

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias**  
**Carrera de Ingeniería Ambiental**  
**EIA980/Biorremediación**  
**Período 2016-1**

**1. Identificación**

Número de sesiones: 48

Número total de horas de aprendizaje: 120 h = 48 h presenciales + 72 h de trabajo autónomo.

Créditos – malla actual: 4,5

Profesor: Miguel Gualoto

Correo electrónico del docente (Udlanet): m.gualoto@udlanet.ec

Coordinador: Ing. Paola Posligua MSc.

Campus: Queri

Pre-requisito: EIA 820

Co-requisito:

Paralelo: 1 y 2

Tipo de asignatura:

Optativa	
Obligatoria	X
Práctica	

Organización curricular:

Unidad 1: Formación Básica	
Unidad 2: Formación Profesional	X
Unidad 3: Titulación	

Campo de formación:

Campo de formación				
Fundamentos teóricos	Praxis profesional	Epistemología y metodología de la investigación	Integración de saberes, contextos y cultura	Comunicación y lenguajes
	X			

**2. Descripción del curso**

El curso aborda la problemática de la contaminación ambiental mundial en el tiempo y el espacio, analiza las técnicas existentes de tratamiento, los organismos vivos empleados en la biorremediación, los parámetros que inciden sobre el éxito de la degradación, costos e impactos ambientales de su implementación, para finalmente hacer un análisis exhaustivo de casos prácticos de biorremediación ejecutados en el Ecuador.

### 3. Objetivo del curso

Proporcionar los conocimientos teóricos y habilidades prácticas para la ejecución de trabajos de biorremediación, mediante la ejecución de tareas prácticas, para que estén en capacidad de comprender los mecanismos del proceso valorar sus costos y elabora propuestas de remediación ambiental efectivas.

### 4. Resultados de aprendizaje deseados al finalizar el curso

Resultados de aprendizaje (RdA)	RdA perfil de egreso de carrera	Nivel de desarrollo (carrera)
<p>1. Identifica los las particularidades de los residuos a tratar, su persistencia ambiental, toxicidad, biodisponibilidad y potencial de lixiviación.</p> <p>2. Aísla y emplea organismos vivos autóctonos, identifica la metodología de tratamiento biológico a ser aplicado en la degradación de contaminantes específicos.</p> <p>3. Analiza e interpreta la influencia de los factores ambientales sobre el proceso de biorremediación, determina su cinética, tiempo de tratamiento, eficiencia sus costos y aplica normas de bioseguridad en todos sus trabajos.</p> <p>4. Desarrolla soluciones ingenieriles, técnica y económicamente factibles y viables para prevención y remediación de la contaminación mediante procesos biológicos.</p>	<p>1) Emplea los microorganismos específicos para la degradación de contaminantes específicos.</p> <p>2) Capaz de articular consorcios microbianos, que trabajan en posta en procesos de biorremediación.</p> <p>3) Aplica normativas de bioseguridad en trabajos de campo y laboratorio.</p> <p>4) Respeta la normativa ambiental y despliega principios de ética en la ejecución de sus trabajos.</p> <p>5) Propone alternativas de tratamiento biológico, combinadas con procesos físico-químicos, ambientalmente sustentables, priorizando el ambiente antes que los réditos económicos.</p> <p>6) Comprende las limitaciones prácticas y tecnológicas de la biorremediación y no ofrece mitos, ni milagros.</p> <p>7) Prioriza el uso microorganismos y plantas autóctonas, evitando introducir especies exóticas a los ecosistema frágiles ecuatorianos.</p> <p>8) Capaz de generar propuestas de tratamiento, valorar su costo y estimar su tiempo de ejecución</p>	<p><b>Inicial</b> ( )</p> <p><b>Medio</b> ( )</p> <p><b>Final</b> ( x )</p>

### 5. Sistema de evaluación

De acuerdo al Modelo Educativo de la UDLA la evaluación busca evidenciar el logro de los resultados de aprendizaje (RdA) enunciados en cada carrera y asignatura, a través de mecanismos de evaluación (MdE). Por lo tanto la evaluación debe ser continua, formativa y sumativa. La UDLA estipula la siguiente distribución porcentual para los reportes de evaluaciones previstas en cada semestre de acuerdo al calendario académico:

Aportes	Mde	Nota	% parciales	% Totales
Reporte de progreso 1	Examen	5	15%	35%
	Deberes	1	5%	
	Trabajos	2	10%	
	Prueba	2	5%	
Reporte de progreso 2	Examen	5	15%	35%
	Deberes	1	5%	
	Trabajos	2	10%	
	Prueba	2	5%	
Evaluación final	Trabajo final	10	10%	30%
	Examen	10	20%	

Al finalizar el curso habrá un examen de recuperación para los estudiantes que, habiendo cumplido con más del 80% de asistencia presencial a clases, deseen reemplazar la nota de un examen anterior (ningún otro tipo de evaluación). Este examen debe integrar todos los conocimientos estudiados durante el periodo académico, por lo que será de alta exigencia y el estudiante necesitará prepararse con rigurosidad. La nota de este examen reemplazará a la del examen que sustituye. Recordar que para rendir el EXAMEN DE RECUPERACIÓN, es requisito que el estudiante haya asistido por lo menos al 80% del total de las sesiones programadas de la materia. No se podrá sustituir la nota de un examen previo en el que el estudiante haya sido sancionado por una falta grave, como copia o deshonestidad académica.

## 6. Metodología del curso y de mecanismos de evaluación.

### 6.1. Escenario de aprendizaje presencial.

La disciplina se presta para hacer demostraciones prácticas, en laboratorio, campo y mediante videos. Especial atención se presta a las salidas de observación (2), donde se evaluará, la capacidad de observación y análisis de los procesos y fenómenos estudiados. El nivel de participación y aportación con ideas oportunas y constructivas. El manejo de materiales de laboratorio y el respeto irrestricto a las normativas de Bioseguridad (laboratorios). Semanalmente se hará una prueba de conocimientos teóricos de 20 minutos (cinco preguntas), para verificar los aprendizajes de la clase anterior, las preguntas serán de razonamiento y de ejercicio del criterio profesional. En los laboratorios se evaluará, la calidad del informe, los resultados de las pruebas ejecutadas y la capacidad de interpretar los resultados.

Todas las preguntas de las pruebas semanales serán parte del cuestionario para la evaluación de los parciales y examen final.

## 6.2. Escenario de aprendizaje virtual.

Los talleres y trabajos grupales, se ejecutará mediante la búsqueda de información específica en Internet, biblioteca virtual universitaria y fondo bibliográfico del docente (Los talleres están definidos en la planificación).

Los talleres se ejecutarán en base a un cuestionario a ser respondido por cada grupo de trabajo. Se evaluará la capacidad de identificar lo pertinente de lo superfluo, contenidos que aporten a la información existente.

Solo se analizarán artículos científicos y libros, evitando las fuentes de internet no oficiales (Biblioteca del docente)

## 6.3. Escenario de aprendizaje autónomo.

Tareas de análisis e interpretación de las lecturas y documentos seleccionados, para evidenciar conocimientos y aspectos no tratados en clase. Identificación de operaciones unitarias y esquemas operativos en trabajos de biorremediación. Generación de propuestas técnicas alternativas a las expuestas en el curso (Las actividades están definidas en la planificación).

El docente definirá el documento a ser analizado y los aspectos a ser evaluados.

## 7. Temas y subtemas del curso.

RdA	Temas	Subtemas
Identifica los las particularidades de los residuos a tratar, su persistencia ambiental, toxicidad, biodisponibilidad y potencial de lixiviación	Introducción a la Biorremediación	1.1. Edad antigua. 1.2. Edad media: Renacimiento. 1.3. Edad moderna: Revolución industrial. 1.4. Tiempo actual. 1.5. Alternativas de solución a la polución.
	Contaminantes sujetos a biorremediación	2.1. Definición 2.2. Campos de aplicación. 2.2.1. Tratamiento de residuos industria 2.2.2. Tratamiento de metales pesados 2.2.3. Minería. 2.2.4. Tratamiento de suelos contaminados con pesticidas e hidrocarburos. 2.2.5. Tratamiento de residuos agroindustriales 2.2.6. Tratamiento de aguas residuales urbanas. 2.2.7. PCBs 2.2.8. Compuestos organoclorados y organofosforados

