FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA EVALUAR LAS AFECTACIONES AMBIENTALES POR ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS MINEROS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAINÍA

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico

patrimonio natural
Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas

FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA EVALUAR LAS AFECTACIONES AMBIENTALES POR ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS MINEROS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAINÍA - 2020

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico

patrimonio natural
Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas

PROBLEMA DE INVESTIGACION

En el corazón de las comunidades indígenas del Departamento del Guainía es donde se presenta la actividad minera dada como respuesta a una oportunidad económica esporádica o semipermanente. Para la corporación CDA, es esencial consolidar una línea base del estado actual de las principales fuentes hídricas con presencia de minería aurífera e identificar las concentraciones mercurio existentes, con el fin de analizar su relación directa o indirecta sobre el ambiente, permitiendo orientar técnicamente decisiones claras respecto a la actividad minera en el departamento y constituirse como herramienta estratégica para el desarrollo de políticas públicas en la materia.

De manera específica, las afectaciones ambientales por explotación de yacimientos mineros han sido evidenciados en los procesos adelantados por los entes de control donde se han imputados cargos por daño ambiental y en los cuales la Corporación CDA ha sido víctima de estos procesos.

Establecer un mecanismo de respuesta a esta problemática, se necesario teniendo en cuenta aspectos como la extensión territorial, conceptos técnicos confiables sobre el impacto causado a los recursos naturales en el área de influencia de la actividades que tenga como base los resultados de análisis de muestras in-situ, con el fin de conformar criterios técnico que mejoren la operatividad jurídica minero ambiental para ejercer los procesos como víctima de los daños ambientales que cursan en la Fiscalía General de la Nación ocasionados en el departamento del Guainía jurisdicción de la corporación CDA.

PRINCIPAL OBJETIVO

Consolidación de la línea base del nivel de afectación ambiental producto de yacimientos mineros en el departamento del Guainía.

METODOLOGIA EMPLEADA

La investigación realizada fue de tipo descriptiva, basada en un estudio que se efectúa sobre una situación existente, por ende los impactos son determinados mediante sistemas de evaluación basada en los resultados de muestreos, con los cuales se identificaron las diferentes eventualidades en cada matriz de análisis (sedimentos, suelos, plantas, peces y cabello humano), y se validan según los límites permitidos de mercurio total en cada matriz conforme a la normatividad nacional e internacional. Posteriormente se realizó un análisis en cada matriz

respecto a las condiciones existentes en la toma de muestras, el nivel de exposición a la actividad minera y la relación directa e indirecta a la explotación de yacimientos mineros a lo largo de las tres zonas de estudio.

La investigación se desarrolló con el fin de obtener criterios técnicos que respalden los posibles impactos ambientales por la acumulación de mercurio producto de la actividad minera a lo largo del rio Inírida en el trayecto (Inírida – Morrocó), rio Atabapo trayecto (Amanaven – Chaquita) y rio Guainía trayecto (San Felipe – Puerto Colombia). Donde se presenta el aprovechamiento aurífero ilícito, informal y/o artesanal del departamento de Guainía, En los trayectos la población indígena marca el sistema de poblamiento del territorio, se ubican en asentamientos llamados comunidades, generalmente en la orilla de los ríos o caños grandes, casi siempre en relación con una laguna, un raudal, la desembocadura de un caño, la prominencia de una roca o accidente topográfico.
A continuación presentamos los trayectos planeados por la corporación CDA para el desarrollo de la investigación.

METODOLOGIA DE ANALISIS

Métodos de determinación de Hg

Los estudios enfocados a la detección de Hg a nivel de trazas, así como el desarrollo de metodologías para realizar la especiación de Hg, según su estado de oxidación o tipo de compuesto orgánico e inorgánico, toma cada vez mayor relevancia. Esto

considerando que la información sobre el tipo de especies y su abundancia, resulta muy relevante para los estudios toxicológicos. Varios métodos han sido desarrollados acoplando tecnologías. Los métodos incluyen determinación por espectrometría de absorción atómica (AAS), fluorescencia de rayos X, espectrometría de masas, entre muchos otros. De los métodos disponibles, el vapor frío (CVAAS) es el más utilizado.

El análisis de mercurio en muestras ambientales y biológicas usualmente procede mediante la reducción de todo el mercurio a su estado elemental antes del análisis. Este procedimiento no sería apropiado cuando se requiere realizar análisis de especiación de Hg. Por otra parte, algunos métodos requieren la predigestión antes de la reducción. Lo que es cierto es que durante todas las etapas de análisis, independiente de la metodología, se debe tener precaución para evitar pérdidas o contaminación de la muestra.

Para realizar el análisis se contrataron los servicios de ASINAL SAS, un laboratorio acreditado con los mejores estándares de calidad, el cual utilizo la técnica la absorción atómica mediante generación de vapor frío, empleada para medir mercurio (Hg). Esta técnica es una variante a la absorción atómica de llama, la cual se emplea para la determinación de algunos elementos volátiles y semi-volátiles, cuya sensibilidad es muy baja para ser determinada por llama directa. La generación de vapor aumenta la sensibilidad de la técnica de absorción atómica, especialmente en estos elementos que tienen importancia como contaminantes ambientales o en toxicología.

El Hg es un metal volátil y puede cuantificarse de esta forma mediante la técnica del vapor frío. El Hg enlazado orgánicamente debe ser previamente digerido con una mezcla de $KMnO_4$-H_2SO_4. El mercurio es el único elemento que a temperatura ambiente es capaz de generar átomos en estado fundamental que son las especies requeridas para la absorción atómica.

El método consiste, primero, en reducir los iones Hg a Hg metálico con el cloruro de estaño o borohidruro de sodio en medio de HCl. El Hg metálico en estado de vapor es transportado después por un gas de arrastre hasta la celda cerrada de cuarzo, donde se mide su absorción. Las condiciones de medición se muestran en la siguiente Tabla.

Condiciones de mediciones de mercurio

Condiciones	
Elemento	Hg
Longitud de onda (nm)	253,7
Intensidad de lámpara (mA)	8
Slit (nm)	0,7
Combustible	No
Oxidante	No
Reductor	$SnCl_2$ $NaBH_4$

Procedimiento empleado para la toma de muestras

La corporación CDA, diseño los protocolos para la toma de muestras en función a las matrices de análisis en la investigación, un plan de muestreo como herramienta para el control y seguimiento de la actividad, los equipos utilizados en la toma de muestras se encuentran debidamente calibrados y en óptimas condiciones para garantizar la veracidad de los dados recolectados.

Dentro de este ejercicio de evaluación de afectaciones se pretende realizar unos análisis de Mercurio en muestras de Suelo, Sedimentos, Peces, Plantas y Cabello Humano los cuales se describen a continuación:

DESCRIPCION DE MUESTRAS	CANTIDAD Rio Atabapo	CANTIDAD Rio Inirida	CANTIDAD Rio Guainía	CANTIDAD TOTAL
Mercurio total en sedimentos	30	30	30	90
Mercurio total en suelo	3	3	3	9
Mercurio total en peces	5	5	5	15
Mercurio total en Plantas	3	3	3	9
Mercurio total en Cabello Humano	30	40	30	100

En los tres muestreos realizados (rio Atabapo, rio Inirida y rio Guainía) se siguió el mismo procedimiento en función del tipo de muestra a recolectar.

Sedimentos: El muestreo se realizó mediante lanzamientos sucesivos de una draga, hasta completar el número de muestras determinado, usando la técnica de cuarteo. Los sedimentos se almacenaron en viales, se rotularon siguiendo los procedimientos de custodia y se mantuvieron bajo refrigeración hasta su recepción en el laboratorio. En el laboratorio se les asigno un código. Cada muestra se

homogenizó antes de realizar procedimiento de digestión y se le determinó el contenido de la humedad.

Suelos: Se recolectaron las muestras de suelos determinadas, se almacenaron en viales o bolsas herméticas de polietileno, se rotularon siguiendo los procedimientos de custodia y se mantuvieron bajo refrigeración hasta realizar análisis en el laboratorio. Se les asigno un código. Cada muestra se homogenizó antes de realizar procedimiento de digestión y se le determinó el contenido de la humedad.

Peces: Se tomaron un número representativo de ejemplares de peces y en campo se tomaron tejidos para completar 5 muestras de peces, se almacenaron en viales color ámbar y se mantuvieron bajo refrigeración.

Plantas: Para la colecta de las plantas o macrófitas acuáticas se trazó un cuadrante en el que se seleccionaron tres especies de las macrófitas dominante. Las muestras de plantas se almacenaron en prensa botánica, aisladas de luz. Se rotularon siguiendo procedimientos de custodia. Se les asigno un código en el laboratorio.

Cabellos: La selección de población donante de cabello se realizó al azar, en los centros poblados en las comunidades indígenas de la región. La porción de cabello fue halado con pinzas desde la raíz y depositada en viales color ámbar, rotulado según procedimiento de custodia. Las muestras se pesaron en el laboratorio con balanza analítica Radwag (±0,00001 g).

Monitoreo 1
Lugar: río Atabapo (ruta Inírida – comunidad Chaquita) que delimita la frontera entre Venezuela y Colombia dentro de la cuenca del río Orinoco. Este río nace en la selva sur, Estado Federal de Amazonas de Venezuela.
Fecha: 2020-02-18
Tipo de Muestreo: Puntual
Se recolectaron 15 muestras de sedimentos, 3 de suelos, 5 de peces, 3 de planta y 30 de cabello humano para el área seleccionado de rio Atabapo trayecto Inírida – comunidad Chaquita.

Monitoreo 2
Lugar: río Inírida (ruta Inírida – comunidad Morroco) se encuentra entre los cerros de Mavicure, Pajarito y es uno de los tres ríos que conforman la estrella fluvial de Inírida.
Fecha: 2020-03-09
Tipo de Muestreo: Puntual

Se recolectaron 45 muestras de sedimentos, 3 de suelos, 5 de peces, 3 de planta y 40 de cabello humano para el área seleccionado de rio Inirida trayecto puerto de Inírida –raudal Morroco.

