

|  |
| --- |
| **NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE**  **FUNDAMENTOS DE LA BIOTECNOLOGIA E INGENIERIA AMBIENTALES (TRONCO COMÚN)** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **CICLO** |  | **CLAVE DE LA ASIGNATURA** |
| PRIMER SEMESTRE |  |  |

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Nuestra sociedad moderna ha comprometido el balance de los ecosistemas, por lo que la preservación del medio ambiente depende del adecuado manejo de la energía y los recursos naturales, así como de la gestión eficiente de los residuos. Dado que la Biotecnología e Ingeniería Ambiental tienen como objetivo usar sistemas biológicos, físicos y químicos para la preservación y remediación de nuestro medio ambiente, resulta pertinente estudiar algunos conceptos en los que se basan estas disciplinas.

Este curso cubre el estudio de varios procesos biológicos, físicos y químicos que ocurren en la naturaleza y que son optimizados por la Biotecnología y la Ingeniería Ambiental. La asignatura tiene dos objetivos. El primero es proporcionar a los estudiantes conocimientos sobre los fundamentos termodinámicos, energéticos, cinéticos y químicos necesarios para comprender los procesos fisicoquímicos involucrados en las transformaciones químicas y bioquímicas en las rutas metabólicas relevantes en procesos ambientales. El segundo objetivo es emplear los conceptos presentados en la primera parte del curso para explicar los procesos y estrategias empleados para la remediación y prevención de la contaminación ambiental mediante los fundamentos abordados en la primera parte.

Al final del curso, el alumno tendrá un conocimiento sólido de los procesos involucrados en la preservación o remediación de sistemas ambientales desde el punto de vista de la Ingeniería y la Biotecnología.  A lo largo de las seis unidades se asignarán casos de estudio a desarrollar por los estudiantes en donde deberán revisar y aplicar los conceptos teóricos cubiertos en clase.

**TEMAS Y SUBTEMAS**

**UNIDAD 1. Procesos químicos en equilibrio en la naturaleza (5 sesiones)**. Se revisan los principios termodinámicos que gobiernan las reacciones químicas reversibles, y como se pueden aplicar en el estudio de procesos de relevancia ambiental, tanto de sistemas naturales como construidos. Se revisan los equilibrios de solubilidad, ácido base y complejación en sistemas de aguas naturales y sistemas para el tratamiento de agua.

1. Introducción a las ciencias ambientales

1.1. Ambiente y ciencias ambientales

1.2. Procesos químicos naturales en la biosfera

1.3. Procesos químicos asociados a procesos de contaminación

2. Reacciones químicas en equilibrio

2.1. Energía libre de Gibbs y expresiones de equilibrio en reacciones químicas

2.2. Equilibrio ácido -base

2.3. Equilibrios de solubilidad y formación de complejos

2.4. Equilibrios simultáneos y su solución utilizando programas de modelado químico

3. Estudios de caso

3.1. Flint Water Crisis Caused By Interrupted Corrosion Control: Investigating “Ground Zero” <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04034>.

3.2. Bioavailability of trace metals to aquatic microorganisms: importance of chemical, biological and physical processes on biouptake <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.09.008>

3.3. The sensitivity of water chemistry to climate in a forested, nitrogen-saturated catchment recovering from acidification <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.014>

**UNIDAD 2. Velocidades de procesos químicos y biológicos en la naturaleza (5 sesiones)**. Se presentan los principios de la cinética química y su aplicación a reacciones enzimáticas y al crecimiento microbiano. Se discuten estudios de caso relevantes al tratamiento de suelos contaminados y de efluentes.

