

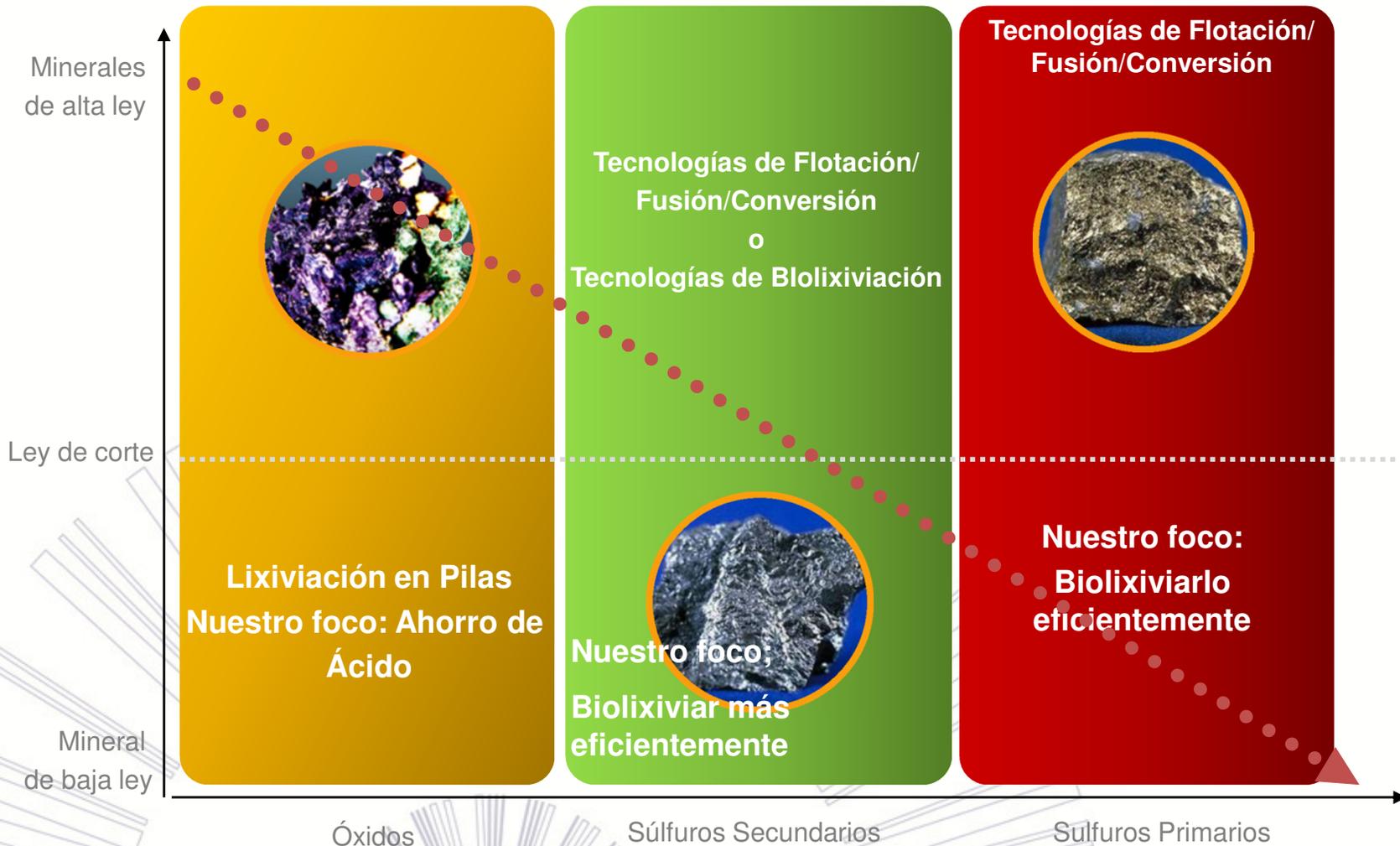


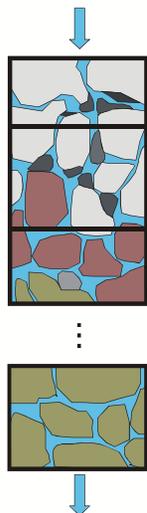
PROPIEDAD DE BIOSIGMA DERECHOS RESERVADOS

