

# Calidad físico-química de fuentes de agua subterránea y superficial en la zona minera de Santo Domingo, Chontales: análisis de riesgo a la salud ambiental

Tesista: Francisco Vallecillo

Tutora: Katia Montenegro PhD



**appear**

# Introducción

La minería es la actividad económica de mayor importancia en Santo Domingo, Chontales.

Pequeña minería y minería artesanal usa medios rústicos para extracción de metales (mercurio y cianuro)



El procesamiento de la mena se realiza por el método de amalgamación con mercurio en los planteles de beneficio con sistemas de molienda. El proceso produce desechos líquidos recibidos por el Río Sucio y sólidos que son depositados en el Botadero “La estrella” .

Los residuos de los planteles son vertidos al Río como efluentes

# Objetivos generales

- i.) Determinar la calidad físico-química de fuentes de agua subterránea y superficial en la zona minera de Santo Domingo Chontales para los usos consumo humano, protección de vida acuática y agricultura.
- ii.) Estimar las probabilidades que tienen algunos parámetros físico-químicos de alcanzar concentraciones potencialmente peligrosas para los organismos acuáticos.

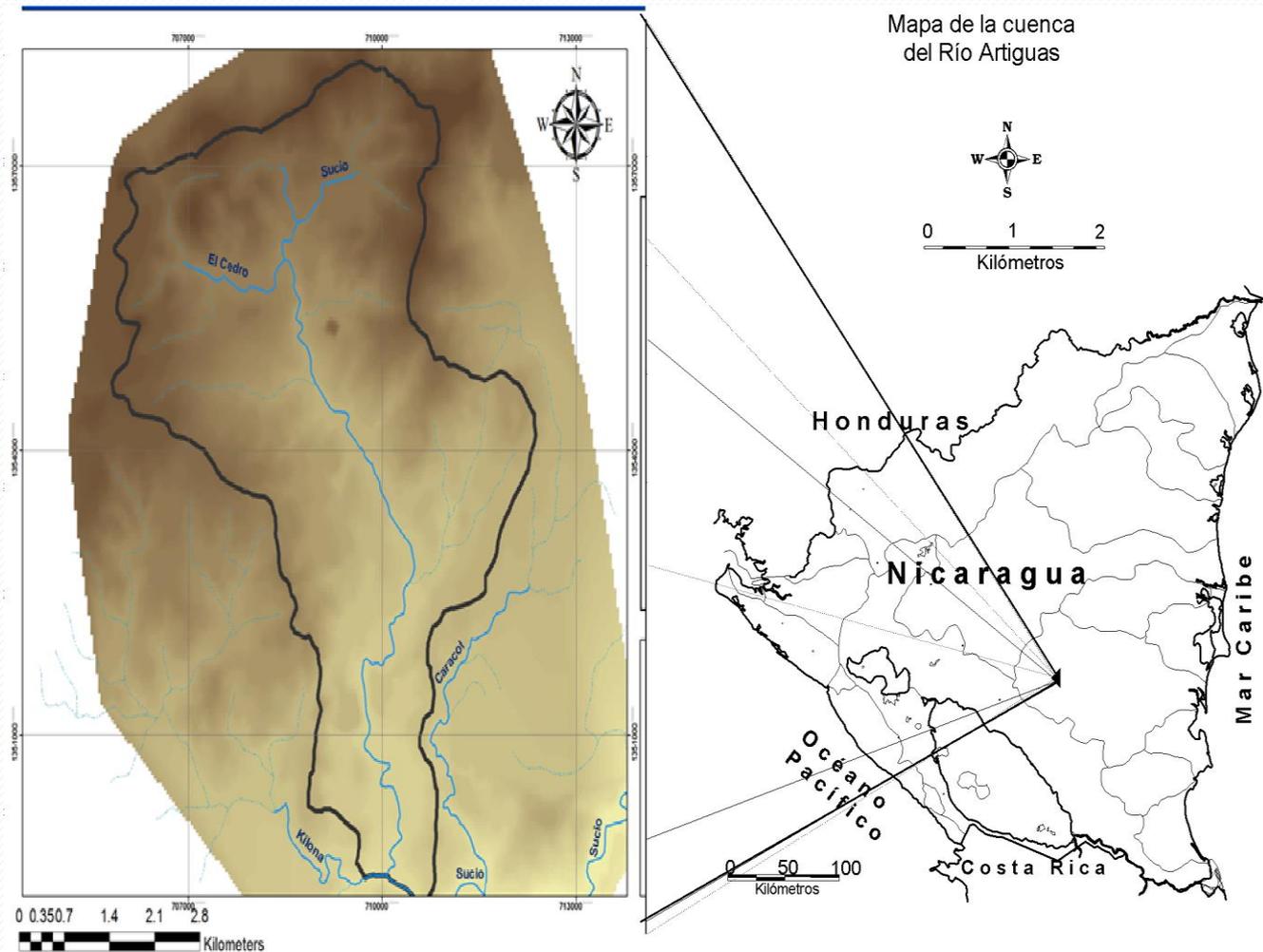
## Objetivos específicos

- Calcular los índices de calidad de dos fuentes de agua subterránea y tres superficiales para los usos previstos del agua con el software Water Quality Index Calculator 1.0 (WQI) desarrollado por el CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) a partir de 39 parámetros físico-químicos (con énfasis en el contenido de metales y metaloides y parámetros que influyan en su toxicidad).
- Estimar las probabilidades de riesgo de que se produzcan efectos adversos en los organismos acuáticos debido a la exposición a agua con concentraciones mayores a las directrices/criterios de las normas Canadienses y Norteamericanas por medio del cálculo de los cocientes de peligrosidad y de simulaciones Monte Carlo realizadas con el software @RISK 6.0.

# Materiales y métodos

## Área de estudio

La ciudad de Santo Domingo está ubicada al nor-oeste del municipio, en Chontales. El Río Artiguas pertenece a la cuenca del Río Escondido y es afluente al Río Sucio Sur, que descarga sus aguas al Río Siquia, que junto con los Ríos Mico y Rama desembocan al Río Escondido que fluye hacia el Atlántico.



