



BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUAS CONTAMINADAS POR LA MINERÍA, EN EL MUNICIPIO DE ISTMINA – CHOCÓ: UNA REVISIÓN DOCUMENTAL

JUSSY ZAHYR RÍOS OREJUELA

Asesora

Ph.D. **MARTHA LUCIA POSADA BUITRAGO**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
BOGOTÁ, 2019**

MINERÍA EN ISTMINA(CHOCÓ)

Extracción de **Oro** y **Platino**, ejercida por la mitad de la población aproximadamente.

Se utiliza sustancias químicas **tóxicas**

MERCURIO (Hg)

Único **metal líquido** a temperatura y presión ambiente.

- Punto de fusión: - 39°C
- Punto de ebullición: 357°C
- Insoluble en agua
- Corrosivo.

Afecta la calidad de vida: **Medio ambiente** y **Salud** de las personas/seres vivos.

BIORREMEDIACIÓN

Aprovechamiento de la capacidad metabólica de los **microorganismos** autóctonos.

Se deberán realizar estudios en el laboratorio para identificar el proceso adecuado para lograr la eficiencia.

ANTECEDENTES

Inmovilización de ***Bacillus cereus***, bioadsorción de 80% Hg en 120 h (20 mg Hg/L en agua)

2012 Sinha

Pseudomonas putida V1, volatilización 77% de MeHg, en suelos mineros en 24 h.

2012 Cabral

Desulfovibrio desulfuricans, reducción 95% MeHg en suelos y aguas.

2012 Pedrero

Eisenia foétida, lombricompostaje, remoción 65% en suelo minero.

2016 Mosquera

Mezcla de cepas MCB1 y MCB2 ***Lysinibacillus sphaericus***, remoción 98% Hg; Formación de nanopartículas de Oro. "En el Río Nechí"

2018 Bustos

Hongo ***Mucor rouxii***, remoción 67%, en cuenta alta del río Bogotá(Villa pinzón)

2018 Vera

Bacterias endófitas (***Burkholderia sp*** y ***Ralstonia***), remoción 62% en suelo.

