

APLICACIONES SATELITALES PARA LA METEOROLOGÍA

TENIENTE SEGUNDO JOSÉ MELGAREJO
TENIENTE SEGUNDO LUIS ROMERO
TENIENTE SEGUNDO IGNACIO OJEDA

Academia Politécnica Naval

RESUMEN

La constante evolución de la tecnología ha demandado que los usuarios amplíen sus conocimientos y así obtener de ésta el máximo rendimiento. Es por lo anterior que los satélites que se encuentran en órbita, son demandados por las entidades que reciben sus registros del planeta. Por lo tanto y específicamente en la meteorología existe una constante demanda de los productos realizados a través de estos astros artificiales que monitorean permanentemente al globo, permitiendo por medio de análisis la correcta y certera predicción de las condiciones de tiempo para las zonas de interés por los distintos organismos que requieren la información en tiempo oportuno y de forma clara.

El informe detalla las aplicaciones que tienen los satélites meteorológicos y con ello como se utilizan sus productos para realizar seguimientos del tiempo, enfocado a las herramientas que entregan los centros especializados con sus equipos en órbita y las herramientas utilizadas por el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile a través de sus Centros, desplegados a lo largo del país.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de satélites para la meteorología, ha sido un aporte significativo a contar de la década del 1960, donde comienza el uso de esta tecnología que llevada a la actualidad, a marcado una avance en esta ciencia que reafirma su importancia en el planeta, debido a que en general los usuarios de los distintos rubros, entidades gubernamentales y técnicas necesitan satisfacer sus inquietudes con las condiciones de tiempo en que se verán inmersos para su desarrollo, por lo anterior es relevante conocer la importancia y relación que existe en la tecnología satelital y la meteorología.

CAPITULO I

SATELITES METEOROLÓGICOS

Los satélites de uso meteorológico están divididos en:

1.1 LEOS (Low Earth Orbital Satellite):

Su altura promedio está entre los 800 y 1000 km, sobre la superficie terrestre. Se caracterizan por tener una órbita polar (se trasladan de polo a polo), y ésta se encuentra inclinada respecto al eje de rotación de nuestro planeta.

Debido a la imperfección de la superficie y buscando un movimiento de precesión en la órbita, para que cuando pase por un determinado punto de la Tierra, se encuentre en una posición fija y lo más adecuada respecto a la iluminación solar.

Este tipo de órbita es conocida como solar-sincrónica y está caracterizada porque el satélite pasa sobre el mismo punto de la Tierra a la misma hora cada día y noche, por lo tanto su periodo de rotación es de 12 horas.

El objetivo principal de que el satélite pase cerca de la hora de mayor iluminación solar sobre la superficie terrestre, es evitar el efecto especular, es decir, impedir que el satélite esté en el área de reflexión de la radiación incidente del Sol y así poder captar de mejor forma el espectro que emite el planeta. Los sensores de este tipo de satélite permiten tener una resolución espacial que varía entre los 0.5 y los 1.2 km, pero para análisis meteorológicos no resulta ser una buena herramienta, ya que, la resolución temporal es cada 12 horas, y los fenómenos meteorológicos evolucionan con mayor rapidez; mientras que la resolución espectral entrega 3 imágenes visuales, 1 Infrarroja y 1 Infrarrojo térmico.

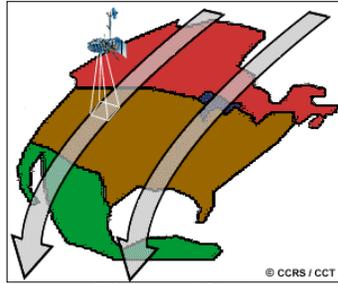


Figura N° 1

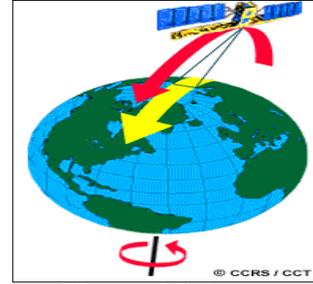


Figura N° 2

Fuente: Battelle (2009)

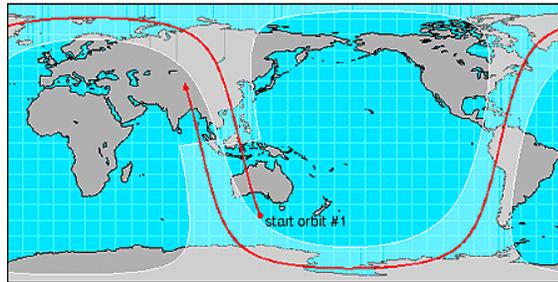


Figura N° 3

Figuras N°1, 2 y 3: Trayectoria de un Satélite de órbita polar.

1.2 GEOS (Geostationary Earth Orbital Satellite)

Tienen una altura promedio cercana a los 36.000 km (35.875 km), sobre la superficie de la Tierra. Los satélites geoestacionarios se mantienen sobre el plano ecuatorial, desplazándose a la misma rapidez que lo hace la Tierra en su movimiento de rotación. Una de sus funciones es monitorear condiciones meteorológicas, la formación de depresiones tropicales, disturbios tropicales, tormentas tropicales y huracanes. La mejor resolución espacial que tiene este tipo de satélite está en el rango de los 3 a 5 km, sobre la superficie ecuatorial, debido a la altitud en que se encuentran, por lo que la resolución espacial va disminuyendo a medida que la latitud va aumentando. Existen 6 satélites geoestacionarios, para poder cubrir la mayor parte de la superficie terrestre.

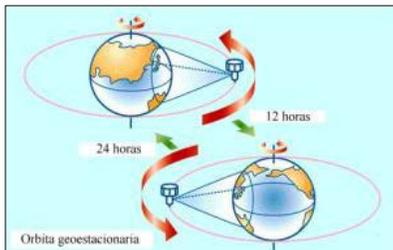


Figura N° 4

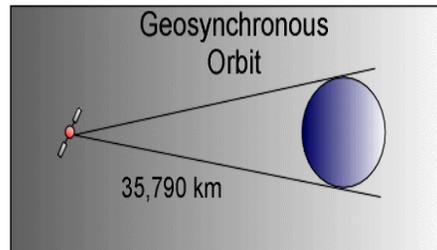


Figura N° 5

Figuras N° 4 y 5: Trayectoria de un satélite geoestacionario.

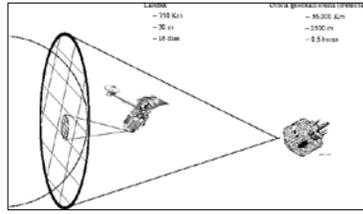


Figura N° 6

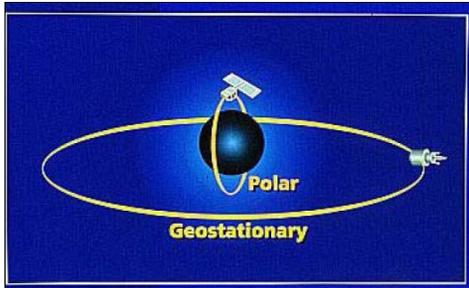
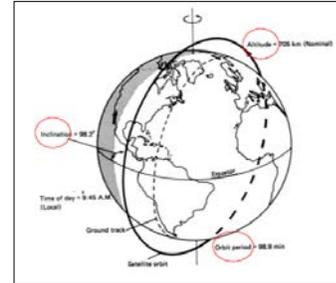


Figura N° 7



Figuran N° 8

Figuras N° 6, 7, 8: Diferencias entre órbitas de satélites LEOS y GEOS.

Fuente: Battelle (2009)

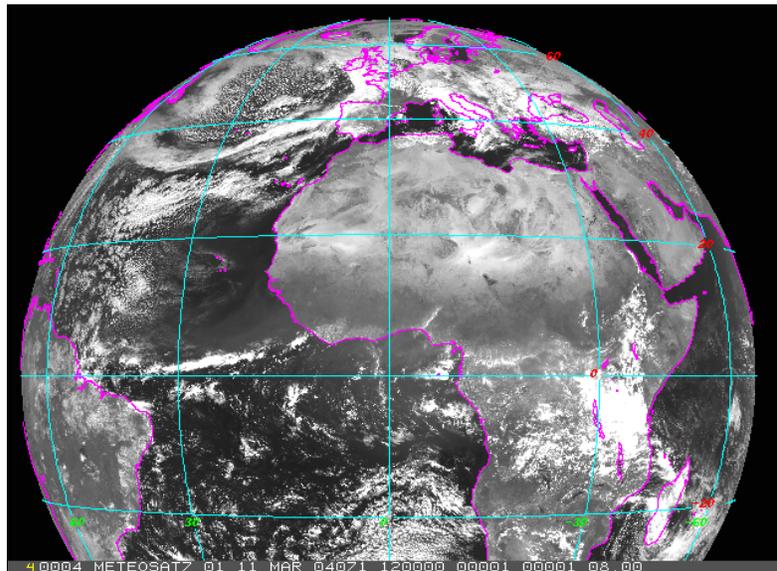


Figura N° 9: Fotografía tomada desde un satélite GEOS.

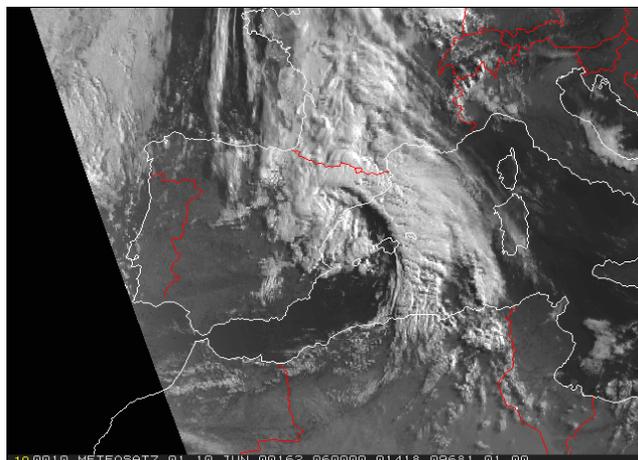
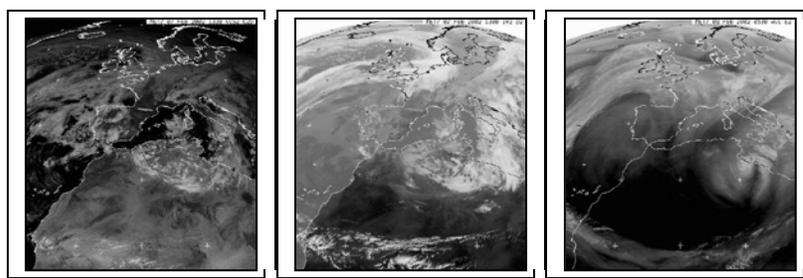


Figura N° 10: Fotografía captada desde un satélite LEOS.



*Figura N° 11
Visible*

*Figura N° 12
Infrarrojo térmico*

*Figura N° 13
Vapor de Agua*

CAPITULO II

CENTROS ESPECIALIZADOS

El Servicio Meteorológico de la Armada de Chile (SERVIMET) a través de sus respectivos centros meteorológicos, en las distintas Zonas Navales entregan productos para los usuarios marítimos. Una de las herramientas necesarias para efectuar pronósticos de superficie certeros son las imágenes satelitales, éstas las proporcionan centros especializados, quienes efectúan la captura y procesamiento de los datos para publicar las imágenes antes mencionadas.

Particularmente el SERVIMET se provee de las imágenes entregadas por satélites GOES 13, perteneciente a la familia de la serie GOES-R, los que retransmiten el producto procesado.

La NASA (*National Aeronautics and Space Administration* ~ Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio), dentro de sus proyectos de desarrollo y en conjunto con NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration* ~ Administración Nacional Oceánica y Atmosférica), enfocados al desarrollo de áreas de investigación mundial y en relación con la meteorología, se han encargados de elaborar diferentes productos para este tipos de usuarios.

El conjunto NASA - NOAA se encargan de poner en orbita sus satélites de uso meteorológico con objeto de obtener datos, los cuales son transmitidos por las respectivas antenas que poseen los equipos en órbita; estos datos brutos son procesados por las oficinas especialistas que derivan al uso del satélite en funcionamiento.



