UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Denominación de la actividad académica (completa):_ **BIOGEOQUÍMICA Y ECOLOGÍA MICROBIANA MARINA**

Clave: *(no llenar)*	**Semestre: 2024-2**	**Campo de conocimiento:** **Ecología** **Manejo Integral de Ecosistemas**	**Número de Créditos: 8**

Carácter: OPTATIVA	**Horas**		**Horas por semana**	**Horas por semestre**
	Teóricas **60**	**Prácticas** **4**	**4 h por semana**	**64 h al semestre**

Modalidad: CURSO	**Duración del curso: SEMESTRAL** *(indicar si la duración es semestral u otro)*

Seriación indicativa u obligatoria antecedente, si es el caso: No aplica

Seriación indicativa u obligatoria subsecuente, si es el caso: No aplica

Objetivo general: Ofrecer al alumno los fundamentos básicos de los procesos biogeoquímicos y la importancia de la diversidad microbiana en la ecología y los ciclos de nutrientes en los ecosistemas marinos, así como su relación con las actividades humanas y las consecuencias de la alteración de la diversidad microbiana y del equilibrio biogeoquímico marino en el cambio climático global y el mantenimiento de los ecosistemas marinos.

Objetivos específicos:
Que al final del curso el alumno sea capaz de:
1. Conocer la taxonomía microbiana y la enorme diversidad metabólica de los microorganismos acuáticos.
2. Tener una visión global y actualizada de la importancia de las comunidades microbianas en el control de los ciclos de nutrientes de los ecosistemas marinos y su impacto en el equilibrio de la biosfera y en la dinámica global del planeta.
2. Conocer los principios fundamentales de la estructura, dinámica y distribución de las comunidades microbianas en los ecosistemas marinos, así como las interrelaciones entre las comunidades acuáticas y el medio en el cual viven.
3. Tener una visión general de la implicación de los microorganismos en el manejo sostenible de los ecosistemas marinos.
4. Analizar la literatura científica relacionada con la ecología microbiana y la biogeoquímica acuática.
5. Conocer los diferentes métodos de análisis de los ciclos de nutrientes y las nuevas técnicas para el estudio de la ecología microbiana acuática.
6. Diseñar estrategias y metodologías de análisis de las comunidades microbianas marinas para aplicar criterios conducentes a la posible resolución de problemas actuales ligados al cambio climático global, eutrofización, zonas muertas y la contaminación de los sistemas marinos mexicanos, entre otros.

Temario	**Horas**	
	Teóricas	**Prácticas**
Unidad 1: Condiciones generales del ambiente marino 2.1. Conceptos básicos: El ciclo hidrológico, el dominio pelágico, zonas eufótica y afótica, puntos de compensación y crítico, termoclina, picnoclina, capas de agua. 2.2. Condiciones físicas: luz y temperatura. 2.3. Condiciones químicas: salinidad, oxígeno y nutrientes. 2.4. Dinámicas: corrientes, mareas, olas, surgencias, turbulencia. 2.5 Práctica: Manejo del programa ODV	**4 horas**	**4 horas**
Unidad 2: Diversidad de los microorganismos marinos 2.1. ¿ Qué es y para qué estudiar la comunidad microbiana acuática? 2.2. Diversidad y función de los microorganismos en los ecosistemas acuáticos.	**8 horas**	