1. Cinética Química

1.1. Conceptos básicos de cinética (constante de velocidad y orden de reacción)

1.2. Ecuaciones de velocidad de reacción: primer orden, segundo orden y n-orden

1.3. Análisis de resultados cinéticos (método integral, método diferencial, método de vida mediaI)

1.4. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de la reacción

1.5. Molecularidad y mecanismos de reacción.

2. Cinética Enzimática

2.1. Catálisis enzimática (energía de activación y formación del complejo activado)

2.2. Cinética de Michaelis-Menten

2.3. Inhibición Enzimática

2.4. Efecto de la temperatura y pH

3. Cinética Microbiana

3.1. Cinética de crecimiento de Monod

4. Estudios de caso. Las lecturas pueden cambiar de curso a curso.

4.1. Evaluation of the kinetic oxidation of aqueous volatile organic compounds by permanganate <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713013491?via%3Dihub>

4.2. Kinetics investigations of oxidation of chlorophenols by permanganate <https://academicjournals.org/article/article1380016223_Hossain%20and%20McLaughlan.pdf>

4.3. Caracterización cinética y aplicaciones biotecnológicas de peroxidasas. Tesis doctoral. Magdalena Parra Carrillo. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/128667#page=1>

**UNIDAD 3. PROCESOS DE OXIDO-REDUCCIÓN EN SISTEMAS NATURALES (5 sesiones).** Revisar los conceptos básicos de las reacciones de reducción-oxidación y su aplicación a sistemas naturales.

1. Conceptos

1.1. Actividad de electrones (pE)

1.2. Reacciones químicas redox y su relación con el estado de oxidación de una sustancia

1.3. Balanceo de reacciones redox

1.4. Semi-reacciones redox

1.5. Celda electroquímica para el estudio de reacciones redox

1.6. Ley de Nerst y su relación con el equilibrio químico

1.7. Electrodo normal de hidrógeno y potencial de referencia

1.8. Potencial redox estándar, E°

1.9. Escala de potenciales redox y su uso

2. Relaciones en E°, K y ΔG°

2.1. Cálculo de constante de equilibrio, energía libre a partir del potencial redox

2.2. Tendencia de la reacción redox o espontaneidad de la reacción

2.3. Efecto de la concentración en el potencial de semireacción y potencial de celda

2.4. Relación entre pE°, energía libre y pH

2.5. Reacciones en términos de equivalentes de electrones

2.6. Valores de e y pE en sistemas de aguas naturales

2.7. Diagramas de pE – pH, su construcción y su uso en sistemas ambientales

3. Estudios de caso.

3.1. Corrosión y su impacto en el ambiente

3.2. Relación entre E°, K, ΔG, y pH en sistemas biológicos

3.3. Reacciones redox en sedimento

3.4. Oxidación electroquímica de contaminantes orgánicos

<https://www.youtube.com/watch?v=buOtQOrvLbE>

<https://www.youtube.com/watch?v=xbJ0nbzt5Kw>

<https://www.youtube.com/watch?v=tFr_70x5e-c>

**UNIDAD 4. FLUJOS DE ENERGÍA EN SISTEMAS BIOLÓGICOS (5 sesiones).** Revisar los conceptos básicos de las reacciones REDOX y de las rutas metabólicas que permiten la generación de energía a nivel celular y sus aplicaciones a sistemas microbianos.

1. Generación y captura de energía en la célula

1.1. Cadenas transportadoras de electrones

1.2. Moléculas energéticas (ATP, NADH y NADPH)

1.3. Fosforilación oxidativa

2. Metabolismo celular y diversidad metabólica

2.1. Glucólisis

2.2. Ciclo de Krebs

2.3. Fotosíntesis: Fase clara y Ciclo de Calvin

2.4. Overview: Diversidad metabólica

3. Estudios de caso

3.1. Lectura relacionada con las cadenas de transporte y la importancia de la bioenergética (cambia cada vez)

3.2. Video: la ATPasa en acción

<https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/cellular-respiration-ap/v/atp-synthase>

**UNIDAD 5. Balances globales de materia y energía (3 sesiones).** Revisar los ciclos biogeoquímicos desde la ecología microbiana y su rol en el macroecosistema.

