

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la Asignatura:	<b>Biotecnología Ambiental II</b>
Carrera:	<b>Ingeniería Ambiental</b>
Clave de la Asignatura:	<b>SCD-1302</b>
SATCA <sup>1</sup> :	<b>2 – 3 – 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la Asignatura:**

La biotecnología ambiental es la biotecnología aplicada y usada para estudiar el entorno natural. La biotecnología ambiental también puede implicar tratar de aprovechar un proceso biológico para usos comerciales y de la explotación. La Sociedad Internacional Biotecnología Ambiental define a la biotecnología ambiental como "el desarrollo, uso y regulación de sistemas biológicos para la remediación de entornos contaminados (tierra, aire, agua) y para procesos amigables con el entorno natural (tecnologías "verdes" y desarrollo sustentable)".

La biotecnología ambiental abarca cualquier aplicación destinada a reducir la contaminación, desde la utilización de microorganismos para la generación de combustibles hasta el empleo de plantas modificadas genéticamente para la absorción de sustancias tóxicas.

Actualmente, la principal aplicación de la biotecnología ambiental es limpiar la contaminación en los diferentes compartimentos terrestres mediante el empleo de estrategias más limpias y menos costosas, que se prefieren frente a las tradicionales técnicas de remediación físico-químicas.

### **USOS DE BIOTECNOLOGÍA**

Aplicación de la biotecnología a procesos industriales convencionales existentes y problemáticos basados en altas temperaturas, productos químicos altamente reactivos, pH extremos y solventes orgánicos.

- El desarrollo de una línea de biosensores robustos para medición y monitoreo rápido e in situ de productos químicos ambientales.
- Uso de productos y procesos basados en plantas para la recuperación y remoción de metales, solventes, materiales energéticos y desechos con bajo nivel de radioactividad de sitios contaminados; absorción microbial de CO<sub>2</sub>, producción de combustibles renovables.

En la vida cotidiana siempre se han asociado los microorganismos con contaminación y enfermedades sin embargo existe una gran cantidad de microorganismos beneficiosos, que dada su gran versatilidad y su adecuada manipulación biotecnológica pueden solucionar los graves problemas de contaminación existentes hoy en día.

Una de las técnicas de biotecnología enfocada a la preservación del medio ambiente, al encargarse de remediar zonas contaminadas es la biorremediación.

La biorremediación consiste en el uso de microorganismos, en enzimas, hongos o plantas especializados capaces de degradar desechos peligrosos para remover contaminantes orgánicos, inorgánicos y gaseosos del medio ambiente.

Compañías industriales están desarrollando procesos en el área de prevención, con el fin de reducir el impacto ambiental como respuesta a la tendencia internacional al desarrollo de una sociedad sostenible.

Producción de biomateriales: se producen todo tipo de nuevos materiales, biodegradables o no, y más eficientes. Tal es el caso de los bioplásticos, nuevos tejidos, materiales para la construcción (como tela de araña), etc.

Productos de consumo humano: La biotecnología puede aumentar del rendimiento de los cultivos al manipular positivamente el material genético de los alimentos: reduciendo los pesticidas y mejorando la nutrición.

Biominería: es el uso de microorganismos en diferentes aspectos de la explotación de los minerales, abarcando desde la concentración de las especies de interés (a través de la bioflotación), la recuperación de los elementos presentes en ellas (biolixiviación y biooxidación), hasta su acción en tareas de remediación **ambiental**

### **Intención Didáctica:**

La asignatura está dividida en 4 unidades:

En la primera unidad se reafirma que la biotecnología implica "el desarrollo, uso y regulación de sistemas biológicos para la remediación de entornos contaminados (tierra, aire, agua) y para procesos amigables con el entorno natural (tecnologías verdes y desarrollo sustentable)". Integra los conocimientos de la biología, bioquímica, microbiología e ingeniería, para lograr diversas aplicaciones a problemas específicos a partir de la utilización de agentes biológicos como microorganismos, células vegetales, células animales (bacterias, levaduras, micro algas, etc.) y partes derivadas de ellos.

