



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
COORDINACIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

Datos de identificación

Unidad académica: Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Programa: Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera

Plan de estudios: 2021-1

Nombre de la unidad de aprendizaje: Geoquímica de Sedimentos

Clave de la unidad de aprendizaje:

Tipo de unidad de aprendizaje: Optativa

Horas clase (HC):

3

Horas prácticas de campo (HPC):

0

Horas taller (HT):

0

Horas clínicas (HCL):

0

Horas laboratorio (HL):

0

Horas extra clase (HE):

3

Créditos (CR): 6

Requisitos:

Perfil de egreso del programa

El egresado del Programa de Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera, tendrá una formación que le permita desarrollar una línea de investigación en las ciencias del mar de manera original e independiente con alta capacidad técnica y metodológica. Su formación le permitirá contribuir al avance del conocimiento científico y la solución de problemas emergentes del medio ambiente marino. El egresado del Programa de Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera será capaz de:

Evaluar el comportamiento integral de las condiciones oceanográficas y climatológicas, mediante la aplicación profesional del método científico incluyendo el trabajo interdisciplinario y multidisciplinario, así como su análisis crítico, para la implementación de estrategias innovadoras que resuelvan problemáticas emergentes regionales y globales para el aprovechamiento y protección del medio ambiente marino, con honestidad, responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Evaluar los efectos de las variaciones físicas y climatológicas en las variables químico-biológicas que ocurren en el océano, mediante la generación y aplicación de metodologías y técnicas multidisciplinarias de análisis biogeoquímicos, para la implementación de acciones innovadoras e integrales de mitigación que permitan la protección y uso sostenible de los recursos naturales marinos, con una actitud propositiva e innovadora y de responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Evaluar los componentes biológicos de un ecosistema, su relación y adaptación a las variables fisicoquímicas del ambiente y sus variaciones antrópicas, mediante la participación en equipos interdisciplinarios y multidisciplinarios, así como la generación de herramientas biotecnológicas innovadoras, para contribuir a la implementación de medidas de conservación y manejo de los recursos marinos fundamentadas en el valor de los bienes y servicios ambientales que brindan a los ecosistemas, con una actitud propositiva e innovadora y de responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Definiciones generales de la unidad de aprendizaje

Propósito general de esta unidad de aprendizaje:

La unidad de aprendizaje de Geoquímica de Sedimentos tiene el propósito de ponderar los efectos de las variaciones físicas y climatológicas en las variables

Universidad Autónoma de Baja California
Coordinación General de Investigación y Posgrado

	químico-biológicas que ocurren en el océano, mediante la generación y aplicación de metodologías y técnicas multidisciplinarias de análisis biogeoquímicos, para la implementación de acciones innovadoras e integrales de mitigación que permitan la protección y uso sostenible de los recursos naturales marinos, con una actitud propositiva e innovadora y de responsabilidad social y respeto al medio ambiente.
Competencia de la unidad de aprendizaje:	Evaluar los componentes minerales presentes en un sistema sedimentario, a través del análisis de su distribución y variabilidad en los sedimentos, para establecer su importancia en los procesos diagenéticos, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.
Evidencia de aprendizaje (desempeño o producto a evaluar) de la unidad de aprendizaje:	Presentación oral (individual o en grupo) realizada a final del semestre sobre algún tema relevante de biogeoquímica de sedimentos de la elección del estudiante, en donde se evaluará el dominio del tema, la calidad de la presentación (orden y estructura, claridad y concisión, densidad informativa, tiempo de exposición, gestualidad, ritmo y pronunciación, sintaxis), la organización y capacidad de respuesta a las preguntas realizadas por el público y el maestro de la materia. La presentación incluirá las siguientes secciones: Introducción, Importancia, Análisis de información, Discusión, Conclusiones, Bibliografía relevante.

Temario	
I. Nombre de la unidad: El comienzo	Horas: 8
Competencia de la unidad: Identificar los procesos de síntesis elemental durante la formación del universo, así como los procesos de segregación de estos elementos durante la formación del sistema solar y el planeta Tierra, utilizando el análisis de variables físicas y químicas de los elementos, para establecer cómo estas variables influyen en la distribución y comportamiento elemental a nivel de universo, sistema solar, planeta Tierra y sedimentos, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.	
Tema y subtemas:	
1.1. Formación del universo y síntesis de elementos	
1.2. Formación del planeta tierra	
1.3. Segregación elemental en el planeta tierra	
1.4. Origen de la vida	
1.5. Evolución de las especies minerales	
1.6. Estados de oxidación de los elementos	
Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):	Horas:

II. Nombre de la unidad: Arcillas	Horas: 6
Competencia de la unidad: Utilizar los conceptos de origen, formación y diferencia en composición de las arcillas, a través del análisis de los procesos de intemperismo, para establecer la importancia de estos minerales en la formación de los sedimentos marinos, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.	
Tema y subtemas:	
2.1. Importancia de las arcillas	
2.2. Generalidades	
2.3. Estructura cristalina y composición química	

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

- 2.4. Producción de arcillas a través de procesos de intemperismo (Serie de Bowen): reacciones de disolución congruente e incongruente
- 2.5. Origen y formación de sedimentos a partir de rocas volcánicas
- 2.6. Reacción de intemperismo inverso: conceptos generales

Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):

Horas:

III. Nombre de la unidad: Carbonatos

Horas: 6

Competencia de la unidad: Reconocer la importancia y distribución oceánica de los carbonatos sedimentarios, a través del análisis de sus propiedades químicas, para establecer su importancia en el cambio climático, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.

Tema y subtemas:

- 3.1. Importancia del carbono: reservorios oxidados y reducidos
- 3.2. Principales zonas de acumulación: zona costera *versus* zona pelágica
- 3.3. Principales minerales carbonatados
- 3.4. Concepto de actividad y su aplicación al estado de saturación del sistema
- 3.5. Concepto de saturación, lisoclina y profundidad de compensación de carbonatos
- 3.6. Factores que controlan la distribución de carbonato de calcio en los sedimentos profundos
- 3.7. Producción y razones de acumulación en el océano
- 3.8. Relación entre carbonatos en sedimentos de aguas profundas y las emisiones de combustibles fósiles
- 3.9. Las aguas someras
- 3.10. Ciclo biogeoquímico
- 3.11. Un ejemplo de acidificación natural

Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):

Horas:

IV. Nombre de la unidad: Oxihidróxidos de hierro y manganeso

Horas: 7

Competencia de la unidad: Reconocer la importancia de los oxihidróxidos metálicos en los ciclos biogeoquímicos globales de hierro y manganeso y su papel en la oxidación de la materia orgánica sedimentaria, a través de la comprensión de referentes teóricos de sus características fisicoquímicas, para establecer su importancia en los procesos de oxido-reducción de los sedimentos, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.

Tema y subtemas:

- 4.1. Generalidades: tamaño, área superficial, características, estructura
- 4.2. Ciclo redox
- 4.3. Formación de oxihidróxidos de hierro y manganeso
- 4.4. Principales minerales
- 4.5. Importancia y biogeoquímica

<p>4.6. Procesos de disolución reductiva</p> <p>4.7. Reducción de Mn y Fe en sedimentos: papel de la reducción de Fe y Mn en la oxidación de materia orgánica sedimentaria</p> <p>4.8. Introducción al concepto de zonas de oxidación de materia orgánica en sedimentos</p> <p>4.9. Importancia como reservorios de metales traza</p> <p>4.10. Superficies modelo</p> <p>4.11. Nódulos de manganeso</p>	
Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):	Horas:

V. Nombre de la unidad: Materia orgánica	Horas: 8
<p>Competencia de la unidad: Reconocer la importancia de la materia orgánica como fuerza motora de los procesos diagenéticos en los sedimentos a través de la comprensión de los procesos de remineralización acoplados a los sustratos oxidados de los sedimentos, para identificar la presencia de zonas redox y la producción de minerales autigénicos en los sedimentos, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.</p>	
<p>Tema y subtemas:</p> <p>5.1. Tamaño de los reservorios orgánicos e inorgánicos y flujos entre reservorios</p> <p>5.2. Remineralización de la materia orgánica sedimentaria</p> <p>5.3. Reacciones de oxido-reducción y reacciones de disolución/precipitación</p> <p>5.4. Zonas costeras <i>versus</i> zonas pelágicas</p> <p>5.5. Oxidación de la materia orgánica y formación de las diferentes zonas de oxidación</p> <p>5.6. Oxidación aeróbica</p> <p>5.7. Oxidación anaeróbica: desnitrificación, reducción de Mn, reducción de Fe y reducción de sulfato</p> <p>5.8. Fuentes, depósitos y sumideros para el carbono orgánico en los océanos.</p> <p>5.9. Procesos de oxidación de la materia orgánica en función de la profundidad del agua</p> <p>5.10. Modelación de la oxidación de la materia orgánica: modelo uni-G y modelo multi-G</p> <p>5.11. Aplicaciones a sedimentos anóxicos en general</p>	
Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):	Horas:

VI. Nombre de la unidad: Sulfuros de hierro	Horas: 8
<p>Competencia de la unidad: Reconocer la importancia de los sulfuros de hierro, especialmente la pirita sedimentaria, en los procesos biogeoquímicos sedimentarios globales, a través de la interpretación y análisis de sus propiedades geoquímicas, para establecer su importancia en el acoplamiento con los reservorios globales oxidados y reducidos de los sedimentos, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.</p>	
<p>Tema y subtemas:</p> <p>6.1. Flujos globales de azufre</p>	

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p>6.2. Oxidación anaeróbica: reducción de sulfato</p> <p>6.3. Reducción de sulfato en función de la profundidad del agua</p> <p>6.4. Reducción de sulfato + reducción de hierro = sulfuros de hierro</p> <p>6.5. Principales fases minerales de los sulfuros de hierro</p> <p>6.6. Estados de oxidación de los sulfuros de hierro</p> <p>6.7. Texturas de pirita en sedimentos modernos y antiguos. Formación de framboides</p> <p>6.8. Sulfuros volátiles en ácido (AVS) y pirita</p> <p>6.9. Generalidades de los sulfuros</p> <p>6.10. Reservorios oxidados y reducidos. Relación con los reservorios oxidados y reducidos de carbono</p> <p>6.11. Utilidad de la formación de pirita como indicador de paleo ambientes</p> <p>6.12. Fe, sulfato, y carbono orgánico como factores limitantes en la formación de pirita</p> <p>6.13. Distribución de azufre reducido en sedimentos</p> <p>6.14. Importancia de los diferentes medios ambientes en los flujos globales de Fe y S</p>	
Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):	Horas:

VII. Nombre de la unidad: Procesos diagenéticos: la ecuación diagenética	Horas: 5
Competencia de la unidad: Reconocer las características de los procesos diagenéticos más importantes en sedimentos, a través de su modelación básica, para identificar los tres principales componentes de la ecuación diagenética, con una actitud propositiva y de respeto al ambiente.	
Tema y subtemas:	
<p>7.1. Conceptos y definiciones básicos: tortuosidad, porosidad, coeficiente de difusión, bioturbación, compactación, tasas de depositación</p> <p>7.2. Definición de diagénesis</p> <p>7.3. La ecuación diagenética</p> <p>7.4. Flujos difusivos (ecuación de Fick) y flujos advectivos</p> <p>7.5. Principales componentes de la ecuación diagenética: parte difusiva, parte advectiva y reacciones diagenéticas</p> <p>7.6. Cálculo de flujos difusivos utilizando el ejemplo de la rada portuaria de Ensenada</p>	
Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):	Horas:

Estrategias de aprendizaje utilizadas:
<p>Intercambio constante de preguntas con los estudiantes (participación en clase), tareas relacionadas con los temas de la unidad de aprendizaje en base a tareas consistentes en problemas a resolver o preguntas a contestar por escrito (con retroalimentación), presentación oral al finalizar la unidad de aprendizaje, exámenes al final de cada una de las siete unidades.</p>

Criterios de evaluación:

Tareas: 15%

Exámenes: 60%

Presentación oral: 25%

Total: 100%

Las tareas consistirán en la resolución de problemas relacionados con el comportamiento geoquímico de los elementos a nivel de universo, sistema solar, planeta tierra y sedimentos marinos, haciendo énfasis en cálculos cuantitativos químicos.

El estudiante presentará examen ordinario si no entregó el 80% o más de sus tareas o no realizó su presentación oral.

Criterios de acreditación:

- El estudiante debe cumplir con lo estipulado en el Estatuto Escolar vigente u otra normatividad aplicable.
- Calificación en escala de 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 70.

Bibliografía:

Barber, A., Brandes, J., Leri, A., Lalonde, K., Balind, K., Wirick, S., Wang, J. & Gélinas, Y. (2017). Preservation of organic matter in marine sediments by inner-sphere interactions with reactive iron. *Scientific Reports*, 7, 366. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00494-0>.

Beam, J. P., Scott, J. J., McAllister, S. M., Chan, C. S., McManus, J., Meysman, F. J. R. & Emerson, D. (2018). Biological rejuvenation of iron oxides in bioturbated marine sediments. *ISME Journal*, 12, 1389–1394. <https://doi.org/10.1038/s41396-017-0032-6>

Berg J.S., Duverger A., Cordier L., Laberty-Robert C., Guyot F. & Miot J. (2020). Rapid pyritization in the presence of a sulfur/sulfate-reducing bacterial consortium. *Scientific Reports*, 10, 8264. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64990-6>.

