

OCEANOPOLITICA Y TECNOLOGIA ESPACIAL

Hernán Ferrer Fougá*
Capitán de Navío**

*“El que niega el progreso es un impío; el que niega
el progreso niega la providencia,
pues providencia y progreso no es más que uno
de los nombres humanos del Dios Eterno.*

Víctor Hugo.

1. Nace la investigación científica marina. Sus inicios y contenidos.

Los primeros atisbos, dados por la comunidad internacional en el campo oceánico para poder llegar a desentrañar la realidad dinámica y bullente del fascinante escenario acuático, inserto sobre las cuencas del Planeta Azul,¹ luego de los epopéyicos viajes del descubrimiento iniciados por España, en particular por intermedio de Colón (1492), y Sebastián Elcano (1519), comenzaron sólo a partir de las expediciones científicas del siglo XVIII, entre las cuales cabe destacar los tres periplos transpacíficos del Capitán inglés James Cook (1768-1779), más los viajes de La Perouse (1785-1788) bajo la enseña de la flor de lis, para terminar con

la de Alejandro Malaspina (1789-1793) entre las comisionadas por España.²

En esencia no se trataba ya de lograr únicamente un debido conocimiento geográfico del orbe con fines hidrográficos, si no de obtener una acabada ilustración científica en relación a la aplicación en la naturaleza de los nuevos descubrimientos físicos y químicos, que de acuerdo a sus leyes iban siendo revelados por sabios europeos, más una prospección de los recursos vivos y minerales.

Ya en la centuria siguiente la mayor parte de las Armadas de prestigio institucionalizaron la investigación marina como una actividad orgánica permanente, además de las ciencias clásicas sobre hidrografía y astronomía, habiendo marcado un hito la reputada expedición del HMS *Challenger*

* Magno Colaborador, desde 1991.

** **N. de la D.** Integró la delegación nacional a la “Tercera Conferencia sobre el Derecho del Mar”, en la sede de la organización de las Naciones Unidas, en décadas pasadas, proceso en el cual se negoció y sistematizó el actual texto de la “Convención del Derecho del Mar, ONU-82”, habiéndose desempeñado, en particular, como Jefe de Representación ante su Tercera Comisión, referida a la Investigación Científica Marina, a la Transferencia de Tecnología Marina y a la Contaminación Marina.

¹ Nuestro planeta ha sido denominado así por los astronautas, dado que dicho tinte lo cubre al ser observado desde el espacio, circunstancia que proyecta la tonalidad de los océanos y mares (70,8% de la superficie de la tierra) al combinarse con la atmósfera, pareciendo confirmar con ello nuestra realidad marítima global ya que en rigor y en esencia habitamos el “Planeta Agua”, lo que así podría ser comprendido y nominado si fuésemos visitados por seres extraterrestres, los cuales resaltarían la mencionada particularidad.

² Entre dichas expediciones deben sumarse la de los españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1735), más las de Ruíz y Pavón (1781), la de Antonio de Córdova (1785). Por Francia, Bougainville (1766 a 1769) y por Inglaterra las de J. Byron (1764) y las de S.Wallis y F.Carteret (1767).

Debido a lo expresado los oficiales hidrógrafos debían tener una gran capacidad de dibujo para captar las nuevas realidades de todo orden, aunque las grandes expediciones contaban con técnicos para ello.

(1873-1876), la cual no sólo descubrió la existencia de los nódulos polimetálicos yacientes en los fondos abisales mas otros minerales, si no en particular sentó las bases de la oceanografía físico-química al examinar en forma pionera y visionaria el contenido de dióxido de carbono en el agua de mar, al margen de su alcalinidad y de otros elementos.³

Luego a mediados del presente siglo se vio la conveniencia de dividir la nueva ciencia de la oceanografía, según su aplicación física, química, biológica y geológica, a fin de poder particularizar en mejor forma los principios y las leyes que rigen a cada una de éstas a partir de las dos primeras.

Del mismo modo fue preciso descubrir las cadenas alimentarias y conocer los ciclos biológicos de las especies marinas, a fin de administrar ponderadamente su usufructo, al proteger dichos procesos sobre cuyas bases se mantiene la vigencia de la vida en el mar, más el mantenimiento de su diversidad genética.

Simultáneamente, en el campo de la geografía marina, se había sumado el beneficio de explorar el fondo y el subsuelo oceánico en relación con los yacimientos de minerales, como también en cuanto a los procesos tectónicos que tienen lugar en los márgenes continentales en su doble efecto tanto sísmico como de metalogénesis, en particular en relación a las dorsales mesoocéánicas y la consiguiente presencia de sedimentos polimetálicos.

Ante la situación descrita las organizaciones científicas marinas comprendieron en su oportunidad la ventaja del empleo creciente de satélites oceanográficos en el desarrollo de sus investigaciones y así necesariamente combinar la data obtenida con las observaciones de superficie, a fin de tener cobertura global y poder llegar a su vez a dar forma por contrastación a modelos válidos y comprobados.⁴

2. Conceptos Oceanográficos Básicos, Orientadores para determinar el empleo aplicado de Satélites en la investigación científica marina.

La "Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos vino conjuntamente con la "Asamblea General de la ONU" en aprobar el estudio dispuesto como resultado de la Segunda Conferencia Internacional sobre la materia (UNISPACE-82), intitulado "Aplicación de la Tecnología Espacial para el Aprovechamiento de los Recursos Oceánicos", el que fue fundamentalmente planeado en beneficio de los países que aún no han fomentado un uso intensivo de la tecnología espacial para el aprovechamiento de los recursos, tal cual los en desarrollo

El referido examen fue preparado utilizando 39 publicaciones de los más destacados científicos a nivel internacional que se encuentran dedicados exclusivamente a la ciencia espacial y dentro de ésta la oceanografía y otras aplicaciones marítimas de los satélites, incluida la prospección de los recursos marinos; por dicha razón y en una apretada síntesis se señalan a continuación sus conceptos centrales, dado que permiten clarificar extraordinariamente las posibilidades oceanopolíticas presente y futuras que inciden en el empleo de estos innovadores medios en relación a sus capacidades tecnológicas.⁵

Oceanografía Física.- Las frecuencias de la gama azul y verde del espectro son las únicas que penetran el agua del mar a la mayor profundidad que le es concebible lograr a las ondas electromagnéticas y así hacen posible obtener información diversa, tal cual su grado de turbiedad. Visto que otras gamas no pueden hacerlo sólo acusan data de superficie, entre éstas últimas la presencia de vegetación.

