

Aeolus y Swarm, exploradores terrestres

MANUEL MONTES PALACIO

LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA CONTINÚA ADELANTE CON SU AMBICIOSA SERIE DE PLATAFORMAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA LLAMADAS EARTH EXPLORERS. DESPUÉS DE LOS RECIENTES GOCE, SMOS Y CRYOSAT-2, QUE ESTUDIAN LA GRAVEDAD, LA SALINIDAD DE LOS OCÉANOS Y LA HUMEDAD DEL SUELO, Y LOS HIELOS, RESPECTIVAMENTE, LA AGENCIA PREPARA VARIAS MISIONES DEDICADAS A OTRAS VERTIENTES CIENTÍFICAS, ESENCIALES PARA NUESTRO CONOCIMIENTO DEL PLANETA.

*El Aeolus medirá
los vientos terrestres.
(Foto: ESA - AOES Medialab)*

La primera de ellas será un “vigilante” de los vientos, y se llamará Earth Explorer Atmospheric Dynamics Mission, o ADM-Aeolus. Ha sido diseñada para mejorar los pronósticos del tiempo y avanzar en nuestra comprensión global del clima y de la dinámica atmosférica. Para lograrlo, utilizará un método llamado DWL (Doppler Wind Lidars), que además de levantar mapas de las corrientes de aire, nos proporcionará información sobre la altura de las nubes, su distribución vertical, la variabilidad del viento y las propiedades de los aerosoles presentes en el aire. Todo ello redundará en información adicional y más precisa que ayude a mejorar nuestro modelo del clima y de la atmósfera terrestres. Sólo así podremos aumentar la fiabilidad de los pronósticos, llevándolos un paso más allá.

Para lograr su objetivo, el Aeolus evolucionará en una órbita heliosincrónica a 400 km sobre la superficie de la Tierra. Su instrumentación me-

dirá el viento en la zona nocturna del planeta, observando constantemente en un ángulo de 90 grados respecto a la dirección de vuelo.

UN PROYECTO LARGAMENTE ACARICIADO

La misión Aeolus fue propuesta en los años 90. La Fase A de estudio preliminar se desarrolló hasta 1999, una época durante la cual se dio máxima prioridad al diseño técnico de su instrumental, el láser lidar. Una vez aceptado el proyecto, se inició la

fase B, en julio de 2002. Ya en mayo de 2005 se había construido un modelo estructural del instrumento ALADIN, responsabilidad de la compañía Astrium France. Por su parte, Astrium UK se convirtió en el contratista principal y se ocuparía de dirigir todo el programa.

Si todo va bien, el Aeolus debería estar listo para volar en 2011, a bordo de un cohete Vega, durante uno de los primeros vuelos que este nuevo vector realizará desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa. Hasta entonces, habrá sido mucho el trabajo realizado, sobre todo debido a la complejidad de su instrumento, el citado ALADIN: La plataforma de vuelo, de unos 1.000 kg de peso, está pensada para acomodar su considerable diámetro, y al mismo tiempo, minimizar el rozamiento con la atmósfera, que de otro modo

reduciría la altitud de la órbita y provocaría un mayor consumo de combustible para mantenerla. El ALADIN (Atmospheric Laser Doppler Instrument), como su nombre indica, es un instrumento lidar, es decir, un sistema que lanza pulsos de luz láser hacia la atmósfera. Cuando la señal rebota y regresa al satélite, lo hace con un desplazamiento Doppler, afectada en diversos niveles atmosféricos por la acción de las corrientes de aire. La medición del desplazamiento de la frecuencia lumínica es la clave para determinar la magnitud del viento en cada momento. Además, el lidar es capaz de realizar mediciones continuas a distancias de unos 200 km.

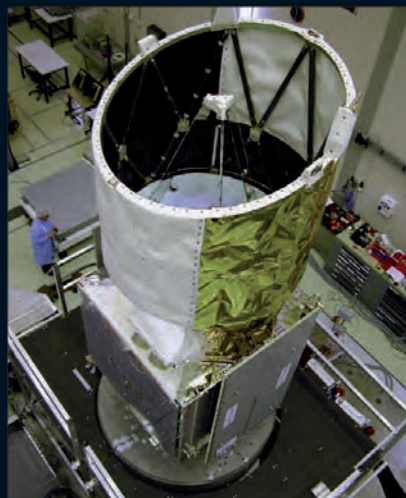
La luz del láser es dispersada de dos formas: por las partículas de aerosoles en suspensión (o también partículas de las nubes), o por la interacción con las moléculas de aire. Estos dos tipos de dispersión (de Mie y de Rayleigh, respectivamente), ofrecen propiedades espectrales distintas, lo que ayuda a mejorar la precisión en los resultados. De hecho, un sistema basado únicamente en la dispersión