# Materiales y métodos

## Sitios de muestreo seleccionados Aguas subterráneas



Sitio/ Coordenadas	N	E
MA – Túnel Azul	1355246	0708855
PP – Peñas Blancas	1357193	0709637

El **Túnel Azul** es un manantial que históricamente ha abastecido de agua a Santo Domingo

El pozo **Peñas Blancas** fue perforado por B2Gold, como alternativa al Túnel Azul

Alcaldía municipal hace una solicitud directa al proyecto BIOREM para conocer la calidad del agua de ambas fuentes



# Sitios de muestreo seleccionados

## Aguas superficiales

Sitio/Coordenadas	N	E
AS – El Sardinillo	1357522	0709570
AS – Plantel La Estrella	1357267	0709535
AS – El Salto	1355974	0708675



**El Sardinillo**, sitio de referencia, poco impactado por la actividad minera



Recibe el efluente líquido del **Plantel La Estrella** e impactado indirectamente por los lixiviados de los desechos sólidos depositados en el Botadero del mismo nombre



**El Salto**, recibe los vertidos domésticos y de la actividad minera artesanal de toda la ciudad

# Materiales y métodos

Parámetros físico-químicos analizados	Métodos SMWW* usados
<b>Metales y metaloides (32):</b> Al, Sb, As, Ba, Be, B, Ca, Ce, Co, Cu, Cr, Sn, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, Au, Ag, Pb, K, Se, Si, Na, Tl, Ti, V, Zn	3030 F. Digestión con Ácido Nítrico y Clorhídrico 3120 B. Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma Acoplado Inductivamente
<b>Alcalinidad total</b>	2320B. Método titrimétrico
<b>Cloruros</b>	4500-Cl B. Método Yodométrico
<b>Conductividad y Temperatura</b>	2510B. Método conductimétrico
<b>pH</b>	4500.H <sup>+</sup> B Método electrométrico
<b>Sólidos sedimentables</b>	2540 F. Análisis volumétrico en Cono Imhoff
<b>Sólidos Suspendedos Totales</b>	2540.D . Método gravimétrico. Secados a 103-105 °C
<b>Sulfatos</b>	4500-SO4 E. Método turbidimétrico

\*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th. Edition, 2005

# Calidad de agua

*La calidad del agua depende de que tan buena pueda ser para un uso específico, teniendo en cuenta las características que presente o sustancias que contenga.*



Se estima al comparar las concentraciones de los parámetros de interés (e.g., físico-químicos) con directrices o criterios recomendados por agencias ambientales para los distintos usos previstos del agua.