Por otra parte al utilizarse las bandas amarilla y roja se logra obtener capacidad de penetración intermedia, lo cual permite completar a diferentes niveles la información bajo la superficie.

³ Como es sabido el carbono juega un rol fundamental dentro de la interacción mar-atmósfera y por lo tanto en la regulación del hábitat humano, hoy en día amenazado por el recalentamiento de esta última, provocado por los gases del efecto invernadero. De lo anterior depende el equilibrio energético de transferencia y que regula la temperatura global, lo que reafirma la importancia de los satélites oceánicos como sensores.

⁴ El "Comité Científico de Investigaciones Oceánicas" SCOR, fue pionero en la iniciativa sobre el empleo de satélites en este caso con fines oceanográficos.

⁵ Publicación "Naciones Unidas, Asamblea General" del 2 de febrero de 1993 de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.



LOS MARES SE ASFIXIAN

En esta foto satelital, los colores representan los distintos niveles de fitoplancton del mar Mediterráneo y mar Negro. El azul indica el nivel normal de nutrientes; los colores anaranjado y rojo delatan el florecimiento de algas que consumen el oxígeno requerido por el fitoplancton, transformando las aguas en un desierto incapaz de soportar la vida. También indica los índices de contaminación por residuos y desechos, como sucede en el mar Negro (extremo superior derecho) cuyas aguas presentan un 90% de asfixia y su población de peces está extinguiéndose rápidamente. Similar situación ocurre en otros mares, de los que depende la humanidad para su supervivencia. (Worldwatch Institute).

Como ejemplo en fondos someros al emplearse emisiones en las primeras de las bandas aludidas (azul y verde) y aprovechándose la reflexión de la luz es viable obtener no sólo la profundidad, sino que la naturaleza del suelo marino.

También como derivado del análisis de la turbiedad del agua, respecto a ésta y a su distribución, es dable medir el grado de sedimentación en relación a la erosión en zonas costeras.⁶

La comparación entre sucesivas imágenes de satélite sobre el borde costero permite revelar los cambios ocurridos debido a la deposición o a la erosión, incluida la existencia de vegetación acuática estacional o de largo plazo.

Los dispositivos exploradores multispectrales pueden asimismo obtener imágenes de la radiación infrarroja termal y así clasificar los diferentes objetos con tonalidades diferentes dentro de una gama claro-oscuro, según la intensidad que irradian para ser graficada en color. Lo anterior permite relevar mapas que distinguen masas de agua de diferentes temperaturas y así detectar los

puntos de encuentro donde se entremezclan, al conformar desplazamientos corrientosos junto con la presencia de remolinos y la difusión de calor.

Otro método de lograr determinar el trazado de corrientes marinas es a través de fijar el nivel medio del mar haciendo uso de altímetros de radar.⁷

A su vez ha sido posible con el empleo del equipo anterior obtener un mapa topográfico del suelo marino, incluido sus accidentes geográficos, tales como fosas o cordilleras sumergidas, incluso a profundidades de varios kilómetros.⁸

Del mismo modo se ha logrado conocer información sobre el campo gravitacional de la Tierra.

Meteorología Oceánica. Clima e Interacciones. Los océanos poseen una gran capacidad de absorción de calor a través de masas de aire más calientes y por otra parte entregando calor al aire más frío, régimen de intercambio que determina las conductas climáticas.

Al ponerse como ejemplo el caso de la

⁶ Otro empleo de los satélites oceánicos se refiere a su aplicación en la oceanografía geológica, al hacer factible detectar a través de estudios aplicados los desplazamientos de las placas continentales. Al respecto se dice que Colón cuando culminó su primer viaje transatlántico hace 500 años, América estaba diez metros más cerca de Europa que hoy. (Revista Conocer N° 132 Enero 94, Geología P.13 Madrid, España).

⁷ En el caso de la Corriente del Golfo ha sido detectada y evaluada una gradiente de 1,5 metros.

⁸ Lo anterior se alcanzó luego que fuera puesto en órbita el programa de los satélites de la serie Seasat.

corriente del Golfo el agua tropical (caliente) fluye hacia el norte de Europa, proceso en el cual una gran cantidad de calor es transferido hacia la atmósfera. Es dicho desarrollo el que hace que los vientos tomen una mayor temperatura a través del Atlántico, estableciendo con ello las condiciones climáticas imperantes.⁹

Además debe considerarse que las corrientes circulatorias oceánicas no únicamente transportan calor en el plano horizontal, sino también en el vertical mezclando aguas tropicales de superficie con aquellas frías que se encuentran sumergidas a cientos de metros. Esta circulación vertical también se produce cuando las aguas frías polares se sumergen creando corrientes frías submarinas desde los polos hacia el ecuador.

Aunque la oceanografía de superficie "in situ", haya logrado conocer en gran parte los procesos anteriores, a través de investigaciones efectuadas desde buques y aeronaves a este respecto, la prospección satelital es irremplazable por ser el único medio que posee cobertura a nivel global, mas su posibilidad de trabajar en tiempo real y hacer uso de data directamente computarizada en relación a los procesos oceánicos que se encuentran en pleno desarrollo, capacidad que ya ha sido lograda en parte.¹⁰

El uso de satélites en el océano austral se acrecienta, porque existe una menor presencia de tráfico marítimo por razones climáticas, limitando la investigación científica a proyectos expresamente dispuestos, de preferencia en el período estival. La teledetección espacial suple entonces este vacío, ya que opera en todo tiempo y durante el transcurso del año, lo que ha permitido evaluar el proceso de ampliación y recogimiento del hielo en relación a su ciclo climático, más su aplicación a la navegación.¹¹

Los satélites al hacer posible evaluar los cambios en la circulación de masas de aguas oceánicas, según

las gradientes de temperaturas, permiten predecir procesos de esta naturaleza a escala transoceánica, tal es el caso de Chile, con "El fenómeno de El Niño", cuya influencia juega un papel importante para la economía nacional, tanto en cuanto a las capturas pesqueras, como a nuestro clima y por ende también a la producción agrícola del país.

Productividad biológica. La cadena alimentaria de los recursos hidrobiológicos se inicia y se apoya, como es sabido, en el fitoplancton oceánico, el cual a través del proceso de fotosíntesis produce las materias orgánicas que hacen posible la existencia del ciclo ecológico, haciendo uso de la energía solar.¹²

Adicionalmente el fitoplancton juega un importante papel en el ciclo global del carbono al removerlo de la superficie del mar y ser repuesto por dióxido de carbono proveniente de la atmósfera. Parte del carbono orgánico producido por el fitoplancton se sumerge y se deposita en el suelo marino.¹³

El color del agua de mar varía según las concentraciones de fitoplancton existentes.¹⁴ Al respecto éste se encuentra directamente relacionado con su productividad biológica, siendo verde las regiones costeras ricas en clorofila y azules las con baja presencia de plancton de este orden.

Aunque la exactitud del satélite es muy inferior a las muestras de color de pigmentos de fitoplancton, obtenido por buques de investigación en la recolección de muestras de superficie, el empleo del primero es necesario por igual dada su extensa capacidad de recubrimiento oceánico, con todo lo que ello significa para las evaluaciones dinámicas ulteriores.¹⁵

El análisis dinámico sobre la conducta del fitoplancton también requiere de hacer posible ponderar la intervención simultánea de otros factores intervinientes, tales como la temperatura

⁹ Se calcula en 10,15 watts la energía que se produce a través de este proceso, rendimiento que equivale a la producción media de un millón de Plantas de Poder.

¹⁰ Lo anterior desde el año 1991 con el satélite ERS-1.

¹¹ El proyecto alemán de uso de satélites para la exploración del hielo que opera desde la Base O'Higgins ha sido de gran utilidad para apoyar la navegación marítima en el mar de Weddell y en particular hacia la barrera de hielos de Filchner, periplo que cumple periódicamente en verano su navío de investigación "Polarstern".

¹² Los oceanógrafos requieren también conocer porqué razones factores tales como la luz solar y la concentración de nutrientes influye en el proceso de la fotosíntesis.

¹³ Para ser dable conocer el papel del carbono en su ciclo global es indispensable poder contar con cobertura geográfica de este orden, lo que hace que el uso de satélites sea indispensable.

¹⁴ El ciclo de vida del fitoplancton es de alrededor de 2 a 5 días.

¹⁵ El satélite Nimbus-7 con su explorador (scanner) cromático de zonas costeras logra cubrir, a modo de ejemplo, 2 millones de kilómetros cuadrados de área marítima.

del agua de mar y la radiación solar y así poder evaluar en forma mas exacta el rol que juegan los organismos marinos en el ciclo global del carbono.

Control de la Contaminación Marina. El empleo de satélites ha venido en demostrar la capacidad que éstos poseen para monitorear una variedad de procesos costeros, tales como la presencia de la erosión, de la diseminación de sedimentos, de descargas orgánicas, de aguas anóxicas, de desechos, de basuras, de agentes químicos, de materiales tóxicos y del crecimiento de algas indeseables a causa de su intoxicación ante la presencia de los agentes mencionados. Además efluentes de agua caliente pueden producir efectos nocivos a los recursos vivos marinos.

Los satélites poseen también capacidad de monitoreo oceánico de grandes manchas de petróleo al informar permanentemente sobre su desplazamiento y evaluación, junto a los datos del viento y de la corriente reinante, no así en todos los casos de manchas de aceite, dado su efecto sobre la superficie del agua.¹⁶

Monitoreo del Hielo. Los satélites de órbita polar representan el sistema de teledetección más conveniente para controlar en forma regular las condiciones vigentes del hielo polar, más aún en caso que estos estén dotados de radar y altímetros que hagan posible la detección en todo tiempo.

Los satélites provistos de altímetros de radar permiten el monitoreo de mesetas de hielo a largo plazo en relación a sus cambios climáticos, al hacer posible evaluar las variaciones en su masa, su extensión universal y su repliegue estival, más el estudio en nuestro caso de la dinámica de la circulación de la Corriente Circumpolar Antártica.¹⁷

Otros usos satelitales.

Navegación y Telecomunicaciones Marítimas. Al margen de las aplicaciones oceanográficas y de los recursos marinos antes citados, los satélites cumplen otras importantes funciones las que

se vienen utilizando con anterioridad a las primeras en muchos casos, tal cual en una breve referencia se citará.

Sistema de posicionamiento, G.P.S. (Global Position System). Según es muy conocido ya, permite registrar posiciones geográficas terrestres a través de señales de satélites, con desviaciones no mayores de algunos milímetros en muchos casos. Lo anterior mediante su recopilación digital puede ayudar a obtener una minuta topográfica o bien coadyuvar a una segura navegación marítima bajo todas condiciones climáticas.

Apoyo a la Navegación a través del ruteo. De acuerdo a informaciones internacionales durante y a partir de la pasada década las empresas de transporte comercial marítimo se encuentran haciendo uso de los satélites con fines de navegación y de acuerdo a un estudio, de 25 viajes efectuados entre California y Japón, dicho servicio permitió un ahorro medio por travesía transoceánica de 20 horas.¹⁸

La Organización Internacional de Satélites Marítimos. Como es sabido ésta depende de la Organización Marítima Internacional (IMO) y permite no únicamente mantener un enlace de radio permanente y seguro para fines de navegación en diferentes emisiones, sino también servir para los propósitos de "búsqueda y rescate marítimo", la difusión de pronósticos climáticos y recibir los avisos de alarma temprana ante la presencia de catástrofes naturales incluidas tormentas.

Aplicaciones para las Pesquerías. Estas corresponden a un derivado generalmente de aquellas orientadas a la oceanografía y que ya han sido expuestas, basadas en la medición de diagramas de temperaturas del agua de mar y de ahí determinar áreas de surgencias y de otras ricas en nutrientes y por lo tanto vinculadas a la presencia de determinados peces, según recuentos existentes.¹⁹

¹⁶ La referencia ha sido tomada en particular en relación al ERS-1 y a su capacidad sensorial para estos efectos. Al respecto dicho satélite detecta a través de nubes, no así el Landsat y el Spot cuyo recubrimiento orbital también es menor.

¹⁷ Se refiere primero a los satélites de los E.U.A. Geos-3 Seasat y Geosat, aunque su cono de recubrimiento es limitado, ya que alcanzó únicamente hasta la latitud de los 72°. Luego considera a partir de 1991 la presencia del ERS-1 el cual alcanza los 82° de cobertura norte y sur y así por primera vez se obtuvo el relevamiento de gran parte de la meseta antártica, incluyendo las Barreras de Filchner y Ronne en el Weddell y la del mar de Ross, mas el sector occidental de la Antártica.

¹⁸ Op.Cit. (5) p.23 "Shipping Operations". Otras operaciones exitosas han sido aquellas empleadas para apoyar el tráfico en rutas árticas (Northwest Passage, etc.)

¹⁹ El satélite Nimbus-7 ha permitido con su censor CZCS, descubrir áreas de surgencia de alta productividad pesquera.

3.- Características Generales de los Satélites de Exploración Oceánica.

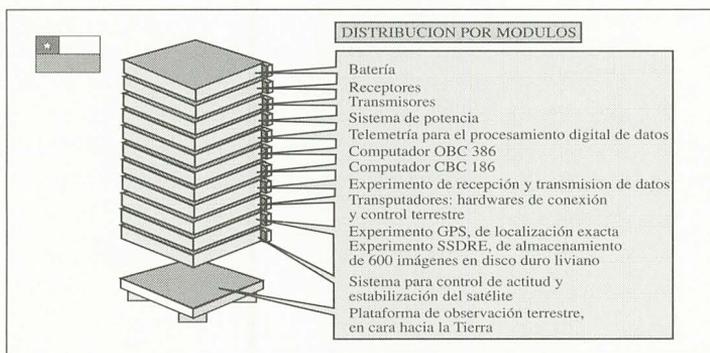
Nominación	Descripción
Serie GOES	- E.U.A. Satélite Meteorológico- ambiental Geoestacionario. Opera sobre el ecuador a una altitud de 36.000 kilómetros y cada 20 minutos entrega una nueva imagen captada. Su cobertura terrestre alcanza hasta la latitud de los 70°.
TIROS	- E.U.A. Satélite Meteorológico en órbita polar operado por la "Administración Nacional Oceánica y Atmosférica" (NOAA).- Emplea el importante sensor AVHRR (Radiómetro Avanzado de muy Alta Resolución). Su baja órbita alcanza los 1.000 Kms. y proporciona una cobertura completa una a dos veces al día. 125 países utilizan su información meteorológica. ²⁰
GEOS-3	- E.U.A. Satélite oceanográfico lanzado en 1975 habiendo sido el primero en el mundo en poseer capacidad para determinar la circulación oceánica global, más la observación y datos de las olas y el viento.
SEASAT	- E.U.A. Lanzado en 1978 habiendo portado el primer radar con imagen para el estudio de las olas y el hielo, más un medidor basado en la dispersión a fin de poder medir la velocidad y dirección del viento.
NIMBUS-7	- E.U.A.. Lanzado en 1978 y provisto de un perfeccionado altímetro de radar y de un explorador cromático multiespectral 9CZCS.), diseñado específicamente para efectuar relevamientos oceanográficos y de la zona costera. Posee seis bandas de emisión y capacidad de comparación entre las emisiones azul y verde, a fin de determinar la existencia de pigmentos en el fitoplancton.
GEOSAT.	- E.U.A. Lanzado en 1985 prosee un altímetro de radar de precisión. Su propósito ha sido obtener un mapa global detallado sobre el nivel medio del mar, para lo cual describe una órbita fluctuante. Mientras estuvo operando obtuvo importantes informaciones sobre hielos y tierra, en particular de la Antártica.
COSMOS	- Federación Rusa. En 1979 lanzó el Cosmos 1076 y en 1980 el Cosmos 1151, ambos equipados con un explorador y un radiómetro de infrarrojo para medir la temperatura de la superficie del mar y de un sistema de retransmisión de las señales captadas a boyas ubicadas en la superficie.
COSMOS 1500 1602 1766 1869 OKEAN 1 2 3	- Federación Rusa. En 1981 lanzó el Cosmos 1500 equipado con un radar captador de imágenes para apoyar la navegación marítima en el océano Artico, el que opera en la banda X. Posee un explorador multiespectral y un radiómetro multicanal para medir la temperatura de la superficie del mar. Se sumaron más tarde los siguientes satélites de la serie con características similares: Cosmos 1602 (1984), 1766 (1966), 1869 (1987) y Okean 1 (1988), 2 (1990) y 3 (1991). Estos satélites han hecho posible confeccionar un mapa de hielo y descubrir un paso marítimo ártico al norte de Siberia y en la Antártica un mapa similar. Entre otros logros detectaron, en 1984, el huracán tropical Diana.

²⁰ A pesar que la meteorología moderna es una ciencia muy dominada por los profesionales del ramo, aún se requiere efectuar importantes estudios a nivel global para conocer los efectos que producen los océanos, en su carácter de depósito de calor en relación a la atmósfera.

MOS-1A MOS-1B	- Japón. Fue lanzado en 1987 y representa su primer satélite de observación oceánica, en 1990 lo siguió el MOS-1B, ambos portan un explorador multiespectral integrado además como radiómetro (MESSR). Posee una alta resolución y repite su cobertura orbital cada 17 días y la data obtenida se encuentra al alcance de la comunidad científica internacional. Entre sus logros está el haber detectado el área anóxica de la laguna de Venecia, Italia. ²¹
JERS-1	- Japón. Corresponde a un satélite para la prospección de recursos terrestres y fue lanzado en 1992. Posee un explorador multiespectral y un sistema de radar de imágenes de alta resolución (20 metros). Emplea: 3 bandas del espectro visible y 4 cercanas al infrarrojo. Su aplicación es dual, marítima y terrestre, y tiene capacidad para utilización pesquera, de protección del ambiente y de alarma temprana para alertar sobre zonas de catástrofes.
ERS-1 ERS-2	- Unión Europea. Fue lanzado en 1991 y su aplicación es netamente oceánica. Su censor principal denominado AMI, corresponde a un instrumento activo de microondas de dos sistemas radáricos, uno de imágenes y otro que mide por dispersión la velocidad y dirección del viento. Posee también capacidad de operación en todo tiempo y mide la temperatura del agua de mar, la presencia de hielos, la altura y fuerza de las olas y obtuvo ya un mapa topográfico de la Antártica. El ERS-2 será lanzado el presente año (1995) para seguir más tarde con los satélites Envisat-1 y Metop-1, en cooperación con E.U.A.
TOPEX POSEIDON	-E.U.A. Francia.- Fue lanzado en año 1992 y está dirigido al estudio de la circulación oceánica global, en particular para apoyar el proyecto WOCE (Experimento sobre la Circulación Oceánica Global) y su influencia en el proceso climático mundial, incluida la propagación de calor del ecuador hacia los polos. Otros estudios son sobre el calentamiento atmosférico y su relación con el océano y el intercambio de dióxido de carbono entre éste y la atmósfera. Este satélite posee nuevos equipos láser de alta precisión para fines de localización, tanto un GPS (norteamericano) como también un sistema doppler (francés) denominado DORIS. ²²
RADARSAT	Canadá. Será lanzado el presente año (1995) y su aplicación es dual (terrestre-oceánica) con una cobertura total sobre el ártico desde los 75º de latitud hasta el Polo Norte con cubrimiento diario y sobre los 50º norte cada tres días.

²¹ Japón ha entrado de lleno en la carrera espacial, su lanzador H-II le permite colocar satélites hasta de dos toneladas de peso en órbita geoestacionaria. Sus próximos satélites son el OPEX parecido a un platillo volante. En 1996 colocará en órbita un satélite avanzado para medir con precisión el ozono atmosférico. Japón ya está construyendo su propio transbordador espacial el HOPE, capaz de transportar varias toneladas hacia su futura estación espacial FREEDOM.

²² En la actualidad el dióxido de carbono (CO) contiene 365 parte por millón de concentración atmosférica, un 27% superior al que poseía en la era preindustrial, en particular debido al alto consumo de combustibles fósiles. Al respecto deberá considerarse que, de la misma forma que los cristales de un invernadero no dejan escapar parte de la energía solar que penetró en su interior, los gases termoactivos atrapan la energía infrarroja que emite la Tierra, una vez que ella ya ha recibido la radiación proveniente de esa fuente.



El hardware del FASat-Alfa permitirá monitorear también la capa de ozono, además de la transferencia de data almacenada en el computador.

Un tercer experimento consiste en un sistema de imágenes terrestres captadas con una resolución de 200 metros.

Estas se almacenarán en su computador experimental "Lockheed Sanders" con capacidad para 600 de ellas.

Su Plataforma de Observación Terrestre tiene como componentes una cámara de campo amplio, otra de campo angosto, dos cámaras de ozono, un sensor solar y un par de magnetómetros.

4. Características Puntuales de los Satélites Oceánicos.

Meteorología.

- Determinar la formación y el desplazamiento de frentes meteorológicos y de zonas de inestabilidad atmosféricas de cambio rápido y a gran escala.
- Difundir pronósticos meteorológicos y avisos de alarma temprana ante fenómenos naturales que puedan provocar una catástrofe.
- Traqueo del desplazamiento de los huracanes con estimaciones muy precisas sobre la ubicación del ojo de la tormenta y de la velocidad y dirección del viento sobre el mar y el aire.

Pesca.

- Precisar la ubicación de zonas de concentración de especies de alto rendimiento.
- Señalar la situación de las áreas de concentración del plancton y su desplazamiento.
- Igual al anterior en relación al fitoplancton y, por derivación, las zonas de concentración de peces.
- Evaluar la cantidad de clorofila existente en las aguas superficiales y su relación con el crecimiento de algas.
- Analizar el florecimiento de las algas en la zona costera.

Navegación y Telecomunicaciones

- Apoyar las travesías marítimas en relación a la ruta de navegación para reducir su duración.
- Mantener el enlace radial en diferentes emisiones.
- Hacer posible el control sobre la Zona Económica Exclusiva para fines pesqueros y de navegación. Esta función incluye detección,

localización, clasificación, identificación, evaluación, resolución e instrucciones.

- Asistir al Servicio de Búsqueda y Rescate y dar seguridad a la navegación.
- Capacidad para determinar el tamaño, el rumbo y la velocidad de las naves y así contribuir al ordenamiento del tráfico en zonas focales o de confluencia según diagramas.
- Ruteo de la navegación en zonas de hielo.

Oceanografía Física.

- Obtención de los parámetros físicos del agua de mar; en particular su temperatura.
- Altura de las olas, su dirección y en general el estado del mar.
- Nivel del mar, sus variaciones.
- Dirección y fuerza del viento.
- Circulación oceánica, corrientes y surgencias.
- Dirección y velocidad de las corrientes marinas como parte del anterior.

Oceanografía Química.

- Datos químicos sobre el agua de mar, su calor, turbiedad, detección de aguas anóxicas.

Manchas de Petróleo - Contaminación.

- Detección y ploteo de manchas de petróleo y en algunos casos de aceite.
- Relevamiento de áreas marítimas contaminadas, en particular en aguas restringidas o en la Zona Costera.
- Presencia de efluentes tóxicos y contaminantes en la Zona Costera.

Hielo.

- Rutear la navegación de superficie a través de zonas heladas y detectar formaciones de hielo nuevo y viejo (más duro) y que puede representar una mayor amenaza a la navegación.

- Identificar campos de hielo.
- Estimación de la profundidad de los glaciares y de su espesor.
- Pronósticos de hielo para buques indicando el límite de acceso a ciertas áreas.
- Detección de témpanos.

Amenazas de Catástrofes.

- Aviso oportuno sobre la amenaza y desplazamiento de tormentas tropicales dinámicas, (Tifones, Huracanes, etc.) más olas sísmicas, de acuerdo a sus propios sistemas de alarmas y como elemento complementario.

Zonas Costeras.

- Protección ambiental e Identificación de cargas y efluentes contaminantes, en particular de orden químico.
- Detección de aguas anóxicas (su proporción de oxígeno se encuentra disminuida).
- Detección de la presencia anormal de algas.
- Detección de la erosión y sedimentación.
- Monitoreo para apoyar su administración.

Biología Marina.

- Presencia de plancton en el agua de mar, su concentración y desplazamiento.
- Determinación del fitoplancton.
- Determinación de concentraciones de peces.

Recursos Petroleros.

- Dar seguridad a la explotación de petróleo y gas de los proyectos Costa-afuera.

Geología.

- Determinación de la topografía del suelo marino y de otros mapas topográficos.

- Relevamiento de áreas geográficas costeras y determinación de cotas sobre el nivel medio del mar y la profundidad aproximada.
- Teledetección sobre el desplazamiento tectónico interplacas.
- Detección de erupciones volcánicas.
- Detección de la aparición de nuevas islas.

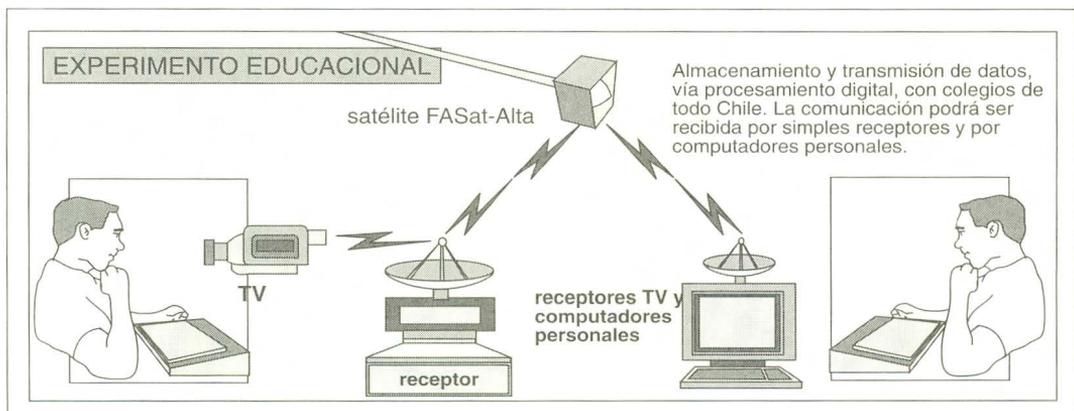
5. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la teledetección Oceánica.

Tal cual es conocido, dicha organización promueve un profuso empleo de la medición remota de la Tierra, por intermedio de satélites y de otros vehículos espaciales directamente relacionados con programas de estudios del medio ambiente y de los recursos vivos y minerales, más el empleo de otras técnicas convencionales, para cuyos efectos cuenta con la siguiente subdivisión orgánica:

- División de Ciencias Ecológicas.
- División de Ciencias de la Tierra.
- División de Ciencias del Agua.
- División de Ciencias Marinas.
- Secretariado de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental.

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental y sus Programas de Investigación. (IOC).²³

Sobre el particular, el empleo de satélites con fines oceanográficos ha sido considerado dentro de los siguientes programas, los cuales en resumen corresponden a:



Este servicio experimental permite que los estudiantes puedan desarrollar actividades de traqueo de satélites y analizar la telemetría del mismo, especialmente la relativa a aspectos eléctricos y termodinámicos.

²³ Las siglas por razones de su empleo internacional han sido consideradas en su ordenamiento en idioma inglés.

- Sistema Global Integrado de Actividad Oceánica IGOSS. Es desarrollado por la IOC. en estrecha vinculación con la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y su programa WWW de vigilancia meteorológica a nivel global.²⁴
- Sistema de Intercambio de Data Oceanográfica IODE. Se lleva a efecto con la participación de todos los países miembros de la IOC, bajo parámetros y codificación estandarizada dando forma a toda una estructura internacional de este orden.
- Sistema de Investigación Cooperativa de Ciertas Areas Oceánicas CINECA. Cubre el Atlántico Septentrional y Central oriental más el Océano Austral.
- Investigación Global de la Contaminación del Medio Ambiente Marino. (CIPME). Bajo el control de la IOC ha logrado una creciente efectividad, en particular para monitorear descargas industriales y domésticas en las zonas costeras y, en mar abierto, manchas de petróleo.

La Organización Meteorológica Mundial (WMO).

Esta representa la institución pionera en el uso de satélites y en su caso puntual para fines meteorológicos, artefactos que necesariamente deben ser divididos entre aquellos de órbita polar (Serie Tiros de los E.U.A.), provistos de cámaras fotográficas, más los destinados a programas ambientales (serie SMS).²⁵

Ahora en cuanto a su empleo, es del caso considerar en particular el "Programa Global de Investigación Atmosférica" (GARP), el cual fue puesto en operación por la WMO en conjunto con el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU), a fin de estudiar los procesos físicos en la tropósfera y estratósfera que son esenciales para llegar a comprender ciertas conductas pasajeras o transitorias de la atmósfera en su vinculación con los cambios climáticos, como también determinar las propiedades de su circulación en relación con el clima.

El mencionado programa GARP ha sido subdividido en los siguientes subprogramas: - Global - Tropical - Interacción aire-superficie (Jasin) - Radiación - Monzones (Monex) - Polar (Polex) - Dinámica del Clima - Experimento sobre

la transformación de las masas de aire (Amtex) - Experimento Completo sobre Energéticos (Caenex).

6. Nuevos Programas Integrados Meteorológicos y Oceanográficos con Empleo Orgánico de Satélites.

Dado que los océanos intercambian energía con la atmósfera incidiendo en forma permanente en las condiciones climáticas, además que ambos poseen sus propias circulaciones internas, el primero sobre la base de una transferencia permanente de masas de aguas de diferentes temperaturas en los planos horizontal y vertical y el segundo dando forma al desplazamiento de masas de aire ante la existencia de la acción termal y las gradientes barométricas consiguientes, hacen que dicho proceso conforme un todo cuyo análisis requiere de la puesta en marcha de programas interrelacionados, a fin de dar forma a su estudio permanente e integral, tanto en lo meteorológico, como en lo oceanográfico y en lo ambiental, siendo vital para ello el empleo de satélites, dado su alcance global y por tratarse de procesos dinámicos, los que requieren para su evaluación de una permanente adquisición, registro, procesamiento, transmisión, intercambio y análisis de la data obtenida.

Lo anterior así fue comprendido por la oficina meteorológica mundial (WMO), para lo cual además de sus propios programas ha entrado en integrar la ejecución de otros con el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU), cuyo detalle en resumen corresponde a:

A cargo de la WMO.:

- Programa WWW. Vigilancia del Clima Mundial.
- Programa WCP. Programa del Clima Mundial.

A cargo del ICSU. en conjunto con la WMO:

- Programa WCRP. Proyecto de Investigación del Clima Mundial.
- Programa WCRP. Programa de Investigación Internacional Oceanográfico como parte del anterior.
- Programa WOCE. Experimento sobre la Circulación Oceánica Mundial.

²⁴ WWW (The World Weather Watch). En este programa participan todos los países miembros de la WMO. Esta organización fue pionera en el empleo de satélites a nivel mundial a partir de 1963.

²⁵ La Federación Rusa posee su propia red de satélites meteorológicos (Serie METEOR), conocido como Sistema ITOS.

- Programa TOGA. Destinado a obtener un modelo de acción mar-atmósfera sobre la base del estudio de los Océanos Tropicales y la Atmósfera Global.
- Programa GEWGX. Experimento sobre Energía Global y Ciclo Climático.
- Programa IGBP. Investigación Internacional sobre la Geósfera-Biósfera.
- Programa JGOFS. Estudio Conjunto de los Flujos Oceánicos en relación al Carbono y otros elementos biológicos y su intercambio entre la atmósfera, la superficie y los fondos abisales a nivel global.

7. Chile se inicia en la era espacial.

Durante el acto inaugural del "Primer Encuentro de Encargados de las Agencias Espaciales Latinoamericanas", llevado a efecto en Santiago a fines de noviembre de 1994, el Director de Política Especial de la Cancillería en aquel entonces y actual Subsecretario de Marina, Sr. Pablo Cabrera expresó sobre la necesidad de crear en el ambiente espacial condiciones de colaboración internacional, en particular desde una perspectiva diplomático-científica. A lo anterior se sumó el Ministro de Transportes Sr. Narciso Irureta quien hizo ver la necesidad de establecer una agencia nacional a este respecto y darnos una mejor infraestructura.

Por último el Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile General Sr. Ramón Vega Hidalgo, reiteró la importancia que tiene para nuestro país el alcanzar el dominio de las ciencias espaciales y la necesidad de integrar los esfuerzos para su progreso a nivel regional. Luego dijo: "Hemos

hecho muchos esfuerzos en la Fuerza Aérea con el fin de poder concretar una agencia espacial chilena que nos permita coordinar los esfuerzos nacionales y coordinarlos con los interlocutores mundiales que están trabajando en forma muy eficiente desde hace muchos años".²⁶

Fiel a sus postulados y en el campo de las realizaciones ya la Fuerza Aérea de Chile, durante el desarrollo del "44º Congreso de la Federación Aeronáutica Internacional, "llevado a efecto en octubre de 1993 en Graz, Austria, había anunciado como ponencia oficial que el primer satélite chileno en pleno desarrollo y de 50 kilogramos de peso, sería lanzado al espacio en julio de 1995."²⁷

Tiempo más tarde durante la ceremonia de conmemoración del 65º aniversario institucional, el General Vega añadió sobre su iniciativa de instituir la Universidad de Ciencias Aeronáuticas del Espacio, destinada preferentemente a la investigación y desarrollo de las disciplinas del citado orden y luego agregó como logro, entre otros aspectos, el surgimiento de una naciente tecnología espacial.²⁸

El satélite experimental de la FACH "FASat-Alfa".

Como fruto de la voluntad anterior y en la fecha antes anunciada el primer satélite chileno se dirigirá al espacio, luego de ser fabricado por ENAER, en conjunto con la Universidad de Surrey del Reino Unido, para ser lanzado desde el cosmódromo del Plesetsk en la Federación Rusa con una vida útil de 6 a 8 años.²⁹

El FASat-Alfa conjuntamente con su equipo experimental GPS. de localización exacta, incluye un ensayo educacional satelital mediante el almacenamiento y transmisión de datos vía procesamiento digital con colegios de todo Chile. La comunicación podrá ser recibida por simples receptores y por computadores personales.

Adicionalmente durante 1996 se pondrá en órbita otro satélite, el "César I" destinado a los aficionados de la radiocomunicación y desarrollado en Chile por la firma AMSAT CE. que preside el Sr. Ignacio Martínez. La órbita elegida será polar

²⁶ A nivel Sudamericano: Instan a unir esfuerzos para Estudio del Espacio. En "El Mercurio" de Santiago del 29 de noviembre de 1994.

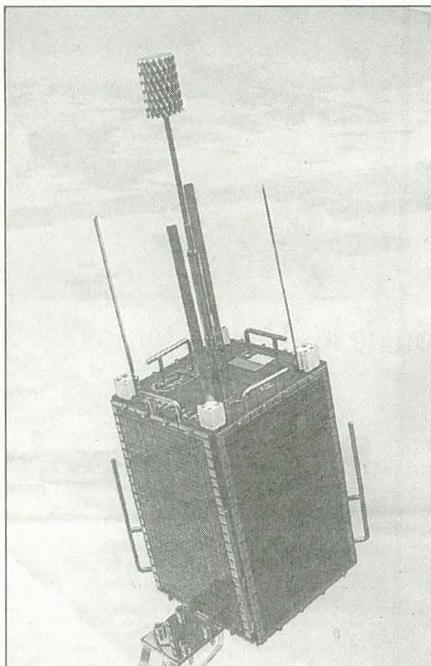
²⁷ Rusia y FACH "El Mercurio" de Santiago del 09 de noviembre de 1994.

²⁸ Anunció el General Ramón Vega: FACH Creará Universidad de Ciencias del Espacio. En "El Mercurio" de Santiago del 22 de marzo de 1995.

²⁹ Las características generales de dicho artefacto son: dimensión 60 cms. por cara; estabilizador de 6 mts. de longitud; celdillas solares de alimentación; 2 antenas; tiempo de órbita 90 minutos; órbitas diarias 16; distancia orbital a la tierra 650 Kms.

y trabajará en tiempo real como diferido. Operará en las bandas S. y L. y además recibirá GPS, y su transponder digital permitirá que sea accionado por todos los radioaficionados con licencia y capacidad de enlace de esta naturaleza.³⁰

Por lo tanto cabe entonces reflexionar, para darnos cuenta que gracias a las acertadas iniciativas de sus gestores y en particular de la Fuerza Aérea de Chile, en la persona de su Comandante en Jefe, nos encontramos en la etapa inicial de nuestro ingreso como actores a la Era Espacial, esfuerzo que, aunque carente aún de un presupuesto e infraestructura adecuada, augura un auspicioso futuro ante el ánimo y la intención de emprender, tal cual ahora, tras logros objetivos, trascendentes y concretos.



Maqueta del Satélite "Fasat-Alfa". Este primer artefacto chileno en el espacio fue construido gracias a un programa de transferencia tecnológica entre la FACH y la "Surrey Satellite Technology Ltd." del Reino Unido.