Biotecnología en la minería: Biolixiviación de Minerales

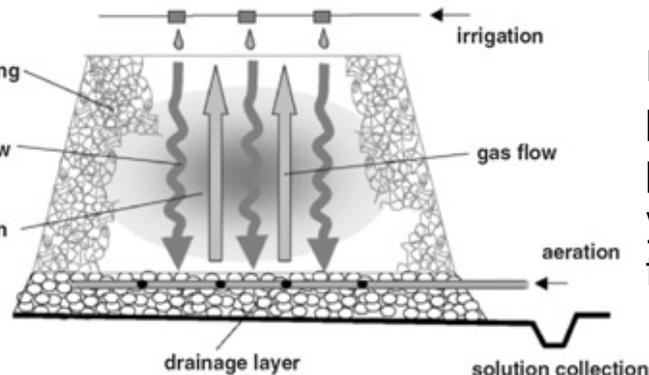
Dr Ricardo Badilla
Gerente General
Seminario MEDMIN 2012
1° de Agosto de 2012

Oportunidades del Negocio de la Biolixiviación

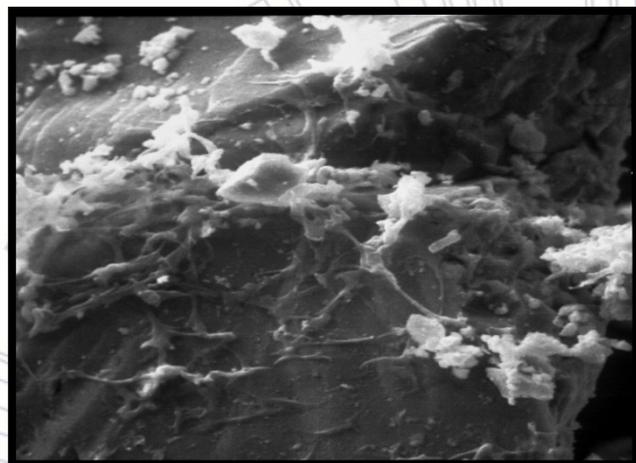




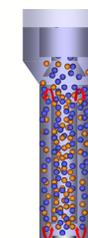
Los factores físicos y geológicos son determinantes de la extracción del mineral: composición mineralógica, ganga.



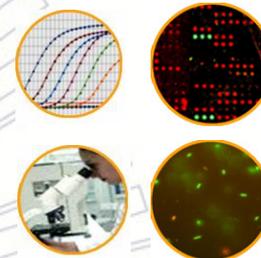
La ingeniería permite que el proceso sea técnica y económicamente factible.