La segunda unidad experimenta los procesos catalizados por enzimas y las ventajas que presentan: una gran actividad catalítica, muestran una gran especificidad de sustrato (incluso estereo-selectividad y regio-especificidad), son muy activos a temperatura ambiente y presión atmosférica, presentan una gran actividad catalítica y conocer la regulación del uso de las enzimas.

En la unidad 3 se demuestra la aplicación de la biotecnología a procesos industriales convencionales existentes y problemáticos basados en altas temperaturas, productos químicos altamente reactivos, pH extremos y solventes orgánicos. El desarrollo de una línea de biosensores robustos para medición y monitoreo rápido e in situ de productos químicos ambientales. Prácticas agro-forestales basadas en productos químico xenobiótico. Extracción de minerales y recuperación de metales.

Compañías industriales están desarrollando procesos en el área de prevención, con el fin de reducir el impacto ambiental como respuesta a la tendencia internacional al desarrollo de una sociedad sostenible.

En la cuarta unidad se recuperan los elementos presentes en la biolixiviación y biooxidación, hasta su acción en tareas de remediación ambiental. La biolixiviación es una tecnología que usa bacterias específicas para extraer (lixiviar) metales de los minerales. Las ventajas de la tecnología microbiana (biominería).

- Poca inversión de capital.
- Bajos costos de operación necesarios para las operaciones hidrometalúrgicas.
- Relativa ausencia de polución o contaminación ambiental durante el proceso.
- Permite el tratamiento de minerales con bajo contenido de metal en las minas, los que no pueden ser económicamente procesados por los métodos tradicionales y habitualmente se acumulan sin ningún tipo de tratamiento.
- Permite explotar los recursos mineros en forma más limpia y más económica siendo esta otra ventaja competitiva.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

#### Competencia específica

- Dominar la terminología básica de la Biología Molecular y la Genética para aprender a expresar los conceptos y describir correctamente las actividades de desarrollo tecnológico y los componentes encargados de llevarlas a cabo.
- Entender y asimilar los conceptos y terminología específica de la Biotecnología.
- Conocer las herramientas y aplicaciones de la Ingeniería Genética actual.
- Facilitar su aislamiento, propagación y conservación.
- Conocer comprender y aplicar las técnicas utilizadas habitualmente en la biotecnología y su aplicación en los ecosistemas, procesos diversos e industria.

#### Competencias Genéricas

##### Competencias instrumentales

- Habilidades básicas de manejo de computadora.
- Trabajos con instrumentos y equipo de laboratorio relacionando algunos temas de la materia.
- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad para planificar y organizar el tiempo.
- Habilidades para la comunicación oral y escrita.
- Habilidad para buscar, procesar y analizar información de diversas fuentes.
- Habilidad para la solución de problemas.
- Capacidad para la toma de decisiones.

##### Competencias interpersonales

- Capacidad crítica y autocrítica.
- Discusión en grupo de los temas del curso de acuerdo a propuestas establecidas por el titular.
- Habilidades para trabajos de laboratorio relacionando algunos temas de la materia.
- Exposición oral y escrita por el alumno sobre investigación documental escogida con apoyo del docente.
- Participación en seminarios de grupo.
- Capacidad para trabajar en equipo interdisciplinario.
- Compromiso ético.

##### Competencias sistémicas

- Compromiso con la calidad.
- Capacidad para formular y gestionar proyectos.
- Compromiso con la preservación del medio ambiente.
- Capacidad para identificar, plantear, y resolver problemas.
- Habilidades de investigación.
- Capacidad para actuar en nuevas situaciones.
- Liderazgo.
- Capacidad de aprender.
- Creatividad.
- Búsqueda del logro.

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y Fecha de Elaboración o Revisión	Participantes	Observaciones (Cambios y Justificación)
Instituto Tecnológico Superior de Múzquiz	Academia de la carrera de Ingeniería Ambiental	

#### 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Mejorar los procesos productivos, lograr industrias más limpias y como consecuencia una mejor protección del medio ambiente.

