



**Universidad de Buenos Aires**  
**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**  
**Comisión de Carrera de Ciencias Biológicas**

<http://cccbfcen.wixsite.com/cccb>

Int. Güiraldes 2620

Ciudad Universitaria - Pab. II, 4º Piso

CPA: C1428EHA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
 ARGENTINA.

☎: +54 11 4576-3349 / 5285-8665

I

**Asignatura: BIOTECNOLOGIA MICROBIANA AMBIENTAL**

Carrera: Licenciatura en Ciencias Biológicas	Código de la carrera: 05
	Código de la asignatura:
CARÁCTER:	Tache lo que no corresponde
Curso obligatorio de licenciatura (plan 2019)	<del>NO/SI</del>
Curso electivo/optativo de licenciatura (plan 2019)	Electivo/ <del>Optativo</del>

Duración de la asignatura (en semanas)	16
Cuatrimestre(s) en que dicta (indicar cuatrimestre o verano):	1
Frecuencia en que se dicta (cuatrimestral, anual, bianual, etc.)	Anual

ACTIVIDAD	Horas semanales	Número de semanas	Horas totales
Teóricas	4	16	64
Problemas			
Laboratorios	4	8	32
Seminarios			
Teórico- prácticos o Teórico-problemas	4	3	12
Salidas de campo			12
Carga horaria semanal máxima	8		
Carga horaria semanal mínima	4		
Carga horaria total:	120		

<b>Asignaturas correlativas:</b>	Microbiología
<b>Forma de Evaluación:</b>	Parciales Teóricos y Prácticos. Promoción/Final.

## OBJETIVOS II

El objetivo general de la materia es que los/las estudiantes comprendan como se aplican los conocimientos básicos de microbiología y química en procesos biotecnológicos diseñados para el cuidado y la remediación ambiental y la valorización de residuos.

Se busca que los/las estudiantes comprendan las bases científicas y tecnológicas del funcionamiento de los principales procesos biológicos utilizados para la eliminación de contaminantes en el ambiente, con énfasis en el tratamiento y valorización de residuos líquidos y sólidos.

Se estimulará el pensamiento crítico de modo de que el/la estudiante comprenda la importancia del uso de criterios de base científica para el diseño y manejo de procesos enfocados en la preservación del ambiente y la recuperación de recursos a partir de residuos.

El objetivo de los trabajos prácticos es ilustrar el funcionamiento de procesos biológicos y bioquímicos utilizados en procesos de biotecnología ambiental.

En las salidas de campo se busca familiarizar al estudiante con los desafíos implicados por el cambio de escala entre el laboratorio y la aplicación de procesos de biotecnología ambiental.

## CONTENIDOS MÍNIMOS (ya aprobados Anexo IV Plan 2019 )

Conceptos generales de la biotecnología ambiental: objetivos, bases científicas y tecnológicas. Metabolismo microbiano: catabolismo. Ciclos Biogeoquímicos de los elementos en la naturaleza. Ecología microbiana. Diversidad y estabilidad de ecosistemas microbianos. Aplicación de técnicas moleculares pre-genómicas y metagenómicas para el estudio de la diversidad microbiana y monitoreo de la biorremediación. Tratamiento de efluentes. Tratamiento en lagunas facultativas. Tratamientos aeróbicos de efluentes. Sistemas suspendidos: barros activados. Sistemas en *biofilms*: lechos percoladores. Sistemas híbridos: reactores de lecho de *biofilm* móvil (MBBR). Reactores biológicos de membranas (MBR). Eliminación de nitrógeno en efluentes. Oxidación anaeróbica de amonio. Proceso anammox: desarrollo y escalado. Eliminación biológica de fósforo. Proceso EBPR. Sistemas anaeróbicos para el tratamiento de efluentes. Sintrofismo entre bacterias fermentativas y arqueas metanogénicas. Nuevas tendencias en el tratamiento de efluentes. Reducción en el consumo de energía. Valoración de residuos: biotecnología de cultivos mixtos. Recuperación de recursos. Producción de bioplásticos. Conversión microbiana de sustratos orgánicos en fuentes de energía. Celdas de combustible microbiano. Tratamiento de residuos sólidos. Residuos sólidos urbanos. Digestión anaeróbica. Compostaje. Rellenos sanitarios. Tratamiento mecánico-biológico. Biocoberturas: el papel de los metanotrofos en la mitigación de emisiones de metano. Biorremediación de suelos contaminados. Biorremediación ex-situ: land-farming, biopilas, biorreactores. Biorremediación de mares y costas contaminadas. Fitorremediación, Rizorremediación. Aplicaciones ambientales de biosensores.