Blättler, C. L., Claire, M. W., Prave, A. R., Kirsimäe, K., Higgins, J. A., Medvedev, P. V., Romashkin, A. E., Rychanchik, D. V., Zerkle, A. L., Paiste, K., Kreitsmann, T., Millar, I. L., Hayles, J. A., Bao, H., Turchyn, A. V., Warke, M. R. & Lepland, A. (2018). Two-billion-year-old evaporites capture Earth's great oxidation. *Science*, 360, 320-323. <https://doi.org/10.1126/science.aar2687>.

D'Hondt, S., Pockalny, R., Fulfer, V. M. & Spivack, A. J. (2019). Subseafloor life and its biogeochemical impacts. *Nature Communications*, 10, 3519. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11450-z>.

Ding, S., Wang, Y., Wang, D., Li, Y. Y., Gong, M. & Zhang, C. (2016). In situ, high-resolution evidence for iron-coupled mobilization of phosphorus in sediments. *Scientific Reports*, 6, 24341. <https://doi.org/10.1038/srep24341>.

Dodd, M. S., Papineau, D., Pirajno, F., Wan, Y. & Karhu, J. A. (2019). Minimal biomass deposition in banded iron formations inferred from organic matter and clay relationships. *Nature Communications*, 10, 5022. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12975-z>.

Fakraee, M., Crowe, S. A. & Katsev, S. (2018). Sedimentary sulfur isotopes and Neoproterozoic ocean oxygenation. *Science Advances*, 4, e1701835. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701835>.

Grewal, D. S., Dasgupta, R., Sun, C., Tsuno, K. & Costin, G. (2019). Delivery of carbon, nitrogen, and sulfur to the silicate Earth by a giant impact. *Science Advances*, 5, eaau3669. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3669>

- Hansel, C. M., Lentini, C. J., Tang, Y., Johnston, D. T., Wankel, S. D. & Jardine, P. M. (2015). Dominance of sulfur-fueled iron oxide reduction in low-sulfate freshwater sediments. *ISME Journal*, 9, 2400-2412. <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.50>.
- Hersch, B., Chang, S. J., Blake, R., Lepland, A., Abbott-Lyon, H., Sampson, J., Atlas, Z., Kee, T. P. & Pasek, M. A. (2018). Archean phosphorus liberation induced by iron redox geochemistry. *Nature Communications*, 9, 1346. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03835-3>.
- Hoffman, P. F., Abbot, D. S., Ashkenazy, Y., Benn, D. I., Brocks, J. J., Cohen, P. A., Cox, G. M., Creveling, J. R., Donnadieu, Y., Erwin, D. H., Fairchild, I. J., Ferreira, D., Goodman, J. C., Halverson, G. P., Jansen, M. F., Le Hir, G., Love, G. D., Macdonald, F. A., Maloof, A. C., Partin, C. A., Ramstein, G., Rose, B. E. J., Rose, C. V., Sadler, P. M., Tziperman, E., Voigt, A. & Warren, S. G. (2017). Snowball Earth climate dynamics and Cryogenian geology-geobiology. *Science Advances*, 3, e1600983. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600983>.
- Ito, A. & Wagai, R. (2017). Global distribution of clay-size minerals on land surface for biogeochemical and climatological studies. *Scientific Data*, 4, 170103. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.103>.
- Lalonde, K., Mucci, A., Ouellet, A. & Gélinas, Y. (2012). Preservation of organic matter in sediments promoted by iron. *Nature*, 483, 198-200. <https://doi.org/10.1038/nature10855>.
- Lehto, N. J., Larsen, M., Zhang, H., Glud, R. N. & Davison, W. (2017). A mesocosm study of oxygen and trace metal dynamics in sediment microniches of reactive organic material. *Scientific Reports*, 7, 11369. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10179-3>.
- Marba, N., Masqué, P., Mateo, M. A., Mazarrasa, I., McGlathery, K. J., Oreska, M. P. J., Sanders, C. J., Santos, I. R., Smoak, J. M., Tanaya, T., Watanabe, K. & Duarte, C. M. (2019). Role of carbonate burial in Blue Carbon budgets. *Nature Communications*, 10, 1106. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08842-6>.
- Ozaki, K., Thompson, K. J., Simister, R. L., Crowe, S. A. & Reinhard, C. T. (2019). Anoxygenic photosynthesis and the delayed oxygenation of Earth's atmosphere. *Nature Communications*, 10, 3026. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10872-z>.
- Raven, M. R., Fike, D. A., Gomes, M. L., Webb, S. M., Bradley, A. S. & McClelland, H. L. O. (2018). Organic carbon burial during OAE2 driven by changes in the locus of organic matter sulfurization. *Nature Communications*, 9, 3409. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05943-6>.
- Saderne, V., Gheraldi, N. R., Macreadie, P. I., Maher, D. T., Middelburg, J. J., Serrano, O., Almahasheer, H., Arias-Ortiz, A., Cusack, M., Eyre, B. D., Fourqurean, J. W., Kennedy, H., Krause-Jensen, D., Kuwae, T., Lavery, P. S., Lovelock, C. E., Swanner, E.D., Maisch, M., Wu, W. & Kappler, A. (2018). Oxidic Fe(III) reduction could have generated Fe(II) in the photic zone of Precambrian seawater. *Scientific Reports*, 8, 4238. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22694-y>.
- Sansjofre, P., Cartigny, P., Trindade, R. I. F., Nogueira, A. C. R., Agrinier, P. & Ader, M. (2016). Multiple sulfur isotope evidence for massive oceanic sulfate depletion in the aftermath of Snowball Earth. *Nature Communications*, 7, 12192. <https://doi.org/10.1038/ncomms12192>.
- Sasselov, D. D., Grotzinger, J. P. & Sutherland, J. D. (2020). The origin of life as a planetary phenomenon. *Science Advances*, 6, eaax3419. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax3419>.
- Schlosser, C., Streu, P., Frank, M., Lavik, G., Croot, P. L., Dengler, M. & Achterberg, E. P. (2018). H₂S events in the Peruvian oxygen minimum zone facilitate enhanced dissolved Fe concentrations. *Scientific Reports*, 8, 12642. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30580-w>.
- Uramoto, G. I., Morono, Y., Tomioka, N., Wakaki, S., Nakada, R., Wagai, R., Uesugi, K., Takeuchi, A., Hoshino, M., Suzuki, Y., Shiraiishi, F., Mitsunobu, S., Suga, H., Takeichi, Y., Takahashi, Y. & Inagaki, F. (2019). Significant contribution of seafloor microparticles to the global manganese budget. *Nature Communications*, 10, 400. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08347-2>.
- Barton, L. L., Mandl, M. & Loy, A. (2010). *Geomicrobiology: Molecular and Environmental Perspective*. Dordrecht : Springer Netherlands. [clásico]

