

BIORREMEDIACIÓN BACTERIANA DE AGUAS RESIDUALES CON CROMO, ACOPLADA A PRÁCTICAS DE PML CASO CURTIEMBRES DE EL CERRITO – VALLE DEL CAUCA

Neyla Benítez Campo. Ph.D.
Departamento de Biología
Universidad del Valle



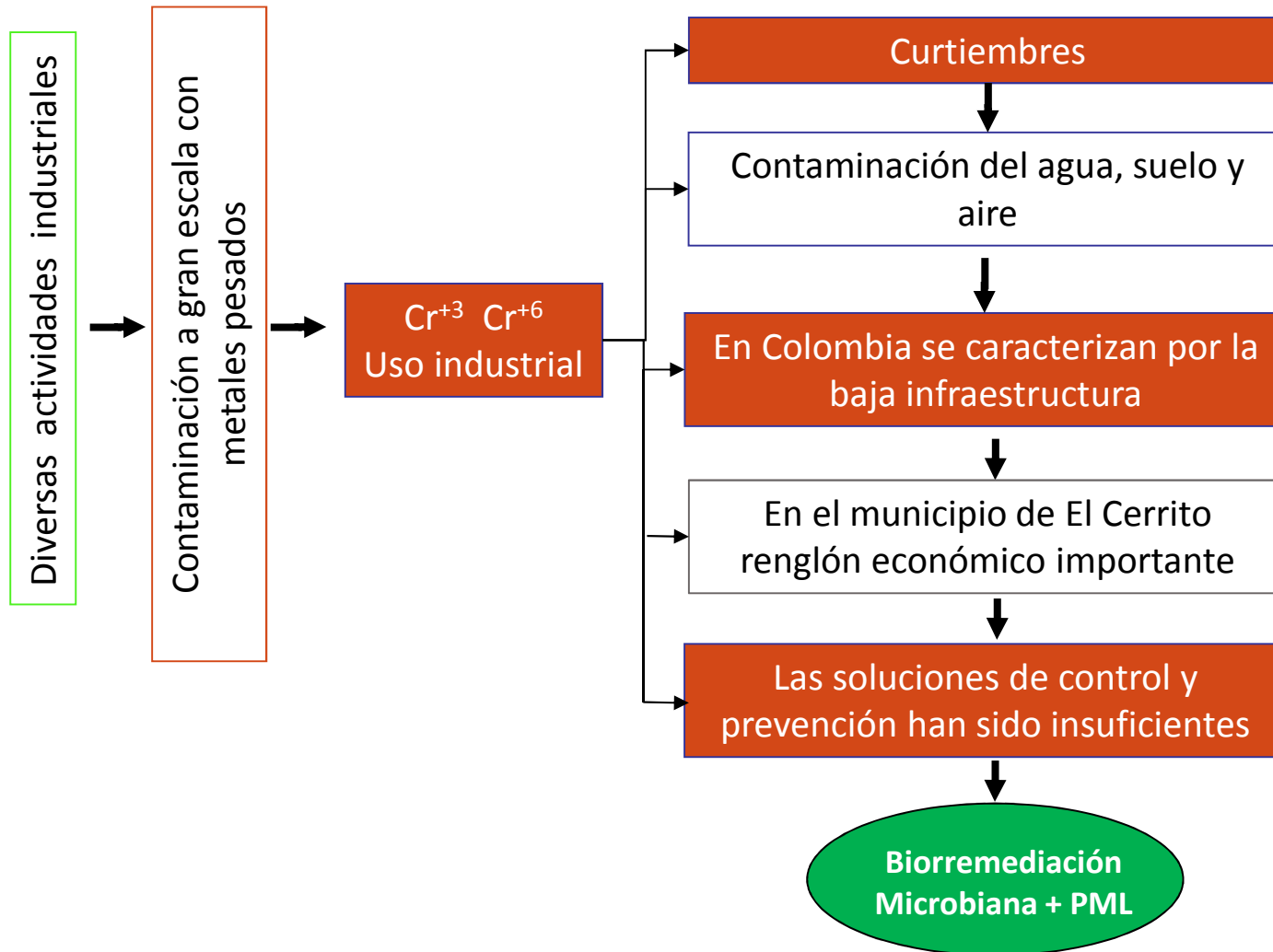
Seminario Internacional
Gestión sostenible del recurso hídrico en la región
Caso empresarial sector: Curtiembres
Noviembre de 2015



Una filial de:

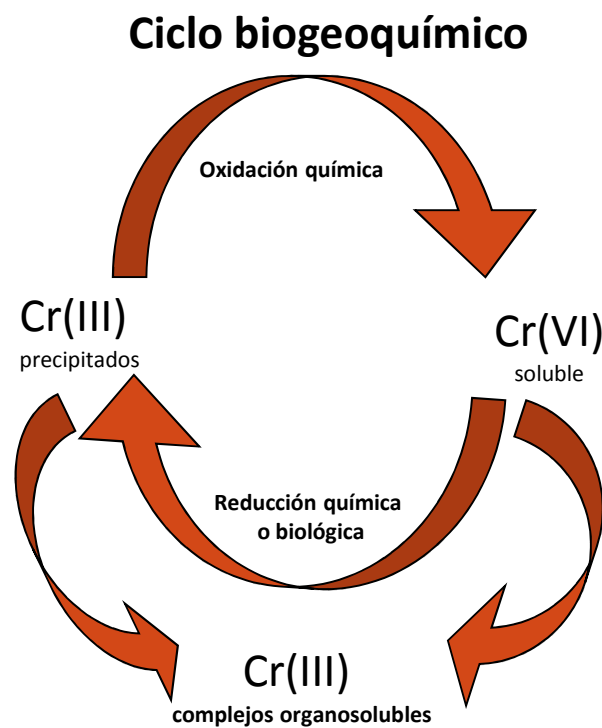


INTRODUCCIÓN





Contaminación por cromo



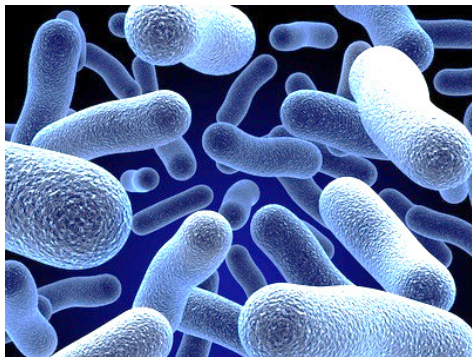
Puzon et al. 2008; Dhal et al. 2013
(Cotton et al. 1978; Loaiza, 2006; Téllez et al. 2004)