Monitoreo 3

Lugar: río Guainía (ruta San Felipe – Puerto Colombia) se encuentra ubicado en zona fronteriza entre Colombia y Venezuela y se une al río Casiquiare cerca de San Carlos de río Negro.

Fecha: 2020-03-21

Tipo de Muestreo: Puntual

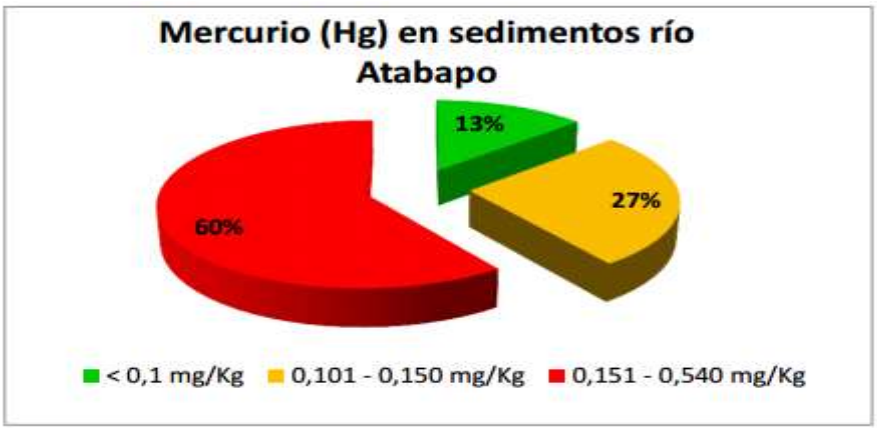
Se recolectaron 30 muestras de sedimentos, 3 de suelos, 5 de peces, 3 de planta y 30 de cabello humano para el área seleccionado de rio Guainía y rio negro trayecto Puerto de San Felipe – Puerto Colombia.

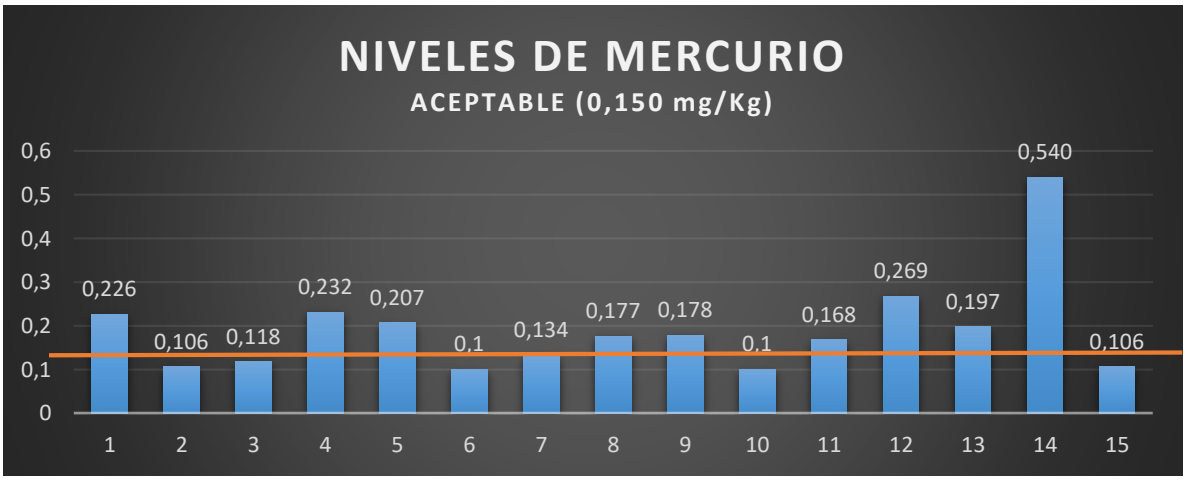
RESUMEN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis del contenido de Hg en las 90 muestras de sedimentos recolectadas en el monitoreo de río Atabapo, Inírida y Guainía. Los resultados obtenidos para los tres ríos son comparados con la normatividad EPA que establece un límite máximo permisible de 0,150 mg/Kg.

Para el trayecto establecido en el rio ATABAPO se encuentran los siguientes resultados:

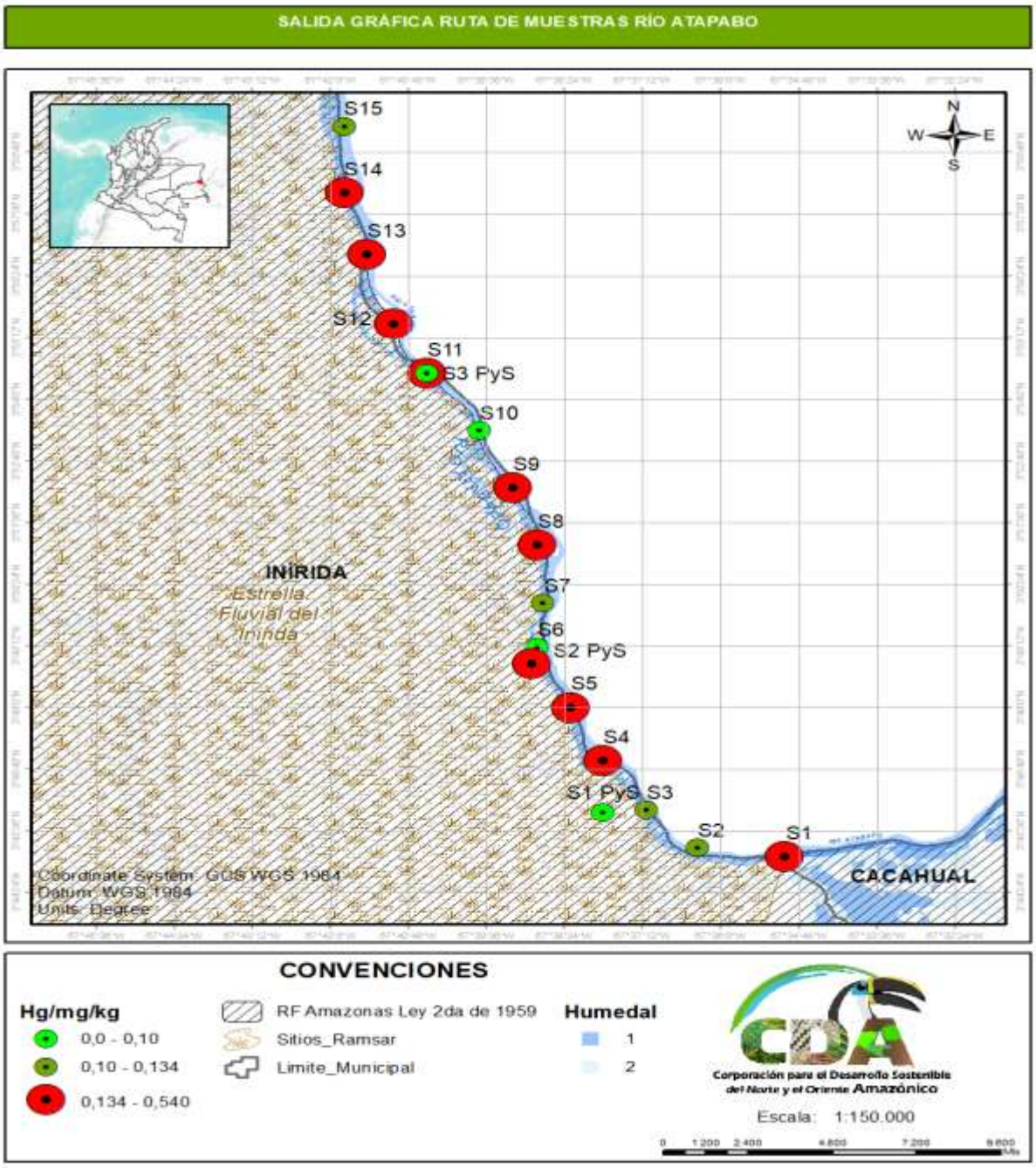
Resultado muestras de Sedimentos Rio Atabapo			
Descripción	Hg-(mg/kg)	Coordenadas	
S1	0,226	3°45'6.53"N	67°35'0.49"O
S2	0,106	3°45'16.73"N	67°36'21.11"O
S3	0,118	3°46'0.78"N	67°37'8.05"O
S4	0,232	3°46'57.98"N	67°37'48.39"O
S5	0,207	3°48'0.49"N	67°38'18.01"O
S6	0,1	3°49'10.89"N	67°38'49.31"O
S7	0,134	3°50'1.91"N	67°38'43.58"O
S8	0,177	3°51'10.27"N	67°38'48.76"O
S9	0,178	3°52'16.90"N	67°39'11.89"O
S10	0,1	3°53'23.56"N	67°39'42.10"O
S11	0,168	3°54'30.33"N	67°40'31.00"O
S12	0,269	3°55'28.43"N	67°41'2.00"O
S13	0,197	3°56'49.25"N	67°41'26.34"O
S14	0,540	3°58'0.92"N	67°41'47.07"O
S15	0,106	3°59'18.92"N	67°41'47.02"O
Promedio	0,204		
Valor máximo	0,540		





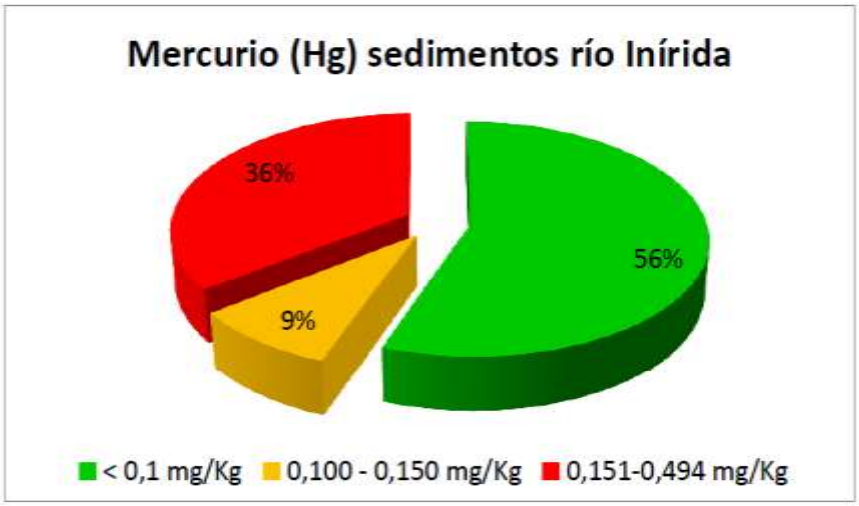
En el caso de los sedimentos del río Atabapo, los mismos presentan una concentración promedio de Hg 0,204 mg/Kg, valor que supera el límite máximo permisible de la normatividad de 0,150 mg/Kg. Las concentraciones de Hg detectadas en estos sedimentos fluctuaron entre 0,106 y 0,540 mg/Kg. Del total de muestras recolectadas, el 13 % presentó concentraciones por debajo del valor mínimo detectable de 0,1 mg/Kg. El 27 % de los sedimentos medidos presentó concentraciones de Hg entre 0,101 y 0,150 mg/Kg. Mientras que el 60 % de los sedimentos evidenció concentraciones superiores a 0,151 mg/Kg, con una concentración máxima de mercurio de 0,540 mg/Kg.