# PROGRAMA ANALÍTICO

## I. Introducción

### UNIDAD 1. Biotecnología Ambiental

Introducción a la biotecnología ambiental: conceptos generales, objetivos, bases científicas y tecnológicas. Criterios para la aplicación exitosa en la eliminación de contaminantes y recuperación de recursos. Barreras fisiológicas y regulatorias para la biorremediación. El problema de la escala. Aportes de la teoría para la innovación.

### UNIDAD 2. Metabolismo y ciclos biogeoquímicos

Diversidad metabólica en microorganismos. Rutas para la obtención de energía. Respiración aerobia. Fermentación. Metabolitos claves en bioenergética bacteriana. Requerimientos nutricionales. Producción de energía. Dadores y aceptores de electrones. Crecimiento bacteriano. Ciclos Biogeoquímicos de los elementos en la naturaleza: carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, hierro.

### UNIDAD 3. Ecología microbiana

Comunidades microbianas en biotecnología ambiental. Estimación de la diversidad bacteriana. Relación entre diversidad y función. Afinidad por sustrato y velocidad de reacción. Respuesta de las comunidades a los cambios en la disponibilidad de nutrientes. Enriquecimiento selectivo como mecanismo de adaptación en biotecnología ambiental. Ensamblado de comunidades microbianas.

### UNIDAD 4. Métodos en ecología microbiana

Aplicación de técnicas moleculares pre-genómicas (DGGE, t-RFLP, FISH) y metagenómicas para el estudio de la diversidad microbiana. Aplicación de métodos moleculares para la evaluación y monitoreo de la biorremediación: MAR-FISH (Microautorradiografía-hibridación in situ fluorescente, Stable Isotope Probing (SIP), Microscopía SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry).

## II. Tratamiento de efluentes

### UNIDAD 5: El problema de la contaminación

Demanda de oxígeno. Autodepuración de cuerpos de agua. Biotecnología para la reducción de la demanda de oxígeno.

### UNIDAD 6: Lagunas de estabilización

Biología de lagunas facultativas. Variaciones de oxígeno y pH. Efecto de la temperatura. Diversidad de algas en lagunas facultativas. Ciclo de azufre en lagunas facultativas. Factores hidráulicos. Estudios con trazadores. Lagunas de maduración. Mecanismos de eliminación de patógenos. Lagunas aireadas.

### UNIDAD 7: Humedales artificiales

Flujo superficial y sub-superficial. Flujo vertical. Procesos biológicos y fisico-químicos en humedales. Desarrollos actuales y consideraciones futuras. Humedales electroquímicos.

### UNIDAD 8: Barros activados

Procesos con retención de biomasa. Historia de los barros activados. Proceso convencional. Reactor secuencial en *batch* (SBR). Reactor biológico con membrana (MBR). Estructura y composición del floc microbiano. Composición y dinámica de la comunidad microbiana en barros activados. Ensamblado de comunidades en barros activados. Relación entre metabolismo bacteriano y propiedades del floc. Bacterias filamentosas. Teorías para explicar el exceso de crecimiento de bacterias filamentosas. Sucesión de meso fauna en barros activados.

### UNIDAD 9: Procesos en *biofilms*

Lechos percoladores. Factores que afectan el tratamiento en biofilm. Materiales de relleno. Reactores biológicos rotativos de contacto (RBC). Sistemas híbridos: reactores de lecho de biofilm móvil (MBBR).