2.3. Diversidad microbiana como resultado del proceso evolutivo. Los dominios microbianos: Eukarya, Bacteria y Archaea. 2.4. Grupos principales de bacterias marinas: Proteobacterias, Cianobacterias, Firmicutes, Actinobacteria, Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides, Planctomycetes, Verrucomicrobia. 2.5. Grupos principales de arqueas marinas: Euryarchaeota, Crenarchaeota, Thaumarchaeota. 2.6. Los virus marinos. 2.7. Linajes del fitoplancton: Bacillariophyta (Diatomeas); Dinophyta (Dinoflagelados); Haptophyta (Cocolitofóridos y otros); Crisofíceas y silicoflagelados; Rafidofíceas; Criptofíceas; Algas verdes: Prasinofíceas, Clorofíceas y Euglenofíceas; Cianofitas o Cianobacterias (algas azul-verdes).		
Unidad 3: Ciclos biogeoquímicos 3.1. Ciclo del Carbono. Fotosíntesis y bomba biológica de C. Metanogénesis en los ambientes marinos. 3.2. Ciclo del Nitrógeno. Fijación del nitrógeno, nitrificación, desnitrificación y anammox. 3.3. Ciclo del Azufre. Reducción de sulfatos. Oxidación del sulfuro y del azufre elemental. Producción de DMS. 3.4. Ciclo del Hierro. Reducción y oxidación bacteriana del hierro. Producción de sideróforos por bacterias marinas.	**8 horas**	
Unidad 4: Productividad en los sistemas acuáticos 4.1. Productividad Primaria: Conceptos de productividad, fotosíntesis, rendimiento fotosintético, biomasa. Microorganismos involucrados. Factores que afectan la producción primaria. 4.2. Productividad bacteriana. 4.3. El bucle microbiano. Simbiosis, pastoreo y heterotrofía. La importancia de los virus en el control de las comunidades microbianas marinas.	**8 horas**	
Unidad 5: Características y ecología de las comunidades microbianas acuáticas 5.1. Niveles de organización: Especie, población, comunidad, organización jerárquica. 5.2. Composición bioquímica: razones C:N:P. 5.3. Pigmentos fotosintéticos y adaptaciones pigmentarias en distintos tipos de sistemas, el caso de *Synechococcus* sp. 5.4. Tasas de crecimiento.	**8 horas**	
Unidad 6: Estructura y dinámica de las comunidades microbianas marinas 6.1. Importancia de los grupos taxonómicos, grupos funcionales y fracciones de talla del fitoplancton. 6.2. Relaciones ecológicas entre los microorganismos. Sucesión, cooperación y competencia. Mandala de Margalef. 6.3. Variaciones temporales. Florecimientos algares. 6.4. Variaciones espaciales. Factores que afectan la distribución vertical. Patrones de distribución: zonas costeras, oceánicas y de surgencia. 6.5. Biogeografía. 6.6. Paradoja del plancton.	**8 horas**	
Unidad 7: Métodos para el estudio de las comunidades microbianas acuáticas 7.1. Técnicas de medición de la productividad primaria: Métodos de O_2 y ^{14}C. Otros métodos. 7.2. Cuantificación de clorofilas y pigmentos. 7.3. Análisis bioquímico de fitoplancton. 7.4. Análisis cualitativo: identificación de microorganismos. 7.5. Análisis cuantitativo: recuento de células microbianas. 7.6. Análisis, identificación y conteo por citometría de flujo, con énfasis en picofitoplancton (*Prochlorococcus*, *Synechococcus* y células picoeucariotas). 7.7. Técnicas de moleculares para el estudio de la ecología microbiana acuática: Métodos basados en PCR y secuenciación masiva. 7.8. Herramientas bioinformáticas para el análisis de datos de secuenciación masiva.	**12 horas**	

Unidad 8. Impacto de las actividades antrópicas en las comunidades microbianas marinas 8.1. Importancia de los microorganismos en el mantenimiento del equilibrio geoquímico global. 8.2. Principales actividades antrópicas relacionadas con el cambio climático y otros cambios globales. 8.3. Consecuencias de la eutrofización. Mareas rojas y toxinas. 8.4. Acidificación de los océanos y emblanquecimiento del coral.	**4 horas**	
Total de horas teóricas	**60**	
Total de horas prácticas		**4**
Suma total de horas *(debe coincidir con el total de horas al semestre)*	**64**	

Bibliografía básica

Brodie J., Lewis J. 2007. Unravelling the algae. The past, present and future of algal systematics. The Syst. Assoc. Spec. Vol. Ser. 75. CRC Press. 376 pp
Libes S.M. 2009. An Introduction to Marine Biogeochemistry. 2ª ed. John Wiley & Sons, Inc. 910 pp.
Madigan M.T., et al. 2015. Brock Biology of Microorganisms. 14ª ed. Benjamin Cummings. 1032 pp.
Madsen E.L. 2015. Environmental Microbiology: From Genomes to Biogeochemistry. 14ª ed. Wiley-Blackwell. 592 pp.
Munn C. 2011. Marine Microbiology: Ecology and Applications. 2ª ed. Galard Science. 364 pp.
Overbeck J., Chrost R. 2011. Aquatic Microbial Ecology: Biochemical and Molecular Approaches. Brock Springer Series.

Bibliografía complementaria

Libros:

Falkowski P.G., Knoll A.H. 2007. Evolution of primary producers in the sea. Elsevier Academic Press. 441 pp.
Fenchel T., King G.M., Blackburn T.H. 2012. Bacterial biochemistry: The ecophysiology of mineral cycling. 3ª ed. Elsevier Academic Press.
Granéli E., Turner J.T. 2006. Ecology of Harmful Algae. Springer. 413 pp.
Joint I. 2011. Molecular Ecology of Aquatic Microbes. Nato ASI Series.
Karlson B., Cusack C., Bresnan E.. 2010. Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. IOC Manual and guides 55, UNESCO. Paris. 114 pp.
Mitchell R., Gu J.D. 2009. Environmental Microbiology. 3ª ed. Wiley-Blackwell.
Pepper I.L., Gerba C.P., Gentry T.J. 2014. Environmental Microbiology. 3ª ed. Academic Press. 728 pp.
Reynolds C. 2006. Ecology of Phytoplankton. EBC, Cambridge. 535 pp
Srivastava M.L. 2008. Microbial Biochemistry. Alpha Science.
Worden A.Z., Not F. 2008. Ecology and diversity of picoeukaryotes. En: Kirchman, D.L. (Ed.). Microbial ecology of the Oceans. 2ª ed. John Wiley & Sons, Inc. pp. 159-205.