También se puede determinar o calcular como valor numérico entre cero y 100 que se denomina **índice de calidad de agua**

Las directrices o criterios proponen o recomiendan valores guías u objetivos de calidad que no deben ser superados para proteger la calidad del agua para los usos requeridos



# CWQI

## (Canadian Water quality Index)

El consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME) desarrolló un programa que calcula el índice de calidad de agua con el que se pueden fijar objetivos específicos por sitio o usar las normas, directrices o criterios establecidos por las agencias de salud y ambientales internaciones (CAPRE, OMS, CCME y USEPA).

El resultado es un número entre 1 y 100 con el que la calidad del agua se puede clasificar en categorías:

- Excelente ( 95-100)
- Buena (80-94)
- Regular (65-79)
- Marginal (45-64)
- Mala (0-44)

# Índice Canadiense de calidad de agua

A10

Data Criteria Report Manual THE WQI

## CWQI 1.0

Water Resources Management Division  
Department of Environment and Conservation  
Government of Newfoundland & Labrador

Disclaimer -The Canadian Water Quality Index has been developed by the CCME and has been adopted by the Water Resources Management Division for application in Newfoundland and Labrador. This has been programmed to run on Excel 2000 SP-3 or later using Visual Basic for Applications.

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$CCMEWQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

F1: Alcance-¿Cuántas veces?

F2: Frecuencia-¿Cada cuánto?

F3: Amplitud-¿Cuánto?

# Comparación con normas , criterios o directrices internacionales



- **Uso consumo humano**  
Capre, OMS, USEPA, CCME

En Nicaragua se usa la normativa Capre para el consumo humano

**Uso agrícola (irrigación y ganadería):**  
CCME

- **Protección de la vida acuática:**  
USEPA (aguda, crónica) \*, CCME



\*Criterios en base al tipo de exposición a la que pueden someterse los organismos acuáticos:

- **Aguda:** Poco tiempo de exposición, exposición episódica
- **Crónica:** Exposición continua, fuente permanente

# Peñas Blancas

Normativa	Parámetros	Primer muestreo, 04/09	Segundo muestreo, 25/10	Tercer muestreo, 26/11	Cuarto muestreo, 12/12	Quinto muestreo, 13/12	Valor guía/objetivo
CCME, Potable	pH	6.815	<b>6.46</b>	6.58	6.71	6.73	6.5-8.5

# Túnel Azul

Normativa	Parámetros	Primer muestreo, 04/09	Segundo muestreo, 25/10	Tercer muestreo, 26/11	Cuarto muestreo, 12/12	Quinto muestreo, 13/12	Valor guía/objetivo
Capre	Calcio (CaCO <sub>3</sub> )	60.3	56.9	57.988	<b>115.397</b>	54.386	100
EPA, Vida Acuática (Crónica)	Zinc	<b>0.11</b>	<b>0.094</b>	<b>0.096</b>	<b>0.086</b>	0.085	0.086
EPA, Vida Acuática (Aguda)	Zinc	<b>0.11</b>	<b>0.094</b>	<b>0.096</b>	0.086	0.085	0.087
	Alcalinidad	<b>72.5</b>	<b>76.5</b>	<b>75.96</b>	<b>77</b>	<b>74</b>	20
CCME, Acuática	Aluminio	<b>0.011</b>	<LD	ND	<LD	<LD	0.005
	Zinc	<b>0.11</b>	<b>0.094</b>	<b>0.096</b>	<b>0.086</b>	<b>0.085</b>	0.03

