



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

# TECNOLOGÍAS PARA EL BIOTRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES MINERAS

Claudia Ortiz Calderón

Laboratorio de Bioquímica Vegetal y Fitorremediación

Universidad de Santiago de Chile

Claudia.ortiz@usach.cl



# Importancia del agua en la industria minera

- Demanda/producción
- Costos de tratamiento: CAPEX & OPEX
- Costos ambientales
- Valor agregado
  
- **Desarrollo de tecnologías**
- **Costos menores**
- **Desempeño bajo condiciones ambientales diversas**
- **Ingresos derivados del tratamiento (recuperación de elementos de valor/reúso de agua)**
- **Impactos positivos y cumplimiento de estándares nacionales/internacionales**



# Propuesta de desarrollo (I+D)

- Tratamiento con **sistemas biológicos** (plantas y microorganismos) CORFO 09CN14-5795
- Tratamiento con **matrices biológicas** (derivadas de algas pardas) CORFO 13IDL2-18665



# Sistemas biológicos

- Implementación a nivel piloto experimental en terreno; diseño por BioPlanta. Flujo 4-6 L/s. Aclimatación del material biológico: especies vegetales para remover metales y microorganismos para reducir sulfatos

Muro del  
tranque de  
relaves  
Segunda Región  
Antofagasta)





# Sistemas biológicos

- Bacterias
  - Consorcio bacteriano reductor de sulfato nativo aislado de un sustrato minero ácido
  - Crecimiento con fuente de carbono alternativa
  - Evaluación de tolerancia ambiental (microaerofilia)
  - Desempeño en terreno
- Plantas
  - Catastro en terreno (zona de trabajo)
  - Caracterización molecular de especies (géneros *Atriplex*, *Baccharis* y *Phragmites*)
  - Análisis de tolerancia al sustrato (capacidad para generar biomasa de hojas y raíces en aguas claras del tranque de relaves)



# Sistemas biológicos

- Determinación de sulfato y elementos metálicos
  - Método turbidimétrico (reacción de  $\text{BaCl}_2$ ).
  - Espectroscopía de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES) previo tratamiento ácido y filtrado ( $0,45 \mu\text{m}$ )



# Resultados



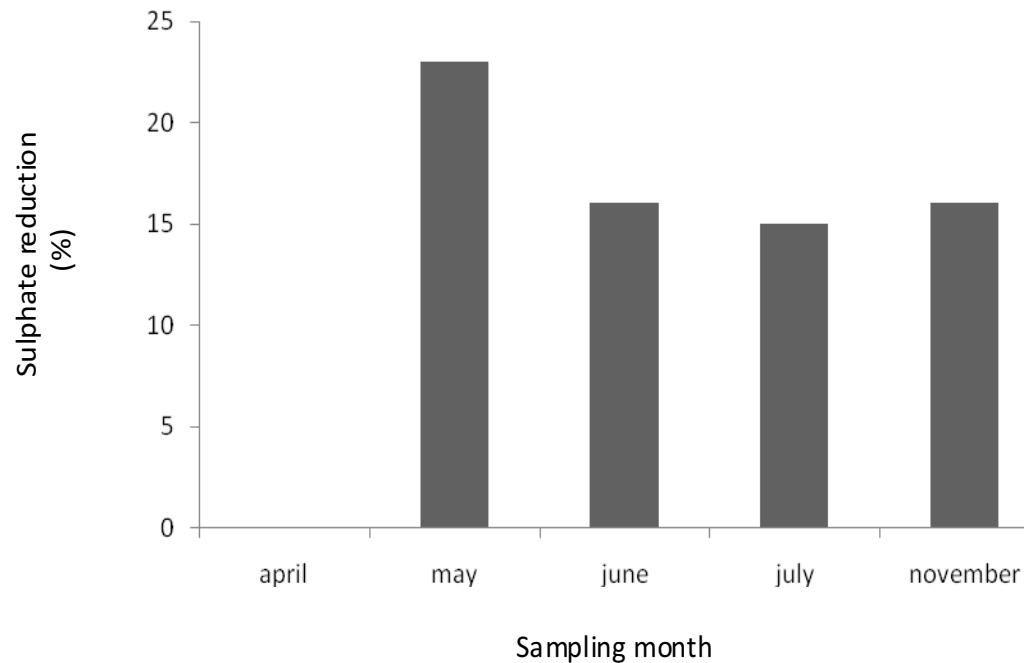
Planta en operación por 8 meses





# Resultados

- Reducción de sulfato desde abril 2013
  - Valores iniciales variables: 3800-7000 ppm sulfato
  - Establecimiento y crecimiento vegetal