Biorremediación

Proceso que emplea las habilidades metabólicas de los organismos vivos (Bacterias, hongos y plantas) para degradar y transformar contaminantes (Scragg, 2001).

Ventajas:

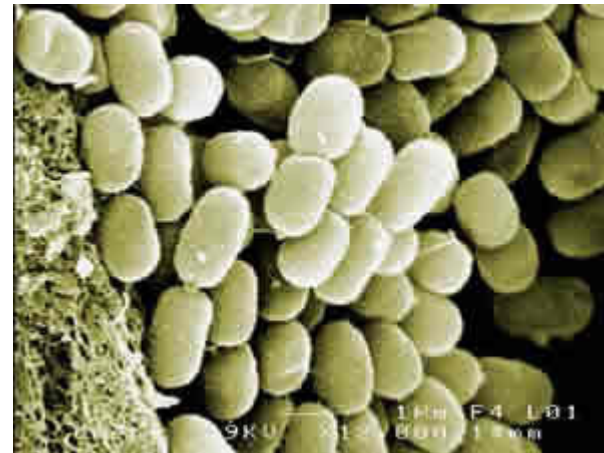
- Pueden aplicarse en el sitio de la contaminación
- Son usualmente benéficos con el ambiente (mínima producción de contaminantes).
- Son más económicos que los métodos tradicionales
- Alta especificidad por el contaminante de interés (Vijayaraghavan et al., 2008).



Biorremediación microbiana del cromo

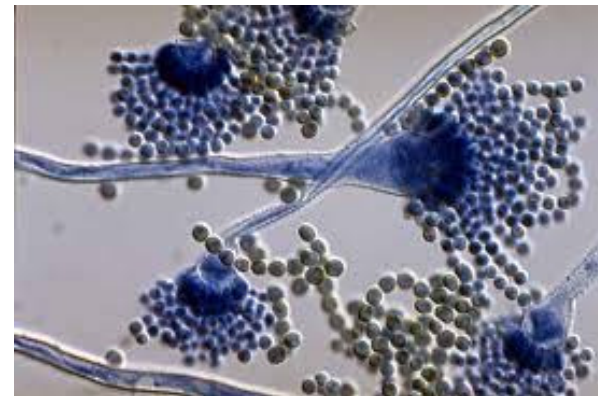
■ Bacterias

- **Aerobias:** *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Azotobacter* sp., *Halomonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Exiguobacterium* sp., *Intrasporangium* sp.
- **Anaerobias:** *Shewanella oneidensis*, *Desulfovibrio vulgaris*, *Cupriavidus metalidurans*. BSR.
- **Acidófilas:** *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *A. thiooxidans*.



■ Hongos

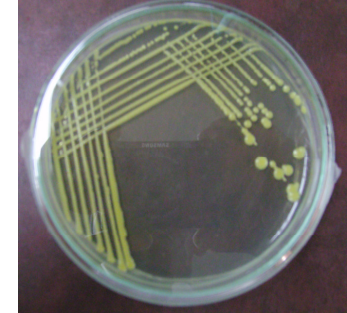
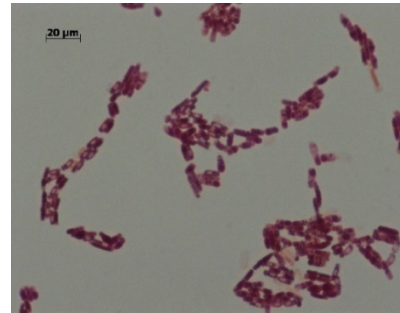
- *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y *Rhizopus* sp.



OBJETIVOS

- Presentar los resultados de las investigaciones:
- Evaluación de la eficiencia de biorremediación de cromo por parte de bacterias nativas de aguas residuales de curtiembres.
- Formulación de un modelo de evaluación de alternativas para la reducción de la contaminación por cromo en el agua de las curtiembres.

BIORREMEDIACIÓN DE CROMO MEDIANTE BACTERIAS AISLADAS DE AGUAS DEL CURTIDO DEL CUERO



MÉTODOS

Muestreo



Aislamiento en
medio LB
30°C, 130 rpm

Identificación
Bioquímica y molecular



BBL Crystal para E/NF - GP

Ensayos de Biorreducción

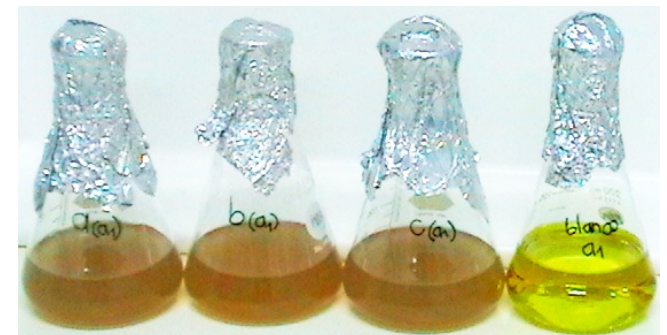
(10, 30, 50 y 100 ppm), (30°C y 130 rpm)