### UNIDAD 10: Eliminación biológica de nitrógeno

Por qué es necesario eliminar nitrógeno de los efluentes. Bacterias oxidantes de amonio. Bacterias oxidantes de nitrito. Diversidad en biorreactores nitrificantes. Factores que afectan la nitrificación. División de la labor metabólica en nitrificación. Nitrificación completa por *Nitrospira*. Genómica de *Nitrospira*. Desnitrificación. Proceso Ludzack-Ettinger modificado. Oxidación anaeróbica de amonio. Proceso anammox: desarrollo y escalado. Genómica de bacterias anammox.

#### **UNIDAD 11: Eliminación biológica de fósforo.**

Por qué es necesario eliminar fósforo de los efluentes. Proceso EBPR. Bacterias acumuladoras de fosfato (PAO): Genómica y proteómica de *Accumulibacter phosphatis*. Competencia por bacterias acumuladoras de glucógeno (GAO).

#### **UNIDAD 12: Procesos anaeróbicos**

Microbiología de la formación de biogás. Hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis, metanogénesis. Sintropismo entre bacterias fermentativas y arqueas metanogénicas. Bacterias reductoras de sulfato. Proceso UASB. Balance de DQO. Reactores de lecho granular expandido (EGSB). Barro granular. Mecanismos de granulación. Influencia de la diversidad sobre la estabilidad y el rendimiento del proceso. Tratamiento anaeróbico de efluentes municipales: ventajas y limitaciones.

#### **UNIDAD 13: Fagos en procesos de biotecnología ambiental**

Bacteriofagos en comunidades naturales microbianas. Impacto de los fagos sobre las poblaciones y comunidades microbianas. Técnicas de análisis de fagos. Biogeografía de fagos. Ciclos de vida de los fagos. Lisis viral y ciclos biogeoquímicos. El concepto de bucle microbiano. Hipótesis “kill the winner”. Relevancia de distintos mecanismos de resistencia en relación a la densidad y diversidad en el ambiente.

Participación de fagos en el control de la abundancia, actividad y composición de bacterias en ecosistemas microbianos que prestan servicios ambientales. Evidencias experimentales en barros activados en apoyo de los modelos para describir interacción fago-hospedero. Uso de fagos líticos en bio-control de bacterias filamentosas y para limpieza de membranas en procesos MBR.

#### **UNIDAD 14: Nuevas tendencias en el tratamiento de efluentes**

Problemas de sustentabilidad en el tratamiento de efluentes. La importancia del contexto en la toma de decisiones. Métodos para capturar la energía química y recuperar nutrientes contenida en los efluentes. Sistemas de tratamiento auto-suficientes en energía. Barro granular aeróbico. Sistemas bioelectroquímicos. Comparación con procesos anaeróbicos. El agua como recurso. Re-uso directo de agua tratada.

### **III. Residuos sólidos**

#### **UNIDAD 15: Tratamiento de residuos sólidos urbanos**

Características de residuos sólidos urbanos (RSU). Gestión Integral de RSU. Gestión de la fracción orgánica (FORSU). Rellenos sanitarios. Tratamiento mecánico-biológico (TMB). Recuperación de biogás y producción de electricidad en rellenos sanitarios.

#### **UNIDAD 16: Biocoberturas**

Balance de masa de metano en rellenos sanitarios. Medición con trazadores. Biocoberturas de rellenos sanitarios. El papel de los metanotrofos en la mitigación de emisiones de metano de los rellenos sanitarios.

#### **UNIDAD 17: Compostaje de residuos orgánicos**

Fases del proceso. Influencia de la aireación, la humedad, el tamaño de partícula y la relación carbono:nitrógeno sobre la actividad microbiana. Tecnologías de compostaje. Calidad y uso del compost. Aplicación para biosólidos.

#### **UNIDAD 18: Digestión anaeróbica de residuos orgánicos**

Producción de biogás a partir de sustratos orgánicos. Diseño y optimización del proceso de digestión. Digestión en batch: potencial de metano bioquímico (BMP). Producción continua de biogás a escala de laboratorio. Esquema general de una planta de digestión anaeróbica. Pretratamiento de residuos

orgánicos. sanitización. Tratamiento del biogás según el uso. Métodos de desulfurización biológica. Factores físicos, químicos y biológicos que afectan la digestión anaeróbica. Co0digestión. Digestión termofílica. Calidad y uso del digestato.