Mantener atención a los vertiginosos cambios que experimenta la ciencia y la tecnología, con el fin de responder adecuadamente a los requerimientos de la industria y toda la sociedad.

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Diseñar procedimientos científico-tecnológicos que den mayor valor agregado a recursos naturales.
- Desarrollar y operar procesos industriales que hagan uso de material biotecnológico.
- Controlar el proceso.
- Realizar control de calidad de los productos.
- Manejo, tratamiento y aprovechamiento de los residuos que genere la industria.
- Realizar investigación biotecnológica aplicada.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Sistemas Biológicos	<p><b>Ingeniería genética de vías metabólicas.</b></p> <p>1.1. Conceptos generales de los Microorganismos de interés en la biotecnología Ambiental.</p> <p>1.2. Producción de metabolismos Microbianos. 1.2.1 Primarios y secundarios.</p> <p>1.3. Enzimas microbianas. 1.3.1 Principales características de los Enzimas. 1.3.2 Selección de la fuente enzimática.</p> <p>1.4. Métodos de extracción. 1.4.1 Técnicas de Purificación y caracterización cinética y Molecular. 1.4.2. Inmovilización enzimática.</p> <p>1.5 Cultivos de microorganismos a gran escala.</p>
2	Bio-ingeniería	<p><b>Biorreactores con catalizadores enzimáticos</b></p> <p>2.1 Conceptos generales 2.1.1. Definición de fermentación, Biorreactor, catalizador, enzimas.</p> <p>2.2. Fermentación 2.2.1 Procesos de fermentación 2.2.2 Sistemas abiertos 2.2.3 Sistemas cerrados 2.2.4 Parámetros importantes 2.2.5 Optimización de los procesos de Fermentación.</p> <p>2.3. Recolección de células</p> <p>2.4. Biorreactores 2.4.1 Biorreactores de sistemas de Homogenización. 2.4.1.1 Tipos y diseño. 2.4.2 Enzimas y desarrollo de Biocatalizadores enzimáticos. 2.4.2.1 Células y desarrollo de biocatalizadores con células Inmovilizadas.</p> <p>2.5. Fermentación de organismos Recombinantes. 2.5.1 Producción de aminoácidos con enzimas recombinantes</p> <p>2.6. Fermentación con cepas salvajes.</p>

		<p>2.6.1 Regulación del uso de las Enzimas.</p> <p>2.7. Conceptos de Biosensores.</p> <p>2.7.1. Electrodo biológico.</p> <p>2.7.2. Genes informadores.</p> <p>2.7.3. Los genes lux.</p> <p>2.7.4. Biosensor de naftaleno.</p> <p>2.7.5. Biosensor de mezclas BTEX.</p> <p>2.7.6. Biosensor de mercurio.</p>
3	Protección Ambiental por Biotecnología	<p><b>Biorremediación</b></p> <p>3.1 Conceptos generales.</p> <p>3.2 Degradación microbiana de xenobiótico.</p> <p>3.3 Ingeniería genética de las rutas de Biodegradación.</p> <p>3.3.1 Manipulación por transferencia de Plásmidos.</p> <p>3.3.2 Manipulación por alteración de Genes.</p> <p>3.4 Utilización de celulosa.</p> <p>3.4.1 Aislamiento de genes procariontes y eucariotes implicados en la degradación de celulosa y su manipulación.</p> <p>3.5 Eliminación biológica de nitratos y Nitritos.</p> <p>3.6 Manipulación de rutas metabólicas Biodegradativas.</p> <p>3.7 Control de la producción industrial con Organismos recombinantes.</p> <p><b>Biomasa como fuentes primarias alternativas</b></p> <p>3.7. Conceptos generales</p> <p>3.7.1. Producción de biomasa con organismos modificados para la utilización de fuentes primarias Alternativas.</p> <p>3.8 Degradación de lignocelulosa por Hongos y bacterias.</p> <p>3.8.1 Degradación de lignina.</p> <p>3.8.2 Degradación de celulosa.</p> <p>3.8.3 Degradación de hemicelulosa.</p> <p>3.9 Valor de las proteínas de organismos Unicelulares, SCP.</p> <p><b>Compostaje</b></p> <p>3.10 Introducción y definición</p> <p>3.10.1 Fases del proceso</p> <p>3.10.2 Aspectos físicos</p> <p>3.10.3 Aspectos químicos</p>