1. Intercambio de materia y energía

1.1. Circulación de carbono en la tierra impulsado por funciones ecosistémicas microbianas

1.2. Circulación de nitrógeno en la tierra impulsado por funciones ecosistémicas microbianas

1.3. Circulación del fósforo y azufre impulsado por las funciones ecosistémicas bacterianas

2. Estudios de caso

2.1. Ciclos biogeoquímicos y resiliencia bacteriana

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2014.00103/full>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2012.00078/full>

<https://www.khanacademy.org/science/high-school-biology/hs-ecology/hs-biogeochemical-cycles/v/carbon-cycle>

**UNIDAD 6. REMEDIACIÓN AMBIENTAL (9 sesiones).** Se describe el uso de los procesos presentados en las unidades precedentes para el tratamiento fisicoquímico y biológico de contaminantes presentes en agua, suelo y aire.

1. Procesos fisicoquímicos (3 sesiones)

1.1. Precipitación

Definición de precipitación

Diagrama de precipitación

Importancia de los diagramas de especiación

Ejemplos de precipitación en ingeniería ambiental, biotecnología y ecología

<http://www.bioaggil.com/documentos/importancia%20del%20Ph%20bioaggil.pdf>

1.2. Coagulación

Definición de coagulación

Estabilización y desestabilización de partículas

Fuerzas electrostáticas en el proceso de coagulación

Ejemplos de coagulación en la purificación de efluentes acuosos

<https://studylib.es/doc/4512840/11.-fuerzas-intermoleculares>

1.3. Sorción

Definición de adsorción y absorción

Equilibrio químico en el proceso de sorción

Ejemplos de materiales adsorbentes

Ejemplo de aplicaciones en fase gaseosa y líquida

<https://www.youtube.com/watch?v=aubOoOY9T5E>

1.4. Partición

Definición del coeficiente de reparto para una sustancia neutra y para una sustancia ionizada

Aplicación del coeficiente de reparto para determinar la movilidad de un fitosanitario en suelo

Ejemplos de ecuaciones empíricas que relacionan el coeficiente de reparto con otros parámetros que caracterizan al fitosanitario

Ejemplos de sustancias orgánicas ionizables consideradas contaminantes emergentes y sus valores de coeficiente de reparto

<https://www.youtube.com/watch?v=udDDQuO4Mh8>

<https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/4686/2014_Fairbairn_Sediment.pdf>

1.5. Volatilización

Definición del proceso de volatilización

Ley de la constante de Henry

Factores que afectan la volatilidad de un fitosanitario

Ejemplos de casos de estudios de la partición y la volatilización

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128096659098803>

<https://www.youtube.com/watch?v=QrdS8u38mfY>

1.6. Oxidación avanzada

Definición y lista de procesos avanzados de oxidación como alternativas para la degradación de compuestos orgánicos persistentes considerados contaminantes emergentes

Ejemplos de mecanismos de generación del radical OH

Ejemplos de mecanismos de acción oxidativa del radical OH sobre compuestos orgánicos considerados residuos peligrosos

<https://www.youtube.com/watch?v=prP2sEMk9JU>

<https://www.youtube.com/watch?v=tq6LepTRbv8>

<https://www.youtube.com/watch?v=n_Fvt3sDs3Q>

2. Procesos biológicos (2 sesiones)

2.1. Procesos anaerobios

Microbiología y metabolismo anaerobio

Estequiometria y energética

Biodegradabilidad anaerobia, inhibición y toxicidad

Algunas configuraciones básicas de procesos anaerobios

2.2. Procesos aerobios

Fundamentos, microbiología y metabolismo aerobio

Estequiometria y energética

Biodegradabilidad aerobia

Procesos convencionales aerobios

Sistemas híbridos: aerobios/anaerobios, anaerobios/anóxicos/aerobios

3. Remediación ambiental (4 sesiones)

3.1. Agua

Tipos y fuentes de contaminantes en agua (COVs, contaminantes emergentes, “dirty dozen”, etc.)

