

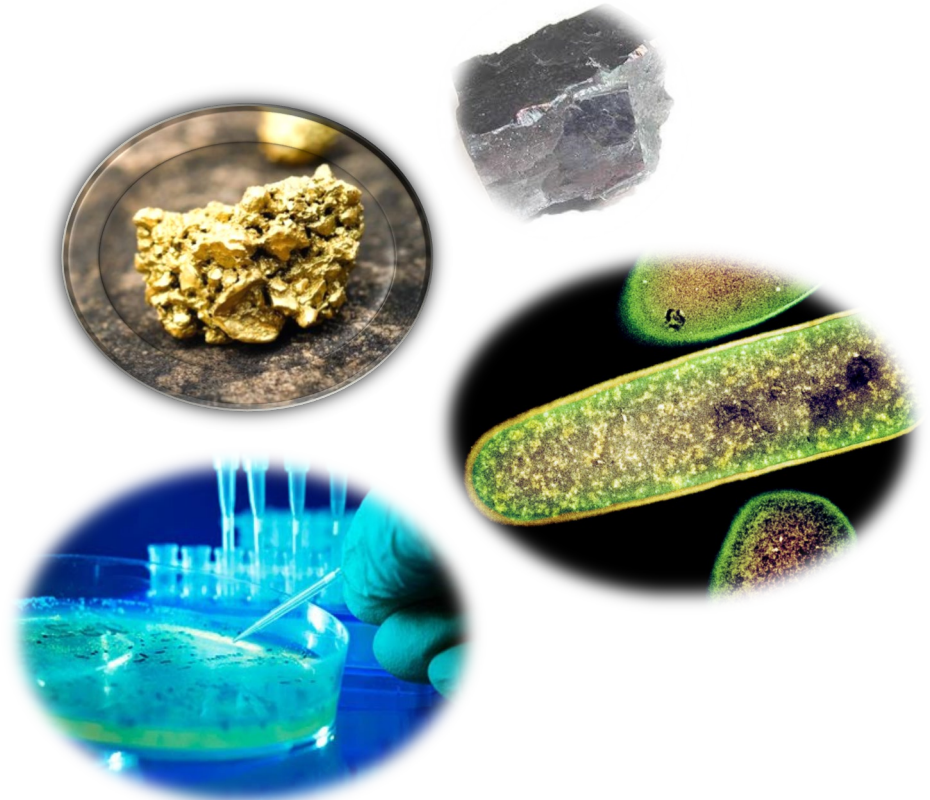


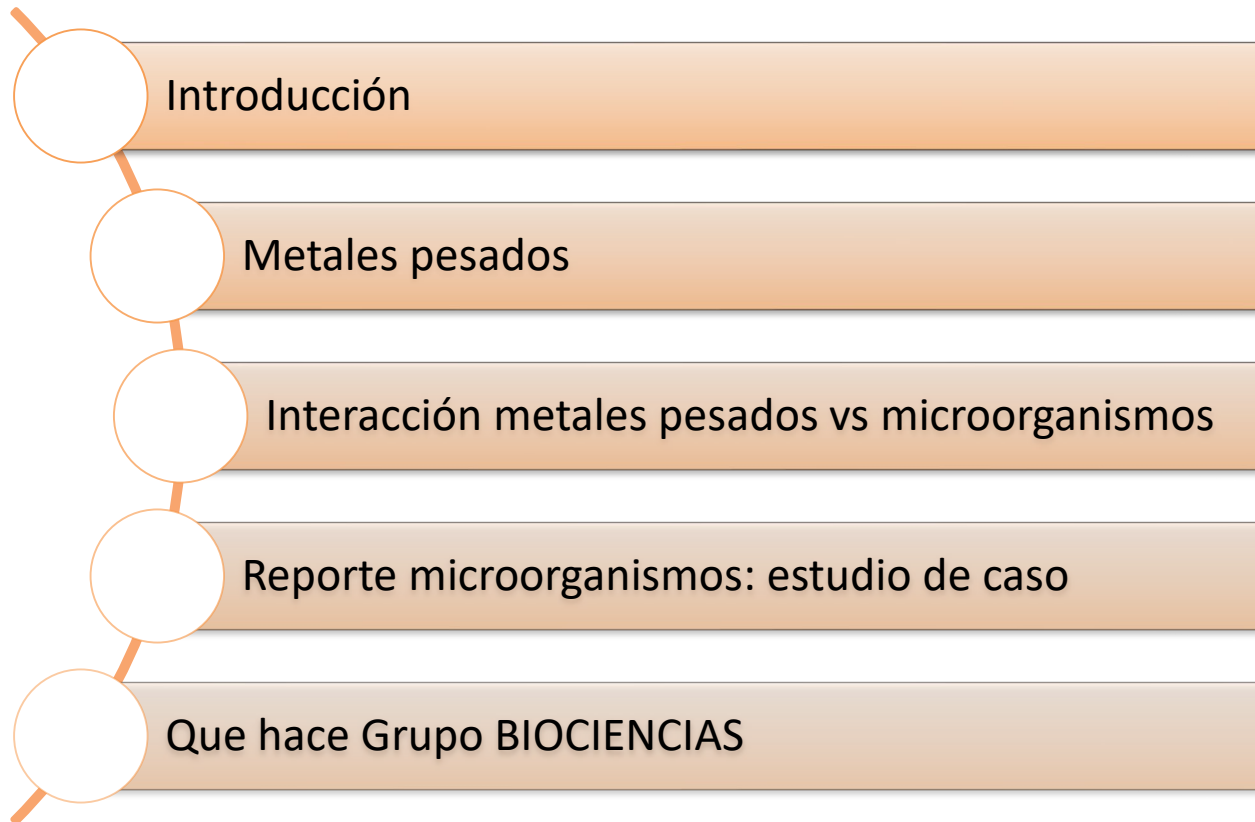
**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA**

[www.colmayor.edu.co](http://www.colmayor.edu.co)