		<p>3.10.4 aspectos biológicos</p> <p>3.11 Ventajas y desventajas</p>
4	Aplicaciones y Bioeliminación de compuestos tóxicos	<p><b>Bioproducción de combustibles: producción de hidrocarburos – etanol.</b></p> <p>4.1 Producción de etanol como hidrocarburo.</p> <p>4.2 Obtención de fuentes fermentables</p> <p>4.3 Producción de etanol por fermentación</p> <p>4.3.1 Levaduras.</p> <p>4.3.2 <i>Zymomonas mobilis</i>, un microorganismo alternativo para la Producción de etanol.</p> <p>4.4 Optimización de la producción de etanol.</p> <p>4.5 Producción comercial de fructosa y Etanol.</p> <p>4.6 Etanol: combustible desde biomasa.</p> <p><b>Biolixiviación</b></p> <p>4.7 Definición de biolixiviación y bioxidación de minerales.</p> <p>4.7.1 Fundamentos, y minerales susceptibles a la biolixiviación</p> <p>4.7.2 Composición mineralógica,</p> <p>4.7.3 Características físicas y químicas, preparación.</p> <p>4.8 Mecanismos</p> <p>4.8.1 Mecanismo directo.</p> <p>4.8.2 Mecanismo Indirecto,</p> <p>4.8.3 Mecanismo Electroquímico.</p> <p>4.9 Ensayos y Metodología</p> <p>4.9.1 Métodos de biolixiviación (Estáticos, dinámicos).</p> <p>4.9.2 Información de parámetros</p> <p>4.9.3 Valoración de resultados.</p> <p>4.10 Aplicaciones: Biorremediación de residuos mineros.</p> <p>4.10.1 Biobeneficio en tratamiento de Carbón.</p> <p>4.10.2 Drenajes ácidos de mina</p> <p><b>Biodegradación de Hidrocarburos</b></p> <p>4.11. Factores que afectan a la Biodegradación de hidrocarburos.</p> <p>4.11.1 Degradación de alcanos y Alquenos.</p> <p>4.11.2 Degradación de Hidrocarburos halogenados.</p> <p>4.11.3 Degradación de hidrocarburos Aromáticos.</p>



## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Propiciar actividades enfocadas a desarrollar los procesos de aprendizaje ejercitando
- La meta cognición, identificando y señalando el tipo de proceso al que se desea llegar, sea contrastación, comprensión, análisis, síntesis, valoración, etc.
- Fomentar en el estudiante la capacidad de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes, a través de actividades documentales, a través de la práctica de laboratorio, visitas a empresas, la utilización de terminología, simbología, instrumentos dentro del campo de la microbiología.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con las demás del plan de estudios, desarrollando una visión interdisciplinaria.
- Interpretar resultados de prácticas, informes de visitas a empresas y/o instituciones de salud pública, análisis de información documental entre otros.
- Fomentar la asistencia a eventos académicos (congresos, seminarios, entre otros).
- Llevar a cabo actividades que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Motivar a los estudiantes con actividades lúdicas (maratones del conocimiento, sociodrama, crucigramas), entre otras.
- Inducir a la investigación documental y de campo.
- Fomentar la asistencia a eventos académicos (congresos, seminarios, entre otros).
- Generar la reflexión crítica a través de seminarios y sesiones de discusión.
- Fomentar la investigación científica, creatividad y actitud emprendedora.
- Introducir al estudiante en los métodos y modos de razonamiento propios de la investigación científica y la discusión crítica de resultados de trabajos científicos publicados.
- Inducir a la formulación de ensayos y resúmenes. Inducir a los estudiantes a realizar exposiciones.
- Brindar ejemplos de hechos recientes relacionados con la Microbiología que tengan interés e impacto social.

