UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FÍSICA

Uso de los datos de satélite en la geofísica

MONOGRAFÍA

Para optar el Título de Licenciado en Física

AUTOR

Richard Jhonny Alejo Romero

LIMA – PERÚ

2012

Dedicado A

CARMEN Y RICARDO

Índice

Resumen

Lista de Figuras

Lista de Tablas

Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN..... 1
2. OBJETIVOS..... 2

Capítulo II

3. DATOS..... 2
3.1 Datos de viento sobre la superficie del océano..... 2
3.2 Datos de altura media del mar..... 4
3.3 Datos de corrientes superficiales del océano. 5
3.4 Datos de temperatura superficial del mar. 7

Capítulo III

4. APLICACIONES..... 8
4.1 Esfuerzo de vientos en el Océano Pacífico..... 8
4.2 Anomalía del nivel medio del mar en el Océano Pacífico..... 10
4.3 Aplicaciones TOPEX/JASON..... 11
4.4 Uso de los datos de altimetría..... 12
4.5 Corrientes zonales del Océano Pacífico..... 15
4.6 Temperatura de la superficie del mar durante el fenómeno El Niño 1998.... 17
4.7 Aplicaciones TRMM..... 19

Capítulo IV

5. CONCLUSIONES..... 21

REFERENCIAS..... 22

Agradecimientos

A todos aquellos que contribuyeron dando aliento y fuerza de voluntad Incondicional para que dicho trabajo culminara y afianzando los conocimientos para seguir calando e investigando en los avatares de la ciencia y la dedicación.

Resumen

La presente monografía técnica tiene como propósito mostrar al lector las bondades del uso de datos de satélite para su aplicación en estudios de geofísica. Se muestran las características de los satélites que proporcionan datos de vientos y temperatura del mar, así como datos productos de altimetría y corrientes superficiales en el océano. Información sobre sus resoluciones espaciales y temporales así como también las direcciones en internet de donde pueden ser obtenidas. Las aplicaciones más importantes realizadas con estos datos y productos de satélite son presentadas de manera que el lector comprenda la importancia del uso de esta información de libre disponibilidad.

Listado de Figuras

Fig. 1. Viento zonal para el día 3 de enero del año 2000, estimada por el satélite QuikSCAT. Unidades en m/s. (Fashé 2009).

Fig. 2. Viento zonal mensual en el Pacífico ecuatorial. El periodo para es de enero del año 2000 a diciembre del 2007. Unidades en m/s. (Fashé 2009)

Fig. 3. Anomalía de altura de la superficie del mar media para la primera semana de enero del año 2000, estimada por los satélites TOPEXJ. Unidades en cm. (Fashé 2009)

Fig. 4. Corriente superficial oceánica zonal media estimada por el producto OSCAR. Unidades en m/s. (Fashé 2009).

Fig. 5. Temperatura de la superficie del mar estimado en el producto TMI para el día 1 de enero del año 2000. Unidades en º C. (Fashé 2009)

Fig. 6. Paleta de colores (CERSAT-IFREMER 2002)

Fig. 7. Altimetría proporcionada por el Topex/Poseidon (AVISO).

Fig. 8. Representación grafica de la altimetría satelital usando el Jason-2 (NASA)

Fig. 9. Representación grafica de dos satélites de altimetría en órbita con una gráfica superpuesta de la medición sobre el aumento el nivel del mar entre 1993 -2008 (NASA).

Fig. 10. Representación grafica de interacción entre el mar y el aire observamos la circulación de Langmuir que es el resultado de la interacción entre las corrientes superficiales inducidas por el viento y el oleaje. Aparece cuando el viento es igual superior a 1.5 m/s (aunque también se da cuando no hay viento). (NASA).

Fig. 11. Mapa mundial de anomalías del nivel del mar derivados o tomados a partir de datos de altimetría de OSTM/JASON 2 (NASA)

Fig. 12. Foto de hielo y flujos de hielo (NASA)

Fig. 13. Representación grafica de las interacciones entre el océano y la atmosfera en condiciones normales (NASA).

Fig. 14. Interacción Océano – Atmósfera (windows2universe.org).

Fig. 15. corrientes oceánicas superficiales globales derivados de satélite y los datos del altímetro dispersómetro. (www.oscar.noaa.gob)

Fig. 16. Secuencias fotográficas tomadas de la Animación del sistema de transporte basada en Broecker (1991) y otros autores.

Fig. 17. Ciclo estacional de la temperatura superficial del mar (NASA).

Fig. 18. Anomalía promedio de la temperatura superficial del mar (NASA).

Fig. 19. Oscilacion Decadal del Pacífico (NASA)

Fig. 20. Índice de lluvias TRMM día a día. (TRMM)

Fig. 21. Índice de lluvias TRMM mes a mes. (TRMM)

Listado de Tablas

Tabla 1. Vientos Zonales y meridionales QSCAT

Tabla 2. Anomalías de la altura del nivel del mar TOPEXJ

Tabla 3 Corriente superficial oceánica zonal OSCAR

Tabla 4 Temperatura superficial del mar TMI

USO DE LOS DATOS DE SATELITE EN LA GEOFISICA

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El origen de los satélites artificiales está íntimamente relacionados al desarrollo de los cohetes que fueron creados, primero, como armas de larga distancia; después, utilizados para explorar el espacio y luego, con su evolución, convertidos en instrumentos para colocar satélites en el espacio.

En el 1957 marca un gran inicio para el comienzo de la era espacial y también para el año geofísico espacial "despegue del Júpiter con el Explores 1 primer satélite terrestre" en 1969 marca también el inicio de la era de la altimetría se planteo en considerar el estudio oceanográfico mediante radares lo cual eventualmente llevó al desarrollo y lanzamiento de los primeros satélites altimétricos y con esto lograr:

- Demostrar que era posible medir las estructuras de la superficie oceánica producto de las variaciones gravitacionales relacionadas con la topografía del suelo marino.

- Obtener las primeras observaciones de la topografía del océano mundial y la altura de las olas, lo cual nos ayudó a comprender las interrelaciones entre el océano y la atmósfera que dan impulso clima terrestre.

- Producir los primeros mapas del suelo marino y el campo gravitacional de nuestro planeta; esto reveló las estructuras tectónicas de gran escala del suelo oceánico y confirmó la teoría de la tectónica de placas que se había postulado en la primera mitad del Siglo XX para describir los movimientos de los continentes de la Tierra.

- Demostrar que la altimetría se puede utilizar para estudiar las variaciones de Mesoescala en la circulación oceánica relacionadas con las corrientes y los remolinos.

Ahora en estos tiempos se han mejorado las precisiones y las lecturas satelitales hasta escalas centimétricas por primera vez se represento cartográficamente los campos gravitacionales de alta resolución y perfeccionando los mapas de batimetría, la descripción del geoide terrestre y modelos de orbitas satelitales. Por primera vez observamos y seguimos el curso de un evento de El Niño (mayo de 1991 a junio de 1993), lo cual aumentó nuestra comprensión de la evolución de las oscilaciones oceánico-atmosféricas de gran escala. Finalmente, se logró representar la topografía de la superficie oceánica mundial con suficiente exactitud como para describir y estudiar la circulación oceánica de gran escala. Por vez primera pudimos observar los ciclos estacionales con gran precisión, y esto nos permitió someter a prueba los modelos de la circulación oceánica. Los datos altimétricos han revolucionado el modelado de los océanos y han mejorado nuestros pronósticos de los océanos y del clima.