# *“Metales pesados: Oportunidad de tratamiento a través de mecanismos microbianos”*

**Susana Ochoa Agudelo**  
M.Sc. Biotecnología,  
Docente Investigador IUCMA





M. Islas-Espinoza et al. / Journal of Cleaner Production 183 (2018) 112–120

113

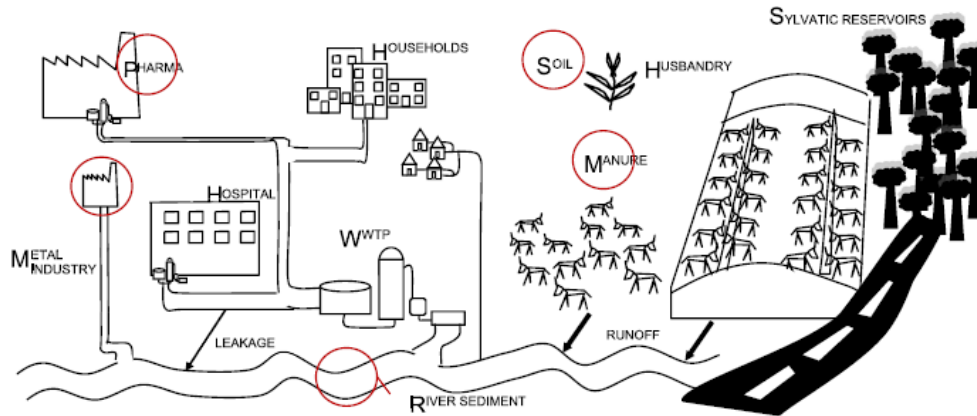
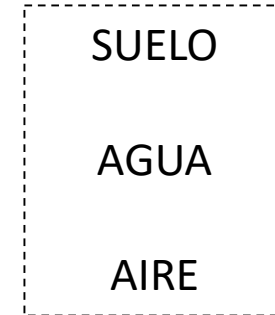
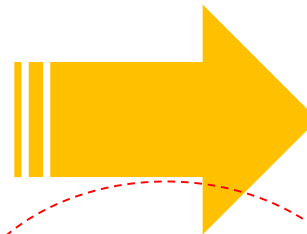


Fig. 1. The anthropogenic multiresistance cycle. Humans disperse antibiotics and pollutants that maintain the need for ARGs in bacteria. The circles denote the point sources where aromatic-ring antibacterials and metals were sampled for this study; pharma wastewater was artificially prepared.



## FUENTES DE CONTAMINACION

- Industrialización
- Urbanización
- Practicas de agricultura



RESIDUOS  
Orgánicos  
Inorgánicos



Metales TOXICOS  
pesados

## Metales TOXICOS pesados

*“Grupo de elementos que exhibe propiedades metálicas que incluye metales en transición ...” (H.R. Dash, S. Das et al., 2012)*



Cadmio

*“... metales que tienen una gravedad específica mayor de 5 y que son tóxicos” (Gadd, 1992) citado por (H.R. Dash, S. Das et al., 2012)*

Plomo



*“... la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) ha abolido el término "metal pesado" debido a la ausencia de algún base científica coherente; el nombre alternativo propuesto es "metal tóxico"” IUPAC citado por (H.R. Dash, S. Das et al., 2012)*



Mercurio

Cromo



Níquel

**Derivados de actividades como producción de pinturas, fármacos, pesticidas, fertilizantes; explotación metalúrgica, minera, petroquímica; producto de desechos, derivados de la contaminación – ambiente natural**

