

## **Material de consulta del curso de Oceanografía Física y Química de la licenciatura en Ciencias Biológicas**

---

### **EL Planeta Azul**

*En el sistema solar, sólo la Tierra posee océanos...*

Nuestros antepasados cometieron el error de llamar Tierra a nuestro planeta. Creían que la superficie del globo terrestre consistía casi enteramente en rocas y suelos, conocían los ríos, lagos y mares y el resto de las aguas consideraban que formaban parte del río océano que rodeaba el mundo y a partir del cual nacían el resto de los cursos de agua.

Todavía en el siglo XVI el gran geógrafo flamenco Gerardo Mercator (1512 – 1594), padre de la cartografía, pensaba que el planeta se dividía casi a partes iguales entre la tierra y el agua y especulaba que en el hemisferio sur debería existir una vasta superficie de tierra aun no descubierta que venía a compensar las grandes extensiones de Europa, Asia y América del Norte.

A los antiguos les hubiera sorprendido saber que el agua cubre el 71% de la superficie del globo, nuestro planeta es azul, la temperatura de su superficie le permite la existencia del agua en sus tres formas; líquida, sólida y gaseosa.

### **Los impulsores en la historia de la oceanografía**

Cartografiar los suelos marinos. En las historias contadas por antiguos griegos y romanos sobre sus azarosos viajes por el Mediterráneo entre los continentes euroasiático y africano se exponen los escondidos peligros que encierra el mar y sus profundidades, siendo un entorno enigmático, incomprensible y amenazador. Y así siguió siéndolo hasta las grandes exploraciones marinas que se desarrollaron entre los siglos XV al XIX.

Los primeros usuarios de los océanos (hombre prehistórico) sólo percibían una lámina acuosa que unía o separaba dos o más masas de tierra, sin preocuparse por lo que hubiera debajo. El suelo marino hubo que explorarlo y estudiarlo necesariamente a partir de las diferentes actividades como la pesca, la navegación, el transporte marítimo y el movimiento de las flotas de guerra se fueron volviendo más complejos y de mayor alcance.

Fenicios: Ya en las primeras travesías de los fenicios (3000 años a.C.) se hicieron experimentos para determinar **la extensión de las áreas marinas**. El Faraón Mejo (6 siglos a.C.) y el almirante cartaginense Ganón (560 años a.C.) **conservaron las leyendas sobre los viajes** de los fenicios.

Griegos: En este mismo tiempo los griegos realizaron su **primera navegación por el mar Mediterráneo hasta el estrecho de Gibraltar**, con la idea fundamental de acopiar datos sobre el mar, Gekat (6 siglos a.C.) **construyó una carta general** haciendo un cuadro de los conocimientos que tenían los griegos de esa época.

Las exploraciones de estos marinos fenicios, indios, chinos y árabes dieron como resultado los primeros mapas sencillos del océano.

Micronecios. El más antiguo de todos, en forma de tableta de arcilla, data de la época babilonia, hace 4.500 años. Por su parte los micronesios utilizaban varillas y conchas para fabricar mapas del océano Pacífico. Las cartas de navegación se hacían con palos unidos con cuerdas de coco, que delimitaban las diferentes zonas de oleaje, con las islas representadas mediante conchas atadas en el lugar correspondiente. Mediante hilos señalaban la dirección de las ondas oceánicas al aproximarse a las islas, así como el flujo y reflujo de la rompientes del oleaje. En las Islas Marshall se utilizó hasta mediados del siglo XX un ingenioso y avanzado sistema para cartografiar el oleaje y facilitar la navegación, que no tiene parangón en el mundo. Las Islas Marshall son hoy un país independiente situado en el Océano Pacífico, al noreste de Australia y al este de Micronesia. Los marshaleses siempre fueron excelentes navegantes, no en vano los dos archipiélagos que conforman el país cuentan con un total de 1.152 islas, islotes y atolones. También fueron experimentados constructores de canoas, y de hecho todavía hoy existe una competición anual de fabricación de este tipo de embarcaciones tradicionales. Pero lo más interesante es cómo se orientaban en el mar, para lo que utilizaban unas cartas de navegación hechas con palos que constituyen el primer sistema cartográfico del oleaje marino conocido en el mundo. Su complejidad y precisión son un logro que todavía hoy sigue asombrando a los expertos. El sistema no se conoció en el mundo occidental hasta que fue revelado en 1862 por un misionero llamado Gulick, más o menos en la misma época en que Gustav Holm descubría los mapas tridimensionales usados por los inuit groenlandeses, pero aun así su funcionamiento siguió siendo un misterio.