Concentración en mg/l

# El Sardinillo

Normativa	Parámetros	Primer muestreo, 04/09	Segundo muestreo, 25/10	Tercer muestreo, 26/11	Cuarto muestreo, 12/12	Quinto muestreo, 13/12	Valor guía/objetivo
Capre	Aluminio	0.04	0.007	0.08	0.103	<b>0.232</b>	0.2
	Arsénico	ND	ND	ND	<b>0.019</b>	<LD	0.01
OMS	Aluminio	0.04	0.007	0.08	0.103	<b>0.232</b>	0.2
EPA, Potable	Aluminio	<b>0.359</b>	0.06	<b>0.784</b>	<b>0.642</b>	<b>3.4</b>	0.2
	Arsénico	ND	ND	ND	<b>0.019</b>	<LD	0.01
	Manganeso	0.035	<LD	<LD	<LD	<b>0.07</b>	0.05
EPA, Acuatica (Aguda)	Aluminio	0.359	0.06	<b>0.784</b>	0.642	<b>3.4</b>	0.75
EPA, Acuatica (Cronica)	Aluminio	<b>0.359</b>	0.06	<b>0.784</b>	<b>0.642</b>	<b>3.4</b>	0.087
CCME, Potable	Aluminio	0.04	0.007	0.08	<b>0.103</b>	<b>0.232</b>	0.1
	Arsénico	ND	ND	ND	<b>0.019</b>	<LD	0.01
CCME, Acuatica	Aluminio	<b>0.04</b>	<b>0.007</b>	<b>0.08</b>	<b>0.103</b>	<b>0.232</b>	0.005
	Arsénico	ND	ND	ND	<b>0.019</b>	<LD	0.005

Concentración en mg/l

# Plantel La Estrella

Normativa	Parámetros	Primer muestreo, 04/09	Segundo muestreo, 25/10	Tercer muestreo, 26/11	Cuarto muestreo, 12/12	Quinto muestreo, 13/12	Valor guía/objetivo
Capre	Aluminio	ND	<b>0.563</b>	<LD	0.097	<b>0.357</b>	0.2
	Hierro	0.136	<LD	0.295	0.132	<b>0.378</b>	0.3
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.455</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	0
OMS	Aluminio	ND	<b>0.563</b>	<LD	0.097	<b>0.357</b>	0.2
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.455</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	0
EPA, Potable	Aluminio	<b>2.156</b>	<b>1.848</b>	<b>10.419</b>	<b>9.992</b>	<b>10.171</b>	0.2
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.4545</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	0
EPA, Vida Acuática (Aguda)	Aluminio	<b>2.156</b>	<b>1.848</b>	<b>10.419</b>	<b>9.992</b>	<b>10.171</b>	0.75
	Zinc	<b>0.03</b>	<LD	<LD	<b>0.045</b>	<b>0.052</b>	0.0274
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.455</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	22
EPA, Vida Acuática (Crónica)	Aluminio	<b>2.156</b>	<b>1.848</b>	<b>10.419</b>	<b>9.992</b>	<b>10.171</b>	0.087
	Zinc	<b>0.03</b>	<LD	<LD	<b>0.045</b>	<b>0.052</b>	0.0276
	Alcalinidad	<b>26.5</b>	<b>26.5</b>	<b>28.485</b>	<b>22.5</b>	<b>20.5</b>	20
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.455</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	22
CCME, Potable	Aluminio	ND	<b>0.563</b>	<LD	0.097	<b>0.357</b>	0.1
	Hierro	0.136	<LD	0.295	0.132	<b>0.378</b>	0.3
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.4545</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	0
CCME, Vida Acuática	Aluminio	ND	<b>0.563</b>	<LD	<b>0.097</b>	<b>0.357</b>	0.005
	Hierro	0.136	<LD	0.295	0.132	<b>0.378</b>	0.3
	Zinc	<b>0.03</b>	<LD	<LD	0.045	<b>0.052</b>	0.03
	TSS	<b>118.5</b>		<b>425.455</b>	<b>591</b>	<b>337.7</b>	45