#### **UNIDAD 19: Producción microbiana de bioplásticos**

Bioplásticos: los polihidroxialcanoatos (PHA). Biosíntesis de PHA. Tipos de tipos de PHA sintetas o polimerasas. Proceso de producción de PHA por cultivos puros. Uso de cultivos mixtos: ciclos aeróbicos anaeróbicos (EBPR). Exceso y limitación de C. Producción sostenible de PHA.

#### **UNIDAD 20: Bioenergía**

Producción de energía a partir de recursos renovables. Energías limpias vs. energías renovables. Materias primas alternativas. Biorefinerías. Biodiesel.

### *IV. Biorremediación*

#### **UNIDAD 20: Biorremediación de suelos contaminados**

Niveles de complejidad bióticos y abióticos asociados a la biorremediación. Factores que afectan el transporte de agua y nutrientes en la subsuperficie. Procesos que afectan la disponibilidad de contaminantes en suelos. Aceptores de electrones. Biorremediación ex-situ: land-farming, biopilas, biorreactores. Lechos biológicos (biobeds) para degradación de pesticidas.

#### **UNIDAD 21: Biorremediación de mares y costas contaminadas**

Análisis en microcosmos. Escalado. Bioestimulación de sedimentos costeros: el caso del Exxon Valdez. Contaminación de profundidades marinas. Uso de dispersantes: el caso del Golfo de México. Aplicación de análisis metagenómicos y metaproteómicos al monitoreo de comunidades microbianas autóctonas. Microarreglos de genes funcionales.

#### **UNIDAD 22: Fitorremediación, Rizorremediación**

Principios de la fitorremediación. Fitorremediación asistida por microorganismos. Biocontrol. Biofertilización. Fitoestimulación. El papel de la colonización bacteriana de la rizosfera. El papel de los microorganismos en fitorremediación. Comparación de la fitorremediación con otras estrategias de remediación. Aplicaciones en la remediación de suelos contaminados con metales e hidrocarburos.

#### **UNIDAD 23: Diagnóstico de contaminación ambiental. Biosensores**

Propiedades de los biosensores. Aplicaciones de los biosensores. Biosensores enzimáticos. Biosensores Electroquímicos Amperométricos: electrodo de oxígeno. Biosensores potenciométricos. Biosensores termométricos. Biosensores Piezoeléctricos: "narices bioelectrónicas". Biosensores Piezoeléctricos. Biosensores ópticos. Biosensores microbianos.

## **BIBLIOGRAFIA III**

### **Libros recomendados:**

- Bruce E. Rittman & Perry L. McCarty (2001) *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*; McGraw-Hill, Boston, MA.
- Hans-Joachim Jordening & Josef Winter, eds. (2005) *Environmental Biotechnology: Concepts and Applications*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Gareth M. Evans & Judith C. Furlong (2003) *Environmental Biotechnology: Theory and Application*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England
- C.P. Leslie Grady, Jr., Glen T. Daigger, Nancy G Love, Carlos D.M. Filipe (2011) *Biological Wastewater Treatment: 3rd Edition*; IWA Publishing, Colchester, UK
- Heribert Insam; Ingrid Franke-Whittle; Marta Goberna, Eds. (2010) *Microbes at Work: From Wastes to Resources*. Springer-Verlag, Berlin

Se utilizarán revisiones, y artículos científicos que aparecen en las revistas internacionales de investigación sobre microbiología aplicada, ecología microbiana y biotecnología ambiental:

ISME Journal, Nature Publishing Group; ISSN: 1751-7362 - <https://www.nature.com/ismej/>  
Environ Sci Technol, ACS Publications; ISSN: 0013-936X - <https://pubs.acs.org/toc/esthag/52/1>  
Water Research, Elsevier; ISSN: 0043-1354 - <https://www.journals.elsevier.com/water-research>  
Bioresource Technology, ISSN: 0960-8524- <https://www.journals.elsevier.com/bioresource-technology>  
Waste and Biomass Valorization, ISSN: 1877-2641- [www.springer.com/engineering/journal/12649](http://www.springer.com/engineering/journal/12649)  
Environmental Microbiology, ISSN: 1462-2920 - <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/14622920>  
Applied and Environmental Microbiology, ASM Press; ISSN: 1098-5336 - <http://aem.asm.org/>  
Current Opinion in Biotechnology; ISSN: 0958-1669 - <https://www.journals.elsevier.com/current-opinion-in-biotechnology>

