

## **Corrientes Oceánicas**

**Por: Jennie Ramirez**

### **Introducción**

El océano es dinámico y está en constante movimiento. El movimiento más intenso y visible ocurre en la superficie. Estos movimientos son las olas, mareas y las corrientes superficiales. Estos movimientos promueven la mezcla de las aguas oceánicas, y tiene efectos sobre la vida en los mares. Las corrientes y las olas están influenciadas por los vientos. Los vientos a su vez están influenciados por el calor generado por el sol. Las corrientes marinas transportan grandes cantidades de agua y energía en forma de calor, por lo que influyen en la distribución de la salinidad y de la temperatura. Como resultado afecta el clima y la productividad de las aguas.

### **Objetivos:**

- Explicar la variación de la radiación solar a diferentes latitudes
- Describir los cambios en temperatura y salinidad del agua y sus efectos en la densidad del agua
- Relacionar las variaciones en la densidad del agua con las latitudes
- Comparar el movimiento de los vientos y las corrientes marinas superficiales
- Describir los patrones de las corrientes marinas a nivel global

### **Propiedades físicas del agua**

El agua tiene unas propiedades únicas que la distinguen de otros fluidos. Dentro de las propiedades físicas más importantes están su alto calor específico, su leve conducción de calor y la gran capacidad de disolución. En gran medida estas propiedades dependen de la temperatura, salinidad y presión.

La temperatura promedio del océano es de aproximadamente 17.5 °C. La temperatura máxima es de 36 °C en el Mar Rojo y la mínima es de - 2 °C en el Mar de Weddell en la Antártida. La distribución de temperatura de las aguas depende de la radiación solar y de la mezcla de las masas de agua en el océano.

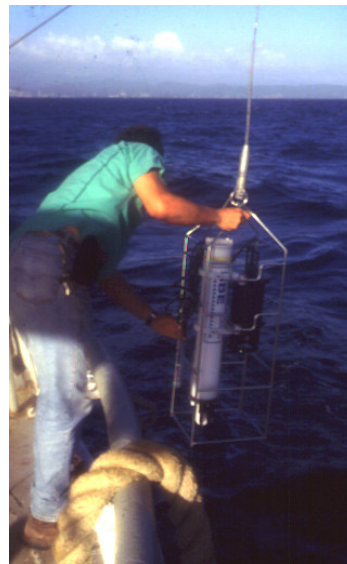
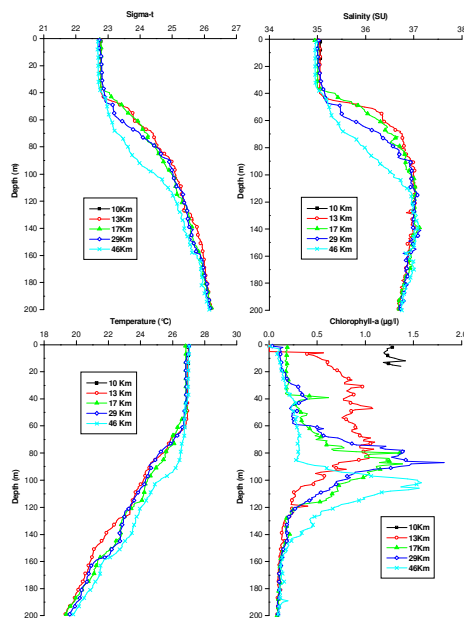
Las aguas cálidas superficiales transmiten el calor a las aguas próximas debajo de ellas formando una zona de productividad, aproximadamente de 200-400 m. Mas profundo a los 1000-1800 m la temperatura disminuye gradualmente y bajo los 1800 m el agua se mantiene fría.

La salinidad de la superficie del agua depende mayormente de la evaporación y la precipitación. En zonas tropicales donde la evaporación es mayor que la precipitación encontramos agua de mayor salinidad (>35‰). En las regiones costeras, agua dulce desemboca cerca de las bocas de los ríos y la salinidad generalmente no excede de 15-

20‰. En las zona de los polos el proceso de congelamiento y derretimiento de los hielos ejercen mayor influencia sobre la salinidad de las aguas superficiales. En el verano del Ártico encontramos las mas bajas salinidad (~29‰).

La salinidad promedio es de 35‰, pero ésta puede variar depende de la estación, la latitud y la profundidad. En conjunto la temperatura y la salinidad afecta la densidad del agua. A su vez la densidad afecta muchos otros parámetros como los procesos de mezcla de las diferentes masas de agua y la transmisión de sonido. Aguas estratificadas evitan la mezcla del agua superficial con el agua de profundidad, mientras que aguas poco estratificadas favorece la mezcla.

En estas gráfica se muestran perfiles de la columna de agua para el mes de Febrero colectadas en un gradiente costero-oceánico desde 10 Km. hasta 46 Km. de la costa, en la zona sur de Puerto Rico (La Parguera). La gráfica de arriba a la izquierda, nos indica la densidad, la salinidad esta representada en la gráfica de arriba a la derecha, las gráficas de abajo muestran, a la izquierda, la temperatura y a la derecha la clorofila a. En ellas podemos observar una capa mixta superficial con estratificación permanente con un picnoclino (cambio abrupto en la densidad del agua) y un termoclino (cambio abrupto en la temperatura del agua). Ambos asociados a un aumento en salinidad y una disminución en la temperatura con profundidad. Para tomar estos datos se utilizan instrumentos oceanográficos como el que se ve a la derecha (CTD).



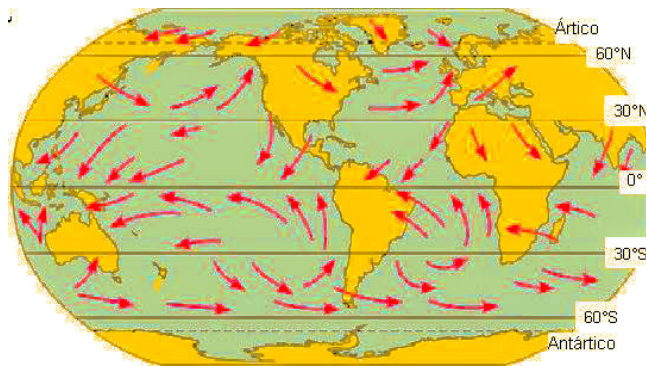
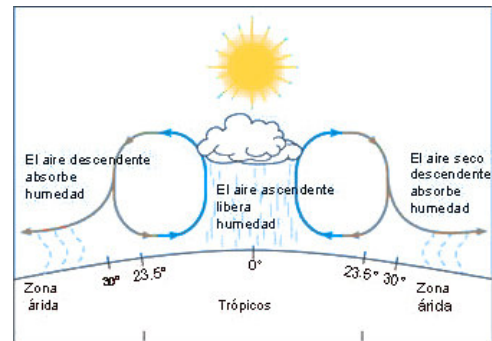
## Patrones de Viento

Debido a la rotación de la Tierra todo lo que se mueve en su superficie no sigue una línea recta, sino que tiende a girarse hacia un lado. Esto se conoce como el efecto de Coriolis. El efecto es muy leve para sentirlo cuando caminamos o vamos en un carro,

pero es muy importante en distancias grandes. Esta desviación afecta el curso de proyectiles y obviamente de los vientos y las corrientes. La desviación es a la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur.

Los vientos son los responsables de producir las olas y las corrientes en el océano. A su vez es el calentamiento solar lo que impulsa los vientos. La mayor energía solar se recibe en el Ecuador, por eso el aire es más caliente en el Ecuador y más frío en los polos. El aire caliente, por ser menos denso, se eleva en el Ecuador, por lo que se forma una baja presión. Según la masa de aire se aleja del Ecuador hacia el norte o hacia el sur, se enfría y se torna más denso y baja. Esto ocasiona un gradiente de presión y otra masa de aire tiene que reemplazarlo, ocasionando el viento. Entonces se forma una celda de circulación o de convección. Esto se puede observar en la siguiente figura.

Cuando el aire caliente del Ecuador asciende forman las calmas ecuatoriales (doldrums) y al ser reemplazado por aire de latitudes más altas, se forman los Vientos Alisios. Estos soplan del noreste y sureste desde las altas presiones subtropicales hacia las bajas presiones tropicales del Ecuador. Estos vientos son constantes y traen las típicas brisas del noreste a Puerto Rico. Los otros vientos también son impulsados por la energía solar, pero tienden a ser más variables que los alisios.



**Patrones Globales de Viento**

En las latitudes templadas, los vientos céfiro del oeste (westerlies) soplan desde las altas presiones subtropicales hacia las bajas presiones templadas. En las latitudes altas, las fuertes y altas presiones polares engendran los Vientos Solanos del Levante que soplan del este (polar easterlies), los vientos más variables que hay.

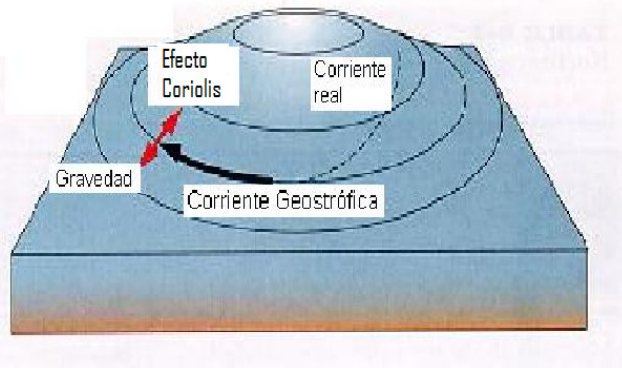
### Corrientes Geostróficas

Hay dos tipos de corrientes en el océano. Las corrientes superficiales, que constituyen el 10% del agua del océano y se encuentran desde los 400 m hacia arriba. Las corrientes de agua profunda o la circulación termohalina que afectan el otro 90% del océano.

Las corrientes oceánicas están influenciadas por dos tipos de fuerza. Las fuerzas del primer tipo son: el calentamiento solar, los vientos, la gravedad y la fuerza de Coriolis. El segundo tipo de fuerzas influyen en la dirección del flujo de las corrientes.

El calentamiento solar causa la expansión del agua. Ya que cerca del Ecuador las temperaturas son mas altas, el nivel del mar esta cerca de 8 cm. mas alta que en las latitudes medias. Esto causa una pendiente o inclinación en el nivel del mar y el flujo del agua tiende a fluir hacia bajo de la pendiente.

Estas corrientes marinas se conocen como Corrientes Geostróficas, (del griego *strophe*, giro: fuerzas provocadas por la rotación de la tierra)

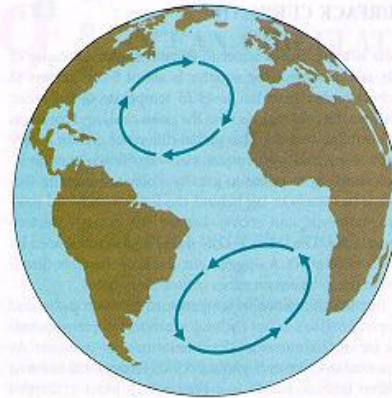


Los vientos que soplan en la superficie empujan el agua desplazándola en la dirección de donde provienen. Lo que resulta en que el agua tiende a amontonarse en la dirección que sopla el viento. Entonces, la gravedad tiende a halar el agua en contra del gradiente de presión o sea descendiendo por la inclinación de la pendiente. Pero debido a la rotación de la Tierra, la fuerza de Coriolis, causa que el movimiento del agua sea 45° hacia la derecha de la dirección del viento, en el Hemisferio Norte y 45° a al izquierda de la dirección del viento, en el Hemisferio Sur, alrededor de los centros de amontonamiento. Este flujo de agua produce grandes corrientes circulares en las cuencas oceánicas que se conocen como Giros.

Esta ilustración simplificada muestra los giros del Océano Atlántico.

El giro del Atlántico Norte está separado en cuatro corrientes distintas. La Corriente Ecuatorial del Norte, la Corriente del Golfo, la Corriente del Atlántico Norte y la Corriente de las Canarias.

Los Vientos Alisios que soplan del este desplazan el agua formando la Corriente Ecuatorial del Norte. En el margen Oeste del Atlántico se encuentra una masa continental continua, Norte, Centro y Sur América.



De manera que la corriente tiene que moverse hacia el norte, entonces se conoce como la Corriente del Golfo. Al acercarse al Polo Norte, influida por los vientos del oeste, cruza el Atlántico formándose la Corriente del Atlántico Norte. Allí tropieza con otra masa de tierra, las Islas Británicas, Europa y África, por lo que fluye hacia el sur tornándose en la Corriente de las Canarias.

El giro del Atlántico Sur, se forma la Corriente Ecuatorial del Sur ocasionado por los Vientos Alisios del sureste. Al chocar con la masa continental de América del Sur se forma la Corriente de Brasil, al acercarse al Polo Sur fluye de oeste a este y equivale a la Corriente del Atlántico Sur. La corriente del sur sube por África y representa la Corriente de Benguela.

El nivel del mar es más elevado en el Pacífico tanto en el norte como en el sur formando la Contracorriente del Ecuador, una estrecha banda alrededor del Ecuador ( $2^{\circ}$  N y  $2^{\circ}$  S).

Aunque de una forma simplificado se describieron los dos grandes giros del Atlántico. En el Norte el giro es a favor de las manecillas del reloj y el del Sur en contra de las manecillas del reloj.

Podemos asimismo describir las corrientes en el Océano Pacífico. Al igual que en la cuenca del Atlántico tenemos la Corriente Ecuatorial del Pacífico Norte, que se desplaza de este hacia el oeste, luego al ser interrumpida por las costas de Asia sube por la costa de Japón y se convierte en la corriente Kuroshío guiada por los vientos Céfiros del oeste se torna en la Corriente del Pacífico Norte y luego baja como la corriente de las Aleutas y la Corriente de California, y al llegar al Ecuador cierra así el giro del Pacífico Norte.

En el giro del Pacífico Sur tenemos la Corriente Ecuatorial del Pacífico Sur que posteriormente baja como la Corriente Australiana, cruza como la Corriente del Pacífico Sur, para luego subir como la corriente del Perú y tornándose otra vez en la Corriente Ecuatorial del Pacífico Sur para completar el giro del Pacífico Sur. Que al igual que en el Atlántico, en el Norte el giro es a favor de las manecillas del reloj y en el del Sur es en contra de las manecillas del reloj.

Hay una corriente que fluye alrededor de la Antártica, que se dirige de Oeste a Este y que es la única corriente que le da la vuelta a la Tierra. Esta es la Deriva del Viento del Oeste (west wind drift)

Las corrientes se pueden dividir en corrientes cálidas o calientes, que en el diagrama superior están representadas con las flechas de color rojo y las corrientes frías, que equivalen a las flechas azules.

### Corrientes Cálidas y Frías

Las corrientes marinas superficiales transportan un gran volumen de agua y energía en forma de calor, por lo que influyen en la distribución de la temperatura. Como resultado afecta el clima del planeta. Es por eso que algunos dicen que el océano es el termostato de la Tierra.

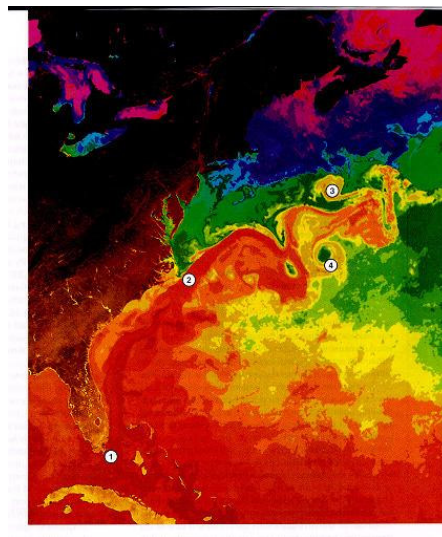


Las corrientes se pueden dividir en corrientes cálidas o calientes. Esta ilustración representa las corrientes cálidas y frías. Los colores equivalen a la temperatura de la superficie del agua (rojo más caliente y azules más frías)

Una de las propiedades del agua es su gran capacidad de calor. Las corrientes cálidas al oeste de las cuencas del océano, como la corriente del Golfo, puede transportar gran cantidad de energía en forma de calor hacia los polos. Por otro lado corrientes frías, como la del Labrador, que bajan por el este de los polos, ayudan a refrescar los trópicos. Las corrientes cálidas, producen un aumento de la temperatura del aire y mayor concentración de vapor de agua en la atmósfera y por tanto aumenta la humedad. Las corrientes frías disminuyen temperatura del aire y la concentración del vapor del agua en la atmósfera, por lo que baja la humedad. Sus efectos en el clima son evidentes, un ejemplo de esto ocurre en las costas de Escandinavia, zona cercana al Polo Norte donde no se forma hielo y las temperaturas son más altas de las esperadas para su latitud. También por eso encontramos arrecifes de coral en latitudes más altas en los márgenes del oeste de las cuencas. Por esta razón se dice que las corrientes oceánicas son el termostato de la Tierra.

Las corrientes son más fuertes en los márgenes del Este de los continentes de Asia y América del Norte, o en el lado oeste de las cuencas oceánicas. Esto es debido al amontonamiento del agua causado por los Vientos Alisios que soplan de Este. Para medir las corrientes se utilizan equipos electrónicos tales como correntómetros, boyas a la deriva, entre otros.

Los números representados en esta ilustración muestra el índice de velocidad del flujo de las corrientes en “sverdrups” (1sv =1 millón de metros cúbicos de agua por segundo).



La Corriente del Golfo es un ejemplo de las Corrientes de Margen o de Frontera (Boundary Currents). Es una de las corrientes tropicales más fuertes del planeta.

### *Corrientes Termohalinas*

Las corrientes de agua profunda o la circulación termohalina comprenden el 90% de las corrientes del océano. De ninguna manera las aguas profundas están estancadas, sino que son dinámicas. Estas aguas se sumergen hacia las cuencas oceánicas ocasionadas por fuerzas de cambios en densidad y la gravedad. Las diferencias en densidad son reflejo de las diferencias en temperatura y salinidad. Las corrientes de agua profundas se forman donde la temperatura del agua es fría y las salinidades son relativamente altas. La combinación de altas salinidades y bajas temperaturas afectan la densidad del agua tornándola mas densa y mas pesada provocando que se hunda. Esto ocurre en las zonas polares que al hundirse se desplazan hacia las zonas ecuatoriales. El agua de las zonas ecuatoriales, en cambio es cálida y tiende a desplazarse hacia las zonas polares a través de la superficie. La disolución de oxígeno es mayor en aguas frías. Al sumergirse estas aguas transportan oxígeno a las agua profundas.

El agua fría entonces se mueve hacia zonas tropicales y emerge en la superficie. Esto permite el intercambio de oxígeno, nutrientes y energía de calor entre otras cosas, entre los polos y las zonas tropicales.

Las aguas profundas se forman en mayor medida en el Atlántico Norte, agua más densa por ser más salada y fría. Al sumergirse hacia el fondo mantiene la circulación oceánica en movimiento como si fuera un gran pistón. Las aguas del Océano Indico son muy calidas para hundirse. En el Pacífico Norte aunque el agua es fría no alcanza la salinidad necesaria para hundirse al fondo oceánico, pero forma agua con densidades intermedias. Mayormente se debe a la precipitación.

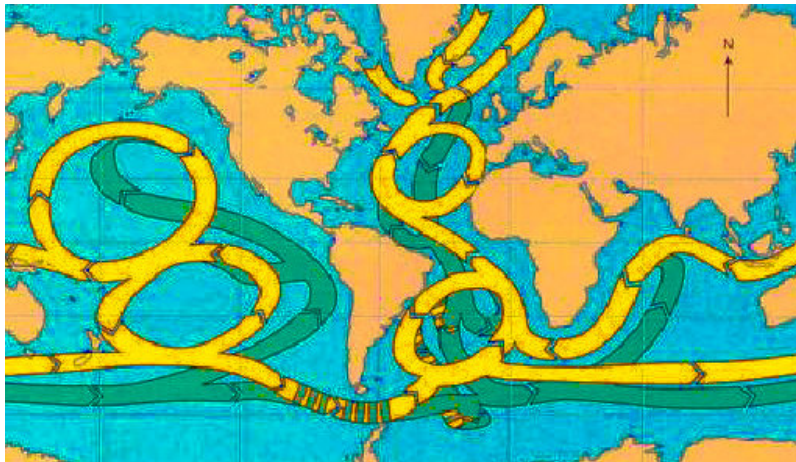
Los procesos que cambian la salinidad del agua son la precipitación, la evaporación y el congelamiento del agua. La temperatura del agua cambia predominantemente por el calentamiento solar. Estos procesos ocurren principalmente en la superficie. Una vez la masa de agua se sumerge la salinidad y la temperatura no puede cambiar, por lo que estas características únicas quedan impresas en las masas de agua en la superficie. Esto permite a los oceanógrafos identificar el movimiento de las masas de agua a través de grandes distancias.

Al sumergirse el agua en la superficie su posición en la columna de agua depende de su densidad. La capa superficial al ser mas caliente y menos densa se mantiene arriba. En términos generales tenemos una masa superficial que encuentra entre los 100 a 200 m. En la mayoría de los casos se conoce también como la capa mixta, ya que está mezclada bajo la acción de los vientos y las olas.

Le sigue a la capa mixta una zona de transición donde el cambio de la temperatura con profundidad es abrupto. A esta capa se le conoce como el termoclino. Ocurre a una profundidad aproximada de 1500 m. Termoclinos más llanos y que varían con las estaciones ocurren en agua cercanas a las costas. En este caso nos referimos al termoclino que ocurre en las aguas oceánicas y que separan las masas de agua superficiales de las masas de agua profundas. Estas masas de agua están por debajo de los 1500 m y son frías con una temperatura promedio de 4 °C.

#### *Cinturón de transporte (Conveyor Belt)*

En este diagrama se ilustran las corrientes superficiales (en amarillo) y las corrientes de agua profundas (en verde). El agua profunda del Atlántico se forma a partir de la corriente del Golfo, la cual, lleva agua mas caliente hacia las latitudes altas, allí el agua se enfría y se hunde en el Mar de Noruega. La misma se desplaza por el fondo hacia el sur y como resultado hay una interconexión global en los patrones de circulación oceánica.



Existe una conexión compleja entre las corrientes oceánicas, que se conoce como el Cinturón de Transporte (Conveyor Belt), que dirige los patrones climáticos, transportando energía de calor y humedad alrededor de la Tierra. Pero esta conexión es vulnerable y podría ser interrumpida o cambiar de dirección. Evidencia científica demuestra que ya ha ocurrido en el pasado. Una posible causa fueron los movimientos de los continentes con la fragmentación de las Placas Tectónicas. También se ha comprobado que estos cambios han traído cambios globales en los patrones climáticos. Estos incluyen cambios en los patrones de viento, retraimiento y avances de los hielos, fluctuaciones de precipitación entre otros. No debemos poner en riesgo este sistema climático.

La estabilidad y operación de este cinturón transportador es necesario para la estabilidad del planeta y los organismos que aquí habitamos.



*Bibliografía*

Campbell Neil, and Reece Jane. 2009 Biology. 8<sup>th</sup> edition Pearson Benjamin/Cummings

Castro Peter; Huber Michael E. 2007 Marine Biology. 6<sup>th</sup> edition McGraw- Hill

Levinton Jeffrey S. 2001. Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology. 2<sup>nd</sup> edition  
Oxford University Press

Mann, K. H. and Lazier J.R.N. 2006 Dynamics of marine ecosystems: biological-physical  
interactions in the oceans. 3<sup>rd</sup> edition Blackwell Publishing

Nybakken James W. 2000 Marine Biology: An Ecological Approach. 5<sup>th</sup> edition  
Benjamin/Cummings

Prager Ellen J. and Earle S.A. 2001. The Oceans. McGraw-Hill

Sale Peter F. 2002 Editor Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex  
Ecosystem. Academic Press

Sumich James L. and Morrissey J.F. 2004. Introduction to the Biology of Marine Life 8<sup>th</sup>  
edition Jones and Bartlett Publishers, Inc.

---

Dra. Jennie Ramirez Mella. [jramirez@ponce.inter.edu](mailto:jramirez@ponce.inter.edu) Catedrática UIA PR Recinto de Ponce