Concentración en mg/l

# El Salto...

Normativa	Parámetros	Primer muestreo, 04/09	Segundo muestreo, 25/10	Tercer muestreo, 26/11	Cuarto muestreo, 12/12	Quinto muestreo, 13/12	Valor guía/objetivo
Capre	Aluminio	<b>1.104</b>	<b>0.773</b>	0.02	<b>0.252</b>	<b>0.215</b>	0.2
	Hierro	<b>1.421</b>	0.256	0.197	<b>0.307</b>	0.292	0.3
	TSS	<b>509</b>	<b>66.57</b>	<b>314.783</b>	<b>357</b>	<b>371</b>	0
OMS	Aluminio	<b>1.104</b>	<b>0.773</b>	0.02	<b>0.252</b>	<b>0.215</b>	0.2
	TSS	<b>509</b>	<b>66.57</b>	<b>314.783</b>	<b>357</b>	<b>371</b>	0
CCME, Potable	Aluminio	ND	<b>0.563</b>	<LD	0.097	<b>0.357</b>	0.1
	Hierro	0.136	<LD	0.295	0.132	<b>0.378</b>	0.3
	Manganeso	<b>0.198</b>	<b>0.29</b>	<b>0.468</b>	<b>0.428</b>	<b>0.415</b>	0.05
	TSS	<b>509</b>	<b>66.57</b>	<b>314.7825</b>	<b>357</b>	<b>371</b>	0
CCME, Protección de Vida Acuática	Aluminio	<b>1.104</b>	<b>0.773</b>	<b>0.02</b>	<b>0.252</b>	<b>0.215</b>	0.005
	Cobre	<b>0.004</b>	<LD	ND	<LD	<LD	0.002
	Cromo	<b>0.021</b>	ND	ND	<LD	<LD	0.001
	Hierro	<b>1.421</b>	0.256	0.197	<b>0.307</b>	0.292	0.3
	Talio	ND	ND	<LD	<b>0.015</b>	ND	0.0008
	Zinc	<b>0.074</b>	<LD	<LD	<b>0.057</b>	<b>0.058</b>	0.03
	TSS	<b>509</b>	<b>66.57</b>	<b>314.78</b>	<b>357</b>	<b>371</b>	45
CCME, Irrigación	Manganeso	0.198	<b>0.29</b>	<b>0.468</b>	<b>0.428</b>	<b>0.415</b>	0.2

Concentración en mg/l

## ...El Salto

Normativa	Parámetros	Primer muestreo, 04/09	Segundo muestreo, 25/10	Tercer muestreo, 26/11	Cuarto muestreo, 12/12	Quinto muestreo, 13/12	Valor guía/objetivo
EPA, Potable	Aluminio	13.691	1.934	11.791	3.306	8.31	0.2
	Hierro	1.421	0.256	0.197	0.307	0.292	0.3
	Manganeso	0.198	0.29	0.468	0.428	0.415	0.05
	Talio	ND	ND	<LD	0.015	ND	0.002
	TSS	509	66.57	314.783	357	371	0
EPA, Acuática (Aguda)	Aluminio	13.691	1.934	11.791	3.306	8.31	0.75
	Cobre	0.004	<LD	ND	<LD	<LD	0.003
	Zinc	0.074	<LD	<LD	0.057	0.058	0.03
	TSS	509	66.57	314.783	357	371	22
EPA, Acuática (Crónica)	Aluminio	13.691	1.934	11.791	3.306	8.31	0.087
	Cobre	0.004	<LD	ND	<LD	<LD	0.002
	Cromo	0.021	ND	ND	<LD	<LD	0.02
	Hierro	1.421	0.256	0.197	0.307	0.292	1
	Zinc	0.074	<LD	<LD	0.057	0.058	0.03
	Alcalinidad	35	27.25	32.71	32	32.5	20
	TSS	509	66.57	314.7825	357	371	22

Concentración en mg/l

# Resultados del WQI

## Peñas Blancas

Data Sumario	EPA, Potable	CCME Agua Potable	CCME Irrigación	CCME Ganadería	CAPRE	OMS
CWQI	97	97	100	100	100	100
Categorización	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
F1 (Alcance)	6	6	0	0	0	0
F2 (Frecuencia)	1	1	0	0	0	0
F3 (Amplitud)	0	0	0	0	0	0

USEPA y CCME, Potable: pH

# Resultados del WQI

## Túnel Azul

Data Sumario	EPA, Potable	CCME Agua Potable	CCME Irrigación	CCME Ganadería	CAPRE	OMS
CWQI	100	100	100	100	97	100
Categorización	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
F1 (Alcance)	0	0	0	0	5	0
F2 (Frecuencia)	0	0	0	0	1	0
F3 (amplitud)	0	0	0	0	0	0

Capre: Ca(1.15)

# Resultados del WQI

## El Sardinillo

Data Sumario	CCME Agua Potable	CCME Vida Acuática	CCME Irrigación	CCME Ganadería	CAPRE	OMS
CWQI	89	65	100	100	94	94
Categorización	Buena	Aceptable	Excelente	Excelente	Buena	Buena
F <sub>1</sub> (Alcance)	18	15	0	0	11	11
F <sub>2</sub> (Frecuencia)	5	9	0	0	2	2
F <sub>3</sub> (Amplitud)	3	58	0	0	1	0