8. Oceanopolítica y Tecnología Espacial Oceánica un binomio inseparable.

No obstante la plena validez de los enunciados anteriores, es posible del análisis del presente estudio, concluir sobre la conveniencia de que todas las organizaciones nacionales orientadas, por razón de su misión, al empleo de satélites se sumen a dicho esfuerzo en su conjunto, a fin de poder contar también próximamente con aquellos oceanográficos y marítimos de otros usos, de acuerdo a lo que evalúen en particular los organismos competentes, tal cual ya lo expusiera la Armada Nacional bajo la propia declaración de su Comandante en Jefe, Almirante don Jorge Martínez Busch quien, el 3 de mayo de 1994, durante el desarrollo de su clase magistral anual, al referirse expresamente al tema de la "tecnología espacial oceánica" dijo lo siguiente: "Es evidente en consecuencia que tampoco deberíamos quedar ajenos al empleo de estas técnicas destinadas al mejor aprovechamiento de los recursos oceánicos".

Por lo tanto cabría agregar además a la Comisión Oceanográfica Nacional y a otras instituciones relacionadas con los asuntos del mar, en todas sus expresiones, incluida la biológica y minera para completar el área marítima.

Al respecto Chile, por mandato geográfico, es un país esencialmente vinculado al mar y por otra parte, como ha sido ya evaluado, los satélites de uso oceánico constituyen en la actualidad una necesidad incuestionable en todas sus expresiones y aplicaciones.

Otro juicio vital, que afianza el enunciado anterior, corresponde al hecho que el pulmón de la humanidad no está representado únicamente por la atmósfera sino por el binomio que la integra con el océano, ya que al margen de sus propios ámbitos, es únicamente en su combinación fusionada donde ambos cobran vida al producirse la transferencia de energía tras procesos dinámicos de intercambio de masas de aire y de agua de diferentes temperaturas, desarrollos termodinámicos que hacen posible, exclusivamente en su conjunto y bajo un concepto unitario, la existencia del hombre en la Tierra.³¹

³⁰ "Nave Servirá a Radioaficionados : Primer Satélite Chileno quedará en órbita en 1995". En "El Mercurio" de Santiago del 7 de septiembre de 1994. El director ejecutivo de dicho programa es el Sr. Eduardo Díaz quien además se encuentra a cargo del "Centro de Estudios Espaciales de la Universidad de Chile". En el proyecto han trabajado igualmente investigadores de la U. Santa María, UCV, USACH y de la Frontera.

³¹ Es por intermedio del mar, en su calidad de reservorio de calor, que la atmósfera lo recibe con una debida y regular intensidad mayor que aquella que el propio sol lo hace directamente. Al respecto los tres primeros metros de la columna de agua oceánica bajo la línea de superficie contiene más calor que toda la capa de 100 kilómetros de espesor de la atmósfera.

9. Epílogo.

Así, tal como ha sido examinado, la aplicación de los satélites para todos los fines oceanopolíticos antes dichos constituye en la actualidad una necesidad capital para un país marítimo como Chile, al margen de reconocerse que su utilización y perfeccionamiento requiere de la cooperación internacional, regional, bilateral y muy en especial de la propia voluntad, capacidad e iniciativas nacionales.

Paralelamente, los últimos satélites lanzados están demostrando al tenor de las experiencias ya logradas que, la teledetección oceánica se hace año a año más precisa, como también que estos innovadores artefactos pueden operar en todo tiempo y condiciones.³²

Se suma a lo anterior otros progresos, tal cual los costos decrecientes de los sistemas de microcomputación empleados, lo que ha hecho posible tener acceso expedito para examinar la

“data” entregada por los satélites a nivel global, con la doble ventaja de recibir además información a menor costo ya calibrada y corregida.

Es por ello entonces que, los satélites marítimos tienen ahora y hacia el futuro un importante rol que jugar, no únicamente en cuanto a los recursos, la oceanografía y otras aplicaciones operativas, tal cual la navegación y las telecomunicaciones marítimas, sino también para el control y vigilancia de nuestras aguas soberanas y jurisdiccionales, mas la protección y preservación del medio ambiente marino.³³

Por último, y sobre la base de los antecedentes expuestos y evaluados en la presente exposición, es posible concluir entonces que la tecnología espacial representa una respuesta necesaria con pleno rédito económico a nuestras realidades y requerimientos oceanopolíticos, como también que ésta proporcionará una valiosa contribución al progreso y a la modernidad de Chile y a un mejor destino para la humanidad toda.

BIBLIOGRAFIA

- Contribution of Remote Sensing to Marine Fisheries FAO, Roma 1989.
- Informe del 2 de febrero de 1993 de la Asamblea General de la ONU. sobre la Utilización del Espacio Exterior ONU. Nueva York, E.U.A. 1993.
- Las Naciones Unidas XX. Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos. Editor ONU. Tercera Edición Nueva York. E.U.A. 1989.
- Martínez Busch, Jorge: “Política Oceánica Nacional”. Revista de Marina N° 820, Mayo/Junio 1994.
- Space Activities and Resources. Departament of Political and Security Council Affairs. Editor ONU. Nueva York E.U.A. 1977.
- UNO. Educational Scientific and Cultural Organization, UNESCO. Publicación ONU. 105-193 - Nueva York, E.U.A. 1977.
- UNO. Space Technology Applications Marine Fisheries FAO. Roma, Italia 1989.
- World Meteorological Organization, WMO. Publicación ONU. 105- 193 Nueva York, E.U.A. 1977.

³² Debe considerarse que los océanos mundiales poseen una superficie de 361.10 kms., equivalente a casi tres cuartas parte de la totalidad de la superficie de la Tierra. Dada la preponderancia evidente del escenario acuático sobre el terrestre, motiva entonces también bajo éste precepto, la necesidad de intensificar nuestra participación en el uso de la tecnología espacial oceanopolítica, dada las características marítimas del “Planeta Agua”.

³³ Los satélites oceánicos también deben investigar el efecto invernadero en su relación con el nivel medio del mar, el cual aumentaría en 20 cms. al año 2030 y en 65 a fines de siglo, según la revista de los E.U.A. “New Scientist”. Al respecto se dice que desde que se inició la Revolución Industrial los principales gases invernadero capaces de absorber la radiación que devuelve la Tierra, están aumentando, entre estos : el dióxido de carbono ya examinado, más los fluorocarbonos, el metano y el óxido nítrico.