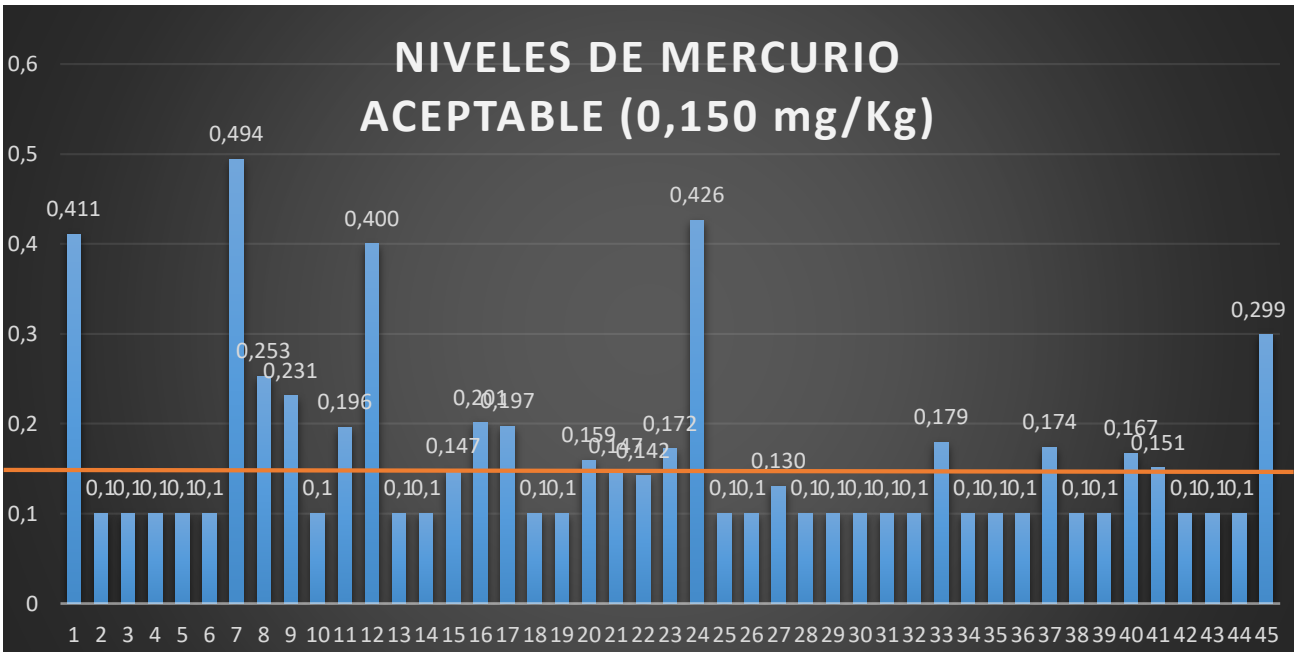
Las muestras fueron tomadas a una distancia promedio de cuatro (4) kilómetros en el trayecto Amanaven – Chaquita, en la siguiente salida grafica se identifica los puntos en el trayecto con mayor concentración de mercurio de acuerdo a los análisis obtenidos.


SALIDA GRÁFICA RUTA DE MUESTRAS RÍO ATAPABO
S15
S14
S13
S12
S11
S3 PyS
S10
S9
S8
S7
S6
S2 PyS
S5
S4
S1 PyS
S3
S2
S1
INÍRIDA
Estrella Fluvial del Inírida
CACAHUAL
N
W
E
S
Coordinate System: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Units: Degree
CONVENCIONES
Hg/mg/kg
0,0 - 0,10
0,10 - 0,134
0,134 - 0,540
RF Amazonas Ley 2da de 1959
Sitios_Ramsar
Limite_Municipal
Humedal
1
2
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico
Escala: 1:150.000
0 1.200 2.400 4.800 7.200 9.600

Para el trayecto establecido en el rio INIRIDA se encuentran los siguientes resultados:

Resultado Muestras de Sedimentos Rio Inírida							
Descripción	**Hg- (mg/kg)**	**Coordenadas**		**Descripción**	**Hg- (mg/kg)**	**Coordenadas**	
S1	**0,411**	2°58'27.73"N	68°40'2.32"O	S30	**0,1**	3°25'36.27"N	67°58'34.38"O
S2	**0,1**	3° 0'55.65"N	68°39'14.22"O	S31	**0,1**	3°27'44.61"N	67°58'34.04"O
S3	**0,1**	3° 2'52.85"N	68°38'41.01"O	S32	**0,1**	3°27'0.41"N	67°56'27.22"O
S4	**0,1**	3° 4'42.32"N	68°36'54.31"O	S33	**0,179**	3°27'55.03"N	67°53'54.33"O
S5	**0,1**	3° 5'38.48"N	68°34'42.05"O	S34	**0,1**	3°30'14.80"N	67°52'58.80"O
S6	**0,1**	3° 3'29.61"N	68°33'36.55"O	S35	**0,1**	3°32'7.12"N	67°51'44.53"O
S7	**0,494**	3° 2'42.34"N	68°31'27.78"O	S36	**0,1**	3°34'24.15"N	67°51'54.72"O
S8	**0,253**	3° 3'57.72"N	68°29'34.57"O	S37	**0,174**	3°36'42.52"N	67°52'48.27"O
S9	**0,231**	3° 4'24.46"N	68°27'22.53"O	S38	**0,1**	3°37'58.31"N	67°54'38.18"O
S10	**0,1**	3° 4'22.54"N	68°25'1.24"O	S39	**0,1**	3°39'6.41"N	67°56'36.00"O
S11	**0,196**	3° 4'5.78"N	68°22'45.41"O	S40	**0,167**	3°41'1.19"N	67°57'59.52"O
S12	**0,400**	3° 3'51.86"N	68°20'39.93"O	S41	**0,151**	3°42'56.57"N	67°56'57.45"O
S13	**0,1**	3° 5'14.63"N	68°18'56.49"O	S42	**0,1**	3°45'3.84"N	67°57'45.68"O
S14	**0,1**	3° 7'35.70"N	68°18'36.32"O	S43	**0,1**	3°47'18.50"N	67°57'39.66"O
S15	**0,147**	3° 9'7.06"N	68°16'49.30"O	S44	**0,1**	3°49'35.08"N	67°57'32.68"O
S16	**0,201**	3° 9'47.42"N	68°14'47.99"O	S45	**0,299**	3°51'17.90"N	67°57'50.35"O
S17	**0,197**	3°11'21.33"N	68°13'30.21"O	promedio	**0,103**		
S18	**0,1**	3°12'44.62"N	68°12'56.46"O	Valor máximo	**0,494**		
S19	**0,1**	3°14'36.30"N	68°11'42.19"O				
S20	**0,159**	3°16'46.44"N	68°11'4.49"O				
S21	**0,147**	3°16'50.65"N	68° 8'41.14"O				
S22	**0,142**	3°17'3.98"N	68° 6'31.18"O				
S23	**0,172**	3°17'33.02"N	68° 4'17.39"O				
S24	**0,426**	3°17'36.20"N	68° 1'38.63"O				
S 25	**0,1**	3°17'5.53"N	67°59'30.09"O				
S26	**0,1**	3°17'43.51"N	67°57'24.53"O				
S27	**0,130**	3°19'40.65"N	67°57'57.47"O				
S28	**0,1**	3°21'22.11"N	67°59'24.39"O				
S29	**0,1**	3°23'29.36"N	67°58'44.37"O				