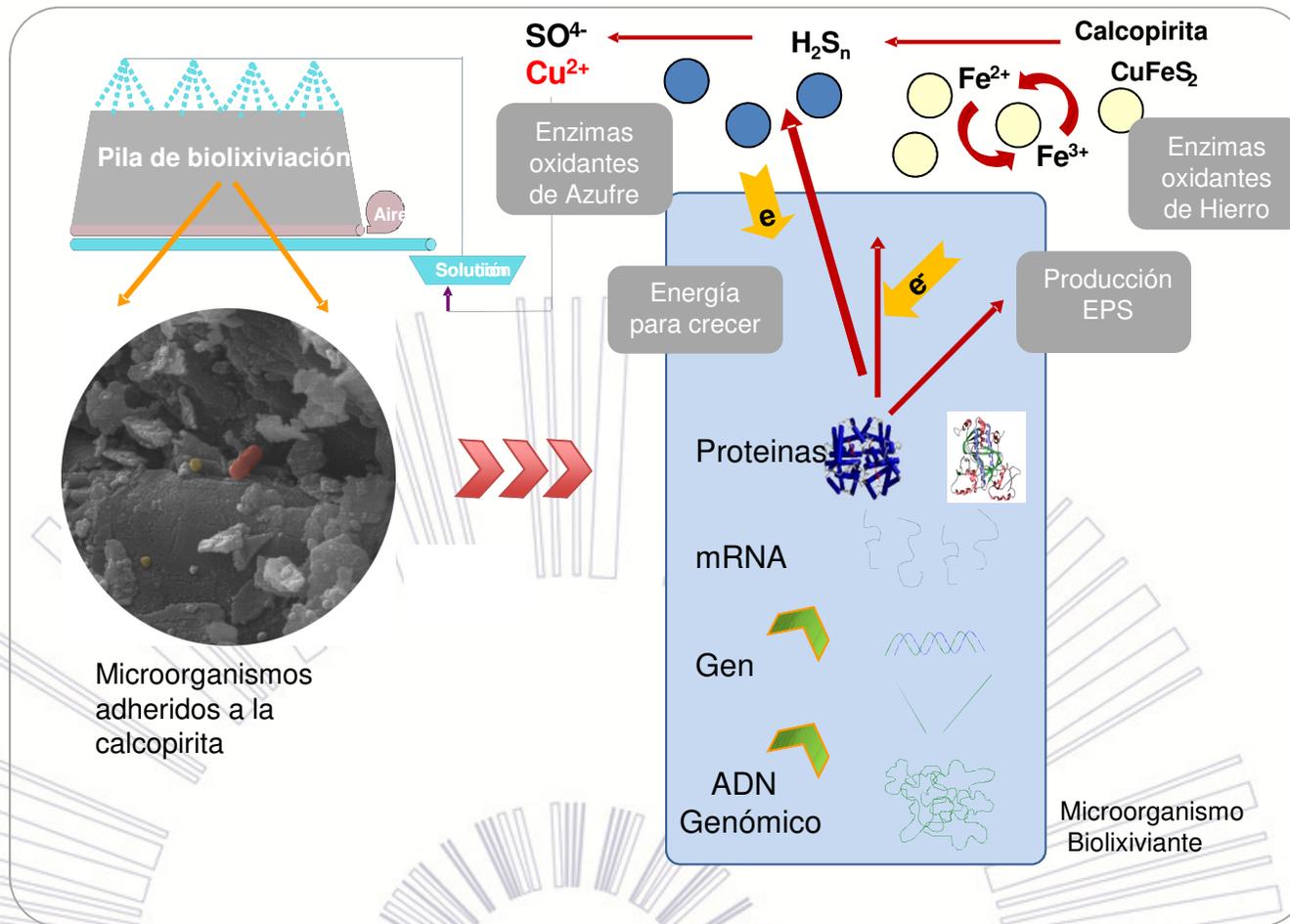
El factor biológico es determinante de la eficiencia del proceso: actividad de los microorganismos hierro o azufre oxidantes en concentraciones suficientes.