Figura N°14 Centro de Suitland
(Fuente: http://www.ospo.noaa.gov/Operations/satellite_operations.html)

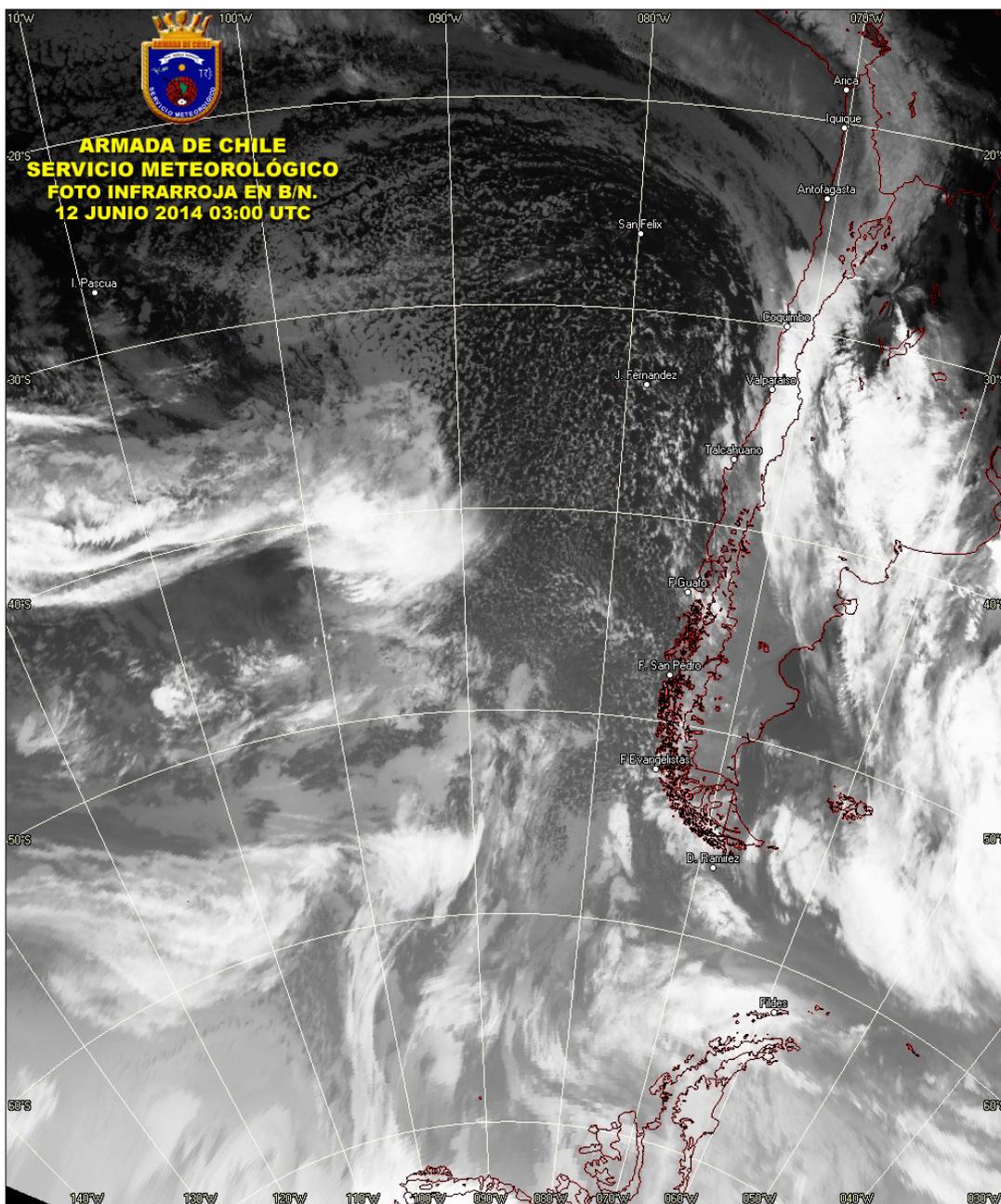
CAPITULO III

OPERACIÓN DE SATELITES

La oficina de satélite y productos de operaciones (OPSO; The Office of Satellite and Product Operations), es el ente encargado de gestionar y dirigir el correcto funcionamiento de los equipos en órbita de la NOAA y además de la adquisición de los datos de sensores remotos. La oficina tiene la responsabilidad operativa del Centro de Operaciones de Control del Satélite (SOCC; Satellite Operations Control Center) ubicada en Suitland, Maryland. Es el comando y adquisición de datos, para dirigir y controlar los satélites, además distribuir sus datos.

Los datos procesados por OPSO, son enviados nuevamente al satélite, el cual reenvía el producto a los usuarios dependientes de este equipo.

Por parte del Centro Meteorológico de Valparaíso se recibe esta imagen procesada por el centro especializado y se adapta a las necesidades marítimas y es nuevamente transmitida a los usuarios locales que naveguen en las aguas de la METAREA XV bajo la cual está responsabilidad del SERVIMET.



*Figura N°15 Fotografía espectro Infrarroja en B.N.
(Fuente: <http://web.directemar.cl/met/jturno/fotos/foto.jpg>)*

CAPITULO IV

SENSORES

4.1 TELEDETECCIÓN

Está definida como la obtención de información de un objeto sin tener contacto físico con este (Canoba 1980), para ello los equipos utilizados en la teledetección (satélites, radares, etc.) ocupan una serie de mecanismos llamados sensores, éstos debido a su posición remota generan la captura de espectros de radiación que son enviadas por los satélites, radares, entre otros.

Actualmente los sensores remotos son utilizados como una herramienta para el relevamiento de suelos, recursos forestales, estudios geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, urbanismo y una serie de usos más, siendo la de nuestro interés los del tipo meteorológico.

En la teledetección remota existen dos tipos:

4.1.1 TELEDETECTORES PASIVOS

Son aquellos que detectan la radiación natural emitida o reflejada por el objeto o el área circundante, generalmente la más observada para este caso es la luz solar en sus imágenes infrarrojas.

4.1.2 TELEDETECTORES ACTIVOS

Emiten energía a diferencia de los pasivos. Esto para poder escanear objetos y áreas, por ejemplo el sistema usado por los radares (figura 1)



Figura N° 16. Tipos de sensores y como operan.
(<http://www.profesaulosuna.com/data/files/TELECOMUNICACIONES/SATELITAL/imagenes.pdf>)

En la teledetección son utilizadas las diferentes tipos de bandas electromagnéticas para la generación de imágenes. Estas se definen como energía radiante en función de la longitud de onda y la frecuencia. Estas bandas de longitud de ondas o frecuencias son denominadas como espectro magnético. (Figura 17.)

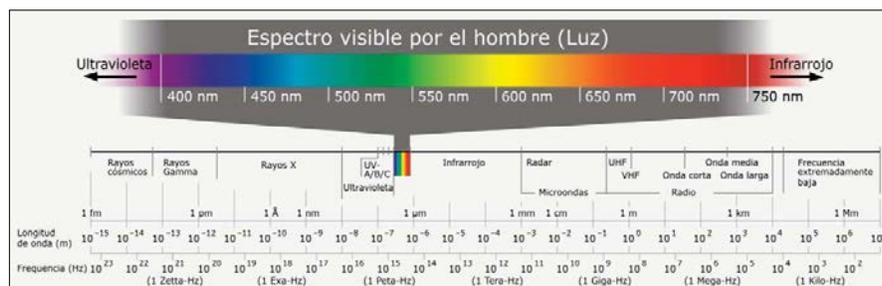


Figura N° 17 Espectro Visible por el Hombre

<http://www.profesaulosuna.com/data/files/TELECOMUNICACIONES/SATELITAL/imagenes.pdf>

4.2 ESPECTRO MAGNETICO

4.2.1 ESPECTRO VISIBLE

Esta es la única radiación electromagnética que el ojo humano puede percibir y se distinguen en esta tres bandas Azul (400 nm a 500 nm), verde (500nm a 600 nm) y rojo (600 nm a 700 nm).

4.2.2 INFRARROJO PRÓXIMO

Es usada para discriminar vegetales y concentraciones de humedad (NDVI) y se encuentra entre los 700nm a 1300nm.

4.2.3 INFRARROJO MEDIO

Es utilizada para el contenido de humedad en la vegetación y focos de alta temperatura y están entre los 1,3nm a 8nm

4.2.4 INFRARROJO LEJANO O TÉRMICO

La mayoría de las cubiertas terrestres son detectadas esta se encuentra entre los 8 um a 14 um.

4.2.5 MICROONDAS

Esta es de gran interés debido a ser transparente a la energía nubosa y su longitud de onda parte desde los 1 μm .

4.3 ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE TELEDETECCIÓN

- Fuente de energía la cual puede ser activa o pasiva.
- Cubierta terrestre formada por las distintas masas de vegetación, suelo, agua, etc. Que son las que finalmente reciben la señal y la reflejan de acuerdo a sus características físicas.
- Sistema sensor que está compuesto por el sensor que es el que capta la energía, la codifica, graba y envía. Además de la plataforma que lo alberga.
- Sistema receptor es aquel que recibe la información, lo cambia a formato adecuado y la distribuye.
- Interprete es aquel que recibe la información y la convierte en datos de interés
- Usuario final que es el interesado de la información desarrollada.

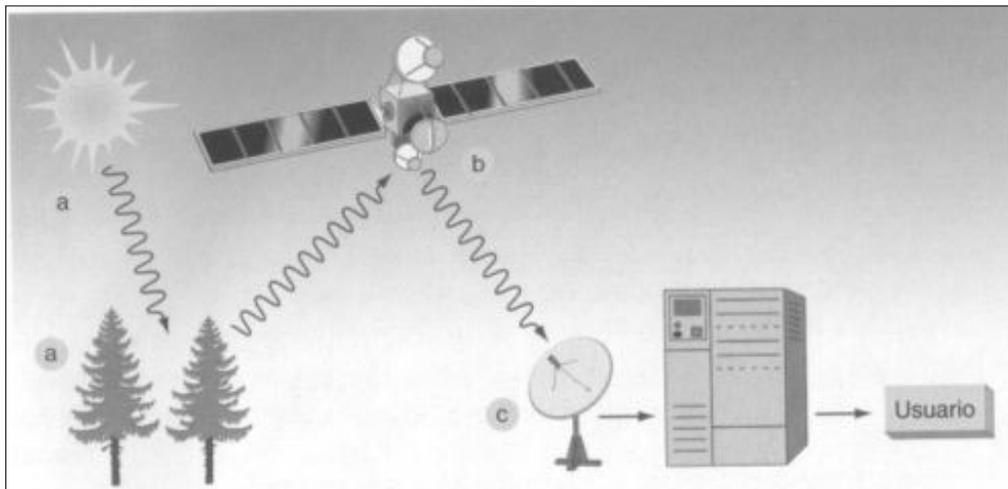


Figura 18. Componentes de sistema de teledetección.

Las imágenes satelitales de teledetección son un complemento para otros medios de la observación debido a su cobertura global y periódica de la superficie terrestre, obtención de imágenes de la tierra de lugares inaccesibles, la repetitividad de las imágenes que nos permiten analizar fenómenos climáticos a través del tiempo y procesos ambientales que pueden ser entendidos bajo una consideración global. También se pueden obtener visiones panorámicas y de alta resolución y a diferentes escalas, entre otras.

Las imágenes satelitales están profundamente ligadas con el concepto de la resolución y esta se manifiesta en cuatro áreas:

- Resolución espacial: es una de las características más importante que hay que considerar a la hora de elegir las imágenes, ya que determina la forma y rasgos del terreno. Esta observación recoge un rango bastante amplio, desde 1m a 5km de lado de cada pixel.
- Resolución espectral: este término define el número de anchura de las bandas espectrales que el sensor es capaz de medir. Un sensor será tanto más idóneo cuanto mayor número de bandas proporcione, ya que facilita la caracterización de distintas cubiertas.
- Resolución radiométrica: este se refiere al número de niveles de gris recogido por la película.
- Resolución temporal: se refiere a la frecuencia de cobertura, o sea a la periodicidad con la que se adquiere la imagen de la porción de superficie terrestre.

Los satélites usados para meteorología usan diferentes instrumentos a bordo para medir las ondas en bandas y dar información acerca de la atmosfera según el tipo de radiansa utilizada que son almacenadas como valores digitales en arreglos bidimensionales de pixel.



Figura 19. Recepciones del satélite de la energía infrarroja

4.4 IMÁGENES MAS UTILIZADAS

4.4.1 IR

Esta imagen es de radiación infrarroja, y es utilizada para ver las temperaturas de los cuerpos tales como nube, cobertura nubosa y capaz de reproducir imágenes nocturnas. En una imagen en infrarrojo los objetos más oscuros indican temperaturas más calientes y lo más claros objetos temperaturas más frías.

