo 7A.** Matriz de resultados de hematología.
- Anexo 7B.** Resumen estadístico de resultados bioquímicos para niños entre las comunidades del CCZG.
- Anexo 7C.** Resumen estadístico de resultados hematológicos para niños entre las comunidades del CCZG.
- Anexo 8.** Resultados de aplicación de test de coeficiente intelectual.
- Anexo 9.** Documento técnico con el protocolo ajustado.
- Anexo 9A.** Documento técnico con los resultados de la prueba piloto.
- Anexo 9B.** Documento técnico con los resultados obtenidos durante el entrenamiento operativo de campo al personal de apoyo.
- Anexo 10.** Coordenadas de los sitios de toma de muestra de sedimentos y agua.
- Anexo 10A.** Mapa de los sitios de toma de muestras de suelos.

 El conocimiento es de todos Minciencias	INFORME TÉCNICO DE AVANCE O FINAL DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE CTel	Código: M801PR15F03
		Versión: 01
		Fecha: 2020-05-15
		Página: 110 de 108

Anexo 10B. Matriz de resultados finales de Hg total en matrices ambientales (sedimentos, agua, suelos, peces y árboles).

Anexo 10C. Solicitud de permiso de colecta ante la CRC.

Anexo 11. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua de CCZG.

Anexo 12. Matriz con resultados finales Hg-T en Cabello, sangre y orina en Excel.

Anexo 13. Tablas de correlaciones para variables evaluadas frente a las concentraciones de Hg en sangre, cabello y orina.

Anexo 14. Borrador del artículo que será sometido para publicación.

Anexo 15. Generalidades del Mercurio.

Anexo 15A. Efectos del Mercurio sobre la salud humana.

Anexo 15B. Medidas para el control de Mercurio en comunidades mineras.

Anexo 16. Libro digital con los resultados de la investigación.

Anexo 16A. Documento técnico con la verificación de la información recolectada.

Anexo 16B. Documento de resultados del operativo de campo (encuesta sociodemográfica y general de salud).

Anexo 16C. Metodología de lectura de la base de datos SQL.

Anexo 16D. Matriz final en archivo SQL de las encuestas sociodemográficas.

Anexo 17. Registro de entrega de resumen ejecutivo y socialización del proyecto a entidades departamentales (secretarías de salud, Corporación Autónoma Regional del Cauca C.R.C).

Anexo 17A. Evidencia fotográfica de socialización de resultados finales.

Anexo 17B. Registro de entrega de resumen ejecutivo y socialización del proyecto a entidades locales (Secretaría de salud, gobierno, ambiental, planeación y bienestar social).

Anexo 18. Copia de los contratos del personal de apoyo incluido de la zona de estudio.

Anexo 19. Registro de entrega de resumen ejecutivo y socialización del proyecto en la comunidad y Oficina de enlace étnico del departamento del Cauca.

Anexo 20. Listado de participantes al curso taller de Toxicología Ambiental.

Anexo 21. Informes de actividades de Jóvenes investigadores (Yesid Mina).

Anexo 21A. Informes de actividades de Jóvenes investigadores (Zharick Guaza).

Anexo 22. Constancia de realización de la tesis a partir del proyecto del Candidato a Doctor en Toxicología Ambiental Javier Galvis Ballesteros.

Anexo 23. Contenido de Hg total en las muestras de corteza de árboles obtenidas en las veredas La Toma y El Palmar.

Anexo 24. Sitios de muestreo preliminar y resultados del contenido de Hg total en muestras de suelo y sedimentos de las veredas La Toma y El Palmar (CCZG).

Anexo 25. Concentraciones de elementos en muestras de suelos.

Anexo 26. Afiche de Efectos del Hg en el embarazo.

Anexo 27. Folleto informativo sobre el proyecto.