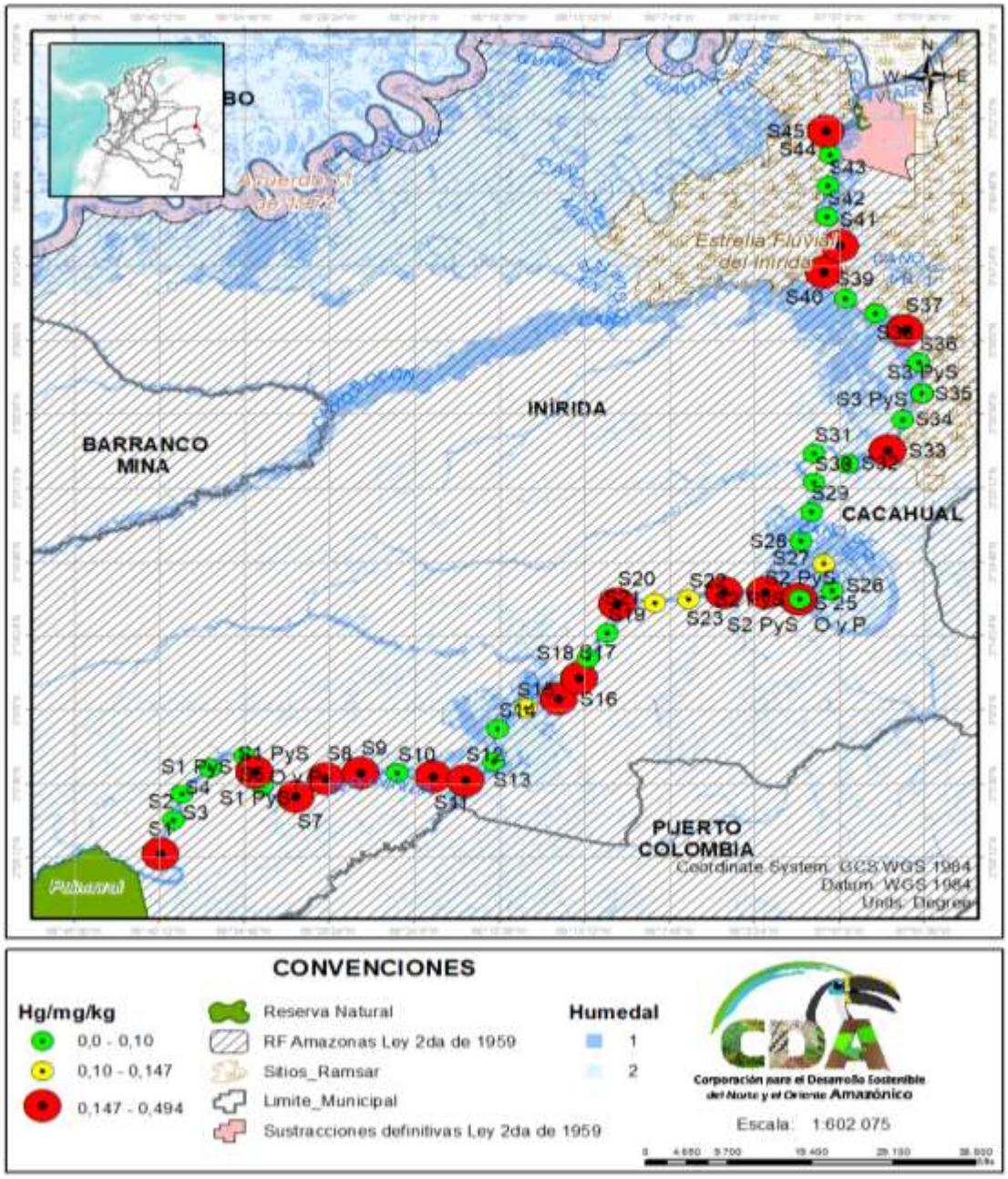




De los 45 sedimentos recolectados del río Inírida, el 56% de las muestras presentaron valores de concentración de Hg por debajo del límite de detección de la técnica (<0,1 mg/Kg). Las concentraciones detectables fluctuaron entre 0,1 y 0,494 mg/Kg. Al 9% de los sedimentos medidos se les detectó concentraciones entre 0,100 a 0,150 mg/K. El 36 % de los sedimentos tienen concentraciones de Hg entre 0,151 y 0,494 mg/Kg, las cuales superan el límite permisible de 0,150 mg/Kg.

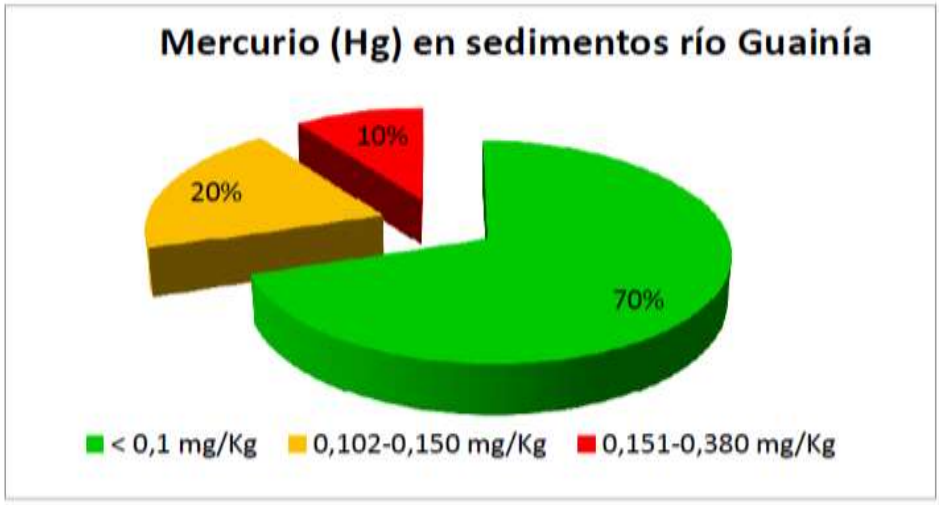
Las muestras fueron tomadas a una distancia promedio de cuatro (4) kilómetros en el trayecto Inirida – raudal de Morroco, en la siguiente salida grafica se identifica los puntos en el trayecto con mayor concentración de mercurio de acuerdo a los análisis obtenidos.

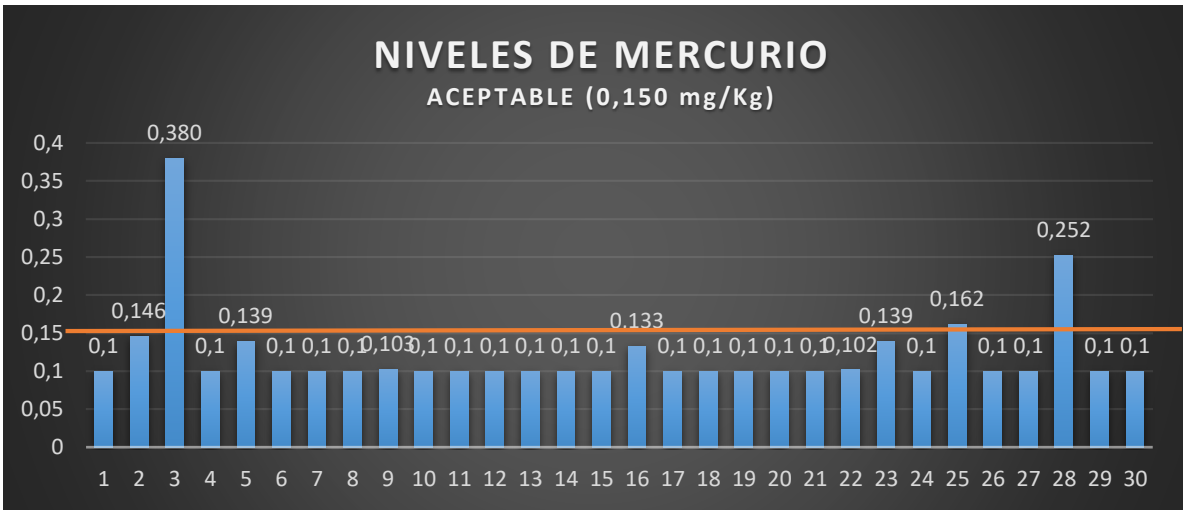
SALIDA GRÁFICA RUTA DE MUESTRAS RÍO INÍRIDA



Para el trayecto establecido en el rio GUAINIA se encuentran los siguientes resultados:

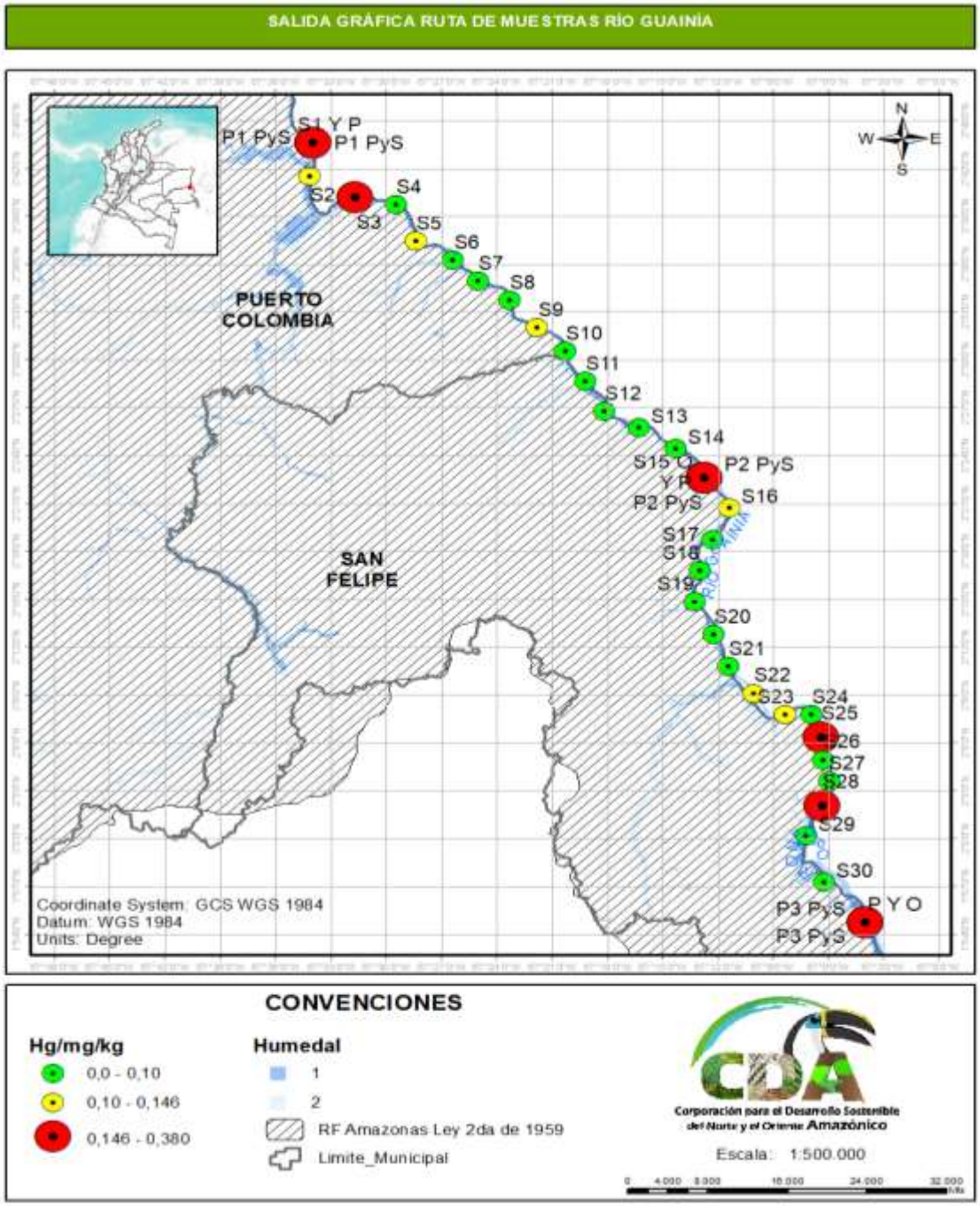
Resultados muestras de sedimentos Rio Guainía			
Descripción	**Hg-(mg/kg)**	**Coordenadas**	
S1	**0,1**	2°43'39.33"N	67°33'59.09"O
S2	**0,146**	2°41'30.75"N	67°34'8.63"O
S3	**0,380**	2°40'13.27"N	67°31'39.45"O
S4	**0,1**	2°39'45.91"N	67°29'27.07"O
S5	**0,139**	2°37'27.66"N	67°28'22.57"O
S6	**0,1**	2°36'17.84"N	67°26'21.03"O
S7	**0,1**	2°34'57.57"N	67°25'1.29"O
S8	**0,1**	2°33'45.95"N	67°23'17.59"O
S9	**0,103**	2°32'2.92"N	67°21'46.95"O
S10	**0,1**	2°30'33.58"N	67°20'15.60"O
S11	**0,1**	2°28'39.78"N	67°19'8.98"O
S12	**0,1**	2°26'48.97"N	67°18'7.59"O
S13	**0,1**	2°25'47.91"N	67°16'14.42"O
S14	**0,1**	2°24'27.32"N	67°14'14.39"O
S15	**0,1**	2°22'36.76"N	67°12'43.05"O
S16	**0,133**	2°20'46.74"N	67°11'20.87"O
S17	**0,1**	2°18'44.43"N	67°12'15.60"O
S18	**0,1**	2°16'48.17"N	67°12'56.97"O
S19	**0,1**	2°14'53.19"N	67°13'15.12"O
S20	**0,1**	2°12'50.02"N	67°12'11.68"O
S21	**0,1**	2°10'47.46"N	67°11'24.28"O
S22	**0,102**	2° 9'7.78"N	67°10'1.90"O
S23	**0,139**	2° 7'45.98"N	67° 8'19.74"O
S24	**0,1**	2° 7'46.12"N	67° 6'53.50"O
S25	**0,162**	2° 6'20.21"N	67° 6'22.69"O
S26	**0,1**	2° 4'57.69"N	67° 6'16.47"O
S27	**0,1**	2° 3'37.29"N	67° 5'56.32"O
S28	**0,252**	2° 2'3.56"N	67° 6'18.34"O
S29	**0,1**	2° 0'11.44"N	67° 7'10.75"O
S30	**0,1**	1°57'17.50"N	67° 6'12.23"O
promedio	**0,051**		
Valor máximo	**0,380**		