por partículas de aerosoles sólo sería efectivo a bajas altitudes, y al contrario, el sistema Rayleigh no es muy fiable a baja altura. Complementándose, ambos métodos proporcionan la solución adecuada para los científicos. Es posible obtener datos sobre los vientos por encima de nubes espesas, o directamente hasta la superficie si está despejado. Y dado que la presencia de aerosoles y nubes afecta a los resultados, pueden derivarse informaciones sobre éstos. El empleo de los dos sistemas de recepción junto a un único instrumento láser es ciertamente un importante avance en el área.

El ALADIN tiene un diámetro de 1,1 metros y lo rodea un cilindro protector. Estas dimensiones son las que determinan el tamaño del resto del satélite y su masa. Funcionando de forma constante, enviará su botón científico a las estaciones terrestres casi siempre en tiempo real.

MODELOS NUMÉRICOS

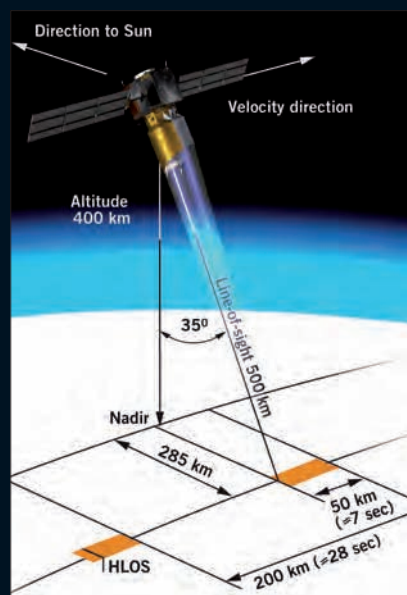
El secreto de los actuales pronósticos meteorológicos, que básicamente consisten en “predecir el comportamiento futuro de las masas de aire”, radica en tener un buen modelo numérico (matemático) que reproduzca con la mayor exactitud posible la atmósfera. Nuestros modelos son cada vez mejores pero para que arrojen resultados fiables deben ser alimentados con variables realmente representativas. Es decir, los meteorólogos necesitan un punto de partida lo más preciso y real posible, necesitan conocer cuál es el tiempo en un momento concreto, con todas sus variables (temperatura, presión, humedad...), para poder aplicarlo a su modelo y ver cómo evolucionará en un período determinado. La labor de captación de datos, pues, se ha tornado fundamental. En este sentido, el ADM-Aeolus proporcionará una gran ayuda en el ámbito de los vientos. Ofrecerá, unas 100 veces por hora, un mapa de perfiles de viento que los científicos podrán utilizar para su labor. Con el paso del tiempo, desde su órbita capaz de sobrevolar casi todo el planeta, el satélite entregará mapas globales, con información eólica que incluirá aquella de zonas remotas en las que normal-



El modelo del Aeolus para pruebas en tierra. (Foto: ESA)



El Aeolus para pruebas acústicas. (Foto: ESA)



Esquema de funcionamiento del Aeolus en órbita. (Foto: ESA - AOES Medialab)

mente no están disponibles sistemas terrestres de medición. Esto es importante porque si no sabemos si en una región hace o no viento por falta de aparatos de medida, las condiciones de partida de nuestro modelo numérico estarán incompletas. El Aeolus cierra este problema ofreciendo datos de igual calidad para cualquier punto sobre la superficie terrestre.

Además de para pronósticos meteorológicos, las mediciones del Aeolus tendrán utilidad puramente científica. Una mejor comprensión del comportamiento atmosférico a largo plazo nos permitirá llegar a conclusiones sobre la variabilidad climática y, en esencia, sobre el cambio climático global. A pesar del tiempo transcurrido desde el inicio de la era espacial, y de los numerosos estudios realizados de la atmósfera, incluso del viento, no se han producido aún, de forma sistemática, mediciones que permitan elaborar un modelo global y tridimensional del campo eólico. Esta situación ha retrasado el avance en muchos estudios climáticos y meteorológicos, situación que el Aeolus espera resolver. La razón de esta carencia es que la información de la que disponíamos hasta ahora procedía en su mayor parte de las zonas mejor equipadas para estas mediciones. Al contrario, el hemisferio sur en general, los trópicos y los océanos están normalmente cubiertos de forma bastante pobre e incompleta. Con el espacio como única alternativa, las tecnologías disponibles hasta la fecha no permitían obtener los resultados tridimensionales que requieren los modelos numéricos más avanzados.