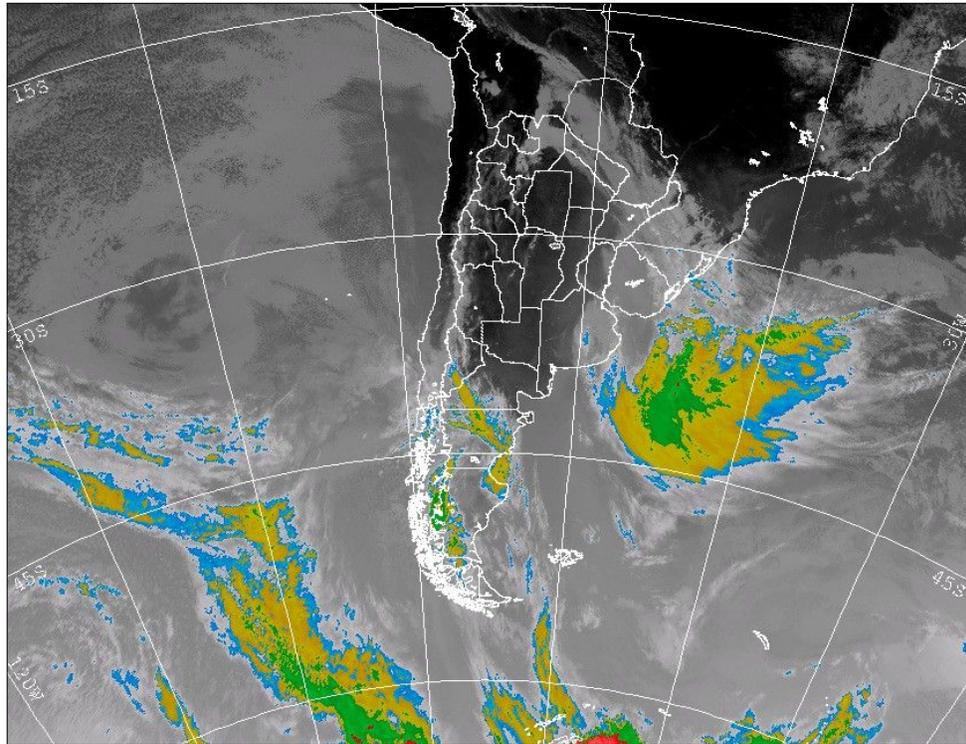


Figura 20. Imagen satelital IR.

4.4.2 VAPOR DE AGUA

Esta imagen es generada al medir la radiación del vapor de agua sobre áreas libres de nubosidad y donde ésta se encuentra. Las imágenes de vapor de agua son útiles para observar regiones secas y húmedas, también nos da información sobre los patrones de vientos en la tropopausa y corriente de chorro. Colores oscuros indican aire seco, mientras que los colores más brillantes indican aire húmedo.

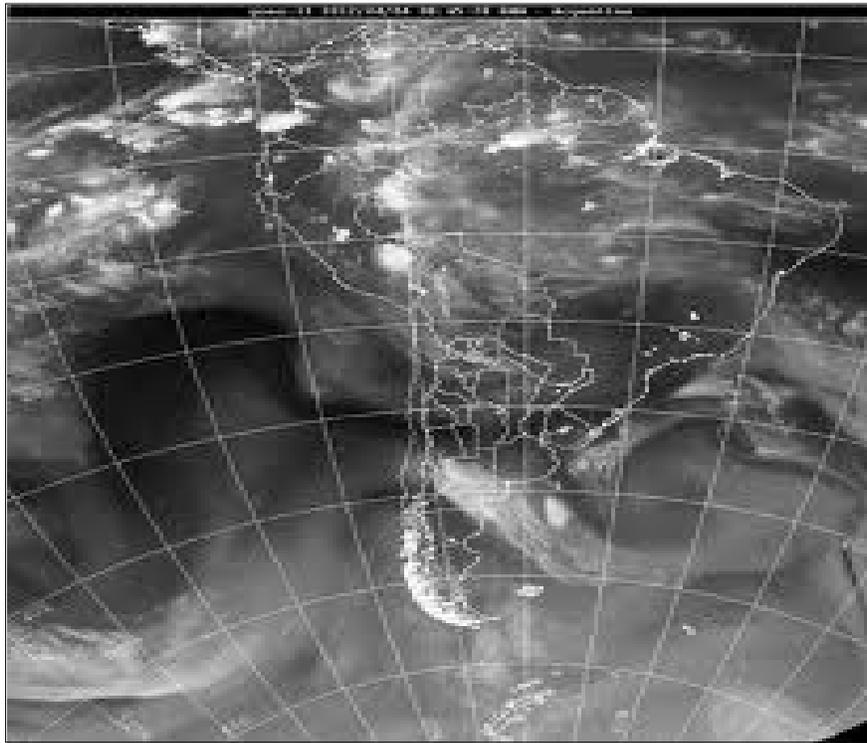


Figura 21. Imagen satelital de vapor de agua

4.4.3 VISIBLE

Esta imagen muestra la nubosidad reflejada por la luz solar y no reproduce imágenes nocturnas. Las nubes de mayor espesor tienen mayor albedo y se observan más brillantes que las nubes de menor espesor; algunas veces es difícil distinguir entre nubes bajas, medias y altas, ya que poseen un albedo similar. Para poder hacer esta distinción entre los diferentes tipos de nubes, se usan las imágenes en espectro infrarrojo.

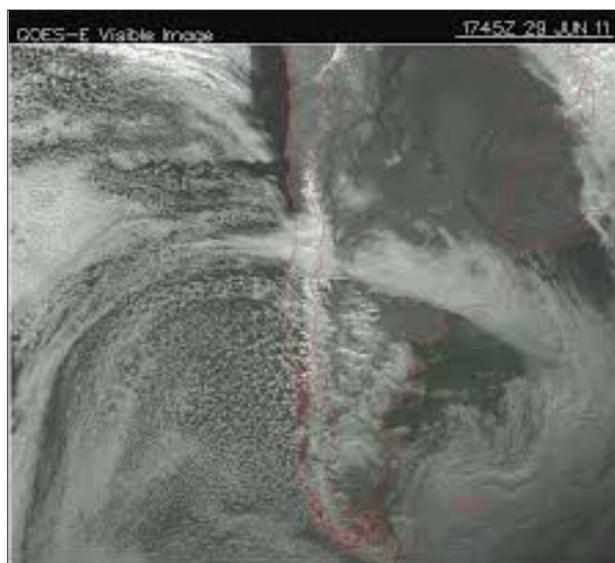


Figura N° 22 Imagen visual en B.N.

CAPITULO V

INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales permiten obtener información meteorológica, para distintos usos. Lo anterior, se extrae mediante un análisis de cada captura siguiendo patrones reiterativos, que con la práctica se obtienen un mejor resultado.

<u>IDEAS BÁSICAS DE INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES</u>				
Blanco	Gris brillante	Gris	Gris oscuro	Negro
				
VIS				
Brillo:				
Albedo, intensidad	Cb Ns	Cu Ci St	Tierra	
rayo solar, ángulo solar	Nieve "nueva"	Nieve "vieja"	Bosques	
espesor, comp. nube	Cu .Ac Cs St	Desierto	Oceanos lagos	
IR				
	Topes nubes altas	Topes nub. medias	Tierra	
<u>Temperatura de la superficie radiante</u>	Cb Nb Ci Cs	Cb Cu	Noche-Dia	
	As Ac		Nubes bajas	
	Topes más fríos, nubes más altas			
WV				
Contenido de <u>HÚMEDAD</u> de los niveles med-altos trop.	Nubes altas-medias espesas, alto contenido de humedad	Medio-bajo contenido de humedad en niveles medios-altos	Sequedad niveles altos y medios	

Figura N° 23 Ideas Básicas de Interpretación de Imágenes.

Es relevante conocer y entrenar en forma permanente a quien interpreta la imagen satelital con el objeto de que su análisis sea más acertado conforme al tiempo que ha dedicado a su preparación.

5.1 PATRONES NUBOSOS

Si bien no toda la nubosidad que existe con sus respectivas clasificaciones, afectan de manera proporcional a la población humana, es relevante que debido al rubro que se desea enfocar el análisis de los patrones nubosos y bajo que circunstancias podrían verse afectada las zonas requeridas por las distintas organizaciones que requieren tomar algún tipo de decisión. Por lo anterior se puede obtener de las imágenes satelitales cierta información rápidamente que es relevante y puede ayudar a dar solución a los distintos requerimientos de las diversas entidades.

5.2 CLASIFICACIÓN BÁSICA

Dentro de la gran familia de nubes que existe y con ello poder clasificar de forma correcta la conformación de ellas, con las imágenes satelitales tanto en sus distintos espectros infrarrojo, visual y vapor de agua, se puede obtener la clasificación genérica, que *a priori* es útil a través de esta herramienta que el satélite artificial en órbita nos entrega.

5.2.1 NUBOSIDAD CUMULIFORME

La nubosidad cumuliforme es aquella que posee una gran turbulencia en su interior y obtiene un desarrollo vertical, por lo que en las imágenes satelitales se puede apreciar de la siguiente forma.

5.2.2 NUBOSIDAD ESTRATIFORME

Es aquella que se presenta como manto y va haciendo ingreso a los valles de la zona en cuestión, por lo que se aprecia claramente en sectores de tierra.

5.2.3 NUBOSIDAD CIRRIFORME

Se aprecia principalmente por consecuencia de la corriente en chorro que la desplaza abruptamente.

5.2.4 NUBES CELULARES

Los modelos cumuliformes son de línea, bandas o celulares. Los sistemas celulares pueden ser clasificados entre abiertos o cerrados.

Los sistemas celulares abiertos, se pueden identificar como "rosquillas" cerradas o abiertos en forma de "U", producen sobre los océanos vientos de gran intensidad. Los celulares abiertos se encuentran en áreas de flujo ciclónico (generalmente con advección

de aire frío sobre el mar un poco más cálido) e indican mezcla vertical y turbulencia. Los celulares abiertos están caracterizados por zonas de espacio libre de nubosidad en su centro debido al descenso de aire y en la zona perimetral se aprecia nubosidad cumuliforme debido al ascenso de aire húmedo y más cálido. Se originan en áreas oceánicas y en la descarga post frontal fría, detrás de los frentes fríos, en las latitudes medias. Muchas veces, las células abiertas se ven sobrevoladas por máximos de vorticidad en altura o paquetes de aire frío, en los 500 hPa, que favorecen su desarrollo vertical y dando lugar a estructuras nubosas en forma de coma.

Los sistemas celulares cerrados son contrarios a los abiertos, ya que la masa nubosa está en el centro, las zonas de ascendencia y despejadas son las perimetrales. Estas nubes suelen formar grandes zonas de nubes del tipo Stratocumulus (Sc) sobre los océanos. Si la resolución de la imagen es muy baja, se aprecian como mantos continuos de nubes.

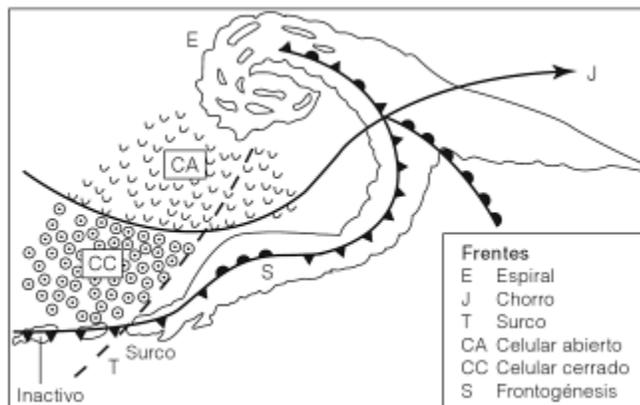


Figura N° 24: Esquema nuboso idealizado Hemisferio Norte.

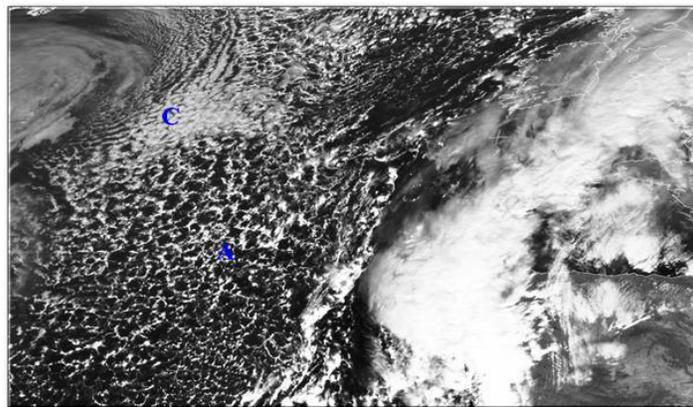


Figura N° 25: tanto celulares “Abiertos” (A) como “Cerrados” (C) son originados por nubes convectivas, limitadas a una capa poco profunda de la tropósfera baja, por subsidencias generalizadas y a gran escala

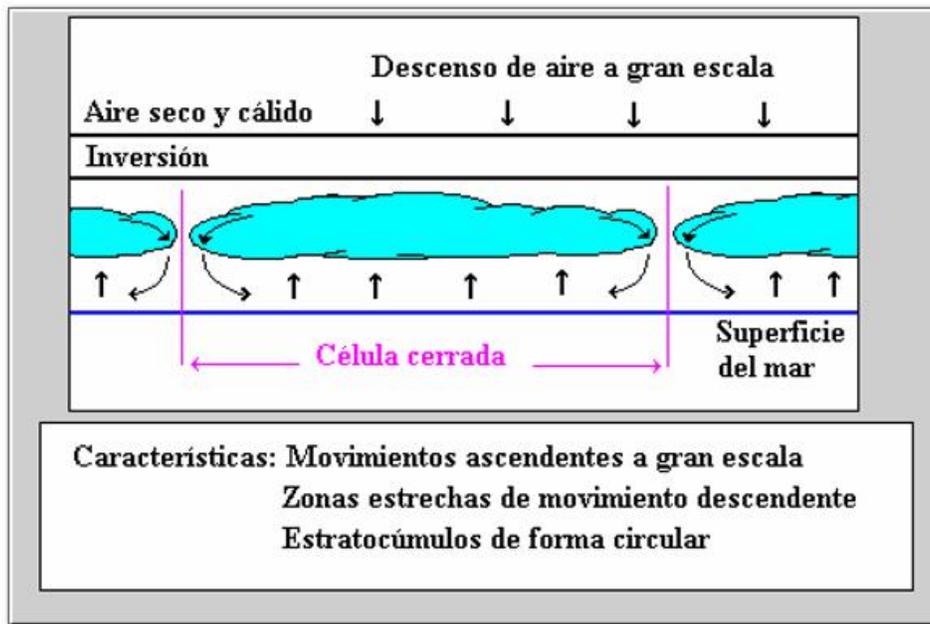


Figura N° 26: esquema explicativo de la estructura de celulares "cerrados".

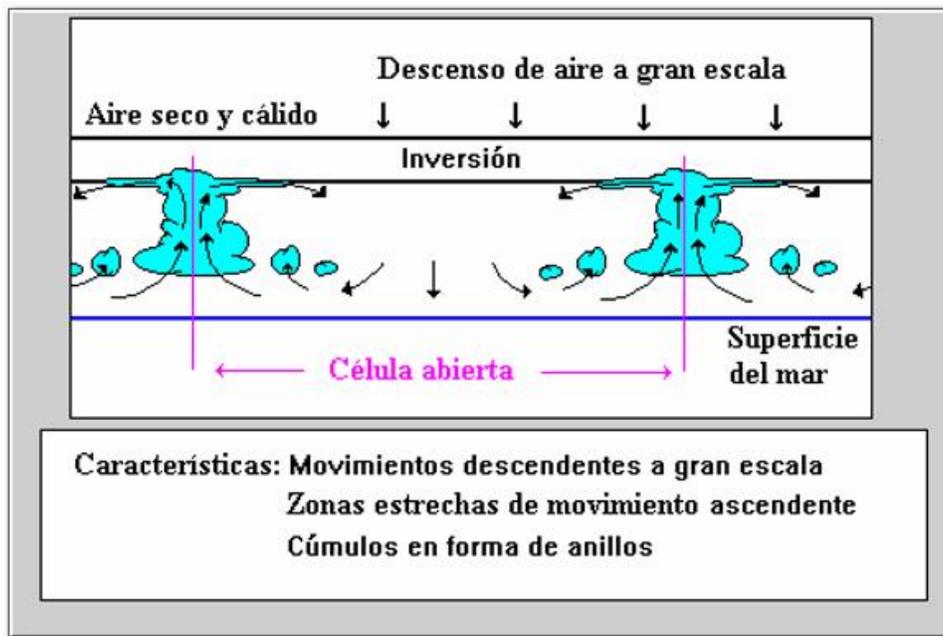


Figura N° 27: esquema explicativo de la estructura de los celulares "abiertos".

<http://www.tiempo.com/ram/28/conveccion-celular-mesoescalar-las-nubes-actinoformes>

CAPITULO VI

FRENTE

Los frentes son elementos importantes de los mapas de superficie e imágenes satelitales, como marcas o límite físico de separación entre masas de aire de distinta humedad y temperatura (y por tanto de distinta densidad), ya que generan una importante actividad dinámica que puede producir lluvias, tormentas eléctricas vientos fuertes entre otros. Estas se clasifican como frentes fríos, cálidos y ocluidos.

6.1 FRENTE FRÍO

Ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente. El aire frío, siendo más denso, genera una "cuña" y se mete por debajo del aire cálido y menos denso. Estos son fuertes y dependiendo de la época del año y de su localización geográfica, los frentes fríos pueden venir en una sucesión de 5 a 7 días. Estos se simbolizan con una línea azul de triángulos que señalan la dirección de su movimiento.

Este se puede ver en la imagen satelital IR y visual como una gran columna de nubosidad blanca bien definida (nubosidad del tipo cumulouniforme)

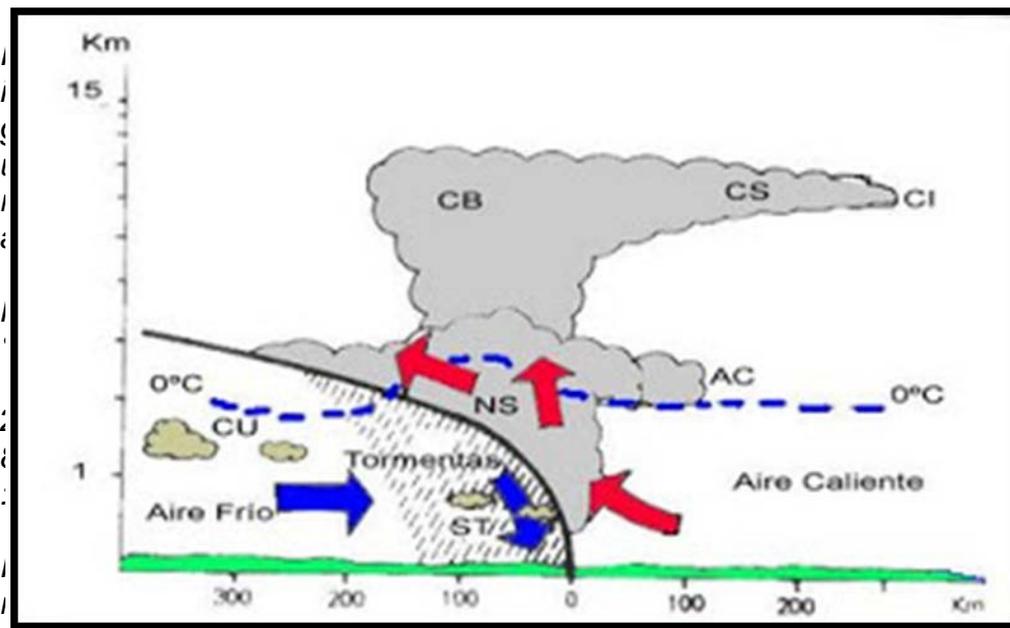


Figura N° 28: corte esquemático de la estructura de un Frente Frío.

6.2 FRENTE CÁLIDO

Es una masa de aire tibio que avanza para reemplazar a una masa de aire frío que retrocede. A pesar que casi siempre aclara una vez pasado el frente, algunas veces puede originarse neblina en el aire cálido. Este se simboliza con una línea roja con semicircunferencias en el lado donde avanza el frente.

El frente cálido se puede ver en las imágenes satelitales IR y visual, como nubes de color más grisáceas menos densas y generalmente parte donde empieza la convectividad del frente frío y empieza el frente ocluido.

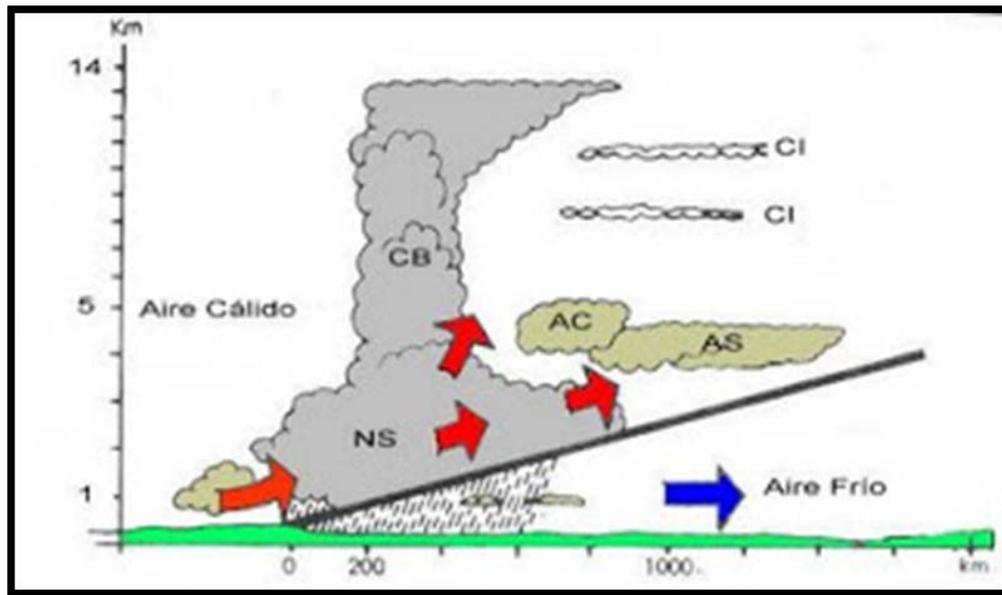


Figura N° 29: corte esquemático de la estructura de un Frente Cálido.

6.3 FRENTE OCLUIDO

Se forma donde un frente caliente móvil más lento es seguido por un frente frío con desplazamiento más rápido. El frente frío ya con forma de cuña alcanza al frente caliente y lo empuja hacia arriba. Los dos frentes continúan moviéndose uno detrás del otro, y la línea entre ellos es el frente ocluido.

Los frentes ocluidos se simbolizan con una línea punteada rosada entre las marcas del frente frío y el frente caliente que señalan la dirección de su desplazamiento. Estos se ven en la imagen satelital como la continuación del frente frío, pero que empieza a enrollarse dentro del frente cálido (alrededor del centro de baja presión atmosférica).

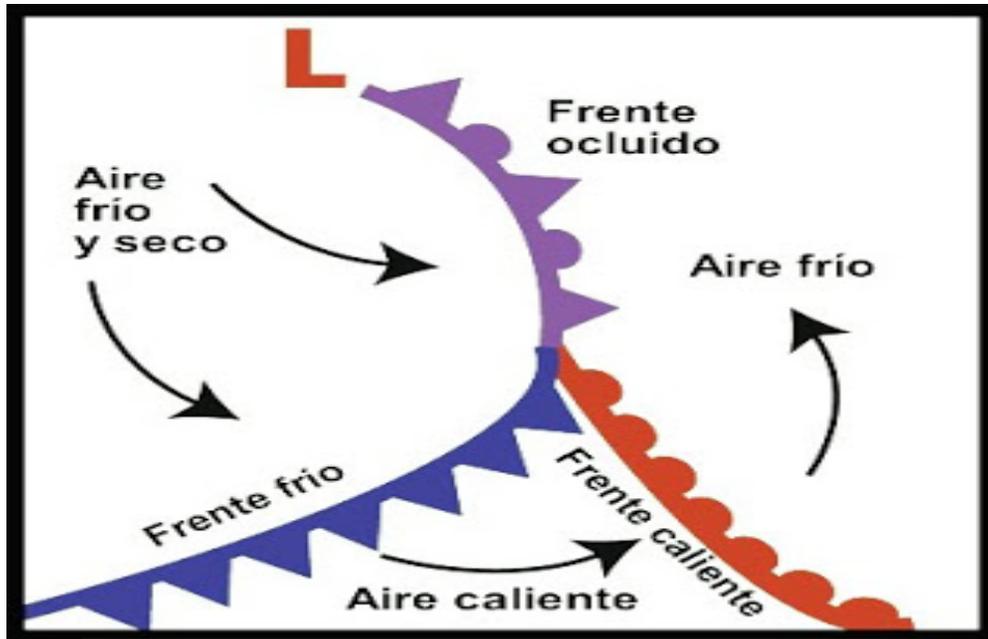


Figura N° 30: representación de un sistema Frontal Ocluido

Los frentes, centros de acción y los distintos tipos de nubes, se indican en un nefoanálisis, que es una clasificación gráfica de los fenómenos atmosféricos reconocibles desde una imagen satelital.

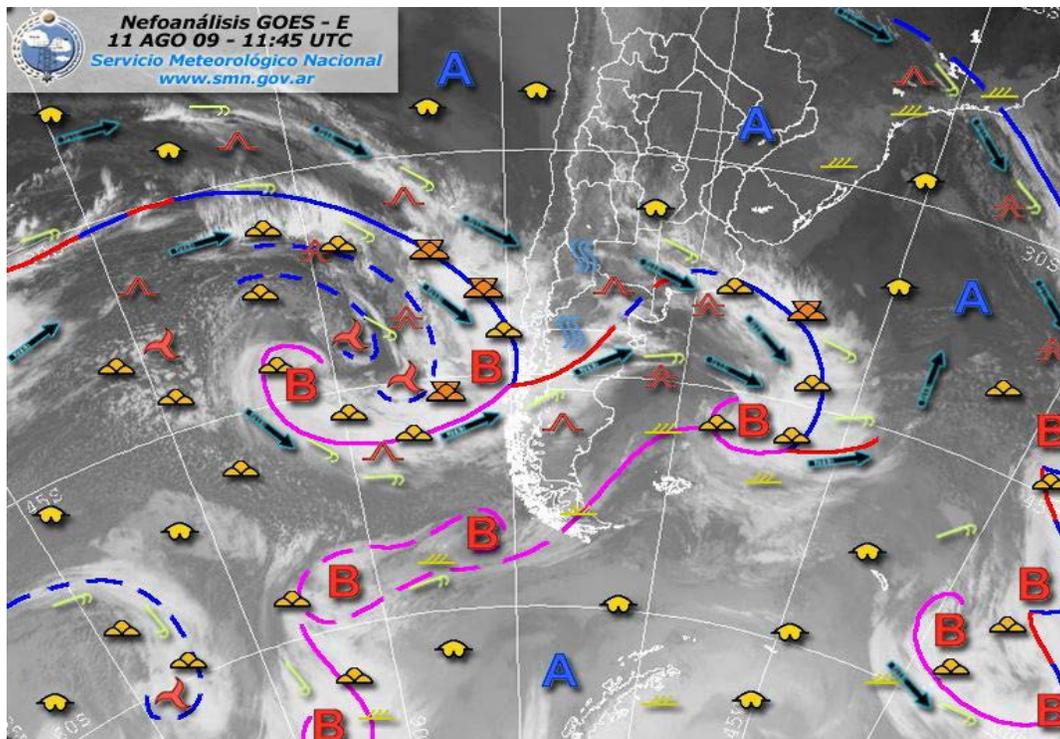


Figura N° 31: imagen satelital con su correspondiente nefoanálisis

	Alta Presión		Eje de Vaguada en Altura
	Baja Presión		Eje de Cuña en Superficie
	Vórtice		Eje de Cuña en altura
	Estratos (St)		Corriente en Chorro (JTST)
	Cúmulos		Vientos en 500 hPa
	Estratocúmulos		Vientos en 300/200 hPa
	Torre-cúmulos/ Cumulonimbus (Tcu/Cb)		Onda de Montaña
	Cirros (Ci)		Turbulencia
	Eje de Vaguada en Superficie		Turbulencia Fuerte

Figura N° 32: simbología del nefoanálisis de los frentes en una imagen satelital.

REFERENCIAS:

1. <http://met-ba.blogspot.com/2008/09/miercoles-1792008.html>
2. http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_II.pdf
3. http://biologiaygeologia.org/unidadbio/a_ctma/u1_atmosfera/u1-t3contenidof/3_frentes_y_otros_fenmenos_atmosfricos.html

CAPITULO VII

IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales y sus espectros, que entregan los distintos centros de observación meteorológica, nos permiten identificar de mejor manera las nubes que en ella se capturaron; es así como en una imagen visual, las nubes estratiformes se aprecian como un manto lechoso, con una estructura suave y continua; las cumuliformes son abultadas y las cirriformes, se aprecian sedosas y fibrosas, su tonalidad en la escala de grises o el color que se les asigne en el procesamiento de la captura, se podrá analizar desde una mejor perspectiva.

Por lo anterior, es recomendable que se pueda contrastar y comparar las imágenes en sus espectros, para poder obtener la mayor información y no incurrir en los errores de interpretación, que pueden generar algunas imágenes.

El siguiente cuadro, permite tener un patrón básico de entrada para analizar el tipo de imagen y las características correspondientes de cada espectro capturado.

APARIENCIA	CONCLUSIÓN	TIPO DE NUBE
IR: Brillante VIS: Ténue ó débil WV: Ténue ó Lechosa	Topes fríos Delgada Alta	CIRRIFORMES
IR: Ténue ó débil VIS: Brillante WV: No aparece	Topes cálidos Nube baja	ESTRATIFORMES
IR: Brillante VIS: Brillante WV: Brillante	Topes fríos Espesas	CUMULIFORMES

Figura N° 33: reconocimiento de nubosidad en imágenes satelitales

Imagen Visual:

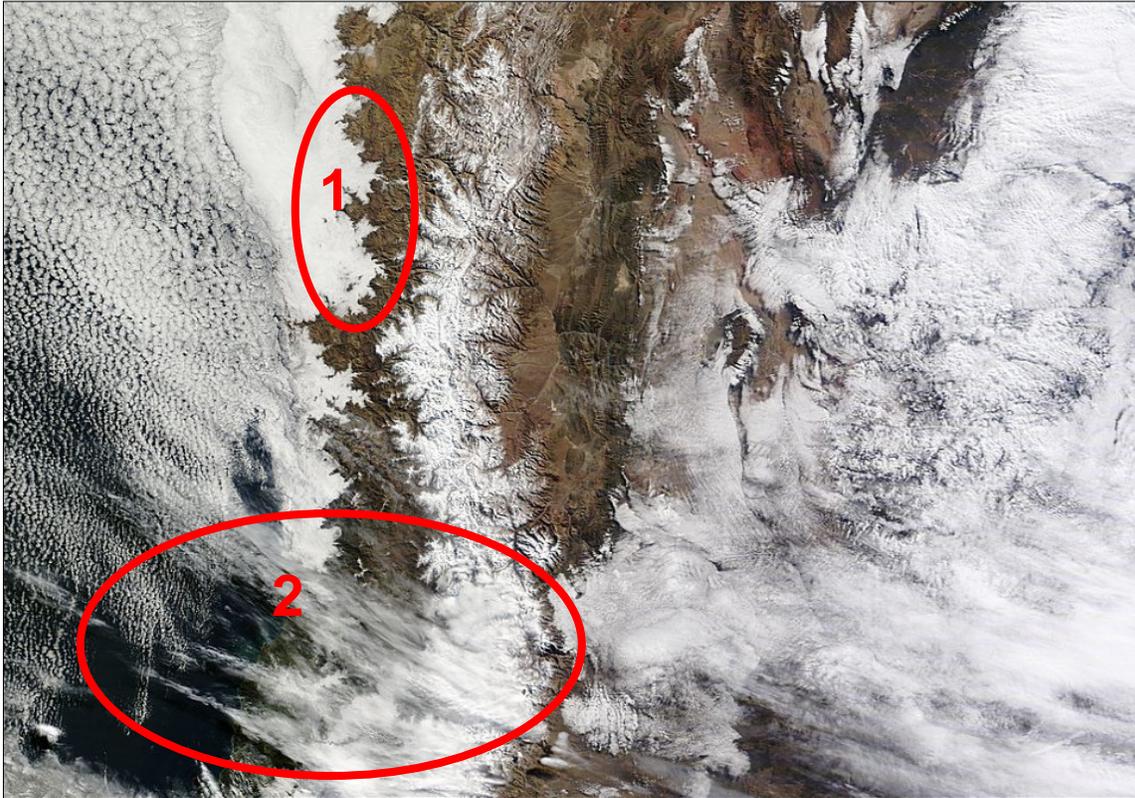


Imagen N° 34:

- 1) nubes estratificadas ingresando desde la costa a los valles centrales
- 2) nubes cirriformes afectadas por la presencia de la corriente en chorro



Imagen N° 35: 1) nubes cumuliformes afectadas por la presencia de la corriente en chorro

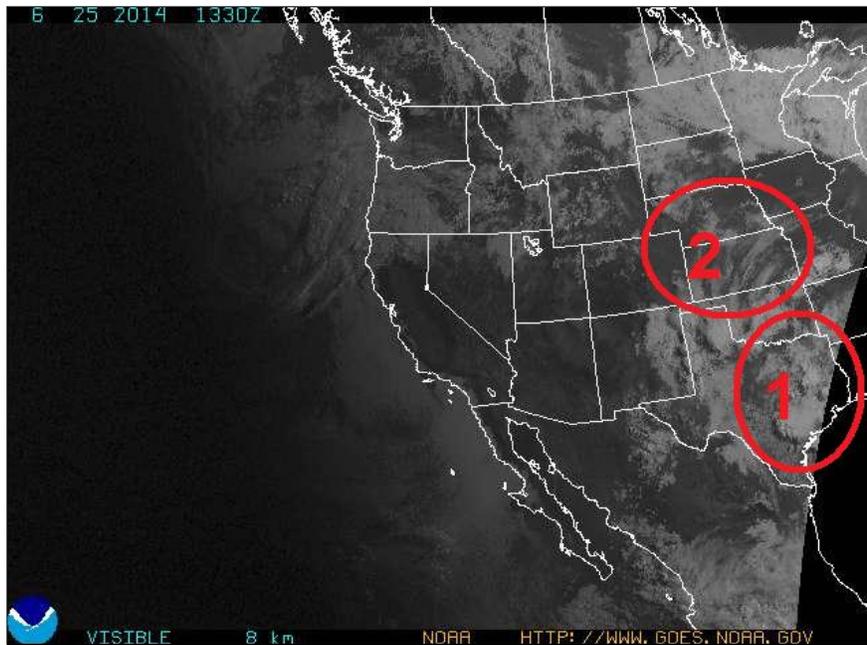


Figura N° 36: imagen visual costa oeste EE.UU.AA.
 1) Nubosidad Cumuliforme 2) Nubosidad Estratiforme.

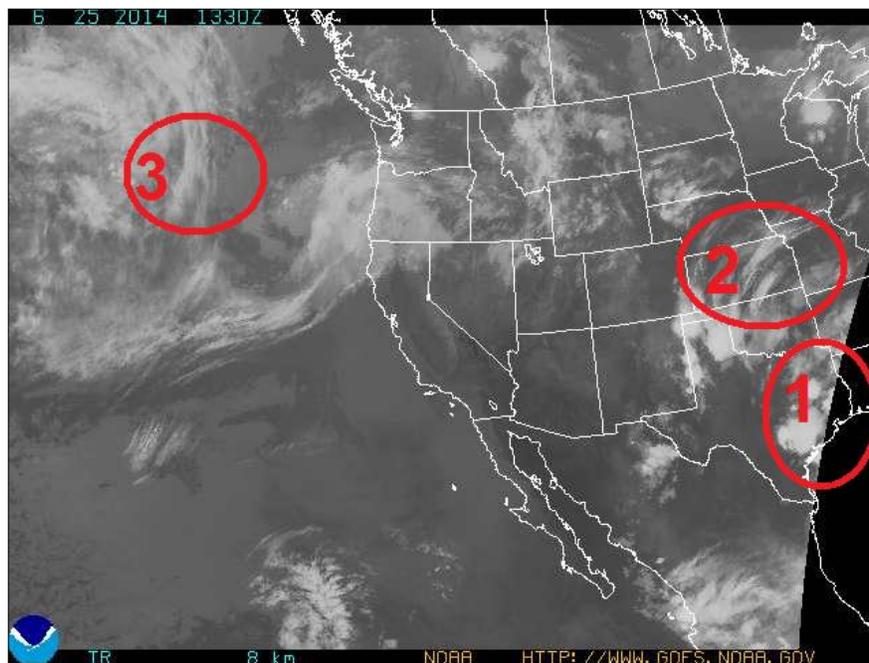


Figura N° 37: imagen infrarroja costa oeste EE.UU.AA.
 1) Nubosidad Cumuliforme. 2) Estratiforme 3) Cirriforme.

http://www.goes.noaa.gov/index_old.html

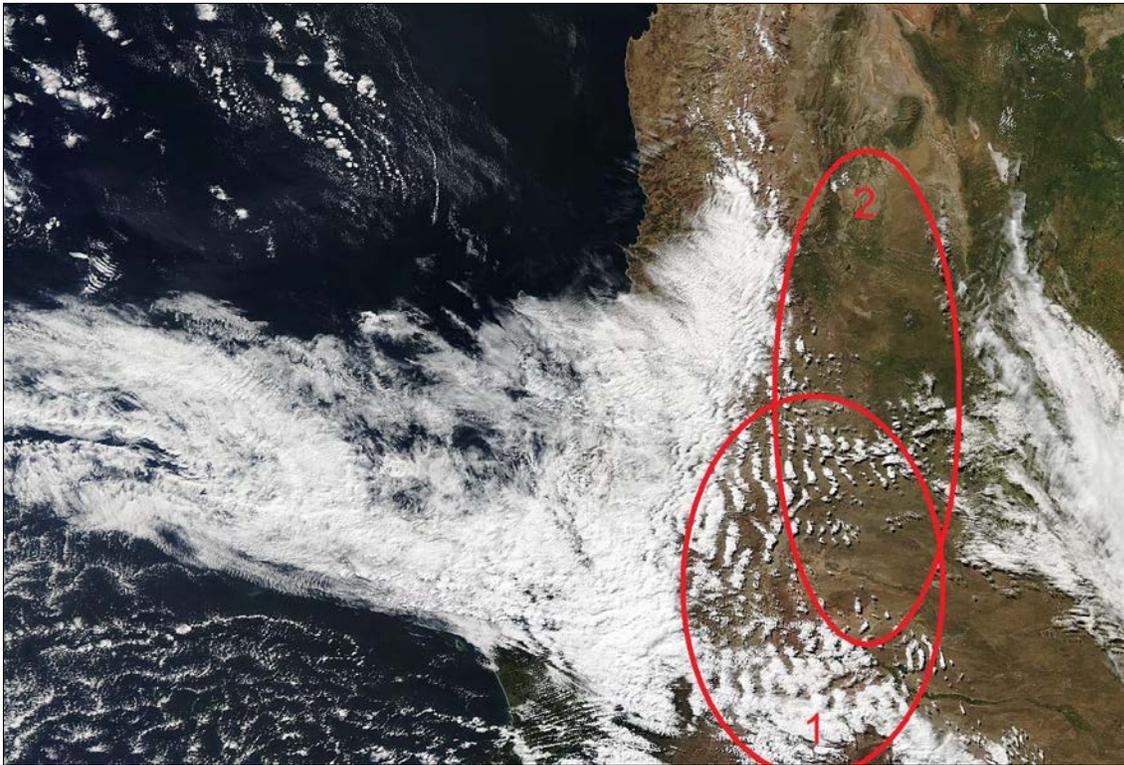
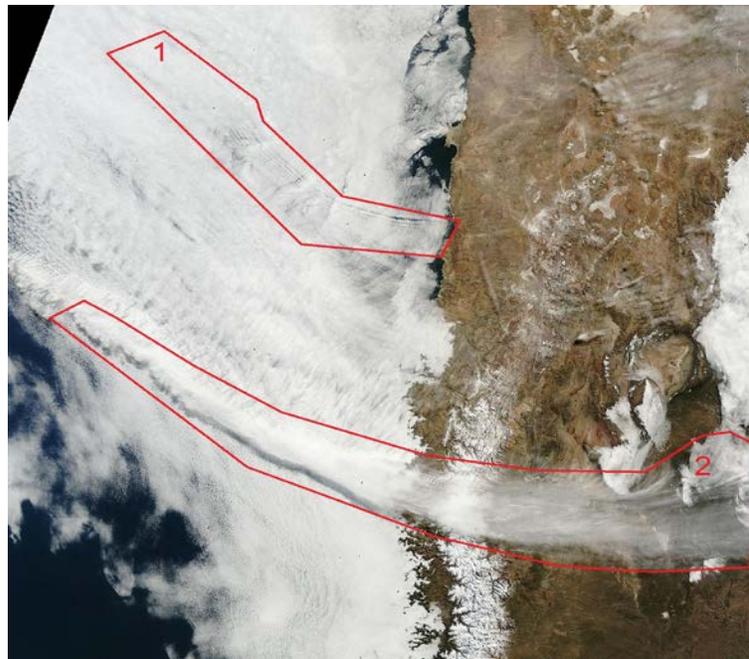


Imagen N° 38

- 1) calles de nubes altocúmulos por efecto föehn
- 2) sombra pluviométrica a sotavento de Los Andes.



- Imagen N° 39
- 1) ondas de gravedad en nubes bajas
 - 2) corriente de chorro en nubes altas

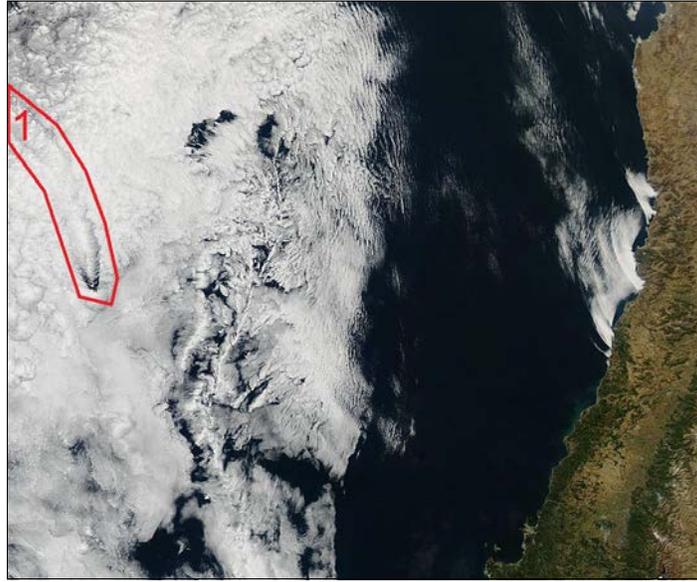
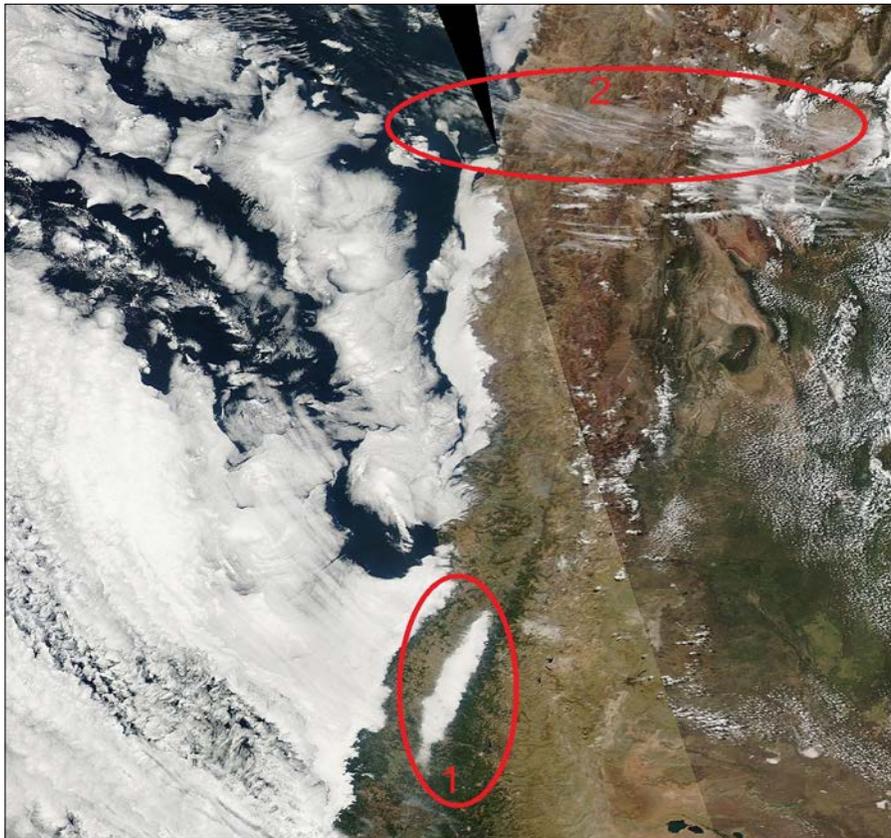


Imagen N° 40: 1) estela de nubes bajas desde Juan Fernández



*Imagen N° 41 1) bancos de niebla en valles interiores
2) corriente de chorro sobre el desierto*



Imagen N° 42: estela de un incendio forestal en Valparaíso.



Imagen N° 43: pluma de cenizas, erupción del Cordón Caulle en Puyehue

fuentes imágenes <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/rapid-response/modis-subsets>
<http://aqua.nasa.gov/highlights/puyehue-cord%C3%B3n-caulle-erupcion>

CAPITULO VIII

SATELITE AQUA

T2 C. ARANGUIZ C.

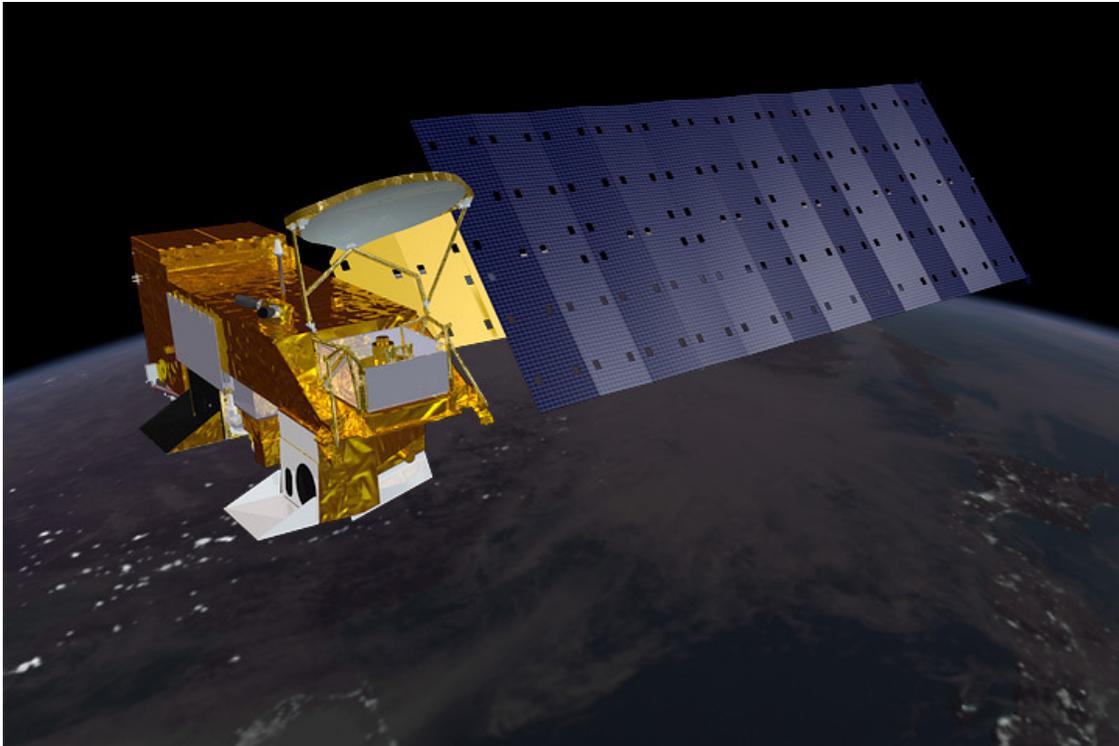
El satélite Aqua es también conocido como EOS-PM 1 y es una misión científica de la NASA, National Oceanic and Atmospheric Administration. Este satélite que pertenece a la NASA, actualmente se encuentra activo. Fue construido por una empresa llamada TRW Automotive la cual se dedica a misiones aeroespaciales y lanzado desde la base Vandernberg de la Fuerza Aérea con un vehículo de lanzamiento o cohete llamado Delta II el 4 de mayo del año 2002. La base Aérea Vanderberg es una instalación militar Estadounidense ubicada en el condado de Santa Barbara, California y el vehículo de lanzamiento Delta II fue construido por la compañía Boeing.



http://www.scientists-nasa.com/news_files/aqua_banner.jpg

El satélite Aqua es de observación terrestre con una órbita conocido como órbita helio-sincrónica, es que en cada pasada cruza el Ecuador alrededor del mediodía, entre 1330 y 1345 hora local y se encuentra a 705 kilómetros de distancia de la Tierra. Este satélite, cuyo proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto entre los Estados Unidos, Japón y Brasil, está dedicado al estudio del ciclo del agua, como evaporación de los océanos, vapor de agua en la atmósfera, las nubes, la precipitación, la humedad del suelo, el hielo del mar y la tierra, la cobertura de nieve de la tierra y el hielo, tiene una inclinación de 98.14° y cuenta con periodos orbitales de 98,4 minutos. Tiene una masa de 3117 kilogramos y sus dimensiones son de 4,81 metros por 16,7 metros por 8,04 metros.

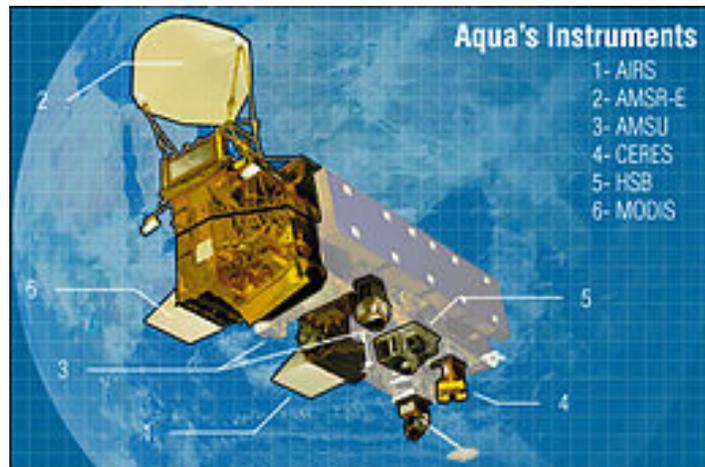
También mide otras variables con los instrumentos con los cuales cuenta el satélite, como flujos radiactivos de la energía, aerosoles, vegetación, fitoplancton, materia orgánica disuelta en los océanos y aire, y temperaturas del aire, de la tierra y del agua.



<https://lamilana.wordpress.com/2009/08/23/el-satelite-aqua/>

8.1 EQUIPAMIENTO DEL SATELITE

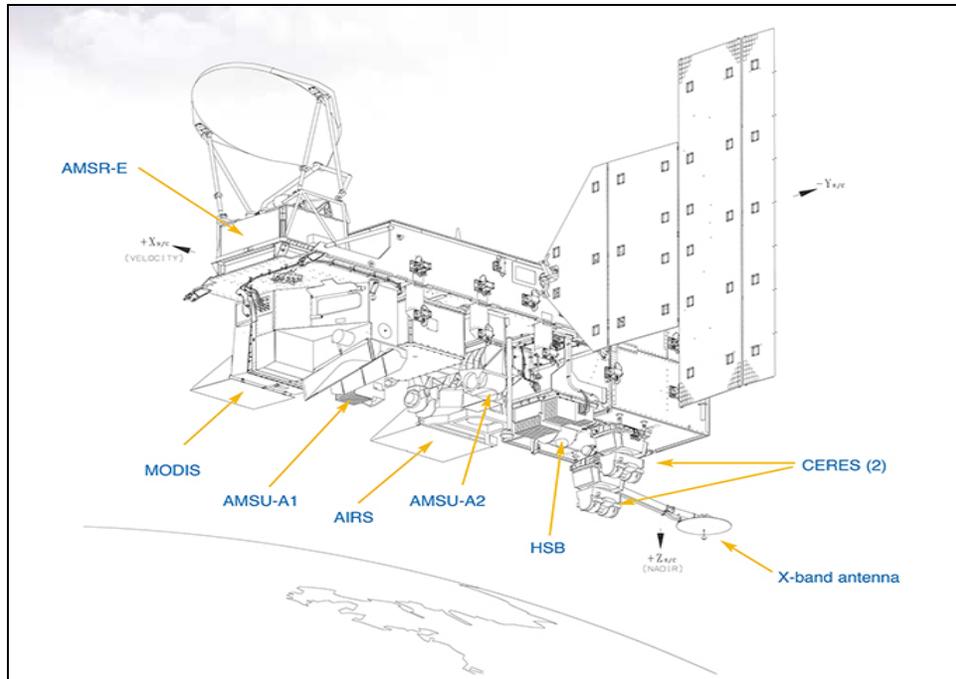
El satélite cuenta con una serie de instrumentos de gran precisión para cumplir sus funciones, entre los cuales destacan los siguientes.



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/22/Aqua_instruments.jpg/260px-Aqua_instruments.jpg

- **CERES:** La función de este instrumento, que en español significa Sistema de Energía Irradiada por la Tierra y Nubes, es medir el equilibrio energético de la atmósfera, así como la radiación ultravioleta solar que es reflejada y absorbida por la superficie, la atmósfera y las nubes, entregando para el caso de las nubes, altura, espesor, cantidad y tamaños de las partículas en éstas. El término equilibrio energético, se refiere al balance entre la energía que consumimos y la que gastamos. Y la radiación ultravioleta, es la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente en los 400 nm.

Para medir todos estos parámetros, este instrumento cuenta con dos radiómetros de banda ancha, del espectro visible al infrarrojo (bandas entre 0,3 y 5 micras y entre 8 y 12 micras). Los radiómetros son tubos de vidrio o cuarzo, en el cual se ha hecho un vacío parcial y sirven para detectar y medir la intensidad de energía terminal radiante, principalmente rayos infrarrojos. Al interior del tubo se encuentra un eje con cuatro paletas, las cuales por un lado están ennegrecidas, mientras que las otras caras son de metal pulimentado o pulido. Las paletas ennegrecidas absorben mas radiación que el lado de metal, consiguiendo que las de metal se acerquen más a la fuente, produciéndose una rotación constante de las paletas, a una velocidad que depende de la intensidad de la energía.



http://aqua.nasa.gov/sites/default/files/Aqua_line_drawing.jp

AIRS: Este instrumento es utilizado para realizar perfiles verticales de temperatura y humedad. Para esto utiliza un espectrómetro infrarrojo (entre 3,7 y 15 micras). También incorpora un fotómetro óptico de cuatro bandas, entre 0,4 y 1 micras, instrumento utilizado para medir la intensidad de la luz.

-
- **AMSU-A1 y AMSU-A2:** Estos instrumentos son utilizados por el radar, para realizar perfiles de temperatura a través de medidores de microondas. Se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado, entre 300 MHz y 300 GHz.



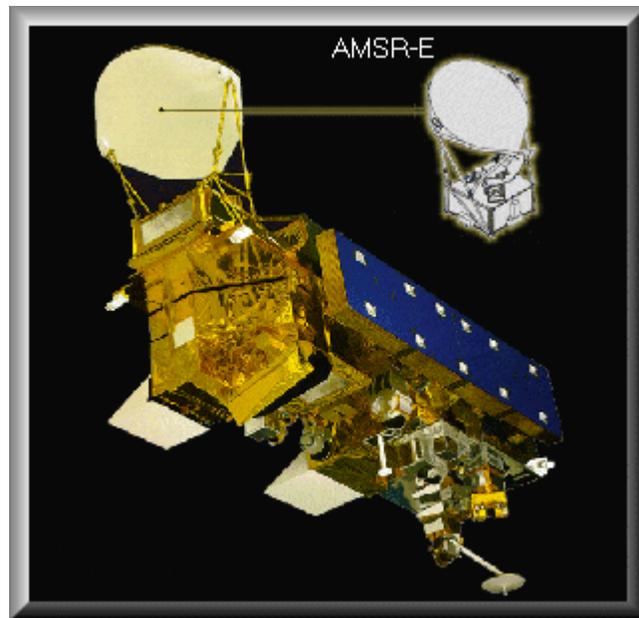
http://www.nasa.gov/images/content/112077main_NOAANinstr.gif

- **HSB:** significa “Humedad de Sondas para Brasil” y es un medidor de microondas de cuatro canales (entre 150 y 183 GHz), los cuales obtienen perfiles de humedad, incluso en condiciones de nubes muy espesas.



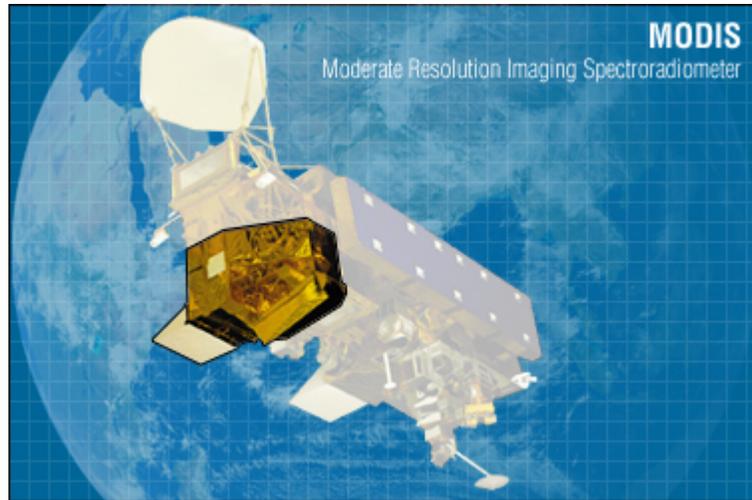
http://farm9.staticflickr.com/8216/8343149746_8f167a7db2_c.jpg

- **AMSR-E:** este instrumento es un radiómetro de microondas de entre 6,9 a 89 GHz y sirve para medir la cantidad de lluvia, mediante la dispersión de microondas producidas por las gotas de agua. También mide vientos y temperatura en la superficie del mar.

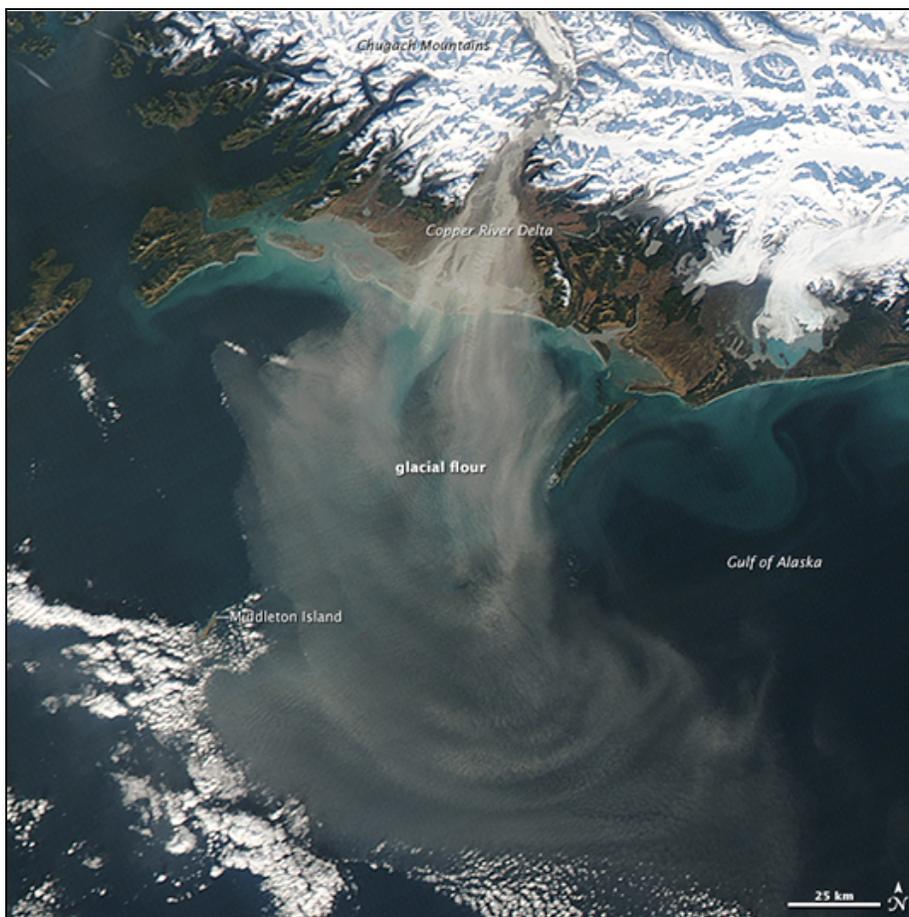


<http://nsidc.org/data/docs/daac/images/amsrecraft1.gif>

- **MODIS:** este instrumento, que en español significa, Radiómetro Espectral con Imágenes de Resolución Moderada, hace observaciones de la tierra cada 1-2 días con un ancho de barrido de 2330 km. Provee imágenes de alta resolución radiométrica de la radiación reflejada durante el día y de la emisión térmica diurna y nocturna, para así obtener índices de vegetación, cobertura de la superficie terrestre, ocurrencia y temperatura de incendios, cobertura de nubes, concentración de aerosoles, etc.



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Modis_aqua.jpg



<http://aqua.nasa.gov/highlights/silty-alaskan-skies-0>

CAPITULO IX

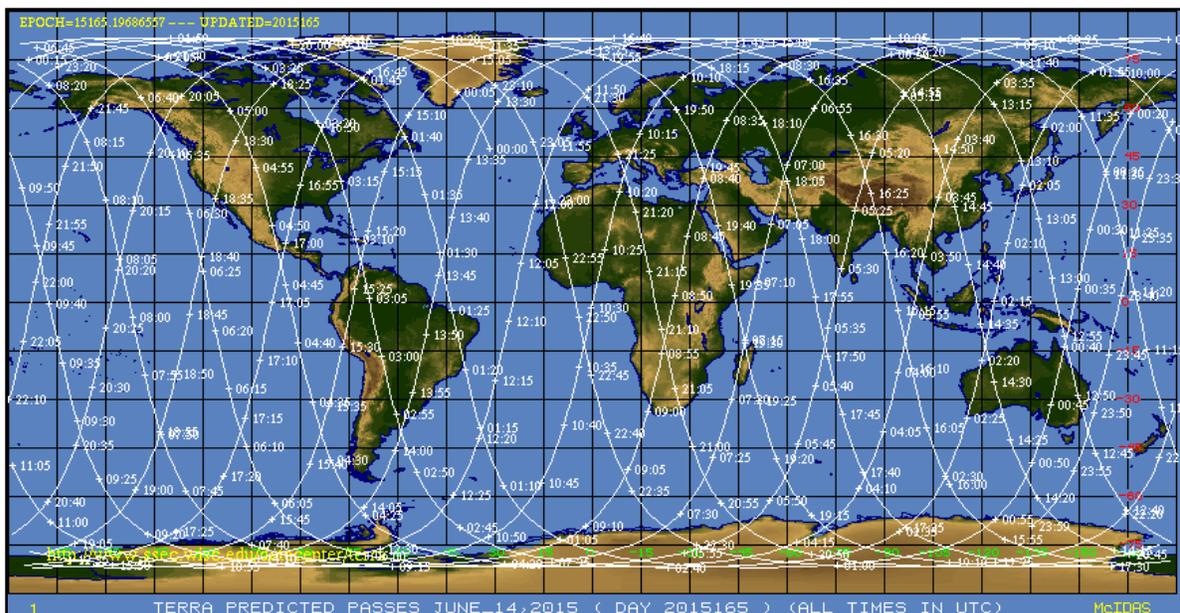
SATELITE TERRA

T2 C. CID M.

El satélite TERRA EOS AM- 1 (Earth Observing System) forma parte de una misión en la cual participan 3 países Estados Unidos, Canadá y Japón. Tiene una capacidad para registrar los cambios climáticos y de la atmósfera, con una precisión adecuada para realizar un pronóstico a corto plazo.

Su vida útil se estimaba en 6 años, pero después de 15 años en órbita, Terra todavía recoge datos importantes de nuestro planeta, de la atmósfera, la tierra, la nieve, el hielo, los cambios climáticos, el impacto de la actividad humana y los desastres naturales.