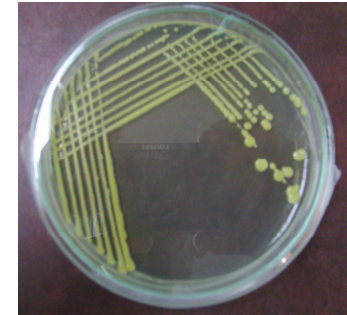
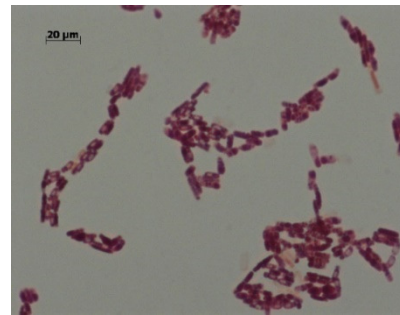
Selección por CMI

5, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640,
1280, 2000, 4000, 6000 y 8000 ppm
Cr VI

Curva de crecimiento con la
bacteria seleccionada

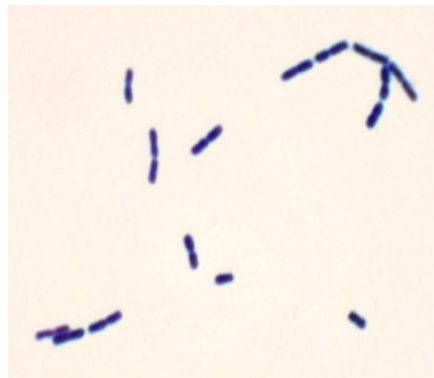


RESULTADOS



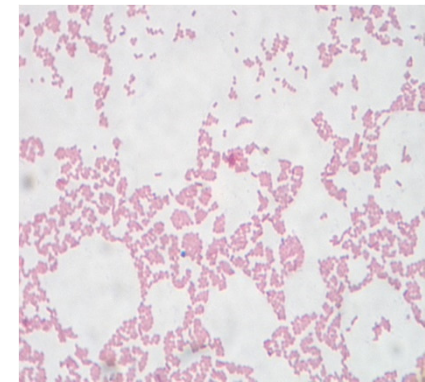
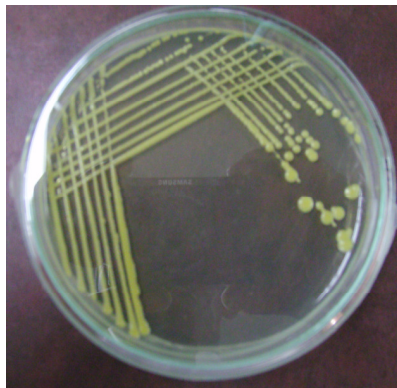
Microorganismos seleccionados

- *Bacillus cereus* cepa B1



Tolerancia: 8000 mg Cr/L

- *Enterobacter cloacae* cepa C1a



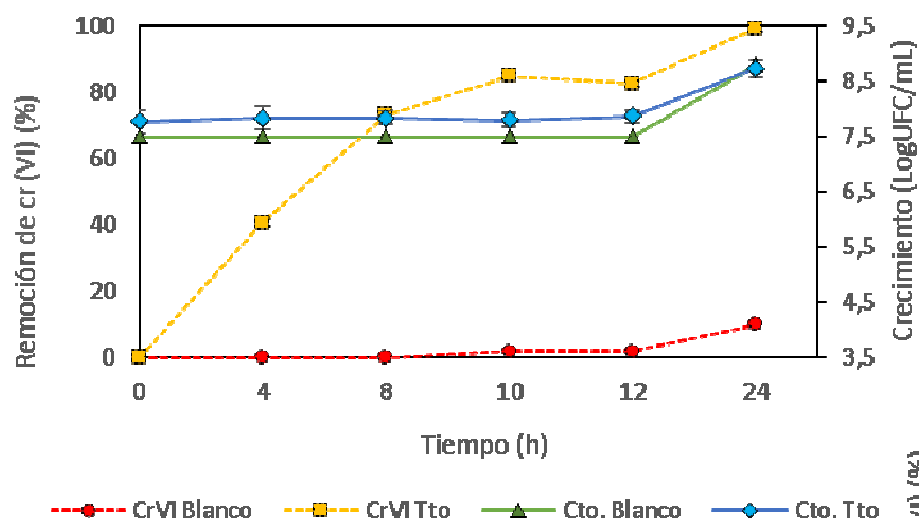
Tolerancia: 500 mg Cr/L

La mayor tolerancia conocida hasta el momento para *B. cereus*, fue reportada para la cepa SJ1, con una CMI de 30 mM (5826 mg CrVI/L) (He et al. 2010).