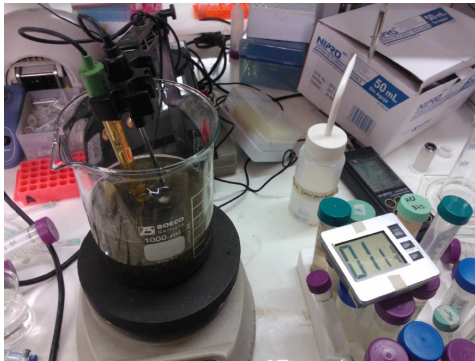


# Matrices biológicas (adsorción de cobre)



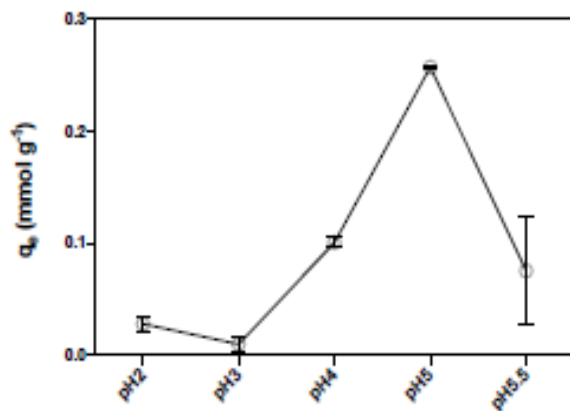
- Material biológico (*Durvillaea antarctica*)
  - Biomasa lavada post colecta
  - Secado y tamizado (500-1000)
  - Cinéticas de adsorción (0-4 h) pH 2.0-5,5 a T° ambiente, 160 rpm y 2 % w/v de biomasa
  - Determinación de cobre mediante Espectroscopía de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES) previa digestión de muestras en microondas con tratamiento ácido y filtrado (0,45 µm)
  - Cálculo de concentración de Cu en equilibrio (7,5-300 mg/L Cu)
  - Modelamiento (Duvinin-Radushkevish)

$$q_e = \frac{V(C_i - C_e)}{1000m_s}$$

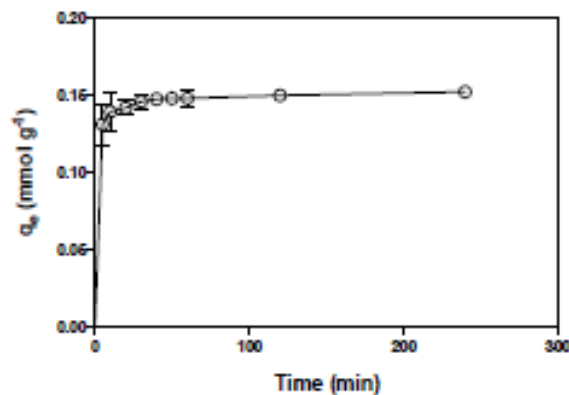




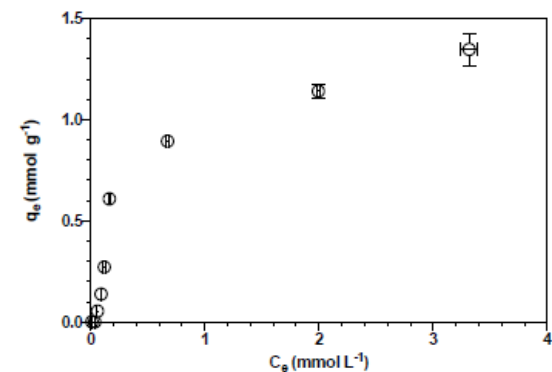
# Resultados



Efecto del pH



Cinética adsorción a pH 5,0 (10 min 92%, 0,14 mmol/g)

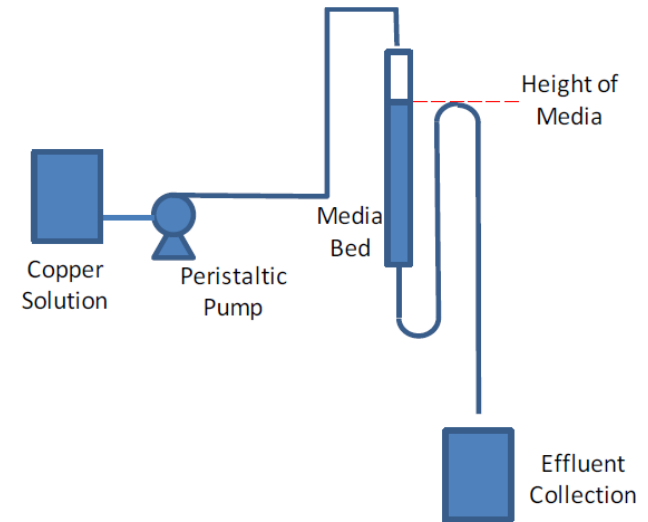


Isotermas de biosorción a pH 5,0 post linealización



# Comparación capacidad adsortiva

Brown algae specie	pH	$Q_m$ (mmol g <sup>-1</sup> )	Reference
<i>Ascophyllum nodosum</i>	4.0	0.91	(Romera E, et al., 2007)
<i>Durvillaea antarctica</i>	5.0	1.44	This work
<i>Fucus serratus</i>	5.5	1.60	(Ahmady-Asbchin S, et al., 2008)
<i>Fucus spiralis</i>	4.0	1.10	(Romera E, et al., 2007)
<i>Fucus vesiculosus</i>	5.0	1.66	(Mata Y, et al., 2008)
<i>Padina sp.</i>	5.0	1.14	(Sheng P, et al., 2004)
<i>Sargassum sp.</i>	5.0	0.99	(Sheng P, et al., 2004)
<i>Sargassum sp</i>	5.5	1.13	(Karthikeyan S, et al., 2007)
<i>Sargassum filipendula</i>	4.5	0.89	(Davis T, et al., 2000)
<i>Sargassum filipendula</i>	4.5	1.32	(Kleinübing S, et al., 2011)
<i>Sargassum fluitans</i>	4.5	0.80	(Davis T, et al., 2000)
<i>Sargassum vulgare</i>	4.5	0.93	(Davis T et al., 2000)





# CONCLUSIONES

- Tratamiento biológico a escala piloto en terreno: hasta 23 % abatimiento de sulfato inicial, luego 16 %. Tiempo para aclimatación del sistema. Variaciones de concentraciones iniciales.
- Matrices biológicas remueven hasta 92% Cu a pH 5,0 en 10 minutos. Desempeño comparable con otras matrices de biosorción. Escalamiento y prototipo. Pretratamiento de la biomasa.
- Es posible desarrollar tecnologías en base a sistemas biológicos para tratar y dar valor agregado a la depuración de aguas de la industria minera.
- Protección de desarrollos