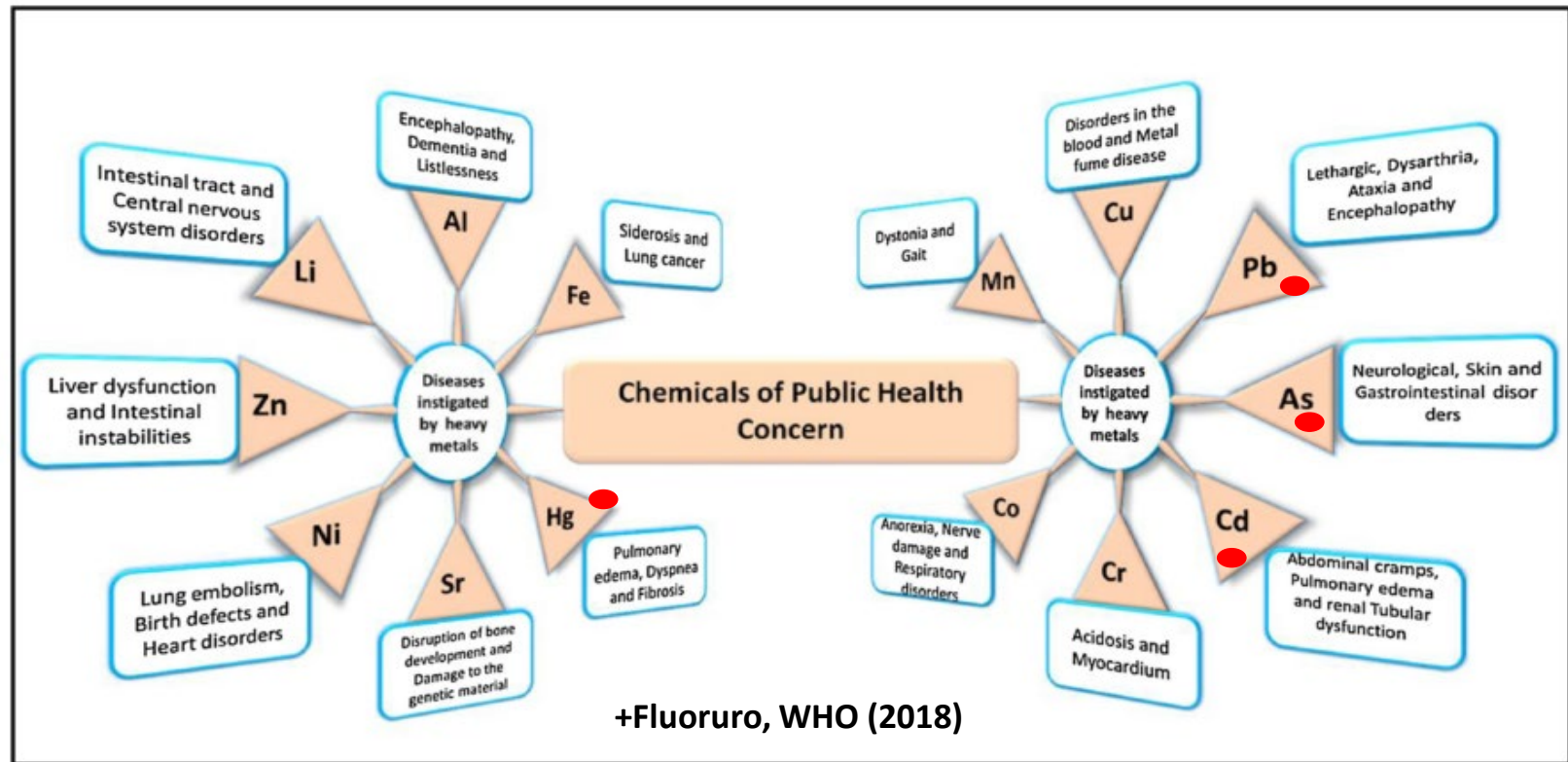


Fig. 1. Heavy metals of public health concern and their related associated diseases (Kielak et al., 2017).

... los metales, estos como inductores de genes de transcripción, aumento la expresión de genes reguladores asociado con resistencia a los antibióticos (GRA)...

Los GRA son más difíciles de destruir que los patógenos...

## - Métodos CONVENCIONALES (físico – químicos)

- Osmosis inversa
- Ultrafiltración
- Nanofiltración
- Intercambio iónico
- Flotación
- Electrodiálisis
- Precipitación y coagulación
- Adsorción (carbón activado)
  
- Gasto energía
- Uso de químicos adicionales
- Costo - operación

## - Métodos NO CONVENCIONALES

- Adsorbentes de Bajo Costo y Nuevos Adsorbentes (**bacterias, algas, levaduras y hongos**)
  - Fitorremediación
- Biopolímeros (hidroxilos y aminos, que aumentan la eficiencia de la absorción de iones metálicos)
  - Hidrogeles
  
- Fase de ensayos

Remoción bajo parámetros que permiten interactuar con el metal.



## BIORREMEDIACION

Acción de los organismos vivos por la cual se posibilita la recuperación, remoción o estabilidad de un metal tóxico. Ofrece una alta especificidad en la remoción del metal de interés con flexibilidad operacional, tanto en sistemas *in situ* como *ex situ*.



## BIODISPONIBILIDAD

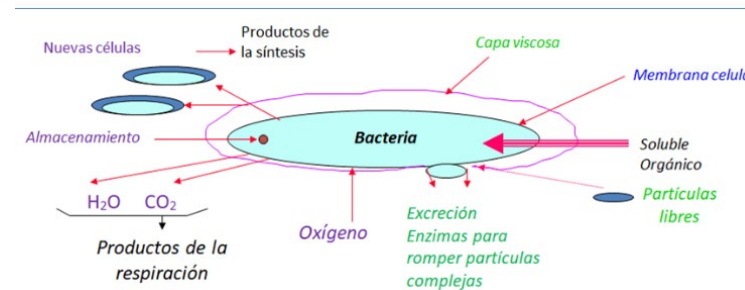
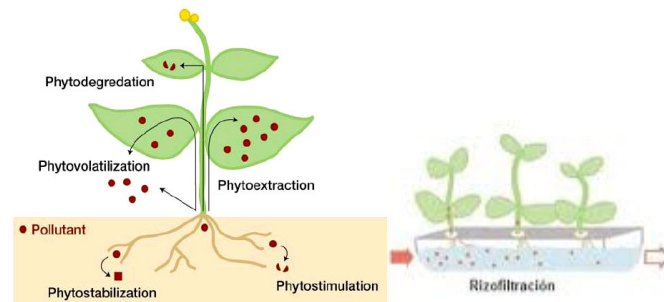
Relacionado con las condiciones físicoquímicas del ambiente, que determinan la especiación y por lo tanto la concentración de metal libre y lábil.

(Vullo, 2003)



MOVILIZACION

INMOVILIZACION





# Interacción metales pesados vs microorganismos

## *Thiobacillus spp.*

Acidófilos, aerobios, facultativos

## *Trichoderma, Ralstonia*

Producción de **sideróforos** (péptidos complejantes, reaccionan con otros metales diferentes al hierro)

Mecanismo de solubilización utilizado en la industria minera.

Los metales presentes en los minerales resultan extraídos en fase acuosa

**Lixiviación microbiana**

MOVILIZACION

INMOVILIZACION

**Biosorción**

Retención de metales pesados a partir de la **biomasa celular**, biopolímeros. No requerir un metabolismo microbiano activo

**Biomineralización**

Precipitación de metales como carbonatos e hidróxidos, mediante un mecanismo de resistencia; o a través de la formación de sulfuros o **fosfatos**

**Bioacumulación**

Sistema de transporte de membrana que internaliza al metal presente en el entorno celular con gasto de energía. Secuestro intracelular por **METALOTIONEINAS**

**Biotransformación**

Involucra un cambio químico sobre el metal pesado. Ejemplo: en el estado de oxidación o metilación.

(Vullo, 2003)

Sitios contaminados con plomo (Pb): suelo, sedimentos, el agua, crean un ambiente extremo para el crecimiento y la supervivencia microbiana, ya que se sabe que causan daños al ADN, las proteínas y los lípidos y también reemplazan los iones metálicos esenciales como Zn, Ca y Fe de las enzimas.