Bioreactores de producción de biomasa oxidante y Fe³⁺ en forma específica



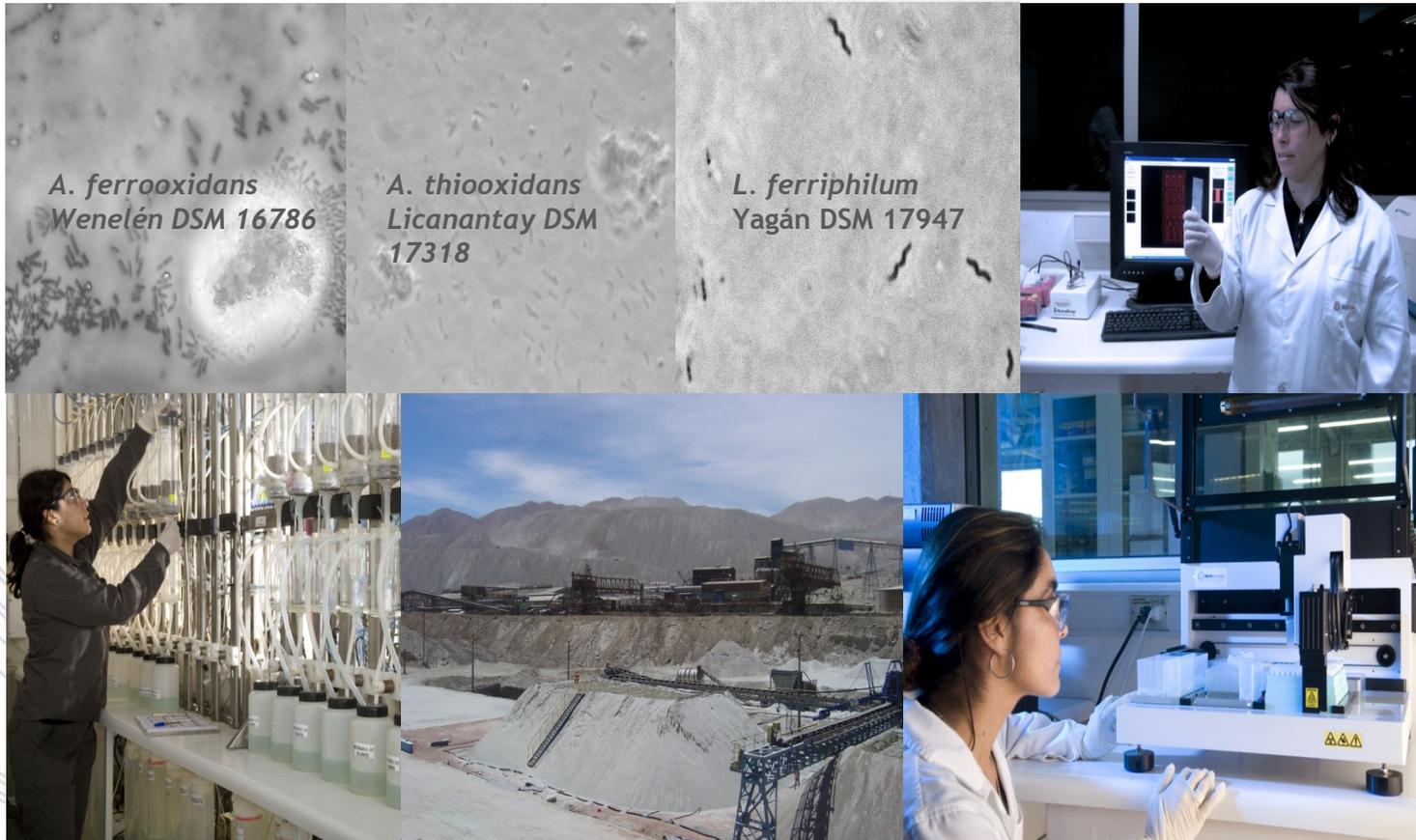
Biomonitoreo y control de operación



Identificación de Genes, Proteínas y Metabolitos claves para la identificación y determinación de condiciones óptimas para controlar y mejorar la actividad dentro de la pila.

Microorganismos Aislados Patentados

Microarreglos y Expresión de Genes



Geobiometalurgia

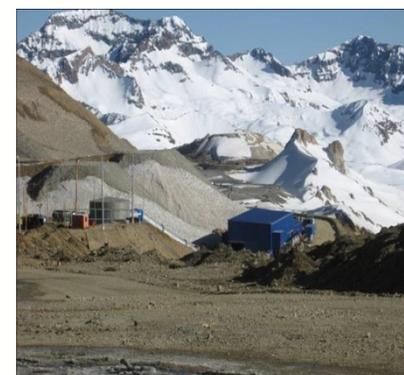
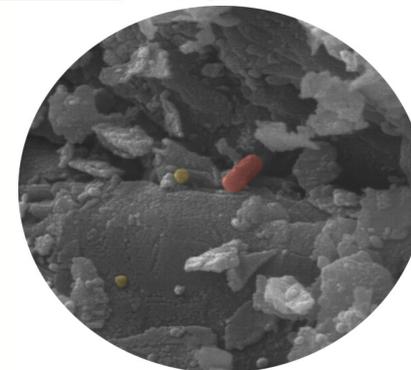
**Pilas Piloto
Chuquicamata**

**Biomonitoreo
Automático**

Tecnologías de BioSigma



- Gestión de los Sistemas Biológicos capaces de biolixiviar recursos minerales difíciles de explotar con las tecnologías tradicionales
- Con el soporte científico, BioSigma ha construido una familia de tecnologías que utilizan microorganismos adaptados a las condiciones requeridas por el procesamiento de minerales.
- Los biorreactores de la Planta de Biomasa, de diseño BioSigma para la propagación de los microorganismos, permiten la inoculación de éstos en las pilas, acelerando la velocidad y recuperación por su acción temprana.
- Los resultados de las investigaciones de BioSigma han conducido a la generación de 121 solicitudes de patentes de invención, 47 de ellas ya concedidas tanto en Chile, como en el extranjero.





Planta Industrial de Biomasa

**División Radomiro Tomic
Codelco**

**Pila Industrial de Biolixiviación
División Radomiro Tomic
Codelco
1 millón ton, 0,27% Cu**



Implementación y Validación de las tecnologías BioSigma



Pila industrial de 2,500 toneladas de relaves.

Biolixiviación de Relaves de Sulfuros Secundarios de Cobre (2005)

BioSigma-SBP™

Esta Tecnología permite el aseguramiento constante de concentraciones de ión férrico suficientes dentro de la pila. Esto acelera la extracción del cobre contenido en minerales sulfurados y mejora los índices económicos de la operación.