CCME, Potable: Al(2,3), As(1,9); CCME, Acuática: Al(46,4), As(3,8); Capre: Al(1,16), As(1,9); OMS: Al(1, 16)

Data Sumario	EPA, Potable	EPA, V. Acuática (crónica)	EPA, V. Acuática (aguda)
CWQI	84	71	93
Categorización	Buena	Aceptable	Buena
F <sub>1</sub> (Alcance)	17	14	9
F <sub>2</sub> (Frecuencia)	7	13	4
F <sub>3</sub> (Amplitud)	20	46	6

EPA, Potable: Al(17), As(1,9), Mn(1,4); EPA, Acuática (Crónica): Alkt(3), Al(39); EPA, Acuática(Aguda): Al(4,5)

# Resultados del WQI

## Plantel La Estrella

Data Sumario	CCME Agua Potable	CCME Vida Acuática	CCME Irrigación	CCME Ganadería	CAPRE	OMS
<b>CWQI</b>	45	52	100	100	45	43
<b>Categorización</b>	Marginal	Marginal	Excelente	Excelente	Marginal	Mala
<b>F1 (Alcance)</b>	17	29	0	0	15	20
<b>F2 (Frecuencia)</b>	8	16	0	0	7	12
<b>F3 (Amplitud)</b>	94	77	0	0	94	97

CCME Potable: Al(5,6), Fe(1,3), TSS(425/0); CCME Acuática: Al(112), Fe(1,3), Zn(1,7), TSS(13); Capre: Al(2,8), Fe(1,3), TSS(425/0); OMS: Al(2,8), Fe(1,3)

Data Sumario	EPA, Potable	EPA, V. Acuática (crónica)	EPA, V. Acuática (aguda)
<b>CWQI</b>	44	46	58
<b>Categorización</b>	Pobre	Pobre	Marginal
<b>F1 (Alcance)</b>	16	27	25
<b>F2 (Frecuencia)</b>	11	23	20
<b>F3 (Amplitud)</b>	96	86	65

Potable: Al(52), Fe(1,3), TSS(425/0); Aguda: Al(14), Zn(2), TSS (27); Crónica: Al(120), Zn(2) Alkt(1,4), TSS(27)

# Resultados del WQI

## El Salto

Sumario	CCME Agua Potable	CCME Vida Acuática	CCME Irrigación	CCME Ganadería	CAPRE	OMS
<b>CWQI</b>	43	39	92	100	45	42
<b>Categorización</b>	Pobre	Pobre	Buena	Excelente	Marginal	Pobre
<b>F1 (Alcance)</b>	22	50	12	0	15	20
<b>F2 (Frecuencia)</b>	18	26	6	0	11	18
<b>F3 (Amplitud)</b>	95	89	6	0	94	97

CCME Potable: Al(5,6), Fe(1,3), Mn(9,4), TSS(509/0); CCME Acuática: Al(221), Cu(2), Cr(21), Fe(4,7), Tl(18,7), Zn(2,5), TSS(8,2); Irrigación: Mn(2,3); Capre: Al(5,5), Fe(4,7), TSS(509/0); OMS: Al(5,5), TSS(509/0)

Data Sumario	EPA, Potable	EPA, V. Acuática (crónica)	EPA, V. Acuática (aguda)
<b>CWQI</b>	41	41	55
<b>Categorización</b>	Marginal	Pobre	Marginal
<b>F1 (Alcance)</b>	26	47	33
<b>F2 (Frecuencia)</b>	19	28	23
<b>F3 (Amplitud)</b>	96	87	67

Potable: Al(68), Fe(4,7), Mn(9,36), Tl(7,5), TSS(509/0); Aguda: Al(18), Cu(1,3), Zn(2,5), TSS(509/0); Crónica: Al(157), Cu(2), Cr(1,05), Fe(1,4), Zn(2,5), Alkt(1,6), TSS(23).

# Análisis de riesgo

Riesgo es la probabilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas

La probabilidad de que la concentración de un contaminante supere lo normado.

La probabilidad de que un contaminante alcance una concentración que produzca un efecto negativo.