## **9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN**

La evaluación del presente programa debe ser diagnóstica, formativa y sumativa es decir haciendo valoraciones durante todo el proceso de enseñanza y al final del curso, considerando la competencia adquirida como evidencia de producto, actitud y desempeño, con base en las actividades de aprendizaje realizadas por el estudiante, tales como:

- Investigaciones documentales, reportes de prácticas de laboratorio y de campo, informes de visitas a empresas entregadas como evidencia.
- Seguimiento de reglas en laboratorio.
- Exámenes escritos u orales en donde el estudiante maneje teóricamente aspectos microbiológicos.
- Autoevaluación.
- Entregar portafolio de evidencias en función de las actividades de aprendizaje.
- Lectura de artículos científicos y situaciones reales en el ámbito de la Microbiología y su relación con otras ciencias con su discusión en mesa redonda.

- Desempeño en aplicar técnicas de aislamiento, purificación, identificación, propagación y cuantificación de microorganismos.
- El Manejo de diferentes tipos de microscopios.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos de la Microbiología.
- Discusión grupal de diversos temas teóricos generales de la Microbiología.
- Desempeño en la realización de prácticas con la presentación de informes y discusión de resultados experimentales.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1. Sistemas Biológicos

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje (23)
Conocer las bases de la biotecnología, conceptos básicos y terminología, así como su interacción directa con la físico-química, microbiología y bioquímica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir a través de la búsqueda bibliografía y las prácticas en laboratorio el desarrollo, uso y regulación de sistemas biológicos para la remediación de entornos contaminados.</li> <li>• Realizar una Técnica de Purificación y caracterización cinética y Molecular de una enzima microbiana</li> </ul>

### Unidad 2. Biorreactores con catalizadores Enzimaticos

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Experimentar los procesos catalizados por enzimas y las ventajas que presentan: una gran actividad catalítica, muestran una gran especificidad de sustrato (incluso estéreo-selectividad y regio-especificidad), son muy activos a temperatura ambiente y presión atmosférica, presentan una gran actividad catalítica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resume mediante un cuadro sinóptico los conceptos revisados, haciendo énfasis en las características para la identificación de las enzimas. Investigar y discutir de manera grupal los conceptos mediante un mapa conceptual y fundamentos de la Bioingeniería.</li> <li>• Investigar y presentar un informe técnico de La operación, control y escalado del proceso en un biorreactor con catalizador enzimático permitiendo la discusión grupal.</li> <li>• Investigar técnicas modernas utilizadas en el aislamiento, purificación, propagación, identificación y conservación de enzimas y aplicar algunas de ellas en prácticas de laboratorio. Discutir los resultados.</li> <li>• Realizar una práctica de laboratorio en</li> </ul>

	<p>donde se lleven a cabo una técnica en biorreactor que emplea enzimas y células inmovilizadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir en grupos de trabajo las diferentes técnicas y en donde se utilicen diferentes sustratos para la propagación de enzimas microbianas.</li> <li>• Realizar visitas a centros de investigación que cuenten con equipos actualizados para la cuantificación de microorganismos enzimáticos.</li> <li>• Revisar y discutir artículos científicos en inglés.</li> </ul>
--	--