Artículos:

Bork P, et al. 2015. Tara Oceans studies plankton at planetary scale. Science. 348.
Buitenhuis E., et al. 2012. Picophytoplankton biomass distribution in the global ocean. Earth System Science Data Discussions, 5: 221-242.
Capone D.G., Hutchins, D.A. 2013. Microbial biogeochemistry of coastal upwelling regimes in a changing ocean. Nature Geoscience, 6: 711-717.
de Vargas C., et al. 2015. Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean. Science, 348 (6237): 1-11.
Hernández-Becerril D.U. 2014. Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85: S44-S53.
Falkowski, P. 2012. The power of plankton. Science. 483: 7-10.
Finkel, Z.V., Beardall, J., Flynn, K. J., Quigg, A., Rees, T.A.V. y J. A. Raven. 2015. Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. Journal of Plankton Research, 32(1): 119- 137.
Fuhrman J.A. & Steele J.A. 2008. Community structure of marine bacterioplankton: patterns, networks, and relationships to function. Aquat. Microb. Ecol. 53: 69-81.
Gilbert, P. M. 2017. Eutrophication, harmful algae and biodiversity-Challenging paradigms in a world of complex nutrient cahnges. Marine Pollution Bulletin, 124: 591- 606.

Glibert, P.M. 2016. Margalef revisited: A new phytoplankton mandala incorporating twelve dimensions, including nutritional physiology. Harmful Algae 55: 25-30.
Gruber, N. y C. A. Deutsch. 2014. Redfield´s evolving legacy. Nature Geoscience, 7: 853:855.
Johnson Z.I., Martiny A.C. 2015. Techniques for quantifying phytoplankton biodiversity. Annual Review of Marine Science, 7: 299-324.
Not F., Siano R., Kooistra W.H.C.F., Simon N., Vaulot D., Probert I. 2012. Diversity and ecology of eukaryotic marine phytoplankton. Advances in Botanical Research, 64: 1-53.
Prosser J.I., Bohannan B.J.M., Curtis T.P. 2007. The role of ecological theory in microbial ecology. Nature Reviews Microbiology, 5: 384-392.
Simon N., Cras, A.L., Foulon, E., Lemée R. 2009. Diversity and evolution of marine phytoplankton. C.R. Biologies, 332: 159-170.
Sogin M.L., Morrison H.G, Huber J.A. 2006. Microbial diversity in the deep sea and the underexplored "rare biosphere". PNAS, 13: 12115–12120.
Wells, M.L., et al. 2015. Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. Harmful Algae 49: 68-93.
Suttle CA. 2007. Marine viruses: major players in the global ecosystem. Nature Reviews Microbiology, 5: 801-812.
Wright J.J., Konwar K.M., Hallam S.J. 2012. Microbial ecology of expanding oxygen minimum zones. Nature Reviews Microbiology, 10: 381-394.
Zehr J.P, Kudela R.M. 2011. Nitrogen cycle of the open ocean: from genes to ecosystems. Annual Review of Marine Science, 3: 197-225.

Sugerencias didácticas:
(marcar con una X la sugerencia didáctica que se utilizará para abordar los temas. Es importante tomar en cuenta que si la actividad tiene horas prácticas en las sugerencias deberá haber herramientas prácticas para el aprendizaje de los temas)

__X_ Exposición oral
__X_ Exposición audiovisual
____ Ejercicios dentro de clase
___ Ejercicios fuera del aula
____ Seminarios
__X_ Lecturas obligatorias
__X_ Trabajos de investigación
___X_ Prácticas de taller
____ Prácticas de campo
____ Otros *(indicar cuáles)*

Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:
(marcar con una X el mecanismo que se utilizará para evaluar el aprendizaje. Se recomienda que para la evaluación sean tomadas en cuenta las sugerencias didácticas señaladas)

__ Exámenes parciales
__X Examen final escrito
__X_ Tareas y trabajos fuera del aula
__X_ Exposición de seminarios por los alumnos
__X_ Participación en clase
__X_ Asistencia
____ Seminario
___ Otros *(indicar cuáles)*

Línea de investigación:
El curso se inserta en las líneas de investigación de la biología, ecología microbiana, biogeoquímica, química, biología molecular y cambio climático.

Perfil profesiográfico
Los profesores deberán contar con el grado mínimo de Doctor y conocer las bases teórico-prácticas de la ecología de comunidades microbianas en sistemas acuáticos, así como contar con experiencia en docencia en cursos relacionados con microbiología.