<b>Profesores/as a cargo:</b>	Leonardo Erijman, Nancy Lopez	
<b>Firmas</b>	<b>y</b>	<b>Fecha: 23 de mayo de 2018</b>
<b>Aclaraciones</b>		

## ANEXO I

### CONTENIDOS DESGLOSADOS **IV**

#### **a) Clases de Problemas**

No contemplado en la presente propuesta.

#### **b) Prácticos de Laboratorio**

1. Composición y cuantificación de la diversidad en ecosistemas

*Que el alumno evalúe la diversidad genética de las poblaciones de microorganismos potencialmente degradadores de fenol en suelos. Que el alumno compruebe el sesgo en el análisis de la diversidad introducido por medio de utilización de técnicas clásicas de aislamiento en el laboratorio*

2. Microscopía de barros activados

*Que el alumno aprenda a evaluar la calidad microbiológica de barros activados mediante técnicas de microscopía*

3. Celdas microbianas de combustible

*Que el alumno afiance conceptos sobre la producción de energía eléctrica renovable mediante el uso de microorganismos. Que le alumno arme una celda de combustible microbiana de dos compartimentos (MFC) y una celda de combustible microbiana del tipo sedimentaria (SMFC). Que el alumno compare ambas celdas respecto a producción de energía y aplicaciones biotecnológicas*

4. Ensayo para determinación de la producción potencial de biometano (BMP)

*Que el alumno compare la capacidad de producción de metano de tres sustratos orgánicos*

#### **c) Seminarios**

*Si bien no hay clases especiales de Seminarios, los alumnos se ejercitan en la comprensión de aspectos críticos de las temáticas de la materia ((por ejemplo bioenergía, rizorremediación y digestión anaeróbica), a través de discusiones de publicaciones seleccionadas por los docentes, intercaladas en las clases teóricas.*

#### **d) Teórico-Práctico o Teórico-Problemas**

*Que el alumno adquiera, a partir de experiencias de campo, la capacidad de aplicar los principios y conceptos de biotecnología ambiental para dar soluciones a problemas reales.*

#### **e) Salidas de campo/viajes<sup>V</sup>.**

1. Planta depuradora Norte (AYSA)

*Que el alumno conozca uno de los principales procesos aeróbicos utilizados para el tratamiento de efluentes cloacales*

2. Planta de tratamiento de efluentes Smurfit-Kappa

*Que el alumno conozca uno de los principales procesos anaeróbicos-aeróbicos utilizados para el tratamiento de efluentes industriales*

3. Complejo Ambiental Norte III (CEAMSE)

*Que el alumno conozca algunos de los procesos utilizados para el tratamiento de residuos sólidos urbanos, incluyendo el tratamiento mecánico-biológico (TMB) y la generación de electricidad a partir del biogás producido en el relleno sanitario*



ANEXO II Adjuntar un ejemplo del cronograma de la Materia, o de los cronogramas en caso de que tenga distintas formas (cuatrimestrales, verano, etc.) <sup>VI</sup>