Remoción de cromo y crecimiento celular de *Enterobacter cloacae* C1a

10 mg Cr (VI)/L, removi6 el 99.3% en 24 h

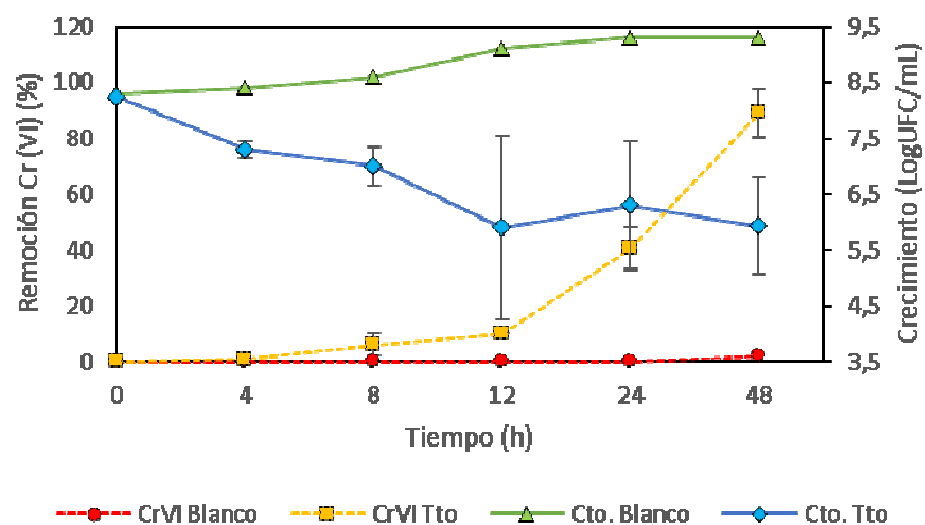
Enterobacter cloacae C1a



M6xima velocidad de remoci6n 9.2 mgCr/L/h

20 mg CrVI/L, removi6 el 40.7% en 24 h

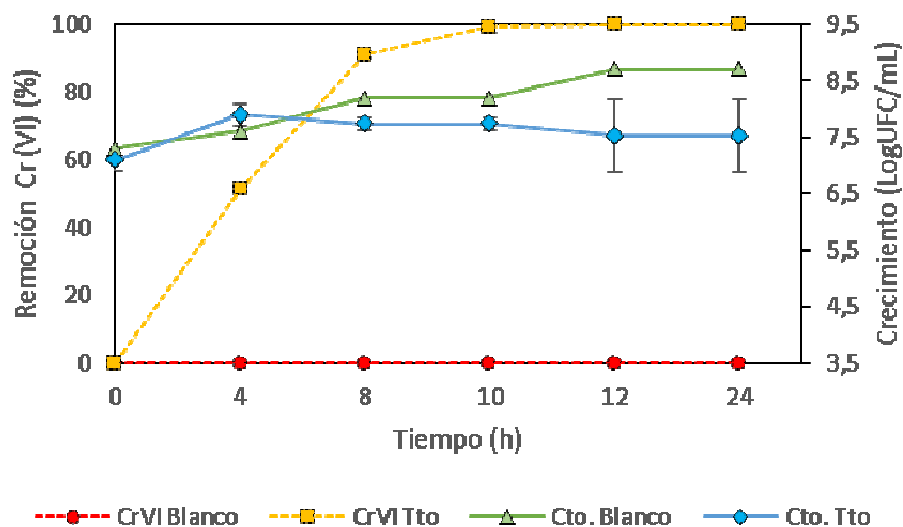
Enterobacter cloacae C1a



Remoción de cromo y crecimiento celular de *B. cereus* B1 en condiciones de agitación

10 mg Cr (VI)/L, removi6 el 100% en 10h

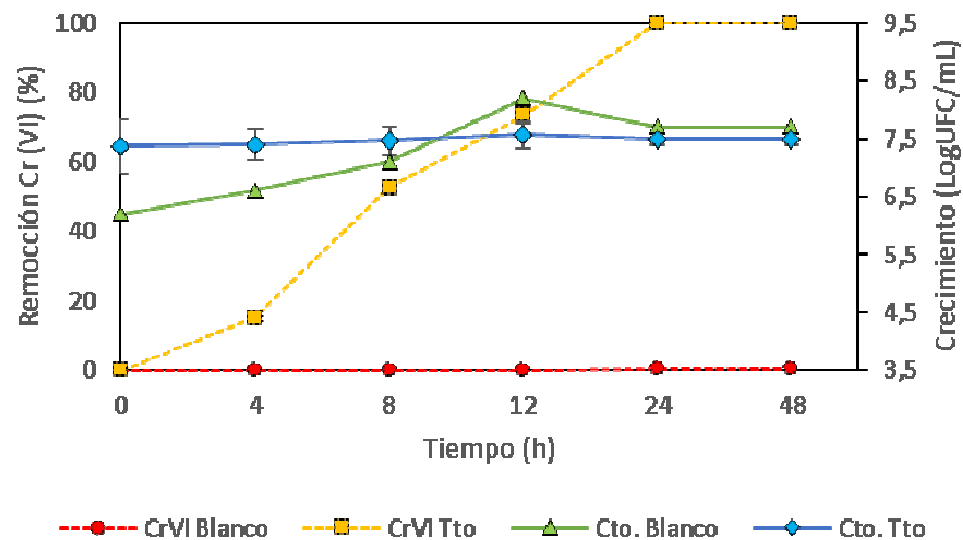
Bacillus cereus B1



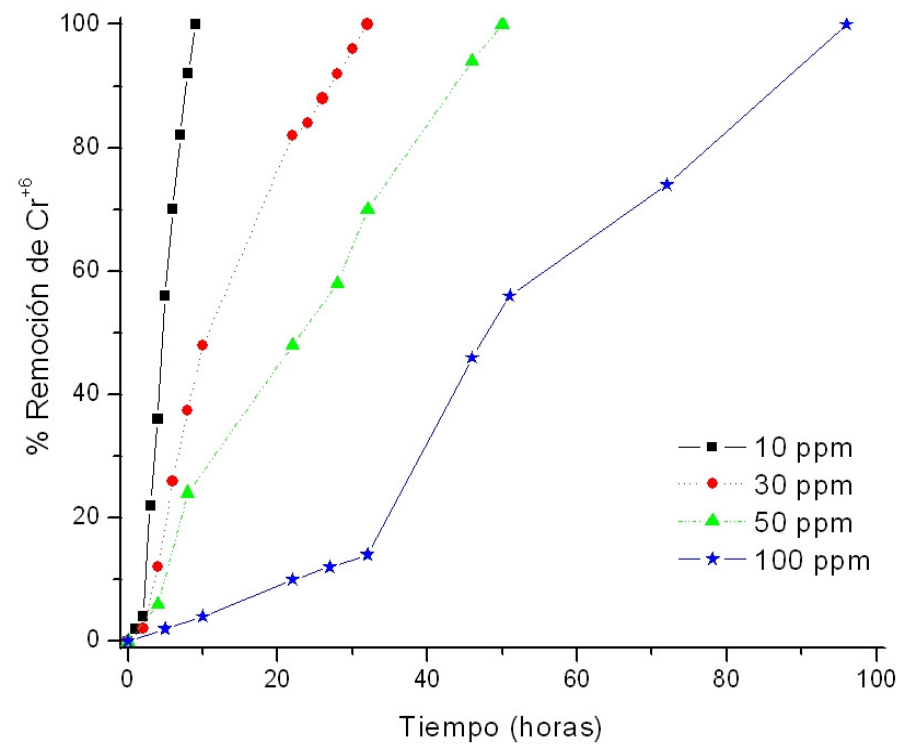
M6xima velocidad de remoci6n 11.4 mgCr/L/h