2

M.M. Naik, S.K. Dubey / Ecotoxicology and Environmental Safety 98 (2013) 1-7

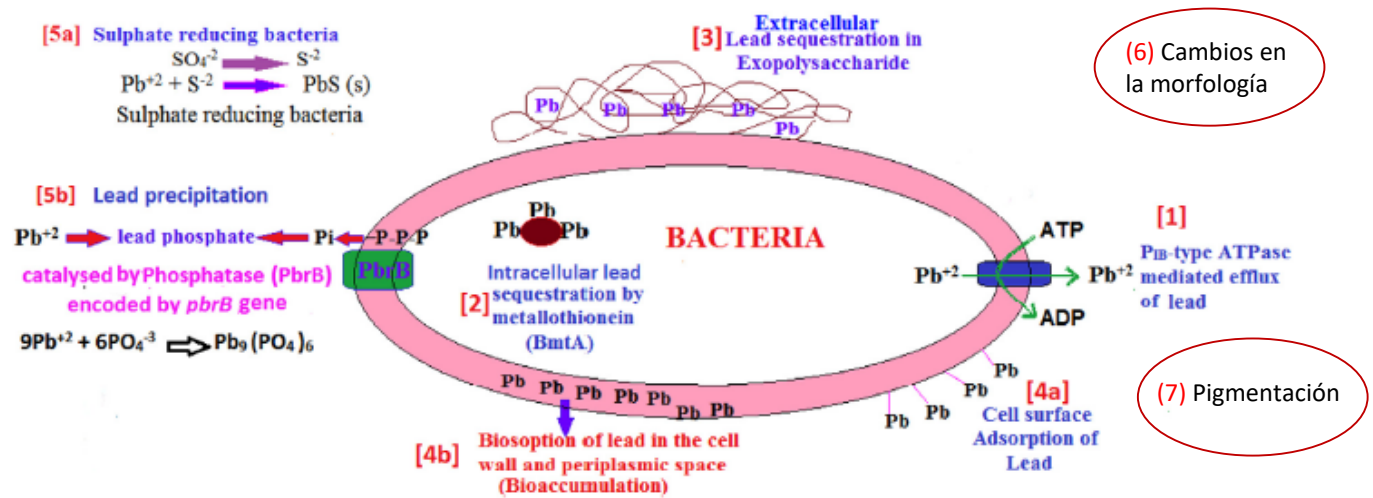


Fig. 1. Lead resistant mechanisms operational in bacteria, (1)  $P_{H^+}$ -type ATPase mediated efflux of lead, (2) Lead sequestration by metallothionein (BmtA), (3) Lead sequestration in exopolysaccharide, (4a) Cell surface adsorption of lead, (4b) Biosorption of lead in cell wall and periplasmic space (bioaccumulation), (5a) Lead precipitation by sulfate reducing bacteria, (5b) Lead precipitation catalyzed by Phosphatase enzyme (PbrB).

Diversas estrategias a través de las cuales los microorganismos pueden resistir altas concentraciones de carga del metal incluye **mecanismos de flujo, extracción celular, biosorción, precipitación, alteración morfología celular, mejora la producción de dióxido de fósforo y bioacumulación celular.**

Microorganismo	Metal	Agente	Mecanismo	Referencia
<i>Brevundimonas diminuta</i>	<i>Cd, Pb, Cr</i>	Bacteria	Tratamiento de remoción aerobio en aguas	M. Islas-Espinoza et al. 2018
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Cd(II)</i>	Bacteria	Resistencia CadR surface - Proteina que remueve el metal	X. Tang et al. 2018
<i>Pseudomonas veronii</i>	<i>Hg</i>	Bacteria	Encapsulado - bioaumentacion	D. McCarthy et al. 2017
<i>Alcaligenes sp</i>	<i>Metales pesados</i>	Bacteria	Sideroforos	P. R. patel et al., 2018
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>				
<i>Photobacterium damsela</i>	<i>Pb</i>	Bacteria	Remosion <i>in vitro</i>	Ramírez, L., Guerra, S., Reinoso, G. 2017
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Cr y Pb</i>	Bacteria	Bioaumentacion - Sideroforos	A. Braud et al. 2009
<i>Pseudomonas fluorescens</i>				
<i>Ralstonia metallidurans</i>				
<i>Pseudomona alcaligenes</i>	<i>Metales pesados</i>	Bacteria	Producción exopolisacaridos	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>				
<i>Pseudomonas sp.</i>				
<i>Pseudomonas ficuserectae</i>				
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Hg</i>	Bacteria	Exopolisacaridos	Kalpana R. et al., 2018
<i>Rhodobacter sphaeroides</i>	<i>Pb</i>	Bacteria	Precipitacion de compuestos inertes	X. Li et al. 2016

## PROYECTO DE AULA

“Aislamiento de microorganismos con la capacidad de biotransformar plomo a partir de agua del río Medellín en un de Municipio de Antioquia” (2015-01)

Autores: Katherine Alzate Cardona, Daniela Ramirez Valencia, Álvaro Vasquez Alarcón, Manuela Perez García

## PROYECTO DE AULA

“Aislamiento de microorganismos con capacidad de tolerar altas concentraciones de plomo a partir de agua del río Medellín en un de Municipio de Antioquia ” (2015-02)

Autores: Laura Montoya, Gustavo A. Castaño Vanegas

## PROYECTO ESTUDIANTE ESPECIALIZACION

Mecanismos de *Pseudomonas* sp. para biorremediar aguas contaminadas con plomo en el Valle de Aburrá” (2016-01) (Proyecto financiado por convocatoria interna IUCMA – 2016-02)

Autores: Jessica Bedoya, Gustavo A. Castaño Vanegas (colaboración)

ARTÍCULO CORTO

## Tolerancia al plomo de aislamientos nativos de *Pseudomonas* spp. de aguas residuales del Valle de Aburrá

### Tolerance lead of native *Pseudomonas* spp. wastewater from Aburrá Valley

Jessica María Bedoya Vélez\*; Gustavo Castaño\*\*; Susana Ochoa Agudelo \*\*\*

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.65146

Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XXI No. 1 Enero - Junio 2019, 68 - 76

## Contenido de Plomo en aguas 0.53 mg/L, Según la Resolución 631 de 2015 (0,5 mg/L de Pb)

Código Aislados	P01	P02	P05	P06
Morfología microscópica	Bacilos Gram negativos			
Morfología macroscópica	Colonias circulares, convexas, brillantes, de borde continuo.	Colonias irregulares, brillantes, de borde ondulado.	Colonias circulares, convexas, brillantes, de borde continuo, con pigmento.	Colonias circulares, convexas, brillantes, de borde continuo.