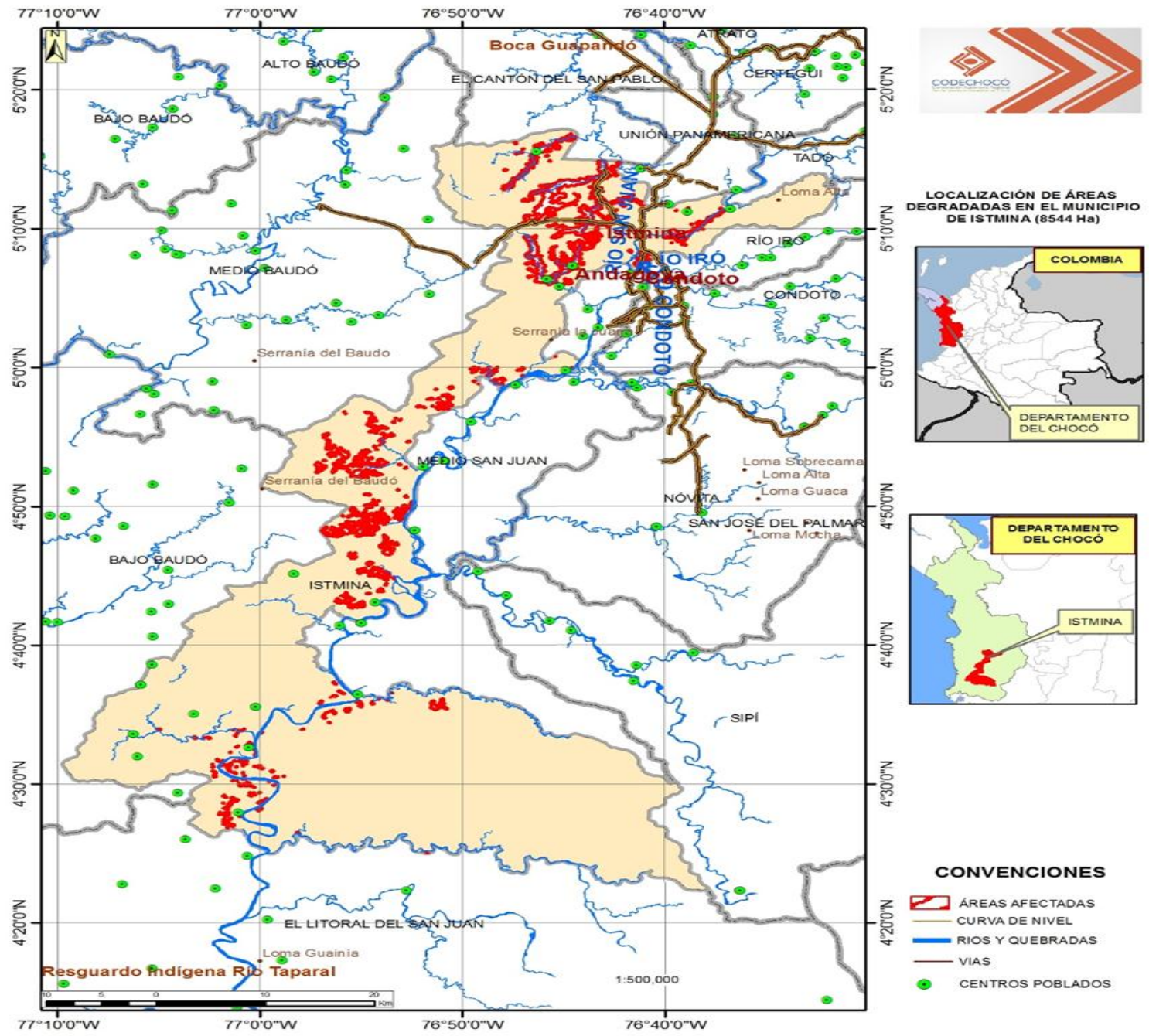
2016 Pérez

GENERAL

Realizar un estudio documental sobre las estrategias microbiológicas utilizadas en la biorremediación de aguas y suelos contaminados por la minería de oro y platino, como alternativa para disminuir o atenuar el peligro hacia la salud y al medio ambiente en el municipio de Istmina (Chocó - Colombia).

ESPECÍFICOS

- ✓ Describir los métodos de minería de oro y platino empleados en el municipio de Istmina, Chocó.
- Explicar los eventuales efectos hacia la salud de las personas expuestas al mercurio.
- ✓ Analizar la información actual referente a biorremediación de aguas y suelos contaminadas por minería de oro.



Áreas Mineras Degradadas en Istmina (Chocó)

Platino = 1.5 t
Oro = 25 t
(2001 – 2018)

Hg en agua = 25.3 mg/L
Hg en suelo = 136 mg/Kg

TIPOS DE MINERÍA EN ISTMINA (CHOCÓ)

MARCO TEÓRICO

ARTESANAL



Materiales y Técnicas Ancestrales
Mazamorreo, zambullidero, mina de agua corrida y hoyadero.

MECANIZADA



Maquinaria pesada
Motobombas, retroexcavadoras, dragas y motores.

Utilización de **mercurio** en grandes cantidades para extracción de Oro y platino.

AMBAS UTILIZAN MERCURIO



MERCURIO (Hg)