20 mg CrVI/L, removi6 el 73.3 % en 12h y el 100% en 20h

Bacillus cereus B1

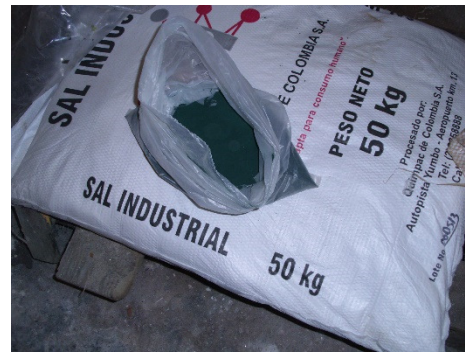


Remoción de Cromo con *Bacillus cereus* B1



Cromo total final en solución

[Cr ⁺⁶] inicial (ppm)	Ensayo	Cr total final solución (ppm)	Remoción de Cr en solución (%)
10	Tratamiento	2.08	79.20
	Control	10.00	0
30	Tratamiento	8.81	70.63
	Control	30.00	0
50	Tratamiento	19.42	61.16
	Control	50.00	0
100	Tratamiento	71.67	28.33
	Control	100.00	0



FORMULACIÓN DE UN MODELO PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR CROMO EN EL AGUA DEL CURTIDO DEL CUERO



MÉTODOS

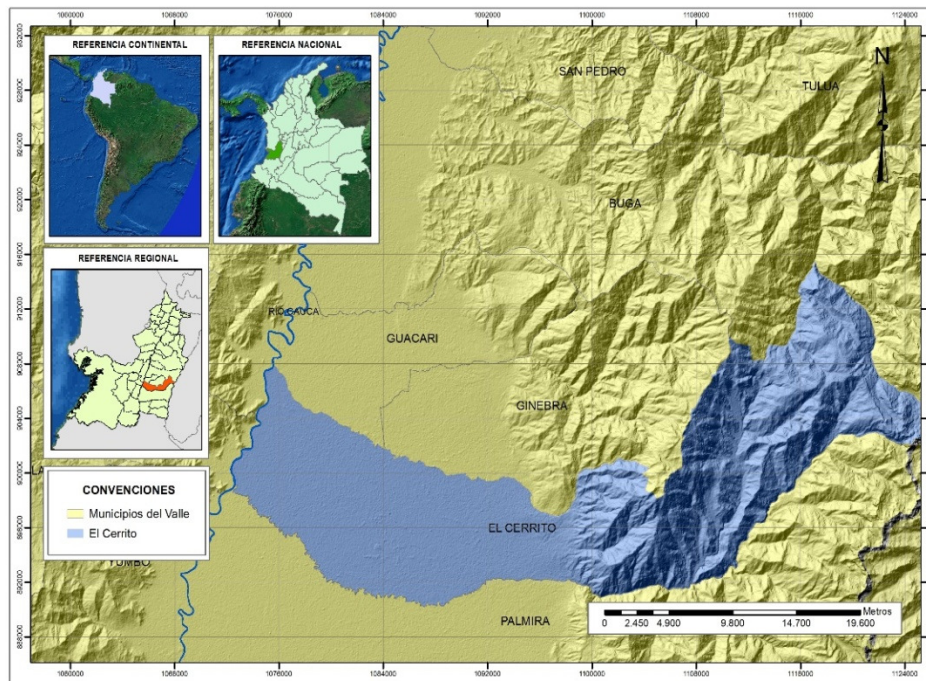
FORMULACIÓN DE UN MODELO DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR CROMO EN EL AGUA DEL CURTIDO

Método de análisis multicriterio social (Munda 2008)



ÁREA DE ESTUDIO

Municipio de El Cerrito



Extensión: 466 km²

- Temperatura promedio: 24 °C
- Población al año 2015: 57463 habitantes (DANE 2015)
- Principales actividades económicas: agroindustria, ganadería, turismo, industria del cuero y comercio
(Alcaldía de El Cerrito, Valle del Cauca 2013).

Entrevistados según representatividad y heterogeneidad

ACTORES SOCIALES PARTICIPANTES		NÚMERO DE ENTREVISTADOS
Sector productivo	Empresarios	13
	Trabajadores	15
Entidad ambiental	CVC	2
Entidad gubernamental	Secretaria de Salud	1
	Planeación municipal	2
	ACUAVALLE	2
Comunidad	Vecinos aledaños a las curtiembres	15
Total		50

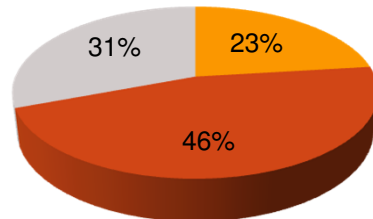
Aspectos socioeconómicos

No.	Actividad principal de cada curtiembre	Producción Pielles/mes	No. de trabajadores	No. Bombos	No. Máquinas
1	Prestación de servicios	2000	8	6	6
2	Recurtido, teñido y acabado	1500	9	3	NS/NR
3	Proceso completo*	300	7	5	7
4	Proceso completo*	400	3	3	3
5	Proceso completo*	1000	8	7	9
6	Recurtido, teñido y acabado	150	2	1	0
7	Prestación de servicios y curtición propia	1500	10	4	4
8	Proceso completo*	NR	2	2	3
9	Prestación de servicios	100	1	3	0
10	Proceso completo*	8000	150	29	73
11	Prestación de servicios	500	4	6	8
12	Prestación de servicios y curtición propia	2000	8	4	6
13	Prestación de servicios y curtición propia	500	2	7	5

- *Realizan mas del 80% de los procesos dentro de la empresa.
- Microempresas (12) y mediana empresa (1). Generan alrededor de 227 empleos directos + 45 curtidores informales = 272
- Según Jaramillo *et al.* 2005, se generaban 380 empleos en 20 curtiembres, la disminución es del 28.4% y 38,1% en generación de empleo y número de curtiembres, respectivamente.