		2.2.9. Cortes y ripios de perforación 2.2.10. Lodos residuales industriales aceitosos
Aísla y emplea organismos vivos autóctonos, identifica la metodología de tratamiento biológico a ser aplicado en la degradación de contaminantes específicos.	Organismos empleados en Biorremediación	3.1. Bacterias 3.2. Hongos y levaduras 3.3. Actinomicetos 3.4. Plantas 3.5. Otros organismos
	Metodologías de tratamiento	4.1. Compostaje 4.1.1. Pila estática 4.1.2. Pila venteadada 4.1.3. Compostaje anaeróbico 4.2. Landfarming 4.2.1. En plataforma cubierta 4.2.2. En piscina 4.2.3. En lechada 4.3. Bioventing 4.4. Bioflushing 4.5. Biorreactores 4.5.1. Anaerobios 4.5.2. Aeróbicos 4.6. Fitorremediación
Analiza e interpreta la influencia de los factores ambientales sobre el proceso de biorremediación, determina su cinética, tiempo de tratamiento, eficiencia sus costos. y aplica normativas de bioseguridad en todos sus trabajos.	Cinética de la biorremediación y balance de masas	5.1. Pruebas de tratabilidad 5.2. Tasa de crecimiento bacteriano 5.3. Tasa de Biodegradación 5.4. Tiempo de vida media 5.5. Eficiencia 5.6. Consumo de nutrientes 5.7. Consumo de oxígeno 5.8. Balance de masas para procesos aerobios y anaerobios
	Bioseguridad y salud ocupacional	6.1. Marco de Bioseguridad 6.2. Ley Nacional de Bioseguridad 6.3. Evaluación del riesgo biológico 6.4. Bioseguridad en trabajos de biorremediación ambiental  6.5. Equipos de Bioseguridad
Desarrolla soluciones ingenieriles, técnica y económicamente factibles y viables para prevención y remediación de la contaminación mediante procesos biológicos.	Estudio de casos	7.1. Tratamiento biológico de cortes y ripios de perforación. 7.2. Tratamiento de lodos residuales aceitosos

		<p>7.3. Tratamiento de lodos residuales de planta de tratamiento de aguas industriales</p> <p>7.4. Tratamiento de lodos residuales de planta refinadora de aceite de palma</p> <p>7.5. Eliminación de V de lodos residuales industriales tratados mediante landfarming en plataforma</p> <p>7.6. Tratamiento de suelos contaminados por derrame de la línea de flujo del pozo Shushuqui 13</p> <p>7.7. Tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos con microorganismos antárticos</p>
--	--	--

## 8. Planificación secuencial del curso

Semana 1 - 7 (14/09 al 29/10/ 2015)					
RdA	Tema	Sub tema	Actividad/ estrategia de clase	Tarea/ trabajo autónomo	MdE/Producto/ fecha de entrega
#1	Introducción a la Biorremediación	<p>1.1. Edad antigua.</p> <p>1.2. Edad media: Renacimiento.</p> <p>1.3. Edad moderna: Revolución industrial.</p> <p>1.4. Tiempo actual.</p> <p>1.5. Alternativas de solución a la polución</p>	<p>(1) Clase magistral</p> <p>(1) Presentación estudiantil</p>	<p>(2) Revisión de material de clase</p> <p><b>(2) Ensayo sobre la polución ambiental</b> Lectura de: J. Jeffrey Environmental pollution and control.- 4th ed.</p>	<p>Prueba escrita (1%)</p> <p>A los ocho días de enviada la tarea (2%)</p>
	Contaminantes sujetos a biorremediación	<p>2.1. Definición</p> <p>2.2. Campos de aplicación.</p> <p>2.2.1. Tratamiento de residuos industria</p> <p>2.2.2. Tratamiento de metales pesados</p> <p>2.2.3. Minería.</p> <p>2.2.4. Tratamiento de suelos contaminados con pesticidas e hidrocarburos.</p>	<p>(1) Clase magistral</p> <p>(1) Conversatorio</p>	<p>(2) Revisión de material de clase</p> <p><b>(2) Formulación de fluidos de perforación.</b> Lectura de: Gray, George Robert, Composition and properties of drilling and completion fluids. Capítulo II</p>	<p>Prueba escrita (1%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (2%)</p>