M
A
R
C
O

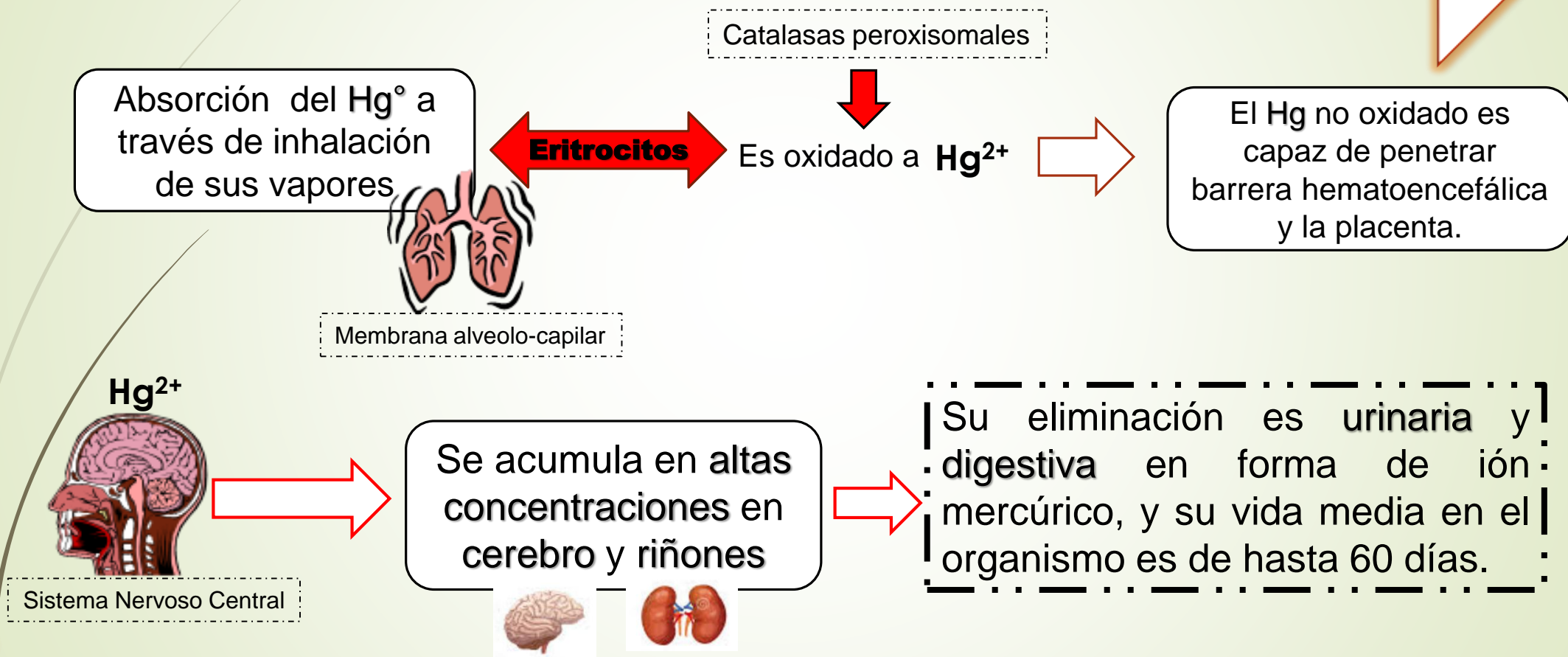
T
E
Ó
R
I
C
O

Tipo de Mercurio	Fuente	Ruta de Exposición	Eliminación	Toxicidad
Metálico o Elemental	Amalgas (Oro, Platino) Termómetros, Erupciones volcánicas	Inhalatoria	Orina Heces	SNC Riñón Piel Pulmones
Inorgánico o Sales de mercurio	Cosméticos Ampolletas Desinfectantes Productos fotográficos	Digestiva Cutánea	Orina	SNC Riñón Piel Pulmones
Orgánico o Metil mercurio	Pescado Funguicidas Preservantes	Digestiva Transplacentaria Parental	Heces	SNC Cardiovascular