Tecnologías BioSigma Biolixiviación de Minerales de Cobre



ÓXIDOS

Óxido	Reacción Química	Proceso Principal
CALCOSINA (1º Cu)	$Cu_2S \rightarrow CuS + Cu^{2+}$	Lixiviación ácida
DIGENITA (0,8º Cu)	$Cu_{1.8}S \rightarrow CuS + 0.8 Cu^{2+}$	Biolixiviación férrica
BORNITA (1º y 2º Cu)	$Cu_5FeS_4 \rightarrow 2CuS + CuS*FeS + 2Cu^{2+}$	
CALCOSINA (2º Cu)	$Cu_2S \rightarrow Cu^{2+} + CuS \rightarrow Cu^{2+}$	Biolixiviación Sulfooxidante
BORNITA (3º y 4º Cu)	$Cu_5FeS_4 \rightarrow 2Cu^{2+} + 2 CuS*CuFeS_2 \rightarrow 2Cu^{2+} + CuFeS_2$	
COVELINA	$CuS \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{=}$	
CALCOPIRITA	$CuFeS_2 \rightarrow CuS * FeS$	

**BIO SIGMA
SBP**

**BIO SIGMA
CPY**

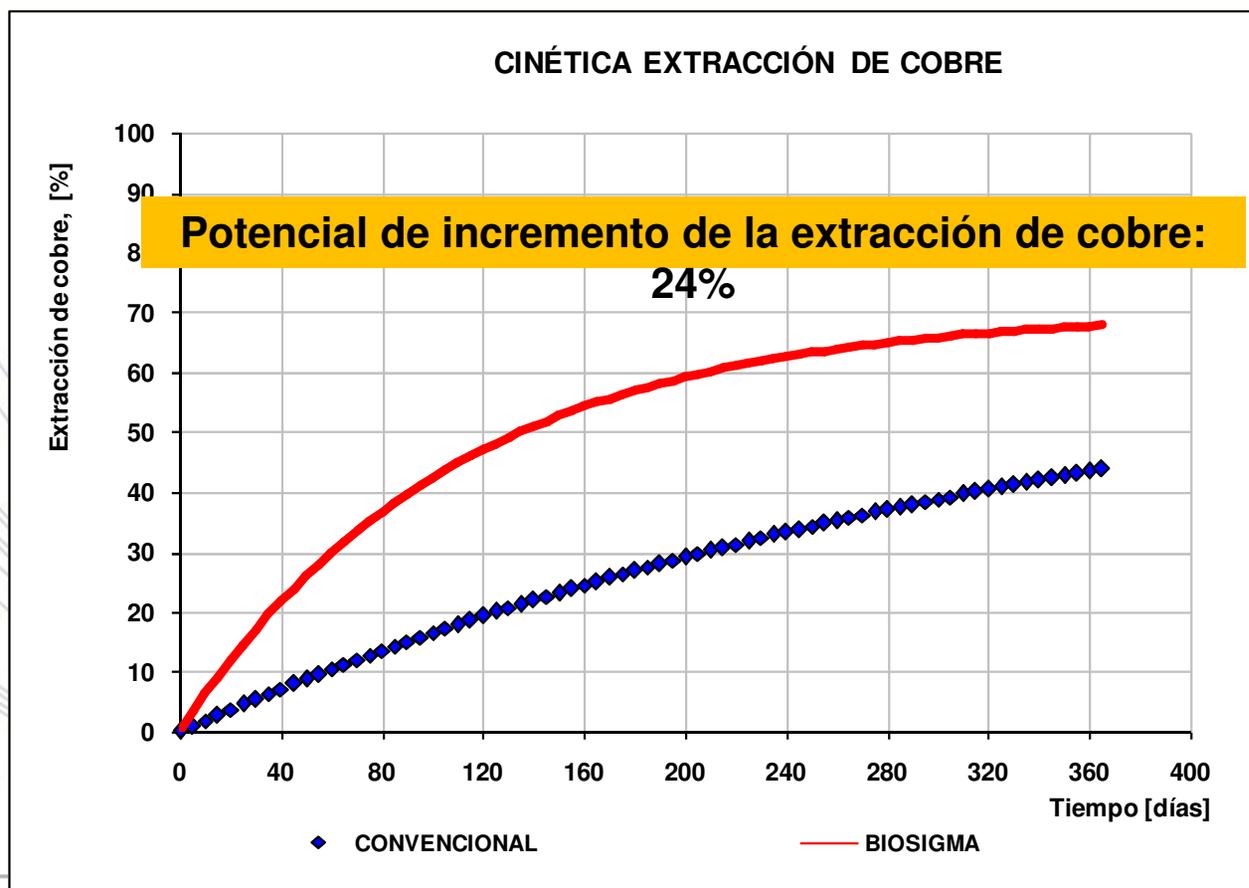
→ Tiempo de lixiviación

Aplicación BioSigma a Minerales de Cobre Sulfurados



Mediana Minería

Estimación de composición mineralógica de un sulfuro secundario fuerte. (% en peso de la especie)	Calcosina	Covelina	Digenita	Bornita	Enargita	Calcopirita
	CC	CV	DG	BN	EN	CP
	%	%	%	%	%	%
	51,0	5,0	0,0	39,0	1,0	4,0

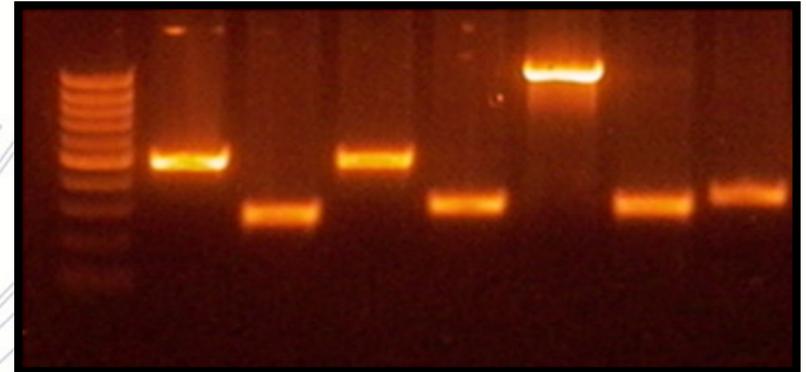
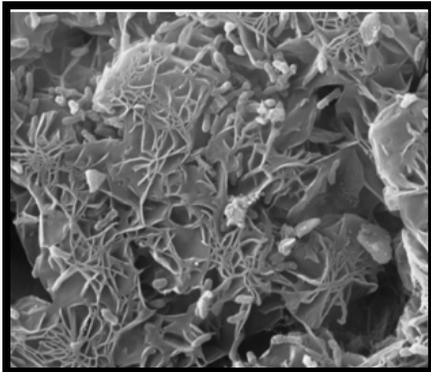


VALOR PRESENTE NETO EN FUNCIÓN DE LA LEY DE COBRE SULFURADO