		<p>2.2.5. Tratamiento de residuos agroindustriales</p> <p>2.2.6. Tratamiento de aguas residuales urbanas.</p> <p>2.2.7. PCBs</p> <p>2.2.8. Compuestos organoclorados y organofosforados</p> <p>2.2.9. Cortes y ripios de perforación</p> <p>2.2.10. Lodos residuales industriales aceitosos</p>	<p>(1)Presentación Magistral</p> <p>(2)Cuestionario.</p> <p><b>(1)Laboratorio:</b> Aislamiento microbiano</p> <p><b>(1)Laboratorio:</b> Identificación y pruebas de tratabilidad</p> <p>(1)Taller</p>	<p>Gulf profesional Publishing.</p> <p>(2)Revisión de material de clase</p> <p><b>(2)Diagrama de flujo de operaciones unitarias en el manejo de residuos mineros;</b> Lectura de: Mine Wastes Characterization, Treatment and Environmental Impacts. 2010. Springer.</p> <p>(2) Redacción de informe</p> <p>(2) Redacción de informe</p> <p><b>(2)Caracterización de PCBs.</b> Lectura de: Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs) 2002</p>	<p>Prueba escrita (1%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (2%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (1%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (1%)</p> <p>Presentación en el taller en la fecha acordada (1%)</p>
#2	Organismos empleados en Biorremediación	<p>3.1. Bacterias</p> <p>3.2. Hongos y levaduras</p> <p>3.3. Actinomicetos</p> <p>3.4. Plantas</p> <p>3.5. Otros organismos</p>	<p>(1)Clase magistral</p> <p><b>(1)Laboratorio:</b> Aislamiento de Pseudomonas</p> <p><b>(1)Laboratorio:</b> Resistencia a metales pesados</p>	<p>(2)Revisión de material de clase</p> <p><b>(2)Tarea: Caracterización de Pseudomonas:</b> Pseudomonas Volume 6: Springer 2010.</p> <p>(2) Elaboración de informe</p> <p><b>(2)Caracterización de Rhodococcus:</b> BERGEY'S MANUAL OF</p>	<p>Prueba escrita (2%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (1%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de la práctica (1%)</p> <p>Informe: Entrega a los 8 días de la práctica (2%)</p>

			(1)Taller: Plantas fitorremediación	Systematic Bacteriology.  (2)Consulta: Plantas emergentes  Examen	Presentación en el taller en la fecha acordada. (2%) (15%)
<b>Reporte progreso 1 (30/10/2015)</b>					
<b>Semana 8-15 (04/10 al 09/01/2016)</b>					
	Metodologías de tratamiento	4.1. Compostaje 4.1.1. Pila estática 4.1.2. Pila venteadada 4.1.3. Compostaje anaeróbico 4.2. Landfarming 4.2.1. En plataforma cubierta 4.2.2. En piscina 4.2.3. En lechada 4.3. Bioventing 4.4. Bioflushing 4.5. Biorreactores 4.5.1. Anaerobios 4.5.2. Aeróbicos 4.6. Fitorremediación	(1)Clase magistral  (1)Clase magistral  (1) <b>Laboratorio:</b> Pruebas en microcosmos  (1) <b>Laboratorio.</b> Compostaje  (1)Taller: Fitorremediación	(2)Revisión de material de clase  (2) <b>Diagrama de flujo de operaciones unitarias de Biorremediación:</b> Cummings. Bioremediation Methods and Protocols. Humana Press.2010.  (2)Redacción del informe  (2)Redacción del informe  (2) <b>Informe de Sistemas de tratamiento por fitorremediación:</b> Handbook of phytoremediation. Nova Science Publishers. 2011.	Prueba escrita (1%)  Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (2%)  Prueba escrita (1%)  Informe de laboratorio a los 8 días de ejecutado (1%)  Informe de laboratorio a los 8 días de ejecutado (2%)  Presentación en el taller en la fecha acordada (2%)  Prueba escrita (1%)
#3	Cinética de la biorremediación y balance de masas	5.1. Pruebas de tratabilidad 5.2. Tasa de crecimiento bacteriano 5.3. Tasa de Biodegradación 5.4. Tiempo de vida media 5.5. Eficiencia 5.6. Consumo de nutrientes	(1)Clase magistral  (1) <b>Laboratorio:</b> Control de parámetros de proceso	(2)Revisión de material de clase  (2) <b>Análisis de la Bioestimulación y Bioaumentación:</b> Bioaugmentation, Biostimulation and Biocontrol. Springer. 2011.	Prueba escrita (1%)  Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (2%)