2. OBJETIVO

Mostrar el uso de datos productos de satélites en aplicaciones de la física de la atmósfera y el océano.

CAPÍTULO II

3. DATOS

3.1 Datos de viento sobre la superficie del océano.

Mostramos los productos de campos de vientos medios proporcionados por el CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement) es parte del IFREMER (Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar, CERSAT-IFREMER 2002) que fue creado en 1991 por la ESA (Agencia Espacial Europea). Una muestra del producto

utilizado se presenta en la Fig. 1 y una descripción de sus principales características se muestra en la tabla 1.

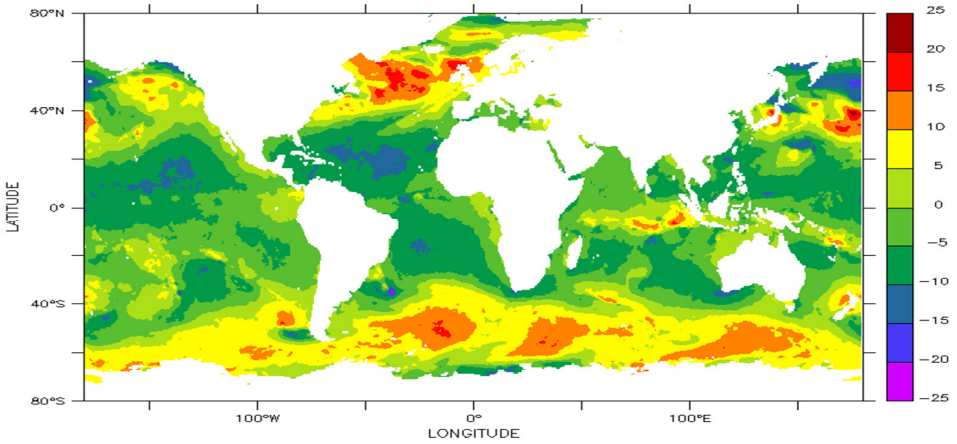

Fig. 1. Viento zonal para el día 3 de enero del año 2000, estimada por el satélite QuikSCAT. Unidades en m/s**.** (Fashe 2009).

Tabla 1. Vientos Zonales y meridionales QSCAT

Resolución Temporal	Unidades	Resolución Espacial
Diaria	metros/segundo	0.5º x 0.5º 180º W – 180º E 80º S – 80º N 720 points E-W 320 points S-N
Sitio Web y ftp		
http://www.ifremer.fr/cersat/en/index.htm		

Una muestra de los vientos zonales del satélite QuikSCAT (QSCAT de aquí en adelante) en un diagrama de Hovmöller se presenta en la figura 2.

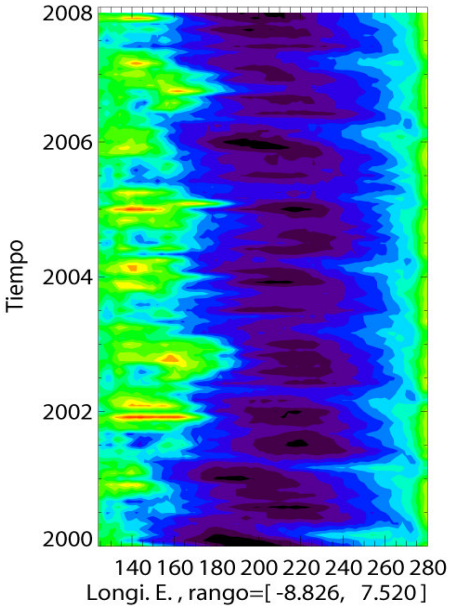

Fig. 2. Viento zonal mensual en el Pacífico ecuatorial. El periodo para es de enero del año 2000 a diciembre del 2007. Unidades en m/s. (Fashe 2009)

3.2 Datos de altura media del mar

La información de altimetría utilizada es la proporcionada por el portal *Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data* [AVISO] de administración del *Centre national d'études spatiales* [CNES] y su subsidiaria *Collecte Localisation Satellites* [CLS]. La anomalía de la altura de la superficie del mar [SLA] brindada por AVISO es una serie de datos fusionados de referencia de acción retardada [*delayed time*] basada en la fusión homogénea de dos satélites [Jason-2 / Envisato Jason-1 / EnvisatoTopex/Poseidon / ERS] que tienen la misma trayectoria en tierra y con muestreo estable en el tiempo (AVISO 2009).

Una muestra de los datos fusionados TOPEX/JASON [de aquí en adelante TOPEXJ] es mostrada en la figura 3 y las principales características de la serie utilizada se presentan en la tabla 2.

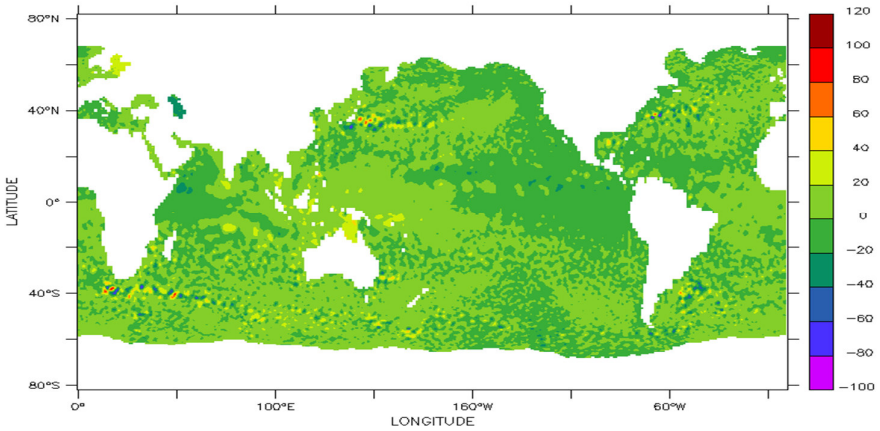

Fig. 3. Anomalía de altura de la superficie del mar media para la primera semana de enero del año 2000, estimada por los satélites TOPEXJ. Unidades en cm. (Fashe 2009)

Tabla 2. Anomalías de la altura del nivel del mar TOPEXJ

Resolución Temporal	Unidades	Resolución Espacial
Semanal	centímetros	1/3º x 1/3º 0º E – 360º E 82º S – 82º N 1080 points E-W 915 points S-N
Sitio Web y ftp		
http://www.aviso.oceanobs.com/		

3.3 Datos de corrientes superficiales del océano.

Los productos *Ocean Surface Current Analyses – Real time* [OSCAR] son el producto de un trabajo de colaboración de varias instituciones estadounidenses dirigidas por la *National Oceanic and Atmospheric Administration* [NOAA]. Los productos de corrientes superficiales OSCAR son el resultado de una fusión de información altimétrica proporcionada por los satélites Topex/Poseidon/Jason-1 e información de velocidad de vientos superficiales proporcionada por el satélite QSCAT. La información de corrientes superficiales es obtenida utilizando una metodología como la presentada por Bonjean y Lagerloef (2002). Básicamente son corrientes geostróficas obtenidas a

partir de la información de altimetría a los cuales esta agregado las corrientes de Ekman obtenidas a partir de los vientos QSCAT.

Una muestra de la corriente superficial zonal estimada por OSCAR se presenta en la figura 4 correspondiente a los primeros cinco días del año 2000. Las características más resaltantes de los datos OSCAR utilizados son resumidas en la tabla 3.

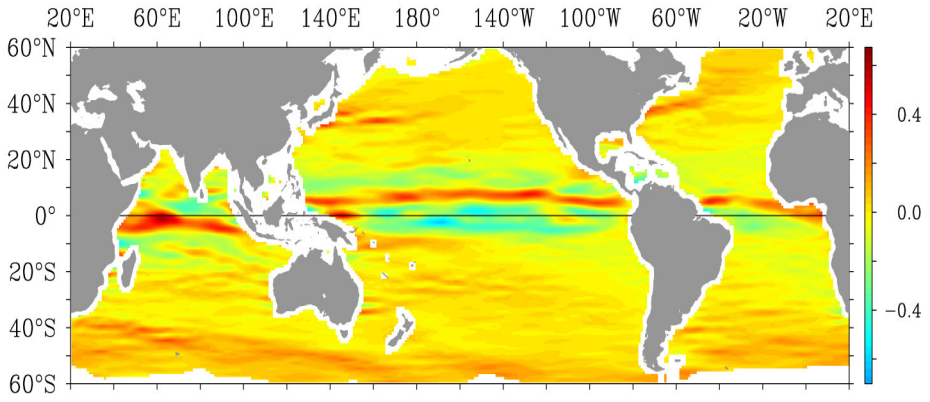

Fig. 4. Corriente superficial oceánica zonal media estimada por el producto OSCAR. Unidades en m/s. (Fashe 2009).

Tabla 3 Corriente superficial oceánica zonal OSCAR

Resolución Temporal	Unidades	Resolución Espacial
Diaria	metros/segundo	1º x 1º 180º E – 180º W 60º S – 60º N 1440 points E-W 320 points S-N
Sitio Web y ftp		
http://www.oscar.noaa.gov		

3.4 Datos de temperatura superficial del mar.

El satélite TRMM [*Tropical Rainfall Measuring Misión*] es un proyecto conjunto de la *National Aeronautics and Space Administration* [NASA] y la *National Space Development Agency*de Japón [NASDA]. El TRMM ofrece productos de varios sensores abordo. Las bondades de los productos TRMM han sido reportadas anteriormente por Fashé (2005) en temas relacionados al sensoramiento remoto de la atmósfera.

El TRMM lleva consigo un radiómetro denominado el *TRMM Microwave Imager* [TMI] que tiene canales en bajas frecuencias ideales para la obtención de información de la temperatura superficial del mar [SST]. Además de proporcionar la SST, el TMI ofrece información sobre la velocidad del viento a dos distintas resoluciones espaciales, el vapor de agua y el agua líquida contenida en las nubes. El algoritmo utilizado para la obtención de la SST se describe en el trabajo de Wentz y Meissner(2000).

Una muestra del producto TMI de SST se presenta en la figura 5 para el primer día del año 2000. Las principales características de los productos utilizados en este trabajo se resumen en la tabla 4.

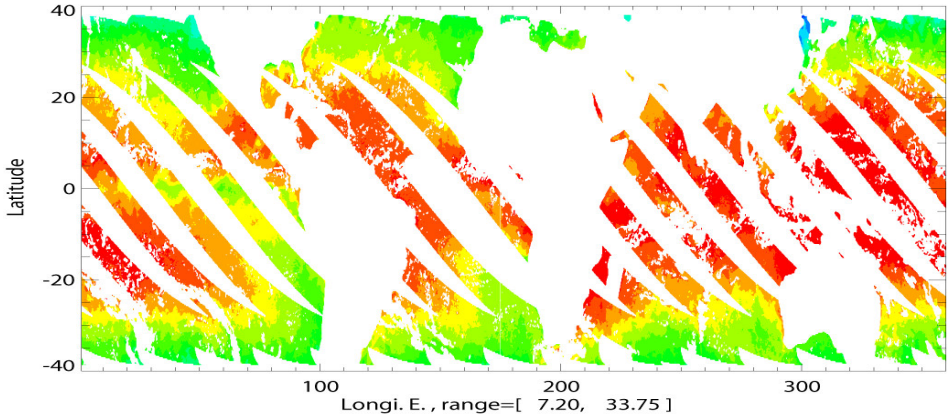

Fig. 5. Temperatura de la superficie del mar estimado en el producto TMI para el día 1 de enero del año 2000. Unidades en º C. (Fashé 2009)

Tabla 4 Temperatura superficial del mar TMI

Resolución Temporal	Unidades	Resolución Espacial
Diaria	ºC	0.25º x 0.25º 180º E – 180º W 40º S – 40º N 1440 points E-W 320 points S-N
Sitio Web y ftp		
http://www.ssmi.com/		

CAPÍTULO III

4. APLICACIONES

4.1 Esfuerzo de vientos en el Océano Pacífico

Utilizando los datos de vientos zonales y meridionales, procedemos a realizar el cálculo del estrés de vientos (Cushman-Roisin y Beckers 2007; Mellor 1996). Para esto utilizamos la siguiente relación:

$$\vec{\tau} = C_D \, \rho_a \, \vec{u} \, \|\vec{u}\| \qquad (4.1)$$

donde $\vec{\tau} = \begin{pmatrix} \tau_x \\ \tau_y \end{pmatrix}$ es el estrés de vientos zonal y meridional, C_D es el coeficiente de arrastre, ρ_a es la densidad del aire, y $\vec{u} = (u_0, v_0)$ y $\|\vec{u}\| = \sqrt{u_0^2 + v_0^2}$ son el vector de viento [componente zonal y meridional] y su magnitud, respectivamente. Se considera que el valor de $C_D \, \rho_a$ es igual a 0.0018. $|C_D \, \rho_a|$ = kg m^{-3}.

Este satélite recoge información de la superficie marítima durante todos los días realizando 14 órbitas diarias al planeta. Información del tipo dirección del viento, velocidad del viento y pluviometría (tratamiento en los datos de precipitación).

Estos datos han sido vitales para el pronóstico del tiempo cerca de las costas y el seguimiento de tormentas, estos datos son muy valiosos porque ayudan ha entender los mecanismos del estudio del cambio climático, movimiento de glaciares, fuerza atmosférica.

El visualizador de datos puede realizar consultas por regiones concretas del planeta, ya sea en un día o en un intervalo de días. También está preparado para representar una serie de imágenes de forma consecutiva, esto es muy útil porque el espectador tiene la sensación de estar delante de un vídeo y de esta manera se puede realizar el seguimiento de varios días de forma sencilla.

Mediante una consulta a la base datos se obtiene un resultado que es procesado para obtener una imagen, la paleta de colores utilizada se muestra a continuación (Figura 6). La unidad de medida es millas náuticas, una milla náutica corresponde a 1,852 kilómetros

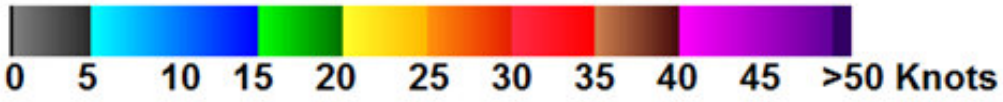

Fig. 6. Paleta de colores (CERSAT-IFREMER 2002)

Este instrumento permite la recuperación de información del viento cerca de la superficie de los océanos, y sus características de la órbita permiten una cobertura completa del planeta cada 24 horas.

Los bancos de datos los maneja el IFREMER. El archivo consiste en datos recogidos en tres días (cobertura global), 7 días y compuestos mensuales (Cuenca del Pacífico de cobertura) con un espacio resolución de 0,5 grados (Ocean Watch Central Pacific-NOAA).

4.2 Anomalía del nivel medio del mar en el Océano Pacífico

Topex/Poseidon, lanzado en agosto de 1992, proporciona un mapa global de los océanos cada 10 días. Los datos adquiridos, de una gran precisión (3 cm), han permitido obtener una rica cosecha de resultados, y de esta forma, descubrir o profundizar nuestro conocimiento sobre numerosos fenómenos oceánicos, como por ejemplo:

- La circulación oceánica y sus variaciones,
- El Niño, en particular el ocurrido en 1997-98
- Fenómenos de débil amplitud (menos de 10 cm de variaciones de altura del mar)
- Variaciones estacionales de los océanos
- Las mareas, actualmente conocidas con una precisión mejor que 2 cm

Además, Topex/Poseidón ha demostrado la posibilidad de realizar sistemas operacionales de previsión oceánica. Se ha convertido en indispensable para la combinación con misiones como ERS, y pronto Envisat, más generalizados y por lo tanto menos optimizados para las medidas oceánicas, pero con una red de medidas más compacta (Figura 7). Este complemento ha permitido conocer mejor:

- Las variaciones del nivel medio de los océanos
- Las turbulencias de la circulación oceánica a escala de unos cientos de kilómetros (remolinos, ...)

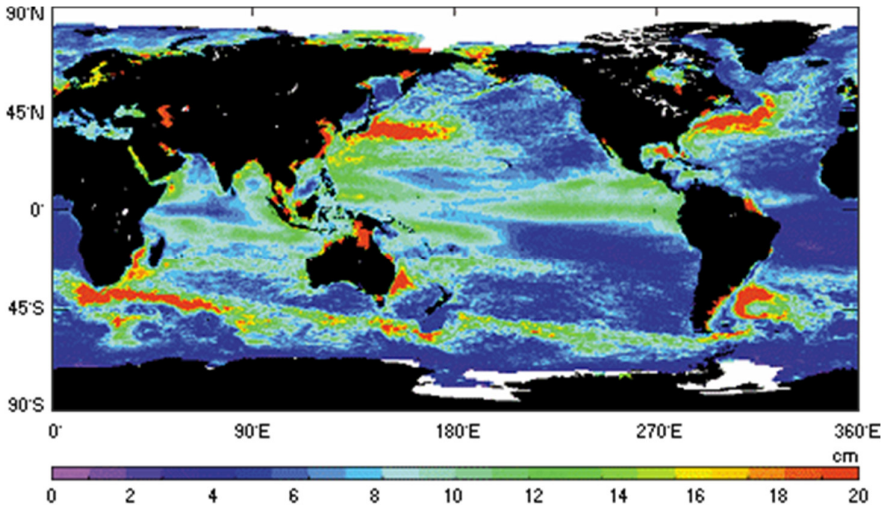

Fig. 7. Altimetría proporcionada por el Topex/Poseidon (AVISO).

Las zonas más turbulentas de los océanos, en rojo sobre este mapa que combina Topex/Poseidón - ERS, corresponden a las variaciones de intensidad y a los desplazamientos de las grandes corrientes.

Vemos en particular la Corriente Circumpolar Antártica, la cual, situada en una de las regiones más inaccesibles del mundo, sólo ha podido ser realmente estudiada mediante satélites. En el Pacifico Tropical observamos, en verde, la huella del fenómeno El Niño 1997-98 (CLS).

4.3 Aplicaciones TOPEX/JASON

Son satélites altimétricos que determinan la altura de la superficie oceánica respecto de un punto de referencia, el nivel medio mundial del mar, que se denomina "geoide terrestre". Desde sus órbitas, los altímetros miden la topografía de la superficie del océano con gran exactitud para derivar la velocidad y dirección de las corrientes y los remolinos oceánicos, y observar las mareas y otros fenómenos.

Los altímetros satelitales son una de las herramientas de observación para medir y observar el comportamiento de la criósfera, es decir, las capas de hielo y el hielo marino. Miden el nivel de la superficie del mar y otras características de la superficie oceánica vinculadas a procesos y estructuras que se encuentran debajo de los océanos (Figura 8).

Por eso los datos son útiles para nuestra comprensión cabal del océano mundial en toda su extensión vertical, desde la superficie hasta el suelo oceánico.

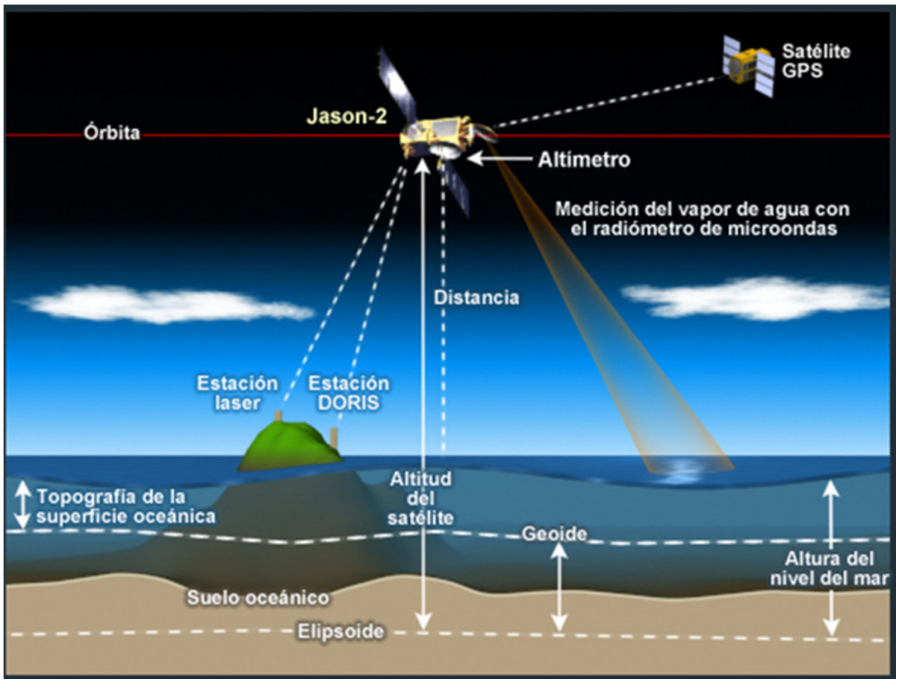

Fig. 8. Representación grafica de la altimetría satelital usando el Jason-2 (NASA)

4.4 Uso de los datos de altimetría

Calcula el nivel de la superficie del mar, de esta manera poder observar el aumento del nivel del mar y el cambio climático global (Figura 9).

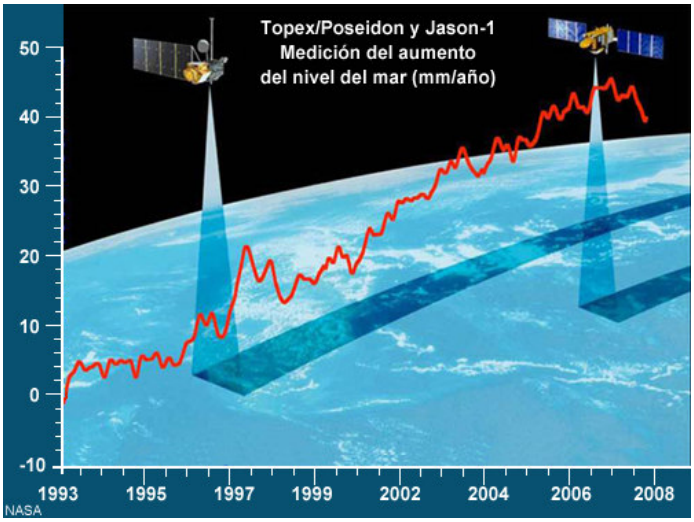

Fig. 9. Representación grafica de dos satélites de altimetría en órbita con una gráfica superpuesta de la medición sobre el aumento el nivel del mar entre 1993 -2008 (NASA).

Nos ha permitido comprender la dinámica de los océanos y sus escalas espaciales y temporales (Figura 10).

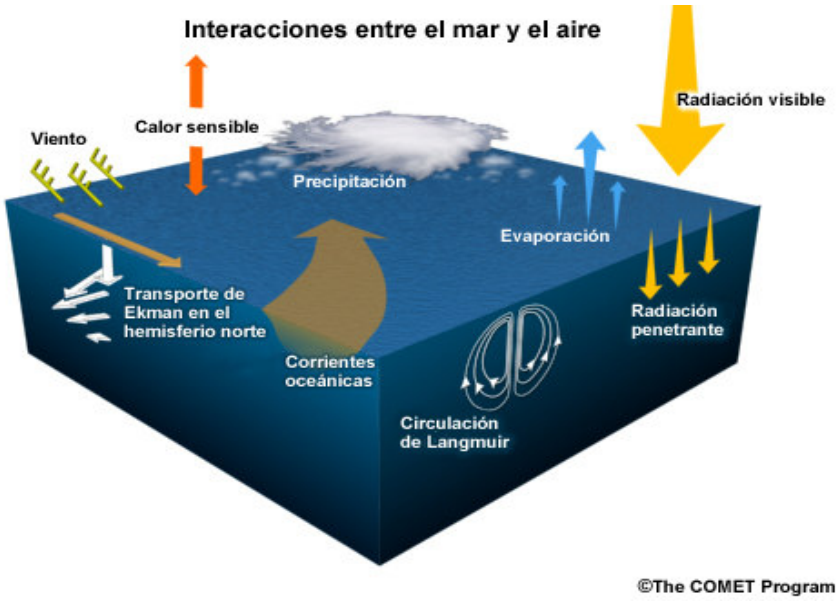

Fig. 10. Representación grafica de interacción entre el mar y el aire observamos la circulación de Langmuir que es el resultado de la interacción entre las corrientes superficiales inducidas por el viento y el oleaje. Aparece cuando el viento es igual superior a 1.5 m/s (aunque también se da cuando no hay viento). (NASA).

Evaluar la topografía de los océanos en el mundo con un margen de precisión de pocos centímetros, para describir con exactitud las variaciones climáticas estacionales, interanuales (Figura 11).

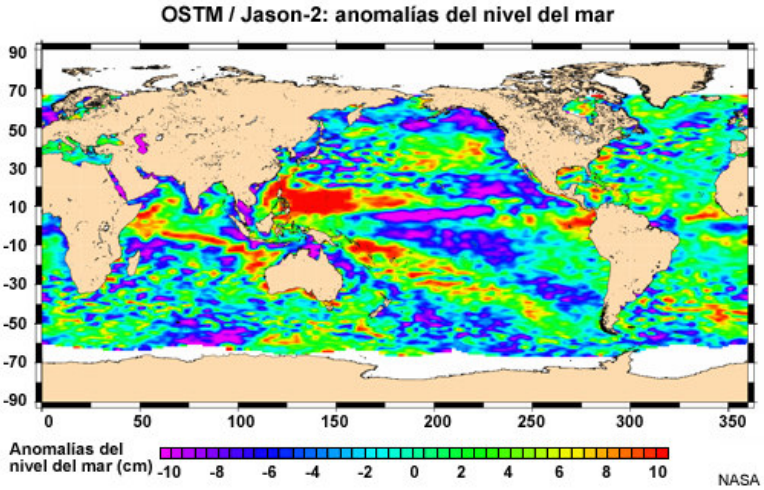

Fig. 11. Mapa mundial de anomalías del nivel del mar derivados o tomados a partir de datos de altimetría de OSTM/JASON 2 (NASA)

Precisar la evaluación de los datos de los glaciares y los deshielos (Figura 12).

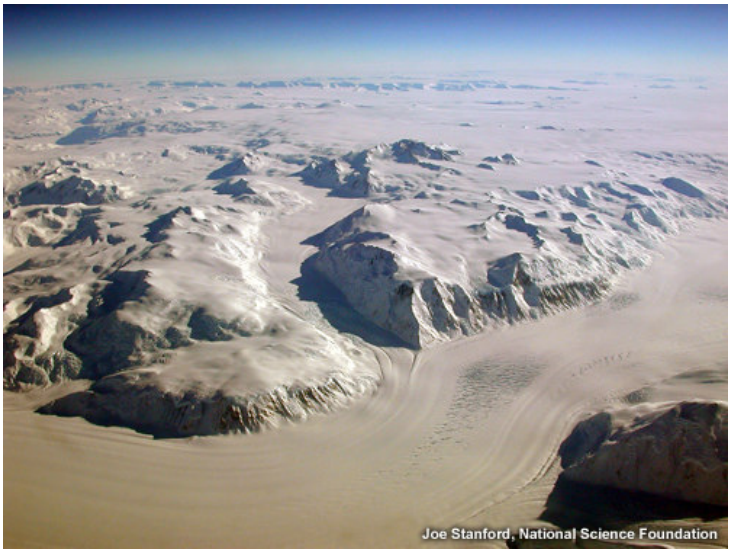

Fig. 12. Foto de hielo y flujos de hielo (NASA)

Optimizar el pronóstico del tiempo a mediano y largo plazo, gracias a un entendimiento cabal del acoplamiento océano-atmósfera (Figura 13 y 14).

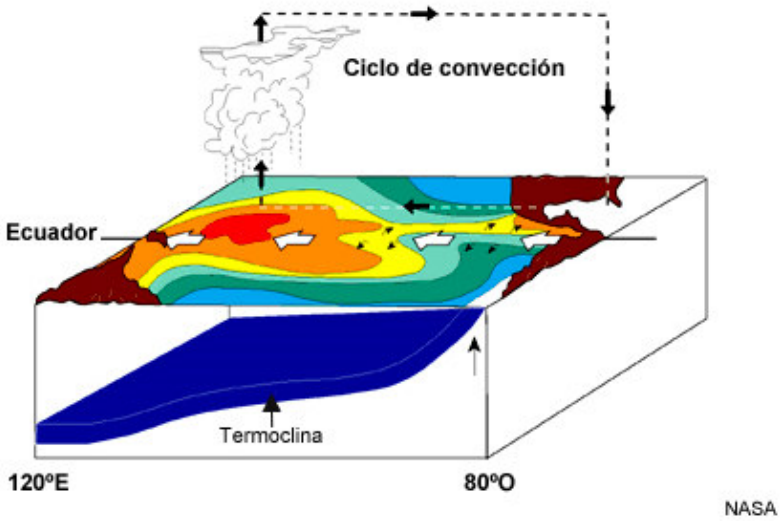

Fig. 13. Representación grafica de las interacciones entre el océano y la atmosfera en condiciones normales (NASA).

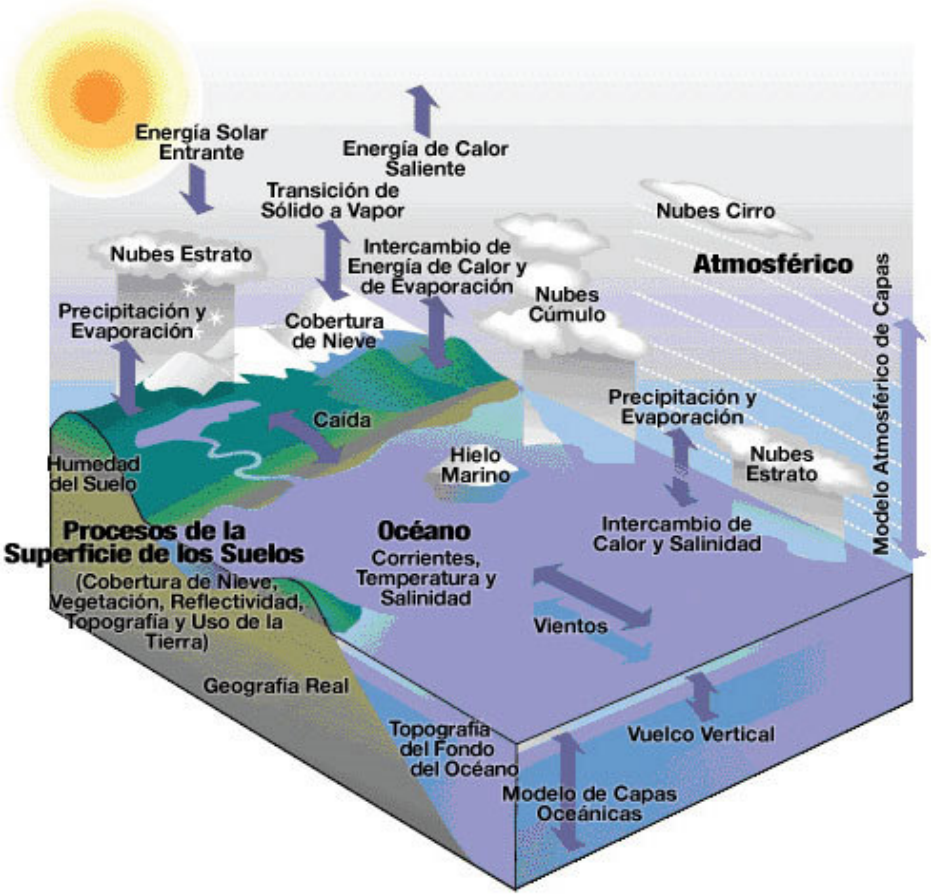

Fig. 14. Interacción Océano – Atmósfera (NASA).

4.5 Corrientes zonales del Océano Pacífico

El análisis de las corrientes superficiales oceánicas en tiempo real (OSCAR). Es un proyecto para calcular las velocidades superficiales del océano mediante los satélites. Las corrientes superficiales se proporcionan en la red mundial de todos los días, que data desde 1992 a nuestros días, con actualizaciones diarias y casi en tiempo real disponible. Los datos están disponibles gratuitamente a través de 2 centros operados por la NOOA y la NASA el sitio de NOAA (www.oscar.noaa.com) este sitio ofrece datos e imágenes para descargar, además estadísticas de validación también se proporciona a través de este sitio (http://podaac.jpl.nasa.gov).

El producto OSCAR es un cálculo directo de las corrientes superficiales del mar, mediante la data de satélites que miden la altura de la superficie, el viento y la

temperatura. Las corrientes se calculan mediante un modelo cuasi - geostrofico constante, junto con un componente de viscosidad de remolino base ageostrofica impulsada por el viento y un ajuste del viento térmico. El modelo calcula una corriente superficial de un promedio de los 30 metros de la capa superficial del océano.

El proyecto de investigación OSCAR está destinado a mejorar el cálculo de las corrientes superficiales a partir de datos obtenidos por satélite, y los métodos de validación. En la actualidad, las corrientes de media sobre los 30 metros la superficie del océano se proporciona en una base de tiempo de 5 días, con una suavización de 10 días, con base en constante dinámica de Ekman.

El cálculo cuasi-estable ha demostrado ser exitoso para que los vientos constantes y en todas las escalas. Sin embargo, a la captura en pequeña escala impulsada por el viento las corrientes superficiales, la dinámica de inestabilidad se debe incluir en el modelo. Los planes futuros son para desarrollar la componente impulsada por el viento para incluir tiempos locales independientes, la dinámica del viento, para explotar mejor los vientos vectores de varios satélites, para incorporar los procesos de mezcla vertical, y para investigar los procesos verticales de control en toda la cuenca del transporte (Figura 15).

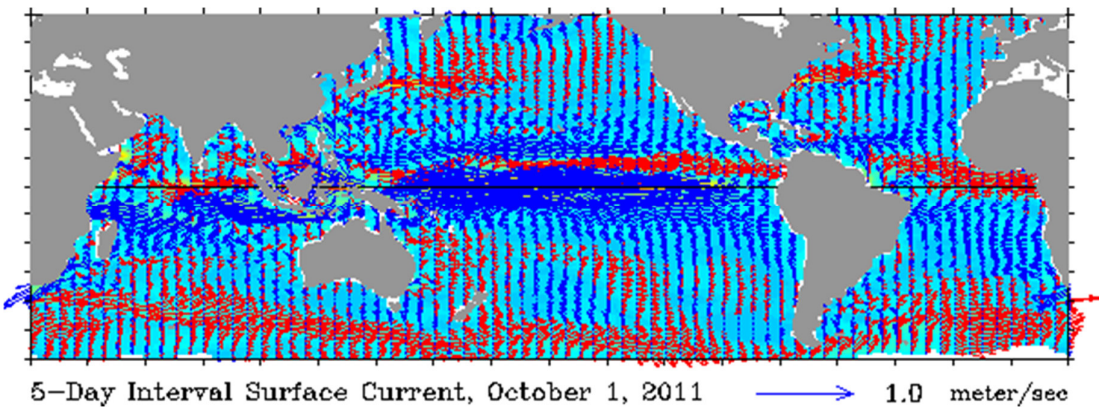

Fig. 15. corrientes oceánicas superficiales globales derivados de satélite y los datos del altímetro dispersómetro. (www.oscar.noaa.gob)

4.6 Temperatura de la superficie del mar durante el fenómeno El Niño 1998.

I. Estado Promedio del Sistema Climático

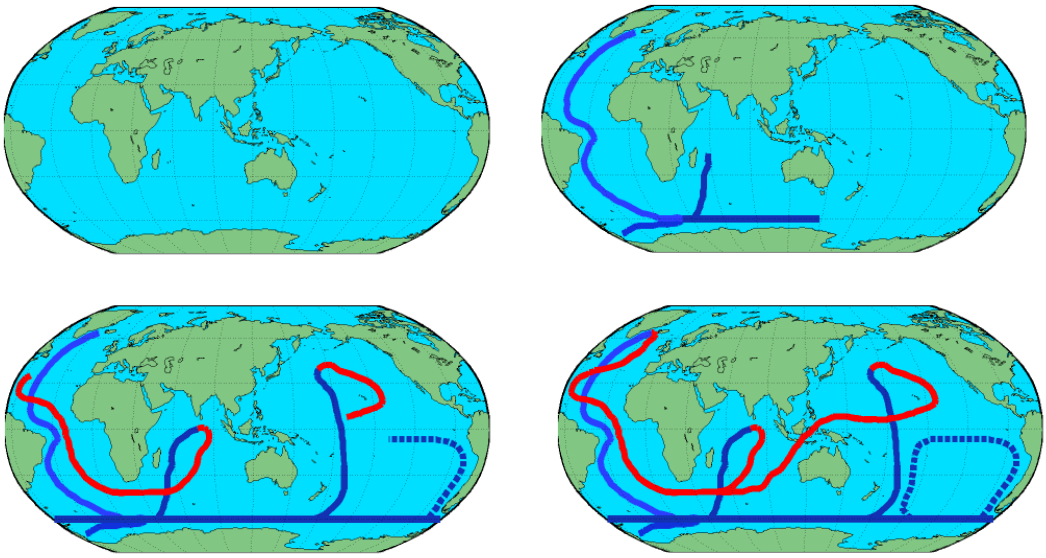

Fig. 16. Secuencias fotográficas tomadas de la Animación del sistema de transporte basada en Broecker (1991) y otros autores.

La figura 16 muestra un esquema que es una aproximación muy general de la situación real en el océano. La circulación global del transportador es causada principalmente por la formación de agua fría y densa en ambos hemisferios; aquí indicada en azul. Ambos flujos de agua profunda se unen en el hemisferio sur para formar parte de la corriente Circumpolar Antártica que fluye hacia el este. Desde aquí se ramifica hacia el océano Indico y Pacífico donde el agua surge hacia la superficie y forma un flujo de retorno cálido y salino hacia el hemisferio norte (en rojo). Este 'transportador' oceánico es un componente clave del sistema climático global controlando su estado promedio.

II. Variabilidad Climática del Océano

El ciclo estacional de la temperatura superficial del mar basado en la climatología de Levitus (1994). Nótese la alternancia de enfriamiento y calentamiento en cada hemisferio indicado por un movimiento norte-sur (y vice versa) de las isolíneas de temperatura. Las temperaturas superficiales más altas (mayores que 30ºC en rojo) se

encuentran en la zona ecuatorial; con la masa de agua cálida en el Pacífico Occidental al norte de Australia. Nótese también la lengua de agua fría en el Pacífico Ecuatorial Oriental y el enfriamiento del océano Pacífico Sur Oriental durante el invierno austral. En ambos hemisferios las aguas superficiales más frías se encuentran en las regiones polares coloreadas en azul (Figura 17).

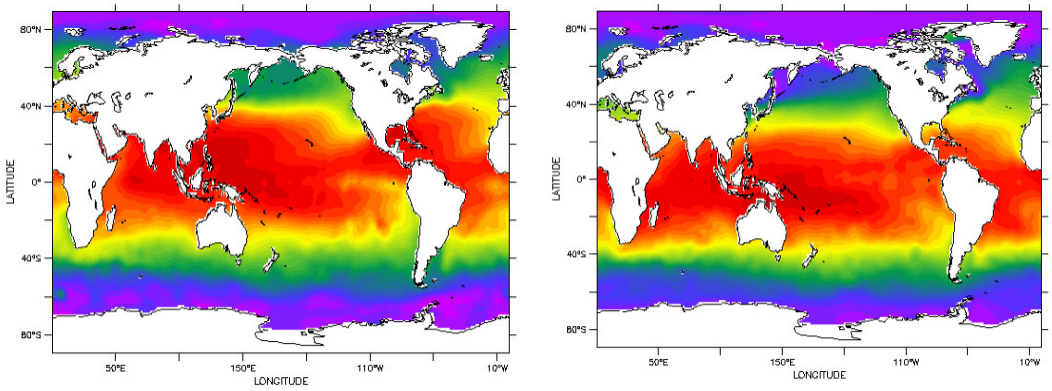

Fig. 17. Ciclo estacional de la temperatura superficial del mar (NASA).

La representación de la anomalía promedio mensual de la temperatura superficial del mar calculada para el área de El Niño 1+2 (0-10ºS y 90-80ºO) localizada en el Pacífico Oriental (***números obtenidos de Smith et al., 1996***)

Hay tres picos principales cerca de 1983, 1987 y 1998. Durante esos años ocurrieron eventos El Niño que dieron lugar a anomalías de la temperatura superficial, y. un calentamiento inusual del Pacífico Oriental. En otros años como 1989 y 1997 las bajas temperaturas superficiales son indicativas de la fase La Niña donde ocurre un enfriamiento inusual del Pacífico Oriental (Figura 18).

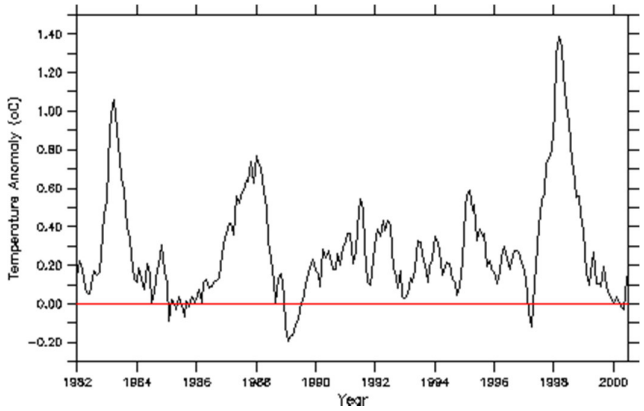

Fig. 18. Anomalía promedio de la temperatura superficial del mar (NASA).

La representación del índice de la Oscilación Decadal del Pacífico basado en anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico Norte entre 1900 y 2000. Se cree que después de una fase cálida persistente, ocurrida alrededor de 1977 y 1999 (en rojo), resultados recientes sugieren que se está gestando una fase fría (en azul). Grafico hecho por el Dr. Steven Hare de la International Halibut Commission y Nate Manuta del Joint Institute for the Study of the Ocean and Atmosphere, University of Washington, Seattle, EE.UU (Figura 19).

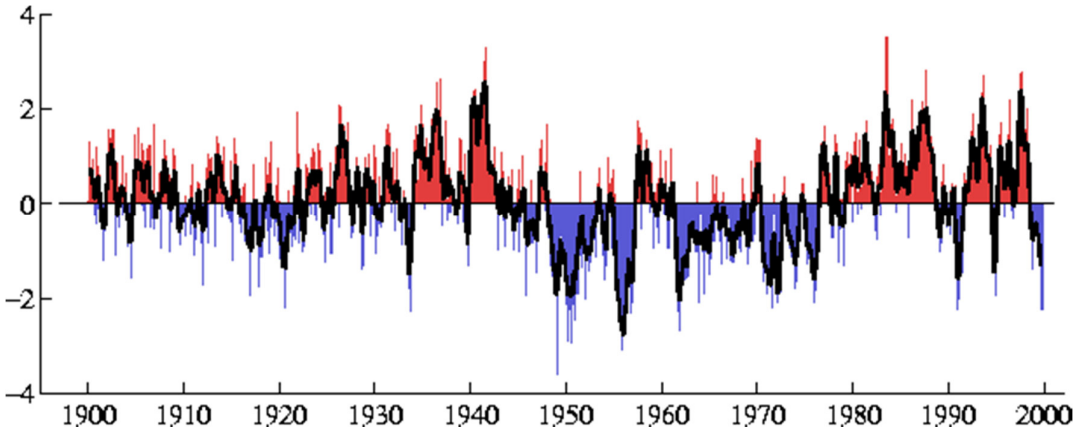

Fig. 19. Oscilacion Decadal del Pacífico (NASA)

4.7 Aplicaciones TRMM

El satélite TRRM prueba que El Niño tiene las riendas de las lluvias globales. La misión de medición de las lluvias tropicales de la NASA (TRRM) ha permitido determinar que año a año los cambios en las precipitaciones son mayores, que El Niño – Oscilacion delSsur es el principal motor del cambio en los patrones de lluvia en todo el mundo.