El mercurio (Hg) es Teratogénico y Mutagénico

Eagles y Valderas, 2018 y 2019

Vías de Ingreso y Metabolismo del Mercurio



Toxicidad del Mercurio

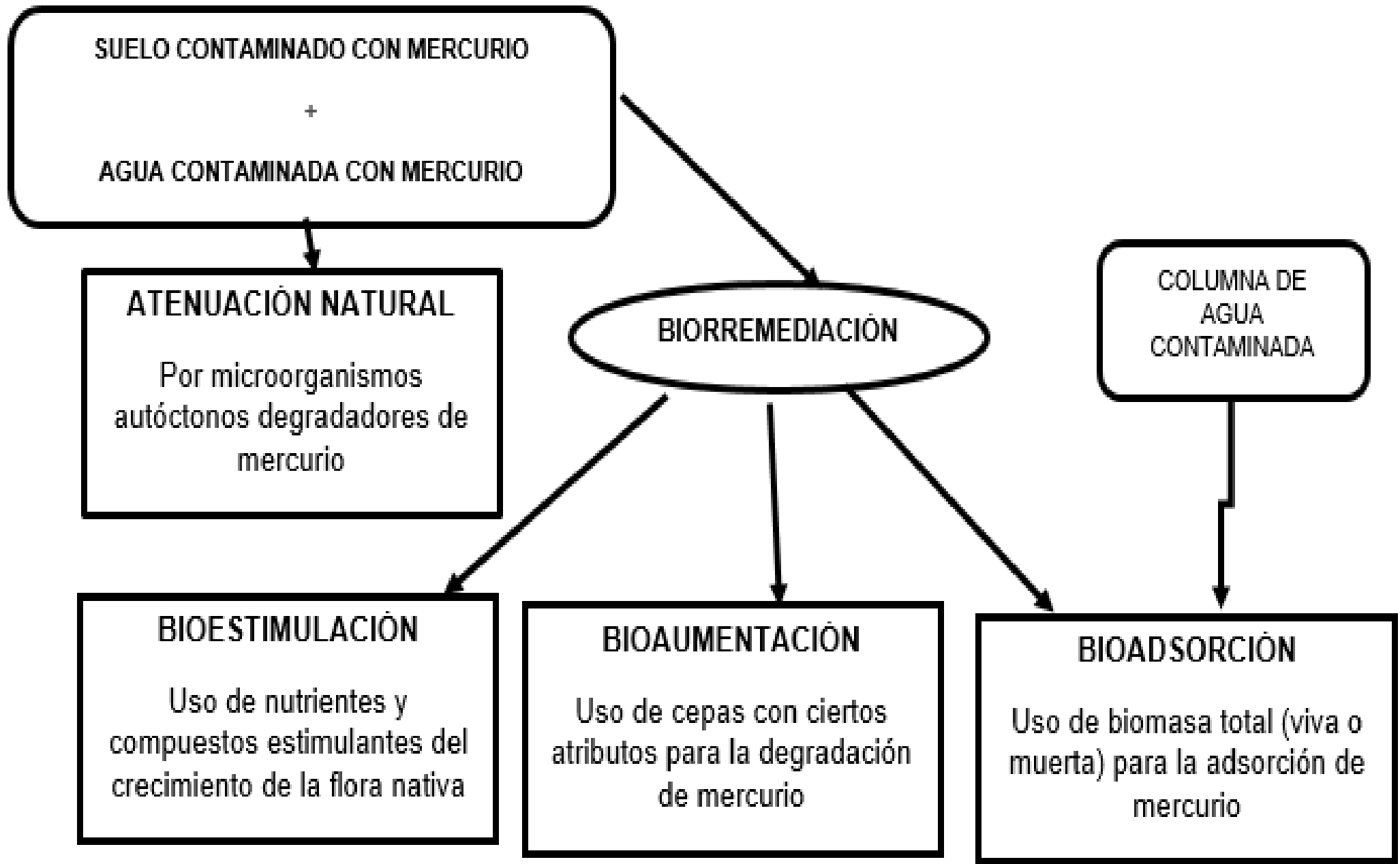
Directamente relacionada a su unión covalente con los grupos sulfhidrilos (*SH*)

↓ la disponibilidad de AA;
Inhibición enzimática y
alteraciones en el
funcionamiento normal.

También tiene alta afinidad a los grupos carboxilos, amidas, aminos y fosforilos.

Los compuestos orgánicos de mercurio son capaces de inhibir la síntesis de proteínas, esto se debe a alteraciones del ARN de transferencia

Afecta la homeostasis del ión calcio produciendo muerte neuronal



Microorganismos Remediadores

MICROALGAS

Transformación del mercurio tóxico en no tóxico

HONGOS

- La superficie celular de las levaduras puede actuar como una resina de intercambio iónico.
- Las paredes principales del hongo como rol en la bioadsorción de Hg.

BACTERIAS

- Detoxificación de mercurio: reducción, transporte y regulación (Presencia de Operón *mer*)
 - Desmetilación de MeHg
 - Utilización de MeHg como única fuente de carbono y energía.
- Adsorción de Hg: Exopolisacaridos, Proteína de la capa S.