Delta extracción de cobre @ 360 días, chancado fino	%	21,6	21,6	21,60
Escenarios de precios del cobre	US\$/lb	2,57	2,57	2,57
Tonelaje mineral anual	KTM/año	1.080	1.080	1.080
Ley Cu	%	0,60	0,80	1,00
Cobre fino contenido	TMF/año	6.480	8.640	10.800
Cobre adicional extraído por tecnología BioSigma	TMF/año	1.400	1.866	2.333
BENEFICIOS				
Precio cátodo	US\$/lb	2,57	2,57	2,57
Delta producción cátodos	TMF/año	1.400	1.866	2.333
TOTAL BENEFICIOS	KUS\$/año	7.930	10.574	13.217
COSTOS DE OPERACIÓN				
SX-EW	US\$/lb	0,40	0,40	0,40
SX-EW	KUS\$/año	1.234	1.646	2.057
BIOMASA	US\$/lb	0,26	0,19	0,16
BIOMASA	KUS\$/año	800	800	800
TOTAL COSTOS OPERACIÓN	KUS\$/año	2.034	2.446	2.857
COSTO INVERSIONES	KUS\$	10.032	12.551	15.071
Delta VPN (@ 8%, 10 años)	KUS\$	27.344	38.879	50.414



BioSigma pone a la disposición de la Mediana Minería nuestra vasta experiencia en el desarrollo biotecnológico en la minería, nuestro capital humano de excelencia y nuestra infraestructura para dar solución a problemas complejos en la biolixiviación de minerales



BioSigma está registrado y acogido a la Ley de incentivo tributario (Ley 20241) para inversión privada en I&D que permite a las empresas la recuperación del 50% del costo total de los desarrollos y aplicación tecnológica.