Pifei (siglo IV a.C.) realizó la navegación a lo largo de las costas de Portugal, Francia e Inglaterra, paso a través del Canal de la Mancha y recopiló información de la región de la isla de Tul (Islandia). En el viaje por el Golfo de Bristol, Pifei prestó gran atención que el momento de la pleamar coincidía con **el paso de la luna por el meridiano y señaló la existencia de desigualdades semidiurnas** en las amplitudes de las mareas.

Mapas de rutas comerciales El comercio fue generando mapas de rutas cada vez más complejos y detallados. Los marineros indicaban no sólo las profundidades sino también la situación de los obstáculos como las grandes rocas, los bajíos y los arrecifes. Señalaban las corrientes locales y regionales, las temperaturas estacionales y la salinidad. Trazaban atlas de perfiles costeros, islas, puertos, estuarios, deltas, playas y vegetación costera, además de catalogar los peces y otros habitantes de las aguas marinas.

Los descubrimientos. La gran época de los navegantes y los descubrimientos coincide con un primer florecer de la oceanografía en el S XVII, el mar fue uno de los principales centros de interés de la Royal Society desde su fundación en 1660. Robert Boyle intentó conocer la salinidad del mar, se hicieron planes para descubrir la razón por la cual el Mediterráneo no se desborda nunca y se concibieron máquinas para sondear las profundidades. Esta breve edad de oro terminó cuando Newton resolvió el problema de las mareas provocando un desplazamiento general de las ciencias quedando absorbida por las ciencias físicas (S XVIII). El próximo resurgimiento lo efectuó Franklin el vice-Ministro de Correos de las colonias norteamericanas el que hizo por primera vez un mapa de la corriente del Golfo intentando explicar porque los barcos ingleses tardaban tanto en su travesía entre Inglaterra y el continente americano.

Recién en el S XIX cuando los barcos a vela llegaron a su máximo y con el consecuente desarrollo del conocimiento sobre los vientos y las corrientes se dio un renacer de la oceanografía. Matthew F. Maury escribió "Geografía Física del Mar y su Meteorología" (1855), considerado como el padre de la oceanografía, estudiándose los fenómenos de la atmósfera y el océano a la luz de los conocimientos

científicos de la época. Asimismo, fue en este siglo en el cual la geología marina dio sus primeros pasos colocando el primer cable transatlántico.

### Las expediciones oceanográficas

El viaje del buque británico Challenger alrededor del mundo. Los resultados del periplo de algo más de tres años (1872-1876) están reunidos en 50 volúmenes con abundante información biológica, geológica, química y física del mar. No obstante, con anterioridad existían trabajos significativos como los de Darwin que establecían teorías sobre el origen de los atolones submarinos, y los de Benjamín Franklin y Louis Antoine de Bougainville, que habían prestado atención a las corrientes marinas en el Atlántico Norte y Sur, respectivamente. A partir de entonces las expediciones oceanográficas se fueron sucediendo con frecuencia cada vez mayor. El esbelto velero estaba siendo destronado por el barco a vapor. Hubo trabajos muy importantes, como los del noruego Fridtjof Nansen o del Príncipe de Monaco, pero el esfuerzo aunado por develar todos los secretos del océano parecía haber llegado a su fin. De hecho, el motivo que impulsó a crear en Copenhague, en 1902, el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (que es la más antigua de todas las organizaciones que se dedican a la oceanografía) fue el afán de mejorar la pesca.

Guerras mundiales. Sin embargo, las dos guerras mundiales, sobre todo la segunda, promovieron una toma de conciencia, por parte de los gobiernos beligerantes, sobre el conocimiento adecuado del mar como clave para las acciones de defensa y ataque. De ello surgió la importancia táctica de estudiar las olas, la propagación del sonido en el mar, la morfología y dinámica de las playas, entre otros aspectos. Por ejemplo, los pronósticos de olas de Svedrup y Munk (los padres de la Oceanografía Física) fueron claves para los desembarcos aliados en Sicilia y Normandía. Por lo tanto, el flujo de financiación para investigaciones marinas creció sustancialmente, en especial en los países más desarrollados de Europa (Alemania, Inglaterra), Norteamérica (EEUU y Canadá) y Oceanía (Australia y Nueva Zelanda), aunque más tarde se incorporaron países asiáticos como Japón, Corea del Sur e India.

La propia guerra había incitado a penetrar en algunos de los puntos más recónditos del océano y, lo que quizás sea más importante aún, había dejado una secuela de barcos sobrantes, que los científicos pudieron adquirir a precio módico y no les costó demasiado trabajo discurrir múltiples modos de emplearlos. El Dr. J.A. Fleming, presidente del Consejo Internacional de Uniones Científicas, deseaba que las Naciones Unidas construyeran y organizaran unos laboratorios flotantes con el objeto de efectuar trabajos geofísicos no solamente de oceanografía, sino también de meteorología, geomagnetismo, vulcanología, estudios sísmicos de la corteza terrestre bajo el mar.

Otro noruego, el Dr. Harald U. Sverdrup, que entonces dirigía la Scripps Institution of Oceanography, propuso que se creara un organismo técnico especializado en oceanografía física.

Después de la Primera Guerra Mundial se llevaron a cabo verdaderas proezas, como las expediciones británicas del "Discovery" y los estudios alemanes del "Meteor" en el Atlántico. Pero la oceanografía era en muy gran medida terreno de los ricos, ya fueran individuos o países. Antes de la Segunda Guerra Mundial la flota total de barcos de investigación oceanográfica de los Estados Unidos, por ejemplo, no sobrepasaba las 1.000 toneladas

Año Geofísico Internacional (AGI) de 1957, a partir de este evento los avances teóricos y aplicados de la Oceanografía, al igual que la mayor parte de las demás ciencias, fueron significativos. El AGI estableció claramente la idea de que la investigación del océano no podía ser obra individual de un país, sino que debía existir una fuerte cooperación entre las naciones. La organización de expediciones internacionales es hoy una práctica común, como así también el intercambio libre y amplio de

información. Evidentemente, se ha llegado a la comprensión de que el océano es uno solo y que los continentes son solo barreras a la libre circulación de sus aguas.

Los últimos 50 años. El grado de conocimiento de los océanos ha avanzado significativamente en los últimos 50 años, producto del continuo aumento de investigadores e instituciones dedicadas a su estudio. Esto se evidencia en dos áreas dispares. Previo a la segunda guerra mundial, el conocimiento sobre las playas y estuarios era muy escaso. Los efectos de grandes tormentas e inundaciones provocaron la destrucción de casas de alto valor económico como pérdidas significativas en las zonas urbanas y obligaron a una fuerte financiación de los gobiernos para entender y mitigar estos eventos. En la actualidad, un porcentaje significativo de la investigación oceanográfica mundial se desarrolla en las costas y plataforma interior. A ello debe sumarse el incremento del comercio marítimo que implicó el empleo de buques cada vez de mayor porte y calado.

La costa. El resultado fue que los puertos, la mayoría de los cuales se encuentran en estuarios, debieron adecuarse a esta situación implicando el extensivo dragado de rutas de navegación y sitios portuarios para acomodar las nuevas embarcaciones. Los canales de Suez y de Panamá son resultado de esta necesidad de mejorar el comercio internacional. Más allá del desarrollo de nuevas ramas de la ingeniería costera y portuaria, los dragados significaron cambios importantes en la dinámica de los estuarios que, en muchos casos, eran contrarios a los deseados por las autoridades portuarias. A partir de las investigaciones pioneras de Pritchard en los años 50, los estuarios y humedales costeros comenzaron a estar en la mira de la investigación oceanográfica mundial, y actualmente constituye una de las áreas que mayor número de publicaciones aporta en el contexto mundial. Si bien esto afecta a todas las costas en general, los humedales costeros resultan muy sensibles a los cambios del nivel medio del mar. El aporte de sedimentos por parte de los ríos ha disminuido sustancialmente a partir de la construcción de más de 2 millones de represas desde mitad del siglo XIX. Los ambientes costeros, que son sistemas buffer entre el mar y el continente, dependen para su supervivencia justamente de los materiales aportados por el continente.

La oceanografía de aguas azules (como se la denomina en contraposición de la oceanografía de aguas marrones o costera), fue considerada por muchos años como la clásica investigación de las plataformas continentales y, principalmente, del océano profundo. La financiación tanto de organismos de promoción de las ciencias como militares, permitió el desarrollo de flotas de buques oceanográficos cada vez más avanzados por su equipamiento y facilidades a bordo para campañas prolongadas. Estos buques permiten en la actualidad operar indistintamente en el océano como en áreas con predominancia de hielo, tales como las aguas antárticas y árticas. Las investigaciones sobre la circulación oceánica global, las corrientes oceánicas incluyendo las áreas de convergencia, y los procesos de interacción mar-atmósfera han probado ser esenciales para conocer los efectos del cambio climático y su influencia en los modelos globales de predicción de la evolución de esos cambios. La interacción entre las corrientes oceánicas y el talud continental o los procesos de surgencia, significan una importante fuente de nutrientes que origina las principales zonas de producción primaria y secundaria resultando en las pesquerías más importantes del planeta. Los trabajos realizados con el buque Glomar Challenger muestran que, a través de la perforación de los océanos (Deep Sea Drilling Project), se podrían probar las teorías sobre la evolución del planeta.

Los estudios sobre los fondos oceánicos. Estos estudios avanzan hacia la predicción de terremotos y los devastadores tsunamis como así también en la exploración de yacimientos minerales y el descubrimiento de nuevas formas de vida, tanto a partir de observaciones indirectas como por el empleo de submarinos especialmente adaptados para grandes profundidades. Si bien los satélites permiten monitorear el comportamiento del planeta y sus cambios, la oceanografía profunda todavía

guarda secretos. Sólo cuando durante el siglo XX las flotas de guerra iniciaron la lucha submarina, los gobiernos, las compañías petroleras y mineras y las universidades se concretaron estudios sistemáticos sobre geología marina y batimetría que iban a proporcionar los conocimientos indispensables para aprovechar inteligentemente el océano y preservar los recursos para las generaciones venideras. A partir de esta época se conoció el lecho oceánico descubriendo su rugosidad debido a la existencia de los taludes que van descendiendo suavemente desde la plataforma continental presentando cañones submarinos que fueron excavadas en el lecho por corrientes de agua y de fango combinados. Gracias a investigaciones llevadas a cabo entre los años 30 y 50 en la cuenca del Pacífico pudo conocerse la existencia de montañas submarinas. Los terremotos submarinos, los volcanes activos y las erupciones de lava modifican constantemente la topografía a lo largo de las cordilleras centrales de las cuencas oceánicas.

La pesca. Una de las principales actividades económicas desarrolladas en el mar, fue también patrones y procesos que las condicionan han sido objeto de estudio en el último medio siglo. A partir de las campañas internacionales que se realizaron entre 1960 y 1980, las investigaciones pesqueras fueron impulsadas hasta la actualidad. La biología pesquera no solo tiene como objetivo el estudio de las especies comerciales, sino que también pretende conocer los patrones oceanográficos y procesos biológicos que determinan su abundancia. Los stocks pesqueros han sido históricamente variables, ya sea por causas naturales o por explotación comercial, y esto ha impulsado una continua investigación en esta temática. No obstante, las pesquerías a gran escala se encuentran en una situación compleja que requiere de acciones significativas para poder superar problemas tales como la sobreexplotación y, su principal consecuencia, la desaparición de especies tanto comerciales como las que se recolectan de ocasión. Resumiendo, en la actualidad, la Oceanografía en todas sus especialidades cumple un rol clave en la mitigación de los cambios que se prevén en un futuro cercano, pero también es esencial para la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovable y alimentos. Todos los países con fronteras marinas, y aun muchos mediterráneos, han entendido que la investigación del océano es esencial para sus economías, pero más importante para la supervivencia de la humanidad y la dinámica planetaria.

#### **La Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO)**

El concepto de crear una Carta Batimétrica General de los Océanos - GEBCO por sus siglas en inglés, una compilación global de datos para representar la profundidad y la forma de los mares y océanos mundiales, tiene sus orígenes en los debates del Séptimo Congreso Geográfico Internacional, celebrado en Berlín en el 1899. El Congreso estableció una comisión para estudiar este asunto, presidida por el Príncipe Alberto I y compuesta por geógrafos y científicos destacados de la época. La primera edición de cartas publicadas por este gabinete científico en 1903 fueron 16 hojas dibujadas en proyección Mercator que proporcionaba la cobertura de todo el globo entre los 72N y 72S y ocho hojas en la proyección gnomónica, cubriendo las zonas polares más allá de los paralelos 72. En 1910, el Gabinete Científico había comenzado a trabajar en la segunda edición de la GEBCO. Sin embargo, la Primera Guerra Mundial interrumpió el trabajo después de que sólo una parte de la serie había sido impresa. La segunda edición, que constaba de 24 hojas, se terminó en 1930, bajo la supervisión del Dr. Jules RICHARD, Director del Museo Oceanográfico de Mónaco, conforme a los deseos expresados en el testamento del Príncipe Alberto. Una vez finalizada la segunda edición, el Gobierno de Mónaco invitó al Bureau Hidrográfico Internacional a hacerse cargo del Proyecto GEBCO.

Las cinco principales áreas de trabajo del Bureau fueron Cartas símbolos y abreviaturas, posiciones geográficas, centralización de los sondeos oceánicos, GEBCO, límites de océanos y mares, nuevas cartas y cartas magnéticas; Documentos Náuticos: nuevos documentos y catálogos náuticos, información sobre las derrotas, ayudas a la navegación, avisos a los navegantes; Mareas información

sobre las tablas de mareas, lista de constantes armónicas, nivel medio del mar, redes mundiales de observación de las mareas; Métodos e Instrumentos: navegación, tablas náuticas, nuevas técnicas de sondeo, ecosondas, instrumentos.

Cartas batimétricas

1863 – 1945: ajuste de la nomenclatura, se unificó la terminología asignada a la topografía y los relieves submarinos

1903: Se propone generar una Carta general de los océanos y se inicia la compilación de las cartas disponibles a nivel global.

1904: 11 Junio durante el Congreso Internacional de Geografía se aprueba la primera edición de la Carta General de los Océanos.

1905: Se imprime

1906 – 1912: se inicia un largo periplo de correcciones y actualizaciones de esta primera edición

1915: logra imprimirse la segunda edición para su aprobación a nivel académico lo que no se logra hasta 1928.

1929: Hojas de ploteo oceánicas. Hasta este año el IHB ha recabado la serie mundial de los ploteos de las cartas a una escala 1:1millon con proyección Mercator. A partir de este año se traspassa a GEBCO dicha responsabilidad.

1984 – 2002 Era Digital. Los últimos 30 años ha sido en su conjunto un período desafiante para GEBCO ya que tuvo que implementar técnicas digitales acordadas a nivel global para crear las grillas, compliar los datos batimétricos provenientes de las ecosondas y generar el Atlas digital batimétrico de los océanos.

## **Los acuerdos internacionales**

### La Comisión Oceanográfica Intergubernamental

Aunque el estudio serio de las profundidades oceánicas se había iniciado cuando la corbeta británica HMS Challenger emprendió en diciembre de 1872 su histórica vuelta al mundo en tres años y medio con el propósito de explorar los mares, la investigación oceanográfica internacional tal como hoy la conocemos comenzó solamente después de la Segunda Guerra Mundial. Hasta los años 50 los oceanógrafos no cobraron conciencia de la necesidad de efectuar las mediciones en varios lugares simultáneamente si se quería tener una imagen correcta de los fenómenos y las propiedades del océano.

En 1950, la Conferencia General de la Unesco, reunida en Montevideo, aprobó una resolución que desembocó en la creación, en 1955, del Comité Consultivo Internacional de Ciencias del Mar. Algunos de los oceanógrafos más prestigiosos del mundo pertenecían a esta organización, conocida por la sigla inglesa IACOMS.

La primera y auténtica empresa de cooperación internacional fue la investigación del Frente Polar Atlántico realizada en 1958 y a su vez puso de manifiesto la necesidad de algún tipo de organización internacional que contara con el apoyo de los gobiernos.

En este contexto, la Conferencia Intergubernamental sobre Investigación Oceanográfica celebrada en Copenhague en 1960 recomendó la creación en el marco de la UNESCO de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, más conocida por IOC (COI) cuya misión se centraba en el fomento de la investigación científica con miras a incrementar el conocimiento sobre la naturaleza y los recursos de los océanos mediante el esfuerzo coordinado de sus miembros.

Los principales hitos de la IOC pueden describirse en los años:

1969 Programa ampliado a largo plazo de exploración e investigación oceánica centrado en los siguientes objetivos que se mantienen hasta la actualidad;

- ✓ Definir los problemas para cuya solución se requiere la cooperación internacional en la investigación oceánica
- ✓ Desarrollar la investigación científica de los océanos y los servicios conexos
- ✓ Fortalecer la educación, la formación y la asistencia en materia de ciencia y tecnología marinas

Los temas que abarca se agrupan en:

- ✓ Interacciones océano-atmósfera, circulación oceánica y tsunamis
- ✓ Recursos Vivos su relación con el ambiente marino
- ✓ Geología, geofísica y recursos mineros en el mar
- ✓ Sistema de estaciones de observación global
- ✓ Investigaciones específicas regionales

1982 Convención de las UN sobre el Derecho del Mar ampliando el campo de acción de la Comisión. Este hecho histórico marca el comienzo de una nueva relación entre la humanidad y los océanos, representa, en cierta medida, la culminación de un largo proceso de negociación entre estados de todo el mundo y el inicio de una etapa de cooperación internacional para alcanzar los objetivos de la nueva Convención. La antigua Convención sobre el Derecho del Mar fue forjada en el año 1958, la actual incorpora la reglamentación de las investigaciones científicas sobre el mar y la transferencia tecnológica marina. Dicha innovación es el resultado de la percepción de los estados de la intrínseca relación existente entre ciencia y tecnología con el desarrollo económico y social así como factor de independencia nacional en el mundo moderno. Algunas normas y principios de la Convención establecen el deber de los estados de cooperar entre sí, directamente o por medio de las organizaciones internacionales, regionales o subregionales competentes. A los países costeros se les reconoce el derecho y los deberes consiguientes de aquellos que realizan actividades de investigación de conceder o negar autorización para que se lleven a cabo investigaciones en la ZEE.

En la actualidad la IOC se plantea abarcar una cartera de áreas temáticas centradas en la Salud del ecosistema oceánico, los Riesgos marinos, el Cambio climático y la mejora continua del Conocimiento científico.

2015 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y en particular al ODS 14, “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible”, las ciencias oceánicas son intersectoriales para casi todos los ODS y muchas de sus metas. Esta característica de las ciencias oceánicas se reconoce específicamente mediante la meta 14.a de los ODS, en la que, entre otras cosas, se alienta a los Estados Miembros a “aumentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina, teniendo en cuenta los Criterios y Directrices para la Transferencia de Tecnología Marina de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (...)”. La meta 14.a es una de las dos metas de los ODS para las cuales las Naciones

Unidas designaron a la COI como organismo custodio. La primera Conferencia de las Naciones Unidas para Apoyar la Consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 tuvo lugar en Nueva York del 5 al 9 de junio de 2017. Como se indica en los párrafos 68 y 197 del informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Océanos varios Estados Miembros de las Naciones Unidas expresaron en la declaración “Nuestros océanos, nuestro futuro: llamamiento a la acción”, se destaca igualmente la necesidad de aumentar la investigación científica marina y fomentar la innovación científica y tecnológica para promover la adopción de decisiones basadas en los mejores conocimientos científicos disponibles. A partir de esta declaración “Nuestros océanos, nuestro futuro”, la Asamblea General de las Naciones Unidas, se resolvió celebrar un Decenio internacional sobre los Océanos.

2017 Decenio y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Océanos Razones para celebrar un decenio internacional. Un decenio internacional de las ciencias oceánicas, en adelante denominado “el Decenio”, preferiblemente bajo los auspicios de las Naciones Unidas, permitiría comprender mejor la necesidad de tomar medidas urgentes para mantener un océano apto para la vida y velar por la protección adecuada y la ordenación adaptable del medio marino. Esta comprensión, basada en la comunicación efectiva del conocimiento científico y la necesidad de apoyar la investigación y las observaciones oceanográficas, es un requisito previo para generar compromisos por parte de los gobiernos y otras partes interesadas y crear un nuevo nivel de conciencia en el público acerca de la situación y el futuro de los océanos.

El Decenio permitiría establecer los vínculos que aún no existen, y fortalecer aquellos que aún son débiles, entre la ciencia y las aplicaciones marinas que benefician directamente a la sociedad, como la adaptación al cambio climático. Esto puede comprender avances tecnológicos sustanciales y la transferencia correspondiente de tecnología marina, incluidas herramientas para la elaboración de modelos, mediante una cooperación duradera, fomentando también el fortalecimiento de capacidades.

El Decenio proporcionaría un marco y un enfoque para la cooperación y la acción concertada a fin de aplicar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas en lo que respecta al medio marino. El Decenio abarcaría igualmente los aspectos marinos de otros acuerdos afines de las Naciones Unidas, como los concertados bajo la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, las Modalidades de Acción Acelerada para los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo y el Acuerdo de París en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Los principales objetivos del Decenio serían:

- 1) dar un paso decisivo para transformar el conocimiento científico y la comprensión de los procesos que tienen lugar en los océanos y los fondos marinos, así como de las condiciones de los recursos marinos, en acciones eficaces que promuevan una mejor ordenación de los océanos, su protección y el desarrollo sostenible de la economía oceánica o economía “azul”; y
- 2) identificar y colmar las importantes lagunas en nuestro conocimiento, incluso mediante el desarrollo de capacidades y la transferencia de tecnología marina.

Los principales productos estarían centrados en:

- 1) Un atlas digital comprehensivo de los océanos
- 2) Un sistema observacional oceánica de las principales cuencas
- 3) Un entendimiento cuantitativo y cualitativo de los ecosistemas oceánicos y de su funcionamiento como base para su manejo y adaptación.



- 4) Un portal de datos e información oceánica
- 5) Un sistema integral de alerta de multiamenazas
- 6) Incluir los océanos en el sistema de observación terrestre, investigación y predicción, apoyado por las Cs Sociales y humanas y la valoración económica
- 7) Desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica, entrenamiento y evaluación, alfabetización oceánica.

El Decenio y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Océanos dedicada al ODS 14 9. Al tiempo que contribuyen a varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y en particular al ODS 14, “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible”, las ciencias oceánicas son intersectoriales para casi todos los ODS y muchas de sus metas. Esta característica de las ciencias oceánicas se reconoce específicamente mediante la meta 14.a de los ODS, en la que, entre otras cosas, se alienta a los Estados Miembros a “[a]umentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina, teniendo en cuenta los Criterios y Directrices para la Transferencia de Tecnología Marina de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (...)”. La meta 14.a es una de las dos metas de los ODS para las cuales las Naciones Unidas designaron a la COI como organismo custodio. 10. La primera Conferencia de las Naciones Unidas para Apoyar la Consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 tuvo lugar en Nueva York del 5 al 9 de junio de 2017. Como se indica en los párrafos 68 y 197 del informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Océanos (A/CONF.230/14), varios Estados Miembros de las Naciones Unidas expresaron su apoyo al Decenio propuesto por la COI. En la declaración “Nuestros océanos, nuestro futuro: llamamiento a la acción”, aprobada durante la Conferencia, se destaca igualmente la necesidad de aumentar la investigación científica marina y fomentar la innovación científica y tecnológica para promover la adopción de decisiones basadas en los mejores conocimientos científicos disponibles. El Decenio tendrá el potencial de responder a estas exigencias. La Asamblea General de las Naciones Unidas, en su septuagésimo primer periodo de sesiones, hizo suya la declaración de la Conferencia mediante la resolución A/RES/71/312, aprobada el 6 de julio de 2017.

### **Disciplinas**

Una forma de describir esta ciencia es emplear la clásica división de la Oceanografía en sus cuatro orientaciones: física, geológica, biológica y química lo que nos lleva a considerar las siguientes disciplinas:

Oceanografía Geológica o Geología Marina Analiza los procesos dinámicos y cómo estos afectan a las formas del fondo marino y a los márgenes de los océanos. Incluye la descripción morfológica del material superficial y subsuperficial que los compone, la interacción entre los sedimentos y rocas con el agua de mar, y la acción que sobre ellos ejercen las olas y corrientes, el origen de las cuencas oceánicas, las formaciones geomorfológicas como montañas y colinas submarinas, dorsales, cañones, conos abisales. La Geología Marina ha logrado comprobar las teorías sobre la tectónica de placas y su comparación con otros planetas.

Oceanografía Química o Química Marina Se concentra en el estudio de las propiedades del agua de mar y de los procesos químicos que ocurren en ella. Busca entender el funcionamiento del océano como un sistema químico y cómo los procesos físicos, biológicos y geológicos interactúan para controlar las propiedades químicas del agua y sedimentos. Dentro de la amplia gama de temas que interesan a esta orientación se incluyen el origen y distribución de nutrientes (C, N, P, Si, O, etc.), el carácter químico de las productividades primarias y secundarias, los materiales radioactivos en agua

y sedimentos, tiempos de residencia de elementos químicos y masas de agua, lo que conlleva al problema crucial del control de la contaminación, especialmente en ambientes costeros.

Oceanografía Biológica o Biología Marina Se interesa en el desarrollo de un mejor conocimiento de cómo los seres vivos influyen y son condicionados por la estructura y funcionamiento de los sistemas marinos. En particular, es clave conocer los cambios que se producen sobre la biota por alteraciones en los parámetros físicos y químicos o en los propios organismos. La pesca ha condicionado las economías de algunos países y, por lo tanto, son vulnerables a la sobre explotación de algunas especies o a cambios significativos en la trama trófica.

Ingeniería Costera y Oceánica Se especializan en el desarrollo e implementación de estructuras portuarias, boyas, plataformas y sistemas de protección costera (por ejemplo, espigones, rompeolas, etc.) y cómo estas afectan las condiciones del ambiente. Existen países que han priorizado generar energía del océano a partir de olas o mareas.

Asimismo, se pueden considerar otras ramas que se dedican al desarrollo de instrumental para el sensoramiento de ambientes marinos. Consecuentemente es necesario, para la comprensión adecuada del presente curso, considerar que la Oceanografía en general y para Uruguay en particular, presenta una fuerte superposición de disciplinas con diferentes criterios de base.

### **Perspectivas a nivel nacional**

Uruguay cuenta con una situación geográfica privilegiada con acceso a uno de los océanos más grandes del planeta, con una extensión de 153.034 km<sup>2</sup> de Mar Territorial y Zona Económica Exclusiva (ZEE); así como una amplia Plataforma Continental de 233.534 km<sup>2</sup>, incluyendo los 80.500 km<sup>2</sup> extendidos recientemente, extensión muy significativa comparada con la superficie del área terrestre emergida del país que es de 176.215 km<sup>2</sup>. Esto nos lleva a concluir que la identidad fisiográfica del espacio territorial del país presenta un predominio marino sobre el terrestre integrado por invaluables sistemas ecológicos y procesos oceanográficos únicos, todo esto lo convierte en un patrimonio biológico, cultural y económico que históricamente han representado un factor fundamental para el desarrollo social y productivo nacional.

Uruguay como Estado signatario de la Convención de las Naciones Unidas para el Derecho del Mar tiene derechos de soberanía para explorar y explotar los recursos naturales tanto vivos como no vivos, existentes en el espacio marítimo comprendido en su ZEE, tanto en las aguas suprayacentes al lecho marino como el lecho y subsuelo del mar. Estos derechos también se extienden a otras actividades con miras a la exploración y explotación económicas de la zona, tales como, la producción de energía derivada del agua, de las corrientes y de los vientos. Por otro lado, tiene el deber de promover el manejo y uso sustentable de los recursos renovables y no renovables, así como el compromiso de protección y preservación de la biodiversidad y del medio ambiente marino de acuerdo con los datos científicos más fidedignos que se disponga. Las acciones de exploración y explotación de petróleo y gas en el margen continental uruguayo han estado en los últimos años dentro de las estrategias del país, en el entendido que generarán insumos de difícil sustitución en la matriz productiva y energética del Uruguay. Es de vital importancia una evaluación de la potencialidad de estos recursos así como la conjunta implementación de políticas adecuadas de manejo basadas en el conocimiento e información científica. Un insumo que se tornó en fundamental fue el establecimiento de una línea de base que colabore a caracterizar el estado del ecosistema antes de la intervención, de tal forma de

poder evaluar los efectos futuros. En este sentido la Facultad de Ciencias<sup>1</sup> y los equipos de investigadores del Departamento de Oceanografía y Ecología Marina como el Laboratorio CINCYTEMA publicó un documento abarcando el medio físico, el medio biológico, el medio antrópico y la integración de la información. Dicho documento manifiesta que el nivel de conocimiento científico a lo largo de la ZEE es escaso y heterogéneo. No obstante, el conocimiento recabado indica que el sistema es complejo desde el punto de vista hidrodinámico, geomorfológico, sedimentológico expresándose esta complejidad en las comunidades planctónicas, bentónicas y nectónicas tanto en el área de plataforma como en el talud. Este exhaustivo análisis (+ 500 referencias bibliográficas del área) pone en evidencia la urgente necesidad de fortalecer esta área de conocimiento en el país.

El espacio marino es vital para la soberanía y desarrollo como Nación en un mundo cada vez más globalizado, en el cual la competencia se intensifica en relación a la explotación de los recursos. Por los motivos anteriormente expresados sería muy beneficioso la concepción de un ámbito de articulación institucional que convoque tanto a entidades de desarrollo de conocimiento como a tomadores de decisión del Poder Ejecutivo y los Gobiernos Locales con el cometido de horizontalizar la información, la visión y sus planes estratégicos enmarcados en una discusión interdisciplinaria posibilitando el trabajo conjunto de las diferentes disciplinas.

En la actualidad existen diversas dependencias nacionales y organismos públicos descentralizados e instituciones de educación superior que se dedican a la investigación relacionada con la oceanografía, la vida en el mar y procesos de origen antrópicos. El alto costo de la implementación de campañas oceanográficas en el espacio marino obliga a superar la barrera del trabajo individual o por pequeños grupos de investigación.

En el año 2019<sup>2</sup> se redactó un documento estratégico en el marco del Ministerio de Educación y Cultura en el cual se destaca que ante los desafíos que enfrentará el país al corto plazo, ha de consolidarse la investigación, el desarrollo tecnológico y la formación de los recursos humanos del espacio marino.

Se deberá generar una agenda de investigación que atienda las necesidades y temas prioritarios definidos con la participación de los principales centros e instituciones de investigación en la materia. Se recomienda fortalecer la investigación científica y tecnológica en oceanografía para el mejor conocimiento sobre sus usos y el aprovechamiento sustentable de sus recursos en base a:

- a) La promoción y el desarrollo de proyectos de carácter multidisciplinarios e interdisciplinarios de interés nacional y sectorial.
- b) La promoción de una mayor vinculación de la investigación científica el desarrollo tecnológico con los organismos de gobierno, para atender las necesidades concretas del país.
- c) Desarrollar un sistema de observación oceanográfica nacional.
- d) Se deberá dar un fuerte impulso al fortalecimiento de la infraestructura, equipamiento y plataformas de trabajo adecuadas para el desarrollo de investigación oceanográfica y costera.
- e) Fortalecer la formación de recursos humanos y el desarrollo y consolidación institucional como elementos rectores para generar investigación científica nacional y regional, así como el desarrollo de capacidades en los tomadores de decisión.

---

<sup>1</sup> ANCAP 2014. Uruguay, margen continental. Programa oceanográfico de caracterización del margen continental uruguayo. Zona Económica Exclusiva. Convenio Facultad de Ciencias, 383 pp.

<sup>2</sup> Piedra Cueva I y Genta JL 2019. El territorio marítimo uruguayo y su costa. Documento estratégico. Julio 2019. Ministerio de Educación y Cultura. 157 pp.