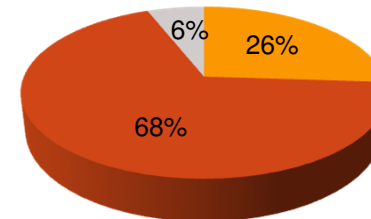
Educación y formación del personal vinculado a las curtiembres

Nivel educativo de los empresarios



■ primaria ■ secundaria ■ universitaria

Nivel educativo de los trabajadores



■ primaria ■ secundaria ■ técnica

El 96.4% de los entrevistados ha recibido formación en curtiembres proveniente de familiares o amigos

Aspectos ambientales

Contaminación del agua

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA RESIDUAL CURTIEMBRE 1	AGUA RESIDUAL CURTIEMBRE 2	AGUA RESIDUAL CURTIEMBRE 3	*VLMP
Temperatura	°C	24.7	28.8	37.1	<40
pH	Unidades	5.5	4.0	3.9	6-9
DBO ₅	mgO ₂ /L	478	1361.0	2725	600
Oxígeno disuelto	mgO ₂ /L	-	0.71	3.34	
DQO	mgO ₂ /L	4443	3229.0	8611	1500
SST	mg/L	104	220.0	2035	600
Cr total	mg/L	3084	1470.9	1067.2	1.5
Cr (VI)	mg/L	1.0	<0.05	<0.05	0.2

*Valor Límite Máximo Permisible para vertimientos de aguas residuales no domésticas a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, para fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2015).

Control de la contaminación del agua



- Resolución 0028 de febrero 25 de 2004 de la CVC
 - Imponer la obligación de desarrollar un plan de cumplimiento para el control de las aguas residuales de las curtiembres de El Cerrito.
 - Diseñar y construir la PTAR y aplicar métodos de prevención de la contaminación.
- En la actualidad:
 - 25% poseen PTAR completa
 - 50% poseen infraestructura intermedia
 - 25% poseen tecnologías incipientes

Prevención de la contaminación

Producción Mas Limpia (PML)

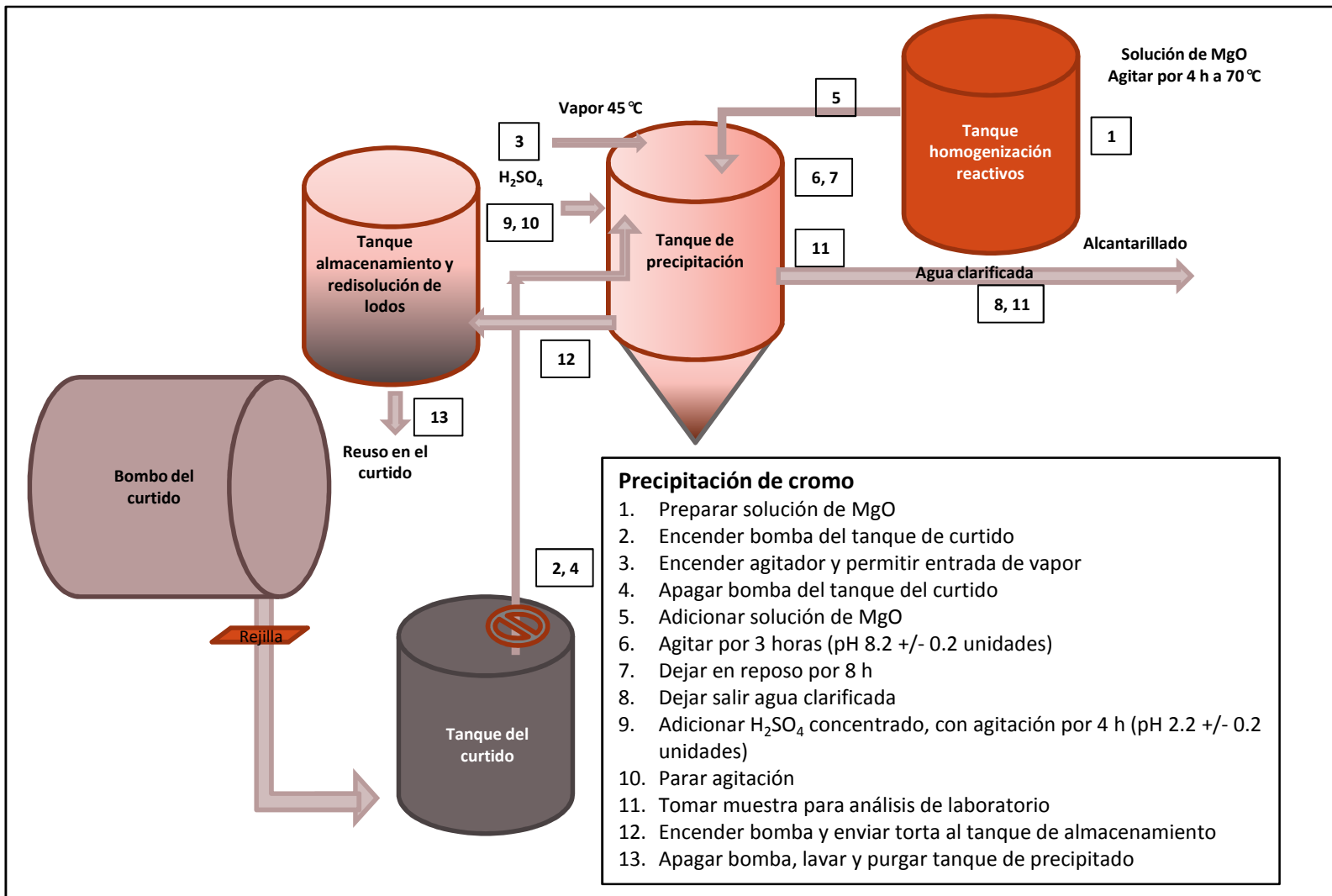
- La mediana empresa, continua en el proceso de aplicación de PML. Ha disminuido el consumo de sulfato de cromo de 7.0% a 4.8%.
- Las microempresas, realizan básicamente separación de residuos sólidos y de efluentes líquidos
- En general, la situación es de retroceso o estancamiento en la aplicación de PML y en la gestión ambiental