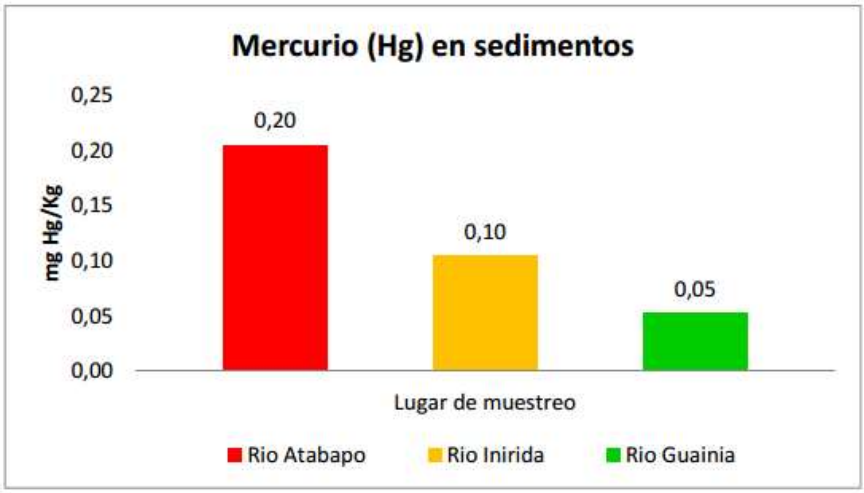


Las concentraciones de mercurio en los sedimentos provenientes del río Guainía, el 70 % de los sedimentos recolectados mostraron concentraciones por debajo del límite detectable de la técnica de 0,1 mg/Kg, mientras que en el 20 % de los sedimentos se encontró concentraciones entre 0,102 a 0,150 mg/Kg y el 10 % de los sedimentos recolectados en esta área presenta concentraciones que superan el límite permisibles de 0,150 mg/kg de Hg, con concentraciones que van desde 0,151 a 0,380 mg/kg

Las muestras fueron tomadas a una distancia promedio de cuatro (4) kilómetros en el trayecto Inirida – raudal de Morroco, en la siguiente salida grafica se identifica los puntos en el trayecto con mayor concentración de mercurio de acuerdo a los análisis obtenidos.



A continuación se realiza una comparativa de los valores de concentración promedio de Hg determinados en los sedimentos de cada río, es claro que el río Atabapo es el que presenta el mayor grado de contaminación de sedimentos, con un valor promedio de Hg de 0,204 mg/Kg, un valor por encima del límite máximo permisible establecido por la EPA como 0,150 mg/Kg, mientras que río Inírida y Guainía presentan concentraciones promedio que están por debajo del límite permisible.



ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS

Con el fin de obtener un contexto que permita valorar las afectaciones ambientales producto de los yacimientos mineros se realizaron análisis complementarios en matrices como suelo, plantas, peces y cabello humano con el fin de lograr obtener un panorama global de la presencia del mercurio en muestro ecosistema; de los cuales a continuación se presentan los resultados.

Mercurio en suelo recolectado en rio Atabapo Inirida y Guainía

Resultados muestras de Suelo Rio Atabapo			
Descripción	**Hg-(mg/kg)**	**Coordenadas**	
S1	**0,333**	3°04'27.7"N	68°34'05.5"O
S2	**0,165**	3°17'05.5"N	67°59'31.1"O
S3	**0,146**	3°32'07.1"N	67°51'44.5"O
Promedio	**0,215**		
V. Máximo	**0,333**		
V. Mínimo	**0,146**		

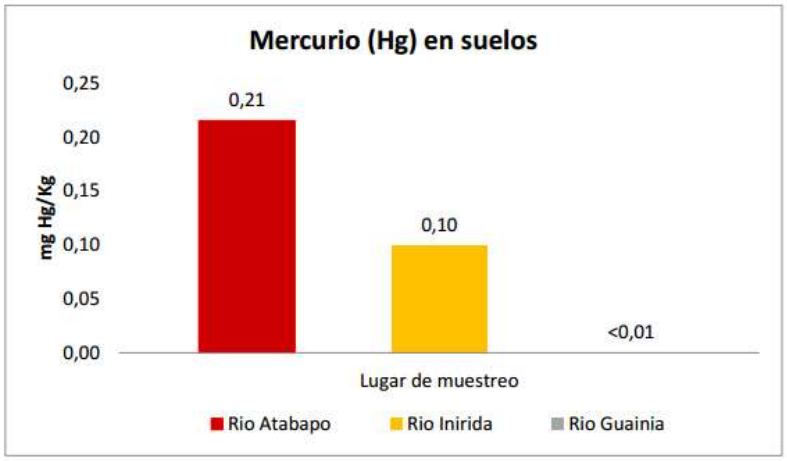
Resultados muestras de suelo Rio Inirida			
Suelo	Hg/mg/kg	Coordenadas	
S1	0,299	3° 4'27.75"N	68°34'5.51"O
S2	0,1	3°17'5.53"N	67°59'30.09"O
S3	0,1	3°32'07.1"N	67°51'44.5"O
Promedio	0,1		
V. Máximo	0,299		
V. Mínimo	0,1		

Resultado muestras de Suelo Rio Guainía			
Suelo	Hg/mg/kg	Coordenadas	
S1	0,321	2°43'39.33"N	67°33'59.09"O
S2	0,196	2°22'36.76"N	67°12'43.05"O
S3	0,239	1°54'46.51"N	67° 3'57.36"O
Promedio	0,252		
V. Máximo	0,321		
V. Mínimo	0,196		

En las muestras de suelo del río Atabapo, las concentraciones de Hg variaron entre 0,146 y 0,333 mg/Kg, con un valor promedio de concentración igual a 0,215 mg/Kg y una concentración máxima de 0,333 mg/Kg, todos los valores reportados se encuentran por debajo del límite máximos permisible de entre 1 -1,5 mg/Kg establecido por la Comunidad Económica Europea (1986).

Los resultados del río Inírida presentaron dos valores que se encontraron por debajo del límite detectable de la técnica, un valor máximo de concentración de 0,299 mg/Kg y una concentración promedio de 0,100 mg/Kg. Finalmente, en el río Guainía las tres muestras obtenidas mostraron concentraciones que están por debajo del límite detectable por la técnica de 0,1 mg/Kg.

Concentraciones de Hg promedio de los suelos analizados del rio Atabapo, Inirida y Guainía



Se comparan las concentraciones promedio de Hg determinadas para los suelos del río Atabapo, Inírida y Guainía. Los resultados evidencian mayor grado de contaminación con Hg de los suelos del río Atabapo, que presenta una concentración promedio de 0,21 mg/Kg.

Mercurio en plantas recolectadas en rio Atabapo Inirida y Guainía

Las concentraciones de Hg determinadas para las muestras de macrófitas (plantas) que se recolectaron en el río Atabapo, Inírida y Guainía, se obtuvieron los siguientes resultados:

Del río Atabapo, dos de las tres muestras presentaron concentraciones por debajo del límite detectable de la técnica de 0,1 mg/Kg, con lo que la concentración promedio se midió igual a 0,053 mg/Kg, y un valor máximo de 0,159 mg/Kg.