El análisis de riesgo es un procedimiento mediante el cual se determina la probabilidad y magnitud de que se produzcan efectos adversos debido a la exposición a uno o más factores de estrés (e.g., aluminio en agua de un río). Principales objetivos están predecir, comparar y gestionar los riesgos ambientales y a la salud humana al proporcionar una base cuantitativa para el tratamiento preventivo o de toma de medidas correctivas en condiciones de incertidumbre

## Cálculo de cocientes de peligrosidad y Simulaciones de Montecarlo con @Risk

Realiza análisis de riesgo utilizando la simulación para mostrar múltiples resultados posibles a partir del cálculo de los coeficientes de peligrosidad (modelo) en una hoja de cálculo, e indica la probabilidad de que se produzcan.



# Cocientes de peligrosidad para Aluminio, Hierro y Zinc

Normativa	HQ Al		HQ Fe			HQ Zn	
	El Sardinillo	Rio Sucio	Peñas Blancas	El Sardinillo	Rio Sucio	Tunel Azul	Rio Sucio
Capre	0.38	<b>1.52</b>	0.07	0.24	<b>1.03</b>	0.03	0.01
OMS	0.38	<b>1.52</b>					
CCME, Consumo Humano	0.75	<b>3.04</b>	0.07	0.24	<b>1.03</b>	0.02	0.01
CCME, Proteccion de Vida Acuatica	<b>15.20</b>	<b>60.88</b>	0.07	0.24	<b>1.03</b>	<b>3.15</b>	<b>1.19</b>
CCME, Irrigacion	0.02	0.06	0.00	0.01	0.06	0.09	0.04
CCME, Ganaderia	0.02	0.06				0.00	0.00
EPA, Consumo Humano	<b>4.26</b>	<b>36.81</b>	0.07	0.24	<b>54.66</b>	0.02	0.01
EPA, Vida Acuatica (Aguda)	<b>1.13</b>	<b>9.82</b>				<b>3.45</b>	<b>1.31</b>
EPA, Vida Acuatica (Cronica)	<b>9.78</b>	<b>846.20</b>	0.02	0.07	<b>16.40</b>	<b>3.42</b>	<b>1.30</b>
Endpoint no letales	<b>1.02</b>	<b>9.00</b>	0.05	0.17	0.74	0.06	0.02

$HQ \geq 1$

## Riesgo probabilístico: AI

	AI	HQ	Media	Desviación estándar	Percentil			Probabilidad (%)
					50	90	95	
El Sardinillo	Capre	0.38	0.38	0.43	0.24	0.93	1.22	8.6
	OMS	0.38	0.38	0.43	0.24	0.93	1.22	8.6
	CCME, Potable	0.75	0.75	0.85	0.49	1.86	2.45	27.5
	CCME, Vida Acuatica	15.20	15.01	17.02	9.75	37.18	48.92	83.4
	CCME, Irrigacion	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.05	0
	CCME, Ganaderia	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.05	0
	EPA, Potable	4.26	0.85	1.00	0.55	2.14	2.81	31.6
	EPA, Vida Acuatica (Aguda)	1.13	0.85	0.99	0.55	2.13	2.81	31.7
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	9.78	0.85	0.99	0.55	2.14	2.82	31.7
	Endpoint no letales	1.02	0.85	0.99	0.55	2.13	2.82	31.7
Rio Sucio	CAPRE	1.52	0.30	0.34	0.20	0.74	0.97	4.7
	OMS	1.52	0.30	0.34	0.20	0.74	0.98	4.7
	CCME, Agua Potable	3.04	0.30	0.34	0.20	0.74	0.98	4.7
	CCME, Vida Acuatica	60.88	0.30	0.34	0.20	0.74	0.98	4.7
	CCME, Irrigacion	0.06	0.30	0.34	0.20	0.74	0.98	4.8
	CCME, Ganaderia	0.06	0.30	0.34	0.20	0.74	0.97	4.7
	EPA, Potable	36.81	7.37	7.39	5.10	16.88	21.92	87.5
	EPA, Vida Acuatica (Aguda)	9.82	7.36	7.35	5.10	16.92	22.01	87.4
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	846.20	7.36	7.31	5.10	16.88	21.95	87.5
	Endpoint no letales	9.00	7.47	4.39	7.47	13.55	14.31	92.5