Análisis de intereses, deseos y preferencias de los actores sociales

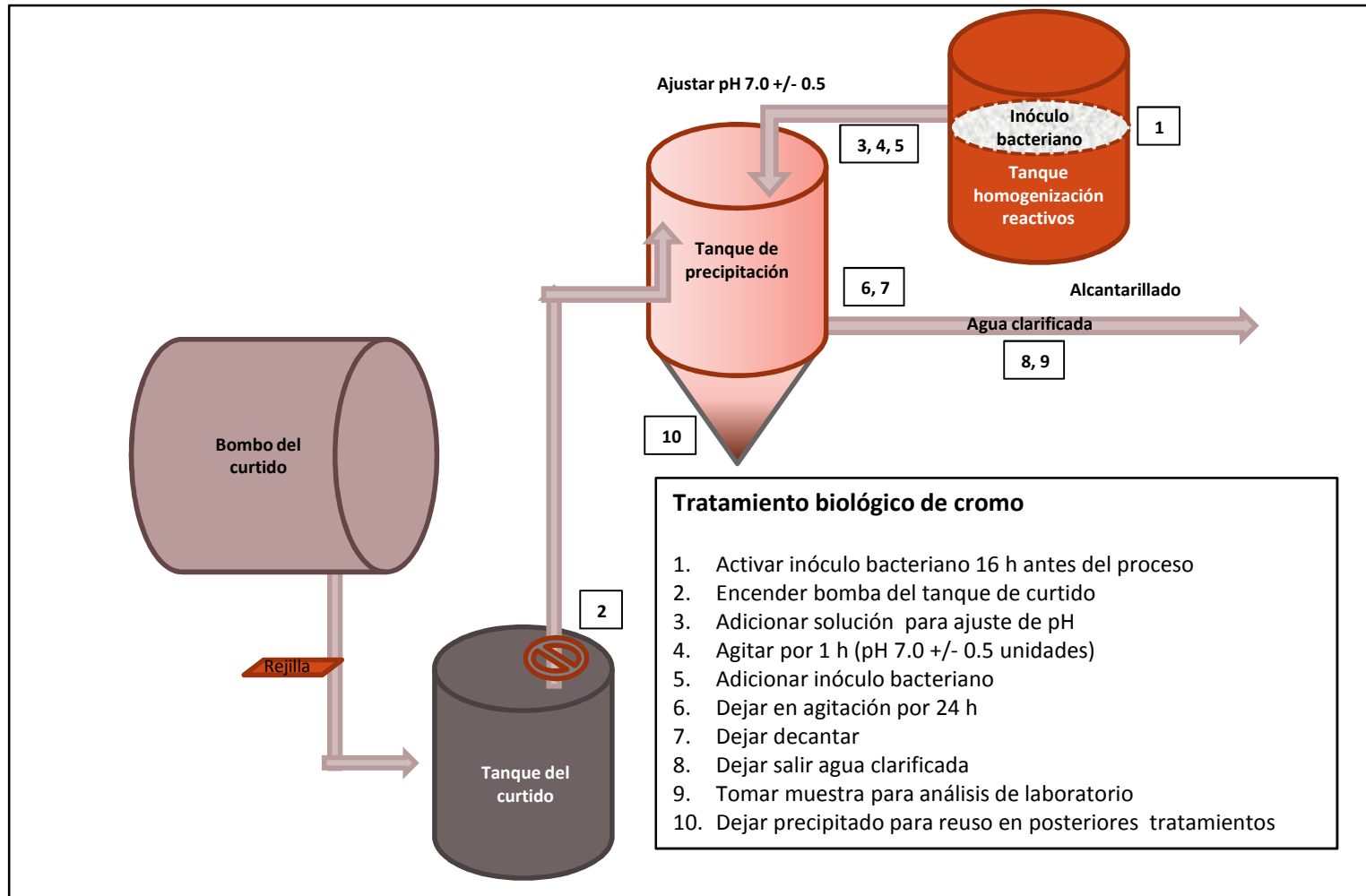
ACTORES SOCIALES	INTERESES QUE EMERGEN DEL ANÁLISIS
Autoridad ambiental (CVC)	Controlar y/o prevenir la contaminación del agua según normatividad vigente
Empresarios	Rentabilidad económica
Trabajadores	Mantener el empleo
Vecinos	Mantener el empleo para la comunidad

Simulación de escenarios

- Se simularon tres posibles escenarios:
 - Alternativa fisicoquímica
 - Alternativa biotecnológica
 - Alternativa sin tratamiento