Efectos en la salud y el medio ambiente

Legislación en materia de contaminantes en el agua

Tecnologías de tratamiento para la remoción de contaminantes en el agua

3.2. Suelos

Tipos y fuentes de contaminantes en el suelo (petróleo, solventes, agroquímicos, etc.)

Efectos en la salud y el medio ambiente

Legislación en materia de contaminantes en el suelo

Tecnologías de tratamiento para la remoción de contaminantes en el suelo

3.3. Aire

Contaminantes del aire

Legislación en materia de emisiones

Efectos en la salud y en el medio ambiente

Tecnologías de tratamiento de emisiones

3.4. Estudios de caso. Podrán cambiar de curso a curso

Producción de biogás (biorefinerías)

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2020/ew/c9ew00905a>

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2019.1634456>

Remoción de fósforo (recuperación de nutrientes)

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/575>

<https://www.vermicon.com/wastewater/case-studies/biological-phosphorous-removal>

**ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Los contenidos serán impartidos mediante exposiciones audiovisuales por los profesores a cargo de las distintas unidades. La aplicación de los conceptos aprendidos a la solución de problemas ambientales se logrará mediante tareas y ejercicios, que los alumnos deberán de entregar en las fechas estipuladas. Además, se abordarán casos de estudio después de la revisión de cada tema o grupo de temas, consistentes en la presentación de videos, documentales y análisis de artículos científicos relacionados a temas de Ingeniería Ambiental y Biotecnología.

Asimismo, para fomentar el trabajo multidisciplinario, los estudiantes formarán equipos con el fin de resolver problemas y realizar presentaciones de manera conjunta. El estudiante deberá dedicar un total de 192 hs a esta asignatura, de las cuales 64 serán presenciales y las restantes 128 hs estarán dedicadas a la lectura de textos, resolución de tareas, y escritura de ensayos y proyectos (créditos totales = 12).

**CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Los estudiantes serán evaluados en base a los siguientes criterios:

* Cada profesor responsable de cada unidad establecerá los criterios de evaluación, incluyendo los porcentajes asignados a cada actividad (tareas, trabajo en grupo, examen).
* Los exámenes de cada unidad serán aplicados de acuerdo al calendario que se dará a conocer a los alumnos desde el inicio del curso
* La calificación final de la materia se obtendrá del promedio de las 6 unidades evaluadas.

Es importante considerar que la asistencia a clases y la puntualidad son requisitos indispensables para tener derecho a los exámenes. Para aprobar y acreditar la materia el estudiante deberá obtener una calificación final mínima de 7.0, considerando una escala de calificación de 1.0 a 10.0.

**LIBROS DE TEXTO:**

* Peter Atkins and Julio de Paula. Elements of Physical Chemistry. 5th Ed (o posterior)
* Stanley Manahan. Environmental Chemistry. 7ª. Ed. (o posterior)
* Chang, R. (2005) Physical Chemistry for the Biosciences. University ScienceBooks, USA.
* Vazquez-Duhalt, R. (2002) Termodinámica Biológica. AGT Editor, México.
* Maier, R.M., Pepper, I.L., Gerba, C.P. (2009) Environmental Microbiology. Elsevier, USA.
* Madigan, M.T., Martinko, J.M. Brock. Biology of Microorganisms. Eleventh edition (o cualquiera otra) Prentince Hall.
* Masters, G.M., Ela, W. (1991) Introduction to Environmental Engineering and Science. Prentice Hall, USA.
* Mihelcic, J.R. (1999) Fundamentals of Environmental Engineering. John Wiley&Sons, USA.
* Crittenden, C.J., R.R. Trussell, D.W. Hand, K.J. Howe, G. Tchobanoglous (2012) Water Treatment: Principles and Design, 3rd ed. John Wiley & Sons, UK.
* Metcalf & Eddy Inc., G. Tchobanoglous, H.D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton (2013) Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery 5th ed. McGraw-Hill, USA.
* Twardowska, I., Allen, H.E., Häggblom, M.M., Stefaniak, S. Eds. (2006). Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation.