



CARICOOS



Climas costeros de nuestras islas



IOOS
Integrated Ocean
Observing System

Equipo Científico

Prof. Julio Morell
Director Ejecutivo e Investigador Principal

Dr. Jorge Corredor
Co-Investigador

Dr. Miguel Canals
Co-Investigador

Dra. Yasmín Detrés
Co-Investigadora

Dr. Luis Aponte
Co-Investigador

Prof. Aurelio Mercado
Co-Investigador

Dr. Jorge Capella
Coordinador Modelaje

La elaboración del módulo titulado ***Climas costeros de nuestras islas*** contó con la participación de varias personas quienes colaboraron en las diferentes fases del trabajo. Maestros de ciencias, editores, profesores universitarios y expertos en los temas tratados compartieron la experiencia de desarrollar este documento.

Equipo de Asesores y Recursos

Arleen Rosado Rivera
Profesora y Editora de Ciencias

Luisa Rodríguez Avilés de Barreto
Profesora y Editora de Ciencias

Mildred Correa Berríos
Gerente Contenidos y Soluciones Educativas
Carvajal Educación

Elaine Berríos
Coordinadora Editorial
Carvajal Educación

Carmen Torres Santiago
Artista Gráfico
Carvajal Educación

Neeltje van Marissing Méndez
Revisión y copiedición

Prof. Julio Morell
Director Ejecutivo,
CARICOOS

Dr. Miguel Canals
Director Técnico, CARICOOS

Dr. Sylvia Rodríguez
Director Auxiliar,
CARICOOS

Dr. Jorge Capella
Coordinador DMAC,
CARICOOS

Dr. Juan González
Investigador y especialista
en modelaje, CARICOOS

Adolfo González, Educación
y Webmaster, CARICOOS



CARICOOS



El Programa CARICOOS agradece la colaboración de Carvajal Educación y de todas las personas que participaron en el desarrollo de este módulo educativo. Agradece además, el apoyo de la Asociación Regional del Caribe para la Observación Integrada Costera Oceánica (ARCa), la ayuda de Sea Grant de Puerto Rico y el apoyo económico de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) bajo los proyectos NA08NOS4730408 y NA08NOS4730297.



ACERCA DE CARICOOS

Reconociendo la importancia de los océanos y las limitaciones de la información que tenemos de este, el gobierno de los Estados Unidos desarrolló un Sistema Integrado de Observación del Océano (IOOS, por sus siglas en inglés) que provee observaciones de zonas oceánicas y costeras con el fin de garantizar la seguridad en las operaciones marinas, el desarrollo económico, la conservación de los recursos marinos y el fortalecimiento de la educación en temas relacionados con el océano.

El componente costero (COOS, por sus siglas en inglés) de IOOS ha sido estructurado a través de “asociaciones regionales” de usuarios y proveedores de datos. Actualmente existen once (11) asociaciones regionales apoyadas por la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA, por sus siglas en inglés). Esta estructura asegura que los sistemas y productos de observación respondan a las necesidades inmediatas y a las particularidades de los usuarios de datos en cada región. “CARICOOS” es la sigla en inglés que se traduce a “Sistema Caribeño de Observación Costera Oceánica”. Este sistema utiliza datos adquiridos por satélites, boyas e instrumentos oceánicos y modelos numéricos para proveer a los usuarios de la zona costera oceánica en la región del Caribe estadounidense, información integrada de las condiciones del océano, así como predicciones que apoyen las actividades recreativas y comerciales en la región y garanticen la seguridad de la población y la protección del ambiente marino. CARICOOS es operado por un grupo de investigadores en el Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico y en la Universidad de las Islas Vírgenes en St. Thomas, Islas Vírgenes Estadounidenses (IVE).

En estrecha colaboración con diversas agencias, programas y compañías privadas CARICOOS provee datos y productos de visualización de olas, vientos, corrientes, calidad de agua e inundaciones costeras en tiempo real y en un formato fácil de interpretar, a los diversos usuarios de las aguas costeras tales como pescadores deportivos y comerciales, *surfers*, bañistas, nautas, estudiantes, investigadores, agencias reguladoras del gobierno y agencias de manejo de emergencias, entre otros. Los datos de vientos se suplen de once estaciones meteorológicas en puntos críticos de Puerto Rico y las IVE. Para la caracterización de los regímenes costeros del océano Atlántico y del mar Caribe se obtienen datos de olas, corrientes y otros parámetros generados por boyas instrumentadas localizadas así: en el Caribe, al sureste de la Isla de Caja de Muertos y en la plataforma insular de las IVE al sur de la isla de St. John, en el Atlántico afuera de la ciudad de San Juan, y en las inmediaciones de Rincón en el Canal de la Mona. Por otro lado, se han instalado estaciones de antenas de radiofrecuencia que permiten generar mapas de distribución de corrientes superficiales en el Canal de la Mona. Las observaciones del sistema se complementan con datos satelitales y con modelos numéricos. Estos últimos permiten visualizar y pronosticar vientos, olas y corrientes. Todos los datos se difunden libres de costo a través de la página electrónica www.caricoos.org.



MENSAJE DEL DIRECTOR EJECUTIVO

Estimados lectores:

Reciban un cordial saludo.

Las islas de Puerto Rico e Islas Vírgenes Estadounidenses están rodeadas por más de 600 km de costa. Esta zona alberga playas de impactante belleza y diversos recursos que han probado ser esenciales para el desarrollo de actividades turísticas, recreativas y comerciales. Más aún, igual que en otras regiones con costas, esos mismos atributos tienen especial atractivo para el desarrollo de centros turísticos, urbanos e industriales y de infraestructura. Además de su importancia, debemos recordar que nuestras costas son muy dinámicas y responden directamente a una gran variedad de condiciones que van desde vientos y olas que nos deleitan cuando hacemos deportes acuáticos, hasta disturbios mayores como huracanes, marejadas extremas y *tsunamis* que amenazan la vida y la propiedad.

Luego de un proceso de consulta con los usuarios de nuestras costas, el Sistema de Observación Costero del Caribe (CARICOOS) identificó una gran necesidad de conocer y entender el clima costero. Con el objetivo de satisfacer esta necesidad se aunaron los esfuerzos de expertos entre los que se encuentran científicos, educadores, representantes del sector privado y CARICOOS para desarrollar el módulo ***Climas costeros de nuestras islas***.

Este módulo integra los conceptos más importantes relacionados con las olas, las corrientes y el viento y su impacto en la zona costera. Esperamos que este sirva como una herramienta educativa efectiva para fomentar el entendimiento del clima costero en nuestra sociedad y el disfrute seguro de tan importante recurso.

De este modo entendemos que este módulo servirá, además, para dar a conocer los productos de datos costeros desarrollados por CARICOOS y para establecer una vía de comunicación más estrecha con los usuarios de nuestras costas.

Prof. Julio Morell
Director Ejecutivo
CARICOOS



TABLA DE CONTENIDO

I.	Introducción	5
II.	Objetivos generales	6
III.	Administración de la preprueba.....	7
IV.	Primer tema: Los vientos	13
V.	Segundo tema: Las corrientes marinas	29
VI.	Tercer tema: Las olas	51
VII.	Administración de la posprueba	67
VIII.	Apéndices	68
IX.	Otros recursos	71
X.	Bibliografía	72





INTRODUCCIÓN

Vivimos en una isla rodeada de playas preciosas y de un mar que nos ofrece la oportunidad de usar diferentes medios de transporte marítimo para llegar a islas cercanas y a otros lugares en el planeta. Por tanto, es natural que quieras disfrutar de las playas y llevar a cabo las actividades que se relacionan con el ambiente marino en compañía de tus amistades y seres queridos. Sin embargo, cuando vas a realizar las actividades en el mar necesitas conocer las condiciones prevalentes del tiempo costero con las cuales vas a interactuar. Hacerlo así es muy inteligente y sabio ya que, de esa manera, evitas accidentes, proteges tu vida, disfrutas y te diviertes con seguridad para ti y los tuyos. Como habitantes de una isla tenemos la responsabilidad de conocer cómo es el ambiente y el tiempo costero, y cómo y por qué se comporta de una manera determinada.

Todas las condiciones del ambiente marino, el tiempo y el clima costero están relacionadas con el viento, las olas, las corrientes marinas y las mareas. La combinación y la interacción de esos factores definen las condiciones del tiempo y del clima costero. ¿Irías a la playa con tu tabla de *surfing* si no hay olas altas o, si por el contrario, hay una gran elevación del nivel del mar y alto oleaje debido al paso de un huracán? ¿Saldrías en velero cuando sabes que hay vientos borrascosos o, por el contrario, que hay tranquilidad casi total en el viento? ¿Qué criterios aplicas para tomar decisiones como estas?

El propósito de este módulo titulado ***Climas costeros de nuestras islas*** es darte a conocer esos factores que afectan el ambiente marino, el tiempo y el clima costero, cómo esos factores interactúan entre sí y cómo intervienen o afectan las actividades que deseamos llevar a cabo en la zona costera. Esto es muy importante para que, a la hora de tomar decisiones sobre las actividades que vas a llevar a cabo en el mar, estés bien informado y tengas el conocimiento y el entendimiento adecuado para que así puedas disfrutar de estas con seguridad. Todos los años se pierden muchas vidas en nuestro país en actividades relacionadas con el mar por falta de conocimiento o por no prestar atención a las advertencias que se emiten. Deseamos, y es nuestro propósito, que esto no suceda más. Utiliza este módulo como una herramienta para educarte y para educar a otros sobre la oceanografía general de Puerto Rico. Su contenido te ayudará a informarte correctamente para que puedas ser sabio y responsable y tomes decisiones informadas a la hora de llevar a cabo actividades junto con los tuyos en las costas de nuestra isla.



OBJETIVOS GENERALES

Mediante el estudio de este módulo los maestros y estudiantes podrán:

- ★ Entender los conceptos básicos del clima costero, los factores que lo afectan, y las interacciones entre estos.
- ★ Relacionar los vientos, las corrientes marinas y las olas con el quehacer diario.
- ★ Conocer las herramientas de observación oceánica del Caribe implementadas para el desarrollo del conocimiento local.
- ★ Desarrollar destrezas para interpretar mapas y productos relacionados con el clima de las costas disponibles a través de caricoos.org.
- ★ Interpretar los modelos e imágenes que proveen predicciones de las condiciones costeras.
- ★ Investigar las condiciones del clima costero para tomar decisiones informadas antes de llevar a cabo actividades en la zona costera.
- ★ Comunicar la importancia de conocer las condiciones del clima para evitar accidentes y pérdidas humanas en las playas y zonas costeras.
- ★ Responder activamente a cambios ambientales y sociales provocados por elementos climáticos y su impacto en las actividades humanas.



©Stephen Frink/ARC/Getty Images

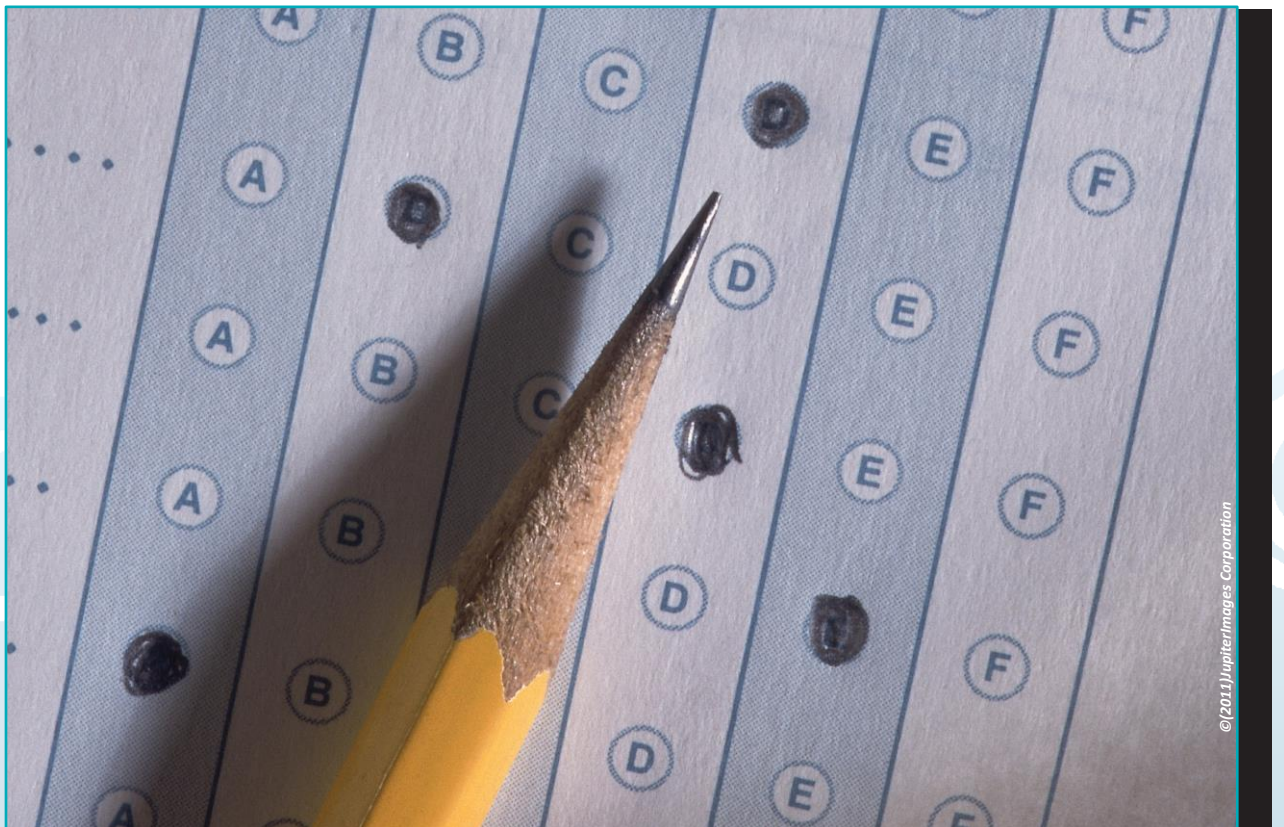


©Purestock/SuperStock

ADMINISTRACIÓN DE LA PREPRUEBA

En este módulo se incluye una prueba diagnóstica o preprueba. Esta prueba tiene como propósito examinar los conceptos y destrezas que el estudiante posee relacionados con los temas de vientos, corrientes marinas y olas. Los resultados de la prueba son importantes para medir el conocimiento que tienen los estudiantes acerca de los temas que van a tratarse y servirán de base para la enseñanza de estos conceptos.

Esta prueba debe guardarse por el periodo de tiempo en que los estudiantes estén trabajando con el módulo. Al finalizar su estudio, se volverá a administrar la misma prueba, pero con el nombre de posprueba. Luego, deben compararse los resultados de las pruebas para evidenciar el aprovechamiento académico de los estudiantes.



©(2011)Jupiter Images Corporation

Climas costeros de nuestras islas

I. Instrucciones:

Lee y escoge la mejor contestación. Ennegrece el círculo con la letra de la alternativa que selecciones.

- La cantidad de energía solar que llega a las distintas zonas de la tierra es diferente y esto genera gradientes de presión que provocan el movimiento de:
 - el aire frío del ecuador hacia los polos.
 - las masas de aire, produciendo el viento.
 - el aire caliente de los polos hacia el ecuador.
 - el aire denso del ecuador hacia los polos.
- Los vientos polares del este son cinturones de vientos que se extienden desde los polos hasta:
 - los 30° de latitud en cada hemisferio.
 - el ecuador.
 - los 60° de latitud del hemisferio norte.
 - los 60° de latitud en cada hemisferio.
- Los vientos alisios:
 - se originan en el ecuador.
 - se originan en los polos.
 - traen las brisas del noreste a Puerto Rico.
 - tienen muchas variaciones en su movimiento.
- La brisa marina son vientos locales que se producen en la costa:
 - desde el mar hacia la tierra durante la noche.
 - desde el mar hacia la tierra durante el día.
 - desde la tierra hacia el mar durante la noche.
 - desde la tierra hacia el mar durante el día.
- El viento de superficie en Puerto Rico proviene principalmente:
 - del norte.
 - del sur.
 - del este.
 - del oeste.
- En el interior de la isla de Puerto Rico, los vientos tienen:
 - menor velocidad que los de la costa.
 - mayor velocidad que los de la costa.
 - mayor velocidad durante las noches.
 - la misma velocidad que los de la costa.
- Las corrientes oceánicas superficiales están controladas por:
 - las deflexiones continentales.
 - el efecto de Coriolis.
 - los vientos globales.
 - todas las anteriores.
- Las corrientes superficiales del hemisferio norte se mueven:
 - en el sentido opuesto a las manecillas del reloj.
 - en el sentido de las manecillas del reloj.
 - en línea recta hacia el polo norte.
 - en línea recta hacia el ecuador.

9. Las corrientes superficiales mueven:

- A. el agua fría del ecuador hacia otras partes del océano.
- B. el agua caliente de los polos hacia el ecuador.
- C. el agua caliente del ecuador hacia otras partes del océano.
- D. el agua fría de los polos hacia el ecuador.

10. Las corrientes superficiales profundas ocurren:

- A. donde la densidad del agua es mayor.
- B. donde la densidad del agua es menor.
- C. donde la salinidad del agua es menor.
- D. donde la temperatura del agua es mayor.

11. En las regiones polares el agua es:

- A. menos densa y se hunde.
- B. de baja salinidad y se mueve por arriba.
- C. más densa y se hunde.
- D. menos densa y se mueve por arriba.

12. El movimiento de las corrientes superficiales y profundas transporta el agua fría y caliente a diferentes regiones y así modifica:

- A. la salinidad de los océanos.
- B. la presión del agua a mayores profundidades.
- C. la formación de las olas en el océano.
- D. el clima de las diferentes regiones del planeta.

13. La parte más alta de la ola se llama:

- A. cresta.
- B. valle.
- C. periodo.
- D. *tsunami*.

14. La parte más baja de la ola se llama:

- A. cresta.
- B. valle.
- C. periodo.
- D. *tsunami*.

15. La longitud de una ola es:

- A. la distancia que recorre antes de romperse en la costa.
- B. la distancia horizontal entre una cresta y otra cresta o de un valle a otro.
- C. la distancia vertical entre el fondo y la cresta.
- D. la distancia que recorre antes de formarse en la costa.

16. Una ola es una onda que:

- A. no necesita de un medio para propagarse.
- B. vibra y se propaga por el agua.
- C. vibra en un material suave que se estira.
- D. vibra y se propaga por el aire.

17. Cuando una ola se acerca a la costa:

- A. aumenta su altura.
- B. aumenta su profundidad.
- C. desaparece en el aire.
- D. disminuye su altura.

18. El periodo o intervalo de una ola es el tiempo:

- A. que tarda una ola en subir y bajar.
- B. entre las crestas de dos olas consecutivas que pasan por un punto fijo.
- C. que tarda una ola en llegar a la costa y romper en la orilla.
- D. que tarda una ola en bajar.

19. Se puede formar una ola por el efecto:

- A. de las nubes.
- B. del sol.
- C. del viento.
- D. de los relámpagos.

20. Las olas *mar de fondo* se originan:

- A. en el océano y se organizan a medida que se mueven por el océano.
- B. en el océano, pero no se organizan a medida que se mueven por el océano.
- C. en la costa, y llegan a esta de forma desorganizada.
- D. en el océano y se desorganizan a medida que se mueven por el océano.

21. Las olas de viento se distinguen:

- A. porque se organizan a medida que se mueven por el océano.
- B. por ser altas y con forma de tubo.
- C. por llegar cerca de la costa en forma muy organizada.
- D. por ser desorganizadas, pequeñas y estar acompañadas de fuerte viento.

22. Un *tsunami* puede generar olas:

- A. grandes y pequeñas.
- B. pequeñas únicamente.
- C. grandes únicamente.
- D. mayormente pequeñas.

23. La palabra *tsunami* también significa:

- A. ola capilar.
- B. ola de viento.
- C. maremoto.
- D. tornado.

24. Muchas de las olas de viento se forman:

- A. durante los *tsunamis*.
- B. solo en el océano.
- C. durante las tormentas.
- D. solo lejos de la costa.

25. Una ola capilar se distingue porque tiene:

- A. gran altura.
- B. gran longitud.
- C. poca altura y poca longitud.
- D. gran altura y gran longitud.

II. Instrucciones:

Lee cada pregunta y contesta.

A. ¿Por qué es importante que las personas conozcan sobre los vientos, las olas y las corrientes oceánicas?

B. ¿Qué es un *tsunami*?

C. ¿Qué es un huracán?

D. ¿Qué instrumentos se utilizan para conocer las condiciones del clima? Nombra y describe los que conozcas.



Tema 1: Los vientos

¿Sabías que...?

La región del Caribe es muy vulnerable al paso de huracanes. Un huracán es un fenómeno natural que no puede evitarse. Sin embargo, los científicos han desarrollado modelos que hacen posible predecir el comportamiento de los vientos asociados a este fenómeno. De esta forma, las personas pueden estar informadas acerca de la intensidad y la velocidad de los vientos de los huracanes y así prevenir posibles peligros. Aprender acerca de los vientos podría salvar tu vida y las vidas de otros. ¡Anímate!

Introducción

Desde tiempos antiguos, la humanidad se ha preguntado qué es el viento, cómo y dónde se origina y hacia dónde va? El viento es un fenómeno meteorológico responsable de la formación y movimiento de las olas y corrientes oceánicas las cuales, a su vez, definen y modifican el clima en las diversas regiones del planeta. Además, el viento es responsable del movimiento de las nubes, de la regulación de la temperatura y la precipitación, y es un medio para la dispersión de contaminantes, semillas, polen, y material particulado, entre otros.

El viento es esencial en la vida cotidiana ya que es muy útil para generar electricidad, bombear agua, moler granos, elevar chiringas, navegar a vela, volar globos y planeadores, realizar deportes acuáticos y muchas otras actividades. Sin embargo, el viento también puede llegar a ser muy peligroso y destructivo cuando viene con gran fuerza y velocidad, como sucede durante el paso de disturbios atmosféricos.

Si podemos entender el viento como un evento natural, disfrutaremos todas sus manifestaciones, lo utilizaremos para nuestro beneficio y nos maravillaremos ante la naturaleza de este activo fenómeno llamado viento.



B. Objetivos

- Describir qué es el viento.
- Explicar los factores que dan origen a los vientos.
- Explicar la procedencia de los vientos globales en el planeta.
- Describir las características de los diferentes tipos de vientos.
- Identificar y explicar los vientos en Puerto Rico e islas caribeñas.
- Explicar la importancia de los vientos y su influencia en el clima.
- Explicar el uso de vectores para representar gráficamente la rapidez y dirección del viento.
- Describir los instrumentos utilizados para medir el viento.
- Leer e interpretar mapas y graficas de viento.



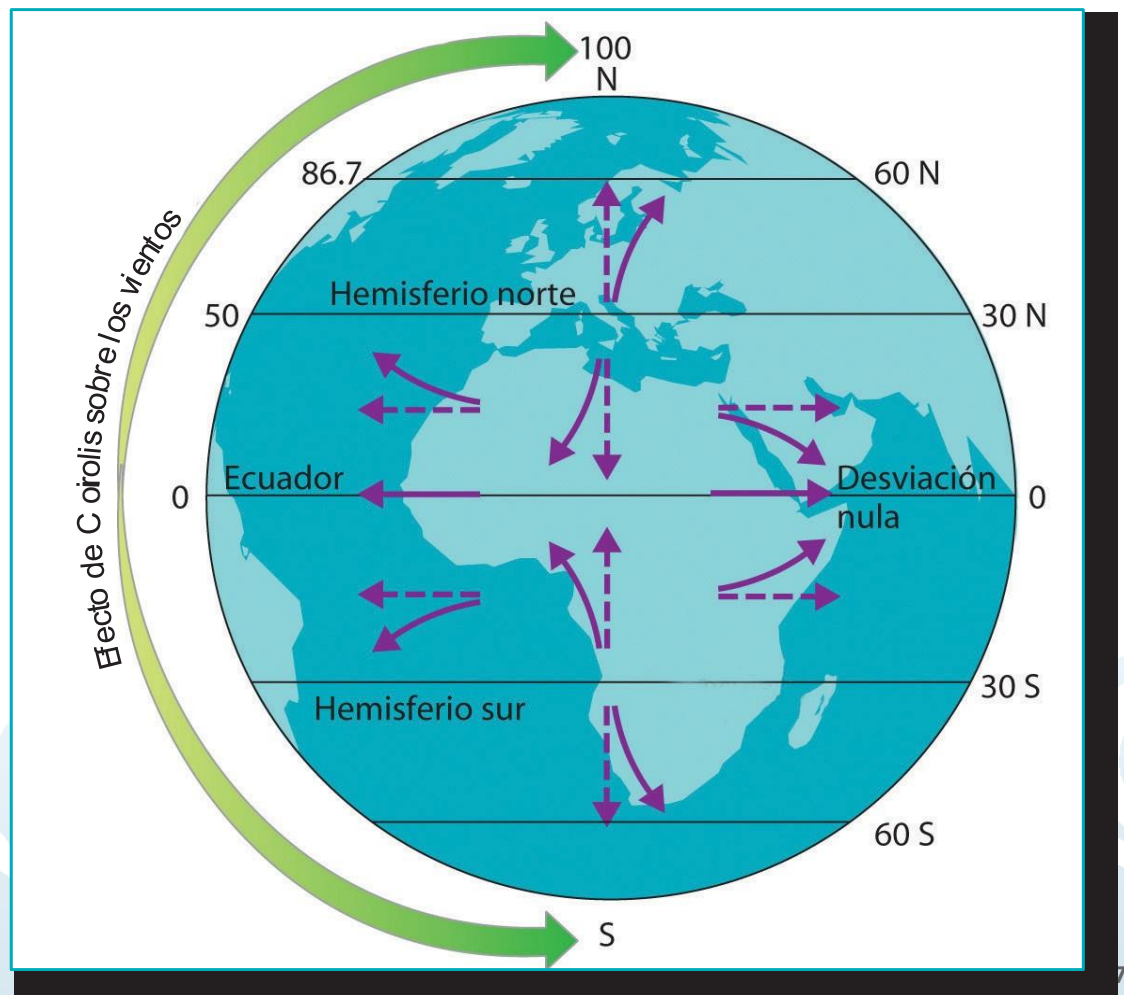
C. Origen y procedencia de los vientos globales

Para propósitos prácticos de ubicación y navegación a través del planeta Tierra, el globo se ha subdividido en secciones horizontales llamadas *latitudes* y secciones verticales llamadas *longitudes*. Las latitudes comienzan a contar desde cero grados en el ecuador y se extienden hacia el polo norte ó hacia el polo sur.

El viento es el movimiento de las masas de aire en la atmósfera generado por diferencias en la presión de aire entre el ecuador y los polos. La circulación del aire en la atmósfera se genera por el desplazamiento de aire desde zonas de alta presión a zonas de baja presión. Mientras mayor es la diferencia en presión mayor será la velocidad del viento. Esta circulación del aire en la atmósfera distribuye el calor a través del planeta. Este tipo de transferencia de calor, a través del aire, entre zonas con diferente temperatura se conoce como *convección*.

El *Efecto de Coriolis (Figura 1)* es una desviación de la trayectoria de los vientos y de las corrientes oceánicas debido a la rotación de la Tierra. Al patrón de circulación de aire que se genera en la Tierra debido a las *celdas de convección* y al efecto de Coriolis se le conoce como *vientos globales*. Los vientos globales están determinados por tres celdas de convección que encontramos en cada hemisferio y que forman los *vientos alisios*, los *vientos del oeste* y los *vientos polares del este*. Debes saber que la presencia de masas de tierra ocasiona disturbios en los patrones de viento globales.

Figura 1: Efecto de Coriolis sobre los vientos. En el hemisferio norte los vientos que se desplazan hacia el norte parecen desviarse hacia el este y los vientos que se desplazan hacia el sur parecen desviarse hacia el oeste debido al efecto de Coriolis. El tamaño de las flechas verdes indica que este efecto es mínimo en el ecuador y su influencia aumenta hacia los polos. Observa la ilustración y explica cómo el efecto Coriolis afecta los vientos en el hemisferio norte.



El aire caliente del ecuador es menos denso y asciende hasta la parte superior de la atmósfera generando un centro de baja presión y formando las *calmas ecuatoriales*. Una vez en la atmósfera este aire caliente comienza a desplazarse hacia los polos en ambos hemisferios. Aproximadamente a los 30° de latitud (norte y sur) el aire se enfría, se torna más denso y desciende generando un centro de alta presión. Las altas presiones están asociadas a clima fresco, seco y despejado. Estas diferencias en presión, es decir presión alta en zonas subtropicales y presión baja en zonas ecuatoriales, hacen que el viento fluya del este formando los vientos alisios. Debido al *efecto de Coriolis* los vientos alisios se desvían hacia el oeste en ambos hemisferios. Estos vientos, que se extienden hasta unos quince mil pies de altura son constantes y traen las típicas brisas del noreste a Puerto Rico.

Los *vientos del oeste* son los que se encuentran entre los 30° y los 60° de latitud en ambos hemisferios. Estos vientos soplan desde las altas presiones subtropicales (altas presiones) hacia las bajas presiones templadas. Los vientos polares del este son los cinturones de vientos que se extienden desde los polos hasta los 60° de latitud en ambos hemisferios. Estos vientos, que son muy variables, se forman por las altas presiones en latitudes polares. Los vientos polares se mueven del este, en la misma dirección de los vientos alisios (**Figura 2**).

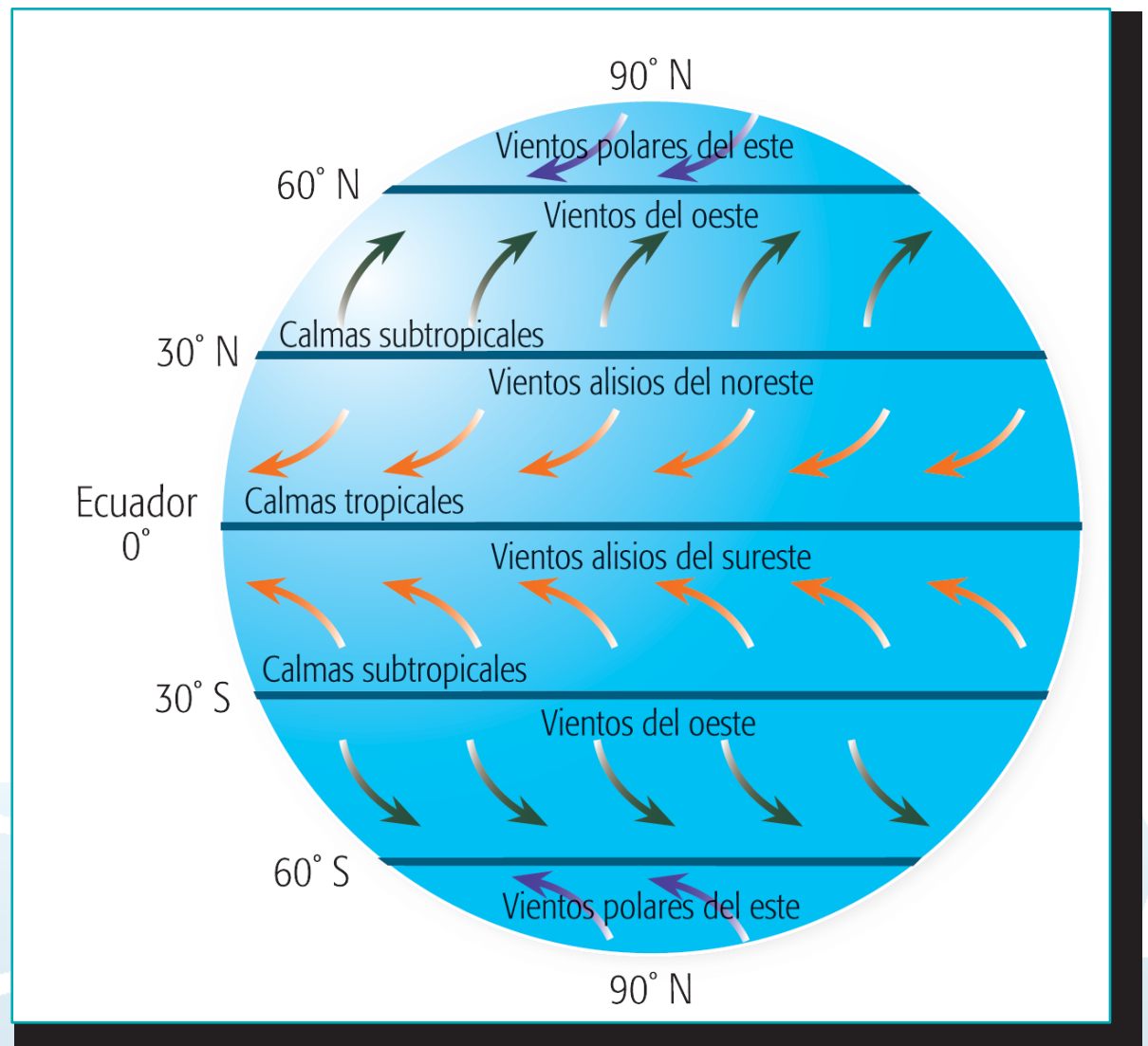


Figura 2: Diagrama de los patrones globales de viento. En el hemisferio norte y en el hemisferio sur hay tres cinturones de vientos debido a las diferencias en presión causadas por el calentamiento desigual de la Tierra.

Las características topográficas en un área, como la presencia de costas o montañas, generan diferencias en temperatura que producen los llamados *vientos locales*. Estos vientos son particulares de una región determinada y afectan áreas relativamente pequeñas. Entre los tipos de vientos locales encontramos las brisas que son vientos que cambian de dirección entre el día y la noche.

Las variaciones diarias de temperatura entre la tierra y el mar ocasionan la *brisa marina* (**Figura 3**). En las zonas costeras, durante horas del día, la tierra se calienta más rápido que el mar y el aire que está sobre la tierra se eleva creando un área de baja presión. Las diferencias en presión hacen que el aire más frío del mar fluya hacia la tierra para remplazar el aire caliente creando la brisa marina. Durante la noche ocurre todo lo contrario ya que la tierra se enfría más rápidamente que el agua de mar ocasionando diferencias en presión y un flujo de aire desde la tierra (alta presión) hacia el mar (baja presión) llamado *brisa de tierra* (**Figura 4**).

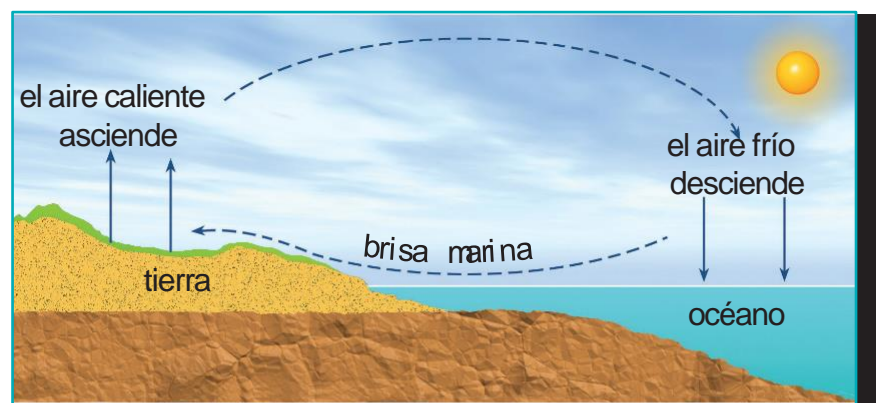


Figura 3:
Brisa marina



Figura 4: *Brisa de tierra*

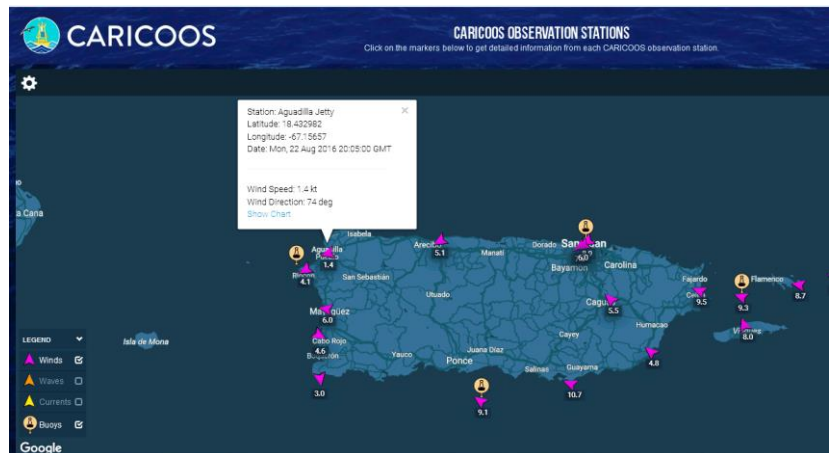
D. Patrón de vientos en Puerto Rico

El patrón de vientos sobre Puerto Rico y las demás islas del Caribe está determinado por la circulación general de vientos que ya describimos. Los vientos alisios son los vientos predominantes sobre la Isla con una frecuencia anual de 70% y una velocidad promedio entre 24 a 32 km/h. El viento de superficie, proveniente del este, puede ser modificado debido a factores locales, tales como la topografía que determina el desarrollo de las brisas locales. El desarrollo de la brisa marina en Puerto Rico varía con las condiciones del tiempo. Podemos observar que durante días nublados donde el calentamiento solar no es muy intenso, la circulación mar y tierra es débil o inexistente.

Además de los cambios en la dirección del viento debido a factores locales, en Puerto Rico observamos un ciclo diurno en la velocidad del viento. La velocidad en la superficie es más alta en la tarde que en la noche debido al calentamiento solar. Al calentarse la superficie se produce inestabilidad que ocasionarán movimientos turbulentos de corrientes de vientos que ascienden y descienden.

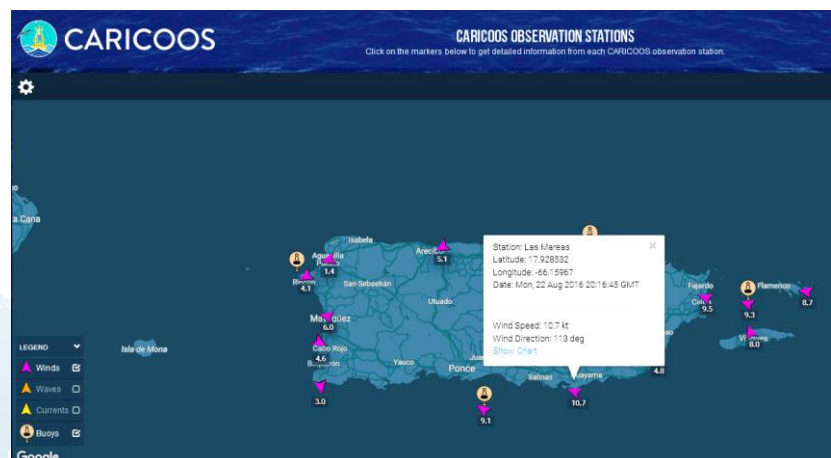
Si estudiamos detalladamente las características del viento sobre las diferentes zonas costeras de Puerto Rico encontraremos variaciones en la velocidad y dirección de los vientos de acuerdo con las épocas del año, la hora del día o de la noche, la orientación de la costa, la geografía de la costa, la altura y los componentes de la brisa marina y la brisa de tierra. En el producto de vientos de CARICOOS puedes encontrar datos de velocidad y dirección de vientos para estaciones en diferentes zonas costeras en Puerto Rico e Islas Vírgenes Estadounidenses (**Figura 5**). Estos datos sirven de apoyo a varios sectores marinos y son utilizados por el Servicio Nacional de Meteorología para optimizar los modelos y predicciones de clima.

Figura 5: Mapa que muestra la velocidad del viento en la estación de Aguadilla



En el interior de la isla los vientos tienen menor velocidad que en la costa. La disminución de la velocidad del viento durante la noche es notable y la mayor parte de las veces son vientos leves o en completa calma. El patrón de vientos en el valle de Yabucoa está dominado por la combinación de los factores de las brisas tierra-mar y las brisasmontaña-valle en la costa sureste, de Maunabo a Ceiba. Este patrón es de vientos fuertes y persistentes del este en la tarde y de vientos persistentes, pero débiles, del oeste en la noche (**Figura 6**).

Figura 6: Mapa que muestra la velocidad del viento desde la estación de Yabucoa



La velocidad máxima del viento en el área de San Juan es de unas 48.3 Km/h. Esta velocidad aumenta con el paso de tormentas tropicales o huracanes sobre la Isla. Durante el huracán San Felipe, el 13 de septiembre de 1928, en San Juan se registraron vientos de superficie de 257.5 km/h, la velocidad más alta registrada en Puerto Rico. Con el paso de los huracanes Hugo y Georges, en el 1989 y 1998, se midieron vientos máximos de 158 y 151 km/h.

E Velocidad y dirección del viento

Dos características que ayudan a describir el viento, y que tienen que ser tomadas en consideración para la realización de muchas actividades en nuestra vida diaria, son su dirección y velocidad.

Los vientos se nombran en relación de la dirección de donde soplan. Esta dirección se determina utilizando un instrumento conocido como *veleta* (**Figura 7**). La veleta indica la procedencia de los vientos con respecto a los 4 puntos cardinales (Este, Oeste, Norte y Sur). Para definir el origen del viento también se puede utilizar la representación de los puntos cardinales en grados, por ejemplo 0° (Norte), 90° (Este), 180° (Sur), 270° (Oeste).

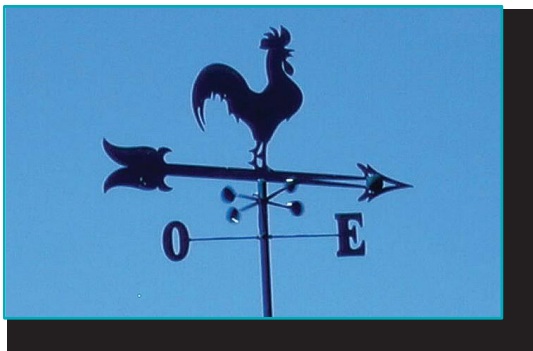
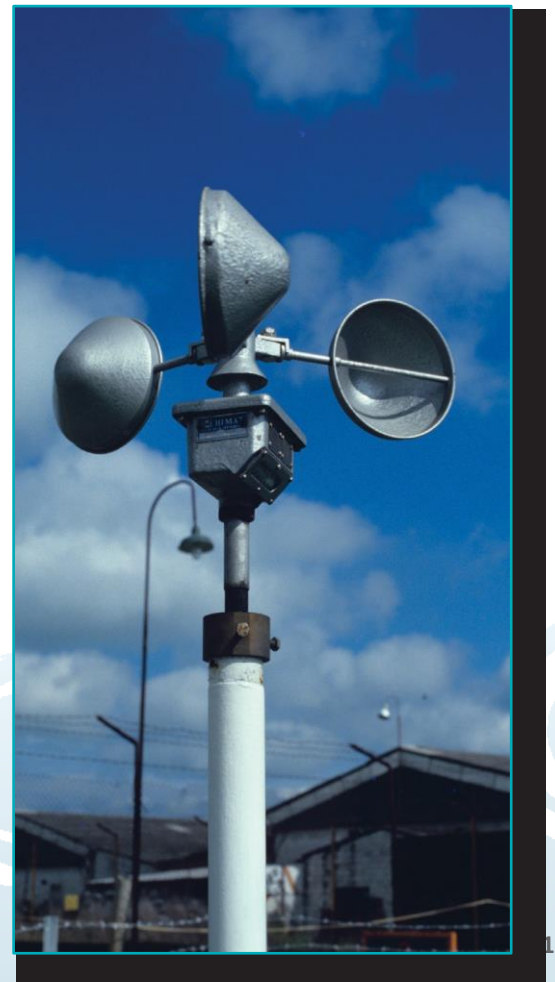


Figura 7: La veleta indica la procedencia de los vientos

La velocidad de los vientos es menor en la superficie y aumenta rápidamente con la altura. Además, el relieve de una superficie afectará la velocidad del viento. Es por esto que la velocidad del viento será mayor en los topes de las montañas y en el mar que en la superficie terrestre. Para medir la velocidad del viento se utiliza un instrumento llamado *anemómetro*. El anemómetro (**Figura 8**) consiste de unas pequeñas copas unidas a un eje central que rotan proporcionalmente con la velocidad del viento. La velocidad del viento se mide en millas por hora o

Figura 8: La rapidez del viento se mide utilizando un instrumento llamado anemómetro.



kilómetros por hora aunque en navegación se acostumbra usar el *nudo* que es igual a 1.15 mph o 1.85 km/h. La intensidad del viento se clasifica según su velocidad utilizando la *Escala de Beaufort*. Esta es una escala numérica, del 0 al 12, que relaciona la velocidad del viento y los efectos observados. Por ejemplo, un 0 en la Escala Beaufort representa condiciones de calma con vientos de menos de 1 nudo o 1.9 km/h mientras que un 12 en la escala representará condiciones de huracán con vientos mayores de 64 nudos o 119 km/h.

F. Influencia del viento sobre el clima

El viento es un fenómeno meteorológico y es responsable de la formación y movimiento de olas y corrientes oceánicas superficiales. Ese transporte de agua de diferentes temperaturas por el océano es muy importante en la modificación del clima en las diferentes regiones del planeta. Además, el viento es responsable del movimiento de las nubes, de la regulación de la temperatura y la precipitación.


Como ya vimos, los vientos polares del este transportan aire frío a través de Estados Unidos produciendo nevadas y temperaturas muy bajas. De igual manera, los vientos del oeste transportan aire húmedo produciendo lluvias y nevadas en Estados Unidos.

Los *vientos prevalecientes* también tienen un importante efecto sobre el clima. Al soplar en una misma dirección por un periodo de tiempo dado, la cantidad de humedad que llevan guarda relación con el lugar por donde se desplazan. Si los vientos se desplazan sobre grandes áreas de tierra, pueden ser secos. Si los vientos se desplazan sobre grandes masas de agua, pueden absorber humedad.

G. Representaciones gráficas para describir el viento

Los mapas de viento generados por oficinas que ofrecen información sobre las condiciones meteorológicas, como el Servicio Nacional de Meteorología, y el programa CARICOOS, utilizan diferentes maneras para describir y representar la velocidad del viento. La velocidad del viento es un vector, esto es, tiene *magnitud* y *dirección*. A la magnitud de la velocidad se le llama rapidez e indica el valor numérico de la velocidad. Los vectores se representan con un indicador (barba o flecha) que se coloca en la dirección de donde procede el viento. En algunas ocasiones la longitud del vector, dibujado a escala, representa la magnitud y la flecha representa la dirección (**Figura 9**). Es importante recordar que debes considerar los puntos cardinales al leer un vector que representa la dirección del viento. La siguiente rosa de los vientos te ayudará a establecer desde dónde sopla el viento (**Figura 10**).

Figura 9: Un vector es un indicador, generalmente una \longrightarrow (segmento de recta con una flecha) que se utiliza para representar una cantidad vectorial como la velocidad.



Vector de velocidad de 30 mph hacia el este

Escala: 1 cm representa 10 mph

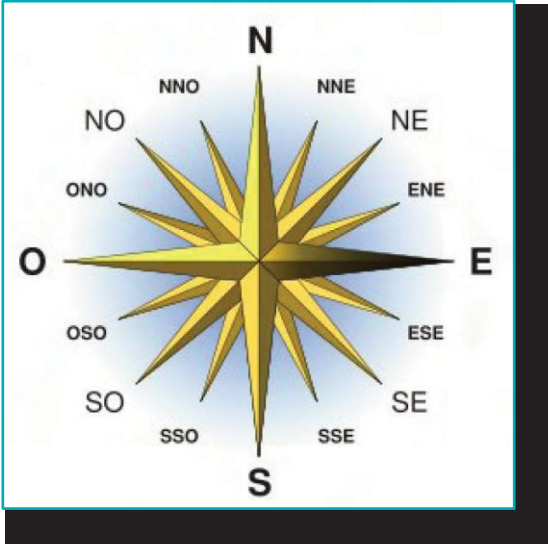
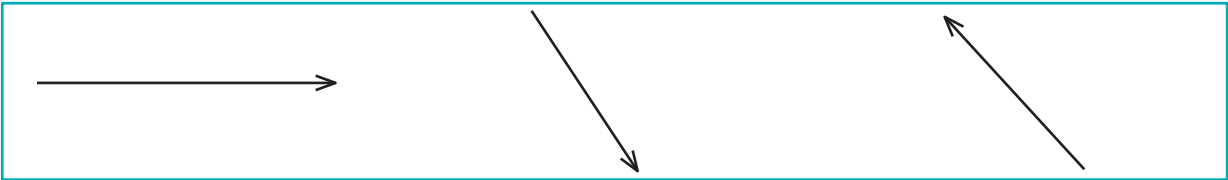


Figura 10: Rosa de los vientos

Observa las imágenes y contesta la siguiente pregunta: ¿Desde dónde sopla el viento que se representa en cada ilustración?



Sí, del oeste, del noroeste y del sureste respectivamente.

Comúnmente la rapidez se representa con “banderas” colocadas en el extremo desde donde sopla el viento. Media bandera representa 5 nudos, 1 bandera representa 10 nudos y un triángulo representa 50 nudos de rapidez. ¿Cómo se representan los vientos de más de 50 nudos? En esos casos se dibujan los triángulos de 50 nudos y las banderas de 10 y 5 nudos que se necesitan para llegar al valor indicado. Las sumas suelen redondearse al valor más próximo que se pueda representar. Por ejemplo, un viento de 14 nudos se representa como uno de 15 nudos. Por lo tanto, para determinar la rapidez del viento que se indica con una barba de viento se suma el valor de cada bandera y triángulo que esta tenga. Recuerda que, al leer las barbas de viento, puedes indicar la dirección por la posición que ocupan las banderas, pues estas siempre se encuentran en el extremo desde donde sopla o viene el viento.

En la siguiente imagen (**Figura 11**) puedes ver algunas barbas de viento.

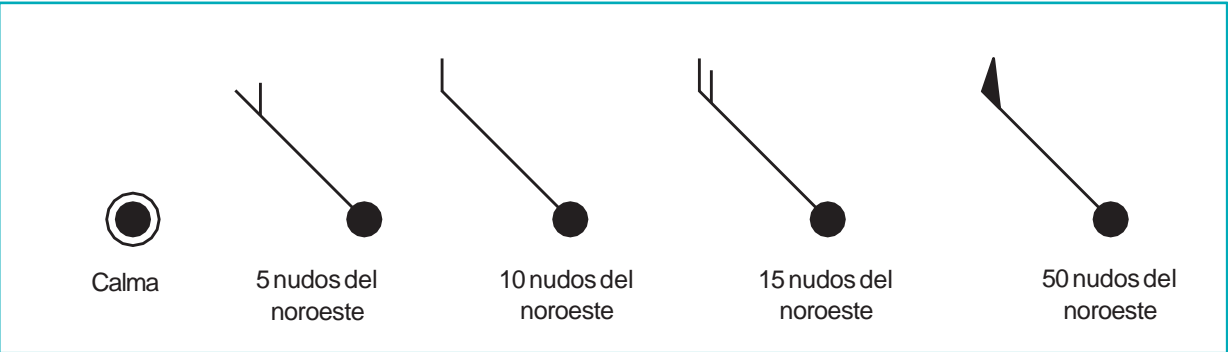


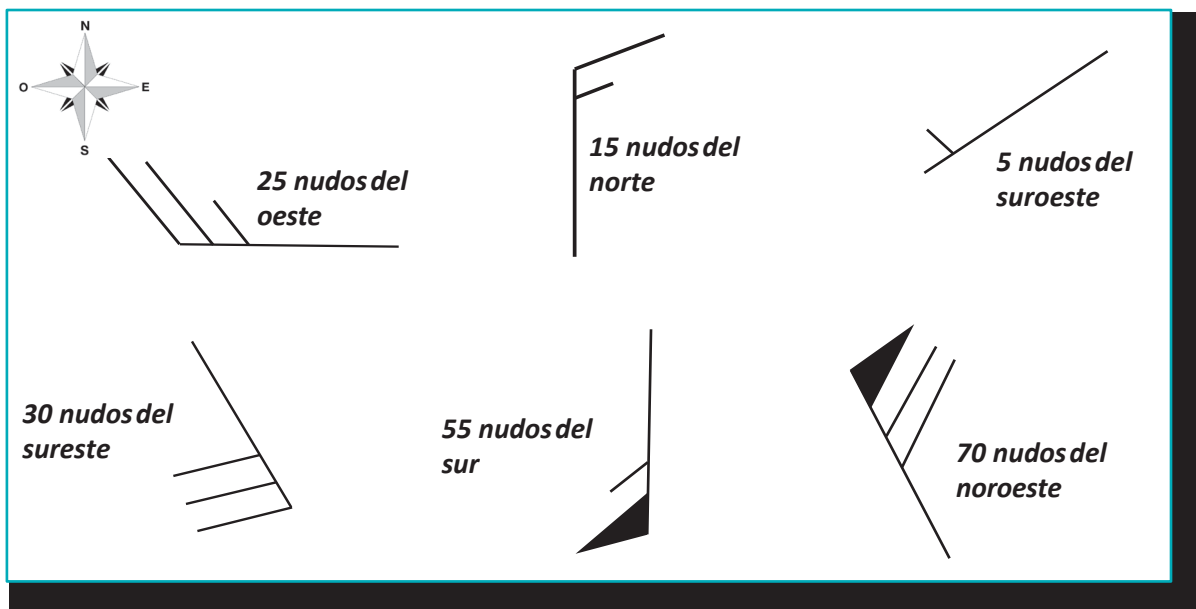
Figura 11: Representación de la dirección y la velocidad del viento con barbas y banderas

Esta barba de viento (**Figura 12**) indica que la dirección del viento es del noreste a una rapidez de 65 nudos ($50 + 10 + 5 = 65$).



Figura 12

A continuación se muestran varias barbas de viento para representar la velocidad del viento (**Figura 13**).



En los mapas de viento también se puede utilizar una escala de colores para representar la rapidez del viento y vectores para indicar su dirección. La rapidez del viento aumenta de izquierda a derecha en la escala de colores. Observa la escala de colores que se usa para representar la rapidez del viento y los vectores de flecha que indican la dirección desde donde este sopla. ¿Cuál es la dirección del viento en la zona amarilla de este mapa de CARICOOS? (**Figura 14**).

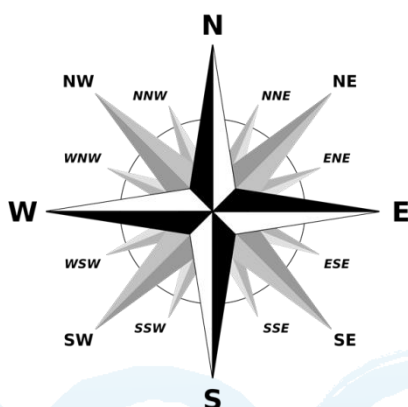
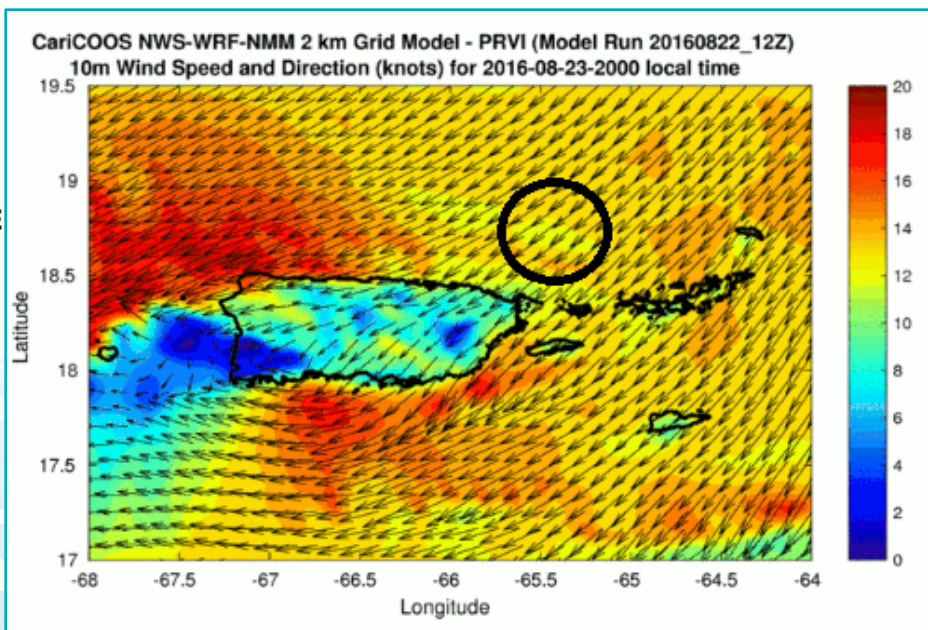


Figura 14: Identifica la dirección del viento que está representada con el color amarillo en este mapa.



Además de los productos gráficos de vientos que encontrarás en CARICOOS.org podrás tener fácil y rápido acceso a datos actualizados de velocidad y dirección de vientos adquiridos por instrumentos en boyas oceanográficas localizadas en la costa sur (al sureste de Isla Caja de Muertos, Ponce), en la costa norte (San Juan) y al sur de la isla de St. John, en las Islas Vírgenes Estadounidenses. Estos datos son frecuentemente utilizados por meteorólogos, reporteros del tiempo y por agencias del gobierno.

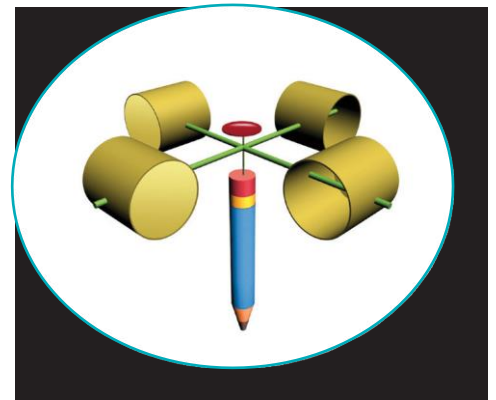
H. Actividades

1. Midamos la velocidad del viento

Objetivo: Construir un instrumento para determinar la velocidad del viento.

Materiales:

- 4 vasos pequeños de papel
- un lápiz con borra
- sorbetos plásticos
- tijeras
- cinta adhesiva
- grapadora
- alfileres o tachuela



Procedimiento:

- Coloca 4 vasos de papel como se muestra en la ilustración. Procura que los vasos tengan la misma medida.
- Haz una perforación diminuta en cada vaso de tal forma que puedas introducir el sorbeto en el centro de este. Verifica que la perforación no sea grande para que el aire no circule por ahí. Introduce un vaso en cada extremo del sorbeto. Luego, utiliza la cinta adhesiva para unir los dos sorbetos en el centro.
- Debes asegurarte de que los vasos estén colocados con la parte abierta en la misma dirección.
- Con la ayuda de un adulto, pasa el alfiler o tachuela a través del sorbeto y pínchalo a la goma de borrar. Procura que la distancia desde el alfiler hasta los vasos sea la misma.
- Marca uno de los vasos con una X. Cuando empieces el experimento para saber la velocidad del viento, cuenta las vueltas que dan los vasos. Una idea es la siguiente, 10 vueltas en un minuto equivalen aproximadamente a 2 kilómetros por hora. Esa sería la velocidad del viento en ese momento.

2. Hagamos una veleta

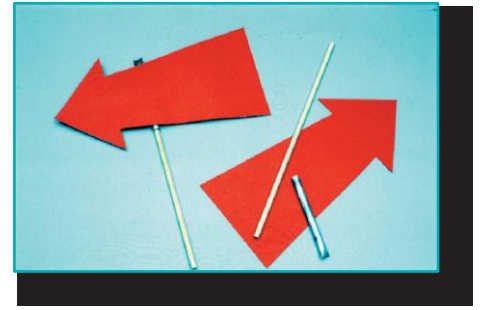
Objetivo: Construir una veleta para determinar la dirección del viento.

Materiales:

- vara de madera fina
- tijeras
- papel
- alfiler o cinta adhesiva
- pega

Procedimiento:

- Haz una flecha con un pedazo de papel. Observa la ilustración. Recuerda hacer uno de los extremos de la flecha más ancho, tipo rectángulo. Coloca la punta de la flecha en el otro extremo.
- Utiliza un alfiler o cinta adhesiva para conectarlo al sorbeto. Verifica que el papel se mueva libremente.
- Si tienes una brújula, utilízala para que coloques la flecha de la veleta mirando hacia el norte.
- Verifica que el artefacto se mueva libremente.
- Deja que la veleta se mueva y anota la dirección del viento. Debes tener una brújula para saber si se mueve del norte, sur, este u oeste.

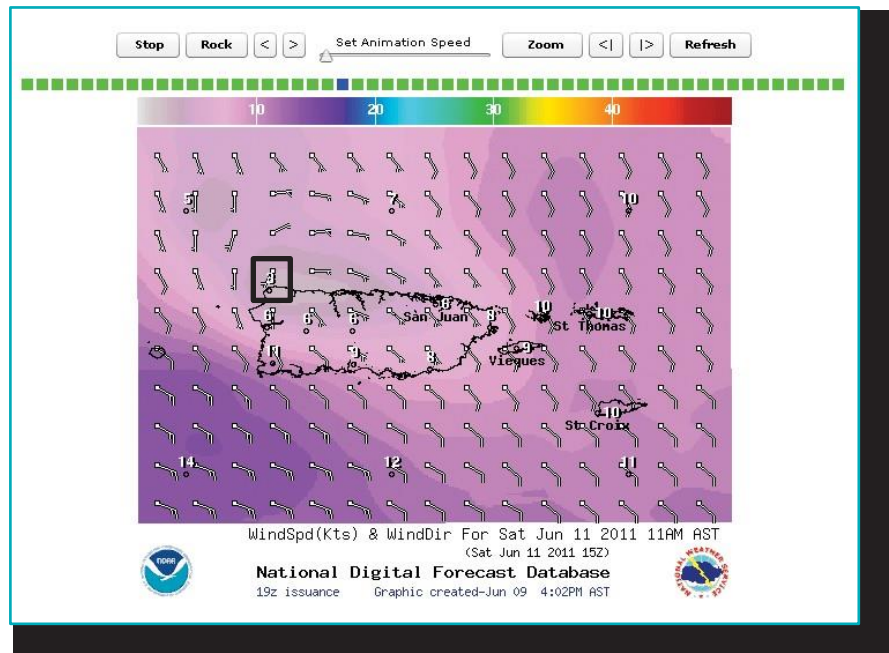


¿Qué dos partes de la veleta puedes añadir para completar sus partes. Explica tu respuesta.

3. La velocidad del viento

Objetivo: Explicar el uso de las barbas de viento en un mapa.

Observa el mapa y contesta las siguientes preguntas. Recuerda utilizar la leyenda que se provee.



- ¿Qué representan las barbas de viento?

- ¿Qué información nos proveen las banderas en las barbas de viento?

- ¿Cuál es la velocidad del viento en el área del recuadro al noroeste de Puerto Rico?

4. Medidas de la velocidad del viento

Objetivo: Leer la velocidad del viento a partir de vectores de viento.



a. Indica la velocidad que representa cada vector de viento.

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

b. Indica la dirección del viento para cada ejercicio anterior.

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

I. Actividades para cibernautas

1. Presentación digital

Por medio de esta actividad, los estudiantes tendrán la oportunidad de crear una presentación digital en la que expliquen la importancia de los vientos y su influencia en el clima. Los estudiantes podrán trabajar de forma individual o grupal. Posteriormente, organice una mesa redonda en la que se presenten los trabajos y se den a conocer los resultados y conclusiones de la actividad.

2. Análisis de los datos sobre los vientos utilizando modelos digitales

Proponga a sus estudiantes que accedan la dirección electrónica www.caricoos.org, para obtener información, en tiempo real, sobre la dirección y la velocidad del viento en distintos puntos de Puerto Rico. Sugiera que analicen los datos de distintas estaciones y los comparen. Motive a sus estudiantes a exponer los resultados obtenidos ante sus compañeros de clase.

3. ¡Tienes un nuevo mensaje de texto!

Organice con sus estudiantes el día del mensaje de texto. Cada estudiante enviará un mensaje de texto a cinco personas explicándoles la importancia de conocer la influencia de los vientos en el clima costero. La actividad debe llevarse a cabo durante el fin de semana y con la supervisión de un adulto.

4. Sígueme en Twitter

Invite a sus estudiantes a que sigan la página twitter.com/caricoos. También puede solicitarles que sugieran la página a todos sus contactos. Es importante que los estudiantes les dejen saber a sus contactos la utilidad de esta página.

5. Creación de caricaturas virtuales

Sugiera a sus estudiantes que diseñen caricaturas virtuales para explicar lo que aprendieron acerca del efecto Coriolis y su relación con el viento. Pueden acceder la página www.toondoo.com.

6. ¡Públicalo en el blog!

Invite a sus estudiantes a elaborar un escrito corto en el que destaquen la importancia del estudio del viento para las personas. Publiquen el escrito en su blog personal, en el del profesor o en el de la escuela.



Tema 2: Las corrientes marinas

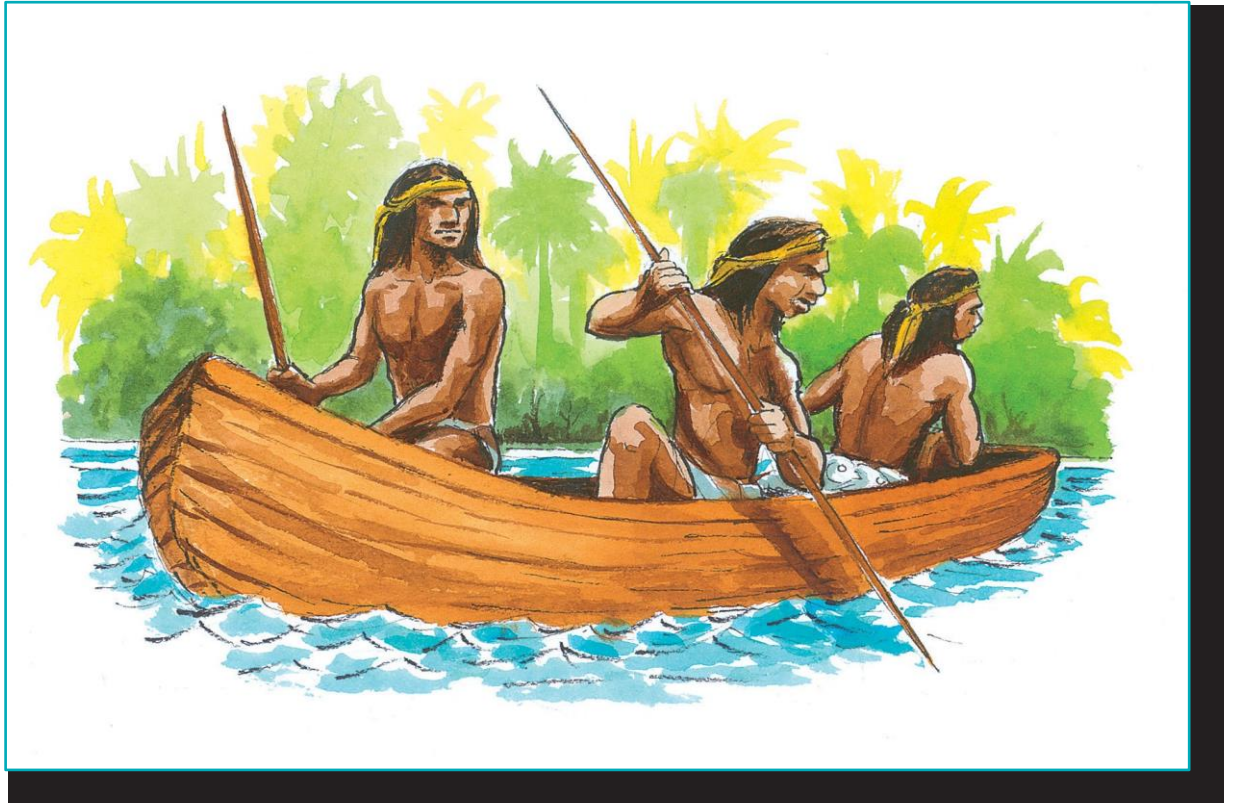
¿Sabías que...?

Imagina que un pescador, un buzo, un deportista ó un capitán de un crucero pudiera conocer la ruta, el nivel y la velocidad de las corrientes en las zonas cercanas a la costa antes de entrar al mar. Sin duda alguna, este conocimiento podría ayudarle a tomar decisiones antes de emprender un viaje o realizar alguna actividad, que en algunos casos podrían salvar sus vidas y las de los demás. Pero...

¿medir las corrientes costeras es posible? Si quieres descubrirlo, ámate a investigar más acerca de las corrientes marinas y de los instrumentos que hacen posible su medición.

A Introducción

Las corrientes oceánicas transportan el agua siguiendo diferentes rutas y procesos físicos. Desde tiempos antiguos, el curso y la intensidad de las corrientes oceánicas han sido sumamente importantes para los navegantes. Estas sirvieron para la migración de antiguas culturas y para la exploración del mundo. Se ha comprobado que varias culturas del pasado viajaron grandes distancias en frágiles embarcaciones utilizando rústicos instrumentos de navegación, gracias a las corrientes oceánicas.



Todavía los navegantes calculan sus travesía usando las corrientes oceánicas para desplazarse más rápidamente a través de los océanos cuando van en la misma dirección de estas. Sabemos que si se conocen las corrientes oceánicas es posible calcular a dónde llegará un objeto que flota en mar abierto.

Las corrientes son importantes en la regulación del clima y el transporte de oxígeno, nutrientes, y organismos a través del planeta. Estos nutrientes constituyen una fuente importante de energía para los productores primarios en el océano y tienen gran impacto en la biodiversidad y la industria pesquera.

B. Objetivos

- Explicar lo que son las corrientes oceánicas y su importancia.
- Describir lo que son corrientes de superficie y explicar los factores que influyen sobre ellas.
- Comparar el movimiento de los vientos con las corrientes oceánicas superficiales.
- Describir lo que son corrientes profundas y explicar los factores que influyen sobre ellas.
- Describir el concepto de circulación termohalina.
- Explicar qué es el *cinturón de transporte* y su importancia.
- Explicar las características de la circulación de agua en el mar Caribe.
- Describir los patrones de las corrientes globales.
- Explicar la importancia de las corrientes oceánicas en el clima y el medioambiente.
- Mencionar la relación entre las corrientes y el *fitoplancton*.
- Explicar los diferentes tipos de corrientes costeras.
- Describir las corrientes costeras en Puerto Rico y explicar los factores que las afectan.



C. Corrientes y circulación oceánicas

Las *corrientes oceánicas* (**Figura 15**) son movimientos del agua de los océanos debido a la rotación de la Tierra, los vientos y la localización de los continentes. Las corrientes oceánicas se mueven en direcciones específicas y sus patrones de movimiento y trayectorias son conocidas. Por lo tanto, es posible predecir con bastante precisión, a dónde llegará un objeto que flote en el océano.

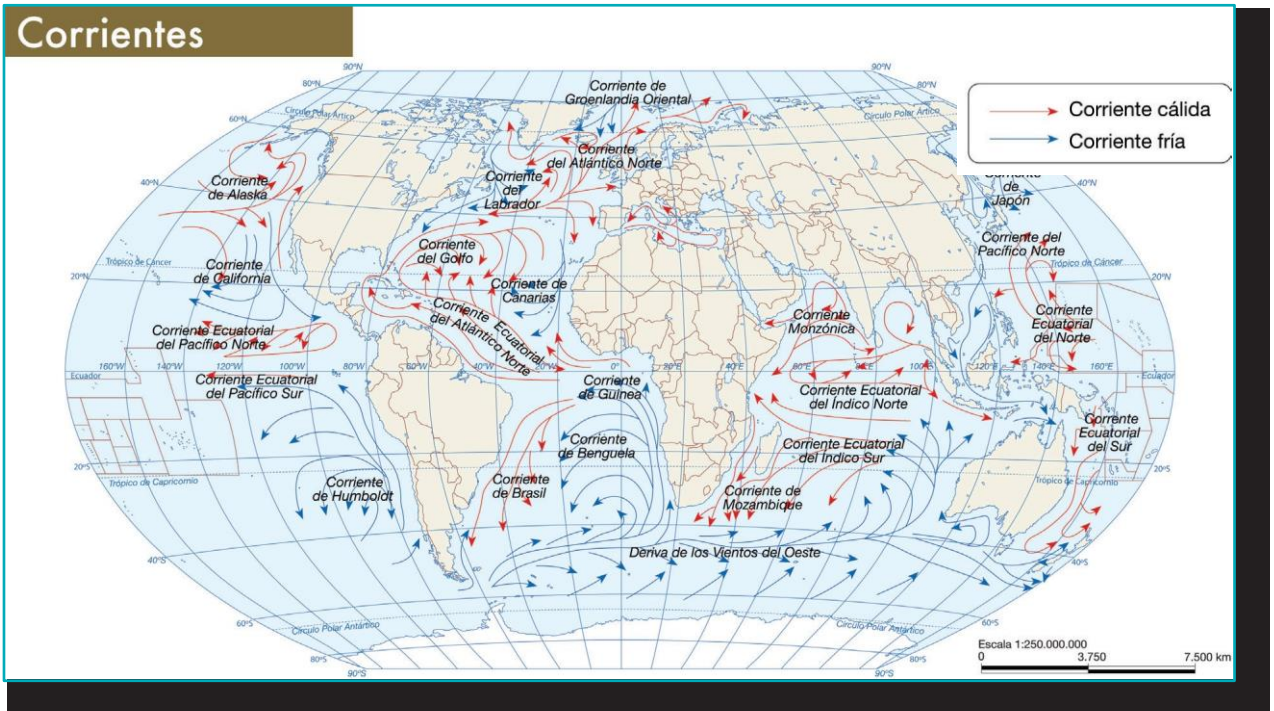


Figura 15:
Planisferio de
las corrientes
oceánicas

Podemos clasificar las corrientes oceánicas en superficiales o profundas. Las *corrientes superficiales* son aquellas que se mueven horizontalmente, paralelas a la superficie del océano debido a la acción del viento. Estas pueden fluir por miles de kilómetros transfiriendo calor según se mueven entre el ecuador y los polos. Estas corrientes, controladas por los vientos globales y por las deflexiones ocasionadas por el *Efecto de Coriolis* y las masas continentales, constituyen el 10% del agua del océano. El Efecto de Coriolis ocasiona que las corrientes superficiales tengan un movimiento *anticiclónico*, girando en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. Este flujo de agua produce grandes corrientes circulares en las cuencas oceánicas que se conocen como *giros*.

Las corrientes superficiales tienen gran influencia sobre el clima y proveen rutas de transporte entre los continentes. Mientras que los vientos producen corrientes que fluyen en distintas direcciones según su procedencia, la rotación de la Tierra hace que el viento y las corrientes marinas se muevan en trayectorias curvas en vez de en línea recta (**Figura 16**).

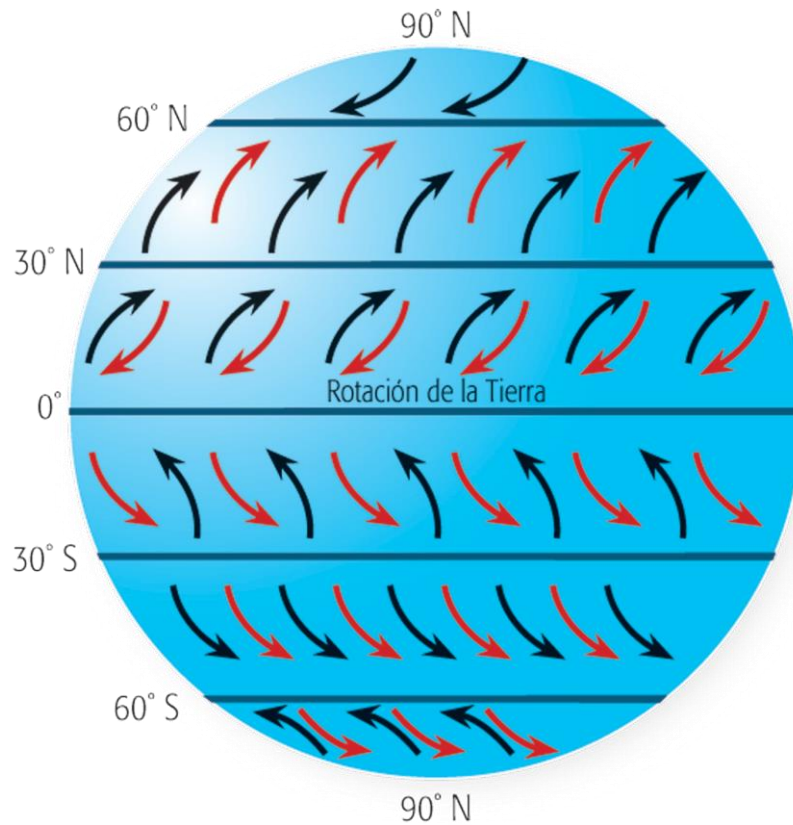


Figura 16: Las corrientes superficiales (flechas rojas) y los vientos globales (flechas negras) se curvan al moverse sobre la Tierra debido a la rotación de esta.

Al encontrarse con los continentes las corrientes superficiales cambian su dirección. Esto sucede en el hemisferio occidental con el giro del Atlántico Norte que está formado por cuatro corrientes secuenciales: la *corriente ecuatorial del norte*, la *corriente del Golfo*, la *corriente del Atlántico Norte* y la *corriente de las Canarias*. Cuando los vientos alisios soplan del este, desplazan el agua formando la corriente ecuatorial del norte. Pero, en el margen oeste del Atlántico, está la masa continental continua de América del Norte, América Central y América del Sur. Por lo tanto, la corriente tiene que moverse hacia el norte cruzando el mar Caribe y se le llama la corriente del Golfo (**Figura 17**). En el Atlántico Norte, debido a la influencia de los vientos del oeste, el giro cruza el Atlántico formándose la corriente del Atlántico Norte. Allí, se encuentra con otra masa de tierra, las islas Británicas, Europa y África, por lo cual fluye hacia el sur tornándose en la corriente de las Canarias. Este giro del norte es a favor de las manecillas del reloj.

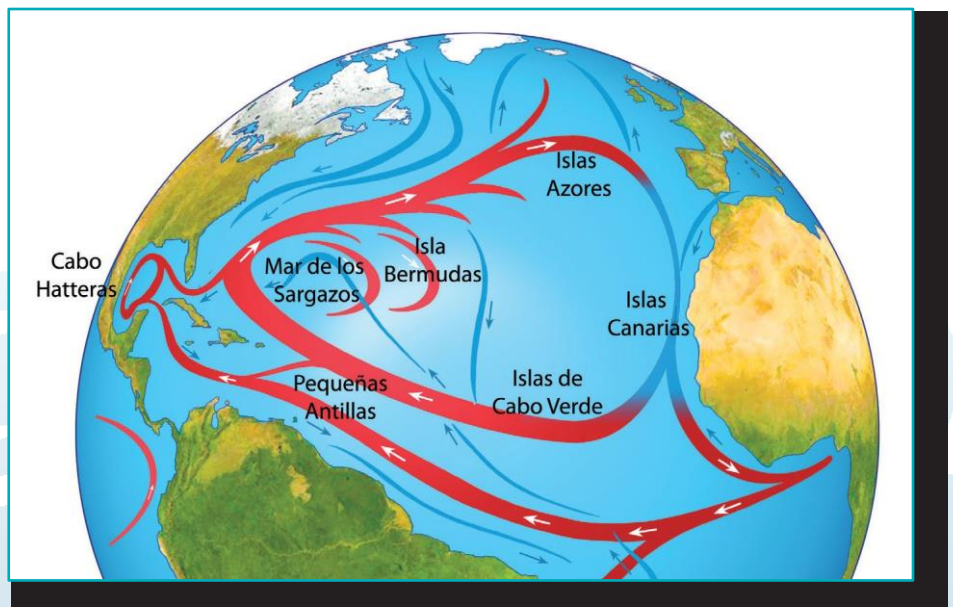


Figura 17: La corriente del Golfo se llama así por originarse a la altura del golfo de México. Esta corriente cruza el Atlántico, calienta las costas europeas incluida Islandia y Groenlandia.

El giro del Atlántico Sur está también formado por cuatro corrientes que giran en contra de las manecillas del reloj. Estas corrientes son la corriente *Ecuatorial del Sur*, la *corriente de Brasil*, la *corriente del Atlántico Sur* y la *corriente de Benguela*. En el caso del hemisferio oriental, en el océano Pacífico se forman también dos giros, uno al norte y otro al sur. La *corriente Circumpolar* fluye alrededor de la Antártica y es la única corriente que le da la vuelta a la Tierra.

Las corrientes superficiales pueden clasificarse como cálidas o frías según su procedencia. Además de transportar grandes volúmenes de agua las corrientes transportan energía en forma de calor. Esto hace que las corrientes superficiales influyan en la distribución de la temperatura y por consiguiente, el clima del planeta.

El agua tiene una gran capacidad de absorción de calor. Las corrientes cálidas al oeste de las cuencas del océano y cercanas al ecuador, como la corriente del Golfo, transportan calor hacia los polos. Estas corrientes cálidas producen un aumento en la temperatura del aire y mayor concentración de vapor de agua en la atmósfera, resultando en un aumento en la humedad. Un ejemplo del efecto de estas corrientes en el clima se observa en las costas de Escandinavia, zona cercana al Polo Norte, donde no se forma mucho hielo y las temperaturas son más altas de lo que se podría esperar para la latitud donde se encuentra. Por esto, también se encuentran arrecifes de coral en latitudes más altas en los márgenes oeste de las cuencas oceánicas. Por otro lado, las corrientes frías, como la del Labrador, que bajan por el este de los polos, traen agua fría hacia los trópicos. Las corrientes de agua fría disminuyen la temperatura del aire y la concentración del vapor de agua en la atmósfera, lo cual trae como resultado una reducción en la humedad y en la actividad ciclónica.

Las corrientes se miden con equipos como *correntómetros* y *boyas a la deriva*. La unidad para medir el transporte de agua de la corriente es el *Sverdrup (Sv)* que es igual a un millón de metros cúbicos de agua por segundo. La velocidad se expresa en metros por segundo (m/s) o en centímetros por segundo (cm/s).

Las *corrientes de aguas profundas*, o circulación termohalina, se produce cuando grandes masas de agua se hunden por un aumento en su densidad. Este tipo de corriente se forma alrededor de los polos y constituye 90% de las corrientes del océano. Las corrientes profundas se forman principalmente en el Atlántico Norte donde la densidad del agua es muy alta debido a la baja temperatura y alta salinidad del agua. La combinación de agua muy fría en la superficie, evaporación y formación de hielo en las cercanías de Groenlandia e Islandia forman una masa de agua muy fría y salada conocida como el *Agua Profunda del Atlántico Norte (North Atlantic Deep Water)*. Esta densa masa de agua es muy rica en oxígeno y fluye hacia el sur manteniendo el intercambio de oxígeno, nutrientes y energía de calor entre los polos y las zonas tropicales. Alrededor del continente antártico se forma otra masa de agua de gran densidad, pero relativamente de poco volumen, la cual constituye el agua de fondo del océano global.

La diferencia en la densidad del agua de mar permite que se formen tres capas en la columna de agua desde la superficie hasta el fondo del océano. Estas capas son la capa *mixta* o *superficial*, la capa de la *termoclina* y la capa de *aguas profundas* (**Figura 18**). La capa mixta o superficial se encuentra entre los 100 y 200 m de profundidad y es agua caliente y de baja densidad, por lo cual se mantiene en la parte superior. Debajo de la capa mixta está la capa de la termoclina, que es una zona de transición donde se observa un cambio abrupto de temperatura con profundidad. Esta capa llega hasta una profundidad de unos 1,500 m. La capa de aguas profundas está bajo los 1,500 m de profundidad y posee temperaturas muy frías alrededor de los 4° C.

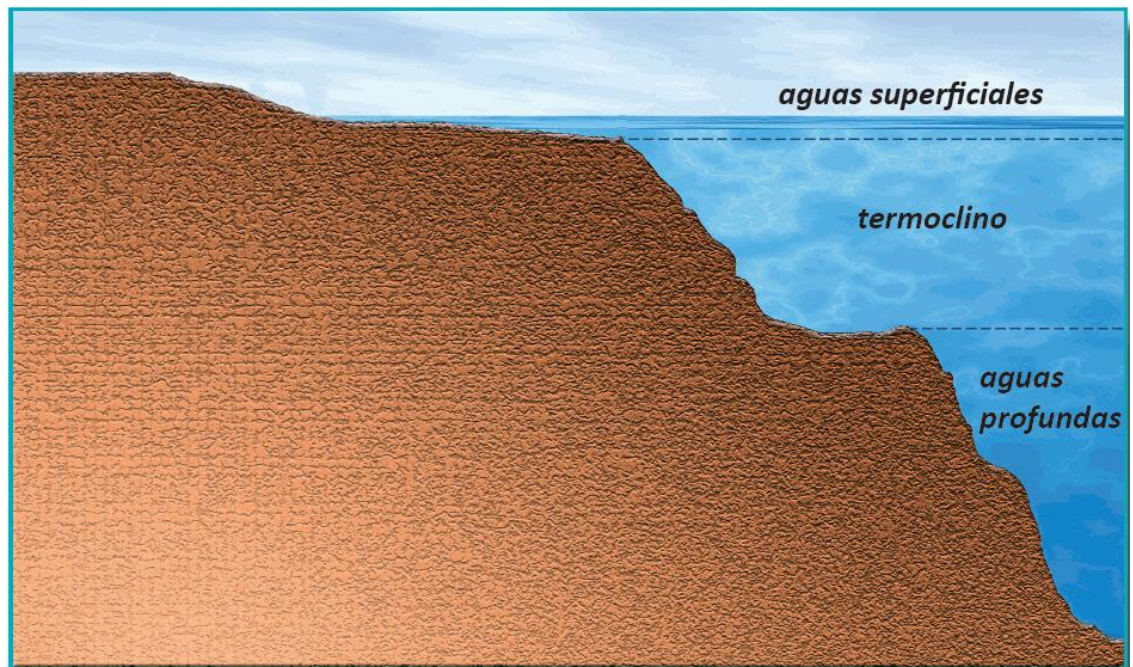


Figura 18: Las diferencias en la densidad de las aguas hacen que se formen tres capas en la columna de agua.

El agua profunda formada en el Atlántico Norte produce una conexión global en la circulación en el océano conocida como la correa de transporte (“Conveyor Belt”). Este transporte determina en gran medida los patrones climáticos al transportar el calor y humedad alrededor del planeta (**Figura 19**). Si este patrón de las corrientes oceánicas se altera, habría cambios globales en el clima incluyendo cambios en los patrones de los vientos, en el movimiento de los hielos y fluctuaciones en la precipitación, entre otros.

En el océano Atlántico, observamos un flujo neto positivo de aguas superficiales hacia el norte y un flujo neto positivo de aguas profundas hacia el sur. El flujo del Agua Profunda del Atlántico Norte alcanza unos 15 Sv. Esta corriente profunda fluye hacia el sur por la zona occidental del Atlántico y cruza el ecuador hasta llegar a la Antártida. Desde allí, se desplaza al océano Índico y se extiende por las profundidades del océano Pacífico.

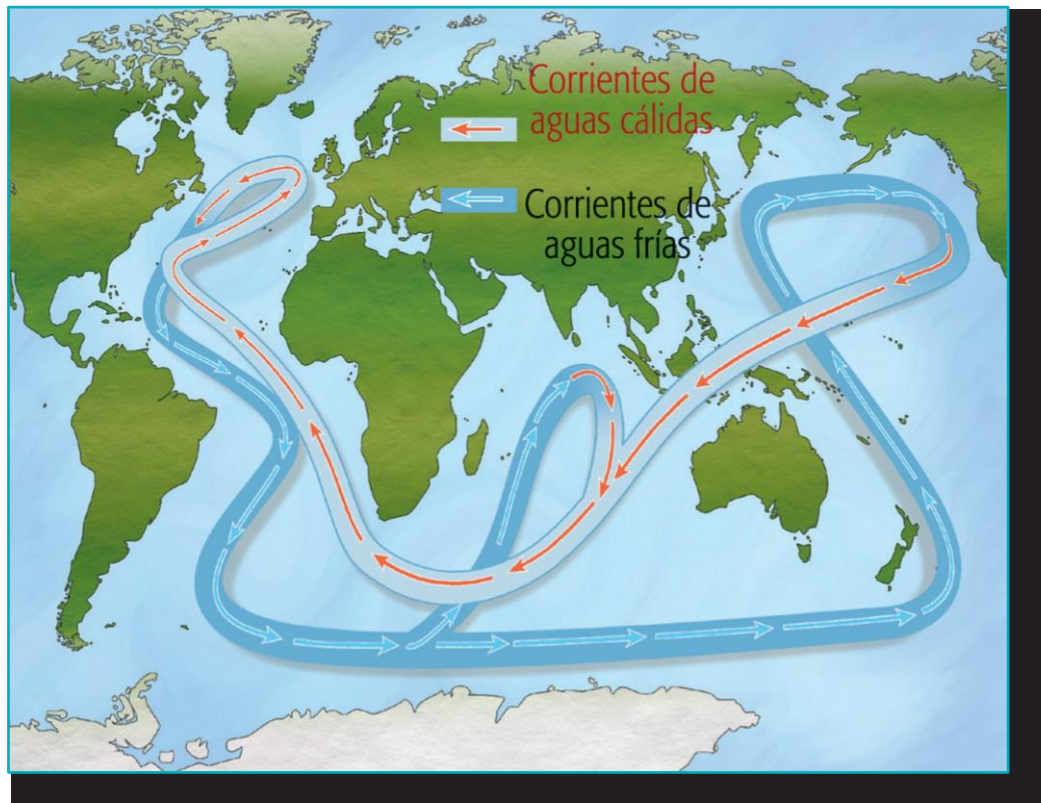


Figura 19:
Cinturón de transporte

En los mares de Wedell y de Ross en el hemisferio sur, también se forman corrientes de agua profunda. En estos mares ocurre un proceso continuo de congelación durante el invierno. Los vientos que soplan del continente empujan el hielo fuera de la costa aumentando la salinidad del agua. Esta alta salinidad, junto a las bajas temperaturas, forman una masa de agua muy densa y profunda llamada *Agua de Fondo de la Antártida* (ABW por las siglas en inglés de *Antartic Bottom Water*) la cual es más densa que el agua profunda que viene desplazándose desde el Atlántico norte. Esta corriente de agua profunda se desplaza hacia el norte, por debajo de la corriente de agua profunda del Atlántico, hasta una latitud de unos 40° N. Hay una relación entre la cantidad de agua que se mueve en esas dos corrientes de tal manera que, cuando una aumenta su caudal, la otra disminuye.

Las corrientes marinas, al igual que los vientos, exhiben grandes variaciones. Sin embargo, si promediamos su variabilidad en el tiempo, obtenemos lo que conocemos como la *circulación oceánica*, la cual nos indica el flujo promedio o neto de las aguas.

D. Circulación en el Mar Caribe

El mar Caribe está rodeado por masas de tierra que incluyen América Central, América del Sur y el arco de islas de las Antillas formado por islas de diferentes tamaños y muy cercanas entre sí (**Figura 20**). Ese arco de islas sirve como un filtro para el flujo del agua del océano Atlántico hacia el mar Caribe. Muchos científicos concuerdan en que el agua del océano Atlántico entra al mar Caribe principalmente

por el pasaje sur de las Antillas Menores, el pasaje de las Islas de Barlovento, el pasaje de las Islas de Sotavento y el pasaje entre Cuba y La Española en las Antillas Mayores. La corriente de Guyana entra al Caribe y se desplaza a lo largo de la costa norte de América del Sur transportando agua dulce de los ríos Amazonas y Orinoco. El flujo total de agua a través de los pasajes de las Antillas es de cerca a 30 Sv, aproximadamente el doble del flujo de la ABW.



Figura 20: Mapa de las Antillas en el Caribe

Las masas de agua que entran al mar Caribe se originan tanto en el océano Atlántico Norte como en el océano Atlántico Sur. El origen del agua se puede determinar examinando su temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. El patrón de circulación del giro del Atlántico Norte sugiere que el agua del Atlántico Sur entra al Caribe a través del pasaje sur de las Antillas Menores. Por lo tanto el agua de superficie en el mar Caribe es probablemente una mezcla de agua superficial del Atlántico Norte, agua de los ríos Amazonas y Orinoco, y agua de salinidad relativamente baja, procedente del Atlántico Sur. El origen del agua se puede determinar al examinar su temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. A 150 m encontramos el *Agua Subtropical de Profundidad (Subtropical Underwater)* que se forma en el Atlántico Central donde la evaporación es mayor que la precipitación.

En la circulación del agua en el Caribe vemos además la influencia de *remolinos de mesoescala* y *meandros*. Estos fenómenos se deben al choque de anillos de la corriente norte de Brasil con los pasajes de las Antillas Menores y su incorporación a la corriente del Caribe. Muchos científicos coinciden en que los anillos de la corriente norte de Brasil son una fuente de remolinos anticiclónicos en el mar Caribe y que estos aumentan en tamaño según se mueven hacia el oeste. Hay otros factores que influyen en la formación de remolinos, tanto ciclónicos como anticiclónicos en el mar Caribe.

E. Corrientes oceánicas versus Corrientes Costeras

Según nos acercamos a tierra las corrientes pierden su carácter oceánico y adquieren características típicas de su paso por el entorno costero. La proximidad a la tierra altera las propiedades del agua ya que el aporte de agua fresca por ríos y escorrentía, disminuye la salinidad y aumenta la concentración de materia disuelta y particulada de origen terrestre. En Puerto Rico, la mayor parte de nuestras aguas de desecho, tanto de uso doméstico como sanitario, llegan al mar tras un tratamiento simple de remoción de sólidos seguido por una clorinación. Afortunadamente, al estar rodeados por el mar, la dilución de los efluentes costeros es muy efectiva.

Los plumachos de sedimentos en la desembocadura de los ríos más caudalosos alteran las corrientes en el área, generando *corrientes de densidad*. Mientras que las corrientes oceánicas tienen libertad para fluir en cualquier dirección, las corrientes costeras están restringidas en su movimiento ya que la costa actúa como una barrera. Las corrientes costeras, por lo general, fluyen en dirección paralela a los contornos del fondo. El movimiento circular, observado comúnmente en las corrientes de aguas más profundas, se transforma al llegar a la costa.

F. Importancia de las Corrientes Oceánicas y su relación con la biodiversidad en el planeta

Para alguien que observa la playa, la costa o el océano, las corrientes marinas pueden pasar inadvertidas. Sin embargo, las corrientes marinas resultan extraordinarias porque arrastran consigo un “mar de sorpresas” para la vida y para el planeta Tierra.

La temperatura y la salinidad de las corrientes marinas son fundamentales para la vida en el ambiente marino. Las corrientes marinas frías y profundas, son muy ricas en nutrientes. En algunas costas existen *áreas de surgencia o afloramiento* donde agua profunda, fría y muy rica en nutrientes emerge a la superficie. En el Caribe sur se pueden observar zonas de afloramiento en las inmediaciones de Isla de Margarita y de las penínsulas de Paraguaná y la Guajira.

Las corrientes marinas son esenciales en la distribución en el océano de gases disueltos indispensables para la vida como el oxígeno y dióxido de carbono. La dispersión de huevos, larvas de peces y otros organismos marinos depende también en gran medida de las corrientes. Las larvas pueden estar a merced de las corrientes durante días y semanas hasta que llegan a un ambiente adecuado para su desarrollo. Muchos peces limitan su desove a ciertas épocas del año y fases lunares para asegurar esta coincidencia. De la misma manera, las corrientes marinas pueden arrastrar contaminantes tóxicos haciéndolos disponibles a los organismos marinos.

Las corrientes marinas son de suma importancia para la pesca comercial y deportiva. La pesca contribuye al desarrollo comercial del país y es también un deporte que

provee beneficios a la población y al turismo. A través del Programa CARICOOS puedes obtener datos e información que te ayudarán a identificar las corrientes marinas en nuestro entorno para la planificación adecuada de tus actividades de pesca y recreación.

G. Las corrientes costeras en Puerto Rico

Las corrientes costeras alrededor de Puerto Rico por lo general fluyen a una velocidad menor de un nudo (0.51 m/s) pero pueden alcanzar celeridades de aproximadamente dos nudos (1 m/s) en circunstancias extremas.

Todo pescador en Puerto Rico ha experimentado el movimiento ascendente y descendente del agua conocido como las *corrientes de marea*. Esta corriente es producida por la atracción gravitacional de la Luna y el Sol sobre nuestro planeta y el agua que lo rodea. En el entorno costero de Puerto Rico las corrientes de marea son el componente más energético de la corriente total.

En la costa norte de Puerto Rico las mareas son principalmente semidiurnas. O sea, que el tiempo entre dos mareas altas (o bajas) es de 12.4 horas (aproximadamente dos por día). Por ejemplo, si se observa el pico de la marea alta en cualquier localidad de la costa norte, el pico de la marea baja será 6.2 horas más tarde, mientras que la próxima marea alta será en 12.4 horas. En la costa sur de Puerto Rico las mareas son principalmente diurnas. Esto quiere decir que el tiempo entre dos mareas altas (o bajas) es de 24.8 horas (una marea alta por día). Por ejemplo, si se observa el pico de la marea alta en cualquier localidad de la costa sur, el pico de la marea baja será 12.4 horas más tarde, mientras que la próxima marea alta será un día (24.8 horas) después.

Además de las mareas y el viento, las corrientes costeras son afectadas por el oleaje que rompe contra la costa. Las olas acumulan agua cerca de la orilla del mar y esta se ve obligada a fluir según la dirección en la que llega el oleaje. En la costa norte de Puerto Rico las marejadas de invierno generalmente causan un flujo costero hacia el oeste.

Las *corrientes de resaca* (o *rip current*) también son generadas por el fuerte oleaje cuando el agua atrapada cerca de la costa fluye hacia aguas más profundas. Esta es una corriente que se caracteriza por ser relativamente angosta, rápida y por moverse en dirección perpendicular a la costa. Un bañista que quede atrapado en una corriente de resaca no debe luchar contra la corriente. Lo recomendable es esperar a que la corriente lo expulse del área del oleaje rompiente y luego nadar de forma paralela a la orilla en busca de una mejor localización para salir del agua. Nunca debe lucharse contra las corrientes cuando se está en el agua, lo mejor es esperar y guardar las energías en lo que la corriente se debilita o llega ayuda.

H. Monitoreo de Corrientes

Las boyas oceánicas del programa CARICOOS que se encuentran localizadas en la costa norte y sur de Puerto Rico proveen datos actualizados de la velocidad y dirección de corrientes. Además, CARICOOS le proporciona apoyo a una red de radares de alta frecuencia (12 Mhz) que emiten ondas que son reflejadas por las olas. Los cambios en la frecuencia de la señal devuelta son utilizados para obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes y permite la generación de mapas de corrientes superficiales para el oeste de Puerto Rico.

I. Actividades

1. Película: *Buscando a Nemo*

La película *Buscando a Nemo* es un excelente recurso para estudiar las corrientes oceánicas. Pida a sus estudiantes que vean esta película. Luego, divídalos en grupos para contestar y discutir las siguientes preguntas:

- ¿En qué escenas de la película puedes aprender sobre las corrientes?
- ¿Cuál es la corriente marina que se menciona en la película?
- ¿Qué personajes ayudan a Nemo a entrar y pasar por las corrientes marinas? ¿Qué hacían estos personajes? ¿Hacia dónde se dirigían?
- ¿Qué importancia tienen las corrientes oceánicas para los organismos que viven en el mar?

2. ¿Qué relación existe entre las diferencias en temperatura y las corrientes marinas?

La temperatura hace que el agua viaje a diferentes profundidades. Esto ocurre debido a la densidad del agua.

Objetivo: Observar qué ocurre al unir aguas con temperaturas diferentes.

Materiales:

- pecera o envase transparente
- envase con agua fría
- envase con agua caliente
- colorante vegetal

Procedimiento:

- a. Coloca agua fría en una pecera o envase transparente. Procura no llenarlo totalmente.
- b. En otro envase, echa agua caliente y mézclalo con colorante vegetal.
- c. Echa el agua pintada en el recipiente con agua fría y observa lo que ocurre.

Contesta las siguientes preguntas:

- ¿Qué ocurrió al echar el agua caliente en el agua fría?

- ¿Cuál fue el agua que quedó arriba? ¿Qué agua quedó abajo?

- ¿Qué crees que ocurrió? ¿Qué relación tiene la temperatura del agua con su posición?

- ¿Qué ocurrirá con el agua más caliente del océano? ¿Con el agua fría?

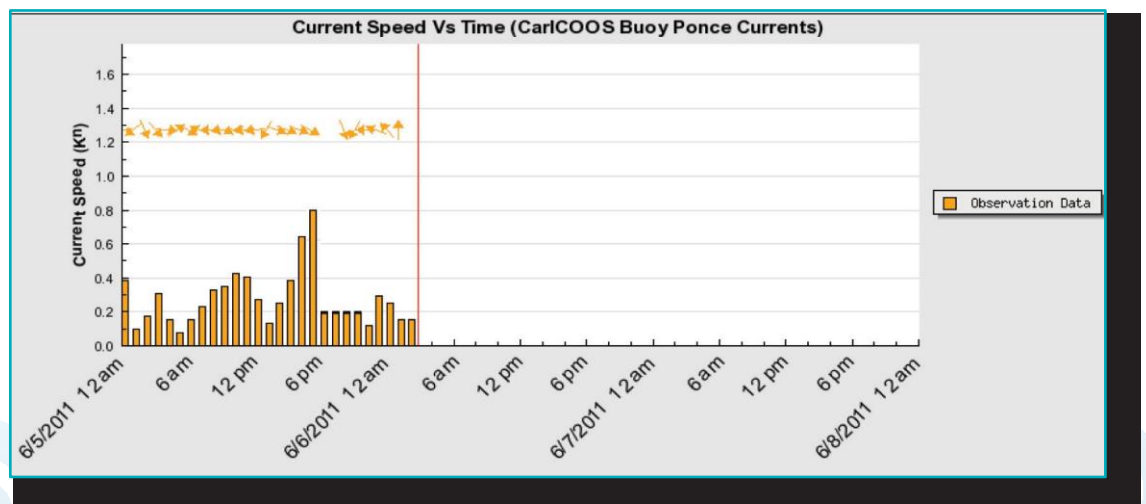
3. Boyas en Puerto Rico

Hoy día se utilizan instrumentos y equipos sofisticados para medir las corrientes. Entre ellos se encuentran las boyas que están construidas y equipadas con múltiples instrumentos. Algunas de estas poseen tecnología satelital que permite retransmitir su posición y otros datos en el océano. En Puerto Rico existen boyas que comunican información importante sobre el océano. Busca en la página web www.caricoos.org información sobre la localización de varias de estas boyas en Puerto Rico e investiga la información que proveen sobre el océano. Prepara un cartel con esta información y compártelo con otras personas.

4. Lectura de un mapa

Objetivo: Leer un mapa sobre el tiempo y la rapidez de las corrientes en Puerto Rico.

Observa y analiza el siguiente mapa. Luego, contesta las preguntas.



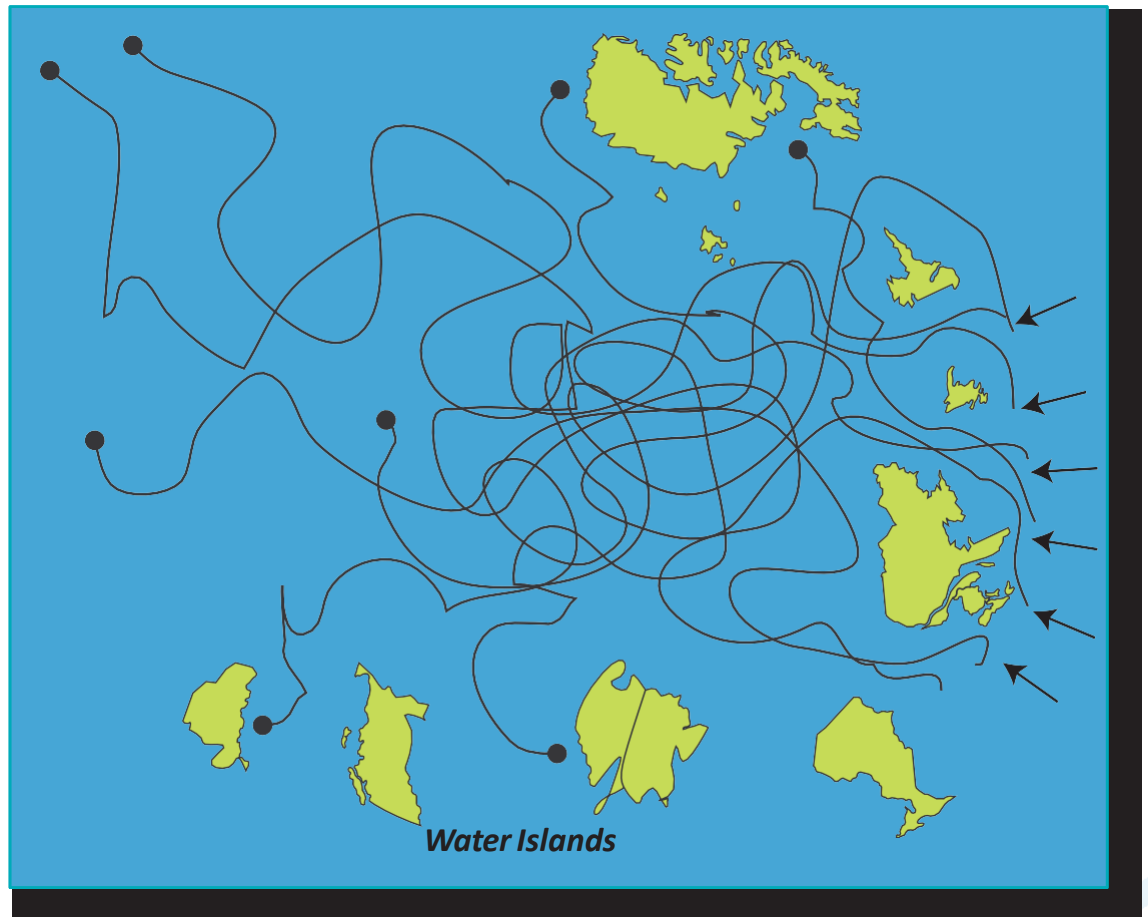
- a. ¿Cuál fue la mayor rapidez que alcanzó la corriente de Ponce según lo registrado por la boya? ¿Cuál fue el horario y la fecha en que se registró la mayor rapidez?

- b. Según la gráfica, ¿cuál fue la corriente de menor rapidez que registró la boya? ¿En qué horario y fecha se registró?
- c. Si la rapidez de la corriente es igual en diferentes días, ¿qué importancia tienen estos datos para las personas y para los pescadores? Explica tu respuesta.

5. ¿Hacia dónde se dirigen?

Introducción:

Desde épocas remotas, los navegantes han tenido la inquietud de conocer sobre la dirección y la rapidez de las corrientes oceánicas con el fin de descubrir las rutas que deben seguir a la hora de emprender sus viajes. Para poder medir la velocidad de las corrientes se necesita conocer la distancia, el tiempo y la dirección. Para esto, se puede lanzar un objeto flotante y medir la distancia que recorrió hasta cierto lugar. Entonces, se divide la distancia que recorrió el objeto entre el tiempo en que se tardó en llegar a ese lugar y, conociendo la dirección que siguió ese objeto, se sabrá cuál es la velocidad de esa corriente.



En la ilustración anterior se muestran las trayectorias de una serie de botellitas flotantes depositadas en el mar cerca de unas islas imaginarias llamadas *Water Islands* y cuyos desplazamientos fueron seguidos mediante satélites. Los objetos flotantes se desplazaron a merced de la corriente y el viento, trazando trayectorias curvilíneas y muy complejas. Estas botellitas flotantes tardaron varios meses en tocar tierra.

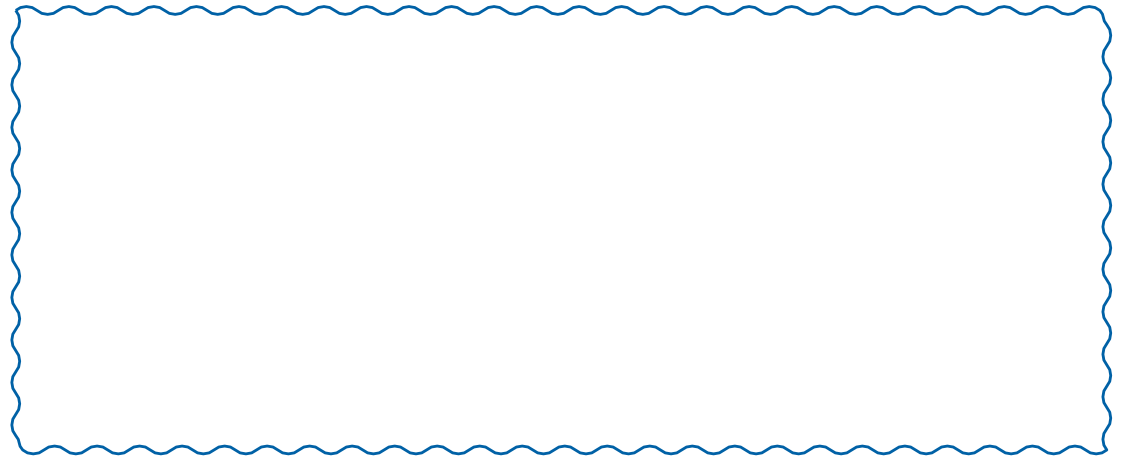
Imagina que formas parte de los estudiantes que enviaron las botellas mar adentro, con el fin de conocer la distancia que pueden recorrer estas al ser movidas por las corrientes.

Primera Parte

¿Qué mensaje enviarías en la botella?
¡Escríbelo!

Segunda parte

Piensa en la forma que debe tener la botella para que no se hunda. Esta debe quedar como una boya. Dibuja tu botella al lanzarla al mar. ¿Qué harías para evitar que el mensaje se afecte si la botella recibiera algún daño?



Tercera parte

¿Cuáles son los pasos que debes seguir para realizar un experimento como este? ¿Puedes ir a la playa y lanzar las botellas por tu cuenta? Recuerda que existe un código y unas leyes de protección ambiental. Explica cómo podrías llevar a cabo este experimento de manera ordenada y responsable cumpliendo con todas las leyes. Pasos a seguir:

Cuarta parte

¿Cómo ayuda este ejercicio a aprender sobre las corrientes marinas? Explica tu respuesta.

6. La salinidad y las corrientes oceánicas profundas

Objetivo: Observar el efecto de la salinidad en el agua y su relación con las corrientes oceánicas.

Materiales:

- sal
- recipientes de comida para bebé
- tarjetas de índice
- colorante vegetal
- papel toalla
- cucharas plásticas
- bandeja grande

Procedimiento

- Llena con agua ambos envases de comida para bebé. En uno de ellos, disuelve toda la sal que puedas. Luego, añade colorante vegetal. Agita la mezcla y rotula el envase indicando que contiene agua salada.
- Rotula el otro envase indicando que contiene agua dulce. Échale algunas gotas de colorante vegetal de un color diferente al anterior.
- Usa la bandeja grande como el lugar donde llevarás a cabo el siguiente procedimiento. Coloca una tarjeta de índice sobre el envase de agua salada. Luego, inviértelo. O sea, ponlo boca abajo y colócalo sobre el envase de agua dulce. Luego, con cuidado, remueve la tarjeta de índice. Escribe tus observaciones. De ser necesario, practica esta parte varias veces.
- Repite el paso anterior, pero esta vez, utiliza el envase de agua dulce. No olvides remover la tarjeta de índice con cuidado. Repite el procedimiento cuantas veces sea necesario.

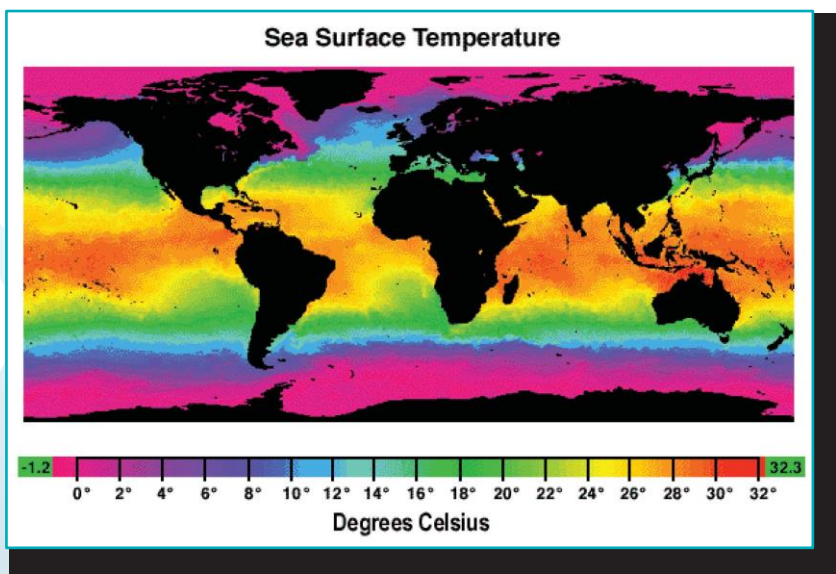
Analiza

- En este laboratorio, ¿se alteró la temperatura del agua? ¿Qué fue lo que se manipuló en este experimento?
- Según este laboratorio, ¿qué relación existe entre la salinidad y las corrientes profundas del océano? Explica.

7. Lectura de mapas

Observa el mapa de la temperatura de la superficie del mar y contesta las siguientes preguntas.

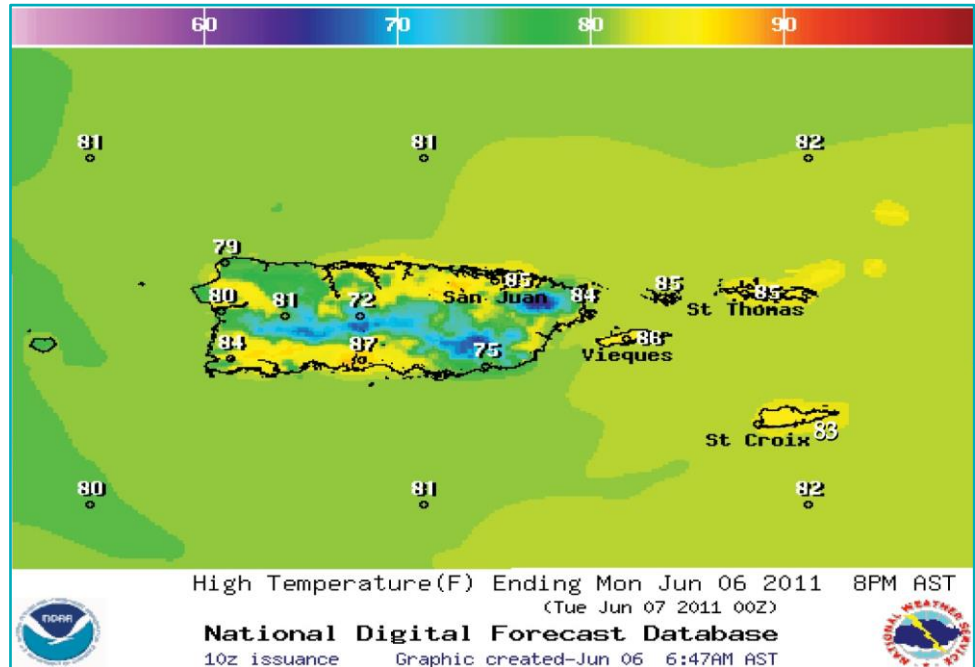
Primera parte



- ¿Qué representan los diferentes colores en el mapa?
- ¿Cuáles son las temperaturas que se muestran en los colores rosa, azul y amarillo?
- ¿Qué importancia tienen estos mapas para el ser humano? Explica tu respuesta.

Segunda parte

Observa en el mapa las temperaturas en Puerto Rico e Islas Vírgenes y contesta las preguntas.



- ¿En qué fechas se registraron esas temperaturas en Puerto Rico e Islas Vírgenes?
- ¿Cuál es la mayor temperatura registrada en Puerto Rico durante ese día? ¿En qué lugar de Puerto Rico se registró?
- ¿Cuál es la temperatura menor registrada en Puerto Rico? ¿En qué lugar de Puerto Rico se registró?
- ¿Cuál es la temperatura de Santa Cruz?
- ¿Qué indica la escala que aparece en la parte superior del mapa con distintos colores y numeración?

8. La densidad del agua

Objetivo: Medir la densidad del agua con sal y agua dulce y explicar la relación entre la densidad del agua y las corrientes marinas.

Materiales:

- una balanza
- agua
- sal
- vasos plásticos

Procedimiento:

- Para medir la densidad del agua necesitas calcular el volumen y la masa. Estas son dos propiedades extensivas de la materia, es decir, dependen de la cantidad de materia que tengan. Sin embargo, la densidad es una propiedad intensiva de la materia, lo que significa que no depende de la cantidad de materia que existe.
- Para determinar el volumen del agua, mide 100 ml con una probeta.
- Con una balanza, mide la masa del envase o vaso plástico.
- Luego, vierte los 100 ml de agua en el vaso y mide nuevamente la masa. Anota los resultados en la tabla de datos.
- Resta la masa del vaso con el agua a la masa del vaso solo.
- Finalmente, utiliza esta ecuación matemática para determinar la densidad:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$
- Repite los pasos anteriores, pero échale cinco cucharitas de sal a los 100 ml de agua. Agita bien la mezcla. Completa las tablas #1 y #2.

Tabla 1

<i>Materia</i>	<i>Masa (g)</i>		<i>Masa del agua</i>	<i>Densidad del agua</i> $d=m/v$
Agua dulce	Vaso plástico solo	Vaso con agua	(resta la masa del vaso solo a la masa del vaso con agua)	

Tabla 2

<i>Materia</i>	<i>Masa (g)</i>		<i>Masa del agua</i>	<i>Densidad del agua</i> $d=m/v$
Agua con sal	Vaso plástico solo	Vaso con agua con sal	(resta la masa del vaso solo a la masa del vaso con agua con sal)	

Analiza:

- a. ¿Cuál tiene mayor densidad, el agua dulce (sin sal) o el agua con sal?
- b. ¿Qué sucederá en el océano respecto al agua que contenga mayor concentración de sal? ¿Cuál se irá al fondo?
- c. Lee el siguiente texto: *Las aguas con más salinidad son más densas y tienden a hundirse, mientras que las aguas menos salinas tienden a ascender. De esta forma se generan corrientes verticales unidas por desplazamientos horizontales para reemplazar el agua movida.*
- d. ¿Qué entendiste en el párrafo anterior? Explícalo e ilústralo según lo que comprendiste.



- e. La densidad es uno de los factores que influyen en la formación de las corrientes profundas. Explica en tus palabras cómo la densidad interviene en las corrientes oceánicas profundas.

J. Actividades para cibernautas

1. Descubre *CARICOOS.org*

Invite a sus estudiantes a que motiven a cinco de sus amigos acerca de la importancia de usar la página www.caricoos.org para obtener un mejor entendimiento de las corrientes en la región del Caribe y obtener los datos necesarios para mantener al público informado de las últimas condiciones del clima.

2. Análisis de datos sobre corrientes marinas utilizando modelos digitales

Pida a sus estudiantes que accedan la página electrónica www.caricoos.org para obtener información en tiempo real sobre las corrientes superficiales en distintos puntos de Puerto Rico. En esta página electrónica encontrarán varios mapas que muestran la velocidad y la magnitud de las corrientes. Sugiera que analicen los datos desde distintas estaciones y los comparen. Motive a sus estudiantes a exponer los resultados que obtuvieron ante sus compañeros de clase.

3. Cadena de correos

Haga una lista de los correos electrónicos de sus estudiantes y asígneles un número. El primer correo electrónico será enviado por el maestro al primer estudiante de la lista. El título del mismo será: **Estudiar las corrientes marinas es importante porque...** Tan pronto el primer estudiante reciba el correo electrónico escribirá una expresión que complete la oración. Luego, enviará el correo al siguiente estudiante que siga en la lista. Es importante aclararles a los estudiantes que no pueden repetir las expresiones. Al finalizar la actividad, se leerá la lista y se discutirá en clase. Esta actividad se deberá llevar a cabo durante un fin de semana y con la supervisión de un adulto.



5. En busca del Oscar

Existe una variedad de programas de computadora diseñados para crear, editar y compartir montajes con vídeos, imágenes y sonido. Permita que los alumnos pasen por la experiencia de crear un vídeo. El reto del proyecto será presentar en el vídeo la relación que existe entre las corrientes costeras y la fauna de estas zonas.



6. Un podcast acerca de las corrientes marinas

El *podcasting* consiste en crear archivos de sonido que se difunden por la Internet o por la red y pueden utilizarse tanto en un reproductor de música digital como en una computadora. Invite a sus estudiantes a crear un *podcast* en el que expliquen la relación entre el movimiento de los vientos y las corrientes oceánicas superficiales. Pueden imitar un programa de radio en el que haya un moderador y varios invitados que hablarán acerca del tema.

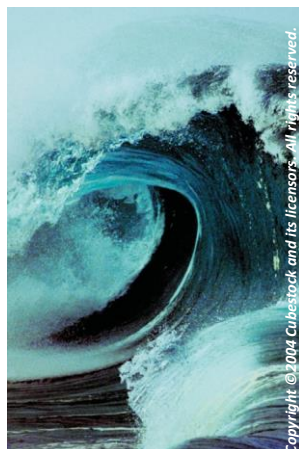


7. Boletín para pescadores y amantes del mar

Solicite a sus estudiantes que creen un boletín informativo para pescadores y amantes del mar. En este boletín anunciarán cómo los distintos instrumentos oceanográficos y productos gráficos que provee CARICOOS les ayudarán a identificar las



corrientes marinas de nuestro entorno y del Caribe. Los mapas, los datos y los modelos que se incluyan en la página serán una herramienta muy útil para la planificación de la pesca y para la recreación.



Tema 3: Las olas

¿Sabías que...?

Puerto Rico está rodeado por el mar Caribe y el océano Atlántico. En nuestras costas se generan olas todo el tiempo, ya sean leves, moderadas o fuertes. Conocer qué son las olas, cómo se forman y los peligros que estas presentan es de vital importancia para el pleno disfrute de nuestra vida en el mar. ¡Sube a la ola del conocimiento y déjate llevar!

A Introducción

¿Has visto la “ola humana” que hacen las personas en un estadio? Para formar esta ola, una persona se levanta con sus manos hacia arriba y se sienta. Inmediatamente, la persona que está a su lado se levanta de igual forma y repite el mismo evento de manera secuencial. Mientras las personas utilizan su energía para levantarse y sentarse de forma sincronizada, se logra el movimiento en una dirección. A este movimiento se le ha llamado la “ola humana” porque comparte varias características con las olas de la naturaleza.

El viento transfiere energía al agua sobre la superficie de los lagos, mares y océanos, provocando el movimiento que conocemos como las olas. Las olas han sido usadas para beneficio de la humanidad, como es el caso de las actividades recreativas la navegación y la generación de electricidad. Sin embargo se pueden producir olas de gran tamaño durante disturbios atmosféricos y movimientos sísmicos que pueden tener efectos devastadores.

Como habitantes de una isla, es sumamente importante conocer acerca de las olas y su relación con el clima. Es necesario que aprendamos sobre nuestro entorno natural pues así disfrutaremos de nuestros recursos naturales acuáticos de forma segura y estaremos mejor preparados para enfrentarnos a cualquier eventualidad que surja en nuestras zonas costeras.



B. Objetivos

- Explicar qué es una ola.
- Identificar las características de una ola.
- Distinguir entre longitud y altura de una ola.
- Describir cómo se forma una ola de viento.
- Establecer la relación entre el viento y las olas.
- Identificar diferentes tipos de olas.
- Comparar la formación de las olas por acción del viento y por los terremotos.
- Explicar lo que es un *tsunami* o maremoto.
- Conocer la tecnología utilizada en el estudio de las olas.
- Familiarizarse con los productos gráficos y mapas de olas que provee CARICOOS.



C. ¿Qué es una ola y cómo se forma?

En la introducción de este tema se hizo una analogía entre una ola del mar y una ola humana, ya que ambas comparten características similares. Una ola es un movimiento ondulatorio que se propaga a lo largo de una superficie o un medio que puede ser el aire, el agua o un material sólido. La propagación de esta perturbación o movimiento ondulatorio transfiere energía. Esto es lo que sucede cuando lanzamos una piedra al agua y se generan ondas circulares que se mueven hacia afuera. En el caso del mar, las ondas se propagan a lo largo de la superficie del agua (**Figura 21**).

Cuando una ola se mueve por la superficie del océano las partículas de agua oscilan alrededor de un punto fijo. Las ondas se desplazan pero el medio o agua de mar no es arrastrado en la dirección del movimiento de las olas. Al moverse, estas ondas transportan energía de un lugar a otro. Podrás entender mejor lo que ocurre llevando a cabo un experimento muy sencillo. Toma un envase con agua y agítalo para formar olas. Coloca un corcho en el agua y observa su movimiento. Te darás cuenta que el corcho oscilará hacia la izquierda y hacia la derecha, pero se quedará en el mismo lugar. Esto comprueba que las olas son oscilaciones que se transportan sin arrastrar con ellas el agua de mar por el cual se propagan.

D. Características de una ola

Los científicos describen una ola del mar de acuerdo a su *altura* y *longitud*. La altura de una ola se refiere a la distancia desde la parte más alta, llamada la *cresta*, hasta la parte más baja que se conoce como el *valle*. Existen varios factores que afectan



Figura 21: Las olas del mar son ondas de superficie.

la altura de una ola, entre ellos se encuentran la velocidad del viento, la distancia sobre la cual sopla, su duración y la profundidad del agua. La altura de una ola aumenta según se acerca a la costa. Esto es así porque al disminuir la profundidad del mar, disminuye el largo de onda y aumenta su altura. La *amplitud* de una ola es el punto medio de su altura y su longitud es la distancia horizontal entre dos crestas o valles sucesivos. Las olas también pueden ser clasificadas de acuerdo a su periodo. El *intervalo* o *periodo* de una ola es el tiempo (en segundos) que tardan las crestas de dos olas consecutivas en pasar por un punto fijo (**Figura 22**).

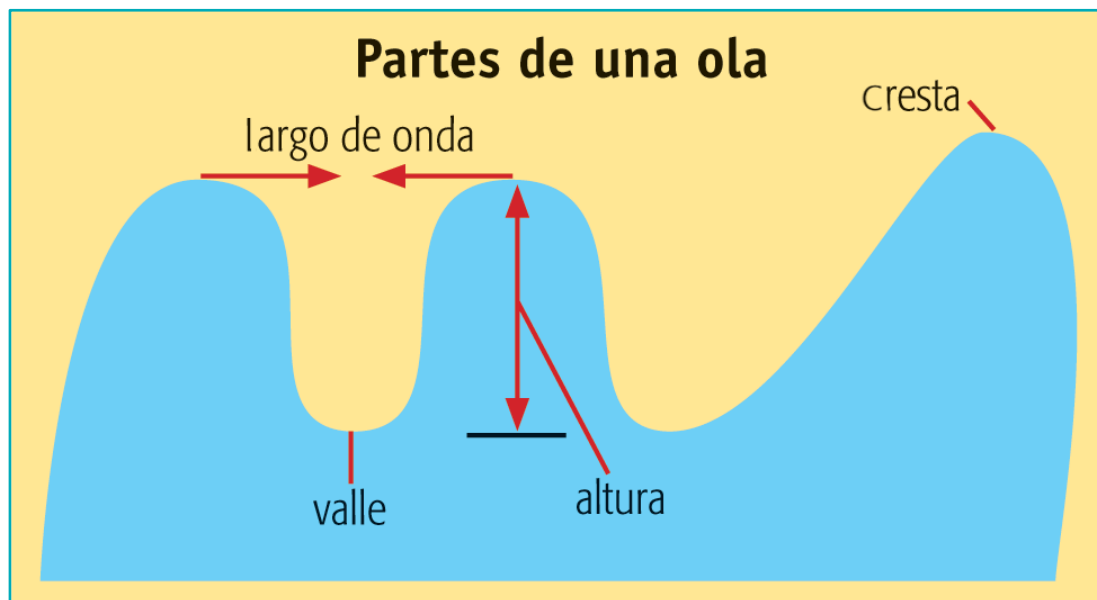


Figura 22:
Diagrama que muestra la anatomía de una ola.

E. Tipos de olas

Existen distintos tipos de olas que se clasifican de acuerdo a varios factores que incluyen la manera en que se generan, la profundidad de sus aguas, el lugar donde se producen, cómo y cuán rápido se mueven y su tamaño.

La mayor parte de las olas en el océano son generadas por la acción del viento sobre la superficie del mar. El viento transfiere energía al agua, a través de la fricción entre las moléculas de aire y las moléculas de agua. Sin embargo, algunas olas, como los *tsunamis*, pueden formarse por terremotos, erupciones volcánicas o desprendimientos de materiales o rocas.

El tamaño de las olas de viento dependerá de cuán lejos, cuán rápido y por cuánto tiempo sopla el viento. Cuando no sopla el viento, se dice que el mar está en calma. Un viento leve ocasionará fricción sobre la superficie del mar y la formación de pequeñas olas, de tan solo varios milímetros de altura, conocidas como *olas capilares* (**Figura 23**). Los vientos fuertes y constantes ocasionan grandes y potentes olas. Mientras mayor la altura de las olas, mayor será la energía que pueden extraer del viento. Es por esto que durante eventos meteorológicos dominados por vientos fuertes y persistentes se producirán olas de gran tamaño.

Figura 23: Las olas capilares son pequeñas olas que se forman en la superficie del mar cuando el viento sopla levemente.



En ciertas ocasiones, puedes observar oleaje de gran altura en lugares donde no está soplando el viento. Estas olas o *marejadas* (conocidas en inglés como *swells*) son generadas por fuertes vientos en aguas profundas. Una vez generadas, estas olas se alejan del lugar donde fueron creadas y se propagan rápidamente. Los científicos han observado que estas olas se organizan a medida que se van desplazando por el océano. Las *marejadas* se caracterizan por viajar en *sets* o grupos de olas. Los *surfers* conocen este fenómeno muy bien y corren las olas cuando llegan los grupos de olas grandes.

Gracias a las investigaciones realizadas por expertos en el tema, se sabe que la presencia de las olas genera fuerzas en el agua que causan corrientes. Por tanto, la magnitud y la dirección de las corrientes dependerá en parte de la altura y la dirección de las olas.

No todas las olas viajan a la misma velocidad. Las olas viajan más rápido mientras mayor sea su periodo y mientras más profundo sea el mar. Las olas de *tsunami*, por ejemplo, pueden desplazarse a velocidades de hasta 900 km/h. Las olas también se clasifican en *olas de agua profunda* y *olas de agua llana*. Las olas de agua llana son afectadas por el fondo, mientras que las olas de agua profunda no están afectadas por este (Figura 24).

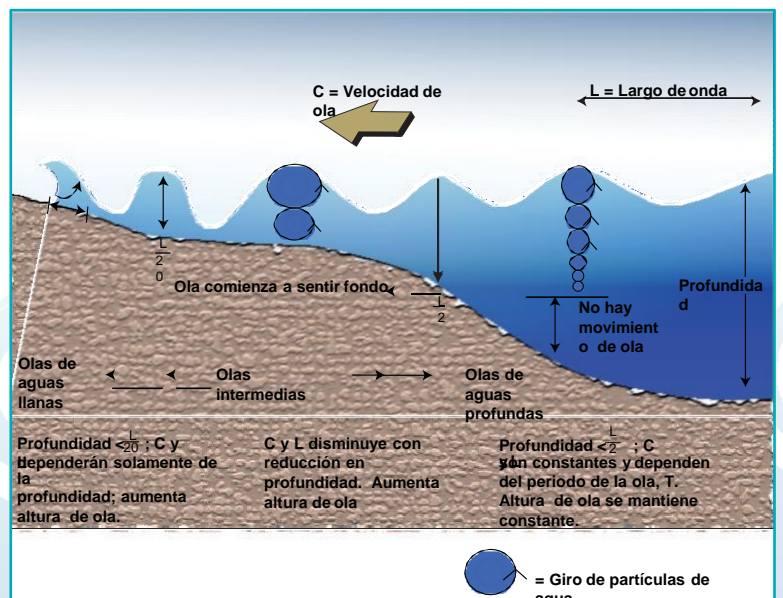


Figura 24: Diagrama que explica la diferencia entre una ola de agua profunda y una ola de agua poco profunda

Las *olas de viento* se distinguen porque no son organizadas, son pequeñas y vienen acompañadas de fuerte viento. Lo que se observa en estas olas son breves intervalos entre una ola y otra (**Figura 25**). Por ejemplo, al llegar a la costa de forma desorganizada estas olas hacen difícil el tratar de montarse en un kayak.

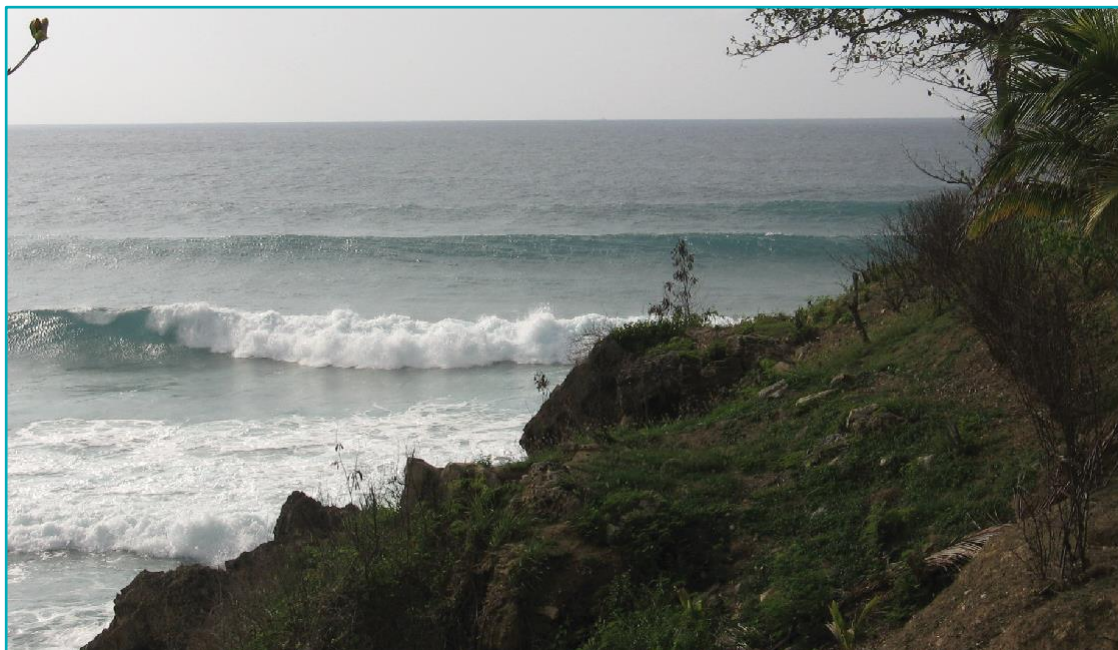


Figura 25: *Olas de viento*

F ¿Cómo se forma un tsunami?

Alguna vez has pensado cómo se forma un *tsunami*? (**Figura 26**).



Imagen satelital del tsunami en Kalutara el 26 de diciembre de 2004

Figura 26: *Representación de la formación de un tsunami.*

Como mencionamos anteriormente, las olas también se forman como consecuencia de un movimiento provocado por un *sismo* o *terremoto*. Al ocurrir un sismo en el fondo del mar, habrá un desplazamiento de un gran volumen de agua que se moverá hacia arriba y/o hacia abajo. Este movimiento violento provoca la formación de un

tsunami o *maremoto* que consiste de una serie de olas con diferentes periodos que viajan rápidamente (**Figura 27**) y pueden impactar las costas con una enorme fuerza destructiva. Generalmente, la primera ola de un *tsunami* no es muy grande, pero las siguientes son enormes y muy destructivas. Aproximadamente, entre una ola y otra, transcurren entre 5 y 10 minutos.

Figura 27:
Formación de un tsunami

1. Un tsunami tiene su origen cuando un sismo en el fondo del océano provoca que la corteza terrestre tiemble.

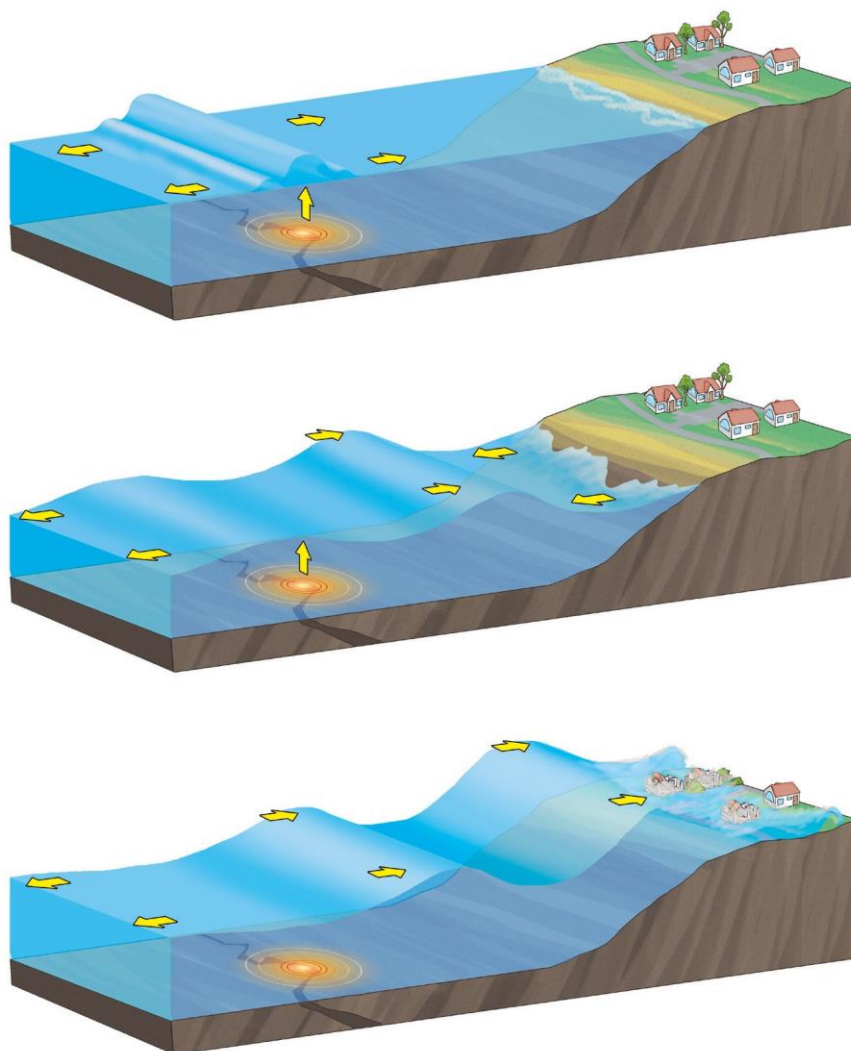
2. El temblor provocado por el sismo desplaza una masa de agua hacia la superficie.

3. La masa de agua provoca una oscilación que se mueve a gran velocidad bajo la superficie del océano.

4. El agua se retira de la orilla.

5. La onda que se produce forma olas gigantes cuando se acerca a la costa.

6. La ola impacta la costa.



Ante el riesgo que representa un tsunami, los científicos han desarrollado instrumentos para detectar y medir la fuerza y la dirección de los movimientos de las ondas. Los sismógrafos son instrumentos que detectan las ondas sísmicas generadas por un terremoto. Los *mareógrafos* son instrumentos que detectan y registran oscilaciones en el nivel del mar. Para el monitoreo continuo del nivel del mar se utiliza un sistema global de telecomunicaciones. Con esta y otras tecnologías es posible observar las olas y establecer la dirección de su propagación para ayudar a salvar vidas.

En Puerto Rico existen programas de educación para preparar a la ciudadanía ante el peligro de un *tsunami*. Como parte de estos esfuerzos, se han rotulado las zonas de riesgo por *tsunamis*, se han instalado señales que indican la ruta más apropiada para el desalojo, y se han instalado alarmas que se activarán en caso de ocurrir un

aviso de *tsunami* o maremoto que represente riesgo para un área en particular. La activación de esta alarma advierte a los ciudadanos de un peligro inminente para que desalojen la costa siguiendo los planes establecidos y se muevan rápidamente a lugares seguros.

G. Importancia de la tecnología en el estudio de las olas del mar

Los satélites meteorológicos en órbita alrededor del planeta contienen sensores o instrumentos especializados que proporcionan datos actualizados de las condiciones del tiempo que afectan grandes áreas geográficas. Algunas de las aplicaciones de los satélites meteorológicos incluyen temperatura y humedad de la atmósfera y la tierra, formación de nubes, viento a distintos niveles, oleaje, y localización de corrientes oceánicas superficiales, entre otros.

El viento y el estado del mar pueden ser medidos desde el espacio utilizando un instrumento conocido como difusómetro. Este instrumento emite ondas de radio que alcanzan la superficie del mar y rebotan de acuerdo a las condiciones existentes. La señal reflejada es detectada por el difusómetro. En un oleaje fuerte la onda rebota en muchas direcciones ocasionando un reflejo difuso. La señal que recibe el difusor es analizada y procesada mediante ordenadores que interpretan cómo se encuentra el mar y cuál es la dirección del viento. Las imágenes y datos obtenidos por estos instrumentos son utilizados para hacer predicciones meteorológicas así como para generar modelos, mapas y gráficas como los que encuentras en las secciones del tiempo del periódico o en las páginas web relacionadas con la meteorología.

Aunque la información contenida en modelos, mapas y gráficos es sumamente valiosa para los científicos es también muy útil para el público en general. No tienes que ser un científico para entender estos mapas. Si aprendes a interpretar los mapas de la dirección y velocidad del viento obtendrás información importante como cuáles son los lugares óptimos para practicar algún deporte acuático o identificar aquellos que puedan representar un riesgo a la seguridad de los bañistas. Conocer sobre las olas es importante para la navegación en nuestras aguas costeras, ya seas un pescador, un usuario del transporte marítimo entre las Islas de Culebra y Vieques, o un fanático de la navegación a vela.

Puerto Rico es conocido mundialmente por ser un lugar ideal para practicar el deporte de *surfing*. Los *eventos* relacionados con este deporte atraen muchos visitantes, tanto extranjeros como locales, a nuestras playas. Los organizadores de este tipo de eventos obtienen información acerca de las olas utilizando los mapas y modelos gráficos. Esta información facilita la organización de este tipo de eventos y contribuye a que se lleven a cabo de forma segura.

El Sistema de Observación Costera del Caribe (**CARICOOS**, por sus siglas en inglés), en colaboración con el Servicio Nacional de Meteorología provee pronósticos de olas usando mapas gráficos. A través de su página electrónica conocerás fácilmente

la altura de las olas en distintos puntos alrededor de Puerto Rico e Islas Vírgenes Estadounidenses. El *National Weather Service Wave Forecast* provee información de las olas, los vientos y las corrientes que se generan en las costas de nuestras islas.

Actualmente, CARICOOS opera cuatro boyas que contienen instrumentos para medir altura y dirección de las olas. Estas boyas están localizadas en las plataformas insulares de Puerto Rico e Islas Vírgenes; específicamente, en la costa sur cerca de la isla Caja de Muertos y St. John, en la costa norte cerca de San Juan y en el Canal de la Mona al oeste de Puerto Rico. Puedes acceder a los datos generados por estas boyas en tiempo real a través de la página web de CARICOOS. Si puedes conocer anticipadamente las condiciones del oleaje del mar, podrás coordinar mejor tus actividades en la costa y evitarás poner en peligro tu vida y la de los demás.

Haz de la tecnología una aliada. Únete a los científicos en el estudio de las olas. Solo necesitas seguir investigando sobre este tema y compartir lo aprendido con otros. ¡Adelante!

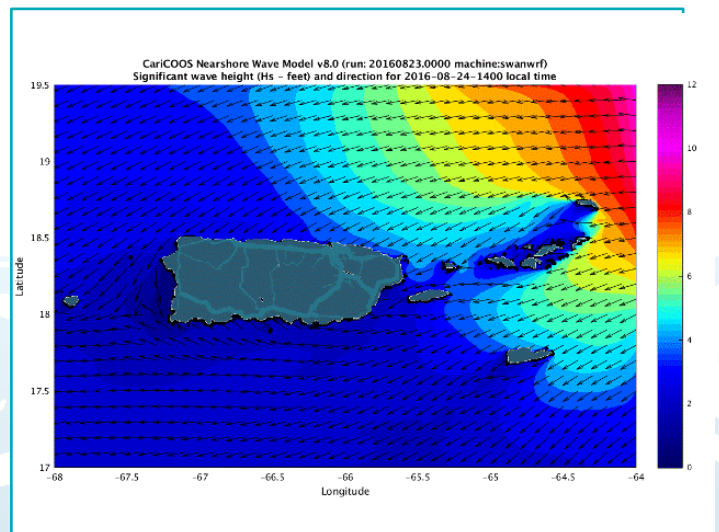
I. Actividades

1. CARICOOS y los mapas de Puerto Rico

Como recordarás, CARICOOS es un programa de la Asociación Regional del Caribe para la Observación Oceánica Costera. Varios científicos puertorriqueños quienes trabajan en colaboración con la NOAA están a la vanguardia en esta iniciativa. Sus páginas informativas se encuentran en la Internet.

Una de los beneficios de este programa es que le brinda a la población información importante y actualizada sobre las condiciones climáticas, entre ellas, las corrientes, el viento y el oleaje de Puerto Rico. Logran esto utilizando mapas de Puerto Rico con imágenes y leyendas fáciles de leer. Además, presentan los mapas de manera interactiva. Por medio de la siguiente actividad, tendrás la experiencia de leer e interpretar mapas como todo un científico.

¡Leyendo un mapa! Parte I
Observa una de las imágenes captadas sobre el oleaje de Puerto Rico y contesta las siguientes preguntas.

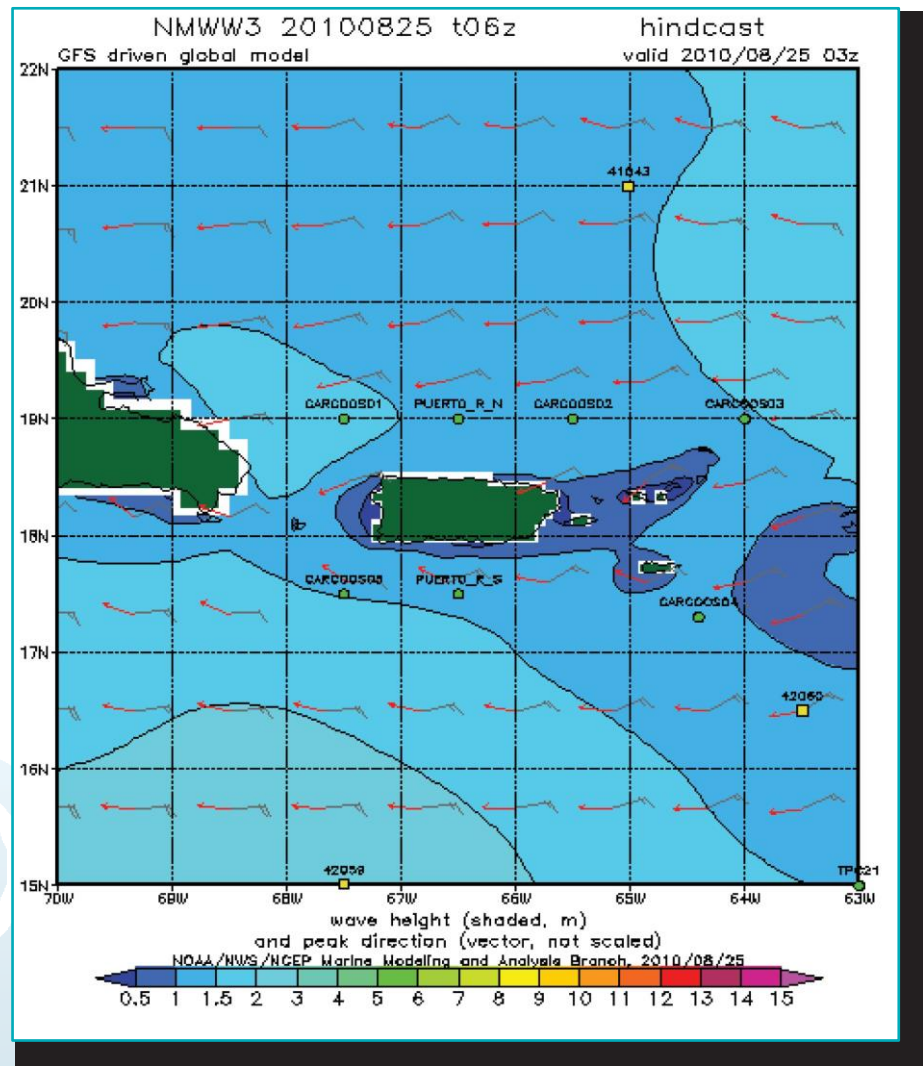


- ¿Cuál es la altura mayor de las olas cercanas a Puerto Rico?
- ¿En qué parte del mapa se encuentran las olas de mayor altura? ¿Cómo lo sabes?
- ¿Cuál es la fecha de esta gráfica sobre el oleaje de Puerto Rico?
- ¿Cuál es la altura menor de las olas para Puerto Rico durante este día y dónde?
- ¿Qué significado tienen los colores en la imagen?
- ¿Cuál es el oleaje para el sur de Puerto Rico?
- ¿Cuál es el oleaje para Santa Cruz y St. Thomas?

¡Leyendo un mapa! Parte II

Observa el mapa y contesta las siguientes preguntas. Recuerda utilizar la leyenda que se provee.

- ¿Qué representan las flechas rojas?



b. ¿Qué información nos ofrecen las barbas en el extremo opuesto de cada flecha?

c. ¿Cuál es la dirección del viento según este mapa?

2. La ola y el corcho



Objetivo: Observar el movimiento de las olas contra el movimiento de un objeto sobre las olas.

Materiales:

- bandeja
- agua
- pedazo de corcho o *foam*

Procedimiento

- a. Llena una bandeja con agua.
- b. Coloca un pedazo de corcho en el centro de la bandeja.
- c. Da varios golpes en uno de los extremos de la bandeja para crear olas sobre el agua.
- d. Observa lo que sucede en las olas en relación a su movimiento.
- e. Observa el movimiento del corcho a medida que se mueve la ola.

Analiza los resultados

- a. ¿Qué observaste en relación al movimiento de las olas?
- b. ¿La ola movió el corcho hasta chocar con el extremo de la bandeja, o el corcho se quedó atrás mientras la ola llegó al extremo de la bandeja?
- c. ¿Qué demuestra este ejercicio en relación con la ola y con el corcho u otro material que esté sobre las olas? Explica tu respuesta.

J. Actividades para cibernautas

1. Descubre *CARICOOS.org*

Invite a sus estudiantes a que motiven a cinco de sus amigos acerca de la importancia de usar la página www.caricoos.org para obtener un mejor entendimiento del comportamiento de las olas en la región del Caribe y obtener los datos necesarios para mantener al público informado de las últimas condiciones del mar.

2. Análisis del oleaje del mar utilizando modelos digitales

Pida a sus estudiantes que accedan la página electrónica www.caricoos.org para obtener información en tiempo real sobre las olas en distintos puntos de Puerto Rico. En esta página encontrarán varios mapas que muestran la altura de las olas en tiempo real. Sugiera que analicen los datos desde distintas estaciones y los comparen. Motive a sus estudiantes a compartir los resultados obtenidos con sus compañeros de clase.



3. Organizo lo aprendido

Pida a sus estudiantes que organicen las ideas principales del tema de las olas en tablas que resuman los conceptos principales sobre los cuales se trabajó. Las tablas pueden diseñarse en un programa de computadoras que permita combinar dibujos, textos y fotos. Dedique un tiempo para discutir en grupo cada trabajo.



4. Dibujando las ideas

Los mapas conceptuales permiten representar gráficamente una idea. Diseñe una actividad en la que los estudiantes puedan crear un mapa conceptual utilizando una aplicación para la visualización gráfica de contenidos. Pida a sus alumnos que elaboren un mapa de conceptos en el que establezcan relaciones entre las palabras ola, longitud, altura, cresta, valle y distancia. Cada estudiante compartirá su trabajo con el resto del grupo.



5. Aprender puede ser contagioso

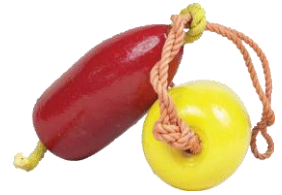
Los estudiantes aprenden más rápido cuando trabajan en grupos colaborativos. Cada grupo debe crear un video con un tutorial para enseñar a otros estudiantes cómo se lee un mapa en el que se mida el oleaje en las costas de Puerto Rico u otras zonas del Caribe. Invite a sus estudiantes a investigar sobre el tema. Luego, pídeles que elaboren un borrador del trabajo y que se lo presenten para discutirlo



antes de comenzar el vídeo. Es importante que la información esté clara y no tenga errores.

6. Me uno a la observación oceánica

Invite a sus estudiantes a consultar la página web www.caricoos.org. Allí encontrarán información variada y actualizada acerca de las olas y podrán monitorear las olas que se generan en nuestras costas. Luego, pida a los estudiantes que elaboren un escrito en el que expliquen cómo la información de esta página es útil para las personas. Deben tomar en cuenta a los científicos, los pescadores, los maestros, los estudiantes, los padres y las personas que disfrutan de los deportes acuáticos.



7. Investigo con la Internet

Invite a sus estudiantes a que busquen imágenes y vídeos en la Internet que provean información acerca de la formación de tsunamis o maremotos. Luego, deben escribir un párrafo con la información que más les llamó la atención y enviarla por correo electrónico al maestro. Es importante que incluyan las direcciones de las páginas visitadas para que pueda crearse un directorio y compartir la información con el resto de la clase.



8. Subo mi vídeo en Youtube

Proponga a los estudiantes que elaboren un vídeo en el que inviten a las personas a seguir unas medidas de seguridad cuando visiten las playas junto a sus amigos y familiares. Indíqueles que el objetivo del vídeo es informar a los ciudadanos sobre la importancia de conocer las condiciones del mar antes de entrar en él y durante el tiempo que permanezcan dentro o cerca de él. Deben pensar en las medidas de seguridad que se podrían seguir antes y durante con el objetivo de salvar vidas. Los vídeos pueden entrar en un concurso donde se evalúe su contenido y su calidad artística. Premie los mejores y publíquelos en la página web www.youtube/. Así estarán disponibles para toda la comunidad escolar y el público en general. Al equipo de CARICOOS le encantará ver el vídeo. Pueden dejarle el mensaje en su página.



9. Únete a CARICOOS y ayuda a salvar vidas

Invite a sus estudiantes a que diseñen una campaña publicitaria para dar a conocer el Sistema Integrado de Observación Oceánica del Caribe (CARICOOS, por sus siglas en inglés). En la campaña, deben comunicar

la misión y visión del programa, sus metas, trabajos y su compromiso social con el ambiente y el público en general. Debe enfatizar la importancia de ser



creativos y utilizar diversas herramientas tecnológicas. Premie los mejores trabajos y publíquelos en la Red. Así estarán disponibles para toda la comunidad escolar y el público en general. Por favor, el equipo de CARICOOS les gustaría verlos. Pueden contactarlos a través de su página.

10. Noticias CARICOOS

Solicite a sus estudiantes que creen un boletín informativo acerca de los instrumentos que utiliza CariCOOS para obtener la información más precisa y actualizada acerca del clima costero. Algunos de estos instrumentos son las boyas instrumentadas, las estaciones meteorológicas costeras, la red de radares de alta frecuencia, entre otros productos e instrumentos. La información que necesitas puede accederse a través de la página www.caricoos.org.



11. CARICOOS te informa

La herramienta de *microblogging* conocida como *Twitter* puede ser muy útil para comunicar a los estudiantes cualquier información interesante. Invite a sus estudiantes a participar en una campaña de seguridad relacionada con nuestras zonas costeras y el disfrute de los recursos acuáticos. Todos los viernes, un estudiante podrá entrar en la página www.caricoos.org para dar a conocer información acerca de los vientos, las olas, la posibilidad de inundaciones costeras y la calidad del agua, entre otros datos que sean del interés de su grupo. De esta forma, los estudiantes descubrirán que, antes de ir a la playa, deben consultar la página. Así, disfrutarán con mayor seguridad.





ADMINISTRACIÓN DE LA POSPRUEBA

En este módulo se incluyó una prueba diagnóstica o preprueba al inicio. Esta prueba tenía como propósito examinar los conceptos y destrezas que el estudiante dominaba relacionados con los temas de vientos, corrientes marinas y olas antes de trabajar con el módulo. Los resultados de la prueba sirvieron de base para la enseñanza de los temas incluidos en el módulo.

Al finalizar el estudio del módulo, se sugiere la administración de una posprueba. La prueba es la misma que aparece en las páginas 8 a la 11. El objetivo de la posprueba es comparar y medir el aprovechamiento académico o los logros alcanzados por el estudiante después de trabajar con el módulo ***Climas costeros de nuestras islas***.

Los resultados de esta prueba serán importantes para medir el conocimiento que adquirieron los estudiantes acerca de los temas que se enseñaron. Asimismo, servirán para evaluar si se necesita clarificar, profundizar o reseñar algún tema.





©2011 Jupiterimages Corporation



Copyright © 2004 Cubestock and its licensors. All rights reserved.

APÉNDICES

I. Contestaciones de la preprueba y de la posprueba

- | | | |
|------|------|------|
| 1. B | 1. A | 1. C |
| 2. D | 2. C | 2. A |
| 3. C | 3. D | 3. D |
| 4. B | 4. A | 4. A |
| 5. C | 5. B | 5. C |
| 6. A | 6. B | 6. C |
| 7. D | 7. B | 7. C |
| 8. B | 8. A | |
| 9. D | 9. B | |

II. Preguntas.

Las contestaciones a las preguntas pueden variar. No obstante, se provee una contestación para que sirva de parámetro para evaluar cada respuesta.

- A. El viento, las corrientes marinas y las olas son factores que afectan el ambiente marino, el clima costero y el tiempo. La interacción de estos factores afecta e impacta las actividades que los seres humanos llevan a cabo en la zona costera. Como habitantes de una isla, debemos conocer estos elementos y sus comportamientos para tomar decisiones correctas y seguras al momento de disfrutar de las playas y los cuerpos de agua. Así evitaremos accidentes y muertes.
- B. La palabra *tsunami* viene del idioma japonés y significa *ola en puerto*. Los maremotos y *tsunamis* son ocasionados por

terremotos y otros movimientos en el fondo del océano tales como erupciones volcánicas y desprendimientos de tierra. Esos movimientos generan olas que viajan a velocidades de hasta 800 kilómetros por hora. Generalmente, la primera ola no es la más grande y el peligro del *tsunami* puede extenderse por varias horas después de la llegada de esa primera ola. Los *tsunamis* no se sienten ni causan daños en las aguas profundas del océano. Sin embargo, cuando llegan a aguas poco profundas destruyen las costa con olas tan altas como 60 metros. La fuerza y la velocidad de esas olas hacen que estas destruyan y arrastren todo lo que encuentran a su paso.

- C. Fenómeno atmosférico con vientos fuertes y mucha lluvia. Es un ciclón que se forma sobre el agua caliente del océano en las zonas tropicales, entre las latitudes 5º y 20º. Son de alcance amplio, con un promedio de 340 millas de diámetro. Se debilitan cuando se desplazan tierra adentro o lejos del trópico. En el centro de la tormenta se encuentra un área más pequeña conocida como el ojo del huracán. En esta área el estado del tiempo es diferente. Los vientos son suaves y hay poca o ninguna precipitación. La peligro-

sidad de un huracán se determina con la información sobre la distancia a la que se extienden los vientos huracanados desde el centro. Los huracanes se clasifican en categorías de 1 a 5 de acuerdo con la velocidad y la fuerza de los vientos sostenidos.

- D. Algunos instrumentos meteorológicos para conocer las condiciones del clima son boyas, radares, satélites, anemómetros, pluviómetros, termómetros, estaciones automáticas, nefoscopio, actinógrafo, barómetros, entre otros.

II. Contestaciones de las actividades

Tema 1: Los vientos

Actividad 1: Midamos la velocidad del viento

El objetivo de la actividad es construir un anemómetro. Al finalizar la misma, se conocerá y descubrirá que existen distintos instrumentos para determinar la velocidad del viento.

Actividad 2: Hagamos una veleta

El objetivo de la actividad es construir una veleta. Al finalizar la misma, se conocerá y descubrirá que existen distintos instrumentos para determinar la dirección del viento.

Actividad 3: La velocidad del viento

- Las barbas de viento en el mapa representan la dirección desde donde procede o sopla el viento.
- Las banderas de las barbas de vientos representan la velocidad del viento. Las banderas se colocan en el extremo desde donde sopla el viento.
- La velocidad es de 3 nudos.

Actividad 4: Medidas de la velocidad del viento

- (1) 20 nudos (2) 70 nudos (3) 40 nudos (4) 55 nudos
- (1) del noreste (2) del este (3) del noreste (4) del sureste

Tema 2: Las corrientes marinas

Actividad 1: Película: *Buscando a Nemo*

El propósito de esta actividad es dialogar acerca de las corrientes marinas e identificar algunas de

ellas. La película recomendada trabaja de forma sencilla y correcta el tema de las corrientes y su importancia para los organismos que viven en el mar y en el resto del planeta.

Actividad 2: ¿Qué relación existe entre las diferencias en temperatura y las corrientes marinas?

El objetivo de la actividad es observar cómo se comportan las corrientes a diferentes temperaturas. Al finalizar la misma, se conocerá y descubrirá que el agua más caliente se queda arriba mientras que el agua más fría se queda abajo. Además, se concientizará de la importancia de las corrientes marinas en el clima y la diversidad de vida de nuestro planeta.

Actividad 3: Boyas en Puerto Rico

Actividad de investigación y creación

Actividad 4: Lectura de un mapa

- La corriente con mayor rapidez registrada por la boya fue de 0.8 nudos. Esta información se registró el 5 de junio de 2011 a las 6:00 p. m.
- La corriente con menor rapidez registrada por la boya fue de 0.1 nudos. Esta información se registró el 5 de junio de 2011 a las 6:00 a. m.
- Es importante que las personas conozcan que las corrientes cambian continuamente y se tornan más rápidas algunos días. Así se pueden evitar accidentes.

Actividad 5: ¿Hacia dónde se dirigen?

Actividad de investigación y creación

Actividad 6: La salinidad y las corrientes oceánicas profundas

El objetivo de la actividad es observar el efecto de la salinidad en el agua y su relación con las corrientes oceánicas. La salinidad es una medida de la cantidad de sales o sólidos disueltos en un líquido. Por ejemplo, una reducción en la temperatura y un aumento en la salinidad aumentarán la densidad del agua. De manera que las diferencias en salinidad y temperatura, causan diferencias en la densidad del agua. En síntesis, el ejercicio tiene como propósito que se descubra que la temperatura y salinidad de las corrientes marinas son factores fundamentales para la vida en el ambiente marino.

Actividad 7: Lectura de mapas

Primera parte

- a. Los colores del mapa representan las diferentes temperaturas en la superficie del agua medidas en grados celsius.
- b. El color azul representa de 10° C a 12° C, el rosa de 0° C o menos, el amarillo de 24° C a 26° C.

c. Respuesta abierta

Segunda parte

- a. Las temperaturas del mapa se registraron el 6 de junio de 2011.
- b. La temperatura más alta registrada en el mapa fue de 87° F al sur de Puerto Rico.
- c. La temperatura más baja registrada en el mapa fue de 72° F en el interior de Puerto Rico.
- d. La temperatura de Santa Cruz registrada en el mapa es de 83° F.
- e. La escala indica la temperatura en grados Fahrenheit de la superficie del agua en Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Actividad 8: La densidad del agua

El objetivo de la actividad es concluir que el agua salada es más densa que el agua dulce. Por ende, la densidad es uno de los factores que influyen en la formación de las corrientes oceánicas profundas.

Tema 3: Las olas

Actividad 1: CARICOOS y los mapas de Puerto Rico

Parte I

- a. La mayor altura de las olas es de 5 pies.
- b. Las olas de mayor altura se encuentran en la parte más alejada de Puerto Rico. Están representadas por el color violeta intenso y están identificadas con altura de 5 pies.
- c. La fecha de la gráfica es del 25 de agosto de 2010.

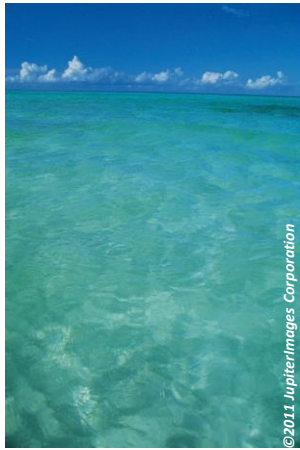
- d. La menor altura es de 0 pies.
- e. Los colores representan la diferencia en altura de las olas en pies.
- f. Los colores amarillo y anaranjado representan las olas con mayor altura.
- g. El oleaje para Puerto Rico es de 0 pies de altura.
- h. El oleaje de St. Thomas es de 0 pies y el de Santa Cruz es de 3 pies de altura.

Parte II

- a. Las flechas rojas representan la dirección de las olas.
- b. Las barbas ofrecen la dirección y la velocidad del viento.
- c. La dirección del viento es del noreste.

Actividad 2: La ola y el corcho

Esta actividad tiene como propósito demostrar que el agua no se desplaza. Es decir, lo que se desplaza es la energía de la ola y no el agua. Con el experimento se observará que el corcho se mueve hacia la izquierda y hacia la derecha, pero se quedará en el mismo lugar. El movimiento del corcho demuestra que el agua solo sube y baja de arriba hacia abajo mientras la energía de la ola se desplaza.



©2011 Jupiterimages Corporation



Copyright ©2004 Cubestock and its licensors. All rights reserved.

El equipo de CARICOOS está interesado en conocer los proyectos y actividades de los educadores y estudiantes que surjan a partir del estudio del módulo ***Climas costeros de nuestras islas***. Puede compartir su información enviando un mensaje a la siguiente dirección electrónica: caricoos@gmail.com.

OTROS RECURSOS

1. Servicio Nacional de Meteorología
San Juan, PR Weather Forecast Office
4000 Carretera 190
Carolina, PR 00979
Tel: 787-253-4586
Web: <http://www.srh.noaa.gov/sju/>
2. Programa Sea Grant de la Universidad de Puerto Rico
UPR-RUM Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000
Tel: 787-832-3585, 787-834-4726
Web: <http://www.seagrantspr.org/>
3. NWS Caribbean Tsunami Warning Program (Español: Programa de Alerta de Tsunamis del Caribe del SNM)
UPR-RUM Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000
Tel: 787-833-8433, 787-265-5452
Fax: 787-265-1684
Web: <http://www.srh.noaa.gov/srh/ctwp/>
4. Red Sísmica de Puerto Rico
UPR-RUM Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000
Tel: 787-833-8433, 787-265-5452
Fax: 787-265-1684
Web: <http://redsismica.uprm.edu/>

BIBLIOGRAFÍA

CÓLON, JOSÉ A. (2009), *Climatología de Puerto Rico*, Editorial: Universidad de Puerto Rico, San Juan.

MORELL, JULIO., CANALS MIGUEL., CAPELLA JORGE. (2010), *Principios fundamentales de los temas olas, corrientes marinas y vientos*, Conferencia: La Parguera, Puerto Rico.

LUGO, ARIEL E., RAMOS ÁLVAREZ, ANTARES., MERCADO, AURELIO., LA LUZ FELICIANO, DINORAH., CINTRÓN, GILBERTO., MÁRQUEZ D'ACUNTI, LIRIO., CHAPARRO, RUPERTO., FERNÁNDEZ PORTO, JORGE., PEISCH, SARAH J., RIVERA SANTANA, JOSÉ. (2004), *Cartilla de la zona marítimo-terrestre*. UPRSG-B-200.Vol.18 Núm. (1-3), ISSN. 1940-1148, Puerto Rico.

MUNDO VIVO. (2010), *Serie para la enseñanza de las ciencias*, Grupo Editorial Norma, Cataño, Puerto Rico.

WEBS (PÁGINAS)

FERNANDEZ DÍEZ, PEDRO. (2009), *Libros sobre ingeniería energética*, Página web:
<http://libros.redsauce.net/>

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DEL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA (NOAA)
<http://www.noaa.gov/>

SEA GRANT
<http://www.seagrantpr.org/>

DRNA
<http://www.drna.gobierno.pr/>

NFRA
<http://www.usnfra.org>

CLIMA COSTERO
http://www.meted.ucar.edu/topics_coastwx.php

CORRIENTES
<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean-cs.html>

OLAS
<http://oceanworld.tamu.edu/students/waves/waves1.htm>

VIENTOS GLOBALES
<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7p.html>



CARICOOS

Nota aclaratoria

En documentos académicos se recomienda la utilización de lenguaje inclusivo para evitar señalamientos de discrimen por razón de sexo, es decir, hacer uso de la terminología adecuada de acuerdo al género, por ejemplo: el/ella. Sin embargo, este módulo no contiene lenguaje inclusivo. Esto se debe a que para efectos de la presentación visual del texto y de su lectura el uso de dicho lenguaje resultaría repetitivo y muy extenso. Nuestras excusas a cualquier persona que considere que esta determinación no es acertada. Queremos dejar bien claro que no existe intención alguna de discrimen por razón de sexo.