Tabla 3. Análisis de varianza entre las absorbancias medidas en los aislados de *Pseudomonas aeruginosa* expuestas a diferentes concentraciones de plomo.

Concentraciones de solución de plomo mg/L	Concentración mínima inhibitoria (CMI)				
	500 mg/L	1000 mg/L	1500 mg/L	2000 mg/L	2500 mg/L
Aislados de <i>Pseudomonas</i> spp.	0.37+/- 0.13 <sup>a</sup>	0.53+/- 0.14 <sup>ab</sup>	0.51+/- 0.15 <sup>ab</sup>	0.61+/- 0.17 <sup>b</sup>	0.53+/- 0.17 <sup>ab</sup>

Table 1 Table showing the presence of heavy metals in different ecosystems.

Heavy Metal	The soil in agricultural Fields	The Soil affected by mining	The Soil affected by industrial effluents	Domestic waste water	Water affected by industries	Water affected by mining	Contaminated Rivers & Lakes	Contaminated Marine water
Al						●		
Cr		●	●			●	●	●
Mn				●				
Fe	●			●				
Co	●			●				
Ni	●		●	●	●		●	
Cu	●		●	●	●		●	●
Zn	●		●	●	●		●	●
Sr			●		●			
Pb		●	●		●	●	●	●
Cd	●	●		●	●	●	●	●
Hg	●	●			●	●	●	●
U					●		●	

“●” Indicates the presence of heavy metal in that ecosystem. Al- Aluminium, Cr- Chromium, Mn- Manganese, Fe- Iron, Co- Cobalt, Ni- Nickel, Cu- Copper, Zn- Zinc, Sr- Strontium, Pb- Lead, Cd- Cadmium, Hg- Gold, U- Uranium.

## Mecanismos de *Pseudomonas* sp. para biorremediar aguas contaminadas con Plomo en el valle de aburrá” (Proyecto financiado por convocatoria interna IUCMA – 2016-02)

- Correlacionar la capacidad de bioacumulación intracelular de los aislados de *Pseudomonas* sp. mediante la detección del **gen *btmA*** y la expresión de metalotioneínas.
- Evaluar la capacidad de **biosorción** de Plomo de la biomasa viva o muerta de los aislados de *Pseudomonas* sp.
- Analizar la capacidad de biosorción de Plomo a partir de la producción de **exopolisacaridos** de los aislados de *Pseudomonas* sp.

D. Kalita, S.R. Joshi

Biotechnology Reports 16 (2017) 48-57

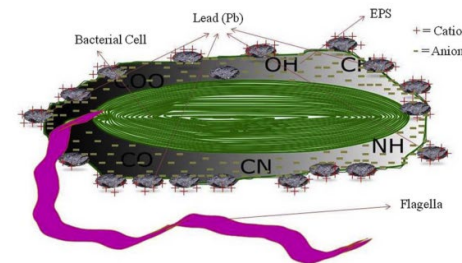


Fig. 1. Diagrammatic representation of hydrophilic anionic EPS of bacterial cell containing carbonyl (C=O), phosphate(PO), cyanide(C=N), hydroxyl (-OH) and amino (-NH) groups that bind to cationic lead(Pb).

## Presencia del gen bmtA y resistencia al Plomo en el género *Pseudomonas* sp. aisladas del río Medellín, Antioquia-Colombia

Estudiante de Maestría: Lina Bedoya, Universidad Nacional: Neil Vásquez

						Microorganismos aislados	Probabilidad ID VITEK	
RIO	Muestra	Directo	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>			
	C1	21	30	0	0	<i>P. auriginosa</i>	98%	
	C2	30	0	0	0	<i>P. fluorescens</i>	98%	
	R1	Incontable	Incontable	5300	5000	<i>P. stutzeri, P. alcaligenes</i>	98% / 98%	
	R2	Incontable	Incontable	4100	14000	<i>P. stutzeri o P. fluorescens</i>	50% / 50%	
SUELO	Muestra	Directo	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>		
	CS1	7	0	0	0	0	<i>P. mendocina,</i>	98%
	CS2	2	0	0	0	0	<i>P. putida o P. fluorescens</i>	50% / 50%
	RS	Incontable	Incontable	Incontable	Incontable	510.000		



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



Analizar la capacidad de biosorción de Plomo a partir de la producción de **exopolisacaridos** de los aislados de *Pseudomonas sp.*

Tabla 3. Identificación de aislados mediante VITEK®2 compact

Aislado	Identificación Vitek
P02	<i>Escherichia coli</i>
P03	<i>Escherichia coli</i>
P04	<i>Shigella spp</i>
P07	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
P10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
P11	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
P12	<i>Aeromonas hydrophila</i>
P13	<i>Klebsiella oxytoca</i>
P14	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
P15	<i>Enterobacter cloacae</i>
P16	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
P18	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 50%
P20	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 50%
P23	<i>Serratia plymuthica</i>
P24	<i>Shigella spp</i>
P25	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Fig. 3 Morphological study of colonies in Agar RC + Comassie blue