Gira alrededor de la Tierra a 705km de altura, de manera sincronizada con el Sol, y va del polo norte (53°N) al polo sur (53°S), describiendo una trayectoria helio sincrónica descendente. Su órbita tiene una duración de 98,1 minutos y pasa por el ecuador a las 10:30 A.M. El tamaño de este satélite es de 3,5 x 6,8 metros y su peso es de 5.200 kg. tiene una potencia de 2530 watt (promedio) y la velocidad de datos de los sensores es de 18,545 kb/s (promedio).

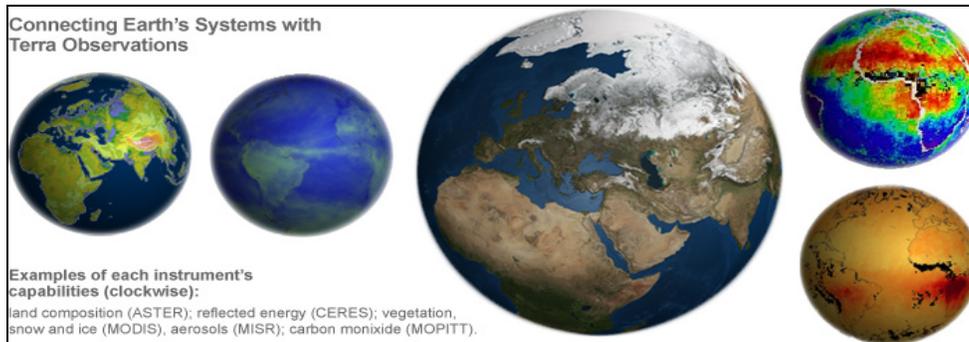


Predicción de pasada del Satélite Terra del día 14 de Junio 2015
(Fuente: http://www.ssec.wisc.edu/datacenter/terra/GLOBAL2015_06_14_165.gif)

Dado que se concibió como un centro de investigaciones, lleva a bordo cinco sensores y cada uno de estos tiene características únicas, que le permiten satisfacer una amplia gama de objetivos científicos. Los cinco sensores anteriormente mencionados, son los siguientes:

- **Radiómetro Espectral con Imágenes de Resolución Moderada (MODIS):** Sensor pasivo que transmite datos en 36 bandas, que van desde espectro visible hasta el infrarrojo térmico. Posee una resolución espacial moderada (250 metros 2 bandas, 500 metros 5 bandas y 1 km 29 bandas). Hace observaciones de la tierra cada 1 – 2 días con un ancho de barrido de 2.330 km. Los datos de MODIS se usan para derivar varios productos: índices de vegetación, cobertura de la superficie terrestre, ocurrencia y temperatura de incendios, cobertura de nubes, concentración de aerosoles, hielos y nieve.
- **Radiómetro Espacial de Emisión y Reflexión Térmica Avanzado (ASTER):** Obtiene imágenes de la tierra en 14 bandas espectrales: visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta e infrarrojo térmico. Tiene variadas aplicaciones en geología, recursos no renovables, elaboración de mapas en detalle con la temperatura de la superficie terrestre, reflectancia y elevación.
- **Sistema de Energía Irradiada por la Tierra y las Nubes (CERES):** Consta de dos radiómetros de banda ancha, que miden el balance de radiación terrestre, estimando la radiación reflejada y emitida por la atmósfera, desde la superficie hasta el tope de la misma. Provee estimaciones de las propiedades de las nubes, tales como: altura, espesor, cantidad y tamaños de partículas. Estas mediciones, muy precisas, son esenciales para entender la predicción del calentamiento global, usando modelos climáticos.
- **Mediciones de Contaminación en la Tropósfera (MOPITT):** instrumento diseñado para el conocimiento de la atmósfera baja y en particular, observar cómo interactúa con la biósfera terrestre y oceánica. Éstos se usan para medir y modelar las concentraciones de metano y monóxido de carbono en la tropósfera, obtener perfiles de monóxido de carbono, medir la columna de metano en la tropósfera y generar mapas globales de distribución de metano y monóxido de carbono.
- **Radiómetro Espectral con Imágenes Multiangulares (MISR):** Toma imágenes simultáneamente en nueve direcciones distintas. Esta cualidad permite monitorear cantidad y tipo de aerosoles atmosféricos, cantidad, tipo y altura de las nubes y distribución de cobertura terrestre, incluyendo el follaje.

Proveen información para fines distintos: rojo e infrarrojo cercano, cobertura vegetal y aerosoles marinos; verde, propiedades de reflexión (albedo); azul, distribución del tamaño de los aerosoles y las cuatro bandas, color del océano.



*Tipo de Imágenes de los 5 sensores del Satélite Terra
(Fuente: <http://terra.nasa.gov/>)*

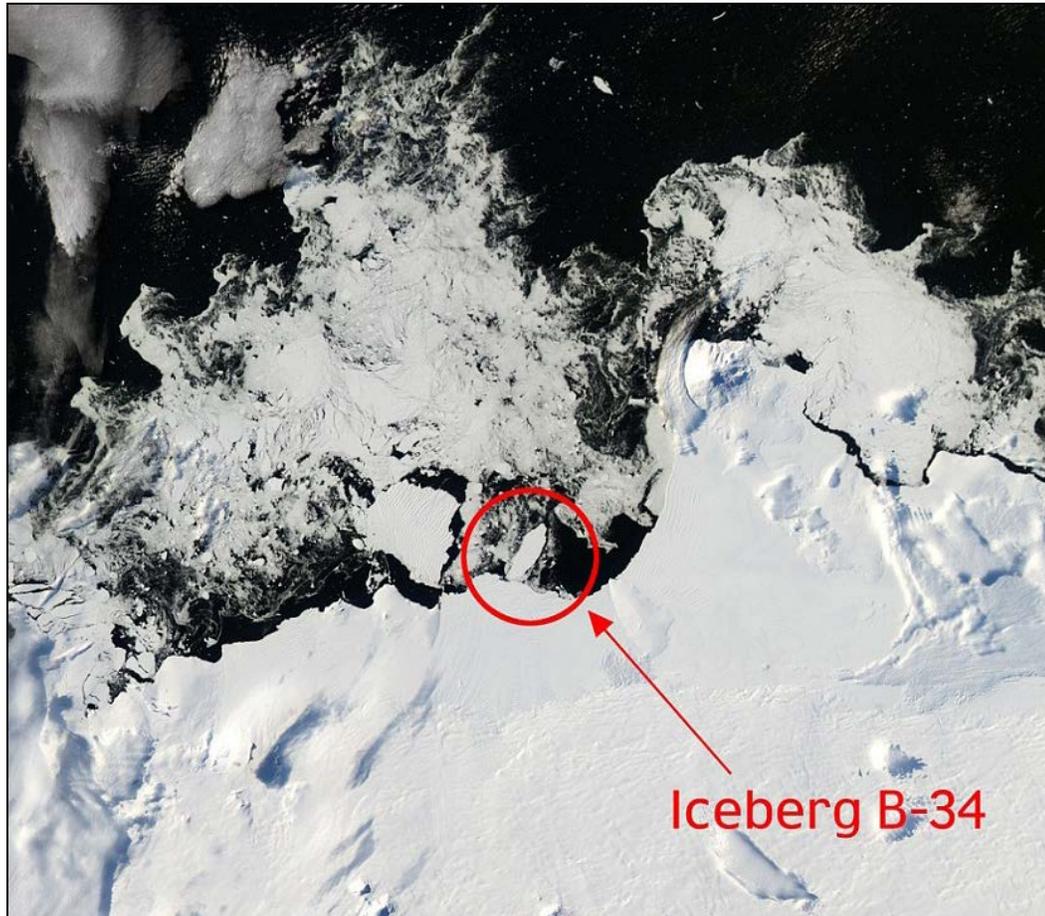
Los cinco sensores de Terra comparten una plataforma, que recogen las observaciones complementarias de la superficie y la atmósfera de la Tierra. Éstas diferentes perspectivas de un mismo instante, pueden ayudar a obtener una visión única de los procesos que conectan los sistemas de la Tierra.

El Satélite Terra cuenta con el sensor MODIS, que provee imágenes de la superficie terrestre y nubes en 36 bandas espectrales discretas, desde aproximadamente 0,4 a 14,4 μm , y que se encuentra en los satélites Terra y Aqua. Algunos objetivos de la observación de la superficie terrestre son el estudio global de la vegetación y la cubierta terrestre, cambios globales de la superficie terrestre, propiedades de la vegetación, albedo de la superficie, temperatura de la superficie, cubierta de nieve y hielo, sobre una base diaria o casi diaria. La resolución espacial del instrumento MODIS varía con la banda espectral y los rangos van desde los 250 m a 1 Km en el nadir (Hall et al, 2002). MODIS está diseñado para proveer vistas globales de procesos de la Tierra con un ancho de barrido de 2.330 Kilómetros, lo que le permite captar la totalidad de la superficie de la tierra cada 2 días.

Hay 44 productos de datos estándar de MODIS para el estudio de los cambios globales, utilizados en una gran variedad de disciplinas, entre la cuales se encuentra la oceanografía, biología y ciencias atmosféricas, la mayoría de los usuarios obtienen los productos pidiéndolos a través de un sistema de clasificación. Los usuarios con un receptor apropiado de banda "X", pueden capturar los datos regionales directamente del satélite, usando la transmisión directa de la señal.

Los productos de interés para la Antártica, son los siguientes:

- Criosfera
 - MOD 10 – Cobertura de nieve en la tierra.
 - MOD 29 – Cubertura de hielos sobre el mar.



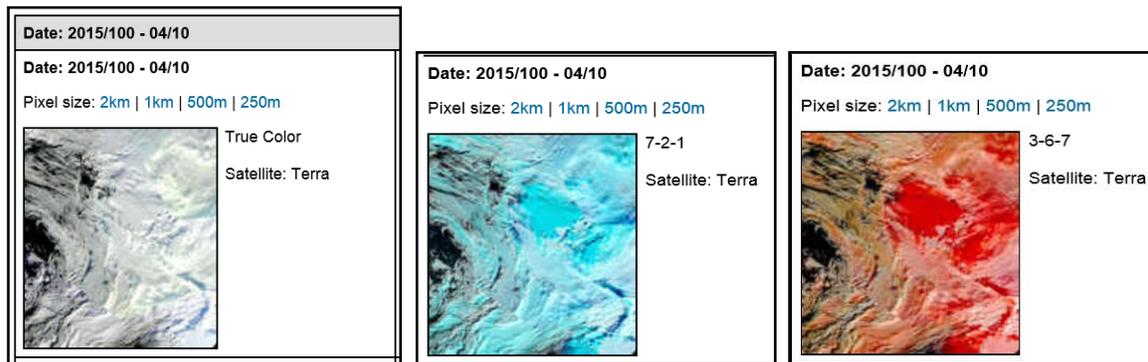
<http://static3.renovablesverdes.com/wp-content/uploads/2015/05/nasa.jpg>

Para ver más en detalle cada de estos productos del MODIS, se puede ingresar a http://nsidc.org/data/modis/data_summaries, la página corresponde a la NSIDC (National Snow and Ice Data Center), en donde va explicando las características de cada subdivisión de los productos mencionados anteriormente, relacionados con lo que es hielo y nieve.

En la página web de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante <http://web.directemar.cl/met/jturno/indice/index.htm> el Jefe de Turno del Centro Meteorológico puede cargar diferentes tipos de información meteorológica, como pronósticos marítimos, cierres de puertos, imágenes satelitales, etc. En el punto 6 de esta página web se encuentran los “vínculos externos” a otros

Organismos Oficiales y afines, en el que si se dirigen donde dice “imágenes de los satélites NASA” (TERRA y AQUA): sobre el Territorio Antártico, Norte, Centro, Sur de Chile y Campos de Hielo; mosaicos infrarrojos NOAA: Global, Hemisferio y Polo Sur, podremos observar la información de la Antártica que es de interés.

El satélite TERRA muestra por defecto 3 imágenes: la de espectro visible real (True Colors), la combinación de bandas 7-2-1 (NIR, Near Infra Red) y por último las bandas 3-6-7 (SWIR, Short Wave Infra Red). De acuerdo a su temperatura de brillo, es posible discriminar el tipo de nubosidad, por su forma y contenido, además de la cobertura de hielo y nieve (en colores grises y blancos o por la intensidad de las tonalidades azules y rojas).



Imágenes MODIS TERRA del 10 de abril 2015 (día N°100 orden correlativo del año) <http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=antarctica&subset=PalmerStation2.2015100>

MODIS, ha sido una herramienta con la cual se ha podido estudiar en detalle, el comportamiento de cobertura de hielos en los polos y el fenómeno de deshielo a causa del calentamiento global, producido por la emisión de gases de efecto invernadero, liberados hacia la atmósfera tras la quema de combustibles, lo que no resulta indiferente para la población mundial.

Referencias:

1. http://www.ssec.wisc.edu/datacenter/terra/GLOBAL2015_06_14_165.gif
2. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_modis.pdf
3. http://nsidc.org/data/modis/data_summaries
4. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis123.pdf>
5. <http://www2.udec.cl/~mgomezcz/tesis>
6. http://lance_modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=antarctica&subset=PalmerStation2.2015100
7. <http://web.directemar.cl/met/jturno/indice/index.htm>