El instrumental del ADM-Aeolus estará preparado para este reto. Podrá obtener mediciones de tres capas perfectamente definidas: de 0 a 2 km de altitud, de 2 a 16 km y de 16 a 20 km. Las resoluciones serán 0,5, 1 y 2 km, respectivamente. La precisión en la medición de la velocidad del viento será de 2 m/s, de 2 a 3 m/s y de 3 m/s para las mencionadas capas. Se espera una auténtica revolución en la forma de comprender la dinámica tropical, una de las regiones más difíciles. Para demostrar su valor, los meteorólogos realizarán predicciones con y sin los datos del Aeolus, y después las compararán con lo que ocurra re-

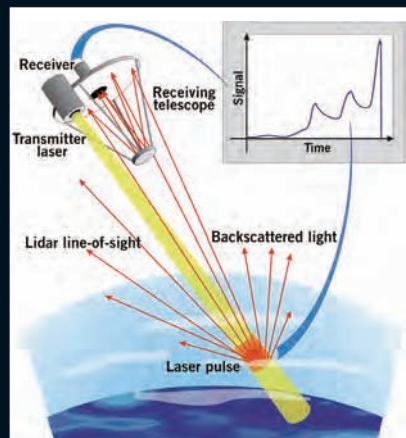
almente. En una zona donde el seguimiento de los ciclones tropicales resulta ser en muchas ocasiones una necesidad ineludible por sus efectos en las áreas habitadas, un aumento de la precisión en los pronósticos (intensidad y posiciones futuras de las tormentas) será sin duda muy bienvenido, por los beneficios que traerá en nuestros esfuerzos por la protección de la vida y los bienes humanos.

Si algo resulta llamativo en la actualidad es que ocasionalmente los pronósticos a sólo uno o dos días vista acaben siendo equivocados. Esto no es habitual, al menos a tan corto plazo y en el hemisferio norte (ocurre sobre todo en el caso de episodios tormentosos), pero en el hemisferio sur, lo inhabitual se torna demasiado frecuente, con las consecuencias que pueden imaginarse. Las observaciones del Aeolus prometen solventar esta cuestión, y mejorar las predicciones en el hemisferio sur hasta un nivel semejante a las del norte. Que los científicos conozcan los detalles a pequeña escala de los episodios ventosos de gran intensidad servirá para detectarlos antes, lo que redundará en la citada mejora en las predicciones a corto plazo.

En cuanto a los pronósticos a medio plazo, éstos también se verán beneficiados, ya que la cobertura global del ADM-Aeolus permitirá definir con más precisión las llamadas ondas de escala planetaria, ondulaciones que desplazan aire a gran escala.

Se espera asimismo que el Aeolus contribuya grandemente a la mejora del trabajo de otros sistemas científicos. Los medidores remotos de temperatura y humedad en la atmósfera ven afectada su labor por los vientos, de modo que la información del Aeolus ayudará a poner ésta en su correcto contexto.

Y dado que los vientos dependen de la cantidad de energía que hay en la atmósfera, el Aeolus proporcionará nuevas pistas sobre



Esquema de funcionamiento del lidar del Aeolus. (Foto: ESA)

el balance energético global, aquel que resulta de la influencia solar sobre el planeta y los procesos de absorción, transporte y devolución al espacio de parte de esta energía. De forma semejante, los vientos gobiernan grandemente las corrientes de agua en los océanos, cuya circulación influye a su vez en la meteorología,

el clima, y en los seres vivos que viven en ellos. Cualquier información global al respecto tendrá implicaciones oceanográficas y ecológicas.

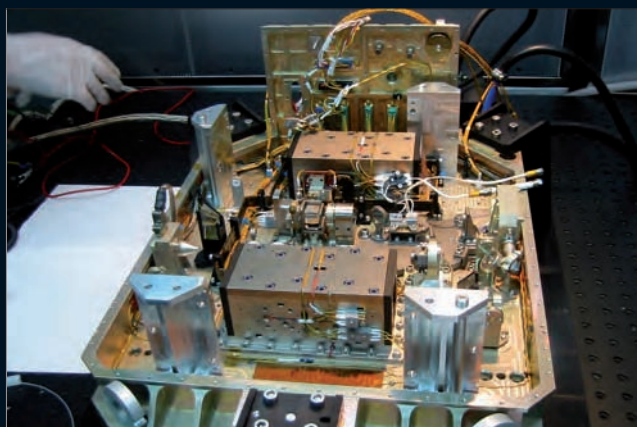
EL ENJAMBRE

Después del lanzamiento del Aeolus, la Agencia Espacial Europea desplazará su atención hacia el siguiente Explorador, una misión denominada Swarm y que consiste en realidad, como su nombre sugiere, en una pequeña constelación de tres satélites.

El objetivo científico del sistema Swarm será estudiar el campo magnético terrestre, o más bien, efectuar el mejor análisis de éste realizado hasta la fecha, tanto de su estructura como de su evolución en el tiempo. Indirectamente, los científicos aprenderán nuevos detalles sobre el interior de nuestro planeta e incluso respecto a su influencia sobre el clima.

Pocas horas después del despegue del Cryosat-2, la ESA anunció que el Swarm (el quinto Earth Explorer) sería lanzado por un cohete ruso Rocket. Este deberá colocar a su carga múltiple en órbitas polares complementarias, entre los 400 y los 550 km de altitud. El instrumental de los vehículos, que incluye una nueva generación de magnetómetros, receptores GPS, acelerómetros y medidores de campos eléctricos, obtendrá datos de alta resolución y gran precisión del campo magnético, indicando su intensidad y dirección. La combinación de la información procedente de cada satélite será la que permitirá obtener el modelo tridimensional del campo geomagnético de la Tierra. La baja altitud a la que evolucionarán los miembros del Swarm ayudará especialmente a estudiar la interacción del citado campo magnético con el planeta.

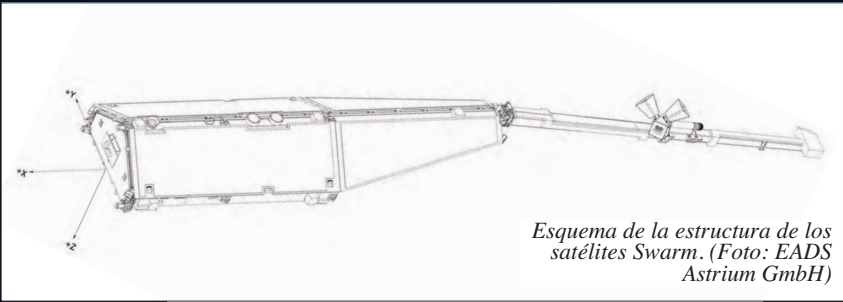
Propuesto en 2002 como una continuación de otras misiones de investigación geomagnética, como las Ørsted, CHAMP y SAC-C,



El láser del Aeolus. (Foto: Galileo Avionica)



El equipo que ha trabajado en el láser del Aeolus. (Foto: ESA)

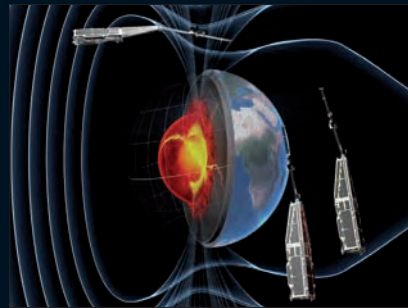


Esquema de la estructura de los satélites Swarm. (Foto: EADS Astrium GmbH)

el Swarm fue seleccionado en 2004 por la ESA por sus amplios méritos. La fase de definición preliminar del proyecto acabó a finales de 2007. Poco después se inició la construcción de los satélites, con la meta de un lanzamiento hacia octubre de 2010. Sin embargo, la fecha se retrasó posteriormente hasta mediados de 2012. El contratista principal es la alemana EADS-Astrium GmbH. Esta misma empresa se ocupará del diseño eléctrico, mientras que EADS-Astrium Ltd. preparará las plataformas y los sistemas de propulsión. La misión tendrá participación canadiense, ya que la CSA cooperará en el desarrollo del Electrical Field Instrument (EFI). También Francia intervendrá, proporcionando el magnetómetro ASM (Absolute Scaler Magnetometer).

La disposición de los satélites será fundamental para obtener la información que se espera conseguir. Dos de ellos evolucionarán alrededor de la Tierra flanqueándola un poco por debajo de la órbita inicial de 490 km. El otro se encontrará en un plano orbital distinto y a 530 km de altitud. Todos tendrán un aspecto idéntico y llevarán el mismo instrumental. Medirán unos considerables 9,25 metros de largo, debido al despliegue de un brazo en el que se hallarán instalados el magnetómetro VFM (Vector Field Magnetometer), a medio camino de su extremo, y el mencionado ASM, en la punta. Gracias al brazo, los magnetómetros no acusarán interferencias procedentes de los sistemas eléctricos de la nave. Dicho brazo será abierto sólo una vez alcanzado el espacio, y de hecho es el único elemento móvil del satélite. Incluso los paneles solares de los vehículos son fijos y están unidos a su cuerpo principal. En este último se halla el resto del instrumental, como el acelerómetro, las antenas GPS y el EFI.

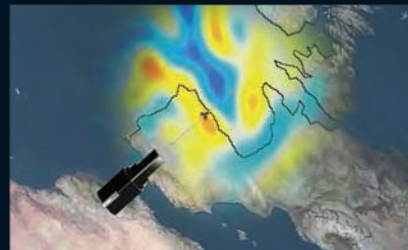
Los magnetómetros son, sin duda, la carga principal. Serán capaces de obtener mediciones de varias regiones de forma simultánea. El modelo geomagnético resultante ayudará a los geofísicos a entender mejor cómo funciona el núcleo terrestre (allí donde se



Disposición de la constelación Swarm. (Foto: ESA - AOES Medialab)



Los satélites Swarm medirán el campo magnético terrestre. (Foto: EADS Astrium GmbH)



Los Swarm levantarán mapas de las anomalías magnéticas. (Foto: Danish National Space Centre)

origina el campo magnético), e incluso de qué están hechos el manto y la corteza a diferentes niveles. Tampoco debemos olvidar que la vigilancia de la magnetosfera ofrece indirectamente información sobre cómo influye el Sol sobre nuestro planeta. La actividad solar, que a veces supone un ataque directo a algunas infraestructuras terrestres, como líneas eléctricas, navegación y satélites, debe ser comprendida con mayor detalle para que podamos ser capaces de pronosticar la llegada de este peligro y así tomar medidas que lo minimicen.

CIENCIA TERRESTRE DESDE EL ESPACIO

La existencia del campo magnético terrestre es fundamental para la vida. La magnetosfera desvía las partículas solares de alta energía y evita que erosionen la atmósfera o lleguen a la superficie. Un ejemplo de esta radiación la tenemos en la producción de las auroras, que son el resultado de la entrada por los polos del campo magnético de algunas de estas partículas. Así pues, en cierto modo, dependemos de que la Tierra siga generando su campo magnético, y ello a su vez depende de la actividad del núcleo terrestre, que actúa como una enorme dinamo. Los físicos estudian todos estos procesos y están interesados en toda la información que sea posible conseguir. El problema que encuentran en su trabajo es que la medición del campo terrestre es más difícil de lo que podría suponerse en la superficie. Este se ve perturbado por otros campos magnéticos, como los de las rocas magnetizadas, las corrientes eléctricas de la ionosfera, etc. Para poder tener una idea clara de la magnitud del campo magnético es necesario salir al espacio, lejos de dichas perturbaciones. El sistema Swarm colaborará en esta labor porque estará bien posicionado para contribuir a la separación de los diversos procesos internos y externos que dan forma al complicado aspecto del campo magnético de la Tierra.

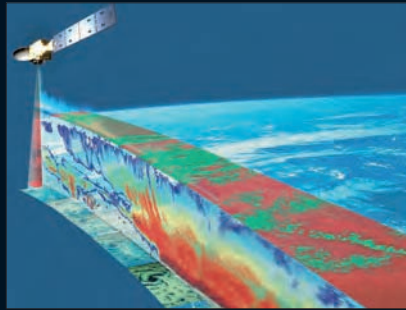
Una mejor comprensión del fenómeno sin duda traerá algunas sorpresas. Por ejemplo, el satélite alemán CHAMP descubrió hace poco que la densidad del aire resulta afectada por

la actividad geomagnética, sobre todo a nivel local. Esta es una indicación más de que no lo sabemos todo sobre este proceso físico, y que cuanto más sepamos sobre él, más posibilidades tendremos de entender otros que desconocíamos.

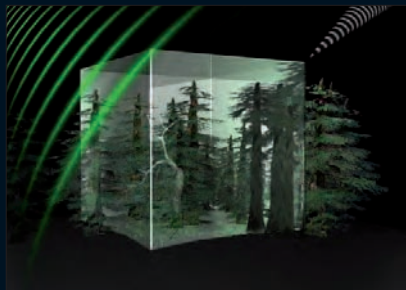
De particular interés es la llamada Anomalía del Atlántico Sur (SAA), una zona sobre dicha región en la que la intensidad del campo magnético terrestre es bastante baja. Los satélites que orbitan sobre esta zona sufren más a menudo averías debido a tormentas geomagnéticas. Algo así le ocurrió al japonés Midori-2, en 2003, que dejó de operar. Se sabe que la intensidad del campo magnético varía, y que actualmente está reduciéndose en su dipolo axial dominante a un ritmo equivalente al de una futura inversión de polos (un 8 por ciento en 150 años). Pero el campo junto a la SAA ha visto reducida su intensidad un 10 por ciento en sólo dos décadas, lo que lo hace muy especial. Los científicos quieren saber por qué se comporta así y el Swarm nos ayudará a averiguarlo.

FUTUROS EARTH EXPLORERS

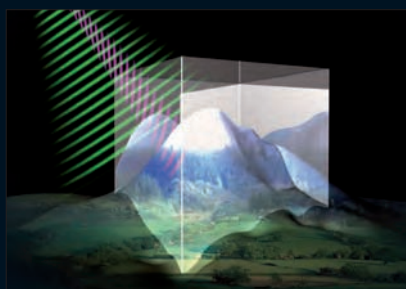
La Agencia Espacial Europea tiene ya en marcha al menos una nueva misión Earth Explorer. Se trata de una cooperación con Japón llamada EarthCARE, cuya función será el estudio de las interacciones entre diversos procesos que afectan al clima, como las nu-



Esquema de funcionamiento del EarthCARE. (Foto: ESA - AOES Medialab)



BIOMASS quiere medir la biomasa forestal. (Foto: ESA - AOES Medialab)



El PREMIER observará la atmósfera. (Foto: ESA - AOES Medialab)



Las auroras son el resultado de la entrada de partículas cargadas por los polos del campo magnético terrestre. (Foto: Jan Curtis)

bes, los aerosoles y el balance energético. El satélite que se empleará realizará mediciones verticales sobre la disposición nubosa y los aerosoles en la alta atmósfera, además de hacer cálculos sobre la energía que se refleja en ella. Para eso transportará un lidar de alta resolución espectral, así como un radar Doppler, una cámara multispectral y un radiómetro. El satélite se moverá a lo largo de una órbita heliosincrónica polar baja (450 km). La misión estará dirigida por la ESA, que proporcionará la plataforma y tres de los instrumentos, mientras que el consorcio JAXA/NICT aportará el radar. Asstrium GmbH está desarrollando ya el vehículo, que pesará 1,7 toneladas y podría volar en 2013.

La séptima misión Earth Explorer aún no ha sido aprobada (en el momento de escribir estas líneas) pero ya hay tres candidatos para ella. Los tres se encuentran en una Fase A de definición (iniciada en 2009), de cuyos resultados depende su selección por parte de la ESA. El ganador podría despegar en 2016.

El primer candidato es BIOMASS, una misión pensada para medir la biomasa forestal y de esta forma calcular la cantidad de carbono almacenado y sus flujos. Utilizaría un radar, cuya presencia también sería útil para medir el grosor de las capas de hielo, la geología del subsuelo en las regiones áridas, la humedad superficial, el permafrost y la salinidad de la superficie de los mares.

El segundo candidato se llama CoReH2O y pretende observar ciertas características de los ciclos de la nieve, el hielo y el agua. En particular, se desea tener un buen modelo que permita predecir cuánta agua estará disponible a partir de la nieve y el hielo acumulados en glaciares y montañas, su relación con el cambio climático y su variabilidad. El satélite utilizaría dos radares.

Por último, el tercer candidato en estudio es el PREMIER, cuya meta es entender los procesos atmosféricos minoritarios en la alta troposfera y la baja estratosfera. Más allá de la influencia del agua y las nubes, se producen otros fenómenos relacionados con la química, la radiación energética y los gases traza, que tienen su importancia y que hasta ahora no son bien conocidos ■