La figura 20 muestra el Índice de Cambio Año a Año de lluvias que la NASA creó mostrando un mapa índice donde se condensa de 5 años de lluvias datos de 1998 a 2003. Las áreas coloreadas muestran los cambios anuales en la precipitación. Las áreas en azul reciben más lluvia cuando las áreas en rojo un déficit de experiencia, y viceversa. El cambio de año en año en la lluvia es menor en las zonas verdes. El patrón global confirma que El Niño es el segundo factor más grande en el cambio de cómo y dónde llueve todo el mundo

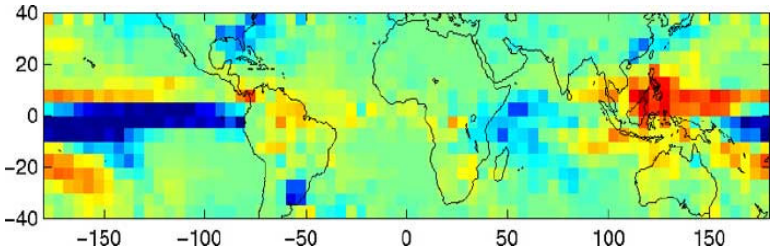

Fig. 20. Índice de lluvias TRMM día a día. (TRMM)

El fenómeno del niño ocurre cuando las aguas del pacifico ecuatorial se calienta. El Niño - Oscilación Sur (ENOS) supone un cambio sube y baja en la presión del aire en la superficie entre la isla Darwin, Australia, Tahití y el Pacífico. Cuando la presión es alta en Darwin, es baja en Tahití y viceversa. El Niño, y su hermana evento de La Niña, son las fases extremas de esta oscilación del sur, con El Niño se refiere a un calentamiento del Pacífico tropical oriental, y la Niña un enfriamiento. Tanto El Niño y La Niña cambiar los patrones climáticos en todo el mundo.

La figura 21 muestra el Índice de Precipitación Mes a Mes. Este mapa creado por la NASA muestra los cambios en la lluvia de todo el mundo. Las Áreas en rojo experimentan un aumento de las precipitaciones que haya una disminución de experimenta un color azul, y viceversa. Las áreas con los cambios más débiles aparecen en verde. Dado que la variación mensual de lluvia se debe a los cambios de estación (el mayor factor que afecta la lluvia), las zonas azules y rojos caen generalmente en hemisferios opuestos. Tenga en cuenta que el cambio es más pronunciado en las masas de tierra.

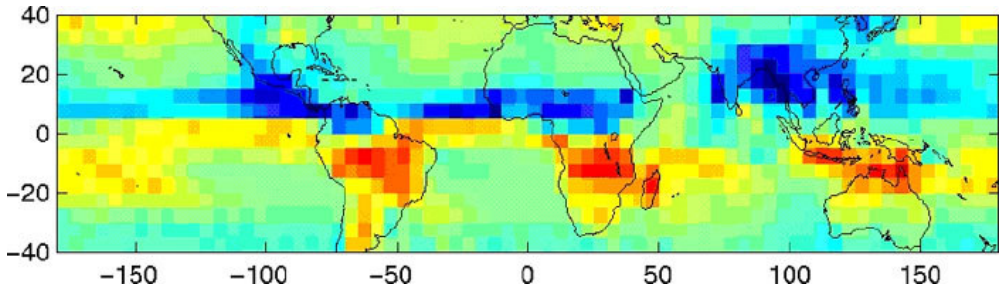

Fig. 21. Índice de lluvias TRMM mes a mes. (TRMM)

CAPÍTULO IV

5. CONCLUSIONES

La adquisición de la data se ha obtenido en forma gratuita para este trabajo monográfico de gran interpretación con la imágenes satelitales describiéndose como una herramienta indispensable en el campo de la oceanografía satelital (a diferencia de otros métodos de investigación oceanográfica) y resumimos que "El uso de satélites del medio ambiente ha mejorado en gran medida nuestra capacidad para estudiar las características de los océanos".

De un satélite de zonas y gran parte de los océanos, incluidas las regiones remotas y que se puede observar al mismo tiempo. Describir los patrones vistos en las imágenes infrarrojas de mapas, la ubicación de las corrientes marinas diferentes. Esto permite que los océanos enteros puedan ser observados y estudiados en una escala de tiempo útil y con un coste menor. En esta actividad se discuten varias aplicaciones de imágenes de satélites meteorológicos para estudios oceanográficos. Dentro del campo de las investigaciones como en el estudio de la altimetría, corrientes marinas temperatura superficial del mar y el enorme impacto que se describió en el fenómeno del niño 1998 (circulación oceánica) constituye las más importantes aplicaciones resaltamos:

I. Temperatura superficial del mar

Que dentro del campo de la teledetección de los océanos constituye uno de las herramientas mas indispensables con el manejo de los datos para la descripción de la temperatura superficial del mar (SST) utilizando Sensores de infrarrojos de los satélites ambientales para medir la temperatura a través de grandes extensiones de la superficie del océano.

II. Circulación oceánica.

Porque existe el intercambio de calor, El agua del océano en las regiones ecuatoriales de la Tierra absorbe el calor del sol. Estas corrientes cálidas del océano luego fluyen hacia los polos, llevar el calor desde el ecuador y su distribución a latitudes más alta, corrientes de aguas frías de viaje hacia las regiones polares hacia el ecuador donde se calienta de nuevo.

REFERENCIAS

- AVISO, 2009: SSALTO/DUACS User Handbook : (M)SLA and (M)ADT Near-Real Timeand Delayed Time Products. CLS-DOS-NT-06.034. Version 1.10. 41 pp.
- Bonjean, F., y GSE Lagerloef, 2002: Modelo de diagnóstico y análisis de las corrientes superficiales en el Océano Pacífico tropical. *J. Phys.. Oceanogr.* , **32** , 2938-2954.
- Bindoff, N. L. and J. A. Church (1992), Warming of the water column in the southwest Pacific Ocean. Nature, 357, 59-62.
- Broecker, W. S. (1991). The Great Ocean Conveyor Belt. Oceanography, 4, 79-89.
- Broecker, W. S., S. L. Peacock, S. Walker, R. Weiss, E. Fahrbach, M. Schroeder, U. Mikolajewicz, C. Heinze, R. Key, T. H. Peng, and S. Rubin (1998). How much deep water is formed in the Southern Ocean. Journal of Geophysical Research, 103, 15833-15843.
- CERSAT-IFREMER, 2002: Quikscat scatterometer mean wind field products user manual.Version 1. C2-MUT-W-03-IF. 47 pp.
- Cushman-Roisin, B. and J. M. Beckers, 2007: Introduction to Geophysical Fluid Dynamics: Physical and Numerical Aspects, Academic Press, 1st edition, 703 pages.
- Fashé, O., 2005: Estimación de la cantidad de lluvia sobre Perú con imágenes del satélite geoestacionario GOES-8. Tesis de Maestría. EPG – UNMSM. 98 pp
- Fashé, O., 2009: El modo acoplado océano-atmósfera cercano al anual en el Pacífico tropical ecuatorial en 2000 – 2007. Tesis de Licenciatura. EAP Física – FCF – UNMSM. 70 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1995). Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 572pp.
- Levitus, S. (1994). World Ocean Atlas. Informal Report No. 13, National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, Washington D.C.
- Mellor, G. L., 1996: Introduction to Physical Oceanography, Princeton University. AIP PRESS, 261 pp.
- McCartney, M. S., R. G. Curry, and H. F. Bezdek (1996). North Atlantic's transformation pipeline chills and redistributes subtropical water. Oceanus, 39, 19-23.
- NASA. 2011. www.nasa.gov
- TRMM, 2011. trmm.gsfc.nasa.gov