Universidad Autónoma de Baja California
Coordinación General de Investigación y Posgrado

Berner, R. A. (1980). *Early diagenesis. A theoretical approach* (1a. ed.). New Jersey: Princeton University Press. [clásico]

Chester, R. (2012). *Marine Geochemistry* (2a. ed.). Malden, Mass : Blackwell Science. [clásico]

Drever, J. I. (1988). *The geochemistry of natural waters* (3a. ed.). New Jersey: Prentice Hall. [clásico]

Holland, H. D. & Turekian, K. K. (2004). *Treatise on Geochemistry* (1a. ed.). Amsterdam; Boston: Elsevier/Pergamon (10 volúmenes). [clásico]

Schulz, H. D. & Zabel, M. (2000). *Marine Geochemistry*. Berlin : Springer. [clásico]

Fecha de elaboración / actualización: Agosto, 2020.

Perfil del profesor: Grado de Doctorado y con un año mínimo de experiencia en Biogeoquímica marina u Oceanografía Química.

Nombre(s) y firma(s) de quién(es) diseñó(aron) el Programa de Unidad de Aprendizaje:

Dr. Miguel Ángel Huerta Díaz
Investigador de Tiempo Completo
IIO, CA de Oceanografía Química, Biogeoquímica y Contaminación del Medio Ambiente Marino

Nombre y firma de quién autorizó el Programa de Unidad de Aprendizaje:

Dra. Lus Mercedes López Acuña
Directora de la Facultad de Ciencias Marinas
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Biotecnología Acuícola Animal

Dr. Alejandro Cabello Pasini
Director del Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Investigador de Tiempo Completo
IIO, CA de Botánica Marina

Nombre(s) y firma(s) de quién(es) evaluó/revisó(evaluaron/ revisaron) de manera colegiada el Programa de Unidad de Aprendizaje:

Dr. Vinicio Macías Zamora
Investigador de Tiempo Completo
IIO, CA de Química Ambiental, Contaminación y Toxicología

Dra. Mónica Torres Beltrán
Profesor por Asignatura
UABC, Facultad de Ciencias Marinas