Alternativa Biotecnológica

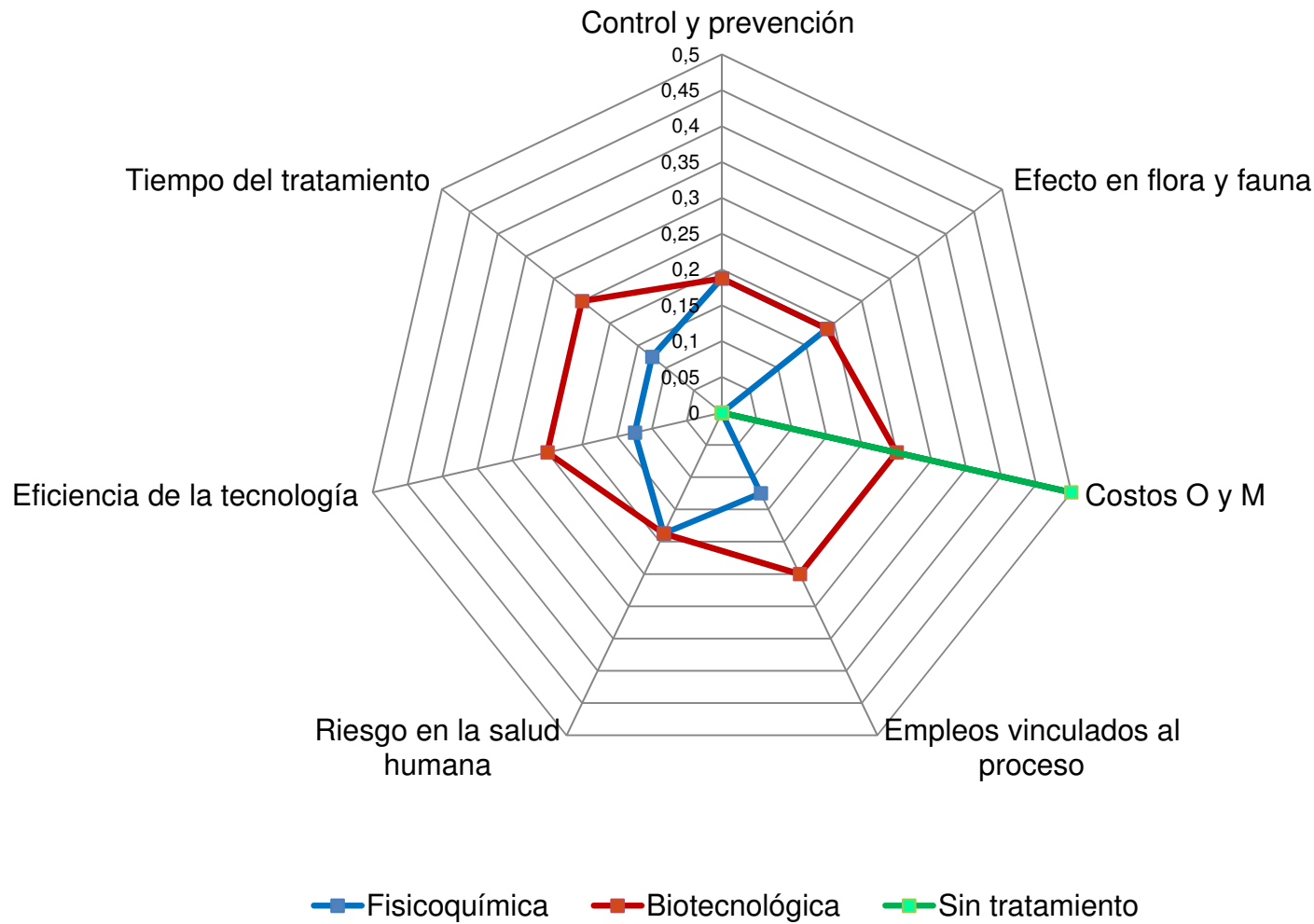


Matriz de impacto multicriterio

			ALTERNATIVAS		
DIMENSIÓN	CRITERIOS	UNIDADES	FISICOQUÍMICA	BIOTECNOLÓGICA	SIN TRATAMIENTO
AMBIENTAL	Control y prevención de la contaminación	mg Cr/L	1.5	1.5	1.800 – 3.100
	Efecto sobre la flora y la fauna	lingüística	ninguno	ninguno	alto
ECONÓMICA	Costos de operación y mantenimiento (24 m³/tonelada de piel)	\$	\$408.870.70	\$157.254.45	0
SOCIAL	Riesgo en la salud humana	lingüística	bajo	bajo	alto
	Número de empleos vinculados al proceso productivo	número	0.25	0.75	0
TÉCNICA	Tiempo requerido para el tratamiento	días	4 a 5	2.5	Indefinido
	Eficiencia de la tecnología	lingüística	regular	buena	ninguna

Valor calculado a diciembre de 2014

Selección de la mejor alternativa



CONCLUSIONES

- Los principales factores que caracterizan la problemática de contaminación del agua en las curtiembres de El Cerrito, son:
 - Las políticas gubernamentales que han favorecido la introducción de materias primas y productos asiáticos.
 - La resistencia al cambio y la poca importancia que le dan los curtidores al componente ambiental.
 - La escasa presencia de las entidades gubernamentales
 - La falta de mecanismos efectivos de capacitación y financiamiento
 - La falta de tecnologías económicas y eficientes para la prevención y control de la contaminación

CONCLUSIONES

- Se lograron avances que contribuirán a la implementación de nuevas tecnologías para el control y prevención de la contaminación por cromo, mediante el uso de métodos de biorremediación empleando microorganismos nativos como *B. cereus*, por su alta tolerancia y capacidad de remoción del metal.
- El modelo formulado permitió seleccionar la alternativa Biotecnológica, acoplada a prácticas de PML, sobre la Fisicoquímica, por su mayor sostenibilidad social, ambiental económica y técnica.

A photograph of a large industrial facility, likely a tannery. The scene is dominated by a complex system of blue overhead cranes and tracks. Several large, light-brown animal skins are hanging from the tracks, suspended by metal hooks. The facility has a high ceiling with a series of skylights or perforated metal panels that allow natural light to filter in. In the background, there are large, dark, cylindrical objects, possibly drums or tanks. The floor is cluttered with various materials, including what appears to be more animal skins and debris. The overall atmosphere is industrial and somewhat gritty.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN