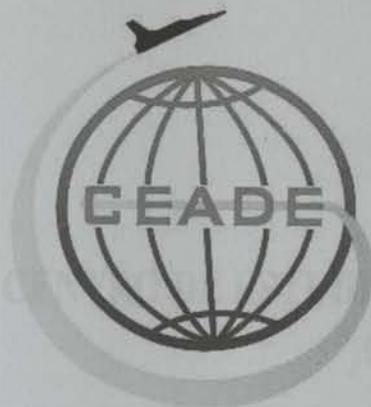


Centro de Estudios Aeronáuticos y del Espacio



ANUARIO 2001



**REVISTA ANUAL
DEL CENTRO DE ESTUDIOS
AERONÁUTICOS Y DEL ESPACIO (CEADE)**

Comité Editorial

**Mario Avila Lobos
Máximo Venegas Fuentes
Joaquín Urzúa Ricke**

Editor Responsable

Máximo Venegas Fuentes

Redacción y Dirección del CEADE

La Cabaña 711, Las Condes
Santiago, Chile

Teléfono 2159403 Fax 2175285

e- mail : director@ceade.cl

url : [://www.ceade.cl](http://www.ceade.cl)



El CEADE es un organismo académico dependiente del Estado Mayor General de la Fuerza Aérea de Chile, destinado al estudio, investigación y difusión de las variables estratégicas, económicas y sociales relativas a la actividad aérea y espacial.

Los artículos presentados representan los puntos de vista e ideas de los autores y son de su exclusiva responsabilidad y no representan necesariamente el pensamiento de este Centro o de la Fuerza Aérea de Chile.

REPTA
DEL CENTRO DE ESTUDIOS
ASOCIADOS DEL ICA



Director General
Director de Asesoría
Director de Estudios
Director de Ejecución
Director de Investigación
Director de Planeación
Director de Promoción
Director de Recursos Humanos
Director de Servicios
Director de Tecnología
Director de Vigilancia
Director de Asesoría Técnica
Director de Asesoría Jurídica
Director de Asesoría Económica
Director de Asesoría Social
Director de Asesoría Ambiental
Director de Asesoría Cultural
Director de Asesoría Lingüística
Director de Asesoría Educativa
Director de Asesoría Deportiva
Director de Asesoría Recreativa
Director de Asesoría Turística
Director de Asesoría Alimentaria
Director de Asesoría Sanitaria
Director de Asesoría Ambiental
Director de Asesoría Cultural
Director de Asesoría Lingüística
Director de Asesoría Educativa
Director de Asesoría Deportiva
Director de Asesoría Recreativa
Director de Asesoría Turística
Director de Asesoría Alimentaria
Director de Asesoría Sanitaria

El presente informe es el resultado de los estudios realizados en el marco del convenio suscrito entre el ICA y el Gobierno de Chile, en el año 1980, para la ejecución de un programa de cooperación técnica en el campo de la nutrición y la alimentación. El informe describe los resultados obtenidos en el desarrollo de los estudios realizados en el marco del convenio suscrito entre el ICA y el Gobierno de Chile, en el año 1980, para la ejecución de un programa de cooperación técnica en el campo de la nutrición y la alimentación.



CENTRO DE ESTUDIOS AERONÁUTICOS Y DEL ESPACIO

ANUARIO 2001

SUMARIO

Editorial	6
1.- “Discurso de Inauguración de la Reunión Preparatoria para la IV Conferencia Espacial de las Américas” Ministra de Defensa Sra. Michelle Bachelet Jeria	9
2.- “Presente y Futuro de la Actividad Espacial en Chile” Discurso Subsecretario de Aviación. Aniversario CEADE Don Nelson Hadad Heresy	13
3.- “El Desarrollo Sustentable, la Ciencia y Tecnología” Dr. Vittorio M. Canuto	21
4.- “El Fenómeno del Niño y Políticas Públicas: Un desafío Científico, Tecnológico e Institucional” Hernán Villagrán	28
5.- “Interacción Visual-Vestibular en el Tronco Cerebral en condiciones de Microgravedad y aplicaciones en Telemedicina” Dr. José Luis Cardenas	41
6.- “Utilización de Imágenes Satelitales en la detección de fenómenos de la Marea Roja” Dr. Rolando Hernández, Dr. Eligio Amthauer, Ing. María G. Valenzuela	50
7.- “Multi-información Geoespacial” C.D.B. (A) Máximo Venegas Raggio - SAF	61
8.- “Infraestructura Aeronáutica: Seguridad y Desarrollo para Chile” C.D.A. Edgardo Villalobos Chaparro	71
9.- “Desarrollo de la Guerra contra el Terrorismo” C.D.A. Hugo Tilly Ebensperguer	88

AEROESPACIO, UNA VOCACIÓN PARA EL SIGLO XXI

El patrimonio de un conocimiento aerospacial propio, relaciona directamente el futuro de nuestra nación con el desarrollo del poder aéreo.. (General Billy Mitchell)

Mario Avila Lobos

General de Aviación

Jefe del Estado Mayor General

Presidente del CEADE

La historia del último siglo es indisociable de la historia aeronáutica. Los grandes descubrimientos científicos y los importantes inventos tecnológicos, encuentran su culmen con el surgimiento de la aviación. En efecto, ella ha sido la antesala indispensable de la globalización.

Los grandes actores y las grandes potencias lo entendieron rápidamente, generando con su ingenio y un uso racional y eficiente de sus recursos, un desarrollo vertiginoso, caracterizado por verdaderos saltos cualitativos, que han llevado al género humano desde los primeros e incipientes pasos de los precursores de la aviación mundial, hasta la conquista del espacio.

Vivimos en una época dominada por cambios profundos y vertiginosos, como corolario del desarrollo tecnológico, en una sociedad denominada de la información que se caracteriza por la amplitud de los mercados y la velocidad de las comunicaciones, dentro de la cual la aviación y el espacio, constituyen, quizás, el mayor catalizador de la globalización para nuestra civilización contemporánea.

Por esto, es pertinente señalar que el progreso aerospacial de una nación constituye en sí mismo un recurso económico vital para su desarrollo y que, por lo mismo, demanda un especial esfuerzo y compromiso por parte de todos sus actores, para su adecuada implementación.

Las ciencias del espacio que nos preocupan, permiten una apertura radical de la inteligencia humana a una comprensión más amplia del verdadero significado que tiene para el bien de nuestra civilización, el dominio de un nuevo recurso: **"el espacio aéreo"**, el cual por medio de una explotación racional ofrece a la sociedad múltiples beneficios de todo orden.

En este marco de acción, la intensa evolución de las prestaciones del Poder Aéreo y de la tecnología aerospacial, exigen comprender que es imprescindible para toda nación que pretenda obtener los beneficios que reporta el empleo racional de su recurso espacio aéreo, disponer del conocimiento especializado que le permita crear una masa crítica, para colocar estas tecnologías al servicio del bien común.

En el caso nacional, las ciencias aerospaciales y las tecnologías derivadas de ella, representan un campo donde los esfuerzos por su dominio, deben ser visualizados no como un gasto, sino que como una inversión, para garantizar el manejo de un **"instrumento"** que es de alta sensibilidad frente al conocimiento, para potenciar el desarrollo y la defensa, en un escenario territorial de **dimensión tricontinental** que incorpora uno de los **espacios aéreos más extensos** del continente sudamericano.

En esta perspectiva, es legítimo pensar que Chile con sus 4.000 kms. de extensión territorial, es el eje y puente natural, que está llamado a articular en un orden longitudinal y ecuatorial, las vinculaciones que emergen de la globalidad contemporánea. En este contexto, la estabilidad institucional y la seriedad económica de nuestro país nos ofrecen una oportunidad especial, para constituir un núcleo de conexión multidireccional de esta región con el mundo.

En la historia los momentos y las oportunidades no se repiten, más aún, quienes en estas circunstancias no son capaces de comprender sus potencialidades en los futuros escenarios, están sujetos a un destino de discretas expectativas.

Por lo tanto, en esta óptica se explica el vivo interés del pensamiento aéreo nacional, por mantener una política clara para fortalecer un sistema aeronáutico y espacial integral, capaz de utilizar todas las ventajas de una tecnología e industria vitales para el siglo XXI.

En este orden de consideraciones, ya hemos recorrido un camino importante que se manifiesta como un activo de país, con un sistema aeronáutico mixto estructurado sólidamente con capacidades aeronáuticas, tecnológicas, industriales y humanas, tanto del Estado como privadas. Sus logros, ya lo proyectan como un referente de liderazgo en la región, por la eficiencia técnica de sus facilidades, el nivel de servicios, sus empresas e instituciones.

Una clara manifestación del empleo del recurso espacio aéreo, alcanzado por Chile se refleja en el indicador de actividad aérea por país, que nos sitúa muy cerca del nivel de los países nórdicos, a la par de algunas naciones mediterráneas de Europa, como Italia, Grecia y España; y más de cuatro veces por encima de México y Brasil, conforme a fuentes internacionales especializadas. (1)

Como se ha señalado recientemente por diversos intelectuales y políticos contemporáneos:

"Quien controle el espacio controlará los océanos del mundo, quien controle los océanos controlará los regímenes del comercio global, quien controle el comercio global será el poder económico más importante del mundo y quien tenga el poder económico, podrá controlar el espacio".

Más aún, en este orden de reflexión es válido afirmar que la evolución de un sistema aerospacial, se consolida junto con el desarrollo incesante e intenso de la ciencia y la tecnología, siendo por tanto, consustancial a su naturaleza un proceso ver-

(1) El indicador de actividad aérea por país, expresado en TKT (Tonelada/Kilometro por habitante) citado por ITA Estudios y Documentos, publicado en Ginebra 1998, con datos de INED y OACI.

tiginoso de cambios constantes y sorprendentes, en sus capacidades y prestaciones, que terminarán por impulsar primero y afianzar a continuación, la convivencia global del ser humano a inicios del siglo XXI. Como bien lo plantea Marshall McLuhan, y antes que él, Paul Valery, "*¿ Es posible pensar en la idea de una 'aldea global', sin la conquista del espacio?*".

Frente a esta abrumadora realidad, que impacta nuestra conciencia de aviadores en el inicio de este siglo, al publicar una edición más del anuario del Centro de Estudios Aeronáuticos y del Espacio, quien suscribe esta editorial agradece el aporte de nuestros investigadores por su contribución intelectual a esta causa que nos identifica y, al mismo tiempo, extiende una invitación amplia a todos los que deseen colaborar con esta vocación tan especial, que nos señala un nuevo recurso abierto al

progreso del hombre. El espacio aéreo y sus potencialidades precisan de nuestra generosa contribución.

Por último, en un sentido muy real frente a este desafío, es preciso señalar que Poder Aéreo y Espacial en sí mismo es, intelectualidad especializada.

"El destino aeronáutico de nuestra nación, por su accidentada geografía y ubicación, nos indica frente a la globalidad en que vivimos, que nuestro país debe ser y seguirá siendo una tierra de aviadores. La comprensión de tan fundamental factor, es vital para la integración física de nuestro pueblo y su proyección de intereses. En ello reside, en gran medida, el desafío y la perspectiva de nuestro desarrollo aerospacial, actual y futuro". 

DISCURSO DE INAUGURACIÓN

REUNIÓN PREPARATORIA DEL GRUPO DE EXPERTOS PARA LA IV CONFERENCIA ESPACIAL DE LAS AMÉRICAS

Michelle Bachelet Jeria
Ministra de Defensa Nacional

Es un agrado para mí inaugurar esta reunión preparatoria del Grupo de Expertos para la Cuarta Conferencia Espacial de las Américas, que se realiza en el contexto de la Feria Internacional del Aire y del Espacio FIDAE 2002, la que, tras doce versiones a lo largo de los últimos veinte años, se ha constituido en la cuarta muestra de su tipo en el mundo y primera en el continente.

Sin duda, este es el contexto más adecuado para la tarea que ustedes tienen: reflexionar conjuntamente sobre los avances de la tecnología aeronáutica y espacial, y su impacto tanto en el mundo de la defensa como en el desarrollo de nuestros pueblos.

Es de todos conocida la utilidad que estas tecnologías ya prestan al esfuerzo para erradicar la pobreza, preservar el medio ambiente y combatir actividades ilícitas, como el narcotráfico, desgraciadamente presentes en nuestro continente.

Nuestros invitados y visitantes a la FIDAE 2002 tienen aquí la oportunidad de conocer, de primera mano, el estado del arte en las tecnologías mencionadas y sus aplicaciones a ámbitos que interesan tanto a lo civil como a lo militar.

Chile ha dado muestras de su decidido interés en el uso pacífico del espacio ultraterrestre y de las tecnologías asociadas. Desde 1980, nuestro país ha emprendido proyectos y programas referidos al espacio; pero ya con anterioridad, en la década de los años sesenta, Chile se incorporó activamente al esfuerzo pionero de terceros países por la conquista del espacio y sus secretos, al instalar una primera antena de comunicaciones satelitales en la localidad de Longovilo. Años más tarde, la NASA decidía transferir sus instalaciones de rastreo y telecomando ubicadas en Peldehue a manos de expertos chilenos, mostrando así su confianza en la calidad alcanzada por nuestros especialistas en el área aeroespacial. Esas instalaciones son hoy el Centro de Estudios Espaciales de la Universidad de Chile.

Un paso más se dio gracias a la labor tesonera llevada a cabo por la Fuerza Aérea de Chile, que permitió cristalizar el viejo sueño de tener nuestro propio ingenio satelital en el espacio. Pese al trabajo de nuestros técnicos, reconocido internacionalmente, el microsatélite científico experimental FASAT Alfa nos enseñó las dificultades propias del desarrollo espacial y el rigor de su aprendizaje. Posteriormente, en julio de 1998, el microsatélite FASAT Bravo nos dio la sa-

tisfacción de ver que habíamos aprendido bien de la experiencia frustrada anterior. FASAT Bravo fue un éxito de la capacidad tecnológica de Chile, y si bien prestó servicios hasta Julio del 2000, dejó tras de sí los beneficios de la cooperación internacional y una masa crítica de especialistas que hoy está disponible para las necesidades de nuestro país.

En este breve recuento del itinerario recorrido, no puedo dejar de mencionar el esfuerzo desplegado por las estudiantes secundarias del Liceo N° 1, de Niñas, de Santiago, quienes lograron, primero, interesar a la NASA en la realización de un experimento de control natural de plagas y colocar, después, este experimento en la agenda de trabajo de la tripulación de un transbordador espacial. En la misma línea, tampoco olvidamos el apoyo dado por agencias espaciales extranjeras a proyectos de investigación chilenos, especialmente el que se ha realizado sobre el Mal de Chagas.

Durante los últimos dos años, nuestro Gobierno ha dado pasos decisivos en el ámbito aeroespacial. Uno de ellos es el acuerdo a que llegó Su Excelencia el Presidente de la República con la empresa Microsoft, el año 2001, para el uso de nuevas tecnologías de la información. Otro paso de relevancia ha sido la creación de una comisión asesora presidencial, denominada Agencia Chilena del Espacio, en Julio del 2001, la que a la fecha dispone ya de una organización efectiva con el concurso de científicos e ingenieros provenientes de los distintos sectores afines a este esfuerzo nacional.

Efectivamente, a través de un Decreto Supremo, se dio vida a la Agencia Chilena del Espacio con la misión de asesorar al Gobierno en todo cuanto diga re-

lación con la identificación, formulación y ejecución de políticas, planes, programas, medidas y demás actividades relativas a materias espaciales, y a servir de instancia de coordinación entre los organismos públicos que tengan competencias asociadas a dichas materias.

Dentro de las funciones de esta comisión asesora presidencial, destaca la de promover y proponer la celebración de convenios internacionales con el objeto de acceder a la cooperación internacional en el ámbito de la actividad espacial y a canalizarla adecuadamente. Asimismo, deberá proponer acciones de fomento para las actividades espaciales y para su utilización con fines pacíficos, promoviendo el intercambio científico, tecnológico y académico, así como la enseñanza, investigación y difusión de los asuntos relacionados con la actividad espacial.

Con fecha 27 de Diciembre de 2001, el Presidente de la República encabezó, en la Sede del Gobierno, una sesión de trabajo con la Agencia Chilena del Espacio, en la que se establecieron las bases de su institucionalidad. Esperamos que en corto plazo ellas sean ratificadas en el Congreso Nacional. Esta organización, presidida por el Subsecretario de Aviación, cuenta con un núcleo de 15 autoridades del Estado constituidas como comisión asesora presidencial, y un Comité de Asesoría Técnica formado por veinte expertos organizados en un Subcomité Científico-técnico y en otro Jurídico.

Hasta ahora, nuestra Agencia ya ha patrocinado seminarios sobre temas espaciales junto a las Agencias de la Federación Rusa y de Francia, y un seminario sobre temas espaciales para estudiantes de enseñanza secundaria. Asimismo, esta FIDAE será testigo de la firma de un acuer-

do marco de colaboración entre el C.N.E.S. de Francia y la Agencia Chilena del Espacio en el ámbito de las tecnologías satelitales y su uso, acuerdo elaborado con la activa participación de nuestros expertos.

No quiero dejar de mencionar que nuestra Agencia espacial está dando los últimos pasos para permitir a Chile desarrollar en el espacio una serie de experimentos científicos, como la medición de la polución en áreas urbanas, cuyos resultados serán de interés internacional; también un experimento de telemedicina y un tercero, que será concursable a nivel nacional. Todos estos experimentos, dirigidos por un astronauta chileno proveniente de las filas de nuestra Fuerza Aérea.

Para nadie escapa la contribución que hacen las ciencias del espacio a la calidad de la vida humana aquí en la tierra: la prevención y mitigación de desastres naturales, la planificación urbana, las telecomunicaciones, la navegación aérea y marítima, la investigación de nuestros recursos naturales radicados en la agricultura, minería, pesca, la geodesia, son, entre otros, ámbitos que hoy no se entienden sin la asistencia de la tecnología satelital. En Chile, esto ya es una realidad.

Es pertinente recordar que la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre, realizada en Viena, en Julio de 1999, junto con declarar que nuestro milenio es el milenio del espacio y que está íntimamente relacionado con el desarrollo humano, hizo hincapié en perfilar el núcleo de la estrategia a seguir para enfrentar a futuro los desafíos globales de la Humanidad:

- * Protección del medio ambien-

te y administración los recursos de la tierra;

- * Uso de las aplicaciones espaciales para la calidad de la vida humana;
- * Avance del conocimiento científico del espacio y protección del medio ambiente espacial;
- * Mejoramiento de las oportunidades de educación y capacitación, y fortalecimiento de la conciencia social respecto de las actividades espaciales.

Chile adhiere a esta estrategia y concuerda en que el uso de la tecnología espacial mejora la calidad de vida de los pueblos.

En consonancia con todo este esfuerzo, que he sucintamente descrito, quiero subrayar que es la voluntad del Estado chileno invertir más en ciencia y tecnología, áreas en las que la investigación científica aeroespacial y el desarrollo de la tecnología espacial enfocada al bienestar común de la humanidad tienen un lugar destacado.

Nuestra Nación desea participar activamente en todas las iniciativas del campo espacial y queremos alentar, especialmente, aquellas que permitan a la región latinoamericana y del Caribe unirse en una sola voz dentro del concierto mundial. Para ello Chile ofrece una masa crítica de científicos y técnicos, y 30 años de experiencia en el desarrollo de proyectos tanto de ingeniería satelital como de uso de la tecnología satelital en el desarrollo económico del país.

El Gobierno de Chile agradece a todos aquellos países con desarrollo espacial que ya han manifestado expresamen-

te sus deseos de establecer acuerdos de cooperación en el ámbito de las tecnologías espaciales. También queremos expresar nuestra disposición a iniciar contactos bilaterales cuyo propósito sea concretar acuerdos de colaboración en el ámbito de la investigación espacial y el desarrollo de tecnología satelital.

Sabemos que en esta reunión preparatoria del grupo de expertos para la Cuarta Conferencia Espacial de las Amé-

ricas, que se realizará en Cartagena de Indias, Colombia, el próximo mes de Mayo, producirá una agenda fructífera en el campo de la cooperación internacional y el intercambio de experiencias entre nuestros expertos, con el objeto de perfeccionar la calidad de vida de los pueblos de la región. Será un aporte significativo a la comprensión pública de por qué este tercer milenio exige ser en verdad entendido como el milenio del espacio.

Les deseo pleno éxito en sus tareas.

Muchas gracias.

Santiago, 2 de Abril de 2002 

ANIVERSARIO CEADE 2002

PRESENTE Y FUTURO DE LA ACTIVIDAD ESPACIAL EN CHILE

Subsecretario de Aviación

Nelson Hadad Heresy

Cuando fui invitado a esta conferencia con motivo del Aniversario del CEADE, a quien aprovecho la oportunidad de rendir un homenaje muy sincero por la permanente y valiosa colaboración que está prestando a los trabajos de la Agencia Espacial Chilena, pensé en traer un texto escrito y darlo a conocer frente a ustedes.

Finalmente tomé la decisión de compartir con ustedes en un plano más bien coloquial y casi pedagógico, algunas ideas sobre lo que ha sido la historia y los esfuerzos que han desembocado en la institucionalidad que tiene el país en esta materia. Además ustedes han sido testigos oculares de este proceso.

Creo que la Fuerza Aérea de Chile ha sido la entidad pionera; con mucho tesón desde hace ya más de 30 años ha estado luchando por la aspiración de contar con una agencia espacial en el país, lo que incidió fuertemente cuando asumimos el cargo. No podemos dejar de mencionar por cierto, los esfuerzos de la propia cancillería en esta materia, la dirección de política especial con el embajador don Luis Winter, y sus antecesores, entre ellos, el Embajador don Raimundo González.

También, deseo destacar la acción del centro de estudios espaciales de la Universidad de Chile, con su director don Eduardo Díaz.

Es justo reconocer estos esfuerzos y cuando hacemos esta mirada retrospectiva, uno siente la sensación de que ha sido un proceso largo.

Han pasado más de 20 años desde que se iniciaron los primeros esfuerzos para crear alguna entidad orgánica sobre el tema espacial, que representara al país. ¿y qué hemos visto en este período?. Creo que debemos decirlo con mucha sinceridad: varias actividades, diversas instituciones y organismos, que de alguna manera estaban haciendo labor, un trabajo valioso en programas satelitales, sensoría remota, aplicaciones tecnológicas, investigación espacial, pero lo hacían de una manera dispersa, con dualidad, con una superposición de esfuerzos y permanente paralelismo.

Hemos podido constatar que en muchas ocasiones la misma imagen satelital era comprada dos y tres veces por distintos adquirentes chilenos, ya sea del sector privado, sector público y de las universidades. Había un cuadro de dispersión que por supuesto no ayudaba al objetivo de poner al país en lo que tiene que ser una línea central de coordinación en esta materia. Y también tenemos que decirlo, cuando se discutía el tema de la agencia, surgían, porque es parte de la condición humana, algunas incomprensiones, algunos celos, algunas cuestiones competitivas, sobre quién debía tener la paternidad de esta institución.

Creo que la madurez al final se impuso. El país tomó conciencia de que estamos frente a un tema de estado, de país, que dice relación con la proyección de Chile en los temas del espacio. Considerando además, que el país está gastando recursos de envergadura, tanto en productos espaciales como en servicios satelitales desde el sector privado, pasando por el sector público, todo el aparato del estado, las universidades, etc.

Dicho costo puede reducirse a través de las coordinaciones que debe cumplir la agencia chilena del espacio.

En las conversaciones sostenidas con S.E. el Presidente Lagos con la idea de tomar este tema y sacarlo adelante, influyó su aspiración de llevar a cabo la gran reforma tecnológica, que planteó en su discurso del 21 de mayo del 2000. Esta reforma aspira a convertir a Chile en un país plenamente desarrollado al momento de cumplir la fecha de su bicentenario, en el año 2010. A la pregunta ¿cómo seremos capaces de reducir esta brecha tecnológica que hoy día nos separa de los países más desarrollados? la respuesta pasa por la necesidad de invertir más en ciencia y tecnología.

El país no logra todavía pasar la barrera del 1% de su producto en esta materia, en tanto, los países desarrollados están por sobre del 3% y desde luego, hay ahí una brecha que desgraciadamente se profundiza en perjuicio de los países emergentes. Ello exige la necesidad de crear en el país una conciencia pública, sobre la importancia de los beneficios de la tecnología espacial.

Pareciera, que las personas que estamos preocupadas del tema del espacio, constituyéramos un grupo muy sui géneris, nos miran con alguna incredulidad, y quizás hasta con ironía. Piensan que estamos

mirando el espacio, que estamos mirando el cielo. no obstante existir hoy en día urgentes problemas sociales que concitan la atención pública, queremos mirar la tierra desde el cielo.

¿Y cómo creamos esta conciencia, especialmente en los niveles de la juventud, en los colegios?. Tuvimos la oportunidad de hablar de estos temas con la Ministra de Educación, Sra. Mariana Aylwin. Cómo incorporar desde el proceso formativo de la juventud, en los planes de enseñanza de las escuelas públicas, no solamente las antiguas clases de astronomía, sino también lo que son hoy día los beneficios de la tecnología espacial. Cómo, la tecnología espacial se puede constituir en un instrumento vital, para el desarrollo económico, social y tecnológico de los países; que es una herramienta para luchar contra la pobreza, la injusticia, la inequidad y por cierto muy importante, a través de ella elevar la calidad de vida de los pueblos.

Tenemos la esperanza que en un corto plazo estos temas se van a incorporar y en el futuro nuestros estudiantes van a poder profundizar los estudios en esta materia.

Cuando conversábamos sobre la importancia de la tecnología espacial, me preguntaba, si hay algún instrumento más preciso y más certero que la imagen satelital, que nos permita una visión más sinóptica y global de la tierra y de sus recursos naturales. Hoy día tenemos satélites de observación de la tierra con una resolución tan alta, que puede ser inferior a un metro.

Creo que sólo a través de la percepción remota se logra un instrumento tan preciso para poder observar los recursos naturales. Entendiendo el signo de los tiempos, el vertiginoso cambio tecnológico que

experimenta la humanidad y que se da de una manera vital en el campo aeroespacial, en que ya la obsolescencia transita rápidamente de un año a otro, estamos asistiendo en palabras de la conferencia del año 1999 en Viena UNISPACE III, al Milenio del Espacio.

Y así lo entiende el Presidente Lagos con una clara voluntad política, desde el más alto nivel de la magistratura del país.

Así en el mes de Julio del año 2001 se creó la comisión asesora presidencial, Agencia Chilena del Espacio que tiene una característica, además de la firma del Presidente, cual es llevar la firma de los Ministros de Relaciones Exteriores, de Defensa, de Educación, de Planificación, de Telecomunicaciones y de la Secretaría General de la Presidencia, en una convergencia, omnipresente de todo el aparato del Estado, otorgándole desde luego un piso institucional muy importante.

En esta primera etapa, logramos definir cuestiones que son fundamentales. Primero el carácter civil de la agencia que fue un tema de una larga discusión, después de constatar la percepción de la comunidad internacional respecto de las agencias espaciales, obteniendo una clara señal de que la agencia chilena del espacio debía tener una connotación civil. Lo anterior, sin perjuicio de que su composición, sea de carácter multisectorial, y se encuentren representados todos los estamentos de la sociedad chilena: la Fuerza Aérea de Chile, el Estado Mayor de la Defensa Nacional en una visión global de las Fuerzas Armadas en el país, CONICYT, el Consejo de Rectores, las Universidades, la Confederación de la Producción y el Comercio que nombra sus representantes a nombre del sector privado, y el Gobierno a través de los Subsecretarios de Telecomunicaciones, Relacio-

nes Exteriores, Secretaría General de la Presidencia, Educación y de Aviación y desde luego el Director de Política Especial de nuestra cancillería. Están formando un crisol. Un conjunto de sectores interesados en una expresión de país representadas en la agencia, en una clara señal de unidad y de trabajo conjunto de lo que es el sector público y el sector privado, y asumir así la representación del Estado de Chile en su interlocución Internacional con las otras agencias especializadas y lo que es hoy día el Concierto Espacial Internacional.

En Febrero del 2001 se realizó la presentación formal de la agencia, ante la comisión de las Naciones Unidas para el espacio, COPUOS, que preside nuestro Embajador en Viena, Raimundo González. Hoy día como una entidad oficial representativa del Estado Chileno, estamos en condiciones de recibir los recursos provenientes de la cooperación internacional, que en el pasado nos fueron ofrecidos, pero no contábamos con esta organización.

Actualmente la agencia ha sido estructurada siguiendo el símil de lo que es COPUOS, desde el punto de vista de establecer dos subcomités, un subcomité Científico-Tecnológico y un subcomité Jurídico.

Con mucho orgullo podemos mencionar que en el comité Científico-Tecnológico que preside el profesor Eduardo Díaz, están participando 32 profesores, expertos, académicos de todas las Universidades Chilenas, que han encontrado un espacio, un sitio, un hábitat, donde poder desarrollar sus inquietudes y sus vocaciones. sobre eso reitero lo que hemos dicho en el pasado, que todo aquel que tenga interés de incorporarse en este trabajo es bienvenido, se trata en esto de sumar por cierto, y no restar. En el subcomité Jurídico

dico que preside el General Arévalo, están también connotados Abogados, de la Fuerza Aérea y también del sector privado, con conocimientos de Derecho Espacial Internacional, que han estado entregando una labor muy valiosa en la revisión y estudio de los convenios de cooperación que hemos ido firmando. En la coordinación de estos dos subcomités está el comité de Asesoría Técnica que dirige el General Sr. Estay. Hago presente también la valiosa colaboración que nos esta prestando el ingeniero Don Héctor Gutiérrez, como coordinador general, que ha sido un valioso aporte que estamos recibiendo desde un principio y que también agradecemos.

Queremos continuar con mucha modestia, con mucha prudencia, por que el daño que nos podemos causar en este proyecto que todos compartimos, es plantear una posición maximalista, el de pretender una agencia muy grande, con una gran planta, con un patrimonio muy importante, emulando a otras agencias. Sin embargo, el sentido de las proporciones para nosotros es un parámetro y lo tomamos muy en cuenta.

Entonces ¿qué es lo que tenemos que hacer y qué estamos tratando de hacer?; mantener una campaña de divulgación pública para explicarle a la gente, qué significa la tecnología espacial y qué tiene que ver con la solución de problemas cotidianos de la vida diaria de las personas. Nos preguntan, ¿y para qué sirve?. Por ejemplo, a ese agricultor de Purránque, a través de la Imagen Satelital le podemos decir: mire, plante aquí papas, o plante cebollas, o tenga cuidado porque va a enfrentar un problema de plagas, gracias a la oportuna y certera información del satélite. O, decirle a ese pescador de la Octava Región, mire, usted tiene que concentrarse en su pesca en este sector porque el

satélite está detectando aquí masas de cardúmenes de importancia para su actividad. O, decirle a ese minero de Copiapó, dónde poder profundizar su explotación del mineral.

Hay una forma extraordinaria de decirle a nuestras actividades productivas de cómo elevar su capacidad, cómo hacer más competitiva su actividad, y tomar acertadamente sus decisiones. Ello produce un aumento de la productividad, un retorno sin costo.

Esto lo explicaba muy bien en la conferencia de las Américas el Doctor Conrado Varotto, cuando tuvo que explicarle al Ministro Cavallo por qué necesitaba los recursos para el presupuesto de la CONAE. el Ministro Cavallo preguntó cuál era el rédito, es decir, la tasa interna de retorno por cada dólar que el estado invirtiera en programas satelitales y espaciales, cuánto le significaba al país en términos de beneficios concretos. El profesor Varotto explicó que la tasa de retorno directa por cada dólar que invirtamos en estos programas es de un 33%, y que la tasa indirecta, si logramos mayor productividad en todas las actividades económicas, productivas del país, en todos los sectores, la ganadería, forestal, la agricultura, la pesca, la minería, logramos más de un 2.000% vía beneficio social y económico indirecto. Ello en beneficio de la competitividad del país.

No hay ninguna agencia espacial en el mundo, que pueda haber comenzado sus trabajos sin tener el aporte inicial importante de la inversión del estado, y esa es la forma seria como tenemos que hacerlo también en esta oportunidad.

No obstante, hemos ido avanzando en una activa agenda internacional ba-

sada en un principio que yo diría, constituye la columna vertebral de las recomendaciones de UNISPACE III en la conferencia de Viena en el año 1999. El principio de la solidaridad internacional, que se funda en una ética internacional, el de entender que la tecnología espacial no puede ser sólo privilegio de un pequeño grupo de países que han logrado un mayor desarrollo, sino que los países en desarrollo, los países emergentes, que son la mayoría, tienen el derecho de acceder, de compartir las ventajas de la tecnología espacial. Ello como una forma muy concreta de salir del subdesarrollo, de terminar con la pobreza y con el atraso. Y entendiéndolo así, hemos iniciado una activa agenda internacional, tratando de abrirnos al concierto de Naciones Unidas, a través de convenios bilaterales y multilaterales.

Así por ejemplo, el 20 de Marzo recién pasado, y en el marco de la visita oficial del Presidente Fernando Henrique Cardoso a nuestro país, en la ciudad de Arica y en presencia de los dos Presidentes, suscribimos con el Doctor Múcio Roberto Díaz, Presidente de la Agencia Espacial Brasileña, un convenio amplio de cooperación espacial entre los dos países.

Brasil amerita un gran reconocimiento por lo que ha hecho en esta materia, una gran inversión. En el contexto de América Latina constituye la gran potencia espacial. Ha sido capaz de construir satélites de observación de la tierra, satélites de telecomunicaciones, tienen una planta que diseña y fabrica satélites, tienen un joint venture con China y también han logrado construir una planta lanzadora de cohetes. Desde luego, han logrado avances importantes en esta materia.

Argentina por cierto también ha alcanzado un gran avance en el desarrollo

satelital. Hemos recibido la visita del profesor Conrado Varotto, Director Ejecutivo y Técnico de la CONAE, Agencia Espacial Argentina. Existe un gran interés, diría recíproco, para suscribir con Argentina un convenio marco de cooperación que nos va permitir utilizar sus satélites que están haciendo la órbita polar y cubriendo el territorio Argentino, y también el nuestro. vamos a acceder a esa información satelital en condiciones muy ventajosas.

Con Francia, el Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia, CNES, suscribimos en el marco de la FIDAE 2002 un convenio de amplia cooperación en materia espacial. También lo hemos suscrito con Ucrania. Actualmente, estamos en un proceso de intercambio de documentos con Italia, India, Corea del Sur, Canadá, China, Israel y Rusia. Con este último país ya tenemos prácticamente acordado y definido el texto, y proyectamos firmar este acuerdo en el marco de la visita que el Presidente Lagos va a realizar a la Federación Rusa, en el presente año. También estamos apoyando una antigua aspiración de la Fuerza Aérea y creo que también del país en su conjunto, la de tener un primer Astronauta Chileno en la Estación Espacial Internacional. Hemos estado efectuando gestiones oficiales para apoyar la postulación del Comandante Klaus Von Storch, quien ha sido seleccionado por la Fuerza Aérea de Chile para convertirse en el primer Astronauta Chileno, y que va tener la responsabilidad de llevar a cabo importantes experimentos científicos que forman parte del proyecto Astro-Chile y que la agencia espacial chilena está patrocinando.

Como ustedes pueden ver, y como lo señalara el Presidente Lagos en la reunión especial que sostuvimos el 27 de Diciembre del año 2001 en la cual nos de-

claró formalmente instalados, instándonos a seguir adelante aún cuando no tuviéramos la ley orgánica que crea la Agencia Chilena del Espacio. Ello no puede ser un obstáculo para continuar con nuestro trabajo. En esa reunión citó el ejemplo de que cuando asumió la cartera del Ministerio de Obras Públicas, le dijeron que para todo lo que había que efectuar en materia de concesiones necesitaba una ley y que sin ésta no se podía hacer nada. Expresó, mientras llega la ley, aprovechemos la institucionalidad que hoy día tenemos para avanzar, cosa que ciertamente hizo.

¿Cómo queremos seguir adelante y qué estamos pensando como proyecto?. Dentro del compromiso con el Presidente Lagos, se estableció un plazo de cuatro meses a contar de Diciembre para disponer del proyecto de ley que crea la Agencia Chilena del Espacio desde el punto de vista orgánico, con su planta, personalidad jurídica, como un servicio público descentralizado, y con un patrimonio propio. Este proyecto ha sido finalizado y se encuentra actualmente en la División Jurídica de la Secretaría General de la Presidencia para ser enviado al Ministerio de Hacienda para su evaluación. Una vez que la apruebe el Presidente, se va a iniciar el proceso de la discusión parlamentaria. Pero quiero adelantar una cosa, y esto me parece muy importante. En consultas informales que hemos estado realizando con los Presidentes de todas las bancadas parlamentarias de todo el espectro político nacional, tengo la satisfacción de decir que no hay ningún sector que hoy día se oponga a esta idea. Hemos encontrado una gran acogida, porque es un tema me han dicho, del país, de conveniencia nacional, de estado, es un tema del futuro.

Es difícil fijar un plazo, pero este es un tema que excede la coyuntura, y de

carácter supra partidario. Pero también les digo muy francamente, para no levantar falsas expectativas, que su contenido en términos de planta y de presupuesto, es muy prudente. Se propone una reducida planta de funcionamiento y con un pequeño presupuesto. Lo importante es partir y desde luego ir creciendo gradualmente, en la manera que nos hagamos merecedores a más recursos y a más apoyo. Ello dependerá de nosotros mismos.

El segundo gran tema es a través de los apoyos que vamos a lograr con Brasil y con Argentina, en la implementación de estos convenios. Queremos realizar un gran catastro de la gestión de los recursos naturales del país, a través de la imagen satelital. El país necesita hoy día un catastro con un inventario actualizado de sus recursos agrícolas, de sus recursos forestales, pesqueros y mineros. Avanzar en el desarrollo de las Telecomunicaciones Vía Satélite, la Meteorología, la Telemedicina y la Educación a distancia. Preocuparnos también de la Geología, la Geodesia y la Astrofísica. Preocuparnos de un tema que fue alarmante para nosotros, el cambio climático; el tema del calentamiento global; la desertificación; el adelgazamiento de la capa de ozono; el derretimiento de los hielos en la Antártica, que hoy día están afectando a nuestro país, y por cierto la deforestación. De cómo somos capaces de cuidar y proteger la vegetación y preservar el medio ambiente, garantizando la seguridad humana en un marco de desarrollo sostenible y también, y muy importante, a través del satélite poder cumplir con los requerimientos mínimos para preservar la seguridad y la defensa del país.

Un tercer aspecto, que es una gran temática también, que nos afecta como país, es la gestión para lograr la detección temprana de los riesgos de los desastres

naturales. Cómo podemos definir una respuesta oportuna para lograr la mitigación de sus efectos. Somos víctimas todos los años de inundaciones, erupciones volcánicas, terremotos, y otros países de América Latina también sufren las consecuencias de estos desastres. Cuando vemos en América Central, en el Caribe el tema de los huracanes, de los tifones, este es otro tema de real importancia para Chile.

En cuarto lugar, y es una gran aspiración, poder retomar el programa satelital que iniciara la Fuerza Aérea de Chile, con el Fasat-Alfa y el Fasat-Bravo, creo es el gran salto tecnológico que dió el país, con este tremendo esfuerzo que hizo la Fuerza Aérea de Chile y la Dirección General de Aeronáutica Civil, con sus propios recursos, y que tiene el reconocimiento y la gratitud del país entero, por haber sido los pioneros en esta gran batalla por incorporarse al espacio.

Creo también, y lo digo con mucha sinceridad, que el contacto con las mismas universidades, con los profesores y los académicos que tiene nuestro país refleja realmente una masa crítica importante. Los recursos humanos, nuestros profesores que por muchos años están en el tema de la sensoría remota, ingeniería satelital, aplicaciones tecnológicas satelitales y también en el sector público, en diversos organismos del estado, en Ciren-Corfo, Conaf, Onemi, en Codelco. Tenemos hoy día una capacidad humana capaz de poder, con la intervención de otros socios internacionales, llegar a diseñar y construir satélites, y desde luego recordando la experiencia de la Fuerza Aérea, el satélite que se construyó con el apoyo de la Universidad de Surrey, y la confección de la estructura mecánica de su plataforma fue hecha en ENAER, o sea con ingeniería chilena. y eso es un dato

para la historia, que debería ser recordado. Desde luego los satélites van a servir a todo el país. Satélites chilenos que le sirvan al estado, que le sirvan al sector privado que debe involucrarse sinceramente en este proyecto, porque va en su beneficio. Y, desde luego a las Universidades y a la Fuerza Aérea.

Quiero por último hacer una reflexión. En la visita que realizara a Kourou, en la Guayana Francesa, donde se encuentra la estación lanzadora de los cohetes Ariane 4 y Ariane 5. Con motivo del lanzamiento del Spot 5 fuimos testigos oculares del lanzamiento de un satélite de observación de la tierra. Me pude dar cuenta de la urgente necesidad que teníamos como país, más allá de los esfuerzos propios que estamos haciendo, de mirar la región. Nos preguntábamos cómo otros países, los 15 de la Unión Europea, que tienen grandes disparidades, diferencias lingüísticas, de historia, de culturas, de tradiciones, que han estado enfrentados en guerras, lograron el año 1975 crear la Agencia Espacial Europea, para sumar los esfuerzos de todos ellos en los programas espaciales.

Por ello tengo la convicción que, es tal la naturaleza, la envergadura de estos proyectos, desde el punto de vista de sus recursos materiales, económicos y humanos, que es muy difícil acometerlos a través de acciones individuales. Es necesario sumar y unir las potencialidades, las capacidades, los recursos de todos los países.

Así, de común acuerdo con la Dirección de Política Especial de nuestra cancillería, se presentó recientemente a la Cuarta Conferencia Espacial de las Américas, que se llevó a cabo en Colombia, una propuesta formal de la delegación de Chile, en orden a crear en el marco de Améri-

ca Latina y el Caribe, una entidad de concertación regional que sumara los esfuerzos de todos los países, para lograr dos cosas muy importantes: hacer el catastro de los recursos naturales a nivel regional y también crear una red de data satelital, para hacer la prevención, la detección temprana del acaecimiento de desastres naturales.

Estas ponencias de Chile fueron ampliamente aceptadas en el plenario. Hoy día están incorporadas al plan de acción que ha quedado en manos de una secretaria pro- tómpore en Colombia para hacer el seguimiento y la implementación de estos dos grandes proyectos, que constituyen realmente un hito histórico en el desarrollo espacial de América Latina.

La idea es que esta concertación regional nos va permitir potenciar la expresión, la voz de América Latina, en el Concierto Espacial Internacional y desde

luego nos va a dar un mayor poder de negociación, respecto de las demás agencias en nuestras interlocuciones.

Quiero solamente decirles que agradezco una vez más el apoyo que hemos recibido de todos ustedes, de la Fuerza Aérea de Chile que ha sido una gran fuente de inspiración, para haber asumido también estas tareas, y que nos queda un largo camino por delante, un largo camino por recorrer, pero que eso no nos amilana, por el contrario, en la medida que sepamos aunar, coordinar, facilitar estos esfuerzos, impulsar estas actividades y por supuesto teniendo el apoyo del Presidente de la República, estoy seguro que vamos a cumplir exitosamente estas responsabilidades que han sido puestas en nuestras espaldas y simplemente me hace recordar frente a estas tareas y a estos desafíos tan difíciles, un viejo proverbio que es parte de la filosofía China, **“el viaje de las 20 mil leguas comienza con el primer paso”**. 

EL DESARROLLO SUSTENTABLE Y LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA (*)

Vittorio. M. Canuto (**)

*Las causas de la riqueza y pobreza de las naciones,
el gran objetivo de todas las interrogantes en economía política.
Malthus en una carta a Ricardo (26 de enero de 1817).*

Históricamente, el poder mundial fue el resultado final de un partido de equilibrio geopolítico entre cierto número de grandes potencias. En el siglo diecinueve los jugadores claves fueron Gran Bretaña, Alemania, Francia, Rusia y el Imperio Austro-Húngaro. En los últimos cincuenta años, sólo quedaron dos jugadores, Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. El partido terminó con el fin de la Guerra Fría. Lo que solía ser un partido estratégico entre el Este y el Oeste ha experimentado ahora una rotación en noventa grados, se disputa en la actualidad entre el Norte y el Sur. El poder mundial ya no es el resultado del equilibrio geopolítico entre potencias cuya grandeza se basa en el número de divisiones, aviones, flotas y misiles nucleares. Por ejemplo, Alemania y Japón

ejercen hoy más influencia internacional que las potencias nucleares como Gran Bretaña, Francia y Rusia.

Hoy, el poder de las naciones depende de su riqueza y la diferencia entre el Norte y el Sur es asombrosa. La diferencia en ingresos per cápita entre uno de los países más ricos, como Suiza, y una de las naciones africanas más pobres, es de 400 a 1. Hace doscientos años, era de 5 a 1.

Después de muchos años y muchos intentos de ajustar, privatizar, reformar los mercados, etc., la mayoría de los países en vías de desarrollo se encuentran aún bajo el doble yugo del desempleo y de la pobreza. La noble meta de cerrar la brecha entre los países en vías de desarrollo y las naciones industrializadas parece ser un objetivo cada vez más esquivo y difícil.

(*) Conferencia presentada en la Reunión Preparatoria del Grupo de Expertos para la IV Conferencia Espacial de las Américas, desarrollada en la FIDAE 2002 el 04 de Abril 2002, Santiago, Chile.

(**) Licenciado en Física en el Liceo Valsalice de Torino, Magister en Física de la Universidad de Torino y Doctor en Física de la Universidad de Genova, Italia. Profesor visitante de la Niels Bohr Institute de Copenhague Dinamarca. Profesor adjunto de la Universidad de Columbia en el Departamento de Física aplicada. Se desempeña como Científico Espacial en el Instituto Goddard para estudios del Espacio de la NASA. Editor de la Revista Fundamentos de la Física Cósmica para la Editorial Gordon y Breach, autor de numerosísimas publicaciones científicas. Es asesor de la Santa Sede en materias relacionadas con el Espacio

¿Cuáles son las razones para esta dolorosa situación? Aunque sorprendente al principio, hay una **“causa cosmogónica”**, específicamente, la concepción del tiempo. En muchos países africanos, el tiempo es percibido como una variable cíclica, estando el futuro destinado a ser una repetición del pasado, tal vez una extrapolación de la periodicidad de las estaciones [1]. Asimismo, se ha señalado que el espacio y el tiempo son considerados como una entidad única. Dado que el espacio está sólo aquí y ahora, así mismo está el tiempo, sin embargo ninguna percepción dinámica del futuro resulta de dicha visión. Por otro lado, la ciencia, desde la biología hasta la cosmología, nos dice que no es así; que el tiempo tiene una **“flecha”**, sólo va en una dirección, como la mayoría de nosotros lo ha descubierto dolorosamente. No se debe, por lo tanto, ser pasivo sino que activo, ya que el futuro es **“nuevo”** y, en consecuencia, **“inventable”**. Es una actitud buena y positiva pensar que, como nos enseñaron los romanos, **“Quisquamque artifex fortunae suae”**, somos los artífices de nuestra suerte, puesto que nuestro futuro no ha sido prefabricado para nosotros. Aceptar una naturaleza cíclica del tiempo, es renunciar, es rendir nuestro destino.

Tampoco se puede menospreciar el rol de la geografía. Como ha escrito J.K. Galbraith: **“Si se marca un cinturón de un par de miles de millas de ancho, circundando la tierra en el ecuador, no se encuentran países desarrollados”** [2]. En efecto, la diferencia en el clima afecta el ritmo de capacidad en todas las especies, desde las lagartijas, que deben arrastrarse debajo de una piedra en busca de frío, hasta los seres humanos que no lo pueden hacer. Es una ley fisiológica que la incomodidad del calor excede a la del frío. Tres cuartos de la energía liberada cuando tra-

bajan los músculos adquiere la forma de calor que el cuerpo humano elimina por vía de la transpiración, a fin de mantener una temperatura apropiada. Pero el clima caluroso reduce la transpiración [2]. La solución más fácil sería no generar calor, mantenerse quieto y no trabajar. Pero eso es sólo parte de la historia, es el efecto directo; pero los indirectos son igualmente serios, principalmente la proliferación en los climas cálidos de formas de vida hostiles a los humanos. En las zonas templadas, las enfermedades infecciosas son transmitidas directamente entre los humanos (influenza, neumonía, etc.), en tanto que en las zonas tropicales existe una fuente adicional, las enfermedades vectoriales, como la fiebre del caracol, el mal de Chagas, la enfermedad del sueño y la malaria, la de mayor mortalidad de todas ellas. Si bien sería simplista e incorrecto pensar en el determinismo geográfico, estos meros hechos son innegables y la única solución es la ciencia y la tecnología, ya que mientras más conocimientos se tenga, más asistencia se podrá proporcionar para mejores condiciones de vida y trabajo. Permítanme citar del documento **“The Next Hundred Years”** (Los Próximos Cien Años), rubricado el año pasado por más de 100 Laureados con el Premio Nobel, lo siguiente: **“El peligro más profundo para la paz mundial en los años futuros provendrá no de los actos irracionales de los estados o individuos, sino de las legítimas demandas de los desposeídos del mundo. De estos individuos pobres y desposeídos, en su mayoría viven una existencia marginal en climas ecuatoriales. El calentamiento global que no ha sido producido por ellos, sino que por unos pocos ricos, afectará con mayor intensidad sus frágiles ecologías. Su situación será desesperada y manifiestamente injusta. No se puede esperar, por consiguiente, que en todos los casos se**

contenten con esperar la beneficencia de los ricos". Por otro lado, Europa ha disfrutado de temperaturas templadas, parcialmente por cortesía de las corrientes oceánicas accidentales. Por lo tanto, se ha sugerido que en lugar del problema Norte versus Sur, realmente deberíamos estar hablando de la división templado versus tropical [1].

El segundo argumento, el Darwinismo global [3], pretende probar la inevitabilidad del presente estado de situación. Darwin no sospechó ni siquiera remotamente que más de 100 años después de su trabajo, las fuerzas de los mercados globales serían racionalizados como un proceso darwiniano mediante el cual sólo la gente mejor dotada sobreviva. A fin de apoyar este modelo, se ha citado reiteradamente *"The Wealth of Nations"* (La Riqueza de las Naciones) de Adam Smith, con el propósito de acentuar que la sociedad realmente no existe, sólo existen los mercados. Se ha sugerido que A. Smith fue un Maquiavelo económico. Difícilmente eso. En efecto, en su libro *"The Theory of Moral Sentiments"* (La Teoría de los Sentimientos Morales) que apareció antes que La Riqueza de las Naciones, el escocés y moralista A. Smith consideró que el interés personal era ciertamente el motor de una economía exitosa, pero sólo si se contenía en un marco de valores morales que él denominó **"conducta razonable"**. Los economistas neoclásicos radicales han citado extensamente la metáfora de la **"mano invisible del mercado"** y al hacerlo, lo elevaron al estatus de una inevitable ley de la naturaleza. Sospecho que A. Smith nunca pretendió ir tan lejos. Convertir la descripción de Smith de **"libertad económica más responsabilidad moral"** en Darwinismo global es una extrapolación injustificada. Sir Julian Huxley quien defendió las tesis de Darwin

en Oxford, nos advirtió que **"no se pueden aprender lecciones morales de la naturaleza, ya que la naturaleza es totalmente amorale"**. En consecuencia, argumentó, el progreso y la paz de la sociedad humana dependen precisamente de no imitar las leyes de selección natural Darwiniana que es una búsqueda depredadora para el propio bien, indiferente al bienestar de la comunidad en general [3].

Por lo tanto, interpretar la presente situación como un Darwinismo global inevitable, o para aceptar lo que Solzhenitsyn ha denominado, **"la palanca despiadada de los acontecimientos"**, es adoptar una racionalización a posteriori fatalista que induce a una fácil legitimación triunfalista de lo que está sucediendo, en tanto que lo que necesitamos es entenderla, de modo que pueda ser corregida. De hecho, *la verdadera meta no debería ser la supervivencia de los más capaces, sino lograr que sean capaces tantas personas como sea posible* [3].

Los principios éticos y liberales subyacentes de la teoría económica de A. Smith están muy alejados del proceso actual de globalización, que en cambio se acerca mucho más al ciego proceso de selección natural darwiniano, desprovisto de cualquier contenido moral. *El verdadero problema es que mientras la economía está siendo globalizada, no ocurre lo mismo con la ética*. En otras palabras, se ha dejado afuera la mitad de la enseñanza de A. Smith. Esto en parte se debe a que la mayoría de las personas que viven en las naciones industrializadas no sienten los efectos de la inviabilidad económica sufrida por la mayor parte de la población mundial. Desde un punto de vista ético, el mundo no es tan global después de todo. No existe conexión directa y palpable entre las desgracias de aquellos que viven en

los países en vías de desarrollo y el bienestar de las naciones industrializadas [1]. La distancia diluye nuestro sentido de responsabilidad moral. Si continuamos en esta senda de miopía que busca su propia ventaja, la pobreza se hará tan abrumadora como para estar en estrecha proximidad con la riqueza. Tendremos, entonces, que despertar, pero puede que sea demasiado tarde, ya que enfrentaremos unas pocas islas de prosperidad en un mar de pobreza.

Una tercera razón es que la mayoría de los países en vías de desarrollo no han podido deshacerse de un *modus operandi* del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, puesto que continúan exportando virtualmente los mismos bienes primarios [3]. Se atienen al punto de vista tradicional de que la Riqueza de las Naciones se basa en la abundancia de recursos naturales. Pero esto ya no es así. Debido a las invenciones de sustitutos, al nuevo material artificial y a la organización computarizada, hoy, la producción industrial requiere cada vez menos materias primas y energía por unidad de producción. En la actualidad, las nuevas tecnologías de la información determinan la cantidad de combustible necesaria, los nuevos materiales artificiales reemplazan a los metales y a las fibras textiles naturales, las fibras sintéticas reducen la cantidad de algodón y lana necesarias y la biotecnología puede crear pronto muchos bienes agrícolas que los países en vías de desarrollo han exportado tradicionalmente. El proceso, que algunos han denominado la **“desmaterialización de la producción industrial”** [3], está causando una disminución en la demanda por materias primas y una caída en los precios. Por ejemplo, la demanda por bienes y servicios manufacturados con alto contenido tecnológico está creciendo 3 veces más rápidamente que la

demanda por materias primas que sólo están siendo procesadas ligeramente. Por lo tanto, los países en vías de desarrollo tendrán cada vez menos que exportar. Se están convirtiendo cada vez más en productores de lo obsoleto. Si no pueden exportar productos básicos, exportarán personas [3] justo en el momento en que el trabajo no especializado es menos requerido en las naciones más ricas del mundo.

Cuarto, se ha señalado [3] que una de las razones para la brecha entre los países en vías de desarrollo y las naciones industrializadas, es la excesiva protección de las **“propiedades intelectuales”** ejercida por las naciones industrializadas que hace prácticamente imposible que los países más pobres copien y adopten tecnologías extranjeras. Durante la revolución industrial no existían dichas barreras y se permitía a los países reproducir tecnologías, maquinarias, fórmulas químicas, automóviles, el avión, la radio, el radar, etc. Considerando que la exportación de materias primas está condenada a disminuir, no se contará con suficientes recursos financieros para que los países en vías de desarrollo compren los productos técnicos protegidos intelectualmente, por lo tanto los dos factores negativos se refuerzan mutuamente.

Quinto, se debe reconocer que los países que vivían de la exportación de recursos naturales abundantes nunca concedieron mucha atención a la investigación y desarrollo (R&D) científicos, porque estaban sentados sobre lo que erróneamente creyeron era un mina de oro de recursos naturales, de los cuales el mundo dependería a perpetuidad. La tecnología ha cambiado todo eso, dejando anacrónicas dos de las ventajas más competitivas de los países en vías de desarrollo, la abundante mano de obra no especializada y los re-

cursos naturales [1]. El estudio de la ciencia y la tecnología aplicadas ha sido descuidado en los países de América Latina, Asia y África y, sin embargo, la riqueza moderna de hoy es la **información**, la verdadera materia gris, la nueva materia prima estratégica. El mayor desafío que enfrentan los países en vías de desarrollo será evitar la trampa del atraso científico/tecnológico provenientes de una histórica falta de interés cultural en la ciencia y tecnología. Tal vez es tiempo de abandonar el clásico producto nacional bruto, como una herramienta de diagnóstico y observar en cambio si está creciendo la investigación tecnológica. Hoy, los países en vías de desarrollo representan $\frac{3}{4}$ de la población mundial (4.8 mil millones) pero poseen sólo el 10 % de los científicos e ingenieros del mundo. Específicamente, 7 % en Asia, 1.8 % en América Latina, 0,9 % en los países árabes y 0,3 % en el resto de Africa. Estos países tienen el 3 % de los computadores e invierten 3 mil millones de dólares en investigación y desarrollo. En contraste, las naciones industrializadas, con $\frac{1}{4}$ de la población mundial (mil millones de habitantes), cuentan con el 90 % de los científicos e ingenieros del mundo. Este 90 % se encuentra en Estados Unidos, Europa y Japón. También poseen el 97% de los computadores e invierten 220 mil millones de dólares en investigación y desarrollo, es decir, 70 veces más. Los únicos países que inventan/exportan software son India, Korea, Taiwan y Singapur. Lamentablemente, América Latina no ha sido una fuente de exportaciones con alto contenido tecnológico.

En resumen, se puede apreciar que no hay una causa única para la trágica disparidad existente hoy en la Riqueza de la Naciones. Una diversidad de causas ha contribuido a ello. Algunas, sobrepasan nuestro control, como la geografía, sien-

do necesario, de todos modos, luchar por mitigar sus efectos. Otras causas provienen, no obstante, de creencias religiosas. En el caso del Islam, el maestro de Europa, se argumenta que, a diferencia del Cristianismo, no separa lo religioso de lo secular. Para los militantes del Islam, la verdad ya ha sido revelada y esto puede traducirse en indiferencia, si acaso no en hostilidad hacia las innovaciones. Una situación similar ocurrió en China, como se verá más adelante.

De modo que, ¿cuál va a ser el futuro?: ¿un avance natural de la opulencia de A. Smith?, ¿la dicotomía de Malthus de personas versus abastecimiento de alimentos?, ¿el estado estacionario de Ricardo?, ¿el agotamiento de los recursos naturales del Club de Roma?, todos ellos han terminado siendo erróneos. Pero el hecho de que no se pueda predecir el futuro no es tan importante después de todo. Lo que es pertinente es que, nosotros podemos forjar, en gran medida, nuestro futuro. Lamentablemente, sólo se han examinado dos alternativas, el mundo del mercado y el mundo de la fortaleza [4]. El primer modelo es fundamentalmente optimista. Cree que la libertad económica y las innovaciones técnicas alimentarán un rápido crecimiento económico que se propagará a todos, aportando prosperidad y estabilidad general. Es un escenario lleno de esperanza que los líderes de las grandes corporaciones y muchos economistas han respaldado. Globalización es el nombre del juego. Uno de los fundamentos detrás de este modelo es el dramático fracaso de la propuesta alternativa, las economías centralmente controladas. Pero no todos están convencidos. L.C. Thurow ha enfatizado que el **“capitalismo es miope y no puede hacer inversiones sociales de largo alcance en educación, infraestructura, investigación y desarrollo que son nece-**

sarios para su propia supervivencia" [5]. Otros han señalado que las fuerzas del mercado no responden por los costos ecológicos que son considerados erróneamente externalidades. Los resultados finales del modelo del mundo del mercado son, por lo tanto ilusorios, ya que están viciados por haber ocultado toda la verdad. El problema es muy simple: la naturaleza es cíclica ya que absorbe sus propios desechos, mientras que los mercados trabajan de un modo lineal, nunca absorben sus propios desechos que son traspasados a las futuras generaciones. Se ha dicho que el socialismo colapsó porque no permitió que los precios expresaran la verdad económica, pero las fuerzas del mercado también pueden colapsar porque no manifiestan la verdad ecológica [5]. En otras palabras, para los economistas, el medio ambiente es un subconjunto de la economía, en tanto que para los ecologistas, la economía es un subconjunto del medio ambiente. Ambos no pueden estar correctos.

El otro modelo, el mundo de la fortaleza, es fundamentalmente pesimista. Enfatiza que se producirán deterioros ambientales, si las fuerzas del mercado no son reprimidas y que una proporción cada vez mayor de la humanidad será marginada de la prosperidad de unos pocos. El crecimiento económico ha sido desigual, un crecimiento rápido para unos pocos países y el estancamiento, si no algo peor, para muchos otros, tal vez demasiados. Nuestro pensamiento, en términos netamente económicos y la creencia de que sólo la tecnología proporcionará la prosperidad y felicidad, es bastante arriesgado. En el desarrollo, hay mucho más que sólo tecnología, como lo enseña la historia. Consideremos el Imperio Romano y China. En el primer caso, el historiador militar Vegetius escribió que: **"Los romanos fueron menos prolíficos que los galos, más**

bajos que los alemanes, más débiles que los españoles, no tan ricos o astutos como los africanos, inferiores a los griegos en tecnología y en razón aplicada a los asuntos humanos". Y con todo, construyeron el imperio más grande del mundo desde los muros de Adriano hasta la India ¿Por qué? Escuchemos a Vegetius de nuevo: **"Lo que tenían los romanos era la capacidad de organizarse y el deseo de conquistar"** [6].

En contraste, China inventó todas las tecnologías necesarias para tener una revolución industrial, cientos de años antes que Europa. Pero no se produjo; [2, 6]. China no contaba con la ideología correcta. La innovación estaba prohibida. Los textos religiosos, inspirados por Confucio, contenían las soluciones para todos los problemas. Los chinos también carecieron de lo que Vegetius dice que tenían los romanos, el deseo de conquistar. En 1405, la embarcación china de mayor dimensión tenía 400 pies de largo y 160 pies de ancho (la Santa María de Colón tenía 85 pies) Desde 1404 hasta 1407, la flota del Almirante Zhen He estaba compuesta por 317 embarcaciones y transportaba 28.000 hombres. Podría haber circunnavegado África y navegado al norte hacia el Atlántico. No sucedió. El liderazgo chino decidió apartarse del mar, una decisión que no se basaba en la falta de tecnología sino de ideología. E. Blazas ha argumentado que [2] las **"grandes invenciones habrían enriquecido más a China, si no hubiera sido por el asfixiante control estatal. Fue el estado el que mató el progreso tecnológico"**. Europa tuvo embarcaciones mucho más pequeñas y tecnología inferior, pero contaba con navegantes sumamente motivados y todos sabemos como se desarrolló la historia.

Por lo tanto, necesitamos más que

“tecnología”, que es lo que pueden aportar los mercados. Se requiere planificación a largo plazo y visión de futuro. Se necesita un “cambio de paradigma”, empleando una frase demasiado usada, puesto que es así como el mundo ha experimentado los cambios más dramáticos. Los biólogos evolucionistas nos dicen que la evolución procede con un paso demasiado lento para que sea percibido en la corta escala humana del tiempo, pero ocurren cambios súbitos, cuando algunas especies desaparecen y surgen otras nuevas. Estos son saltos evolutivos cuánticos, es la teoría conocida como *punctuated equilibrium* (*el equilibrio interrumpido*). Un lado de lo dividido es radicalmente diferente del otro. Hace setenta millones de años, los dinosaurios se extinguieron y aparecieron los mamíferos. Había nacido un mundo completamente diferente. En el curso de la evolución humana ocurrió otro salto hace 10.000 años con la revolución agrícola. Se inició como un complemento de la caza y la recolección de frutos silvestres, pero finalmente las reemplazó totalmente, dando origen a una era radicalmente diferente. Otro salto cuántico fue la revolución industrial, en la cual se encontró una nueva fuente de energía, ejemplificada por el motor a vapor, que cambió radicalmente el mundo (uno se pregunta ¿qué progreso habría sobrevenido, si Leonardo hubiera tenido una forma de potenciar sus espléndidas invenciones?).

Estamos listos para una nuevo salto evolutivo, una tercera revolución para el tercer milenio. ¿Por qué limitar nuestras alternativas al *mundo del mercado* y

al mundo de la fortaleza? Ambos son modelos que van desde arriba hacia abajo, ya que son el producto de decisiones tomadas por unos pocos para el beneficio de todos. ¿Por qué no tratar en cambio de actuar con un enfoque desde abajo hacia arriba, con la participación de todos? ¿Por qué insisten en otorgar poder a la gente de arriba cuando no hay mejor poderío que el que uno se concede a sí mismo? La felicidad y la riqueza, al igual que la moralidad, no pueden ser legisladas desde arriba, por mejores intenciones que se tengan. Sólo hay un tipo de poderío y es el conocimiento, ya que todos sabemos que el conocimiento es poder.

Debemos empezar a quemar conocimiento en lugar de madera y/o combustible fósil, ya que el conocimiento es una fuente verdaderamente inagotable, no tiene límites y nunca se termina. Es el único bien creado por los individuos para el beneficio de todos. H.G.Wells escribió que: **“La historia humana se convierte en una carrera cada vez más intensa entre la educación y la catástrofe”**. Tenía razón. En efecto, no son suficientes las invenciones, se requiere un mecanismo que asegure que continuamos *inventando invenciones*. Para lograrlo, necesitamos motivación, el mismo ingrediente impalpable que llevó a Colón al nuevo mundo. Únicamente el conocimiento y la educación pueden hacerlo sobre una base continua. El conocimiento es la única fuente de la ventaja sustentable y estratégica para el desarrollo sustentable. La tecnología nos proporciona la información, pero la cultura nos entrega la sabiduría. 🌐

Biografía y Referencias

- [1] L. E. Harrison and S. P. Huntington, *Culture matters*, Basic Books, New York, 2000.
- [2] D. S. Landes, *The wealth and poverty of Nations*, W. W. Norton, New York, 1998.
- [3] O. de Rivero, *The Myth of Development*, Zed Books, New York, 2001.
- [4] A. Hammond, *Which world?*, Island Press, Washington, D. C., 1998.
- [5] L. R. Brown, *Eco-Economy*, W. W. Norton and Co., New York, 2001.
- [6] L. C. Thurow, *The Future of Capitalism*, W. Morrow and Co., New York, 1996.

EL FENÓMENO "EL NIÑO" Y POLÍTICAS PÚBLICAS: UN DESAFÍO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO E INSTITUCIONAL.^(*)

Hernán L. Villagrán ^(**)

1. Introducción

La evidencia científica reciente ha tenido éxito en llamar la atención, al interior de la comunidad internacional, respecto de la urgente necesidad de considerar con mayor determinación la situación ambiental actual. Esta tendencia ha puesto en el tapete de la discusión, la viabilidad de los modelos de desarrollo nacionales y la carencia de instituciones¹ que afronten, desde una

perspectiva interdisciplinaria, los desafíos impuestos por el cambio global² (Sewell, 2000). Lo anterior implica que nuevas maneras de integrar lo ambiental a las políticas de desarrollo tendrán que ser implementadas, a objeto de lograr convivir con la variabilidad climática, introducir los aspectos positivos de los fenómenos en cuestión y mitigar los aspectos negativos de los mismos, mediante políticas diseñadas para tal efecto.

^(*) Trabajo presentado con motivo de la incorporación del autor como investigador asociado al CEADE.

^(**) El Sr. Villagrán es físico especialista en dinámica de fluidos y en oceanografía de gran escala y cambio climático, tras recibir entrenamiento avanzado en el extranjero. Estos elementos le han permitido introducirse en investigación de carácter interdisciplinaria incluyendo, entre otros, el tema de sustentabilidad, tecnología y desarrollo institucional desempeñando, por ejemplo, el cargo de coordinador y subdirector del proyecto ENOS, desarrollado durante el Summer Session Program 2000, que tuviera lugar en Chile.

Correspondencia al autor :HL_Southern@hotmail.com

¹ Sistemas de reglas, procedimientos de toma de decisiones y programas que dan lugar a prácticas sociales, asignación de roles a los participantes de esas prácticas y que guían las interacciones entre los que ocupan los roles relevantes (Institutional Dimensions of Global Environmental Change, IDGEC. Science Plan. Bonn, IHDP, 1999).

² El cual considera además del comúnmente conocido "calentamiento global", otros importantes procesos originados por la acción de agentes de carácter antropogénico sobre diversos subsistemas de la biosfera.

El caso del fenómeno ENOS (El Niño Oscilación del Sur)³ que, por sus características, ejerce una fuerte influencia en la economía de los países que experimentan sus efectos, es un claro ejemplo de cómo lo ambiental está interactuando y afectando el desarrollo de los estados, situación que ha de expandirse desde la perspectiva regional hasta alcanzar una dimensión global, con insospechadas repercusiones en los más diversos ámbitos de la estructura político-económica internacional. Esta situación adquiere un mayor dramatismo si se toma en consideración que los ENOS-efectos están concentrados principalmente en el hemisferio sur, donde coexisten países con niveles de desarrollo muy variable, encontrándose varios de ellos, todavía muy por

debajo de los estándares definidos para un país en vías de desarrollo.

El presente trabajo analiza el fenómeno ENOS desde una perspectiva institucional, pues se estima que esta expresión de la variabilidad climática compromete diversos aspectos del quehacer nacional, no sólo aquellos ligados a lo puramente científico. Se postula que el acceso a información es vital para el manejo de este fenómeno, debido a los alcances económicos de los efectos asociados a éste. En este contexto, se discute el rol de la actividad espacial, que en su expresión institucional - una agencia espacial -, habría de cumplir en el marco de un esfuerzo orientado al diseño de políticas públicas específicas, las ENOS-políticas.

2. Aspectos institucionales del fenómeno ENOS

La especificidad geográfica de ENOS pareciera dificultar una integración más efectiva de los países directamente afectados, a un marco internacional más amplio orientado a la prevención, mitigación y asimilación del mismo. Si bien es posible detectar ENOS-efectos en el hemisferio norte y aceptar que el sistema climático planetario se ve perturbado en su totalidad por la ocurrencia de este fenómeno, el interés que pareciera motivar a los países ubicados en ese hemisferio para su observación y estudio, se hallaría fuertemente condicionado por las relaciones que existirían entre ENOS, el fenómeno del calentamiento global y la capacidad de modelar y predecir variaciones climáticas de mayor alcance espacial y

temporal (Cane, 1992). Esta situación plantea una vez más, los diferentes intereses que existen al interior de la comunidad internacional, cuando se han de evaluar las prioridades de investigación y las necesidades tecnológicas de los países en vías de desarrollo. Afortunadamente, recientes investigaciones señalan que en los últimos años, las ENOS-teleconexiones han intensificado su acoplamiento con la ocurrencia del fenómeno (IGBP, 2001a) y que, además, éste influiría remotamente a otras manifestaciones de variabilidad climática como la experimentada en el Atlántico del Norte (Marshall *et al.*, 2001), región del planeta estrechamente vinculada a la estabilidad del clima terrestre. Este hecho permitiría suponer una mejora en

³ Conjunto de anomalías asociadas a la variabilidad climática interanual, cuya componente oceanográfica, EL Niño, implica el calentamiento masivo de las aguas costeras, principalmente frente a Ecuador y Perú, siendo la Oscilación del Sur la componente atmosférica del mismo. Ésta última es la diferencia de presión existente entre Tahití y Darwin. Cambios sensibles en los patrones normales de precipitaciones, alteraciones en las pesquerías y en la agricultura, son algunos de los efectos típicos asociados a estos eventos.

las condiciones internacionales para enfrentar programas científicos biculturales, en los cuales países como Chile puedan llevar a cabo esfuerzos orientados a la planificación de las medidas de mitigación pertinentes.

Por otra parte, los alcances geográficos de ENOS debieran favorecer la cooperación internacional, especialmente en el área del Asia-Pacífico⁴, con gran énfasis en el intercambio de experiencias útiles para el desarrollo de medidas mitigadoras y de gestión de la información económico-ambiental, de alta aplicabilidad a modelos de decisión y al proceso de diseño de políticas macroeconómicas.

La importancia de las repercusiones socio-económicas de esta perturbación del sistema océano-atmósfera, radica en que la escala apropiada de análisis, en lo que concierne a la mitigación de éstas, se halla íntimamente ligada con infraestructura⁵ (Figura 1). Por esta razón, el asunto ENOS se relaciona con la noción de desarrollo, esperándose en consecuencia, que concentre el más alto interés entre planificadores, analistas y estrategias económicos⁶. En esta línea, el problema relativo a la generación de energía por medios hidroeléctricos, debiera ser incorporado a la agenda nacional de discusión e investigación aplicada, al más breve plazo.

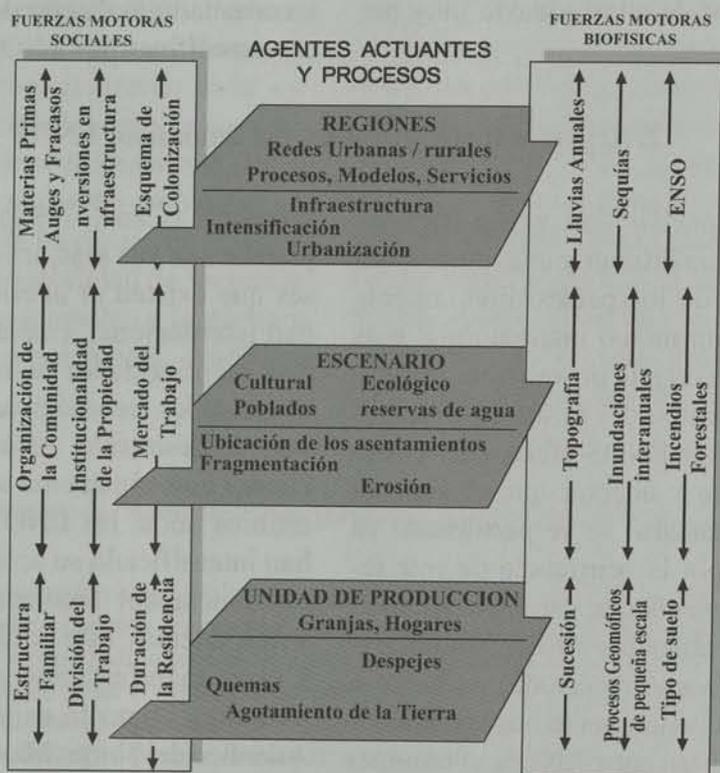


Figura 1: Definida la perturbación de tipo ambiental, la escala del análisis queda inequívocamente determinada (Folke et al., 1998)

⁴ Resultan de particular interés las repercusiones que una agencia espacial puede generar, respecto de ser un elemento de apoyo a los esfuerzos que Chile está llevando a cabo, en pos del fortalecimiento de su presencia en esa región. Específicamente, en los ámbitos: manejo de recursos naturales, ambiental, tecnológico, comunicaciones y de seguridad.

⁵ Se incluyen en este concepto, el aparato productivo cuya base de recursos naturales explotables es en algún grado influenciada por ENOS, las líneas económicas asociadas a estas actividades, la organización del territorio y obras públicas.

⁶ Ver: Summary of Workshop on the Impacts of the 1997-99 ENSO. 5-7 October 1999. Taipei. Republic of China (ROC). 29 pp.

Lo anterior tiene relación con un importante hecho, no del todo analizado: la integración del fenómeno ENOS a las economías nacionales demanda el diseño de políticas de largo plazo, que van más allá de ser medidas mitigadoras o reactivas a los eventos. Por lo tanto, enfrentar el problema ENOS no sólo pasa por la investigación científica *per se* - la que puede dispersarse en variados intentos descoordinados -, sino que por la identificación y generación de **información ambiental de utilidad**, para el diseño de políticas y el proceso de toma de decisiones coherentes con la escalas asociadas a este fenómeno.

Sobre la base de lo anterior, resulta urgente promover al interior de las organizaciones nacionales, relacionadas directa o indirectamente con este tema, la integración entre ciencia y el diseño de políticas públicas, que siendo ENOS-específicas, estén incluidas en un plan de desarrollo nacional y de esta manera, introducir la señal ENOS en la planificación estratégica de largo plazo del país. Este esfuerzo es consistente con el hecho de que el modelo económico elegido, depende en gran medida de recursos naturales y ecosistemas privilegiados para dinamizar una economía exportadora, la que necesariamente, ha de introducir la variabilidad climática como una variable más a considerar en la gestión.

Para que este accionar de carácter político-institucional tenga éxito, es fundamental lograr el apoyo sinérgico de las instituciones respectivas y en base a las preguntas siguientes, obtener un estado de situación inicial.

- a) ¿Se está en condiciones de generar un programa de financiamiento de proyectos orientados al diseño de políticas macroeconómicas, basadas en información científica apropiada para enfrentar el fenómeno ENOS desde una perspectiva nacional y regional?
- b) ¿Es posible estructurar algún grado de liderazgo en este sentido, ejercido por nuestro país, dentro de la comunidad de los países miembros de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)?
- c) ¿Existe voluntad política por parte de las entidades científicas del país, para evaluar en qué porcentaje los proyectos ENOS financiados hasta la fecha, por los organismos que apoyan o fomentan la investigación científica, tienen una aplicabilidad directa al proceso de planificación y toma de decisiones?⁷
- d) ¿Cómo se podría mejorar la estimación del impacto de futuros planes de investigación ENOS en la generación de políticas concretas?
- e) ¿Se cuenta con los instrumentos apropiados para apoyar a científicos investigadores y/o analistas en la presentación de proyectos con alcances institucionales, orientados al diseño y estructuración de ENOS-políticas⁸ sobre la base de información científica relevante?

Este punto es de suyo importante, al permitir a los gestores de la información científica detectar e identificar los fac-

⁷ La inequívoca determinación del tipo e intensidad de los ENOS-efectos, es un asunto que ha de ser prioritario en la agenda temática de la actividad científica ligada a este fenómeno.

⁸ Aquellas acciones sectoriales y multisectoriales dirigidas a asimilar el fenómeno ENOS al proceso de desarrollo nacional.

tores que dificultan u obstaculizan la transformación de resultados científicos, en información base para la generación de políticas y toma de decisiones (Basher, 2000).

Para avanzar en la formulación de las ENOS-políticas, es necesario afrontar la aparente dificultad que aún existiría en la comprensión de la interacción de las escalas fenomenológicas asociadas a estos eventos, con aquellas definidas por la estructura institucional (Folke et al., 1998). Lo anterior tendría su fundamento en la tendencia que se percibe en la comunidad respecto de asociar golpes de corta duración y gran intensidad - tipo huracán - a fenómenos diametralmente opuestos como es el caso ENOS - una señal de **"larga duración"**, progresiva en el tiempo y cuya escala de interacción está fuertemente ligada a infraestructura⁹ - . Si los gobiernos regionales no acoplan políticas de mejora estructural a la escala fundamental del fenómeno, no se puede esperar un aumento cualitativo y cuantitativo de la producción

agropecuaria, del ahorro e inversión fiscal y un perfeccionamiento de las medidas dirigidas a la mitigación de la pérdida de funcionalidad ecosistémica, factores estrechamente relacionados con la pobreza y degradación ambiental.

Enfoques como el señalado deberían, de alguna manera, ser de utilidad en la definición de nuevas políticas y prioridades de financiamiento de proyectos ENOS. La integración de ciencia básica y aplicada con objetivos pragmáticos - léase: desarrollo - es una necesidad imperante en el continente, toda vez que, específicamente en el Cono Sur, se encuentran las economías, relativamente hablando, más vulnerables, sujetas a problemas ambientales con alto impacto sobre las mismas. Esta situación plantea la necesidad de revisar críticamente qué objetivos se quieren lograr a través de la investigación científica y cuál es el óptimo financiamiento de la misma.

3. ENOS y el acceso a información.

La generación de información con implicaciones para el diseño de políticas de desarrollo y mitigación a escala nacional, subregional, regional y hemisférica es un tema crucial a debatir, en tanto cuanto su rol estratégico en las mejoras

institucionales que apoyen un crecimiento sostenido, al menos, en las economías más prometedoras de la región. En este sentido, la CPPS tiene una responsabilidad ineludible, según lo acordado en la XIV Reunión del Comité Científico del

⁹ Lo que se plantea como visión de carácter fatalista (Jordán y Sabatini, 1988), en la cual se concibe a los desastres naturales como de origen "natural" quedando más allá del alcance humano, justificando a través de designios misteriosos los costos experimentados por la sociedad durante estos eventos. Los medios de prensa exacerbaban esa visión catastrofista destacando, por ejemplo, los efectos esperables de un fenómeno que produce intensas precipitaciones en cortos períodos de tiempo. El resultado neto de esta actitud, es priorizar la asistencia de corto plazo por sobre la planificación de medidas apropiadas y coherentes con las características de los eventos ENOS.

Estudio Regional Fenómeno de El Niño (ERFEN), en lo relativo a ser ésta quien ha de proveer las políticas públicas regionales de mitigación y aprovechamiento del fenómeno en comento (CPPS, 2001). Sin embargo, el problema de la diversidad e interconectividad institucional regional, se presentaría como el principal obstáculo a superar¹⁰.

El problema ENOS es un asunto que atañe en primer lugar a la calidad y tipo de información y no a los niveles de inversión fiscal, pues de lo contrario esos recursos seguirán siendo gastados en obras públicas no adecuadas, en organizaciones de alerta y monitoreo desacopladas con la realidad tecno-informática¹¹ y en investigación científica ENOS-específica con escaso o nulo impacto económico-social directo en el mediano y largo plazo. En consecuencia, cualquier avance que se quiera lograr en esta dirección, pasa por una mejora en la eficiencia institucional de los países afectados y por una administración moderna de los crecientes flujos de información - consecuencia directa de los avances tecnológicos esperables en los sistemas espaciales de observación terrestre -.

Esta percepción se hace evidente cuando el factor espacial - con su gran

capacidad de adquisición de información y cobertura geográfica - es incluido, permitiendo acceder a una inmensa cantidad de datos, los que no necesariamente tienen una utilidad directa para efectos de política o lo que es peor, la capacidad de procesamiento de éstos se ve imposibilitada por la infraestructura computacional y tecnológica local. A lo anterior hay que agregar la falta de preparación de los países en vías de desarrollo, para enfrentar el impacto que los datos de alta resolución disponibles ya en el mercado, tendrán en sus asuntos políticos y económicos (Williamson, 2000). Al respecto, es importante señalar que la carencia de un ente centralizador de los esfuerzos nacionales para enfrentar los ENOS-efectos, desde la perspectiva de una planificación de mediano y largo plazo, ha sido identificada como la principal debilidad del país (ISU, 2000).

Debe también tenerse presente que la estructuración de una capacidad de observación sistemática y consistente a nivel local, que permita realizar análisis comparativos a escala global, es el paso preliminar para la constitución de mallas internacionales de investigación (IGBP, 2001b).

La premura de los países de la región para mitigar los ENOS-efectos¹², es proporcional a la "percepción" que en

¹⁰ Respecto de la debilidad institucional existente, el Secretario General adjunto para asuntos económicos de la CPPS, señaló que "... en el más reciente fenómeno El Niño, el manejo institucional de cada uno de los países presentó variabilidades de fondo tanto en la estructura organizacional del Estado y sus instituciones, como en el criterio social de manejo e inversión en la emergencia climatológica, predominando la visión socorrista y la escasa actuación en la prevención". XIV Reunión Comité Científico ERFEN. Informe Final, página 47.

¹¹ Integración de medios tecnológicos a una red funcional de gestión, decisión, coordinación y retroalimentación, en la que la información es el fundamento de la conectividad institucional.

¹² Las estimaciones en daños provocados por los eventos ENOS ocurridos en 1982 / 83 y 1997 / 98 alcanzaron los US\$ 8.000 millones (Cane, 1992) y US\$ 5.300 millones (ISU, 2000), respectivamente. Cabe hacer notar que la última cifra entregada considera sólo los daños experimentados en los países costeros de América del Sur.

éstos se tenga de la importancia del fenómeno para sus respectivas economías. En este sentido, una doctrina que fomente la dualidad de propósito de la investigación ENOS es, probablemente, el mejor camino a seguir en el área, pues al mismo tiempo que se realiza investigación científica, los resultados objetivos de ésta debieran estar determinados, por la necesidad de clarificar la magnitud y signo de los ENOS-efectos sobre la infraestructura productiva, lo que sin duda alguna significa una optimización de la asignación de los recursos del Estado y, como resultado, una mejora en la situación macroeconómica.

Esta aproximación no lleva implícita una actitud "inmediatista", toda vez que una mejora en la situación macro-económica, implica mayores recursos disponibles para llevar a cabo investigación ENOS de largo alcance y duración¹³, a través de acuerdos de cooperación científica multilateral¹⁴. Algunos esfuerzos en esta dirección ya estarían siendo integrados en la definición de los temas relevantes a ser tratados en la próxima década, en el ámbito de las políticas científicas y públicas para la región (Corell, 2000).

Por lo anterior, la aplicación de tecnología espacial implica una mejora cualitativa importante en el manejo de la in-

formación en el *ámbito institucional* y fomenta, además, una creciente demanda de personal altamente calificado en todos los niveles del quehacer nacional. Por lo anterior, es indudable que la continua aplicación de estos instrumentos al problema ENOS es de indiscutible valor.

Sin embargo, pareciera que la utilización de datos obtenidos por medios espaciales para enfrentar los múltiples ENOS-escenarios, aún requiere de mayores precisiones. La discusión respecto de la naturaleza de esos datos y su razón de uso, ha de ser integrada al análisis de las escalas espacio-temporales propias de las interacciones entre el fenómeno natural y sus efectos sobre los sistemas de interés, entre éstos el económico y el social. Esta dificultad no sólo se halla en el ámbito definido por el caso ENOS, por el contrario, este asunto surge cada vez que se analiza la utilidad real de las aplicaciones espaciales en la resolución de problemas prácticos a nivel planetario¹⁵.

Desde una perspectiva regional, surge la cuestión de la "probable" interacción entre el fenómeno ENOS y lo que ocurra en el interior del continente, en especial la región amazónica.

Los países costeros del Pacífico ex-

¹³ Lo que permitiría una integración de la ciencia chilena a iniciativas de mayor alcance, sin caer en una incoherencia de propósito, al formar parte en programas científicos orientados sólo a satisfacer preguntas de interés para los países desarrollados.

¹⁴ El acuerdo comercial entre Chile y la Unión Europea, es un escenario potencial, dado el interés que ésta ha manifestado respecto de participar en la explotación de los recursos pesqueros nacionales y el carácter estratégico de la misma.

¹⁵ Resulta sorprendente la profunda dicotomía que existe entre los esfuerzos destinados a comprender la dinámica de los sistemas terrestres - estabilidad planetaria - y, los argumentos que se esgrimen para la planificación de la exploración de los planetas interiores del sistema solar. Cualquier posicionamiento de la humanidad en algún planeta cercano tendrá, por simple lógica, que basarse en procesos biogeoquímicos y ecológicos conocidos en la Tierra, en los que la humanidad ha hallado las condiciones que le han permitido la adaptación y posterior evolución. El caso de Marte es emblemático, en lo que respecta a sobredimensionar la capacidad de la tecnología y la "independencia" lograda por el hombre a través de ésta.

perimentan efectos “**positivos**” y “**negativos**” asociados a estos eventos, por lo que resulta de singular importancia entender las potenciales consecuencias del manejo de la selva húmeda en el Brasil (Skole y Tucker, 1993) y de las hoyas de los grandes ríos que fluyen en este bioma, de gran relevancia para el clima mundial, en las respuestas locales típicas esperables en la costa oriental del continente. Se estima que la transformación de la cuenca del Amazonas en una zona de cultivo o ganadería implicará formidables cambios en los patrones de circulación atmosférica sobre el hemisferio occidental alterando, vía teleconexiones, la circulación atmosférica global (IGBP, 2001b)

La intervención de áreas significativas para la estabilidad funcionalidad del planeta y la sustentabilidad global, está siendo considerado como un asunto de carácter de política internacional, por lo que se prevé que ningún país podrá arrogarse el derecho a intervenir estos sistemas desde una perspectiva unilateral. Para Chile, cualquier alteración del régimen “**favorable**” y/o un agravamiento de

los efectos “**negativos**” de los eventos ENOS, como consecuencia de “**probables**” alteraciones continentales, es un asunto que no sólo atañe a consideraciones de sustentabilidad nacional. Aquellas que pertenecen al ámbito de su seguridad ambiental¹⁶ deben ser también consideradas.

Para Chile, el asunto ENOS es un tema político-económico con alcances estratégicos, fuertemente dependiente de lo científico, lo que debiera repercutir en el fortalecimiento de la capacidad de negociación del país, en materias ambientales previsibles en el mediano y largo plazo¹⁷.

Estas consideraciones que pueden parecer muy políticas en su naturaleza, requerirán de que la agencia espacial en formación asuma como una de sus tareas más importantes, la interpretación estratégica de las tendencias de los programas de observación terrestre, de los flujos de información esperables y de las técnicas de análisis más eficaces, para el diseño de políticas y toma de decisiones en condiciones de alto nivel de incertidumbre¹⁸.

¹⁶ Este concepto traza una conexión entre la protección del medio ambiente y una más amplia noción de seguridad nacional. Analiza la combinación más efectiva de medidas unilaterales y multilaterales y formas mutuamente aceptables de mecanismos de seguridad internacional entre las naciones, mientras éstas persiguen sus propios objetivos nacionales. Se entrega la siguiente definición operacional: “The reasonable assurance protection against threats to national well-being or the common interests of the international community associated with environmental damage”. (Broadus, 1991).

¹⁷ La posición geográfica del país implica aceptar responsabilidades sobre importantes ecosistemas, cuya importancia funcional y como fuentes de recursos naturales es indiscutible. El diseño de una política exterior ambiental estratégica, persigue fortalecer el rol de los países emergentes, como Chile, en las negociaciones internacionales no sólo ligadas al problema del calentamiento global, sino que a otros aspectos del cambio planetario en proceso, cuyas repercusiones en el ámbito de la seguridad internacional son impredecibles e innegables. Esta política es estratégica en cuanto a que el conflicto no está uasente como escenario probable estimándose, que la expresión de esos conflictos no será sólo de carácter militar.

¹⁸ Los sistemas de observación terrestre en planificación, serán capaces de proveer información ambiental de la más alta calidad, cobertura y complejidad. Esta situación impondrá las naciones usuarias, la estructuración de unidades de análisis y procesamiento de información de alta tecnología. En consecuencia, el concepto de “presencia espacial” habrá de agregar una nueva componente, estrechamente relacionada con la capacidad local de adquirir, procesar, analizar y utilizar información para el apoyo de la toma de decisiones y planificación estratégica. El sistema Terra, una iniciativa de la NASA, es un programa de largo plazo que pretende cuantificar la salud del planeta (Ranson y Wickland, 2001).

4. El factor espacial en la formulación de las ENOS-políticas.

Se ha de convenir que el proceso que conduce al desarrollo de una verdadera economía de recursos naturales no implica un afán por industrializar el país de manera convencional, sino incentivar las áreas referidas a la explotación de los recursos naturales y sus correspondientes encadenamientos productivos (García, 2001).

En este contexto, las ENOS-políticas han de fortalecer la capacidad de integrar la variabilidad climática generada por el fenómeno en cuestión, al sistema económico-natural, por lo que han de considerarse, al menos, los siguientes objetivos específicos:

1. Definir inequívocamente los ENOS-efectos.
2. Evaluar si estos efectos son de importancia, determinando su "signo" e intensidad.
3. Implementar la institucionalidad pertinente.
4. Fortalecer la cooperación internacional en aquellas áreas que experimenten los efectos adversos más intensos.
5. Desarrollar e implementar los mecanismos que optimicen la utilización de los efectos positivos.
6. Desarrollar una política nacional que coordine los esfuerzos y determine las prioridades de la investigación ENOS.

La creación de una Oficina Nacional ENOS, al interior del Ministerio de Planificación Nacional (MIDEPLAN), tendría como objetivo principal, la integración de la investigación relacionada con este fenómeno dentro de una planificación política de largo plazo (ISU, 2000). Esta oficina incorporaría en forma proactiva aquellas estrategias de mitigación dentro del trabajo de otras agencias existentes¹⁹.

Un segundo, pero no menos importante objetivo, de esta instancia gubernamental es enlazar los diversos sectores del país a objeto de llevar a la práctica las políticas arriba mencionadas. En lo específico, esta oficina coordinaría y mantendría los sistemas de información geográficos (SIG) existentes en el país con directa aplicación al problema ENOS, expandiendo las capacidades de éstos mediante el uso de información satelital, para finalizar con el desarrollo de sistemas de expertos²⁰ (Figura 2).

El problema ENOS es un asunto que indudablemente debe ser abordado por la futura agencia nacional espacial, una vez incluido éste en la política espacial actualmente en desarrollo. De hecho, la agenda de la IV Conferencia Espacial de las Américas contempla tratar el tema del medio ambiente y cambio climático, desde la perspectiva otorgada por las siguientes unidades de análisis²¹:

¹⁹ Esta proposición de carácter institucional que surge del trabajo realizado durante la Summer Session 2000, es un paso necesario que debiera catalizar la creación de otras agencias específicas, como la Agencia Nacional para Asuntos del Océano (ANAO) y de esta manera, lograr una mayor integración océano-espacio (Villagrán, 2002).

²⁰ A juicio del autor, el verdadero salto cualitativo en lo que respecta a la generación de información para la toma de decisiones.

²¹ El autor participó en calidad de observador en las sesiones programadas durante la FIDAE 2002, relativas a la preparación de la IV Conferencia Espacial de las Américas, Cartagena de Indias, Colombia. 14 - 17 de Mayo de 2002.

-Visión holística de las múltiples interacciones de la tecnología espacial en el medio ambiente.

-La contribución de estas tecnologías en el proceso de toma de decisiones técnicas y políticas²².

-Aumento de la capacidad de monitoreo y predicción²³.

El diseño e implementación de las

ENOS-políticas es un problema científico-tecnológico y político. La generación de tecnología de punta - oceánica y espacial -, es un subproducto esperable en este proceso, con un gran impacto en la modalidad óptima de desarrollo al que el país pueda optar: Un crecimiento económico basado en el conocimiento, la tecnología y la existencia de servicios con un real valor agregado.

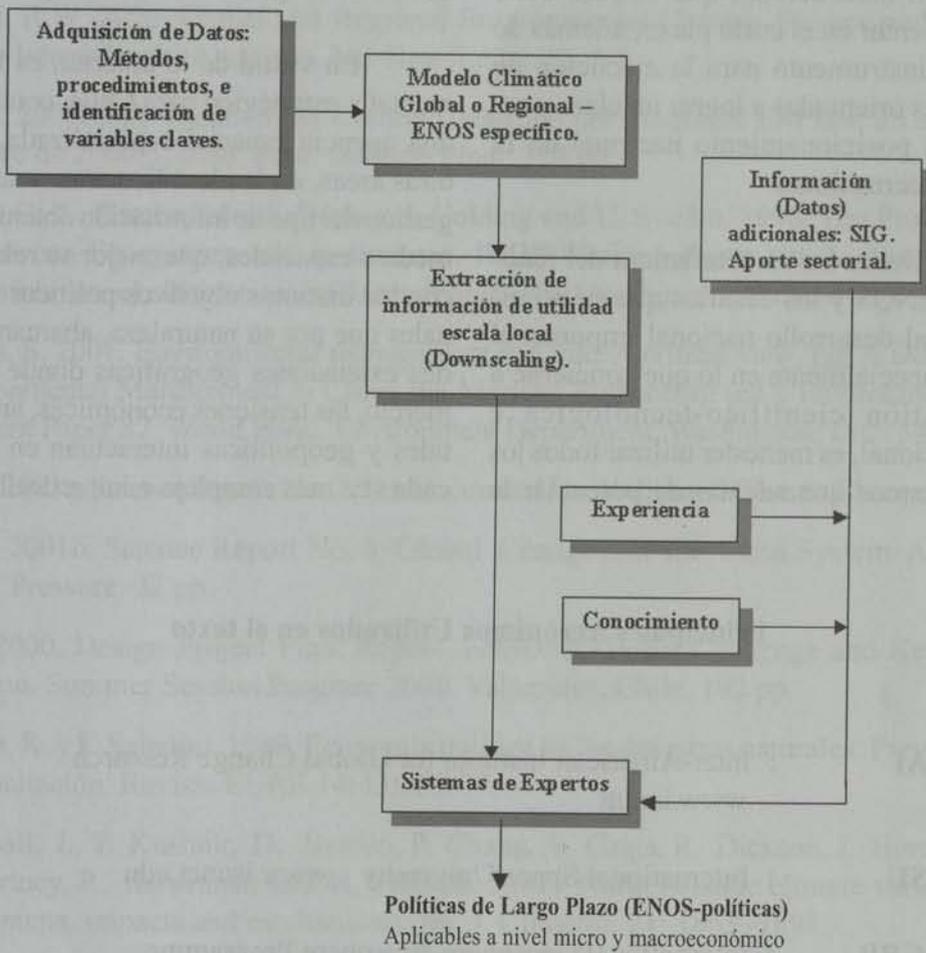


Figura 2:

Diagrama de flujo que muestra la relación entre la generación de políticas de largo plazo y el uso de sistemas de expertos. Versión adaptada (ISU,200)

²² De amplia aplicabilidad al tema de las ENOS-políticas y el rol de la información adecuada para el diseño de políticas públicas.

²³ Es de esperar que el tema de la predicción sectorial sea abordado en esta reunión, dada la importancia de éste en la toma de decisiones económicas, una vez incluida la variabilidad ambiental (Van Aalst et al. 2000).

5. Conclusión.

Si bien el proceso de constitución de una agencia espacial en nuestro país, ha resultado extremadamente lento debido a múltiples razones, que no es del caso discutir en esta oportunidad, lo cierto es que poseer una agencia de este tipo, es un paso determinante hacia una **real** modernización institucional que el país debe implementar en el corto plazo, además de ser un instrumento para la ejecución de políticas orientadas a lograr un claro y renovado posicionamiento nacional en la arena internacional.

Dadas las características del fenómeno ENOS y los desafíos que su asimilación al desarrollo nacional imponen al país, especialmente en lo que concierne a la gestión científico-tecnológica e institucional, es menester utilizar todos los mecanismos que además de potenciar la

cooperación internacional, faciliten la adquisición y transferencia de tecnología y experiencia. En este sentido, la recientemente creada Comisión Asesora Presidencial "**Agencia Chilena del Espacio**", es un instrumento válido para la concreción de convenios interagencias, con países que nos puedan aportar en este campo.

En virtud de lo anterior, es fundamental y estratégico para Chile, contar con una agencia espacial especializada, entre otras áreas, en la identificación, manejo y gestión del tipo de información obtenida por medios espaciales, que mejor se relacione con los distintos objetivos políticos nacionales que por su naturaleza, abarcan grandes extensiones geográficas donde el comercio, las tensiones económicas, ambientales y geopolíticas interactúan en forma cada vez más compleja e impredecible. 

Principales Acrónimos Utilizados en el texto

- IAI** : Inter-American Institute for Global Change Research
www.iai.int
- ISU** : International Space University www.isunet.edu
- IGBP** : International Geosphere-Biosphere Programme
www.igbp.kva.se
- IHDP** : International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change www.uni-bonn.de/IHDP
- ENOS** : El Niño Oscilación del Sur. En la literatura Internacional se refieren a ENSO: El Nimo Southern Oscilation.

BIBLIOGRAFIA

- Basher, R. 2000. Seasonal climate prediction and managing for variability. IHDP Update 2: 8-9.
- Broadus, J.M. 1991. The sea environment: Good news, bad news. US Naval Institute Proceedings 117(10): 50-55.
- Cane, M.A. 1992. Tropical Pacific ENSO models: ENSO as a mode of the coupled system. En: Climate System Modeling. Kevin E. Trenberth (Ed.). Cambridge University Press. 583-614.
- Corell, R.W. 2000. Global and Regional Environmental Change: Science and Public Policy Issues for the Americas. IAI NewsLetter 22: 1-8.
- CPPS. 2001. XIV Reunión del Comité Científico del Programa ERFEN. 25 al 27 de Octubre de 2000. Callao, Perú. Informe Final. 234 pp.
- Folke, C., L. Pritchard Jr., F. Berkes, J. Colding and U. Svedin. 1998. The Problem of Fit between Ecosystems and Institutions. IHDP Working Paper No. 2. (Documento disponible en el sitio: www.uni-bonn.de/ihdp/WorkingPaper02/WP02m.htm).
- García, S. 2001. Environmental management in Chile: A critical view. En: A Decade of Environmental Management in Chile. Ina-Marlene Ruthenberg (ed.). Environment Department Paper 82. World Bank, Environment Department, Washington, D.C. : 46-52.
- IGBP. 2001a. Science Report No. 3: Environmental Variability and Climate Change. 31 pp.
- IGBP. 2001b. Science Report No. 4: Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure. 32 pp.
- ISU. 2000. Design Project Final Report. ENSO: A Global Challenge and Keys to a Solution. Summer Session Program 2000. Valparaíso, Chile. 192 pp.
- Jordán, R. y F. Sabatini. 1988. Economía política de los desastres naturales: Prevención y capacitación. Revista EURE 14(43): 53-77.
- Marshall, J., Y. Kushnir, D. Battisti, P. Chang, A. Czaja, R. Dickson, J. Hurrell, M. McCartney, R. Saravanan and M. Visbeck. 2001. North Atlantic climate variability: Phenomena, impacts and mechanisms. Int. J. Climatol. 21: 1863 -1898.
- Ranson, K.J. y D.E. Wickland. 2001. EOS Terra: First Data and Mission Status. IGBP Newsletter 45: 23-31.
- Sewell, G. 2000. Institutional Uncertainties in the International Climate Change Regime. IHDP Update 3: 8-10.
- Skole, D.L. and Tucker C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. Science 260: 1905 - 1910.
- Van Aalst, M.K., S. Fankhauser, S.M. Kane, y K. Sponberg. 2000. Climate Information and Forecasting for Development: Lessons from the 1997/98 El Niño. Environment Department

Paper 79. World Bank, Environment Department, Washington, D.C. xii + 36 pp.

Villagrán, H.L. 2002. Creación al interior de la Comisión: "Agencia Chilena del Espacio", de una unidad técnica que integre los aspectos propios de las Relaciones Internacionales, Tecnología, Seguridad y Globalización. Documento de Trabajo HL_ANE/5-Marzo. Manuscrito no publicado. 18 pp. (Disponible vía petición directa al autor).

Williamson, R.A. 2000. The Earth observation dilemma. *Earth Space Review* 9(3): 27-28.

Interacción Visual - Vestibular en el Tronco Cerebral

en condiciones de Microgravedad en vuelo de un Transbordador Espacial y sus aplicaciones en Telemedicina (*)

Profesor Dr.

José Luis Cardenas Núñez ()**

I.- INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo, en primer lugar entregar una información útil, en segundo lugar llevarlos un poco a viajar juntos, por el interior del cerebro humano más preciso, por el interior del tronco del cerebro humano y además tomar conciencia que la Microgravedad es un laboratorio experimental, tal vez infinito, para reconocer las múltiples potencialidades del ser humano. Probablemente nuevas conductas o nuevas actitudes en el tema, con una aplicación práctica de como a través de la Telemedicina podemos recoger señales útiles que nos entrega el cuerpo humano, para conocerlo mejor y para participar en el desarrollo de nuevos procesos terapéuticos.

La interacción visual vestibular, no es sino la interacción entre la información visual, tanto central como periférica, y toda la información que entra al cerebro humano a partir de los receptores que están ubicados en el oído interno, que es una extraordinaria zona muy rica, del punto de vista sensorial, para pesquisar primero la fuerza

(*) *Exposición presentada en el Seminario Espacial Ruso Chileno, desarrollado en el Centro de Convenciones Diego Portales el día 30 de Octubre 2001, Santiago de Chile.*

(**) *El autor es Médico cirujano de la Universidad Católica de Chile, especializado en Neurología y Otoneurología en las Universidades de Chile, de Munich, Bonn y Berlín. Decano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Santiago de Chile. Profesor Titular de Neurología. Investigador del Centro de Medicina Aeroespacial de la Fuerza Aérea de Chile. Profesor invitado del Laboratorio de Investigaciones Vestibulares de la Universidad Libre de Berlín. Miembro del Grupo Chagas Space, constituido por NASA y Universidades Latinoamericanas. Presidente de la Corporación Astro-Chile. Miembro del Comité Científico de la Agencia Chilena del Espacio. Investigador Asociado del CEADE.*

de gravedad, luego para pesquisar los desplazamientos de la cabeza y del cuerpo en el espacio, además si hay una interacción visual vestibular, por supuesto que va a dar una mayor riqueza a la capacidad de análisis del tronco del cerebro. Este es una estructura que mide solamente 10 centímetros, pero en esos 10 centímetros es una gran autopista por la cual sube información sensorial que se procesa en el tronco del cerebro y del cerebro y bajan ordenes motoras u ordenes de acciones voluntarias.

El desafío, que ya lleva muchos años de estudios, tanto en misiones de NASA como en toda la actividad de investigación de la Estación MIR y los trabajos hechos en ESA - MIR, han intentado ir definiendo mejor como esta interac-

ción visual vestibular cambia en condiciones de Microgravedad, lo que nosotros vamos a ver hoy día es:

- ⊙ una pequeña reseña, primero de las estructuras y funciones que explica la interacción visual vestibular,
- ⊙ segundo, vamos a ver el funcionamiento del tronco cerebral en condiciones de microgravedad
- ⊙ en seguida, vamos a presentar un experimento que esta propuesto por Chile,
- ⊙ y vamos a ver después las aplicaciones practicas de los métodos de Telemedicina que vamos a emplear para este experimento, pero que tienen una amplia difusión como métodos de diagnóstico y de tratamiento en la vida real.

II.- ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE LA INTERACCIÓN VISUAL-VESTIBULAR

El equilibrio del ser humano, es una función del Sistema Nervioso Central estructurada en base a la información sensorial proveniente de:

a. Receptores vestibulares de ambos oídos internos.

b. Información visual macular y periférica.

c. Información propioceptiva desde los receptores de tensión muscular y articular.

Un esquema de este sistema se puede apreciar en la Figura 1.

Un tipo de los receptores vestibulares se encuentran ubicados en los canales semicirculares y son células ciliadas

que, siguiendo el desplazamiento de la endolinfa producido por los movimientos de la cabeza y el cuello actúan como acelerómetros angulares que detectan la velocidad angular de desplazamiento de la cabeza sobre el cuello, provocando el reflejo véstíbulo-ocular.

Las células ciliadas de la ampolla canalicular son mecano receptores que presentan una latencia de 2 a 3 milisegundos en relación al inicio del desplazamiento cérvico - cefálico. La información que recolectan es transmitida por dendritas que nacen del ganglio vestibular.

Una imagen de las células ciliadas del epitelio sensorio neural, ubicado en los canales semicirculares se puede apreciar en la Figura 2.

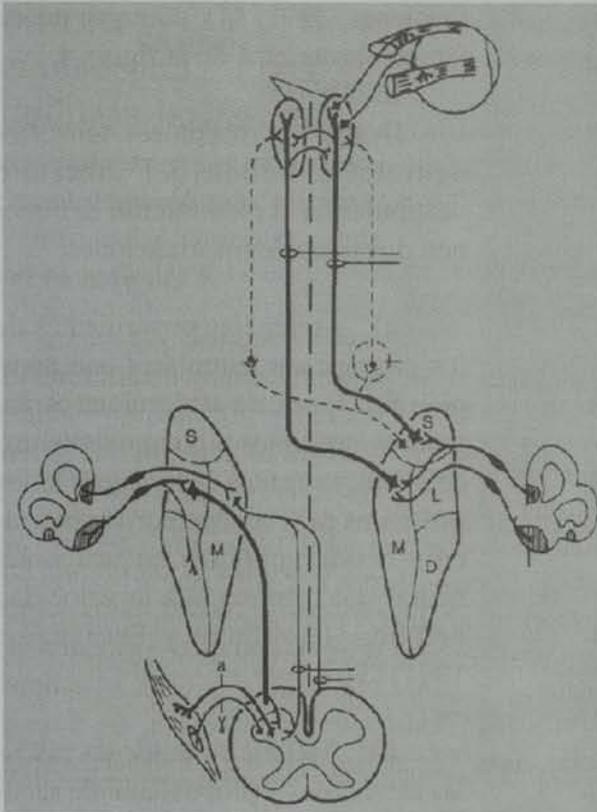


Figura 1

cilios se encuentran embebidos en un gel proteico sobre el cual existen cristales de carbonato de calcio llamados otolitos.

Toda la información vestibular, así como la visual y la propioceptiva, llegan a los núcleos vestibulares del tronco cerebral y a sus conexiones con el sistema reticular, bajo el control moduladorio del cerebelo (flóculo-nódulo) y los núcleos grises de la base.

Esta información es decodificada, generándose programas de activación tónico cinética sobre los núcleos y centros responsables de los movimientos oculares y al mismo tiempo activación tónico extensora sobre los músculos antigravitorios. Un esquema de este proceso puede verse en la figura 3.

este proceso puede verse en la figura 3.

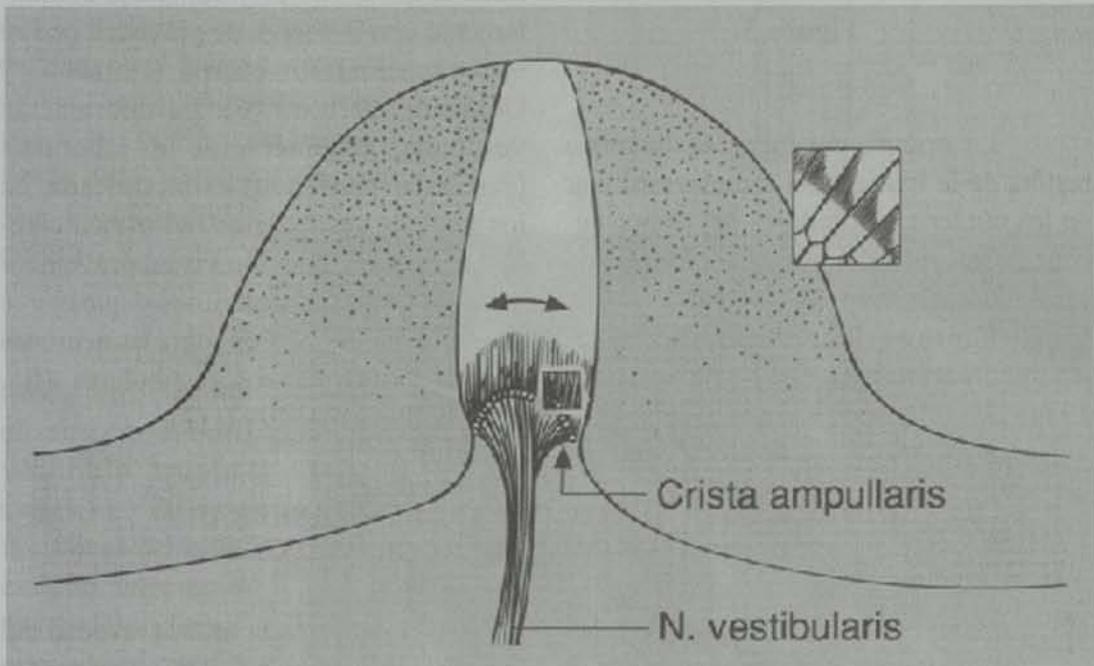


Figura 2

La aceleración lineal del cuerpo y la fuerza de gravedad (9.81 m/s^2) es captada en el epitelio sensorio neural macular del utrículo y del sáculo; en ambos, los

Los núcleos vestibulares del tronco cerebral reciben la información de la periferia vestibular, siendo ellos modulados inhibitoriamente por el flocculo nódulo del cerebelo.

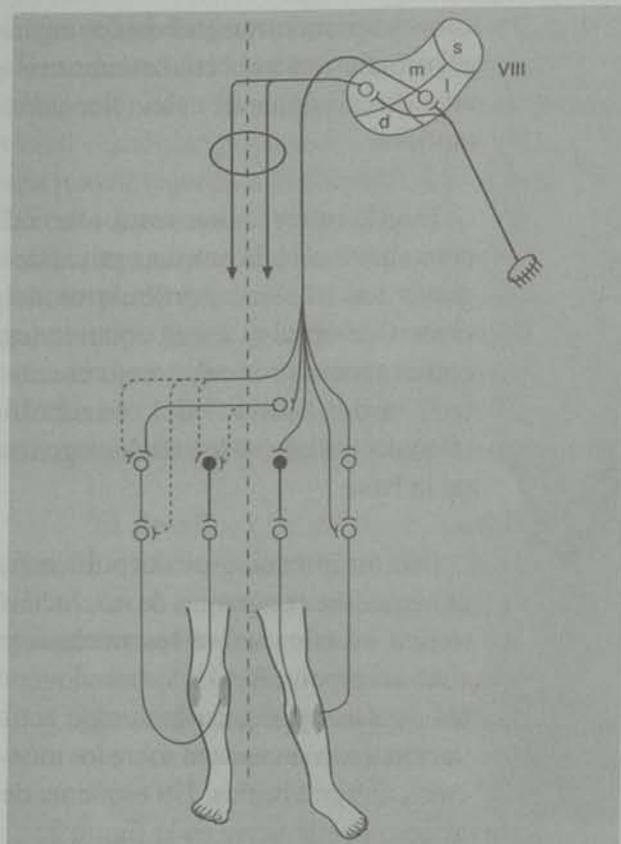


Figura 3

La orientación espacial dinámica resulta de la interacción visual-vestibular en los núcleos vestibulares del tronco cerebral, modulada por las células de Purkinje del flocculo del cerebelo y la actividad supranuclear cortical fronto-occipital y ténporoparietal. (Waespe et al. 1981) (2); (Büttner et. al 1982) (3); (J.L.

Cárdenas, 1991) (4), como se puede ver en el esquema de la figura 4.

Desde los receptores sensorio-neurales ciliados del laberinto vestibular en el oído interno se obtienen dos tipos de informaciones:

a) Aferencias provenientes de los canales semicirculares que cumplen funciones de acelerómetros angulares, sensibles a los movimientos cefálicos y capaces de transformar los estímulos provocados por la aceleración cérvico-cefálica en una señal neural que representa a la velocidad cefálica. (Goldberg y Fernández; 1971) (5).

b) Aferencias desde las máculas utriculares y probablemente saculares, informando de las aceleraciones lineales horizontales y verticales conjuntamente con la fuerza de gravedad que se ejerce sobre nuestro cuerpo. (Fernández y Goldberg, 1976 a.) (6). La información vestibular proveniente de los laberintos (vestibular periférico) es modificada, en los núcleos vestibulares del tronco cerebral, por la información visual proveniente de los colículos superiores y que ejerce su efecto más específico sobre las neuronas tipo III de los núcleos vestibulares. (fig. 2) (J.L. Cárdenas, 1992) (7).

III.- FUNCIONAMIENTO DEL TRONCO CEREBRAL EN CONDICIONES DE MICROGRAVEDAD

En el instante del lanzamiento, los astronautas sufren aceleraciones de 5 a 7 G. El transbordador inicia el vuelo habitualmente en dirección Este con una inclinación de 28°, estableciendo su órbita a 400 Km. de la superficie de la tierra. La duración promedio de cada órbita alrededor de la tierra es de 90 minutos.

Al entrar en la microgravedad del espacio ultraterrestre, $0,9 \text{ m/s}^2$, se produce la inmediata pérdida de la información utrículo sácular, así como la disminución de la frecuencia de las señales generadas en los canales semicirculares. Estos hechos obligan a un proceso de readecuación fisiológica y bioquímica en los núcleos

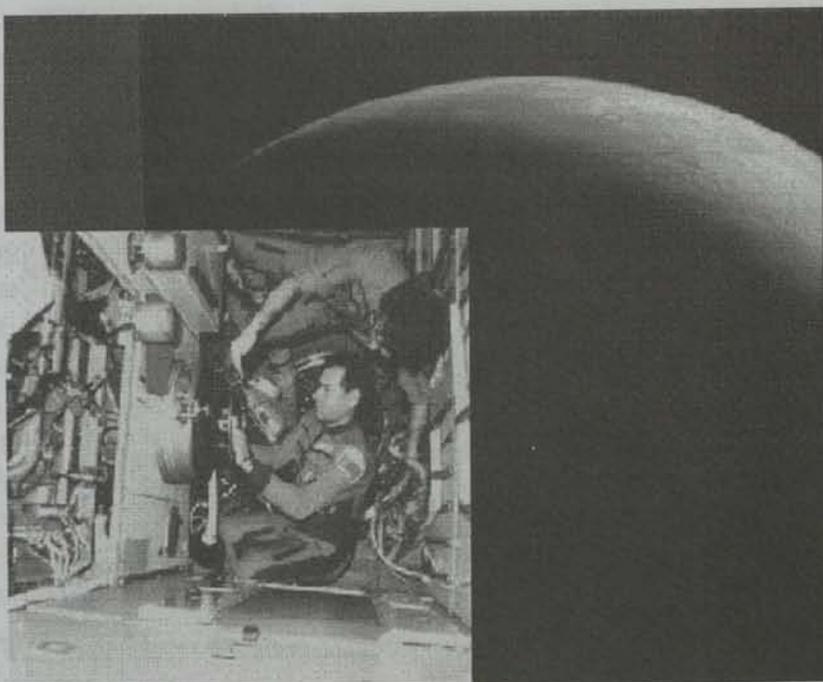
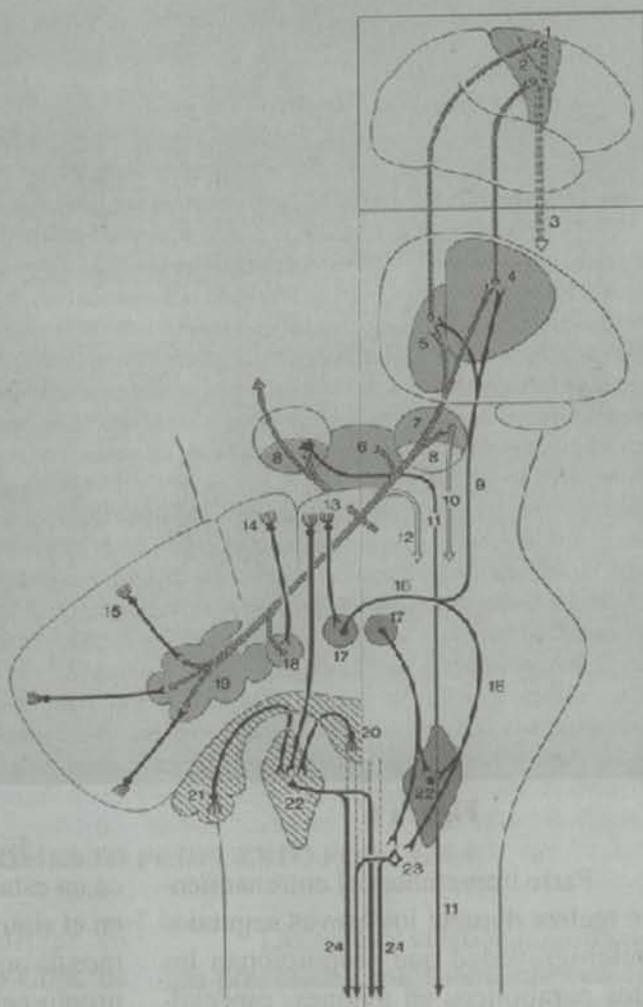
Figura 4

vestibulares y sus relaciones con el cerebelo y la información reticular. Como se puede ver en la figura 5.

Es por ello que es condición fundamental lograr una acabada preparación del astronauta, son importante los procesos de entrenamiento de las sinergias de flexo extensión y los programas de estimulación tónico extensora en la superficie terrestre y en actividad submarina.

Al mismo tiempo se realizan entrenamiento de fijación visual activa y de activación oculomotora producida por desplazamientos cervicefálico en el plano horizontal (YAW), en plano anteroposterior (PITCH) y en basculación de la cabeza y cuello sobre los hombros (ROLL).

El laboratorio de giro, permite el entrenamiento vestibulo propioceptivo en diferentes planos del espacio con aceleraciones y desaceleraciones alternantes, y estímulos sinusoidales. Como se puede apreciar en la figura 6.

**Figura 5**

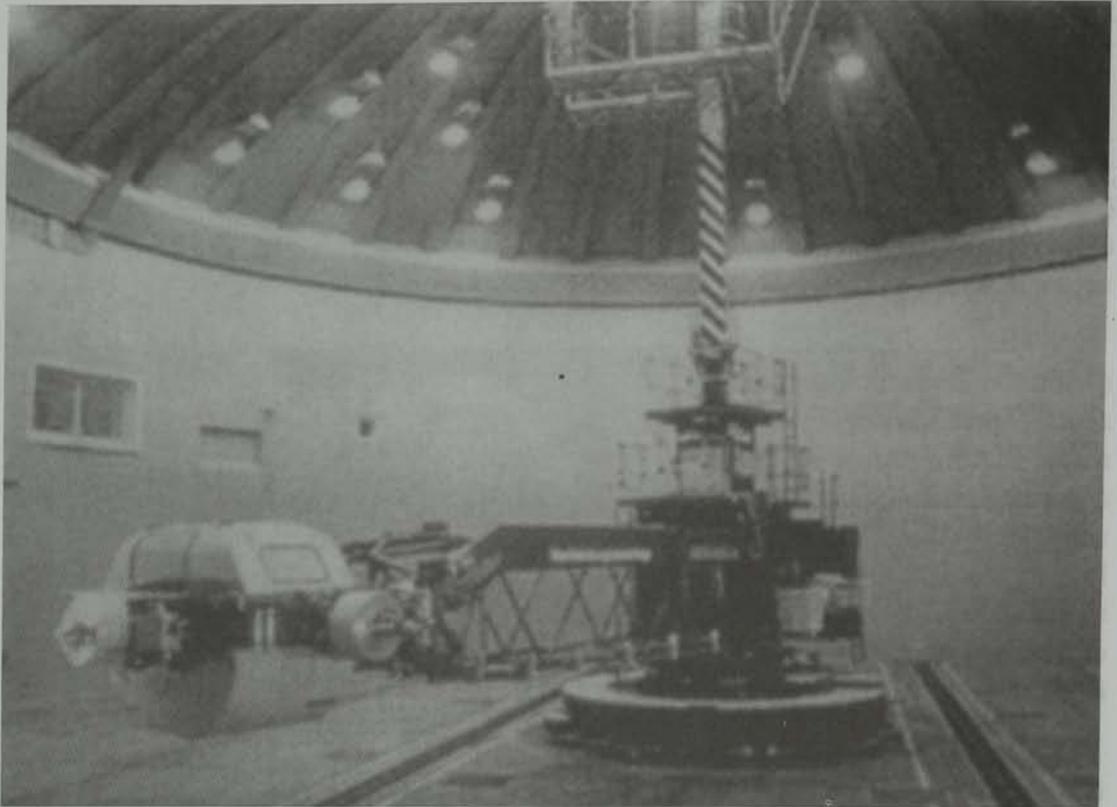


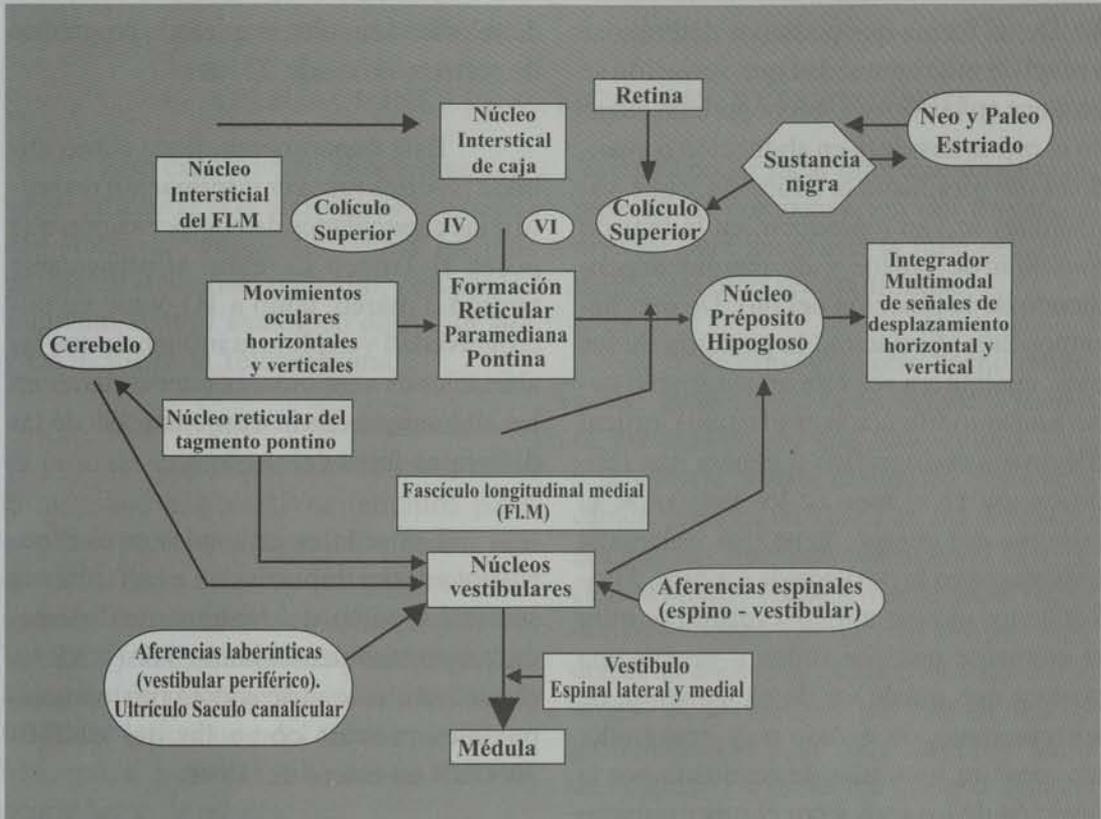
Figura 6

Parte importante del entrenamiento se realiza durante los breves segundos de microgravedad que proporcionan los vuelos parabólicos en aviones, especialmente acondicionados (figura 7).

El proceso sensorial que se produce en estas condiciones se puede apreciar en el siguiente dia-grama de los mecanismos de interacción vestibulo-oculomotor-propio-ceptivo en el tronco cerebral (J.L. Cárdenas; 2000). (figura 8)



Figura 7

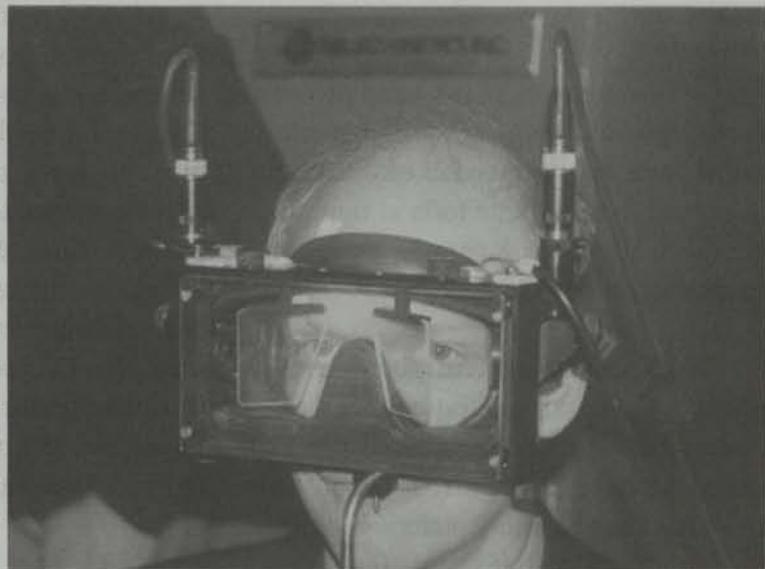


V.- EXPERIMENTO PROPUESTO POR CHILE

El experimento a realizar en microgravedad (Proyecto Astro Chile de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Santiago de Chile y el Centro de Medicina Aeroespacial de la Fuerza Aérea de Chile, con el apoyo del Laboratorio de Investigaciones Vestibulares de la Universidad Libre de Berlín y de NASA), empleará la técnica de Videoculografía que permite registrar los movimientos de los globos oculares en todos los planos del espacio y su relación con los impulsos provenientes desde los oídos internos y previamente analizados a nivel vestibulo-reticular. Como se puede apreciar en la fotografía de la figura 9.

Las señales videoculográficas serán procesadas conjuntamente con la información electroencefalográfica y electromiográfica de músculos extensores y flexores, tanto en vigilia como en el sue-

Figura 9



ño. De tal forma que podamos determinar a nivel de microgravedad que variación se produce en la corteza, tempoparietal cuando el ojo se desplaza en abducción o cuando el ojo gira hacia la aducción y qué variaciones se van a producir, en la tensión muscular de brazos y de piernas dependiendo de la posición del ojo. De esta hacemos una afirmación; la posición de los ojos, cualquiera sea ella en el espacio genera una modificación en el ritmo Cortical Electroencefalográfico y genera una modificación en el tono de los músculos, la posición del cuerpo, tiene una influencia importante en la posición de los ojos, a través de los ojos se mira el espacio, se mira el ambiente que nos rodea y genera una postura que puede ser de alejamiento, de acercamiento, de agrado o de desagrado, una postura muscular determinada por la posición de los ojos y por el procesamiento que la corteza del cerebro hace de esa posición, generando entonces una señal hacia los músculos.

De tal forma que en el experimento se va a establecer un patrón de relación entre movimiento del ojo, influencia atónica del oído sobre la actividad voluntaria de la corteza del cerebro y que señal se genera desde las piernas, el cuello y los brazos.

Los registros se iniciarán previo al vuelo espacial y luego desde el instante de entrar en la microgravedad ultraterrestre, manteniéndose durante todo el tiempo de la misión proyectada para un período de aproximadamente 30 días.

Es necesario además, establecer los patrones de respuesta vestibulo-ocular en condiciones de gravedad terrestre, previo al Experimento en Microgravedad, realizando estimulaciones en Silla Rotatoria Multiaxial con velocidades de giro desde 0 a 200 m/s

de velocidad angular, empleando programas de aceleración desde 25 m/s^2 .

Este experimento, tiene como utilidad práctica recoger información respecto a las capacidades de compensación que posee el Tronco Cerebral al presentarse vértigo o mareo, tanto a 1G como en microgravedad y explora la influencia que las alteraciones vestibulares pueden tener en las alteraciones de la estructuración de las diferentes fases del sueño.

Las señales generadas en el experimento serán transmitidas a la Tierra vía satelital a partir del Sistema de Telemedicina portátil denominado TIP (NASA), el cual ya a sido utilizado en misiones espaciales previas como las del ENDEAVOUR en Enero de 1998.

Este es un sistema que tiene una gran ventaja, es absolutamente portátil, compacto, usa un Procesador Pentium clásico y tiene además una plataforma que permite la entrada sumada de la información Video Oculográfica, Electroencefalográfica y Electromiográfica y decodifica internamente los distintos patrones; el patrón Cortical, el patrón del oído y el patrón muscular y tiene la posibilidad de permitir y generar a través de él hasta video conferencias. Ese equipo tiene además las posibilidades clásicas de todo compacto para Telemedicina, puede medir pulso, presión, puede recibir las señales electrocardiográficas, las señales auditivas dadas por la oscultación cardiaca y pulmonar, y además puede realizar la oximetría, a él se le pueden conectar los sistemas de inspección visual del oído a través del Otoscopio o del interior del ojo a través del Oftalmoscopio o hacer estudios de la resistencia de la piel a través del Dermoscopio.

VI.- APLICACIONES PRACTICAS DEL EXPERIMENTO

Este experimento Biomédico pretende potenciar el desarrollo de la capacidad sinergista entre los sistemas integrados de multianálisis sensorial, con procesamiento central analógico digital in situ y las técnicas de Telemedicina.

Vamos a poder determinar cómo se va produciendo el proceso de compensación y qué expectativas tenemos para estadias prolongadas en el espacio, por ejemplo, en la Estación Internacional Espacial o en las futuras colonias de Marte. Vamos a tratar, en estos experimentos, de aprender de la gran capacidad de las estructuras reticulares del tronco del cerebro, para generar un nuevo marco neurológico de adaptación.

Esta información nos va a ayudar a entender otro fenómeno, este producido en la tierra, de qué manera se pueden compensar o mejorar las lesiones del oído interno, cuando ellas afectan al ser humano, ya sea lesiones traumáticas, en accidentes por golpes, lesiones infecciosas por los múltiples agentes infecciosos bacterianos virales micóticos o lesiones por fallas de la perfusión vascular en el oído interno.

Vamos a poder sacar información de la capacidad de compensación del tronco del cerebro para hacer que la falla periférica dentro del oído sea controlada.

Y de esto surge otro hecho interesante; pensamos y la experiencia trabaja en ese sentido, de que este sistema TYP, este sistema portátil compacto, tiene aplicación práctica en asistir en las definiciones que hay que tomar en el nivel de atención primaria. Existen muchísimas regiones en América Latina y en nuestro país, donde el acceso al médico es difícil o el acceso de un médico que esta en una región aislada se hace muy complejo hacia un hospital. De tal forma que este sistema TYP, usando ya sea la modalidad fax o el modem, puede perfectamente extender el alcance del especialista. Este sistema compacto que va a ser empleado en el experimento y que es una pequeña bomba multisensorial que tiene múltiples posibilidades tanto de input como de output, puede o debe ser usado como una alternativa para mejorar las capacidades diagnósticas y resolutivas de la atención primaria, fundamentalmente en las zonas más difíciles de acceso. 

UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

EN LA DETECCIÓN DE FENÓMENOS DE MAREA ROJA (*)

Ing. **M^a Gabriela Valenzuela V.** (**)

Dr. **Eligio Amthauer C.**

Dr. **Rolando Hernández M.**

Universidad de Concepción.

INTRODUCCIÓN

La vida en nuestro planeta se encuentra ampliamente determinada por el océano. Los mayores cambios de energía se presentan entre la atmósfera y la tierra, pasando a través de la superficie del océano y se obtiene como resultado el clima determinado por este intercambio.

El programa satelital nos provee información oceanográfica y meteorológica, de manera que es posible monitorear sus parámetros físicos en forma confiable.

El procesamiento de imágenes y la percepción remota, son en general de gran utilidad en el proceso de planificación, específicamente valiosa para detectar los fenómenos y producir mapas de diversos tipos de peligros naturales, como por ejemplo, las apariciones de fitoplanctales nocivos en las regiones del sur de Chile, además de presentarse en la zona de estudio una floración de algas sin coloración de las aguas, lo que apoya un monitoreo de la zona por medio de registros de temperatura, y porque no, de imágenes satelitales desde un satélite chileno.

En el presente trabajo se muestra la utilización de imágenes satelitales obtenidas desde una plataforma radiométrica satelital chilena, el satélite FASat B, en el desarrollo una metodología para detectar el fenómeno de Marea Roja en las regiones X a XII del sur de Chile. Esto se logra con ayuda de imágenes de las cámaras WAC (Wide

(*) Conferencia presentada por el Dr. Rolando Hernández M. en el "Seminario Espacial Ruso-Chileno" desarrollado en el Centro de Convenciones Diego Portales en Santiago de Chile, el 30 de Octubre de 2001.

(**) Los autores son miembros del Centro de Teledetección Satelital, de la Universidad de Concepción, del cual el Dr. Hernández es su Director.

Angle Camera), NAC (Narrow Angle Camera), y OUBI's (Ozone Ultraviolet Backcattering Imager) del FASat Bravo. Se muestra también el marco teórico de la percepción remota, el desarrollo y su fundamentación histórica, además de las características orbitales como de los instrumentos utilizados por el satélite, los cuales son directos responsables de proporcionar las imágenes para el estudio.

Los resultados obtenidos de la contrastación de las cartas de temperatura con los datos reales, como es la distribución de temperatura o de recursos pelágicos que se obtienen de los cruceros de evaluación o en diversas exploraciones

que destacan la importancia y beneficios de un monitoreo de tipo satelital para dicha zona.

Tomando en cuenta las características de las cámaras llevadas por la plataforma, se realizó un monitoreo de la zona sur de Chile, que muestra resultados favorables en la aparición de las Floraciones Nocivas recurrentes en dicha zona.

Por otro lado, para Chile la investigación en materias espaciales fue una de las actividades que preocupó a la Fuerza Aérea durante la década del '80, en particular la necesidad de ocupar un rol activo en el espacio, generando el programa FASat.

ANTECEDENTES GENERALES

Aunque la mayor parte de estos fenómenos han sido inocuos, existen zonas, en algunos casos muy extensas, del litoral de las regiones X, XI y XII, donde se presentan floraciones de algas nocivas de alta toxicidad en forma recurrente, producidas por los dinoflagelados *Dinophysis acuta* y *acuminata*, causante de VDM y *Alexandrium catenella*, causante de VPM. (***)

Las temperaturas superficiales del agua presentaron variaciones mensuales, siendo estas mayores al comienzo del invierno e inicio del verano de cada año, las cuales fueron muy bruscas, especialmente en el tiempo de lluvias. (2) (3)

Tomando en cuenta los antecedentes biológicos que en apoyo al desarrollo de este estudio se utilizó una plataforma satelital nacional, que se describe a continuación.

El FASat Bravo fue lanzado desde Baikonur (Rusia) por un cohete, el Viernes 10 de Julio de 1998 a las 02:32 hora local.

El objetivo primario del Proyecto es obtener para Chile la experiencia científica y tecnológica básica que permita continuar con experimentos y proyectos posteriores más complejos. Uno de los experimentos a bordo, llamados cargas útiles del satélite, es la Experimentación de Imágenes Terrestres.

Para la realización de los experimentos, el satélite FASat Bravo contiene dos cámaras captadoras de imágenes en rango visible, una de campo amplio (baja resolución) y otra de campo angosto (resolución media), ambas alineadas en la misma dirección. La cámara de campo amplio tiene una resolución media de aproxi-

(***) VDM: Veneno Diarreico de Mariscos
VPM: Veneno Paralizante de Mariscos.

madamente 1.500 metros. En tanto que la de campo angosto tiene una resolución de aproximadamente 150 metros.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El satélite FASat Bravo, pertenece a la clase de los microsátélites de órbita baja, los cuales operan entre los 600 y 1.200 kilómetros de altura (820 Km. aprox.). (5) El satélite está construido en torno a un cuerpo central de 60 cm. de altura y con

una base cuadrada de 35 cm. por lado. El interior del cuerpo central está formado por 11 módulos o bandejas que albergan todos los circuitos electrónicos, mientras que en el exterior de sus cuatro caras laterales, se ubican los paneles solares que le proveen energía eléctrica.

1. Periodo Orbital

El periodo orbital se obtiene mediante:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{\alpha}{\mu}} = 6078.39 \text{ [s]} = 101.3065 \text{ [min]}$$

donde: $\mu = 3.986 > 10^{14} \text{ [m}^3/\text{s}^2]$
 $\alpha = 7199 \text{ [Km]}$

2. Determinación Exacta de Repetición de Órbita

La expresión usada para dicho evento es:

$$T_N \left(\omega_E - \frac{d\Omega}{dt} \right) = 2\pi \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

donde: $T_N = 6085.4197 \text{ [s]}$

dando: $n_2 \cup 71 \text{ órbitas}$ y $n_1 \cup 5 \text{ días}$

3. Determinación de Área de Imagen y Resolución

En la figura 1 se observa la determinación del área de imagen, la resolución y la relación entre los parámetros involucrados (longitud focal, altitud del satélite, etc.).
 donde:

- h = altura aproximada del FASat Bravo
- f = longitud focal de las lentes

- d = área de imagen CCD
- d' = dimensión del píxel
- D = área de fondo
- D' = resolución de píxel

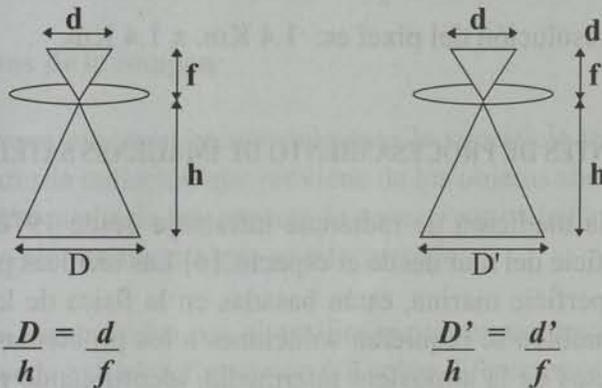


Figura 1: Área de imagen y resolución.

A.- Wide Angle Camera (WAC)

Esta cámara esta basada en un sensor de televisión monocromático CCD04-06, con 578 x 576 píxeles, arreglados en 2 campos de 578 x 288 píxeles.

- ⊙ Región de imagen de la CCD es: 8.52 x 6.3 [mm]
- ⊙ El largo focal es: 4.8 [mm]

Así el área de convergencia esta dado por: 1456 Km. x 1076 Km. Por lo que la resolución del píxel es: 2.6 Km. x 3.8 Km.

B.- Narrow Angle Camera (NAC)

Esta cámara esta basada en un sensor de televisión monocromático CCD04-06, con 578 x 576 píxeles, arreglados en 2 campos de 578 x 288 píxeles.

- ⊙ Región de imagen de la CCD es: 8.52 x 6.3 [mm]
- ⊙ El largo focal es: 75 [mm]

Así, al igual que la cámara WAC, el área de convergencia esta dado por: 93 Km. x 69 Km.

Por lo que la resolución del píxel es: 164 Km. x 246 m.

C.- Ozone Ultraviolet Backcattering Imager (OUBI)

Esta cámara esta basada en un sensor de televisión monocromático CCD02-06, con 385 x 576 píxeles, arreglados en 2 campos de 385 x 288 píxeles.

- ⊙ Región de imagen de la CCD es: 8.32 x 6.16 [mm]
- ⊙ El largo focal es: 12.5 [mm]

Así el área de convergencia esta dado por: 546 Km. x 404 Km.

Por lo que la resolución del píxel es: 1.4 Km. x 1.4 Km.

ANTECEDENTES DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

Se ha usado la medición de radiancia infrarroja desde 1970, para estimar la temperatura de superficie del mar desde el espacio. [6] Las técnicas para estimar dicha temperatura de la superficie marina, están basadas en la física de la radiación de un cuerpo negro, pero también se requieren soluciones a los problemas prácticos, como para corregir los efectos de la atmósfera intermedia, identificando regiones libres de nubes y las coordenadas respectivas en tierra (georeferenciación).

1.- Físicas: Radiación de un Cuerpo Negro

En virtud del movimiento molecular, todas las substancias sobre el cero absoluto emiten radiación. Un cuerpo que absorbe toda la radiación entrante es llamado cuerpo negro. [4] [6]

En 1901, Planck asumió que la energía sólo puede existir en paquetes discretos o cuántum, igual a $h\nu$, donde h es la constante de Planck y ν es la frecuencia electromagnética.

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right) - 1}$$

donde: c es la velocidad de luz
 k es la constante de Boltzmann.

2.- Estimación de Temperatura

Se presentan 3 limitaciones mayores para estimar la temperatura de superficie de mar, al usar medidas de radiancia de una plataforma satelital.

1. Bloqueo de la radiación infrarroja de la superficie por presencia de nubes. Si no se identifican regiones nubladas apropiadamente, las medidas de temperatura de la nube son incorrectamente asociadas con temperatura de superficie de mar.

2. La atmósfera intermedia absorbe parte de la radiación emitidas por la superficie y también emite radiación la cual va directamente al sensor, distorsionando la medición.
3. La radiación solar se refleja de la superficie al sensor.

3.- Tratamientos de la imagen

Los sensores exploran secuencialmente la superficie terrestre, adquiriendo a intervalos regulares la radiación que proviene de los objetos situados en ella. El sensor detecta la radiación media de una parcela de terreno equivalente al tamaño del píxel, el que se traduce a valor numérico, que es interpretado.

Los datos transmitidos por el satélite requieren un tratamiento corrector para que de ellos se pueda extraer información útil sobre diferentes parámetros físicos (temperatura, concentración pigmentaria).

Este tratamiento se compone de variadas etapas:

A.- Corrección de Agentes Externos

El flujo de energía recibido por el sensor no sólo depende de la feffectividad de la cubierta, sino también de otros factores externos. Los más importantes son:

- ⊙ Condiciones atmosféricas.
- ⊙ Geometría de la observación. El ángulo de elevación solar (fuente del flujo energético) y ángulo de observación (posición del sensor) respecto a la superficie terrestre determina la respuesta que ésta da.

La radiación cuando entra en contacto con la superficie terrestre puede sufrir tres procesos diferentes: reflexión, dispersión y absorción. A estos se agrega la emisión de energía previamente almacenada.

Las bandas constituyen el grupo de longitudes de onda directamente dependientes de la luz solar. Es la banda de mayor interés para la observación remota de la superficie terrestre. La curva de emitancia del sol se asemeja bastante a la de un cuerpo negro a esa temperatura.

Teniendo en cuenta la componente de reflectividad, que es lo que podemos medir con el sensor,

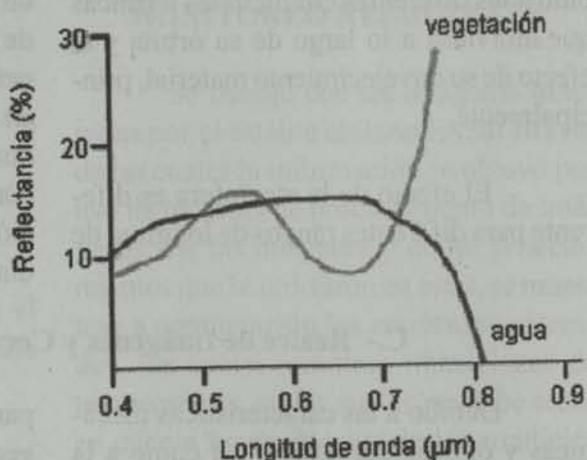


Figura 2: Gráfica de Reflectancia en tipos de superficies

podremos saber qué tipo de superficie es la que da esa firma espectral.

Comportamiento Espectral Teórico en el Dominio Óptico

El agua, absorbe o transmite la mayor parte de la radiación visible que recibe. Por tanto presentará una curva espectral plana, baja y de sentido descendente. En aguas poco profundas, la reflectividad aumenta. Los factores que afectan a este comportamiento son: profundidad, contenido en materias en suspensión (clorofila,

arcillas y nutrientes) y rugosidad de la superficie (factor, extremadamente importante).

Por su parte, la nieve ofrece un comportamiento completamente diferente al del agua, con una reflectividad elevada en las bandas visibles, reduciéndose drásticamente en el infrarrojo cercano.

Comportamiento Espectral Teórico en el Dominio del Infrarrojo Térmico

Como la temperatura de la superficie terrestre es de 300 °K (aprox.), su emitancia espectral es máxima en la banda entre 8 y 14 μm (infrarrojo térmico). Esto nos permitirá detectar el calor que procede de las distintas superficies, pero para ello no se mide la energía reflejada, sino la emitida, en función de la temperatura.

Se produce el fenómeno de que casi toda esta energía es absorbida por la atmósfera, permitiendo la existencia de vida.

Pero hay una ventana de transmisión entre 8 y 14 μm que se puede usar en teledetección.

En el Suelo y el Agua, el factor más destacado es su contenido de humedad. A mayor humedad, más frío estará durante el día y más cálido durante la noche, con respecto a los suelos secos. El agua posee la mayor inercia térmica debido a su alta conductividad. Es más difícil que cambie su temperatura.

B.- Correcciones Radiométrica y Atmosférico:

Estos son cálculos para corregir el comportamiento del sensor, que varía debido a las diferentes condiciones térmicas que atraviesa a lo largo de su órbita y al efecto de su envejecimiento material, principalmente.

El efecto de la atmósfera es diferente para diferentes rangos de longitud de

onda: así en el infrarrojo este efecto se reduce prácticamente a una subestimación de las temperaturas debido a la absorción de parte de la radiación emitida por la superficie por el vapor de agua, mientras que en los canales visibles debemos tener en cuenta la absorción de ciertos agentes como el ozono, la dispersión de la radiación por los aerosoles, el efecto de la radiación Rayleigh, etc.

C.- Realce de Imágenes y Corrección Geométrica

Debido a las características mecánicas y ópticas del sensor, así como a la curvatura terrestre, las imágenes obtenidas deben ser corregidas geométricamente

para atribuir a cada píxel su localización geográfica exacta. Si podemos buscar puntos dentro de la imagen de los que sabemos sus coordenadas geográficas, podre-

mos calcular una transformación que obtenga la proyección de los datos en un plano, conforme a un sistema de proyección cartográfico. A esos puntos se les llaman puntos de control (GCP, Ground Control Points).

La relación entre el sistema de coordenadas de la imagen y el de la realidad se construye mediante una transformación. Se trata de un regresión lineal múltiple:

$$\bar{X}_i = a_0 + a_1 \cdot c_i + a_2 \cdot l_i$$

$$\bar{Y}_i = b_0 + b_1 \cdot c_i + b_2 \cdot l_i$$

donde: $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ son los coeficientes de regresión.

c_i y l_i las variables independientes

X_i e Y_i las variables dependientes.

Se emplea el método de cuadrados mínimos para calcular esos coeficientes de las funciones de transformación. Con una transformación lineal (de primer orden) sólo podemos hacer tres cosas: rotar, escalar y trasladar una imagen, son necesarios 6 coeficientes. Con transformaciones no lineales (de segundo orden o más) también pueden corregir las distorsiones internas de la imagen, entonces serán necesarios 12 coeficientes para segundo orden, 20 para tercer orden, etc. con los que el número de puntos de control a buscar será mayor.

El indicador más utilizado es el error medio cuadrático (RMS) para cada uno de los i puntos de control:

$$RMS_i = \sqrt{(x_i - \bar{x}_i)^2 + (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

El promedio de los RMS para todos los puntos de control facilita una evaluación de la calidad general del ajuste. Lo que se hace, es tolerar un cierto margen de error (de RMS).

El RMS expresa distancia en el sistema de unidades origen, esto es, distancia en número de píxeles.

Se necesita también conocer el tamaño del píxel para que en la operación de remuestreo, para que se pueda calcular el número de píxeles que se deberán intercalar entre posiciones conocidas de referencia.

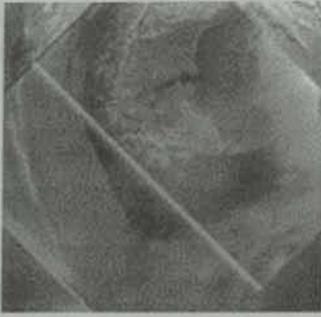
D.- Máscaras

Este es el caso del medio terrestre y de la cobertura nubosa cuyo enmascaramiento permite una mayor claridad de visualización de las imágenes y una mayor rapidez en su lectura.

Las máscaras de Tierra son imágenes binarias (0 = tierra, 1 = mar) que se superponen a las imágenes estudiadas. El enmascaramiento de nubes, persiguen la selección de píxeles contaminados por nubes en función de varios parámetros como su valor de radiancia en diferentes bandas espectrales.

MONITOREO RESULTANTE

Se trabajó con las imágenes obtenidas por el satélite chileno FASat Bravo, de las cuales la información se obtuvo por uso de técnicas de procesamiento de imágenes. De las imágenes y de los procedimientos que se utilizaron en éstas, se muestran a continuación los resultados obtenidos, los cuales muestran transiciones de temperaturas, en las cuales, se debe tener en cuenta los problemas de las condiciones climáticas que afectan a la zona de estudio.



0 Temp °C 18

Figura 3 : Imagen FASat del 18 de Junio de 2000. (-54.684 lat S., -68.391 long O)



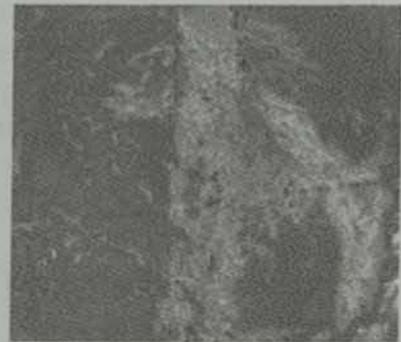
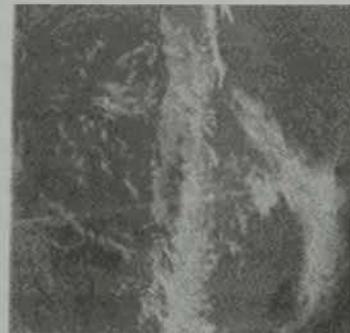
0 Temp °C 18

Figura 5 : Imagen FASat del 10 de Julio de 2000. (-52.355 lat. S, -70.644 long O)



0 Temp °C 18

Figura 4 : Imagen FASat del 09 de Julio de 2000. (-41.310 lat.S, -71.638 long. O)



0 Temp °C 18

Figura 6 : Imagen FASat del 03 de Septiembre de 2000. (-54.909 lat S, -67.182 long O)

A las imágenes anteriormente mostradas se le realizaron pruebas tanto de ecualización, mejoramiento de turbiedad de Gauss, enmascaramiento de ruido, etc.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El agua posee como característica la absorción de energía en el infrarrojo cercano, lo cual entrega como resultado una localización y delineación de cuerpos de agua con mayor facilidad, además la reflexión del agua, no solo depende de ésta, sino del material que hay en ella, es decir, agua limpia absorbe poco, presentando longitudes de onda (λ) menores a $0.6 \mu\text{m}$. Como la turbiedad del agua cambia la transmitancia, se tiene un cambio de reflexión. Agua con sedimentos tiene mayor reflexión en el espectro visible que el agua de mar. La concentración de clorofila cambia la característica de reflexión. El aumento de clorofila tiene una disminución en la reflexión del agua en longitud de onda del azul e incrementa en la del verde.

Las características de concentración de oxígeno, pH y sal no son observables directamente a través de cambios de reflexión del agua, pero se correlaciona con la reflexión observada.

Métodos aplicados a imágenes oceánicas obtenidas por el FASat Bravo, permiten conocer la variación espacial de la temperatura en la superficie del mar, siendo el conocimiento de esta de gran ayuda para estudios oceanográficos, como para la industria pesquera. Por esto la importancia de un monitoreo eficiente en la costa de nuestro país ya que ellas se caracterizan por los canales y fiordos.

Del monitoreo que se realizó a la zona de estudio, en un periodo de 6 meses, se pudo comprobar la relación directa del aumento de la temperatura superficial del mar con la aparición de floraciones nocivas, su desarrollo y evolución en el tiempo, además de las concentraciones fijas de estas en ciertas locaciones de la región.

La utilización de imágenes del FASat Bravo, en el sentido de la captación de la temperatura superficial del mar (TSM), es útil como ayuda y benéfica para una mayor vigilancia a los azares de la naturaleza, ya que esta entrega una información que se destaca por su acierto y el bajo error, en este caso de la variación de la temperatura entregada, ya que al ser contrastadas las temperaturas reales obtenidas in situ, y las temperaturas entregadas por el análisis de las imágenes, se alcanza el rango de precisión de $\pm 0.6^\circ\text{C}$, del sensor en la medición de temperatura superficial.

Este monitoreo realizado desde una plataforma chilena, afirma la posibilidad de detección de marea roja en su primera etapa.

Finalmente, se puede decir que la utilización de imágenes satelitales para el monitoreo de fenómenos naturales es de real importancia, ya que todos los peligros naturales, hasta cierto punto, son eventos o procesos recurrentes, que dejan evidencias de su anterior ocurrencia. Tal evidencia puede ser observada, analizada e integrada en el proceso de planificación. Con el apoyo de nuevos programas espaciales y las mejoras en la resolución espacial, tanto para las bandas visibles e infrarroja cercana, a lo que se suma una baja sustancial en los precios de las imágenes, todo lo cual hace más fácil la utilización de observación satelital, para mejorar nuestro medio ambiente y prevenir las FAN (Floraciones de Algas Nocivas) las que

traen consigo problemas a la población, como asimismo serios daños económicos al sector productivo, y turístico. El resultado final es que se logra hacer crecer a Chile en el ámbito tecnológico. 

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Valenzuela V, M^a Gabriela. 2001. *Detección del Fenómeno de Marea Roja en las Regiones del Sur de Chile, con Ayuda de Imágenes Satelitales. Memoria título para optar al de título de Ingeniero Civil Electrónico. Universidad de Concepción.*
- [2] Avaria S, D. Cassis, P. Muñoz y P. Vera. 1997. *Distribución del microfitoplancton marino en aguas interiores del sur de Chile en Octubre de 1995 (Crucero Cimar-Fiordo I).* *Ciencia y Tecnología del Mar* 20; 107-123.
- [3] Cassis D. 1999. *Variación temporal del fitoplancton en una estación fija en el período 1993-1998. Tesis de Grado para optar al Título de Biólogo Marino. Universidad de Valparaíso.*
- [4] Eisberg R. M., *Fundamentals of Modern Physics, John Wiley and Sons, New York, NY, 47-69, 1961.*
- [5] *Estudio Proyecto OLME, Fuerza Aérea de Chile.*
- [6] Stewart, R. H. *Methods of Satellite Oceanography, University of California Press, Berkley, CA, 128-152, 1985.*

MULTIFORMACIÓN GEOESPACIAL

CONCEPTO APLICADO A LA ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE PERCEPCIÓN REMOTA (*)

I.- INTRODUCCIÓN

El revolucionario desarrollo científico y tecnológico que experimentaron las plataformas aéreas y espaciales, los sensores remotos, los equipos computacionales y los sistemas lógicos, cambió la forma de ver y estudiar la Tierra. Desde entonces, el desarrollo de las ciencias geoespaciales se ha caracterizado por la *multiplicidad*. La gran variedad de información capturada, analizada y entregada, ha abierto un camino hacia el conocimiento y las ciencias aplicadas cuyo límite es la imaginación.

La percepción remota y en especial la fotografía aérea esta definida por su multiplicidad tanto en el proceso de captura; manejo como en la entrega de resultados. Darnos un tiempo para repasar este concepto nos permiten reflexionar sobre las capacidades y vigencia que guarda esta versátil herramienta.

La fotografía aérea se debe considerar como una tecnología aplicada a la solución de problemáticas reales que se

presentan en el espacio geográfico. Desde este punto de vista su uso es amplio abarcando desde inventario de recursos, planificación y gestión urbana, hasta el comercio y la seguridad ciudadana.

En Chile la historia de la Aerofotogrametría como parte de la percepción remota, se origina con la creación del Servicio Aerofotogramétrico, S.A.F. El 11 de Octubre de 1963, gracias a la visionaria idea del entonces Capitán Juan Soler Manfredini, se dotó al país de un organismo cuyas capacidades han apoyado el desarrollo nacional.

II.- DESARROLLO: EL CONCEPTO DE MULTI INFORMACIÓN GEOESPACIAL

El concepto de "**multiformación geoespacial**" se vincula a los siguientes aspectos:

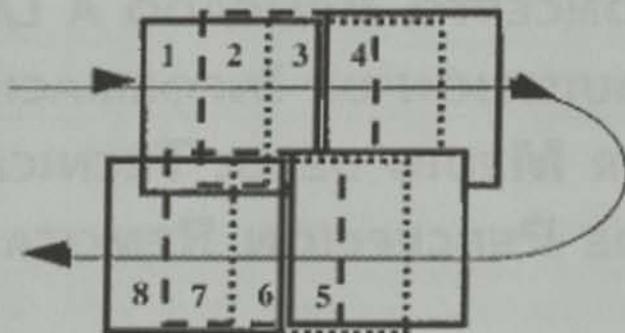
1.- Toma sucesiva de fotografías aéreas

El concepto de multiformación se encuentra implícito en la

(*) Presentación efectuada por el Capitán de Bandada (A) Sr. Máximo Venegas Raggio, del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile, en el Seminario Espacial Ruso-Chileno efectuado en el Centro de Convenciones "Diego Portales" en Santiago de Chile el día Lunes 29 Octubre de 2001.

toma sucesiva de fotografías aéreas, en una línea de vuelo. La captura de fotografías aéreas traslapadas no sólo permite cubrir el área

de interés sino, posibilita la obtención de información tridimensional con propósitos cartográficos o de foto interpretación.



La toma de fotografías aéreas es un proceso complejo que requiere conocer el uso que se le pretende dar a las imágenes, como también las condiciones del terreno, la iluminación, localización del área, época del año, parámetros atmosféricos, etc.

Para la toma de fotografías aéreas, el Servicio Aerofotogramétrico cuenta con cámaras aéreas y aviones especialmente modificados para las labores fotogramétricas. Sus características, permiten cumplir un variado tipo de misiones en las más diversas regiones del país.



LEAR JET



KING AIR



TWIN OTTER

Las cámaras aéreas métricas permiten obtener imágenes fundamentales para la producción cartográfica. Este tipo de sensor remoto está diseñado especialmente para tomar fotografías desde plataformas aéreas. Se caracterizan por poseer un tiempo de exposición muy corto, debido a que están en constante movimiento, cuentan con obturadores de gran eficiencia y operan con emulsiones de variada velocidad, sensibles a las longitudes de onda comprendidas entre la radiación ultravioleta

y el infrarrojo reflejado (400 a 0,95 micrones aproximadamente). Las cámaras de reconocimiento y mapeo, aunque diseñadas para propósitos diferentes, constan de los mismos componentes: Cuerpo, Cono del lente, Obturador, Almacén de película y accesorios.

Las capacidades de captura de fotografías aéreas del Servicio Aerofotogramétrico, se han visto ampliadas gracias a la adquisición de una cámara Leica

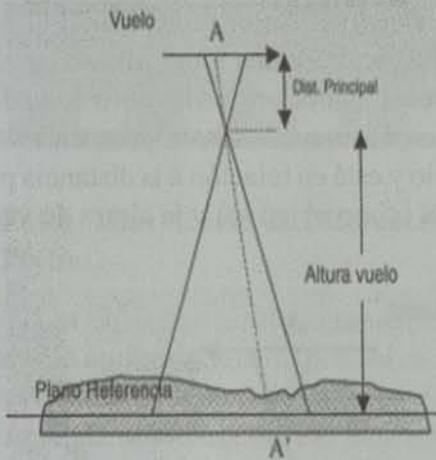
RC-30 de última generación. Esta cámara cuenta con grandes avances:

- * Resolución Óptica Superior
- * Compensación del Movimiento de Avance
- * Compensación Giroestabilizada de Deriva, Cabeceo y Balanceo
- * Sistemas de Control Integrados
- * Computador de Misión Fotogramétrica
- * Navegación de Precisión con Sistemas GPS de Alto Desempeño
- * Flexible Anotación Marginal.

las o emulsiones fotográficas, las cuales posibilitan archivar esta diversidad.

En términos generales existen películas pancromáticas, color e infrarrojos, cuya granulosidad, velocidad y proceso de revelado varía según el fabricante y el tipo específico de emulsión.

La exposición y el procesamiento de las películas aéreas depende, en muchos casos, del tipo de emulsión utilizada. El control densitométrico y sensitométrico es esencial al momento del revelado de la película, como lo es también el ajuste del Gamma, determinante en el contraste de la imagen. Por ello, el SAF cuenta con instrumentos, control de procesos y especialistas que permiten obtener fotografías de óptima calidad. Todo lo cual posibilita conseguir una amplia gama de información del terreno. Conocer estos factores ayuda a su posterior análisis.



2.- Emulsiones Fotográficas

Las películas están diseñadas para capturar la energía UV, visible e infrarrojo cercana, longitudes de ondas registradas como una imagen para ser comprendidas y analizadas por el hombre.

A causa de la diversidad de paisajes y la variedad de aplicaciones, se ha desarrollado una amplia variedad de películas

Fotografía aérea oblicua pancromática de la Torre Entel



Fotografía aérea vertical color de Viña del Mar



Fotografía aérea vertical infrarrojo color del Parque O'Higgins



❖ Emulsiones pancromáticas:

Las películas pancromáticas (blanco & negro) pueden ser sensibles a la luz de todos los colores y comúnmente son utilizadas para la producción cartográfica.

La mayor parte de los proyectos nacionales se han realizado con este tipo de emulsión; CORFO Ch30 y Ch60, FONDEF 5000, 20.000 y 30.000, DMA 40.000, GEOTEC 70.000 y 50.000, etc. Como también, todos los vuelos que se consideraron para la ejecución del Plano Digital de Santiago, como los realizados con posterioridad para el proceso de actualización, se efectuaron con película Blanco & Negro Plus X.

❖ Emulsiones Color:

Las películas color normales entregan una representación en colores de la realidad, del mismo modo que la capta el ojo humano. Muchos son los proyectos realizados en este tipo de emulsión destacándose la cubierta CONAF 1:115.000 para el catastro del bosque nativo, el trabajo efectuado para Sonacol, entre muchos otros vuelos realizados para empresas particulares de diferentes rubros.

❖ Emulsiones Infrarrojo:

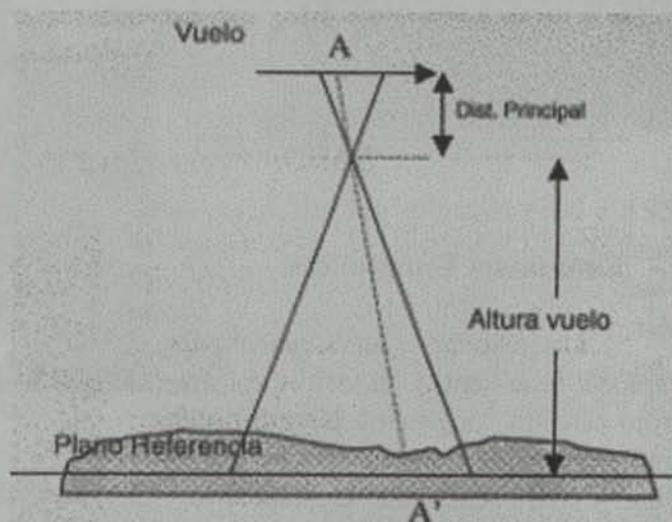
Las películas infrarrojo B&N y Color permiten captar la energía infrarroja reflejada por la vegetación. Al contrario que la fotografía color, la película infrarrojo color es sensible al verde, rojo e infrarrojo (longitud de onda

que el ojo humano no puede captar). Por ello han sido ampliamente utilizadas en investigaciones relacionadas con la vegetación, como estimación de especies afectadas por pestes, comportamiento estacional, estimación de volúmenes productivos, etc.

A causa de la gran capacidad de las películas infrarrojas como base de información, el SAF incorporó la capacidad de planificar, capturar y procesar fotografías aéreas infrarrojo color en formato pequeño, lo que disminuye los costos de operación y permite una mayor difusión entre los usuarios.

3.- Fotografías Aéreas de Diferentes Escalas

La resolución espacial de las fotografías aéreas depende de varios factores, siendo el factor fundamental la escala. La escala en una fotografía aérea vertical es un valor promedio pero considerado como una constante para un mismo vuelo y está en relación a la distancia principal (cono objetivo) y la altura de vuelo.



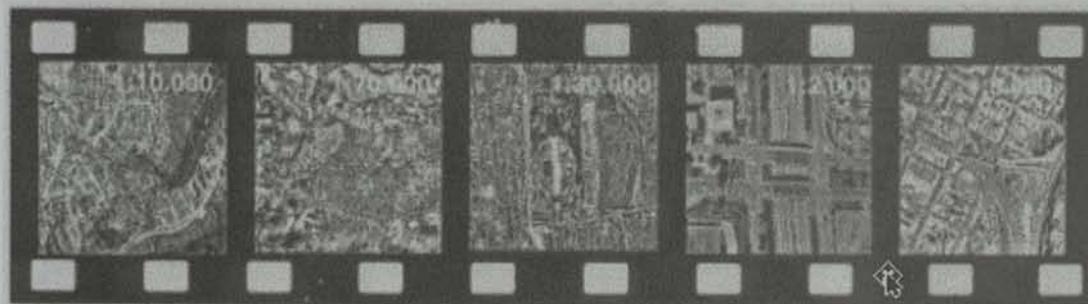
La distancia principal o distancia focal de la cámara debe ser un valor conocido, por ello los conos o lentes objetivos

deben ser sometidos a planes de calibración en fábrica. Esto toma especial importancia para los trabajos de precisión, como es la restitución con fines cartográficos. Contar con certificados de calibración vigentes entrega a los usuarios la seguridad de que los trabajos cumplirán con las normas de precisión más exigentes.

La escala apropiada de una fotografía aérea, dependerá de su uso, por lo tanto, al escoger una foto de archivo o planificar un vuelo se debe tener en cuenta cual será su aplicación final. El Servicio Aerofoto-gramétrico ha desarrollado numerosos proyectos fotogramétricos en di-

ferentes escalas satisfaciendo las más diversas necesidades de los usuarios.

Como ejemplo, el Proyecto FONDEF, realizado entre los años 1994 y 1996, contempló la adquisición de fotografías aéreas del país en tres escalas; 1:5.000 de los centros poblados cuyas características de crecimiento o de impacto los convertían en un polo de desarrollo importante. Un vuelo 1:20.000 del área central de Chile continental, comprendiendo el sector entre la III Región y la X Región. Y la escala 1:30.000 que comprende áreas específicas del país asociadas tanto a la actividad minera como al bosque nativo.



4.- Fotografías Aéreas de Diferentes Fechas.

Las cubiertas aerofotogramétricas capturadas en forma sistemática sobre un mismo territorio pero en fechas distintas, proporcionan información vital para estudios multitemporales.

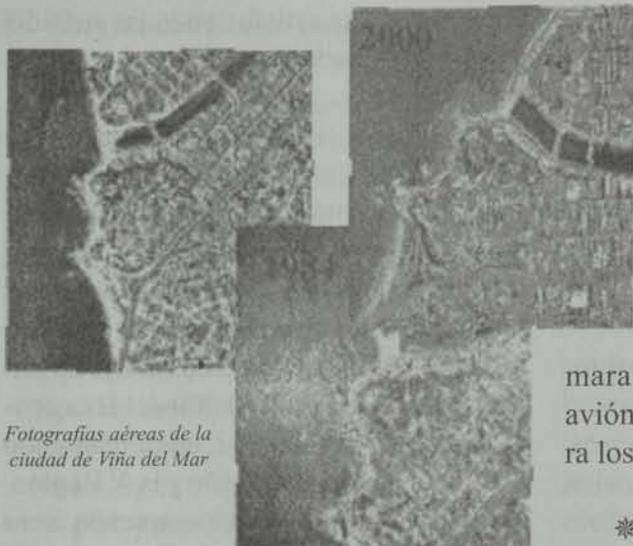
El análisis comparativo de las fotografías aéreas obtenidas en diferentes períodos, entrega información vital para estudiar la evolución de ciertos fenómenos o bien, establecer la "signatura" que caracteriza o identifica un elemento en particular.

Dentro de las capacidades de las fotografías aéreas se encuentran la posibilidad de programar misiones fotogramé-

tricas para ser ejecutadas de un modo particular, sobre un área determinada y, sobre todo, en una fecha y hora determinada. Esto facilita el seguimiento de fenómenos en forma controlada y asegura el muestreo en el momento óptimo.

5.- Subáreas

El concepto de multinformación que proporcionan las fotografías aéreas como método clásico de percepción remota, queda en evidencia en la posibilidad de seleccionar subáreas de estudio o muestreo a partir de una fotografía a escala menor o imagen satelital del área de estudio. Tal procedimiento permite un análisis riguroso de un fenómeno en particular sin dejar de lado su interrelación con el área total.



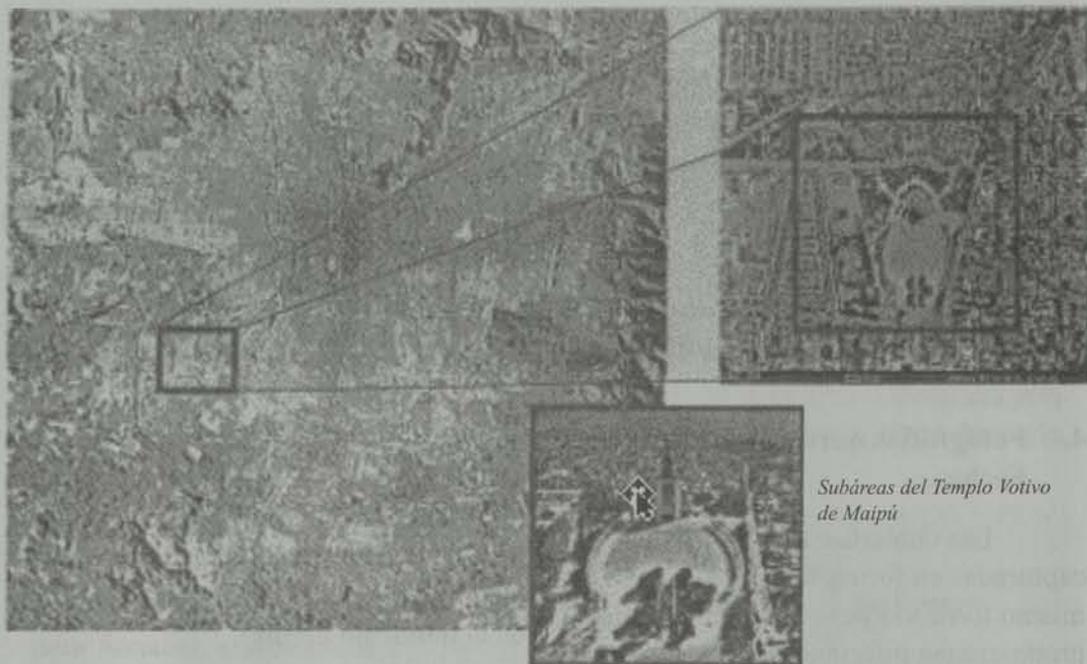
Fotografías aéreas de la ciudad de Viña del Mar

6.- Angulos de Visión

Según el ángulo de inclinación del eje óptico en relación a la vertical, existen tres tipos de fotografías aéreas:

* **Verticales:** Tomadas directamente sobre el terreno con una cámara montada en la parte inferior del avión, y el ángulo de inclinación no supera los 3° .

* **Oblicuas:** El ángulo de inclinación supera los 3° y no se ve el horizonte.



Subáreas del Templo Votivo de Maipú



Visión vertical y oblicua del Templo Votivo de Maipú.

* **Panorámicas:** Cuando se percibe el horizonte.

Generalmente las fotografías oblicuas son usadas en combinación con fotos verticales, por ejemplo la cámara Trimetrogón. Su finalidad es aumentar el área cubierta por una sola faja de vuelo y obtener puntos de visión que facilitan el estudio de los fenómenos.

Las fotografías aéreas verticales proporcionan información valiosa la cual puede ser incrementada con vistas oblicuas adquiridas en diferentes ángulos y direcciones de la misma área de estudio o del mismo fenómeno que se busca analizar.

Estos tres tipos de fotografías aéreas, tienen características propias que se pueden indicar en el cuadro que se da a continuación:

	VERTICAL	OBLICUA	PANORAMICA
CARACTERISTICAS	Inclinación de más o menos 40	Sin horizonte en la foto	Horizonte en la foto
RECUBRIMIENTO	Muy pequeño	Pequeño	Grande
AREA	Rectangular	Trapezoidal	Trapezoidal
ESCALA	Uniforme para el mismo nivel.	Des - uniforme	Decrece desde el primer plano hacia el fondo.
DIFERENCIA CON UN MAPA	Mínima	Pequeña	Muy grande
VENTAJAS	Fácil de mapear		Económica e ilustrativo

DIFERENTES TIPO DE FOTOGRAFIAS AEREAS

Las fotografías aéreas verticales se obtienen con cámaras denominadas cartográficas donde el eje óptico esta directamente sobre la vertical al momento de la toma. Cubren el terreno en tomas sucesivas de una misma línea de vuelo, con un recubrimiento longitudinal del 60% que

asegura la visión estereoscópica y por ende la restitución con fines cartográficos.

7.- Múltiples Fuentes de Información

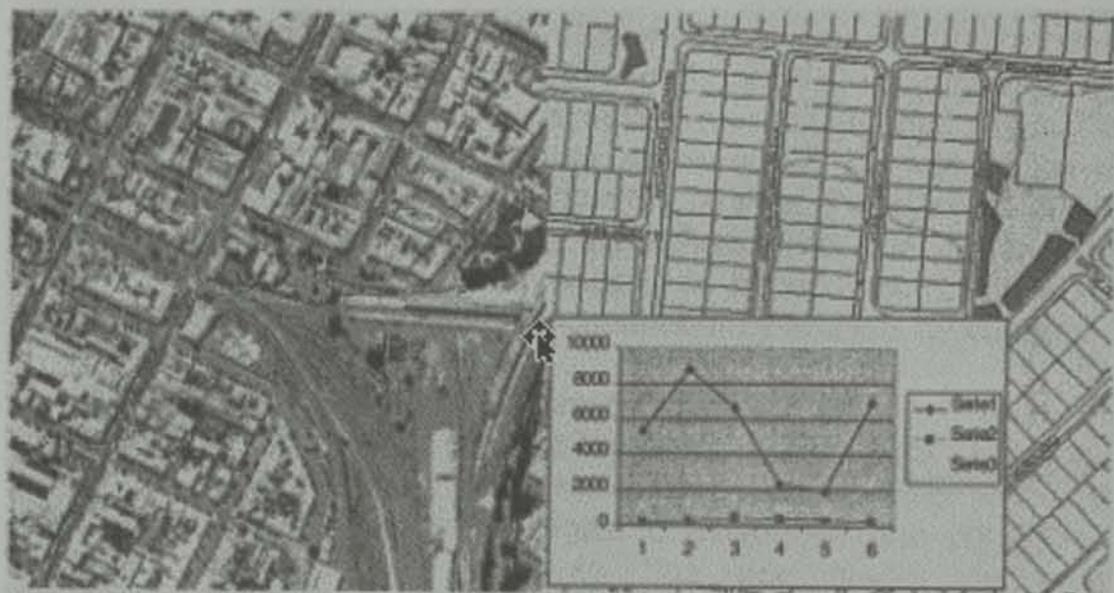
La combinación de información obtenida de diferentes fuentes o captura-

das por distintos medios amplía las capacidades de análisis. En un solo archivo es posible integrar información diversa, para ser analizada en su conjunto. A partir de este conjunto los especialistas se pueden abocar a las tareas de selección, cuantificación y cualificación de las variables integradas, con el propósito de obtener nueva y sesgada información útil, incrementando las capacidades de análisis y pronóstico.

La información obtenida no sólo proviene de diferentes organismos sino constituyen datos y formatos distintos, con sólo una característica similar: su espacialidad.

Información cartográfica, fotografías aéreas, imágenes de satélite, datos estadísticos, información bi y tridimensional, etc., alimentan a los usuarios y enriquece los archivos.

Todo lo anterior supone crear y promocionar mecanismos generales de traspaso de datos; imágenes, parámetros de la visualización, anotaciones del texto, símbolos, formato de intercambio, etc. Contar con un sistema fluido de traspaso, facilita el desarrollo de Sistemas de Información Geográficos y Sistemas de Información Territorial.



La recepción de información proveniente de diferentes organismos conlleva importantes aspectos a considerar:

1.- El primero radica en la necesidad de que las fuentes de información deben ser confiables. En el caso de la adquisición de fotografías aéreas se puede mencionar que las empresas dispongan de programas de mantención y calibración de las cámaras aéreas. La calibración de la cámara consiste en determinar el valor de los elemen-

tos de orientación interna con el fin de corregir los instrumentos fotogramétricos de precisión. Para ello es necesario enviar las cámaras a calibrar y así obtener certificados cuya validez máxima es de dos años.

2.- Es fundamental al momento de recolectar la información, disponer de unidades de muestreo compatibles o escalas equivalentes. Por ejemplo, resulta inconveniente verter información a nivel de distritos censales so-

bre un mapa escala 1:500.000. Al momento de efectuar un plano, principalmente en la modalidad semi-análogo, debe existir una relación máxima de 1:4 entre la escala del plano y la escala de la foto.

- 3.- Otro aspecto a considerar son los sistemas de posicionamiento en la cual se encuentran las fuentes de información. Esto se relaciona tanto al Datum utilizado, como al sistema de coordenadas y la proyección utilizada. Por ejemplo, es difícil calzar una fotografía análoga o digitalizada con un plano, básicamente por que la fotografía tiene una proyección central y el plano está construido en base a una proyección.
- 4.- Otro aspecto importante radica en el formato de almacenamiento de la información. Disponer de formatos compatibles al momento de intercambiar información digital es cada vez más transparente. Aunque en muchos casos se manifiesta pérdida de atributos. La integración de información análoga y digital es igualmente factible. Por ejemplo, el SAF cuenta con un organismo dedicado específicamente a la digitalización de los fotogramas aéreos, con el propósito de hacerlos compatibles con los sistemas computacionales de procesamiento y análisis de imagen.
- 5.- Por último, la disponibilidad de intercambio rápido de información. En este aspecto, la informática entrega las herramientas para el traspaso eficiente y oportuno de información geoespacial. Formatos de compresión y traspaso como el Digest o eslabones que conectan y traspasan información de diferente tipo por medio de redes compu-

tacionales o bien el sistema Internet, universalmente empleado.

8.- Análisis Multidisciplinario

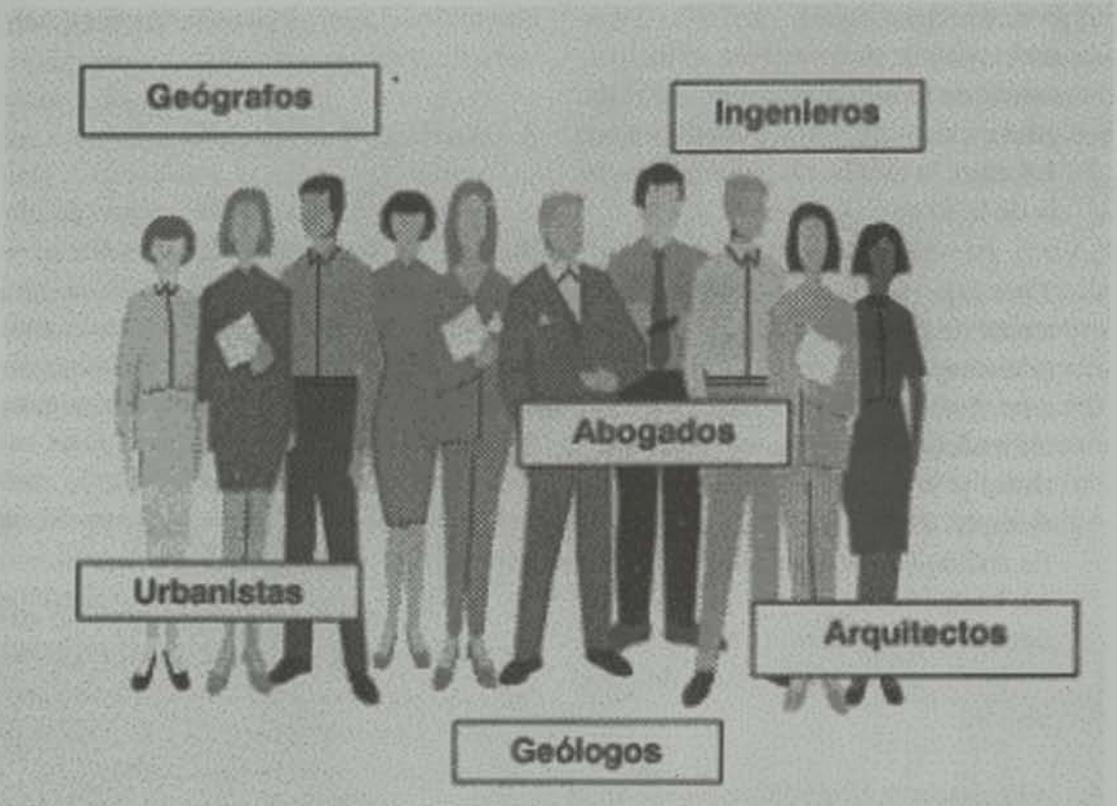
Cada profesional es capaz de obtener de las fotografías aéreas u otra fuente geoespacial, información valiosa para su propio campo de trabajo. Desde el análisis de una misma imagen, diferentes profesionales detectarán distintos fenómenos, los cuales complementarán con datos estadísticos, mediciones, etc. Todo lo cual complementará el conocimiento de un mundo complejo y dinámico.

El análisis multidisciplinario explota las capacidades de las fotografías aéreas y entrega diversos ángulos de análisis, cuya complementariedad y profundidad incrementa los resultados.

El propósito de un análisis multidisciplinario radica en la obtención de una gran variedad de información. Por ejemplo:

* Cartógrafos podrán representar cartográficamente fenómenos topográficos y temáticos de un área, iniciando su trabajo a partir de la construcción de mapa por el proceso fotogramétrico, reconocer los elementos de la zona, inventario de la data, manejo de la información recolectada y convertir los datos en un mapa o en un sistema de información geográfico.

*Ingenieros Forestales podrán detectar la distribución y densidad de la vegetación, Clasificación de la vegetación, identificación del tipo de cobertura, identificación de especies, reconocimiento de individuos, estimación de volúmenes de bosque maderable, estimación de producción, construcción de caminos, control de fuego, detección de pestes, plagas o enfermedades, etc.



*Los proyectos de ingeniería verán aliviadas sus tareas mediante el empleo de imágenes digitales o convencionales en el análisis del terreno, identificación de materiales, localización de plazas de peaje, trazado de rutas, remoción y traslado de materiales, estimación de propiedades que deberán ser expropiadas, etc.

*En el área urbana las fotografías aéreas permiten la construcción y actualización de planos urbanos, estudios de transporte, inventario de fuentes contaminantes fijas, control de descargas domiciliaria, evacuación de aguas lluvia, identificación de patrones de ocupación del suelo, categorización de las industrias, inventario de la infraestructura recreacional, etc.

El análisis se ve incrementado por medio de la utilización de sistemas lógicos de manejo de información geoespacial en base a plataformas computacionales. Estas facilitan el intercambio de informa-

ción, reducen los tiempos de evaluación, permiten la integración de múltiples variables y posibilitan la entrega de resultados de fácil comprensión.

9.- Múltiples de Resultados

La representación visual del análisis multidisciplinario nos entrega una o una infinidad de representaciones de la realidad. De este modo, el resultado final puede ser un mapa único o una diversidad de mapas o geoimágenes, concebidas para acentuar una variable, fenómeno o resultado en particular. Asimismo, se puede descubrir un fenómeno, representar una superposición de variables, graficar el resultado de una integración de variables o bien, crear un modelo de la realidad

Esta diversidad de resultados, enriquece el análisis, integrando visiones diversas de una realidad compleja en una variada gama de mapas síntesis los cuales

proporcionan la información necesaria para las estructuraciones de planes de desarrollo sobre un mundo complejo en constante evolución.

El nivel de profundidad del análisis dependerá de las intenciones del estudio y a quienes se dirijan los resultados. Muchas veces un estudio acabado de un fenómeno en particular debe ser entregado en forma fácil y comprensible a profesionales de otra especialidad o a personeros que deben tomar una decisión a partir de los resultados sin necesariamente ser expertos en el tema.



Diversidad de resultados

10.- Infinidad de Aplicaciones

Por último, la variedad y multiplicidad de información obtenida permite una amplia gama de usos o aplicaciones. El empleo que se realice de los resultados obtenidos dependerá en gran medida de los objetivos planteados al momento de iniciarse la investigación como a las capacidades o profesión de quien utilice los datos. Los resultados por sí no garantizan un uso racional de éstos pero entregan los antecedentes que facilitan la formulación racional de planes y proyectos.

Algunos ejemplos son:

- ⊙ Determinación de límites.
- ⊙ Planificación de obras de riego.
- ⊙ Inventario forestal.
- ⊙ Obras de ingeniería.
- ⊙ Exploración y explotación minera.
- ⊙ Manejo de recursos.
- ⊙ Control de fuentes contaminantes.

- ⊙ Planificación urbana.
- ⊙ Trazado de redes, etc.

Una de las virtudes de la información geoespacial es la capacidad de efectuar un análisis jerárquico, desarrollo de categorías y creación de niveles. Permite agregar y eliminar información en forma subsecuente como también la estandarización de la expresión gráfica de los resultados. Todo lo cual permite múltiples resultados.

Detectar los cambios producidos en un área por medio del análisis de información geoespacial, facilita la predicción del comportamiento futuro del área estudiada o de los fenómenos que la componen.

Por ejemplo, la fotografía aérea de un sector agrícola posibilita al agricultor planificar la rotación de los cultivos, al empresario agrícola estimar los rendimientos de la cosecha, al geomorfólogo conocer los fenómenos que dieron origen al paisaje actual, al arqueólogo descubrir los antiguos asentamientos bajo los terrenos cultivados,

al abogado litigar sobre una disputa de propiedades, etc. Ejemplos como este son innumerables.

De este modo, las capacidades de aplicación de la información geoespacial obtenida por los sensores remotos, manejada por el técnico, analizada por el especialista y utilizada por el empresario o dirigente, no tienen límite.

III.- COMENTARIO FINAL

Las fotografías aéreas como parte de la ciencia o técnica de la percepción remota han proporcionado información veraz por más de un siglo. Las imágenes obtenidas entregan una visión sinóptica de la Tierra; de sus recursos y de la interrelación que se genera entre el medio físico y el hombre. El gran valor que guardan las fotografías aéreas y la información que se extrae de ellas, facilitan la comprensión de los fenómenos, su localización, impacto y evolución en el tiempo.

El valor y las múltiples aplicaciones que tienen las fotografías aéreas, se ven incrementadas a causa de los avances tecnológicos experimentados en los campos de la fotografía, plataformas y sistemas computacionales. Gracias a ello, estas ciencias se proyectan como una importante herramienta en el futuro, especialmente en el campo de la percepción remota.

La multiplicidad de la información geoespacial no se reduce sólo a la capacidad de obtener imágenes, sino se vincula a la Toma sucesiva de fotografías aéreas, Variedad de emulsiones fotográficas, Diversidad de escalas, Diferentes fechas de captura, Generación de subáreas, Distintos ángulos de visión, Variedad de fuentes de información, Análisis multidisciplinario, Diversidad de resultados, Múltiples aplicaciones y Variedad de resultados. Todo lo cual permite comprender un mundo complejo cuya dinámica requiere procesos de actualización y análisis periódicos.

A causa de la importancia de la fotografía aérea y la percepción remota en particular en todo lo relacionado con la comprensión y manejo de un mundo complejo y variable, se requiere tomar conciencia de la importancia de contar con información estandarizada. La información capturada debe provenir de fuentes confiables para asegurar su precisión y calidad técnica. Debe ser compatible, lo cual asegura un procesamiento rápido, un eficiente traspaso y una fácil comprensión. La escala y los formatos como los sistemas de posicionamiento deben ser compatibles y de acuerdo al fenómeno en estudio y los objetivos planteados por el analista. Por su parte, la actualización de datos espaciales debe ser constante lo que permite contar con antecedentes certeros que posibilitan una adecuada toma de decisiones. 

INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA: SEGURIDAD Y DESARROLLO PARA CHILE

Coronel de Aviación (DA)
Edgardo VILLALOBOS Chaparro (*)

I.-INTRODUCCIÓN

La morfografía del territorio continental de Chile y la asimétrica distribución espacial de su población dentro del mismo fueron, por muchos años, factores que impidieron una más fácil y rápida comunicación entre sus habitantes, problema ancestral que solamente pudo resolverse con la llegada y desarrollo de la aviación en Chile.

Desde el primer vuelo en el país, efectuado por César Copetta en Agosto de 1910, comenzó a visualizarse a la aviación como el medio llamado a vencer ambos factores. Sin embargo, por lo precario de las primeras aeronaves y la falta de recintos apropiados, no fue sino hasta la década de los años 20 y con máquinas militares más veloces y modernas, que efectivamente se realizaron los primeros vuelos de largas distancias, uniendo puntos extremos del territorio, como era el caso, por ejemplo, de Santiago y Tacna.

No existía una infraestructura adecuada para operar estos aviones a lo largo del país, la cual tuvo que desarrollarse en un proceso largo y dificultoso, notándose

especialmente su carencia en los terremotos de 1939 y 1960. Gracias a un esfuerzo permanente de las autoridades de Gobierno y aeronáuticas, actualmente el país cuenta con una moderna red aeroportuaria, un completo sistema de control y ayudas a la aeronavegación, además de personal técnico de alta capacitación, que constituyen a Chile en un país reconocidamente seguro en cuanto a vuelo.

Este esfuerzo ha tenido su base en el trabajo integrado y armónico de la Fuerza Aérea de Chile, de la Dirección General de Aeronáutica Civil y de la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de OO.PP. y CC., para la determinación de necesidades, planificación, construcción y operación de la infraestructura aérea nacional, de manera que vaya apoyando efectivamente tanto las necesidades de seguridad como las de desarrollo del país y de su población.

En este documento se presentará primero un breve recuento del desarrollo histórico que ha tenido esta infraestructura, para luego detallar la composición ac-

(*) El Coronel de Aviación Sr. Edgardo Villalobos Chaparro es Oficial de Estado Mayor y Profesor de Academia en "Logística" y "Geopolítica". Tiene los grados académicos de Magister en Ciencia Política (Universidad de Chile) y de Master en Análisis Organizacional (Universidad de Lancaster, Gran Bretaña). Es miembro titular del Instituto Geopolítico de Chile e Investigador Asociado del CEADE. Se desempeña como analista en la Secretaría General de la Comandancia en Jefe.

tual del Sistema Aeroespacial chileno, del cual forma parte y su función dentro del mismo, mostrando el aporte que brinda al país y las proyecciones que se prevén para el tráfico nacional e internacional.

II.- LOS AERÓDROMOS ANTES DE 1930

Cabe señalar en primer término, que la aviación tanto civil (1910) como militar (1913), inició sus actividades en Chile sin un marco legal que la regulara en cualquiera de sus diferentes aspectos, incluidos los operativos o los de infraestructura, que se fueron dando más bien por la práctica que por un ordenamiento preestablecido. Fue solamente a partir de 1916 que pudo contarse con un conjunto de principios básicos y preliminares para establecer una legislación aérea, recogidos en un documento que elaboró la Primera Conferencia Panamericana de Aviación, reunida en Santiago de Chile en Marzo de dicho año.

En el ámbito civil, el carácter de «espectáculos» que tuvieron las primeras manifestaciones aeronáuticas, llevó a sus actores a escoger lugares en los que:

- a) se pudiera controlar el acceso del público (Hipódromo Chile, Club Hípico y Parque Cousiño en Santiago; Sporting Club en Viña del Mar.) y,
- b) tuvieran algún espacio despejado, no necesariamente extenso ni muy preparado, para que los aviones pudieran despegar y aterrizar.

En el ámbito militar, es sin duda donde se concentra y desde donde se irradia al país la actividad aérea no solamente de carácter militar, sino también civil. Esto sucede a partir de la creación de la Escuela de Aeronáutica Militar, el 11 de Febrero de 1913, en El Bosque, originalmente sede

del Regimiento Ferrocarrileros, y por la fecunda labor formadora de pilotos de su primer Director, el Capitán de Ejército artillero Don Manuel Avalos Prado.

En Santiago, la actividad aérea en sus comienzos tenía lugar entre El Bosque y el rudimentario campo aéreo de Batuco, para luego extenderse hasta la zona de Linares, en 1915, con motivo del empleo de aviación en las maniobras militares. La llegada de material inglés de mayor potencia, en 1918 y años posteriores; permitió extender los vuelos dentro del país y dio margen a los históricos cruces de la Cordillera de Los Andes por su parte más alta del Teniente Dagoberto Godoy Fuentealba primero y luego del Teniente Armando Cortínez Mujica, que lo hizo en vuelo de ida y regreso. Este nuevo material permitió también el memorable viaje del Capitán Diego Aracena Aguilar a Brasil, en 1922, piloteando el De Havilland "El Ferroviario", en el crucero de más largo aliento realizado hasta entonces en Sudamérica.

Puede afirmarse con entera justicia que todo el desarrollo que tuvo la aviación chilena tuvo una sólida base inicial mayoritariamente en el Servicio de Aviación Militar del Ejército de Chile, que dio cabida también a la aviación civil y posteriormente a la comercial, hasta que estas dos últimas pudieron emprender sus propios caminos independientes, durante las décadas de los 20' y los 30'.

Esta base se tradujo en tres elementos importantes, cuales fueron:

- a) la adquisición de material de vuelo,
- b) la preparación de pilotos y personal técnico; y
- c) la habilitación de pistas y recin-

tos especialmente diseñados para uso aeronáutico, especialmente en el área comprendida entre Tacna y Puerto Montt.

No puede dejar de mencionarse, aunque en menor medida y apuntado más bien a satisfacer las necesidades operativas propias, al Servicio de Aviación Naval, que fue creando también su infraestructura aeronáutica en el litoral, primero en Las Torpederas, luego en Quintero y de radiocomunicaciones en Punta Arenas.

Durante 1921, la instalación de una Escuadrilla del Servicio Aéreo del Ejército en Arica, origina la creación de un campo de aviación, que es el actual aeródromo El Buitre. En Punta Arenas, la Sociedad Rural de Magallanes arrienda la elipse central del hipódromo local al Comité Pro Aviación de Magallanes para la operación de su biplano SVA-5.

Se tiene entonces que en la medida que se realizan vuelos en otras ciudades del país, pero solamente locales, surgen improvisados campos aéreos que difícilmente podrían ser considerados como aeródromos.

A partir de 1924 la situación comienza a cambiar. El capitán de Ejército Gabriel Valenzuela fue enviado por tierra a Arica para seleccionar terrenos apropiados que sirvieran de apoyo para el primer raid de largo aliento en el país, Santiago - Arica - Santiago, que realizó una escuadrilla de la aviación militar.

Valenzuela demarcó pistas en La Serena, Copiapó, Baquedano e Iquique, y campos de emergencia en Illapel, Ovalle, Vallenar y Pueblo Hundido. Estos aeródromos demarcados por el capitán Valenzuela sirvieron más tarde, en 1929, para que los utilizara para instalar sus pos-

tas la **“Línea Aeropostal Santiago-Arica”**, creada por el Comandante Arturo Merino Benítez, con medios y personal de la Aviación Militar del Ejército. Esta Línea Aeropostal dio paso, al año siguiente, a la Línea Aérea Nacional, siempre operada por personal militar hasta 1930 y luego por la Fuerza Aérea hasta 1937, en que los últimos Oficiales tripulantes regresaron a la Institución.

Hacia el Sur, los campos aéreos fueron surgiendo como consecuencia de los raids a Talca (1922) Chillán (1923), Concepción y Temuco (1925) y Puerto Montt (1926). En Santiago, el Ejército inició un servicio aéreo con pasajeros desde un aeródromo levantado en las avenidas Antonio Varas e Irarrázaval en 1925, y hacia 1927 se otorgó una concesión monopólica aerocomercial a Louis Testart, quien instaló un aeródromo en Avda. Macul, pero ambos fueron de efímera existencia.

Coetáneamente ocurren algunos hechos cruciales:

* En 1925 se dicta el Decreto 675, primer documento oficial que regula a la aviación en Chile, incorporando los principios establecidos en 1916 por la Primera Conferencia Panamericana de Aviación.

* En 1928 la Línea Aeropostal francesa es autorizada para transportar correspondencia entre Santiago, Buenos Aires y Europa. Esta empresa obtuvo, excepcionalmente, una autorización para construir su propio aeródromo en Colina, antes de la publicación del Decreto mencionado, pero debía iniciar o arribar sus vuelos internacionales en Los Cerrillos.

* Franceses (Aeropostale) y norteamericanos (Panagra) comienzan a pre-

sonar por derechos de cabotaje entre Santiago y Arica. Merino Benítez sale al paso de las presiones creando en 1929 la ya mencionada **“Línea Aeropostal Santiago – Arica”**, protegida con el monopolio del cabotaje e impone cláusulas en los permisos de operación a Panagra y Aeropostale en virtud de las cuales quedan obligadas a operar sólo en los aeródromos públicos del Estado, todavía muy incipientes.

* En 1928 el Ministro del Interior dispone que gobernadores e Intendentes seleccionen terrenos para aeródromos en las principales ciudades del país.

* El gobierno adquiere en 1929 el fundo Los Cerrillos, con recursos (US\$ 500.000) aportados por el filántropo Daniel Guggenheim para construir un aeropuerto civil en Santiago.

* El 26 de Junio de 1929 se publicó el D/S 2028 que declaraba aeropuertos (aeródromos abiertos al tráfico aéreo internacional) los habilitados en Arica, Valparaíso y Puerto Montt (marítimo / terrestre), Santiago (terrestre) y Punta Arenas (puerto aero-marítimo) y aeródromos públicos domésticos a los de Antofagasta, Copiapó y Ovalle. Además este D/S reglamentó su utilización y fijó las tarifas por derechos de aterrizaje, posada y de hangar de los aviones civiles.

Cabe hacer notar que este Decreto no mencionaba los aeródromos del Ejército en Iquique (Los Cóndores), Santiago (El Bosque) y Temuco (Maquehue), como tampoco a Quintero, en ese entonces operado por la Armada. Esto fue así porque se estimó que la aviación con fines militares debía tener y administrar sus propias instalaciones aeronáuticas, ajenas a la aviación civil y comercial.

Esta política cambió en décadas posteriores, por razones de economía, dando paso a los aeródromos de uso mixto, civil y militar, que constituyen la red troncal de aeropuertos chilena.

III.- LOS AERÓDROMOS 1930 - 1960

El 21 de Marzo de 1930 nace la Fuerza Aérea, como producto de la fusión de los Servicios Aéreos del Ejército y de la Armada, dotándosele como patrimonio con las instalaciones aéreas militares y navales que tenían esos servicios. El resto de los aeródromos permanecen en calidad de públicos, destinados al uso civil y comercial, con excepción de Colina, que es de la Aeropostale, y Chamiza en Puerto Montt, declarado mixto (uso civil y militar).

Respecto de este último, nació para albergar a la **“Escuadrilla de Anfibios N°1”** y a la **“Línea Aérea Experimental a Aysén”**, creada por el Comandante Arturo Merino Benítez promediando 1929 y como punto terminal de la Línea Aeropostal Santiago - Puerto Montt que operó en el verano de 1930.

En los años siguientes se creó la Escuadrilla de Anfibios N° 2 en Punta Arenas, que se instaló en el Puerto, luego en Cabo Negro, y a partir de 1935 en Bahía Catalina donde ya funcionaba el Club aéreo.

La Línea Aérea Nacional fue independizada administrativamente de la Fuerza Aérea en 1932, aunque siguió siendo operada con personal uniformado hasta 1937 y abandonó las rutas al sur de Santiago para concentrarse en el tramo Santiago - Arica. El Estado le asignó recursos especiales para la construcción, mejoras y mantención de los aeropuertos del país,

invirtiéndolos en aquellos que considerara importantes para sus fines y llegando a ser la administradora de ellos, con autoridad para cobrar las tasas aeronáuticas. La Fuerza Aérea en cambio debió recurrir a su limitado presupuesto para la mantención de sus Bases Aéreas, generándose una notable diferencia entre los aeródromos militares y los civiles, estos últimos considerablemente mejores.

Como la Línea Aérea Nacional puso su énfasis en la red norte, el sur del país quedó prácticamente desamparado de infraestructura aérea, lo que quedó en evidencia a raíz del terremoto de 1939.

La ocurrencia de la Segunda Guerra Mundial trajo un gran cambio para la aeronáutica nacional, que redundó en un notable progreso para el país. Hasta antes de la guerra e incluso durante su desarrollo, los aeródromos podían ser rudimentarios. El tamaño, peso y tren de aterrizaje convencional de los aviones existentes en el país así lo permitía. Así quedó demostrado con la activación del Comando Costanero de la Fuerza Aérea, en 1943, que operando en Bases establecidas, pero también desde pistas improvisadas, realizó el patrullaje y la vigilancia aeromárítima de nuestro litoral durante todo el conflicto.

Al término de la guerra se avizoran los grandes aviones de transporte, a hélice y a retroimpulso. Sin embargo, el país contaba única y exclusivamente con Los Cerrillos, como aeródromo moderno con capacidad, aunque limitada, para los nuevos aviones de la post guerra.

En el norte, antes de iniciar sus servicios con DC-6 en 1947, Panagra llega a un acuerdo con el gobierno para financiar parte de la construcción de Cerro Moreno, en la Península de Mejillones en

Antofagasta, que había iniciado ya la Fuerza Aérea en 1943 para reemplazar Portezuelo, en la planicie pampina. En Punta Arenas, Bahía Catalina debe cerrar en numerosas oportunidades por el mal estado de sus pistas, a causa de la operación de los pesados Douglas C-47 y Lockheed Electra de LAN. La pista de Chamiza tampoco puede soportar estos aviones, menos aún al Curtiss Commando C-46 que en sus vuelos a Magallanes debe hacer escala técnica en Bariloche, caso único en la aviación comercial del mundo, en que un vuelo doméstico ha debido hacer una escala internacional para su operación de rutina.

La situación al comenzar la década de los 50' es crítica. Los DC-6B de LAN (1953) sólo pueden aterrizar en Cerro Moreno y Los Cerrillos. La FACH ingresa a la era del jet con los DH-115 Vampires, que no se pueden alejar de Los Cerrillos por falta de aeródromos pavimentados.

La solución vino por la clara visión de estadista respecto a la importancia de la aviación para Chile, del Presidente Carlos Ibáñez Del Campo. En su primera administración había creado la Línea Aeropostal Santiago-Arica (5 de Marzo de 1929), la Fuerza Aérea de Chile (21 de Marzo de 1930), y la primera Fábrica de Aviones en Chile (18 de Octubre de 1930). Ahora, en su segunda administración, (1952-58), el Presidente Ibáñez compromete nuevamente su interés en el desarrollo de la aviación chilena, esta vez a través del tema aeroportuario. Es así como crea la "Comisión Nacional de Aeródromos", que asume la responsabilidad que antes tenía LAN en este aspecto, y lanza un vasto plan de construcciones, como producto del cual se construyen o se terminan Chacalluta en Arica, Cerro Moreno en

Antofagasta, Chabunco en Punta Arenas, se inician las obras de El Tepual en Puerto Montt y de Pudahuel en Santiago, ampliándose también Los Cerrillos.

IV.- LOS AERÓDROMOS A PARTIR DE 1960

Pese al gran esfuerzo que realiza el gobierno de Ibáñez, no resulta suficiente para recuperar el tiempo perdido, como queda en evidencia a raíz de los terremotos de 1960 en la zona Sur. No obstante, el hecho que ya estuviera construida la pista de El Tepual, aunque no contara con ningún tipo de edificaciones, resultó providencial para establecer el puente aéreo de aviones nacionales y extranjeros que auxilió y evacuó a las víctimas de esta catástrofe natural.

Al asumir el Presidente Jorge Alessandri, inició una profunda reforma y modernización de la administración pública, producto de lo cual se reunificaron la Dirección de Aeronáutica y la del Tránsito Aéreo, pasando a constituir la actual Dirección General de Aeronáutica Civil, y en 1964 se creó la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas.

La nueva Dirección de Aeronáutica y la Junta de Aeronáutica Civil recibieron el encargo de generar el **“Plan General de Aeródromos y Aeropuertos y de instalaciones para la ayuda y protección de la navegación aérea”**, con la instrucción que, si bien debía considerar la opinión e intereses de la Fuerza Aérea, no debía contemplar el desarrollo de sus bases.

El nombre de este Plan amerita explicar la diferencia entre los términos aeródromo y aeropuerto, que usualmente se ocupan indistintamente. De acuerdo a la legislación aeronáutica, aeródromo es todo

recinto donde se realizan operaciones aéreas y que se encuentra habilitado y autorizado para dichos fines. Ahora bien, solamente algunos de estos aeródromos están capacitados para recibir tráfico internacional, vale decir, cuentan con servicios de Aduanas, Policía Internacional y Revisión Fitosanitaria (S.A.G.), en cuyo caso pasan a denominarse aeropuertos. En consecuencia, es una redundancia hablar del **“Aeropuerto Internacional de ...”**, porque lo segundo va involucrado en lo primero.

Como producto de este plan, aplicado a partir de 1961, se instalaron numerosas radioayudas a lo largo del país y se construyeron los nuevos aeródromos de María Dolores en Los Angeles, Carriel Sur en Concepción, Maquehue en Temuco, Pichoy en Valdivia y Pupelde en Ancud. Se pavimentó la pista de Balmaceda y se terminaron de construir El Tepual y Chabunco.

Por otra parte, en Santiago se aceleró la construcción de Pudahuel y se mejoraron y pavimentaron las pistas en la Zona Norte, con miras al reemplazo que haría LAN de los DC3 por los HS 748 y aprontándose también para la llegada del **“Caravelle”**, primer avión jet de pasajeros de una compañía chilena.

En la época en que esta red estaba prácticamente terminada, hacia 1967, la FACH adquirió los cazabombarderos ingleses Hawker Hunter, que sólo podían operar en aeródromos pavimentados, por lo que la nueva red permitió ampliar la movilidad de estos modernos medios de combate. Ante esta posibilidad operativa, la FACH comenzó gradualmente a instalarse en los nuevos aeropuertos y a abandonar sus anticuadas bases aéreas, derivándose de allí el uso mixto, civil y militar,

que ha caracterizado a la infraestructura aeronáutica chilena a partir de entonces.

Paralelamente, se desarrolla un "Plan de Pequeños Aeródromos" en la zona austral, financiado por la CORFO y el Ministerio de Obras Públicas.

V.- SISTEMA AERONAUTICO Y ESPACIAL CHILENO

Desde sus orígenes, la aeronáutica nacional ha ido en constante evolución, adecuándose dentro de sus posibilidades al acelerado desarrollo tecnológico que ha tenido la aviación mundial, y posteriormente la exploración espacial. La misma complejidad de este desarrollo, la velocidad de los medios aéreos, los cortos tiempos de reacción y el amplio escenario que representan el espacio aéreo y el exterior han hecho necesario conceptualizar teóricamente a todos los elementos que interactúan en el ámbito aeronáutico y espacial, como un Sistema, para comprender mejor su dinámica.

Dicho sistema descansa en una interacción armónica y sinérgica de sus componentes, por lo que no es conveniente examinar alguno de ellos como un caso separado, abstrayéndolo del conjunto, ya que se tendría una visión limitada de su potencial. Por esta razón, si se va a tocar el tema de la infraestructura aeronáutica como en esta ocasión, es ineludible referirse también al resto de los componentes del Sistema con los cuales interactúa.

Este Sistema aeronáutico y espacial Chileno está conformado por:

- * la Fuerza Aérea,
- * la Dirección General de Aeronáutica Civil,
- * la Industria Aeronáutica,

- * la red troncal de aeropuertos,
- * el sistema de aeródromos públicos y privados,
- * la Aviación Comercial y privada,
- * la Agencia Espacial recién creada,
- * la Conciencia Aérea de la ciudadanía.

Todas estas entidades, las acciones que desarrollan, el potencial de cada una para integrarse con el resto de las capacidades del país y los beneficios sociales y económicos que generan en sus respectivos campos, constituyen la capacidad total aérea y espacial con que cuenta Chile no sólo para su seguridad, sino también y muy principalmente, para su desarrollo y su proyección internacional. Por esta razón, es necesario mantener un nivel de progreso equitativo entre todos los elementos de este sistema, ya que si alguno falla o está más débil que el resto, se resiente la eficiencia del conjunto.

Hecha esta presentación del Sistema, se expondrá sucintamente su aporte al país, considerando la incidencia de la infraestructura aeronáutica en el mismo.

A.- FUERZA AÉREA DE CHILE/ DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL

Es evidente por su naturaleza misma, que el mayor aporte de la Fuerza Aérea al país reside en la seguridad que le proporciona en cuanto a garantizar la soberanía y el correcto uso del espacio aéreo nacional, responsabilidad vital para la cual requiere de personal altamente especializado, uniformado y civil, como también de una infraestructura moderna y equilibrada espacialmente a lo largo y ancho del territorio.

Esta responsabilidad es cumplida por la Fuerza Aérea de Chile y la Direc-

ción General de Aeronáutica Civil, en un especializado y complejo trabajo de equipo, razón por la cual se presentan en conjunto dentro de este punto. Esta relación estrecha entre ambas entidades, que requiere de muchos años de permanente colaboración y actividades comunes en lo relativo al tráfico aéreo entre sus equipos técnicos, se refuerza por el hecho que la Dirección General de Aeronáutica Civil depende directamente del Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea, aunque manteniendo su presupuesto, orgánica y personal propios, separados de los de la Fuerza Aérea.

Para graficar el complejo problema que representa esta tarea, hay que mencionar que la comunidad aeronáutica internacional, a través de la Organización de Aeronavegación Civil Internacional-O.A.C.I., le ha entregado al Estado de Chile la responsabilidad de otorgar ayuda y protección a la navegación aérea dentro de un inmenso espacio aéreo, sobre su territorio y superficies oceánicas adyacentes.

EI ESPACIO AÉREO CONTROLADO POR CHILE es la enorme masa gaseosa que se superpone sobre un área en la superficie terrestre de 26,8 millones de km.2 y que, de acuerdo con las delimitaciones asignadas por la O.A.C.I., abarca en sentido longitudinal desde el límite político internacional (L.P.I.) de Chile con Perú hasta el mismo Polo Sur; y en sentido transversal desde el L.P.I. con Bolivia y con Argentina hasta el meridiano 131° Oeste, ubicado a más de 5.000 km. hacia el interior del Océano Pacífico desde el litoral chileno y aproximadamente 1.200 km. al Oeste de Isla de Pascua.

Este Espacio Aéreo Controlado por Chile genera, fundamentalmente, dos importantes aportes al país y a sus objetivos nacionales.

1) En el meridiano 131° Oeste se encuentra el límite aeronáutico chileno en el Pacífico, colindando con las próximas zonas de control de espacio aéreo, que se encuentran bajo la responsabilidad de Nueva Zelandia y de Tahiti. En otras palabras, desde el punto de vista aeronáutico, Chile es vecino limítrofe con Nueva Zelandia y con Tahiti.

Esto representa en la práctica para el país tener una presencia efectiva y una proyección permanente en la Cuenca del Pacífico, lo que constituye un valioso aporte a la política internacional chilena y a su estrategia de posicionamiento hacia los países de dicha área geográfica mundial, donde se genera más del 50% del producto bruto económico mundial. Esta proyección aérea no descarta sino, por el contrario, se suma sinérgicamente a otros instrumentos diplomáticos, políticos o comerciales del Estado de Chile, que el Supremo Gobierno dispone para avanzar en este objetivo nacional.

Esta razón de Estado determina que la FACH. y la DGAC mantengan una especial atención en la mantención y operación de la infraestructura aeronáutica en la Isla de Pascua, representada esencialmente por el Aeropuerto de Mataverí, con su pista de 3.300 mt. de largo, la tercera más larga de Chile después de Pudahuel (3.750) e Iquique (3.350), además de un completo conjunto de ayudas a la navegación aérea, un avión para funciones S.A.R. y una dotación permanente de ambos organismos.

2) Este Espacio Aéreo constituye por otra parte, un efectivo y práctico vínculo para la tricontinentalidad de Chile y de sus habitantes, considerando sus tres elementos que la determinan:

- a) su territorio continental sudamericano, que abarca aproximadamente 4.200 km. de largo, desde la latitud 17° 30', señalados por el hito N° 80, al N.E. de Visviri, en la confluencia fronteriza entre Chile, Perú y Bolivia; y la latitud 56° 32', en las Islas Diego Ramírez, al sur del Cabo de Hornos.
- b) su territorio insular, constituido por las llamadas Islas Esporádicas: Pascua, Archipiélago Juan Fernández, San Félix y San Ambrosio.
- c) su territorio antártico, dentro del cual se encuentran las Bases de las Fuerzas Armadas y estaciones civiles, además del asentamiento poblacional de "**Villa Las Estrellas**", en la Base Aérea "**Presidente Eduardo Frei Montalva**", en la Isla Rey Jorge.

Las enormes distancias involucradas entre estos territorios encuentran en el medio aéreo un factor de integración entre nuestros compatriotas, que los conecta en forma rápida y flexible, proporcionándoles un sentido directo y práctico de su pertenencia a la nacionalidad chilena. Ayudar a fortalecer este sentido de nacionalidad, es sin duda un aporte tremendamente importante de la Fuerza Aérea al país, especialmente si se considera que el actual proceso de globalización mundial, junto con sus ventajas, tiende también a desdibujar las identidades nacionales de los países.

Los dos aportes mencionados anteriormente, entre muchos otros, necesitan de ciertos requisitos para alcanzar su máximo efecto positivo, no siendo menor

entre ellos, el de la infraestructura aeronáutica, que no se limita solamente a las pistas y aeródromos, sino que se extiende además a todos los aparatos e instalaciones destinados a proporcionar control y seguridad de la aeronavegación.

- 1.- Se requiere, en primer término, contar con óptimas capacidades de detección y control de todo tráfico aéreo, apoyadas en una red de radares a lo largo del territorio nacional. Actualmente, se cuenta con radares primarios, que solo entregan azimut y distancia al rebotar sus ondas contra un aeromóvil; y también con algunos secundarios, que son aquellos que permiten establecer un vínculo electrónico con los aviones equipados para ello.

Ambos tipos de radares son importantes. Los primarios, porque detectan cualquier movimiento aéreo, aunque no pueda establecer una comunicación con el mismo. Esta, obviamente, sería la situación en el caso de vuelos hostiles o ilícitos. Los secundarios también son importantes en condiciones de tráfico normal, en el que al sistema de control y a las mismas aeronaves involucradas les interesa mantener plenamente identificados todos los vuelos, para su mayor seguridad y ordenamiento. Las permanentes exigencias de seguridad de la aeronavegación, acentuadas aún más después de los atentados terroristas en Estados Unidos, hacen que sea una prioridad permanente completar al máximo las capacidades de la red radárica nacional.

Esta necesidad de detección y control en un ámbito tan extenso como es el espacio aéreo controlado por Chile, determina la necesidad operativa de

elegir al máximo los sensores, para obtener cada vez mayor cobertura. Así entonces, la red radárica de superficie se complementa con la información del avión "Cóndor" de alerta temprana, que no es otra cosa que un sensor altamente especializado, colocado a mayor altura.

Para llegar a un óptimo en este aspecto, se debe llegar indefectiblemente al uso de satélites, que por su altura (entre 700 a 800 km.) permiten una visión completa e instantánea de toda el área comprendida dentro del espacio aéreo a controlar. Si se recuerda que se necesita "ver" qué está pasando en un área entre la Cordillera de Los Andes y la Isla de Pascua, o entre Arica y el Polo Sur, se entiende fácilmente esta necesidad de elevar al máximo el sensor, manteniendo el discernimiento de lo que se capta, problema que se soluciona con satélites de alta resolución, ya sea en órbitas geoestacionarias o polares. De esta manera, con la combinación de estas tres capacidades colocadas a diferentes alturas, es posible solucionar el problema de discernir e identificar en forma precisa todo tráfico aéreo dentro de este espacio, para proceder en consecuencia.

Sin embargo, la mayoría de los satélites actualmente en operación en el mundo han sido producidos por países del Hemisferio Norte, de acuerdo a sus propias necesidades, por lo que las capacidades satelitales que reciben los países del Hemisferio Sur son generalmente de carácter más bien residuales. Esta es la razón que ha movido a la Fuerza Aérea de Chile a proponer al país la necesidad y el desafío de contar con capacidades espaciales propias, a diferencia de otros países que han optado por

adquirir satélites que otros construyen, lo cual nos negaría el acceso al conocimiento de su desarrollo y habilitación.

De allí entonces que se optó por especializar técnicos chilenos, civiles y uniformados, para llevar adelante con ingenieros de la Fuerza Aérea y de la Dirección General de Aeronáutica Civil el programa de los minisatélites experimentales de la serie FASAT, el segundo de los cuales- FASAT BRAVO- recientemente terminó su vida útil prevista.

Por razones presupuestarias este programa no ha seguido adelante, habida consideración además, que este es un desafío de país que no puede seguir siendo solventado por la Institución con cargo a su presupuesto, por cuanto le significa desatender necesidades prioritarias respecto de su misión fundamental.

La reciente creación de la Agencia Espacial Chilena, representa la materialización de otro de los componentes del Sistema Aeroespacial Chileno y es sin duda también, un paso muy positivo para avanzar en este desafío de futuro, que marcó pioneramente la Fuerza Aérea.

- 2.- En segundo término dentro de los requisitos, se necesita contar con medios aéreos capaces de operar a todo lo largo y ancho de este inmenso espacio aéreo, ya sea para que el sistema S.A.R. pueda llegar rápidamente con auxilio y salvamento a un avión o nave siniestrada en la superficie, o para que los medios de combate puedan interceptar oportunamente tráfico peligrosos o no deseados, como pueden ser los de narcotráfico, terrorismo o contrabandos.

Ante las extensas distancias involucradas y la eventual necesidad que estos aviones deban prolongar su permanencia en vuelo, la Fuerza Aérea adaptó uno de sus aviones de transporte para operar como reabastecedor en el aire (R.E.A.), aeronave bautizada como "Aguila". Atendidas las funciones que cumple, el "Aguila" puede ser considerado infraestructura volante y elemento multiplicador de la capacidad operativa, como se demostró en la "Operación MANU TAMA T" en la que 4 aviones interceptores F-5E Tigre III, especialmente modificados para REA por la Institución, pudieron realizar un vuelo directo ida y regreso, entre Antofagasta y la Isla de Pascua, reabastecidos en vuelo varias veces por el "Aguila", cruzando de esta manera a lo ancho, casi la totalidad del espacio aéreo controlado por Chile. Posteriormente, este mismo material viajó a Estados Unidos con REA, como invitados para participar en el Ejercicio Internacional "RED FLAG".

La valiosa experiencia adquirida señala el acierto de haber adquirido esta capacidad, pero también deja de manifiesto que no es prudente confiar en una única aeronave que pueda realizar esta función, razón por la cual se contempla ampliarla.

B.-INDUSTRIA AERONÁUTICA.-

Está representada por la Empresa Nacional de Aeronáutica- ENAER, cuyas modernas instalaciones y equipamiento, sumados a una dotación técnica de alta calidad le permite habilitar sin problemas conjuntos destinados a mantener y aumentar las capacidades operativas, tales como reabastecimiento en vuelo, sistemas de navegación y ataque, sistemas de autodefensa

y, en general, programas de modernización de la flota.

Realiza también un importante aporte al desarrollo nacional mediante la incorporación y transferencia de tecnología avanzada, una de cuyas modalidades se manifiesta en el traspaso, no buscado pero inevitable, de especialistas hacia el área civil. El origen de esta demanda se encuentra en la gran expansión y progreso que ha tenido la aeronáutica mundial en las últimas décadas. Según cifras de la O.A.C.I. anualmente se transportan por aire alrededor de 1.800 millones de pasajeros, casi un tercio de la población mundial, lo que significa un promedio diario de 5 millones.

En Chile también se ha manifestado este crecimiento del transporte aéreo en la última década, lo que ha aumentado, a su vez, la demanda por pilotos y técnicos en todas las áreas del quehacer aeronáutico. Es común también, encontrar ingenieros, técnicos y especialistas trabajando en industrias metalmecánicas, de la construcción, de informática, de minería, entre otras, cuyos inicios profesionales produjeron en ENAER.

Con todo lo importante que es su contribución interna al desarrollo del país, ENAER representa un aporte aún mayor a Chile por el prestigio e inserción internacional que ha logrado en el exigente mundo de la tecnología aeronáutica. Gracias a sus altos estándares técnicos, ha logrado aprobar las certificaciones oficiales de la Bureau Veritas para la ISO (International Standards Office) 9002, las especificaciones militares de calidad MIL-Q-9858 A y las de la Federal Aviation Agency-FAA norteamericana, además de aquellas específicamente solicitadas por industrias y agencias de países como España, Israel,

Brasil y Francia, entre otros, para ser aceptada en procesos de coproducción que han tenido resultados muy positivos.

C.- MAGNITUD DEL TRAFICO AÉREO EN CHILE

Es importante visualizar la magnitud del tráfico aéreo en Chile, para apreciar la exigencia que significa para la infraestructura aeroportuaria y los sistemas de ayuda a la aeronavegación.

Como reflejo de la expansión que tuvo en la década pasada el movimiento aéreo a nivel mundial, en Chile prácticamente se duplicó en el mismo período, pasando de 235.000 movimientos de aeronaves al año

en 1989 a 475.000 en el año 2000, a una tasa aproximada de 7,2 % anual. Dentro de estas cifras están comprendidos todos los tráficos civiles, militares, comerciales o deportivos.

El mayor movimiento de aeronaves comerciales, como efecto de la política de "cielos abiertos" que se implantó en Chile a fines de la década de los 70' y el aumento de la capacidad de los aviones, unidos a una masiva apertura al turismo vía aérea, tuvieron también una repercusión en la cantidad de pasajeros transportados, que creció de 2.500.000 en 1989 a 9.700.000 en el año 2000, a una tasa promedio anual del 12%.

Serie histórica del tráfico total de pasajeros en Chile

	Nacional	Internacional	Total
-1970	786.920	423.610	1.210.530
-1975	653.161	417.145	1.070.306
-1980	881.603	744.498	1.626.101
-1985	1.137.002	570.280	1.707.282
-1990	1.759.369	1.082.859	2.842.228
-1994	3.579.702	1.888.373	5.468.075
-2000	6.246.543	3.256.360	9.502.903

En relación a estas cifras es importante resaltar dos hechos:

1) en números gruesos, la cantidad total de pasajeros se desglosa en 1/3 internacionales y 2/3 nacionales, tendencia histórica que se mantiene en la misma proporcionalidad aproximada desde la década de los 70'. Las cifras de pasajeros nacionales ponen de manifiesto la importancia que tiene el transporte aéreo para la integración del país.

2) el Aeropuerto "Arturo Merino Benítez" de Santiago, "A.M.B.", his-

tóricamente representa más del 50% del total de pasajeros del país, pero en su caso particular la tendencia es que los pasajeros internacionales sean siempre más que los nacionales, lo que indica que la integración aérea interna del país tiene una participación importante del movimiento en Regiones.

No obstante, es insoslayable la importancia que tiene "A.M.B." dentro de la red troncal de aeropuertos, por lo que la proyección de su desarrollo y las estimaciones del movimiento de aeronaves que

deba atender, deben estudiarse cuidadosamente por los organismos técnicos respectivos, considerando su interacción con los

otros aeródromos existentes en la capital y sobre la base de criterios aeronáuticos que cautelen la seguridad de la aeronavegación en el área.

SERIE HISTÓRICA DEL TRÁFICO DE PASAJEROS EN «A.M.B.»

(Al lado de cada cifra, se muestra el % respecto al total nacional.)

	Nacional	Internacional	Total
-1970	155.469 (19,7)	382.197 (90,2)	537.666 (44,4)
-1975	210.445 (32,2)	404.391 (96,9)	614.836 (57,4)
-1980	316.625 (35,9)	726.223 (97,5)	1.042.848 (64,1)
-1985	434.447 (38,2)	524.826 (92,0)	959.273 (56,1)
-1990	711.514 (40,4)	1.038.105 (95,9)	1.750.219 (61,5)
-1994	1.436.051 (40,1)	1.798.652 (95,2)	3.234.703 (59,1)
-2000	2.589.733 (41,4)	3.185.531 (97,8)	5.775.264 (60,7)

En el rubro de pasajeros y de acuerdo a estimaciones de la I.A.T.A. (International Air Transport Association) la tasa de crecimiento esperado para la Región es del orden del 6% anual, cifra que concuerda con las estimaciones de la O.A.C.I. No obstante, en Chile se ha adoptado una tasa más conservadora, del 5 %, tanto para proyectar la infraestructura como para calcular los ingresos futuros.

En cuanto al transporte de carga aérea las cifras también son significativas, aunque en menor grado que en lo referido a pasajeros. El tonelaje transportado ha aumentado desde 126.000 toneladas en 1991 hasta llegar a 298.000 toneladas durante el año 2000, con una tasa de crecimiento promedio de un 11% y una tasa proyectada del orden de un 8%.

Se distinguen claramente dos tendencias en cuanto a la carga aérea en Chile. Aquella que se mueve dentro del país se reparte uniformemente a lo largo del territorio, dentro de la cual "A.M.B." opera alrededor de un 40%. En cambio, la carga internacional es operada en un 99% en dicho aeropuerto.

La razón de ello es que dicha carga está constituida mayoritariamente por exportaciones de productos en fresco, tanto acuícolas como hortofrutícolas, procedentes de las Regiones IV, IX, X y XI. Dicha carga no se embarca en esas Regiones por el alto costo de las instalaciones que deberían tener sus aeropuertos para mantener la cadena de frío y además, porque es más económico acercar los productos vía terrestre a Santiago para embarcarlos en "A.M.B."

SERIE HISTÓRICA DEL TRÁFICO TOTAL DE CARGA AÉREA EN CHILE (En toneladas)

	Nacional	Internacional	Total
-1970	29.245	-0-	29.245
-1975	18.780	18.740	37.520
-1980	18.925	46.978	65.903
-1985	15.900	31.825	47.725
-1990	19.601	94.622	114.223
-2000	35.818	205.063	240.881

Finalmente, es del caso señalar que la carga aérea corresponde al 3,5 % de las exportaciones totales de Chile y está constituida en su mayoría por productos de alto valor, lo que se conoce en la industria del transporte como **“carga valiosa”**.

D.- RED TRONCAL DE AEROPUERTOS Y SISTEMA DE AERÓDROMOS

La red aeronáutica nacional que permite la operación de todo el tráfico detallado en el punto anterior está conformada por 7 aeropuertos, 318 aeródromos, 125 radioayudas, entre ellas 49 radiofaros no direccionales (NDB) y 28 radiofaros direccionales (VOR), 35 dependencias de control y 343 estaciones meteorológicas, que emiten alrededor de 340.000 reportes anuales; además de un sistema integrado de comunicaciones, a través del cual se cursaron 11,5 millones de mensajes de tráfico durante el año 2000. Todo este sistema es verificado periódicamente por 5 aeronaves de la D.G.A.C. equipadas especialmente para inspección en vuelo.

Los 318 aeródromos se dividen a su vez, en 124 aeródromos públicos, 185 privados y 9 militares. Existen además, 64

helipuertos, de los cuales 4 son públicos, 52 son privados y 8 son militares.

Para la administración del tráfico aéreo existen 4 Centros de Control, que operan en Santiago, Puerto Montt, Punta Arenas e Isla de Pascua, bajo un sistema unificado con sede en Santiago, que mantiene la información permanente de todo el país. Existen además 19 Torres de Control, 7 de las cuales operan las 24 horas del día.

Chile es considerado uno de los países más seguros para el vuelo dentro de América Latina, como lo muestran las cifras de accidentes en un año. Durante el año 2000 se produjeron en el país un total de 33 accidentes, de los cuales 11 fueron en actividades deportivas, 10 particulares, 9 comerciales y 3 en transporte de pasajeros, a consecuencias de los cuales se registraron 10 víctimas fatales, 4 heridos graves y 22 leves, cifras que deben ser comparadas en relación al total de casi medio millón de operaciones anuales.

Esta baja tasa de accidentes es el resultado del estricto sistema normativo/fiscalizador que ejerce la Dirección General de Aeronáutica Civil sobre las personas que tripulan las aeronaves, como

también de quienes les proporcionan el apoyo terrestre.

Como otra forma de contribuir a la seguridad de los vuelos, los servicios de seguridad de aviación (AVSEC) revisaron a 4.590.100 pasajeros durante el año 2000, correspondientes a 85.243 vuelos, chequeándose 8.262.545 equipajes y reteniéndose 44.169 objetos, de los cuales se incautaron finalmente 199. Por diversas razones, se hizo desembarcar a 13 pasajeros durante el año.

E.- CONCLUSION

Muchos de los requerimientos expuestos en esta presentación han sido debidamente evaluados y considerados por la Fuerza Aérea de Chile, al establecer su Plan de Objetivos "**BICENTENARIO**", el cual fija en grandes líneas las principales capacidades que debería alcanzar la Institución hacia el año 2010, al cumplirse el segundo Centenario de vida independiente de Chile.

Dicho Plan de Objetivos orienta la Planificación de Desarrollo institucional en sus diferentes áreas, para ir concretando los diversos programas de desarrollo de acuerdo a su prioridad y conforme a los recursos disponibles en cada ciclo presupuestario. En lo que se refiere a infraestructura aeronáutica, su avance continuará siendo el producto del trabajo integrado de la Fuerza Aérea de Chile, de la Dirección General de Aeronáutica Civil y de la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas y Telecomunicaciones, dentro de las políticas de privatizaciones que ha llevado adelante el Supremo Gobierno.

Es necesario recordar al respecto, que estas privatizaciones en los diferentes

aeropuertos deben ocurrir exclusivamente en el ámbito de servicios terrestres, de atención de pasajeros y de carga; dejando al Estado, en cumplimiento a su rol subsidiario y a través de sus organismos técnicos, todo aquellos aspectos operativos y de control que se relacionan directamente con la seguridad de la aeronavegación.

De la misma forma, cualquier cambio, cierre o traslado de instalaciones aeroportuarias, deberá considerar como parámetro fundamental la protección a la seguridad del vuelo y de las vidas de los pasajeros, mediante un uso técnico y riguroso del espacio aéreo disponible. La infraestructura aeronáutica no es un elemento aislado sino que debe considerarse siempre en relación al espacio aéreo donde se inserta y al volumen de tráfico que ocurre dentro del mismo. Solo considerando objetivamente estas normas, ajenas a consideraciones comerciales o de cualquier otra índole, se puede entender en su recto sentido las prevenciones que ha hecho presente la Fuerza Aérea de Chile, en cuanto a no proceder al cierre de Los Cerrillos, por ejemplo, mientras no se disponga de un recinto similar en otra ubicación, para garantizar la seguridad de vuelo. Otras soluciones, propuestas por personas ajenas al ambiente aeronáutico, no satisfacen este requisito vital y solo contribuyen a confundir una situación que aeronáuticamente tiene una vía de acción muy clara.

Es indispensable en consecuencia que se respeten rigurosamente y en plazos prudentes, los pasos técnicos que requieren las modificaciones en la red aeroportuaria, para que la Fuerza Aérea y la D.G.A.C. puedan operar la base técnica que permita al Estado de Chile cumplir con su responsabilidad ante la comunidad aeronáutica internacional. 

DESARROLLO DE LA GUERRA CONTRA EL TERRORISMO

Coronel de Aviación (A)

Sr. Hugo TILLY Ebensperger (*)

E E.UU, debido a su posición continental, distante de los principales focos de conflicto mundiales, estructuró tradicionalmente su fuerza militar sobre la base de un Ejército suficientemente poderoso para resguardar su territorio ante cualquier eventualidad y de una Marina de Guerra, que constituía la proyección de su defensa más allá de la costa, para prever cualquier intento de invasión o bloqueo a su suelo patrio; lo que en su momento los estrategas norteamericanos llamaron **“la defensa exterior”**.

Sin embargo, la aparición del avión vino a cambiar fundamentalmente estas perspectivas. Nunca más fue posible basar la defensa exterior solamente en el medio naval, por la amenaza siempre latente que significaba el Poder Aéreo que podía cernirse sobre las fuerzas de superficie. El cambio de perspectivas ha tomado bastante tiempo y causado innumerables debates entre los enfoques tradicionales y los que se originaron por esta nueva dimensión. Por otra parte, la pensión cultural de los nor-

teamericanos a tratar de reducir el número de sus bajas y la tendencia a buscar soluciones tecnológicas para los problemas que enfrenta, les hicieron abrazar con fuerza la potencialidad y doctrina de empleo del Poder Aéreo, como un medio para enfrentar sus posibles amenazas.

No fue menor tampoco en este cambio de actitud la circunstancia que prácticamente Estados Unidos no ha librado guerras en su suelo patrio, sino que en distantes latitudes del planeta. Esto le significó en el pasado, estructurar una fuerza naval poderosa para gravitar a distancia, en la cual han jugado un papel muy importante los portaviones, como plataformas para proyectar y aplicar el arma aérea. Sin embargo, la velocidad de los medios de superficie no ha ido concordando con el ritmo al que se van desarrollando los prolegómenos de un conflicto; especialmente en los tiempos modernos. El rápido despliegue de una fuerza de tarea aérea a un punto lejano ha llegado a ser actualmente para EE.UU. una solución efectiva y eficiente, al momento de manifestar presen-

(*) *El Coronel de Aviación (A) Sr. Hugo Tilly Ebensperger es Oficial de Estado Mayor y Profesor Militar de Academia en las Asignaturas de Estrategia e Inteligencia. Graduado del Air War College de la Universidad del Aire de la Fuerza Aérea Norteamericana. Fue Comandante del Grupo de Aviación N°1. Es Investigador Asociado del CEADE.*

cia donde necesita, como respaldo para manejar un conflicto. Esta rápida presencia proporciona un margen de tiempo indispensable para que los medios de superficie, de mayor lentitud pero con mayor capacidad de transporte, puedan hacerse presentes en el respectivo Teatro de Operaciones, si es necesario.

Lo anterior se ratifica al revisar la historia de los conflictos en que han participado en el último siglo, donde se puede observar que la componente aérea ha jugado un papel preponderante en ellos. Para comprender mejor las razones de fondo de este profundo cambio, se presentarán a continuación los principales postulados de la **"Teoría del Poder Aéreo"**.

Teoría del "Poder Aéreo"

o

Teoría Aeroespacial

Un elemento fundamental de la teoría del Poder Aéreo establece que el **"aeroespacio"**, al no tener obstáculos naturales ni límites físicos, permite llegar a cualquier lugar a fin de observar, vigilar o atacar a un posible adversario. Desde el espacio es posible controlar la superficie terrestre e imponer la voluntad propia a cualquier adversario desde la tercera dimensión, la altura. En consecuencia, el dominio del medio físico **"aeroespacio"** es clave para lograr la victoria. Obtenido su control, es posible actuar cuando, donde y como se desea, propinando golpes precisos que finalmente incapacitan al enemigo para continuar oponiéndose por la fuerza a la voluntad propia.

Dado que el poder aéreo requiere golpear con precisión en los puntos vitales del oponente para lograr el objetivo de destruir su capacidad de lucha, saber donde golpear es esencial para la correcta apli-

cación del Poder Aéreo. Esto significa que se deben elegir correctamente los blancos y atacarlos en la secuencia de tiempo adecuada, para lograr la paralización del enemigo. Para ello se requiere de información precisa sobre él, la que después de ser sometida a un detallado análisis, permite contar con la información de inteligencia necesaria para determinar su estructura y elementos esenciales. En los tiempos modernos el uso del espacio exterior, como prolongación del espacio atmosférico, permite que satélites altamente especializados y sensibles proporcionen una información instantánea y de alta resolución de posibles blancos.

Conforme a estos postulados, la correcta determinación de los blancos y la eficiente aplicación del Poder Aéreo, con toda su precisión, letalidad y alcance, permite librar guerras mucho más cortas y económicas, en términos de vidas humanas y de recursos materiales, que las que se producen con cualquier otra forma o teoría de hacer la guerra.

Hasta poco después de la IIª Guerra Mundial, la principal dificultad en la aplicación de estos conceptos de empleo del Poder Aéreo, era lograr la destrucción de los blancos seleccionados, sin producir daños colaterales y causar víctimas inocentes. Los medios aéreos, al no contar con suficiente precisión para asegurar la destrucción del blanco seleccionado en un solo ataque, debían lanzar una gran cantidad de armamento sobre el blanco seleccionado, para así aumentar la probabilidad estadística de lograr el efecto deseado. Los bombarderos durante la IIª Guerra Mundial y la Guerra de Vietnam, saturando un área con bombas, hicieron que los observadores neutrales asociaran a los ataques aéreos con una imagen de destrucción y desolación, haciéndolos impopulares en la opinión pública mundial.

Hoy, gracias a los avances tecnológicos, los sistemas de puntería automatizados y los sistemas de guiado del armamento, esta dificultad ha sido superada¹. Y ha dado paso a un nuevo concepto, **“el bombardeo quirúrgico”**, cuyo nombre habla por sí solo de su eficiencia en este aspecto.

Pero los postulados y beneficios de esta teoría del Poder Aéreo no son privativos de un solo país y debe preverse que un eventual adversario los intentará explotar en su propio beneficio. Hay por otra parte, diversos riesgos que deben preverse.

En primer lugar, una errada selección de blancos debido a un deficiente análisis de la estructura y funcionamiento del enemigo, puede tener repercusiones políticas y estratégicas de consecuencias insospechadas, especialmente si eventualmente se producen víctimas inocentes².

En segundo lugar, la dependencia de un país de determinados elementos esenciales, incide en la selección y disponibilidad de blancos para atacarlos, lo que dependerá del desarrollo y realidad de cada adversario a enfrentar. Sin duda que en un estado tecnológico, con uso intensivo de electricidad, el sistema de energía eléctrico será un elemento esencial a destruir. Pero en una sociedad agraria, poco industrializada, con un sistema de economía principalmente de subsistencia, el sis-

tema eléctrico nacional no tendrá importancia y seguramente ofrecerá pocos **“blancos”** para ser atacados.

Si bien el Poder Aeroespacial ha demostrado ser un instrumento útil con un rol mayoritariamente protagónico en el conflicto moderno, existen también momentos estratégicos en que su participación debe graduarse y complementarse con la de otros instrumentos o teorías bélicas, dentro de una concepción conjunta. En consecuencia, la soberbia es mala consejera para los planificadores y no se debe creer que una determinada teoría es la solución infinita a todos los problemas. La clave residemás bien en la combinación inteligente y oportuna de ellas.

Hechas estas consideraciones sobre el Poder Aéreo, que está constituyendo actualmente la columna vertebral de la potencia bélica de los Estados Unidos, se mostrarán a continuación algunos elementos básicos de su antagonista de esta vez:

Teoría de la “Guerra subversiva”, “de liberación” o “popular”

Esta teoría ha sido desarrollada a la luz de las experiencias de **“actores”** que, desenvolviéndose en un escenario geográfico, social y cultural **“familiar”**, deben enfrentar a un contrincante más poderoso, mejor organizado y mejor equipado³.

- (1) *Prueba de lo anterior fue lo sucedido en la Guerra del Golfo en 1991, donde por primera vez se utilizaron en forma masiva las armas inteligentes, disminuyendo substancialmente las salidas requeridas para asegurar la destrucción de un blanco determinado. Según el informe de la guerra elaborado por el Congreso de los EE.UU., los aviones F-117, volando sólo el 2% del total de misiones de combate de la guerra, gracias a su sistema de armas inteligentes y de alta tecnología, atacaron y destruyeron el 31% de los blancos estratégicos iraquíes.*
- (2) *Durante el análisis del enemigo ha sido un error común que lleva a una errónea selección de blancos el “analizar” u “observar” al enemigo a imagen y semejanza propia, sin considerar su propia realidad y lógica de operación.*
- (3) *Sus principales “teóricos” fueron entre otros, T.H. Lawrence durante la Iª Guerra Mundial., Mao durante la revolución China, y Ho Chi Minh, en la guerra de Vietnam.*

Su postulado básico establece que el **"enemigo"** será vencido porque pierde la voluntad de luchar y de apoyar el esfuerzo bélico por perder el apoyo de la población. En consecuencia el objetivo de la **"Teoría de Guerra Subversiva"** es cambiar la actitud del contrincante hacia la guerra, convencándolo de que el esfuerzo que hace es inútil, ya sea porque el **"valor de la perla en disputa"** es menor al esfuerzo requerido, o porque el esfuerzo que está haciendo es impopular, tanto entre los propios partidarios (la propia población), como de los aliados.

Al tener como objetivo un cambio de **"actitud"**, es una guerra cuyas acciones tienen como meta actuar en las **"mentes"** del adversario. Por ello en este tipo de guerra, los instrumentos como la propaganda, el manejo de la prensa, las actuaciones políticas y la legitimación ante observadores neutrales, tienen tanta o más importancia que las acciones armadas. Los sucesos en el campo de batalla son secundarios, pues las verdaderas batallas se libran a través de la prensa y en la arena política. Las acciones militares, requieren de una estrecha coordinación con otros instrumentos no militares, como la propaganda. Es lo que Beaufré — describió como la **"maniobra exterior"** y **"maniobra interior"**⁴, que deben complementarse muy bien. Ambas **"maniobras"** se libran simultáneamente.

Para que este tipo de guerra tenga éxito, quien la abraza requiere de algún **"santuario"** o lugar seguro para operar, que le permita planificar y organizar sus acciones como asimismo preparar, dirigir y apoyar a sus cuadros. Debido a que la

guerra se libra en un territorio o ambiente conocido por el **"subversivo"**, sus **"combatientes"**, después de actuar, desaparecen y se mimetizan entre la población. Por ello en esta guerra no existe un frente de batalla claramente definido. El **"subversivo"** elige cuando y donde golpear, intentando sorprender al enemigo con acciones sorprendidas, espectaculares, que llamen la atención, a fin de ganar la atención de la prensa y los medios de comunicación. De esta forma logran crear una imagen colectiva de inseguridad, que obligue al **"poderoso"** a dispersar sus fuerzas para responder a las exigencias de seguridad de la población. Para el subversivo resulta esencial contar con la iniciativa y explotar la sorpresa, obligando al enemigo a reaccionar más que a accionar. A través de las acciones persistentes y espectaculares se busca hacer **"sobre reaccionar"** al enemigo, a fin de que sus respuestas sean cada vez más fuertes, con tal de **"victimizar"** la causa propia, y deslegitimar al enemigo ante la opinión pública y el espectador neutral.

En la lucha subversiva, el factor tiempo tiene importancia relativa. La extensión del conflicto sirve para desgastar al enemigo y al mismo tiempo ayuda a victimizar la causa propia, sensibilizando a la opinión pública en su favor. Debido a su organización informal, la estructura operacional depende en gran medida de la iniciativa y liderazgo de combatientes locales, requiriendo de tiempo para planificar, preparar y coordinar sus acciones, lo que dificulta la coordinación de los esfuerzos en tiempo y espacio, por lo que no es capaz de montar operaciones sostenidas y continuas en el tiempo. Por lo tanto, para

(4) Ver *"Introducción a la Estrategia"* por André Beaufré.

arrebatarle la iniciativa, se le debe perseguir y presionar en forma constante, privándolo de la posibilidad de reorganizarse. Para ello la inteligencia respecto al accionar, organización y ubicación del subversivo es crítica. Es básico negarle los tres elementos que le permiten sostenerse: el santuario o base segura, el apoyo de la población a su causa y la propaganda.

Veamos ahora la dinámica de estos dos enfoques enfrentados:

Desarrollo de las acciones

Debido a los pocos blancos que ofrece por su estructura **"informal"**, uno de los adversarios más difíciles a enfrentar para el **"Poder Aéreo"** en Afganistán es la guerra subversiva.

Considerando el escenario geográfico donde se desarrollarían las acciones, la estructura de sus FF.AA., su equipamiento y capacidades, era lógico que los EE.UU. utilizaran inicialmente al **"Poder Aéreo"** como instrumento principal para enfrentar el desafío que la guerra contra el terrorismo presentaba. El **"Poder Aéreo"** le permitía actuar en un escenario distante, de difícil acceso por la superficie, tanto terrestre como naval. Actuar desde el **"aerospacio"**, le evitaba comprometer fuerzas en un territorio desconocido y hostil, como asimismo minimizaba los riesgos de sufrir bajas propias, criterio altamente valorado por la sociedad de los Estados Unidos. Aquí se apreció la gran utilidad de los portaviones para proyectar el Poder Aéreo en un Teatro donde la costa estaba a más de 500 Km. del foco de las operaciones.

De esta forma, a través de ingenios **"aero espaciales"**⁵ ubicó los centros de operación del grupo Al Qaeda, del gobierno Talibán que lo apoyaba y los principales **"sistemas"** que les permitían operar. Una vez reunida la información necesaria que le permitió conocer en detalle el sistema que permitía operar a los adversarios, a través de la destrucción de la Fuerza Aérea Afgana y sus defensas antiaéreas, logró el dominio del aerospacio y se aseguró poder operar sobre Afganistán sin oposición, para utilizar todo el poder de fuego disponible con el propósito de inutilizar la capacidad de combatir y funcionar de Al Qaeda y los talibanes. Habiendo disminuido la capacidad combativa del régimen talibán, pavimentó el camino para que sus opositores políticos y militares tomaran el poder en Afganistán y de esta forma privaran al adversario **"subversivo"** del santuario que le permitía planificar sus acciones y organizar a sus fuerzas. Todo esto lo logró en menos de 45 días de operaciones aéreas e incurriendo en un mínimo de bajas humanas y materiales.

Pero el Poder Aéreo no sólo actuó en operaciones de combate, sino que también permitió ganar las simpatías de la población local a través de operaciones de apoyo humanitario⁶ que neutralizaron parcialmente las acciones de propaganda de los talibanes y Al - Qaeda.

Osama Bin Laden y su organización, Al - Qaeda desde el inicio de las operaciones militares han aplicado rigurosamente los postulados de la guerra subversiva. Inicialmente a través de una ofensiva **"comunicacional"** intentó justificar la **"justicia"** de su causa, y cuando fueron

(5) Satélites, aviones de reconocimiento y vehículos aéreos no tripulados (UAV)

presionados por su enemigo, se **"escondieron"**, a fin de obligar a los EE.UU. a desplegar sus fuerzas y **"desgastarse"** en su búsqueda y persecución. De esta forma esperan prolongar el conflicto, y que errores de los EE.UU. en las operaciones le permitan victimizar su causa. La llegada del invierno en el hemisferio norte es un factor que intentó explotar.

Habiendo logrado desarticular el santuario con que contaba Al Qaeda, en el futuro podremos esperar que los EE.UU. continúen realizando operaciones militares para mantener presionado a Bin Laden y así evitar que este reorganice a su organización. Esta campaña sólo finalizará cuando Bin Laden y sus partidarios sean capturados, para lo cuál el Poder Aéreo ofrece instrumentos de apoyo, pero mandatoria-mente deberá interactuar con

otros instrumentos (políticos y de fuerza). En consecuencia podremos esperar una prolongación del conflicto, donde el éxito de los contendientes dependerá de su habilidad para contrarrestar los movimientos adversarios.

Reflexión Final

Al igual que en la Guerra del Golfo, la **"Guerra contra el terrorismo"** ha demostrado que el **"Poder Aéreo"** es un instrumento de fuerza indispensable para decidir en cualquier conflicto. La correcta aplicación de sus postulados permite hacer un aporte sustancial para lograr los objetivos planteados, pero la decisión final dependerá de la habilidad de los planificadores políticos para conjugar correctamente todos los instrumentos a su disposición. 

(6) Lanzamiento de alimentos y medicina para la población y refugiados.



VALLE DE LA LUNA - IIª REGION