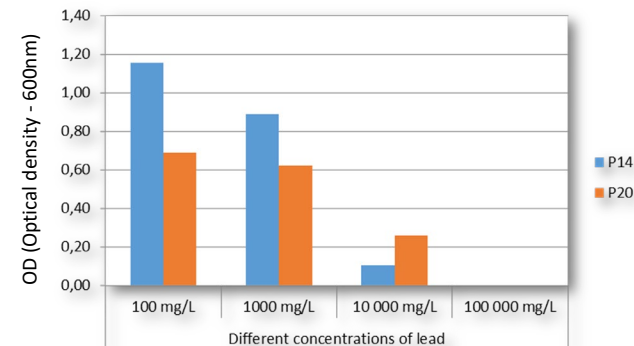
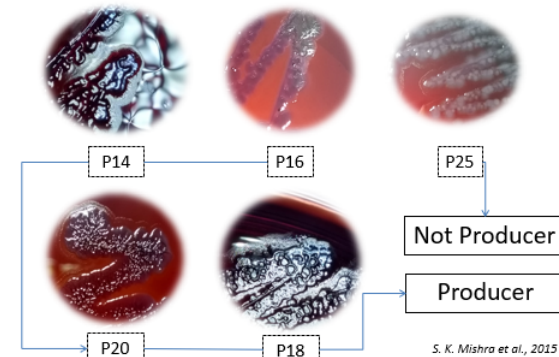
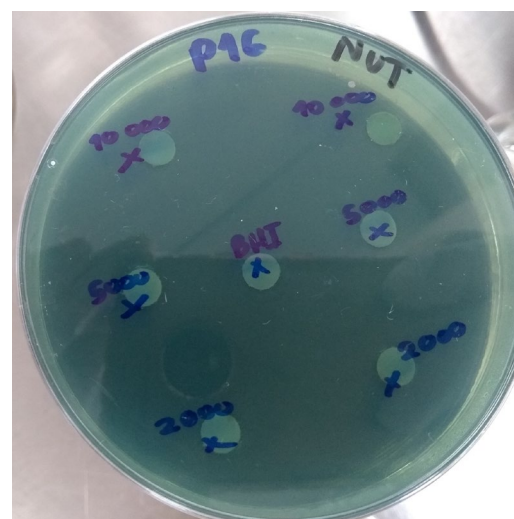
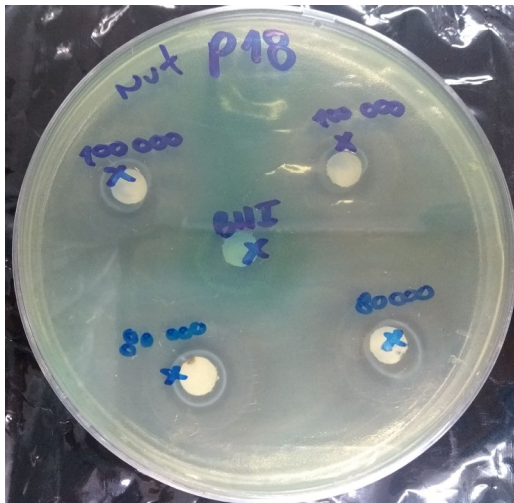
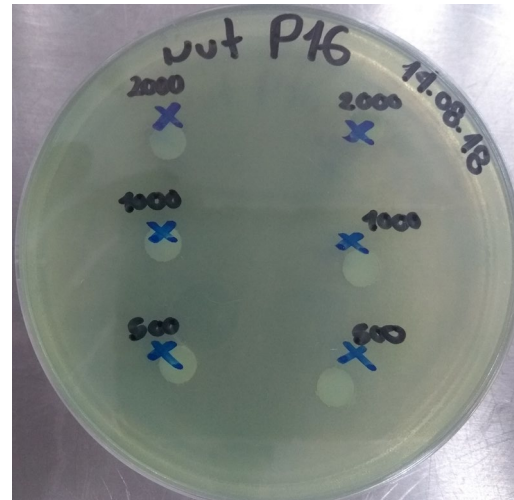
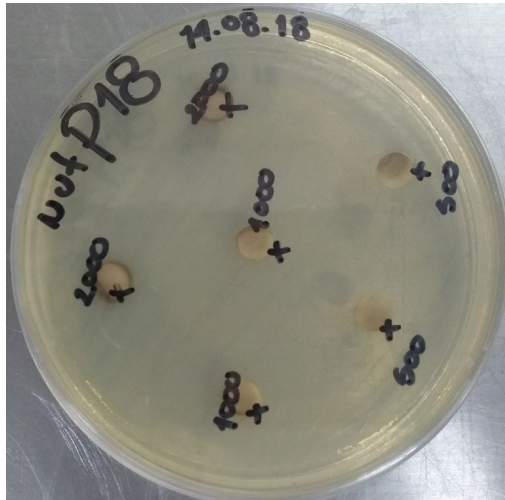


Fig. 1 Lead tolerance study by exopolysaccharide production



Pigmentos = ¿Sideróforos?

## Evaluación de la actividad antagónica de sideróforos producidos por aislados nativos de *Pseudomonas* spp. tolerantes a Plomo

(Proyecto financiado por convocatoria interna IUCMA – 2018-02, en convenio con la Universidad de Antioquia, Grupo Biotransformación: Andrés Villa Restrepo)

Estudiante de Maestría: Jessica Bedoya

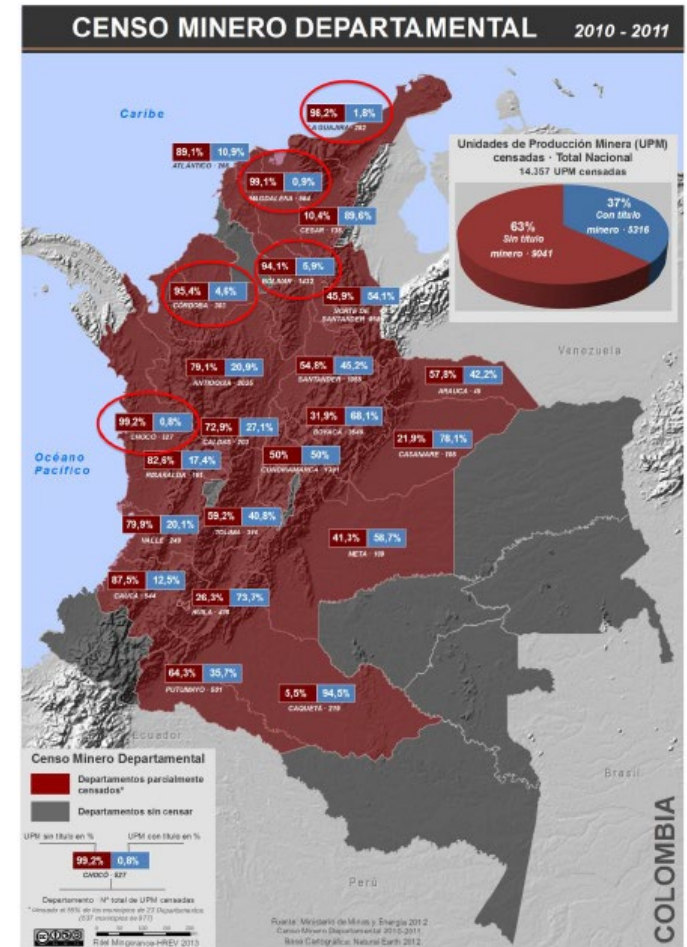
- Evaluar el efecto del plomo en la producción de sideróforos a partir de aislados de *Pseudomonas* sp.
- Caracterizar los sideróforos producidos por aislados de *Pseudomonas* sp. tolerantes a plomo.
- Evaluar la actividad antimicrobiana de los sideróforos producidos por aislados de *Pseudomonas* sp. tolerantes a plomo contra *Escherichia coli*, *Bacillus* spp., *Colletotrichum* sp. y *Fusarium* sp.