Por otra parte, las tres muestras del río Inírida presentaron concentraciones no detectables, más pequeñas que el límite de la técnica.

Finalmente, a las macrófitas del río Guainía se les midieron concentraciones de Hg de entre 0,196 y 0,321 mg/Kg. Con un valor máximo de concentración de 0,321 mg/Kg y un valor promedio de 0,252 mg/Kg.

A continuación se presenta la tabulación y registro fotográfico de las plantas analizadas.

Resultados muestras Plantas Rio Atabapo			
Descripción	**Hg-(mg/kg)**	**Coordenadas**	
P1 RUBIACEAE	**0,1**	3°45'58.0"N	67°37'48.4"O
P2 SAPOTACEAE	**0,159**	3°48'51.5"N	67°38'54.5"O
P3 Palma en Morichal	**0,1**	3°54'30.3"N	67°40'31.0"O
Promedio	**0,053**		
V. Máximo	**0,159**		
V. Mínimo	**0,1**		

MUESTRA PLANTAS RIO ATABAPO

Familia: RUBIACEAE
Especie: *Henriquezia nítida*

Familia: SAPOTACEAE
Especie: *Micropholis sp.2*

Palma en Morichal Familia: ARACACEAE
Especie: *Mauritiella Aculeata*

Resultados muestras Plantas Rio Inirida			
Descripción	Hg/mg/kg	Coordenadas	
P1 THEACEAE	0,1	3° 4'27.75"N	68°34'5.51"O
P2 SEJE	0,1	3°17'5.53"N	67°59'30.09"O
P3 MANACA	0,1	3°32'07.1"N	67°51'44.5"O
Promedio	0,1		
V. Máximo	0,1		
V. Mínimo	0,1		

MUESTRA PLANTAS RIO INIRIDA

Familia: THEACEAE
Especie: *Ternstroemia campinida*

SEJE
Especie: *Jessenia bataua*

MANACA
Especie: *Esterpederacea*

Resultado muestras de Plantas Rio Guainía			
Plantas	Hg/mg/kg	Coordenadas	
P1 YEPA	0,321	2°43'39.33"N	67°33'59.09"O
P2 SEJE	0,196	2°22'36.76"N	67°12'43.05"O
P3 SEJE	0,239	1°54'46.51"N	67° 3'57.36"O
Promedio	0,252		
V. Máximo	0,321		
V. Mínimo	0,196		

Mercurio en peces recolectados en rio Atabapo Inirida y Guainía

La concentración de Hg de los 5 peces recolectados en los tres ríos: Atabapo, Inírida y Guainía durante los tres muestreos realizados, presentaron las siguientes concentraciones:
En el río Atabapo las concentraciones de los peces variaron desde 0,036 a 0,290 mg/Kg, todas las concentraciones medidas estuvieron por encima del límite de detección de la técnica, con un valor promedio de 0,100 mg/Kg, el cual está por debajo del límite permisible de 0,5 mg/Kg establecido por la resolución 122 de 2012, la cual se basa en consumo de pescados, mariscos y alimentos del mar. Es necesario aclarar que en Colombia no existe una resolución que establezca los valores permitidos de Hg en peces en base a los estudios de biodiversidad, por tal motivo se utilizó la resolución 122 de 2012 que más bien refiere a consumo alimenticio.

En el río Inírida la concentración de Hg en los peces varió desde 0,073 a 0,562 mg/Kg, con un valor promedio de concentración de 0,240 mg/Kg, valor que no supera el límite máximo permisible 0,5 mg/Kg. Finalmente, en el río Guainía se midieron las concentraciones más altas de mercurio en los peces, con valores desde 0,122 a 0,543 mg/Kg, una concentración promedio de 0,304 mg/Kg, valor que está por debajo del límite máximo permisible de 0,5 mg/Kg.

Ruta de muestras peces Rio Atabapo		
PECES	TAMAÑO	Hg (mg/kg)
MOJARRA	15 CM	0,087
GUAVINA	28 CM	0,051
GUAVINA	38 CM	0,036
MOJARRA	16 CM	0,29
BAGRE	14 CM	0,036

MUESTRA PECES RIO ATABAPO

BAGRE
Especie: *Pimeludus sp*

GUABINA
Especie: Hopilas ssp

GUABINA
Especie: Hopilas ssp

PAVON
Especie: *Cichla ocellaris ssp*

PAVON
Especie: *Cichla ocellarisssp*

Ruta de muestras peces Rio Inirida		
PECES	TAMAÑO	Hg (mg/kg)
GUABINA	13 CM	0,094
PALLARINA	12 CM	0,562
BAGRE	15 CM	0,207
AGUJON	15 CM	0,264
BOCACHICO	13.5 CM	0,073

MUESTRA PECES RIO INIRIDA

BAGRE LISO
Especie: *Pimeludus sp*

AGUJON
Especie: *Boutengerella Spp*

BOCACHICO
Especie: *Semaprochilodus kneri*

PALLARIN
Especie: *Hydrolicus armatus*

BOCACHICO
Especie: *Semaprochilodus kneri*

Ruta de muestras peces Rio Guainía		
PECES	TAMAÑO	Hg (mg/kg)
BAGRE	13	0,283
BAGRE	14	0,301
BAGRE	12	0,543
BAGRE	16	0,275
BAGRE	17	0,122

MUESTRA PECES RIO GUAINIA

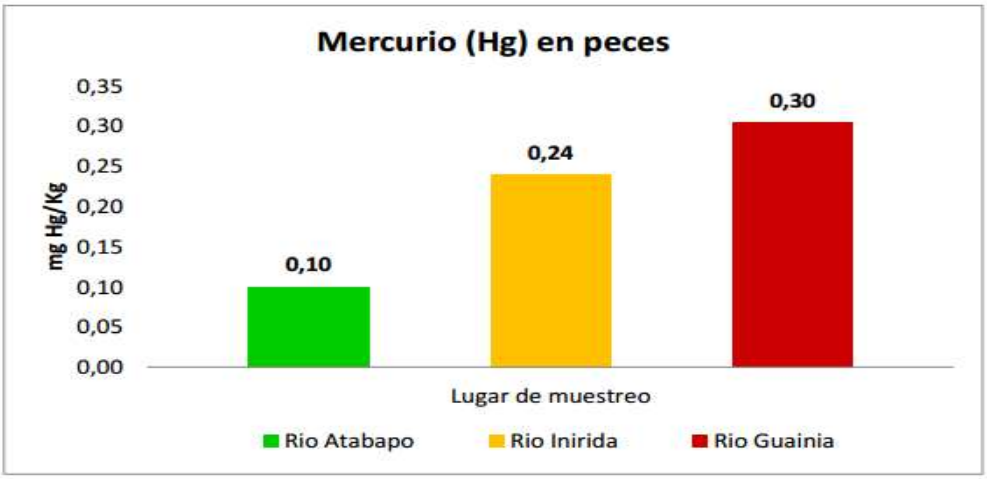
BAGRE VALENTÓN
Especie: ***Brachyplatystoma filamentosum***

BAGRE
Especie: ***Pimeludus sp***

BAGRE VALENTÓN
Especie: Brachyplatystoma filamentosum

BAGRE RAYADO
Especie: ***Pseudoplatystoma sp***

BOCACHICO
Especie: ***Semaprochilodus kneri***



En la Figura se muestra una gráfica que presenta las concentraciones promedio de Hg medidas en los peces de los tres ríos. El análisis comparativo evidencia que la concentración promedio de mercurio de los peces del río Guainía es mayor que la medida en los peces del río Atabapo e Inírida. Esto puede representar una fuente importante de contaminación para los pobladores considerando que el pescado es una base fundamental de su dieta diaria. Por lo que debería planificarse monitoreos regulares para establecer tendencias del contenido de Hg en los peces de esta región.

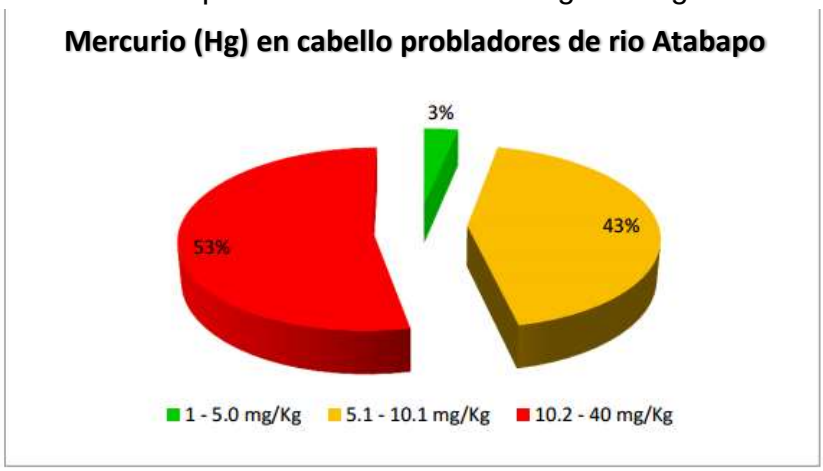
Mercurio en cabello humano recolectado en rio Atabapo Inirida y Guainía

Los resultados de concentración de mercurio total de las 100 muestras de cabellos recolectadas en los tres ríos de la siguiente manera: rio Atabapo – comunidad de Chaquita; rio Inirida comunidades de Venado y Chorrobocón y rio Guainía comunidad de San Felipe y Puerto Colombia, durante tres monitoreos realizados entre febrero y marzo. En el caso de los pobladores de la cercanía del río Atabapo, el valor promedio de concentración es de 12,245 ug/g, superando el límite máximo permisible por la OMS de 5 ug/g para población no expuesta. Las concentraciones de mercurio total en los cabellos de los pobladores de esta región fluctuaron entre 1 y 40 ug/g.