### Unidad 3. Protección Ambiental por Biotecnología

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Demostrar la aplicación de la biotecnología a procesos industriales convencionales existentes y problemáticos basados en altas temperaturas, productos químicos altamente reactivos, pH extremos y solventes orgánicos.</p> <p>El desarrollo de una línea de biosensores robustos para medición y monitoreo rápido e in situ de productos químicos ambientales.</p> <p>Prácticas agro-forestales basadas en productos químico xenobiótico.</p> <p>Extracción de minerales y recuperación de metales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El desarrollo de una línea de biosensores robustos para medición y monitoreo rápido e in situ de productos químicos ambientales.</li> <li>• Realizar practica de laboratorio (Estabilización de la materia orgánica mediante procesos biooxidativos aerobios-Compostaje).</li> <li>• Prácticas agro-forestales basadas en productos químico xenobiótico.</li> <li>• Realiza visitas a sistemas de biorremediacion de suelos, realizando las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación documental sobre el sistema de producción a visitar.</li> <li>• Trabajar en equipo en la realización de Investigaciones documentales y trabajo de campo, mostrando entusiasmo e interés en la biotecnología con relación al medio ambiente.</li> <li>• Realizar visitas de campo a sistemas de producción agrícola y acuícola</li> </ul> </li> </ul>

#### Unidad 4. Aplicaciones y Bioeliminación de compuestos tóxicos

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Desarrollar procesos basados en plantas para la recuperación y remoción de metales, solventes, materiales energéticos y desechos con bajo nivel de radioactividad de sitios contaminados; absorción microbiana de CO <sub>2</sub> , producción de combustibles renovables y otras tecnologías ambientales basadas en la biotecnología para la reducción de gases invernadero	La práctica de laboratorio le permiten establecer la importancia de estos grupos, en donde se llevarán a cabo las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño de las prácticas que se realizarán de acuerdo al material colectado.</li><li>• Realizar prácticas de laboratorio sobre aplicaciones y bioeliminación de compuestos tóxicos.</li><li>• Presentar un informe escrito de los diferentes conceptos y tipos de procesos.</li><li>• Propiciar la discusión grupal mediante presentaciones.</li><li>• Establecer la importancia económica, de los procesos.</li></ul>

#### 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

##### Fuentes impresas

Aiba, S. y col. 1973. Biochemical engineering. Academic Press, New York.

Ausubel, F.M., R. Brent, R.E. Kingston, D. Moore, J.A. Smith y K. Struhl. 1992. Short protocols in molecular biology. John Wiley & Sons, New York.

Brown, CM. Y col. (1991) Introducción a la biotecnología. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.

Bu'Lock, J. Y col. (1991) Biotecnología Básica. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.

Jagnow, G y Dawid, W. (1991) Biotecnología: Introducción con experimentos modelo. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.

Serrano M, Piñol T (1991) *Biotecnología Vegetal*. Síntesis, Madrid.

Trevañ, MD y col. (1991) Biotecnología: Los principios biológicos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.

Wiseman, A. (1991) Principios de biotecnología. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.

Erlich, H. C. and Brierley, C. L. (Eds.), Microbial Mineral Recovery. Environmental Biotechnology, N. Y, U. S. A., McGraw Hill Pub. Co. 1990.

Kawastra, S. K. and Natarajan, K. A. (Editors), Mineral Biotechnology: Microbial Aspects of Mineral Beneficiation, Metal Extraction, and Environmental Control, Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc. 2001, 272 pp. ISBN 0-87335-201-7.

Smith, R. W. and Misra, M. (Eds.) Mineral Bioprocessing, Minerals, Metals and Materials Society Pub. 1991, 495 pp. ISBN 0-87339-175-6.

Hughes, M. N. and Poole, R. K., Metal and Micro-organisms, Chapman and Hall Pub. ISBN: 0-412-24400-4.

Hayes, P., Process Principles in Minerals and Materials Production, Australia, Hayes Publishing, 1993.

Habashi, F., Principles of Extractive Metallurgy, V 2 Hydrometallurgy, New York, Science Publishers, 1980.

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

### Unidad 1

- Curva de crecimiento microbiano y obtención de proteasa.

### Unidad 2

- Fermentación alcohólica con levaduras libres.
- Fermentación alcohólica con levaduras inmovilizadas.

### Unidad 3

- Estabilización de la materia orgánica mediante procesos biooxidativos aerobios.

### Unidad 4

- Biolixiviación de residuos mineros.