## Riesgo probabilístico: Fe

	Fe	HQ	Media	Desviacion estándar	Percentil			Probabilidad (%)
					50	90	95	
<b>Peñas Blancas</b>	CAPRE 1993/1995	0.07	0.07	0.06	0.07	0.15	0.16	0
	EPA, Potable	0.07	0.07	0.06	0.07	0.15	0.16	0
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0
	CCME, Agua Potable	0.07	0.07	0.06	0.07	0.15	0.16	0
	CCME, Vida Acuatica	0.07	0.07	0.06	0.07	0.15	0.16	0
	CCME, Irrigacion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0
	Endpoint no letales	0.05	0.02	6.72	0.04	0.45	0.89	4.4
<b>El Sardinillo</b>	CAPRE 1993/1995	0.24	0.24	0.26	0.16	0.58	0.77	2.1
	EPA, Potable	0.24	0.24	0.26	0.16	0.58	0.76	2.1
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	0.07	0.07	0.08	0.05	0.17	0.23	0.0
	CCME Agua Potable	0.24	0.24	0.26	0.16	0.58	0.76	2.1
	CCME, Vida Acuatica	0.24	0.24	0.26	0.16	0.58	0.76	2.0
	CCME, Irrigacion	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05	0
	Endpoint no letales	0.17	0.08	13.84	0.11	1.20	2.49	11.5
<b>Rio Sucio</b>	CAPRE	1.03	1.03	1.14	0.69	2.47	3.24	37.8
	EPA, Potable	54.66	1.03	1.11	0.69	2.47	3.25	37.8
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	16.40	0.31	0.34	0.21	0.74	0.97	4.6
	CCME, Agua Potable	1.03	1.03	1.11	0.69	2.47	3.24	37.8
	CCME, Vida Acuatica	1.03	1.03	1.11	0.69	2.47	3.24	37.8
	CCME, Irrigacion	0.06	0.06	0.07	0.04	0.15	0.19	0
	Endpoint no letales	0.74	2.23	144.61	0.54	5.76	11.46	37.7

## Riesgo probabilístico: Zn

	Zn	HQ	Media	Desviación estándar	Percentil			Probabilidad (%)
					50	90	95	
Rio Sucio	CAPRE 1993/1994	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0
	EPA, Potable	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0
	EPA, Vida Acuatica (Aguda)	1.31	1.30	0.91	1.01	2.45	3.13	51
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	1.30	1.31	1.00	1.00	2.46	3.02	50
	CCME Agua Potable	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0
	CCME Proteccion de Vida Acuatica	1.19	1.19	0.85	0.93	2.24	2.79	46
	CCME, Irrigacion	0.04	0.04	0.02	0.03	0.07	0.08	0
	CCME, Ganaderia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	Endpoint no letales	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.06	0
Tunel Azul	CAPRE 1993/1994	0.03	0.03	0.00	0.03	0.04	0.04	0
	EPA, Potable	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0
	EPA, Vida Acuatica (Aguda)	3.45	3.45	0.37	3.33	3.90	4.16	100
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	3.42	3.42	0.36	3.30	3.87	4.15	100
	CCME Agua Potable	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0
	CCME Proteccion de Vida Acuatica	3.15	3.14	0.33	3.03	3.55	3.77	100
	CCME, Irrigacion	0.09	0.09	0.01	0.09	0.11	0.11	0
	CCME, Ganaderia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	Endpoint no letales	0.06	0.06	0.01	0.06	0.07	0.08	0

## Riesgo probabilístico: TSS

	TSS	HQ	Media	Desviacion estándar	Percentil			Probabilidad (%)
					50	90	95	
<b>Rio Sucio</b>	CAPRE	328.78/0	328.78	189.34	328.16	590.75	623.40	100
	OMS	328.78/0	328.78	189.34	328.16	590.75	623.40	100
	EPA, Potable	328.78/0	328.78	189.34	328.16	590.75	623.40	100
	EPA, Vida Acuatica (Aguda)	14.94	14.94	8.61	14.92	26.85	28.34	96.80
	EPA, Vida Acuatica (Cronica)	14.94	14.94	8.61	14.92	26.85	28.34	96.80
	CCME Agua Potable	328.78/0	328.78	189.34	328.16	590.75	623.40	100
	CCME Proteccion de Vida Acuatica	7.31	7.31	4.21	7.29	13.13	13.85	93.30



**Gracias por su  
atención**