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

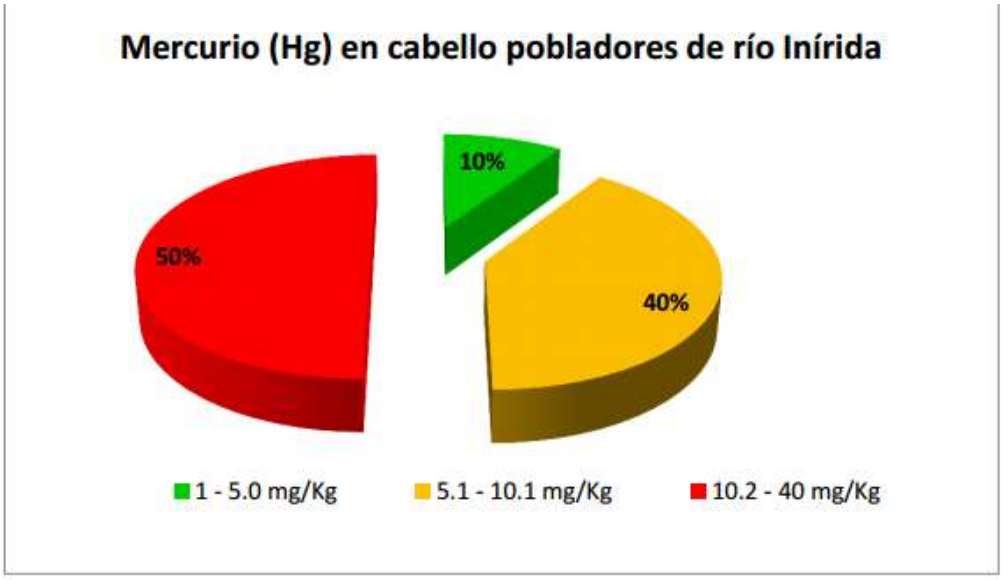
Muestras de cabello Rio Atabapo Comunidad de Chaquita							
CA	EDAD	SEXO	[Hg] (ug/g)	CA	EDAD	SEXO	[Hg] (ug/g)
C1	50	F	8,059	C16	8	M	**40,243**
C2	16	F	13,176	C17	8	F	7,313
C3	59	M	13,172	C18	7	F	11,979
C4	35	M	20,475	C19	10	M	1,147
C5	20	M	10,655	C20	12	F	11,417
C6	24	M	6,634	C21	8	F	8,87
C7	45	M	10,344	C22	8	F	5,318
C8	57	M	7,801	C23	65	M	11,501
C9	37	M	14,157	C24	59	M	26,464
C10	10	M	6,785	C25	15	F	6,625
C11	7	M	30,248	C26	27	F	7,364
C12	10	M	12,889	C27	28	M	16,274
C13	16	F	8,147	C28	44	M	14,843
C14	10	M	7,481	C29	40	M	7,762
C15	13	F	10,198	C30	34	M	10,002

Mercurio (hg) en cabello de los pobladores del rio Atabapo presenta un nivel crítico de concentración como se puede evidenciar en la siguiente grafica



La distribución de concentración de Hg total en los cabellos de los pobladores de la cercanía del río Inírida. Se puede apreciar que sólo un 10 % de los pobladores medidos presentan concentraciones que se encuentran por debajo de

concentraciones aceptables de 5,0 □g/g según límites establecidos por OMS. Mientras que el 38 % presenta concentraciones que oscilan entre 5,1 y 10 □g/g, valores característicos de personas expuestas a mercurio y un 50 % presenta concentraciones por encima de 10,2 □g/g, con un valor máximo de 40,243 □g/g. La distribución de concentración de Hg de los pobladores de las cercanías al río Atabapo e Inírida es bastante similar.



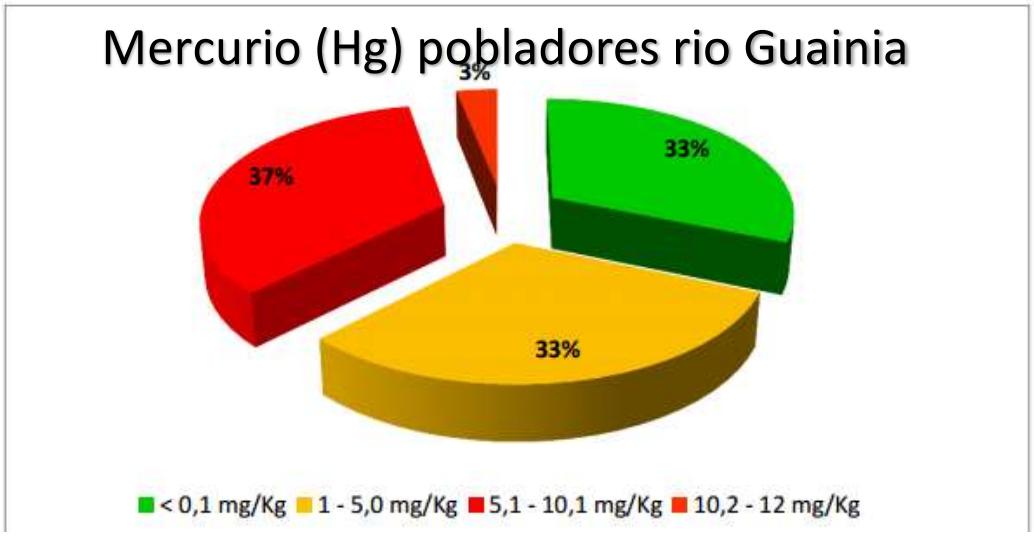
Ruta de muestras Rio Inírida Comunidades venado y chorro bocón							
CA	EDAD	SEXO	[Hg] (ug/g)	CA	EDAD	SEXO	[Hg] (ug/g)
C1 VENADO	63	M	12,209	C1 CHORROBOCON	12	M	6,023
C2 VENADO	25	F	26,513	C2 CHORROBOCON	11	M	9,546
C3 VENADO	20	M	2,36	C3 CHORROBOCON	9	F	5,179
C4 VENADO	45	F	6,945	C4CHORROBOCON	12	F	4,96
C5 VENADO	42	M	7,288	C5 CHORROBOCON	6	F	9,406
C6 VENADO	15	M	6,109	C6CHORROBOCON	9	M	18,046
C7 VENADO	77	M	7,518	C7 CHORROBOCON	26	M	7,063
C8 VENADO	10	M	22,416	C8CHORROBOCON	15	M	8,453
C9 VENADO	9	M	22,347	C9CHORROBOCON	10	F	6,294
C10 VENADO	26	M	11,278	C10 CHORROBOCON	16	F	10,26
C12 VENADO	40	M	16,344	C11 CHORROBOCON	60	F	13,121
C13 VENADO	25	F	9,419	C12 CHORROBOCON	54	M	22,272
C14 VENADO	61	M	10,26	C13 CHORROBOCON	31	M	13,745
C15 VENADO	70	M	15,384	C14 CHORROBOCON	29	F	17,94
C16 VENADO	12	F	6,68	C15 CHORROBOCON	25	F	4,083
C17 VENADO	73	M	6,061	C16 CHORROBOCON	25	F	10,92

C18 VENADO	**25**	**F**	17,434	C17 CHORROBOCON	**50**	**M**	3,862
C19 VENADO	**39**	**F**	**32,631**	C18 CHORROBOCON	**36**	**F**	10,104
C10 VENADO	**12**	**F**	9,921	C19 CHORROBOCON	**38**	**F**	10,002
				C20 CHORROBOCON	**40**	**F**	11,012
				C21 CHORROBOCON	**22**	**M**	14,251

En el caso de los pobladores de la cercanía del río Guainía se encontró un valor promedio de concentración de Hg total de 5,185 ug/g, bastante cercano al valor máximo permisible por la OMS, o por debajo de la concentración máxima permisible por EPA de 7 ug/g. Con un valor máximo de concentración de mercurio de 11,176 ug/g, y un valor mínimo de 0,240 ug/g.

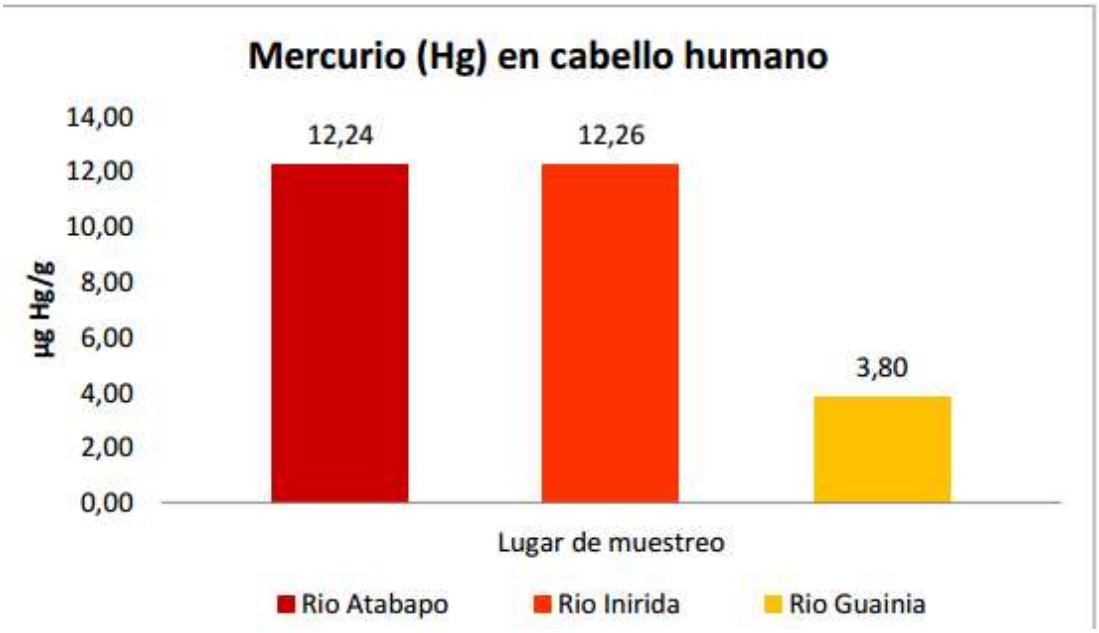
Ruta de muestras Rio Guainía Puerto Colombia							
CA	**EDAD**	**SEXO**	**[Hg] (ug/g)**	CA	**EDAD**	**SEXO**	**[Hg] (ug/g)**
C1 AMANAVEN	**23**	**M**	5,162	C16 AMANAVEN	**36**	**M**	0,1
C2 AMANAVEN	33	F	7,368	C17 AMANAVEN	**43**	**M**	0,1
C3 AMANAVEN	**40**	**F**	6,885	C18 AMANAVEN	**75**	**M**	2,408
C4 AMANAVEN	**57**	**M**	9,219	C19 AMANAVEN	**38**	**F**	0,514
C5 AMANAVEN	**11**	**M**	4,72	C20 AMANAVEN	**50**	**M**	0,24
C6 AMANAVEN	**8**	**M**	8,304	C21 AMANAVEN	**51**	**M**	0,1
C7 AMANAVEN	**31**	**F**	4,156	C22 AMANAVEN	**56**	**M**	1,15
C8 AMANAVEN	**40**	**M**	6,702	C1 P COLOMBIA	**68**	**M**	4,114
C9 AMANAVEN	**20**	**M**	4,403	C2 P COLOMBIA	**32**	**M**	8,205
C10 AMANAVEN	**10**	**M**	5,367	C3 P COLOMBIA	**18**	**M**	5,609
C11 AMANAVEN	**7**	**M**	0,1	C4 P COLOMBIA	**20**	**M**	0,944
C12 AMANAVEN	**24**	**F**	5,78	C5 P COLOMBIA	**19**	**F**	0,1
C13 AMANAVEN	**21**	**F**	**11,176**	C6 P COLOMBIA	**17**	**F**	0,1
C14 AMANAVEN	**16**	**F**	8,205	C7 P COLOMBIA	**40**	**M**	0,1
C15 AMANAVEN	**18**	**F**	3,438	C8 P COLOMBIA	**24**	**M**	0,1