		5.7. Consumo de oxígeno 5.8. Balance de masas para procesos aerobios y anaerobios	(1)Taller: Factores que regulan la biorremediación	<b>(2)Informe de lectura:</b> Comparison of the effects of variable site temperatures and constant incubation temperatures on the biodegradation of petroleum hydrocarbons in pilot-scale experiments with field-aged contaminated soils from a cold regions site. (2011) 872–878	(1)Presentación en el taller en la fecha acordada (4%)  Prueba Escrita (1%)
				Examen	(15%)
<b>Reporte progreso 2 (18/12/2015)</b>					
	Bioseguridad y salud ocupacional	6.1. Marco de Bioseguridad 6.2. Ley Nacional de Bioseguridad 6.3. Evaluación del riesgo biológico 6.4. Bioseguridad en trabajos de biorremediación ambiental 6.5. Equipos de Bioseguridad	(1)Clase magistral  (1)Seminario: Marco de Bioseguridad  (1)Taller	<b>(2)Revisión de material de clase</b>  <b>(1)Interpretación de las normas de bioseguridad para ambiente:</b> MANUAL DE BIOSEGURIDAD EN EL LABORATORIO Tercera edición. OMS  <b>(2)Propuestas de Bioseguridad normativas para campo</b>	Prueba escrita (1%)  Informe: Entrega a los 8 días de enviado el trabajo (2%)  Presentación en el taller en la fecha acordada (2%)
#4	Estudio de casos	7.1. Tratamiento biológico de cortes y ripsos de perforación. 7.2. Tratamiento de lodos residuales aceitosos 7.3. Tratamiento de lodos residuales de planta de tratamiento de aguas industriales 7.4. Tratamiento de lodos residuales de planta refinadora de aceite de palma 7.5. Eliminación de V de lodos residuales	(1)Clase magistral  (1)Salida de observación  (1)Taller: Laguna de Papallacta	(2)Revisión de material de clase  (1)Informe de salida de campo  (2)Análisis caso Ecuavital (2)Informe sobre caso TEXACO	Prueba escrita (1%)  Informe: Entrega a los 8 días de la salida (1%)  Presentación en el taller en la fecha acordada (1%)

		industriales tratados mediante landfarming en plataforma 7.6. Tratamiento de suelos contaminados por derrame de la línea de flujo del pozo Shushuqui 13 7.7. Tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos con microorganismos antárticos	(1) Seminario: El Ecuador en la Antártida	(2) Análisis de memorias Antárticas	Informe a presentarse en la fecha del seminario (2%)
<b>Examen final</b>					<b>(20%)</b>

## 9. Normas y procedimientos para el aula

Nadie entra después del docente. La inasistencia del estudiante no justifica el desconocimiento del tema. Los trabajos deben ser entregados el día establecido, hasta las 24 horas. Se prohíbe el uso del celular durante las actividades de clases y laboratorio. Se exige participación activa de los alumnos en las clases, el proceso de enseñanza es de ida y vuelta. Las salidas de observación son obligatorias y los estudiantes deben cumplir con las normativas de seguridad. Los estudiantes reciben el cuestionario de preguntas para cada parcial y el examen final, no existen preguntas de opción múltiple todas son de razonamiento y análisis. Las prácticas de laboratorio son obligatorias, los estudiantes deben cumplir con las normativas de Bioseguridad.

## 10. Referencias bibliográficas

### 10.1. Principales.

- Surajit Das. (2014). Microbial Biodegradation and Bioremediation. Elsevier Inc.
- Stephen P. Cummings (2010). Bioremediation Methods and Protocols. Humana Press.
- Ivan A. Golubev. Editor (2011). Handbook of phytoremediation. Nova Science Publishers, Inc.

### 10.2. Referencias complementarias.

- Lesley-Ann Giddings, David J. Newman (2015). Bioactive Compounds from Terrestrial Extremophiles. Springer Cham Heidelberg New York.
- Lesley-Ann Giddings, David J. Newman (2015). Bioactive Compounds from Marine Extremophiles. Springer Cham Heidelberg New York.
- Lesley-Ann Giddings, David J. Newman (2015). Bioactive Compounds from Extremophiles Genomic Studies, Biosynthetic Gene Clusters, and New Dereplication Methods. Springer Cham Heidelberg New York.

- Joydeep Mukherjee. Editor (2015). Biotechnological Applications of Biodiversity. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

### 11. Perfil del docente

Nombre del docente: Miguel Ángel Gualoto

Msc. en Ciencias Biológicas, estudiante de programa de PhD en Biología de la Universidad de la Habana. Expedicionario de las XIV, XVI y XVII Misiones antárticas. Perito ambiental del Colegio de Peritos Profesionales de Pichincha. Director del Comité Asesor Científico de FUEMAR. Especialista en Biorremediación.

Email: [miguel.g62@yandex.ru](mailto:miguel.g62@yandex.ru). Teléfono celular: 0998778802. Horario de atención: miércoles de 13:30 a 14:30