## Evaluación de la capacidad de *Pseudomonas* spp. nativas para crecer en medios de cultivo suplementados con mercurio.

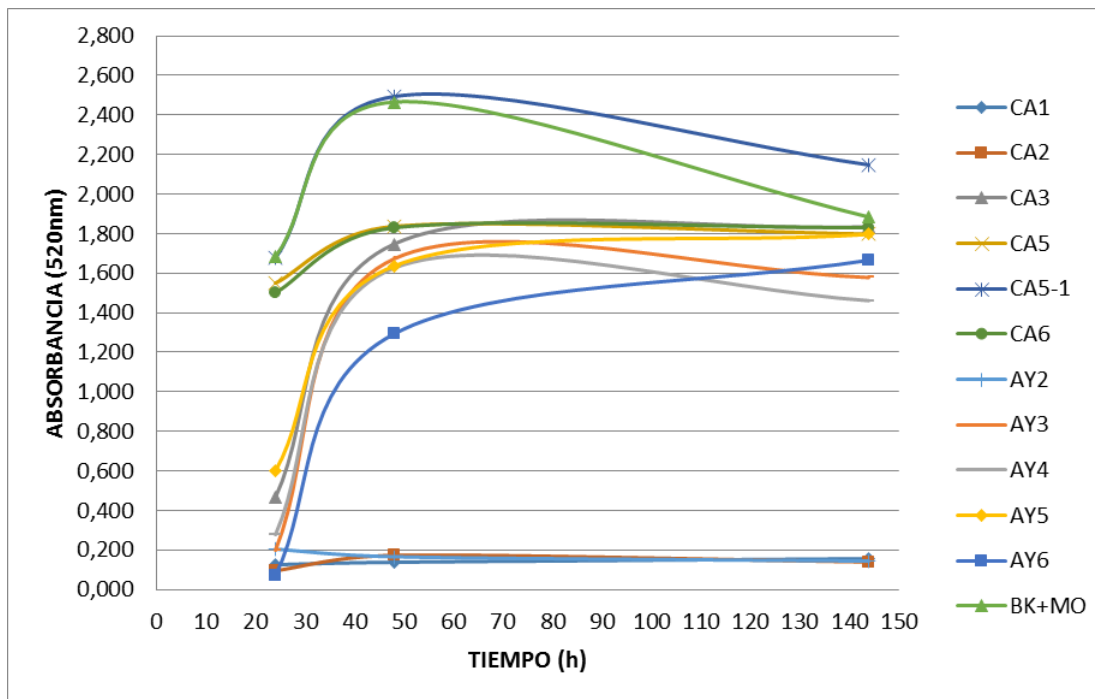
Bacteriólogo: Paternina Mercado, Francisco Javier

**“Casi el 80 por ciento del oro que sale de Colombia se genera en actividades extractivas que no son legales”,** indica Johannes Dobinger representante para la región andina de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).