-*Pseudomonas*
-*Clostridium*
-*Entrobacter*
-*Lysinibacillus*
sphaericus

Biorremediadores

Microorganismos	Compuesto
<i>Pseudomonas, Psychrobacter</i>	Hg orgánico e inorgánico
<i>P. balearica</i>	MeHg
<i>P. putida</i> V1	MeHg
<i>P. fluorescens, Enterobacter cloacae, Citrobacter braakii</i> y <i>Alcaligenes faecalis</i>	MeHg
<i>Pseudomonas</i>	Hg(II)
<i>P. putida</i> spi3	Tiomersal
<i>Enterobacter</i> sp.	Hg(II)
Conjunto de bacterias y algas	Hg(II)
<i>Bacillus cereus</i>	Hg(II)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Hg(II), MeHg y etilmercurio
<i>Agaricus macrosporus</i>	Hg(II)
<i>Lentinus edodes</i>	Hg(II)
Hongos micorrizicos	Hg
<i>Trichoderma</i>	Hg
<i>Scenedesmus, Chlorella</i> , <i>Oscillatoria</i>	Hg
<i>Chlamydomonas reinhardtii, Chlorella emersonii</i>	Hg(II)
<i>Dunaliella</i>	Hg(II)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Hg
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 2AMT-2, transgénica	Hg(II)
<i>Chlorella</i> sp. DT transgénica	Hg(II)

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

- Documental, estudio descriptivo
- Artículos científicos, libros e investigaciones

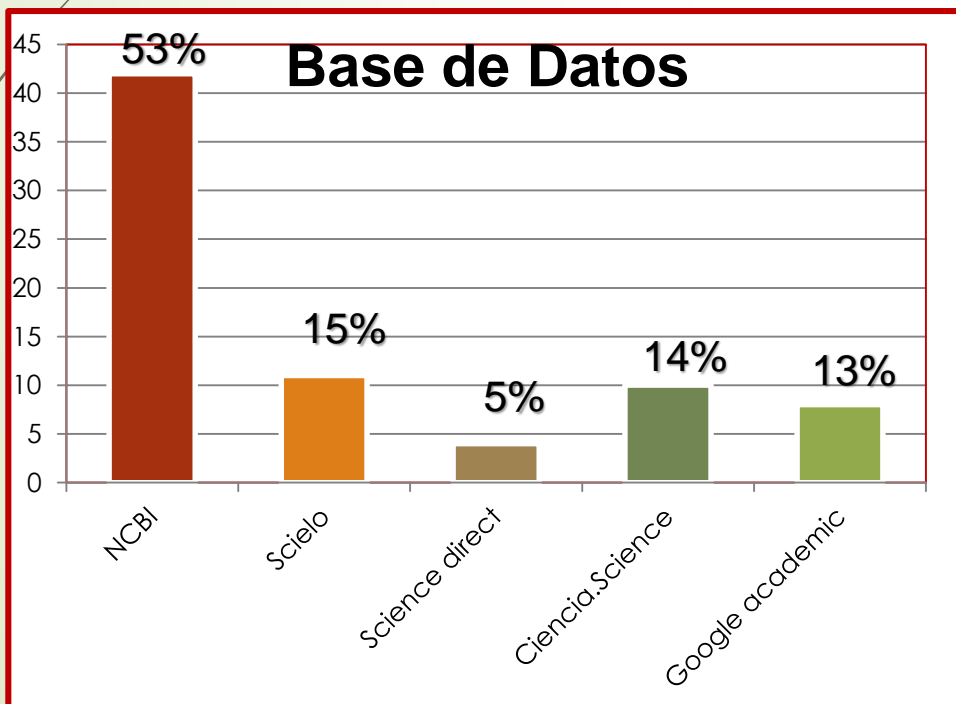
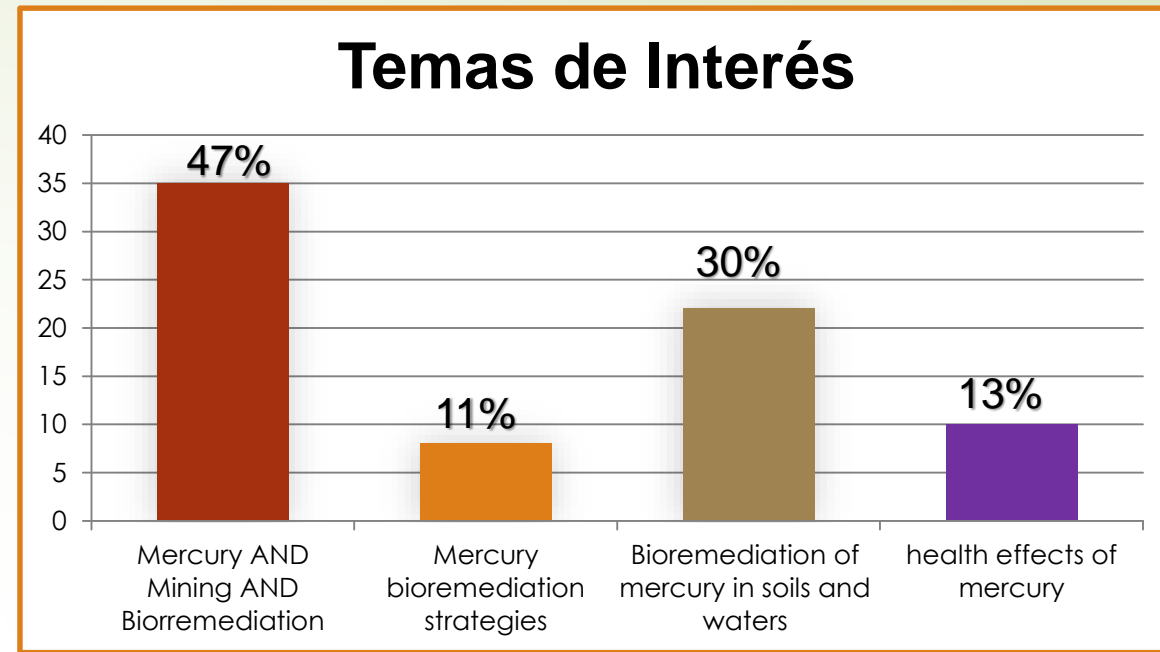
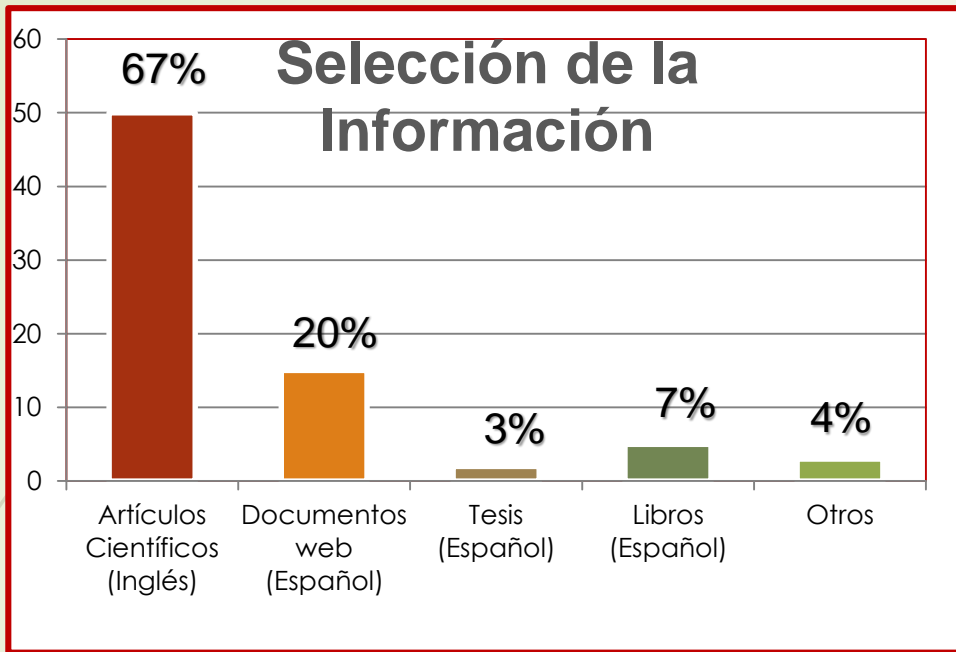
Revisión de artículos