La distribución de concentración de Hg total en los cabellos de los pobladores de la cercanía del río Guainía, Se puede apreciar que un 33 % de los pobladores medidos presentan concentraciones que se encuentran por debajo del límite de concentración detectable, por otra parte, un 33 % se encuentra por debajo de una concentración de 5,0 ug/g, por lo que un porcentaje de 66 % estaría por debajo de los límites establecidos por OMS. Mientras que el 37 % presenta concentraciones que oscilan entre 5,1 y 10 ug/g, valores característicos de personas expuestas a mercurio y sólo un 3 % presenta concentraciones por encima de 10,2 ug/g, con un valor máximo de 11,176 ug/g.



Estos resultados evidencias que la población de las cercanías del río Atabapo e Inírida presenta concentraciones elevadas de Hg en su organismo que pueden representar serios problemas para la salud.

Por otra parte, el 36 % de la población de Guainía de este estudio mostró concentraciones de Hg entre 5,6 y 12 ug/g que son concentraciones de personas no expuestas, superior al límite aceptable de concentración de la OMS.



Los valores de promedio de concentración de Hg cabello medidos en pobladores de las cercanías del río Atabapo, Inírida y Guainía. Se puede apreciar que las concentraciones promedio encontradas para los pobladores respecto al río Atabapo e Inírida son cercanos y están por encima del límite máximo aceptable establecido

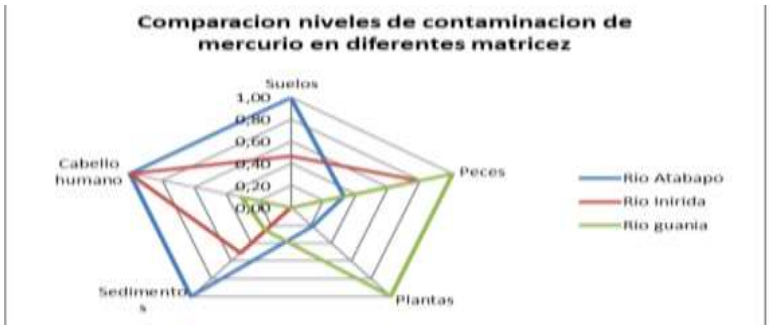
por la OMS de 5 ug/g, lo que se traduce en riesgo para estos pobladores de sufrir intoxicación por contaminación con Hg. Por otra parte, para los pobladores de los alrededores del río Guainía se encontraron valores que están por debajo del límite permisible máximo.

Con el propósito de establecer una comparación entre el grado de contaminación con mercurio, de los tres ríos, en las diferentes matrices, se utilizaron los valores promedios obtenidos para cada río (Tabla 10), estos valores se normalizaron por el valor de concentración máxima encontrado en esa matriz, con lo que a la concentración más alta se le asignará un valor igual a 1, y los resultados se utilizan para construir un gráfico radial en el que a cada variable se le asigna un eje.

Matriz	Río Atabapo [Hg] (mg/kg)	Río Inírida [Hg] (mg/kg)	Río Guainía [Hg] (mg/kg)
Sedimentos	0,20	0,10	0,05
Suelos	0,21	0,10	<0,1*
Peces	0,10	0,24	0,30
Plantas	0,05	<0,1*	0,025
Cabello	12,24	12,26	3,80

*Nota: Los valores menores al límite se consideran igual a cero.

A continuación se muestra una comparación del grado de contaminación mediante un gráfico tipo radial. La comparación revela que en las matrices suelo, sedimento y cabello humano cerca al río Atabapo presentan de manera consistente los niveles de contaminación más altos, siendo estos dos, tres o incluso cuatro veces más elevados que la concentración de mercurio encontrada en los ríos Inirida y Guania en las mismas matrices. Curiosamente la contaminación en la biota (peces y plantas) es más elevada cerca al rio Guainía, a pesar que asociado a este río se analizaron las muestras ambientales (sedimentos y suelo) con niveles más bajos de contaminación por mercurio. Esto podía explicarse por el tamaño y longevidad de los peces y plantas muestreados en esta zona, pues los peces más grandes, al igual que las plantas, han tenido oportunidad para acumular más del contaminante durante su ciclo de vida. También tiene que ver con el periodo de tiempo en que se viene realizando la actividad de extracción minera en la zona.



CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que las concentraciones de mercurio están en niveles superiores a los permitidos en la normatividad nacional e internacional, y evidencia una alta carga contaminante en los lechos de los ríos, ecosistema directamente afectado por la actividad minera; Es allí, donde las autoridades indígenas y autoridades gubernamentales deben encaminar acciones, para minimizar sus consecuencias, ya que están deteriorando la calidad de vida de las personas, alterando el entorno natural de las poblaciones ubicadas alrededor de la zona de influencia minería, al igual que contaminando seriamente el ambiente y colocando en riesgos las generaciones futuras.

La cuantificación de contenido de Hg en muestras de sedimentos recolectados en los ríos Atabapo, Inírida y Guainía, evidenció un mayor grado de contaminación en el río Atabapo. Con una concentración promedio de 0,204 µg/g de Hg en sedimentos, valor que supera el máximo permisible de 0,150 µg/g. Lo cual nos permite identificar que esta zona se encuentra con niveles críticos de mercurio debido principalmente al desarrollo de la minería ilegal e informal focalizada en la cuenca del rio Atabapo.

Para el rio Inírida el trayecto donde se desarrolló la Investigación nos arrojó un valor promedio de concentraciones de Hg por debajo del valor aceptable 0,150 ug/g, sin embargo se evidenciaron varios picos en lugares específicos; Esto se atribuye a las condiciones hidráulicas de la cuenca, lo cual permite identificar un patrón de análisis en este cuerpo de agua con condiciones heterogéneas, donde por años se presenta la explotación minera informal e ilegal.

Para el rio Guainía el trayecto donde se desarrolló la Investigación nos arrojó el menor nivel de concentración de Hg, sin embargo, se evidenciaron varios puntos altos lo cual nos permite de la misma forma identificar un patrón de análisis al ser una cuenca hídrica heterogénea.

Se evidencia como factor común en las tres zonas de análisis que en las playas con curvas pronunciadas y zonas donde los ríos presentan estancamientos es donde se encuentran los mayores niveles de Hg.

La investigación le permito a la corporación CDA consolidar una línea base de las concentraciones de mercurio existentes en los sedimentos de las tres zonas de investigación, con el fin de identificar las áreas con niveles críticos para articular acciones interinstitucionales que permitan mitigar los impactos ocasionados.

Respecto a los estudios complementarios se evidenció que las concentraciones de Hg en el suelo están por debajo de los límites permisibles para los tres ríos, observándose una mayor concentración de Hg en suelo del río Atabapo. Lo cual no representa un mayor riesgo para el ecosistema, Sin embargo, se requiere adelantar estudios más específicos respecto a su relación con los cultivos transitorios aledaños y con el bosque en cada afluente hídrico.

El estudio de la biota de los tres ríos evidenció que el mayor grado de contaminación con Hg. Se presenta en el río Guainía, lo cual puede corresponder al tamaño y longevidad de las especies muestreadas en esta área o al hecho de que en esta zona se ha realizado la extracción minera por periodos de tiempo más prolongados. Sumado a esto se debe considerar la relación directa o indirecta de la especie con las tendencias de consumo de los habitantes de la zona, con el fin de identificar si estas concentraciones se transfieren o por lo contrario son concentraciones asimiladas por las especies y no representan ningún efecto nocivo para si mismas.

El análisis del contenido de Hg en cabello humano evidenció contaminación de los pobladores de la región en las cercanías al río Atabapo e Inírida, con concentraciones que superan el límite máximo permisible para población no expuesta de 5 ug/g de acuerdo con la OMS, por lo cual es determinante que la población que habita estas zonas se encuentra en alto riesgo de intoxicación por Hg, se informó a los entes territoriales para el inicio de las respectivas rutas de atención a la población en estado crítico.

El trabajo con las autoridades indígena es fundamental para que los resultados obtenidos sean entregados de una forma asertiva a los pobladores de las zonas de investigación.

La articulación institucional con las autoridades mineras y ambientales del orden nacional y territorial permitirá que los resultados obtenidos trasciendan a propuestas y alternativas claras para los actores involucrados en el desarrollo de la minería en el departamento del Guainía.