## Evaluación de la capacidad de *Pseudomonas* spp. nativas para crecer en medios de cultivo suplementados con mercurio.

Bacteriólogo: Paternina Mercado, Francisco Javier

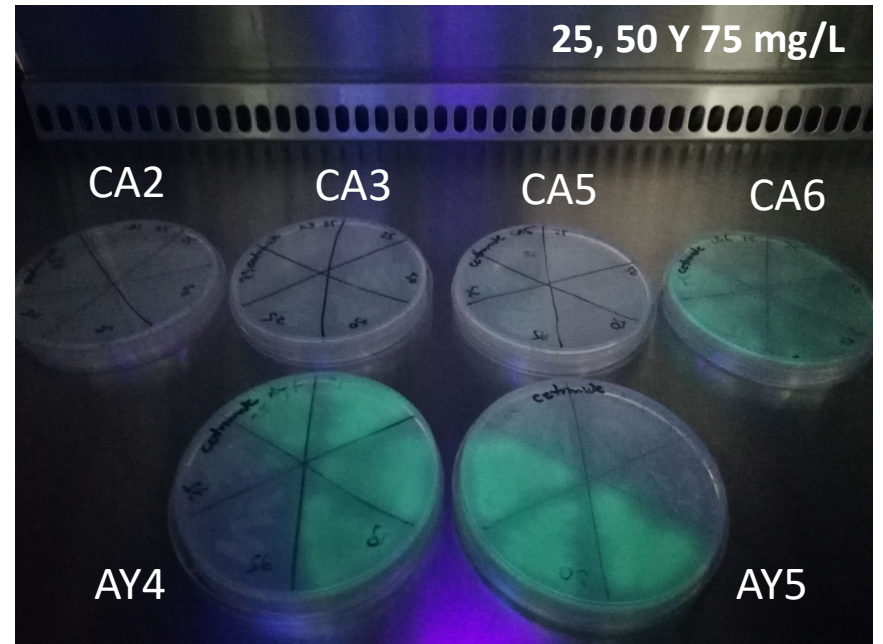
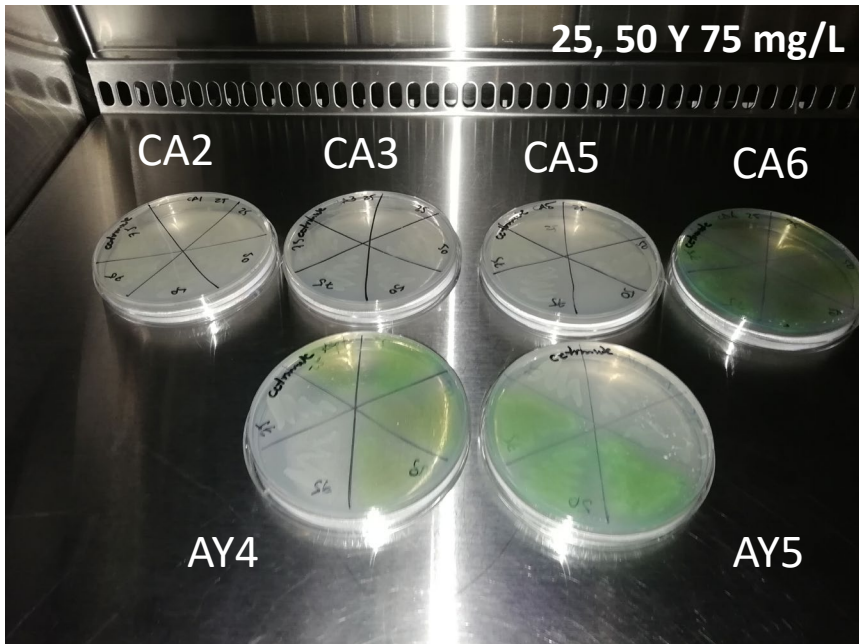
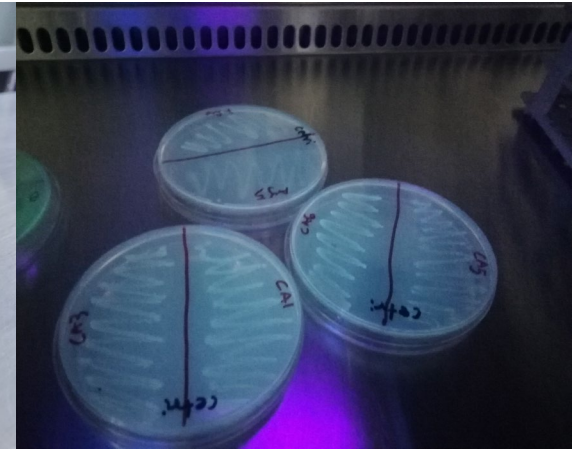
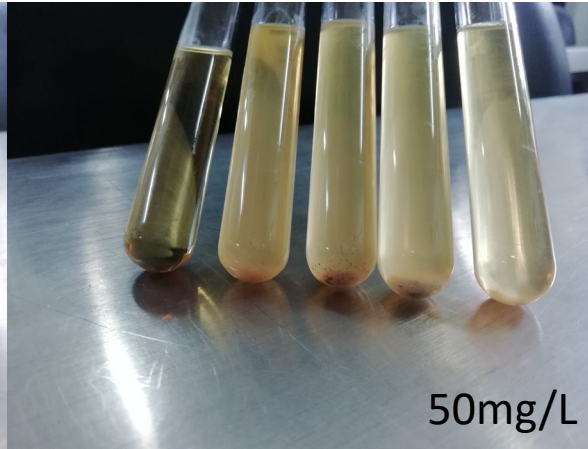
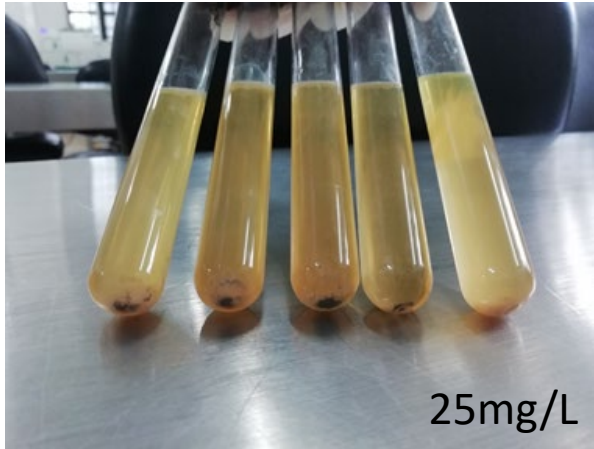


Código	Microorganismo
CA2	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
CA3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
CA5	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
CA6	<i>Pseudomonas putida</i>
AY4	<i>Pseudomonas putida</i>
AY5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Contenido de mercurio, **<1 ug/L y 2,9 ug/L** (Ayapel y Rio Cauca (Caucasia) respectivamente. Según la Resolución 631 de 2015 (**0,02mg/L** de Hg)



# Que hace Grupo BIOCIENCIAS

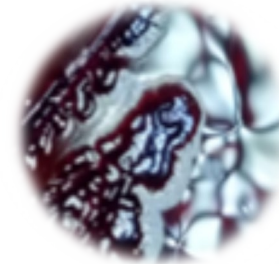


## USOS

- Producción BIOMASA CELULAR
- Producción de EXOPOLISACARIDOS
- Producción de SIDEROFOROS
  
- Desarrollo de biosorventes
- Desarrollo de biosensores
- Estudio genes productores de proteínas de interés (metalotioneínas, producción de enzimas)

## APLICACIONES

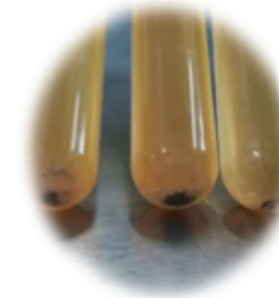
- Suelos, agua, sedimentos
- *In situ, Ex situ*
- Costo/beneficio: crecimiento rápido, sustratos fáciles acceso y bajo costo, tecnologías amigables con el ambiente



**EPS**



**Pigmentos**



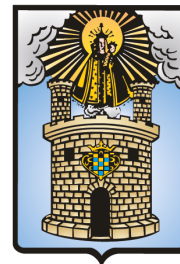
**Precipitación**





INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Vigilada Mineducación



**Alcaldía de Medellín**  
***Cuenta con vos***

[www.colmayor.edu.co](http://www.colmayor.edu.co)