- Publicaciones científicas, repositorios de tesis y proyectos de grado de diferentes Universidades del mundo.
- Las variables analizadas, idioma, año, base de datos, objetivos, métodos utilizados, resultados obtenidos más relevantes y conclusiones.

Criterios de inclusión

- Artículos científicos e investigaciones (2000-2019).
- Hallazgos de efectos del mercurio hacia la salud, estrategias de biorremediación de mercurio; a nivel nacional e internacional.

RESULTADOS



D
I
S
C
U
S
I
Ó
N

C
H
O
C
Ó

MUESTRAS ANALIZADAS	EXPOSICIÓN OCUPACIONAL PERMITIDA (Hg)	EXPOSICIÓN AMBIENTAL PERMITIDA (Hg)	RESULTADO DEL ESTUDIO (Hg)
Orina	< 25 mg/L	< 7 mg/L	La media fue de 28,6 mg/L ocupacionales y 10,4 mg/L ambientales. Los valores más altos fueron en Istmina, Río Quito y Cantón de San Pablo.
Sangre	< 15 mg/L	< 5 mg/L	La media de los mineros expuestos fue de 21 mg/L, y los expuestos ambiental de 9,7 mg/L siendo Istmina, Cantón de San Pablo y Quibdó los más críticos.
Cabello	< 5 mg/L	< 1 mg/L	El estudio arrojó una media de 0,9 para los cinco municipios.