Semana	Fecha	LUNES: Teóricos 7:00-21:00hs Aula 12 (EP) TPs: Laboratorio	Fecha	MIÉRCOLES: Teóricos 7:00-21:00hs Aula Cardini TPs: Laboratorio ADI
1	Mar-19	TEORICA: Introducción a la Biotecnología Ambiental (Dr. Erijman)	Mar-21	TEORICA: Metabolismo microbiano y ciclos de los elementos (Dra. Lopez)
2	Mar-26	TEORICA: Ecología Microbiana (Dr. Erijman)	Mar-28	TP: Diversidad microbiana y Cultivo
3	Apr-02	FERIADO	Apr-04	TP: Diversidad microbiana y Extracción ADN
4	Apr-09	TP: Diversidad microbiana y PCR	Apr-11	TP: Diversidad microbiana y Electroforesis, discusión/evaluación
5	Apr-16	TEORICA: Introducción al Tratamiento de efluentes. Lagunas de estabilización (Dr. Erijman)	Apr-18	TEORICA: Barros Activados (Dr. Erijman)
	Apr-20	VIERNES: 8:00-12:00: SALIDA DE ESTUDIO: Planta Depuradora Norte (AYSA)		
6	Apr-23	TEORICA: Tratamiento de efluentes en biofilms (Dr. Erijman)	Apr-25	TEORICA: Sistemas biológicos para remoción de fósforo y nitrógeno de los efluentes (Dr. Erijman)
7	Apr-30	FERIADO	May-02	TEORICA: Procesos anaeróbicos: UASB, GSB (Dr. Erijman)
8	May-07	TP: Microscopía de Barros Activados	May-09	TEORICA: Fagos en procesos de biotecnología ambiental (Dra. Lopez/Dr. Erijman)
	May-14	LUNES: 8:00-12:00: SALIDA DE ESTUDIO: Smurfit Kappa		
9	May-14	TEORICA: Nuevas tendencias en tratamiento de efluentes (Dr. Erijman)	May-16	TEORICA: Biosensores en biotecnología ambiental (Dr. Cortón)
10	May-21	TEORICO/PROBLEMAS: Problemas y consultas (Dra. Lopez/Dr. Erijman)	May-23	17:00hs PRIMER PARCIAL
11	May-28	TP: Celdas de combustible microbianas (MFC)	May-30	TEORICO/PROBLEMAS: Bioenergía (Dra. Ruzal)
12	Jun-04	TEORICA: Bioplásticos (Dra. Lopez)	Jun-06	TEORICA: Digestión anaeróbica de residuos orgánicos (Dr. Erijman)
13	Jun-11	TP: Potencial de biometanización (BMP)	Jun-13	TEORICA: Tratamiento de residuos sólidos (Dr. Erijman)
	Jun-14	LUNES: 8:00-12:00: SALIDA DE ESTUDIO: Complejo Ambiental Norte III (CEAMSE)		
14	Jun-18	TP: Tierra MFC y BMP	Jun-20	FERIADO
15	Jun-25	TEORICA: Biorremediación (Dr. Erijman)	Jun-27	TEORICA: Rizorremediación (Dra. Lopez)
16	Jul-02	TEORICO/PROBLEMAS: Discusión general y consultas (Dra. Lopez/Dr. Erijman)	Jul-04	17:00hs SEGUNDO PARCIAL

Notas:

<sup>I</sup> El contenido de este documento se ratificará o rectificará bianualmente

<sup>II</sup> Objetivos: redactados en función de los aprendizajes buscados (no en función de lo que los docentes hacen para alcanzar esa meta). Por ejemplo, la redacción de cada objetivo debería comenzar con alguna frase como “Que los/as estudiantes sean capaces de... conozcan... comprendan..., etc.”.

Por favor evitar frases *imprecisas* (ej.; “Se hará énfasis en las distintas estrategias y en las distintas metodologías de estudio”) o *incorrectas* (ej.; “El docente fomentará...)

Si un el objetivo es que el/la estudiante priorice el espíritu crítico sobre dogmas, entonces, debería estar redactado de ese modo, en términos de lo que debe lograr el/la estudiante. Si se incluyen estos objetivos cognitivos de largo plazo como el anterior deben ser coherentes con las actividades y evaluaciones que permitan alcanzar los mismos. Para la elaboración y/o redacción de los objetivos puede consultar al CEFIEC a través de los emails: [emeinardi@gmail.com](mailto:emeinardi@gmail.com) o [leomgalli@gmail.com](mailto:leomgalli@gmail.com)



---

<sup>III</sup> Bibliografía obligatoria. De manera optativa bibliografía sugerida para ampliar temas.

<sup>IV</sup> De acuerdo a lo indicado en los ítems de “Actividad”: Títulos y muy breve descripción del tema a desarrollar, de 160 caracteres como máximo.

<sup>V</sup> Máximo: 320 caracteres.

<sup>VI</sup> Los cronogramas pueden ser enviado en cualquier formato.