R
E
S
U
L
T
A
D
O
S

INS, 2016

Análisis a **596** personas de los municipios de Quibdó, Río Quito, Cantón de San Pablo, Istmina y Condoto.

**D
I
S
C
U
S
I
Ó
N**

**Q
U
I
B
D
Ó**

MUESTRAS ANALIZADAS	Valores Límites Permisibles(Hg)	RESULTADO DEL ESTUDIO (Hg)
Agua (Río Atrato)	0.002 mg/L 2 ug/L	0.016 mg/L 16 ug/L
Pescado (Bocachico, Mojarra, Bagre y Doncella)	0.5 mg/kg 1 mg/kg con alto potencial de bioacumulación	Bocachico (1.5 mg/Kg) Mojarra (0.8 mg/Kg) Bagre (1.9 mg/Kg) Doncella (1.0 mg/Kg)

**R
E
S
U
L
T
A
D
O
S**

El **95,8 %** de las personas evaluadas mencionaron consumir pescado; el **62%** utilizan aguas del Río Atrato para necesidades básicas.

MICROORGANISMO	ESTRATEGIA DE BIORREMEDIACIÓN	REFERENCIA
<i>Pseudomonas fluorencens</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i>	Bioadsorción de Hg (Exopolisacaridos EPS) 92% en agua	Adelaja y Keenan, 2012
<i>Azotobacter chroococcum</i>	Bioadsorción de Hg en suelo (EPS Homogéneo) 47.87% Hg ²⁺	Rasulov et al, 2013
<i>Hyphomonas sp</i>	Bioadsorción de Hg en agua (EPS MHS-3) 80% MeHg	Chmurny et al, 2016
<i>Cyanobacterium synococcus</i> <i>E. coli</i> <i>Pseudomonas putida</i>	Reducción enzimática (Metalotioneinas) de Mercurio inorgánico 78%, 74% y 90% respectivamente.	Santos et al, 2017
<i>Lysinibacillus sphaericus</i> (Cepas mezcladas)	Bioadsorción de Hg, Bioacumulación de Oro y Protección (Proteína de la capa S – Espora) 95% en agua.	Bustos (2018), Páez y Vega (2019)

1. No existen publicaciones en Istmina (Chocó) de biorremediación de mercurio, por lo tanto, se hace necesario una propuesta a nivel de revisión documental sobre estrategias microbiológicas eficientes que se pueden utilizar.
2. Efectivamente la inhalación de los vapores de mercurio , la ingesta de agua y alimentos potencialmente contaminados con MeHg, son las principales vías de ingreso del metal al organismo, causando daño al sistema nervioso central, hígado y riñones.
3. Finalmente, las metodologías biológicas, mediante la utilización de bacterias, para biorremediación de aguas y suelos contaminados con mercurio, son generalmente las técnicas más estudiadas, de bajo costo y con grandes logros, que las hacen atractivas y adaptables a países en desarrollo como Colombia, donde la minería ilegal y artesanal, está presente, como en el municipio de Istmina (Chocó).



PERSPECTIVA

Que el Gobierno Nacional volque su mirada al departamento del Chocó y sus diferentes municipios no solo para la extracción de metales preciosos sino para el aporte de biosoluciones, de infraestructura en investigación y para los problemas derivados de la minería tanto legal como ilegal.

A G R A D E C I M I E N T O S

A la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, por brindarme la formación académica integral, a los docentes quienes día a día fortalecieron mis conocimientos, especialmente a la. Ph.D. Martha Lucia Posada Buitrago, quien me asesoró en este proceso con su experiencia para ser mejor.

A watercolor illustration featuring the word "Gracias" in a black, cursive font. The background is a soft, pinkish-purple watercolor wash. Scattered around the text are several autumn-themed elements: a yellow leaf, a brown leaf, a small brown pot with a plant, a brown book, and a small branch with leaves. The overall style is soft and artistic.

Gracias