

Calculando la biomasa

MANUEL MONTES PALACIO

SIGUIENDO LA ESTELA DE ÉXITOS PERSONIFICADA EN LAS MISIONES GOCE Y SMOS, LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA, QUE YA HA PUESTO EN MARCHA OTRAS ADICIONALES ENMARCADAS EN EL PROGRAMA EARTH EXPLORER, DIO LUZ VERDE EN 2013 A LA CONSTRUCCIÓN DEL SÉPTIMO EJEMPLAR DE LA SERIE, QUE RECIBIÓ EL NOMBRE DE BIOMASS. COMO ESTE INDICA, EL SATÉLITE ESTARÁ DEDICADO AL ESTUDIO DE LA BIOMASA TERRESTRE, Y EN PARTICULAR DE LA BIOMASA FORESTAL, LO QUE PERMITIRÁ QUE LOS CIENTÍFICOS PUEDAN SABER CUÁNTOS ÁRBOLES PUEBLAN LA TIERRA O CUÁNTO CARBONO ALMACENAN, UN DATO FUNDAMENTAL PARA CALCULAR LA FUTURA EVOLUCIÓN DEL FENÓMENO QUE LLAMAMOS CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL.

Pertencientes al programa Living Planet de la ESA, las misiones Earth Explorer están

pensadas para investigar diversos aspectos de nuestro planeta que requieren de una vigilancia y seguimiento continuados a nivel global, como por ejemplo, la salinidad, la gravedad, la composición atmosférica, la biomasa, la fotosíntesis, el ciclo del carbono, la cubierta de nieve y hielo, etc. Sus resultados científicos son tan importantes que, de hecho, cada proyecto en este campo ha requerido una planificación previa muy extensa.

En efecto, considerándolo tan importante como una propuesta técnica bien fundamentada, la ESA requiere de

este tipo de misiones un amplio período previo de demostración de tecnologías y métodos, para garantizar que, una vez tomada la decisión, se alcancen los resultados esperados de forma plenamente satisfactoria.

En mayo de 2006, la ESA anunció una lista de seis misiones candidatas a formar parte del programa Earth Ex-

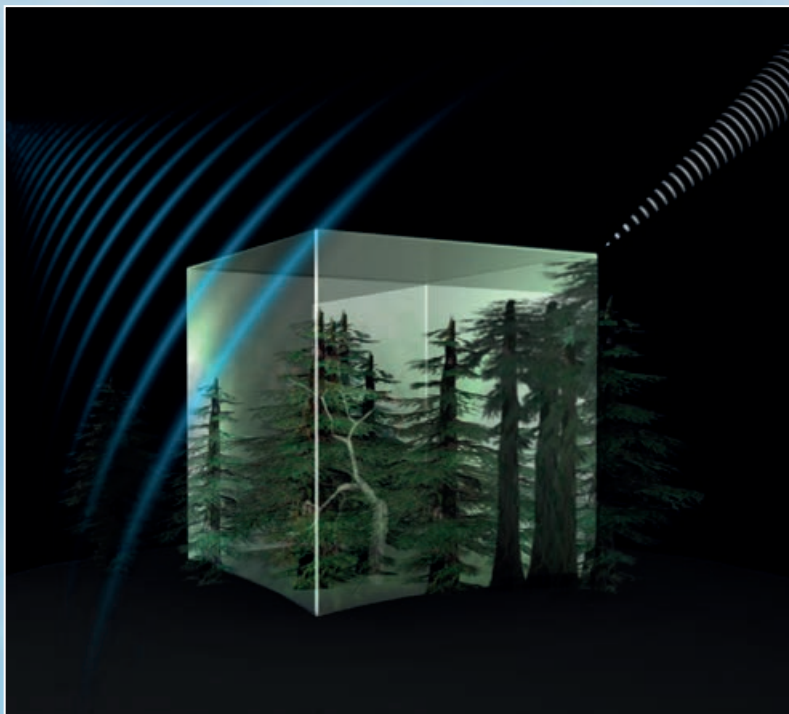
ploración, los citados seis candidatos (BIOMASS, TRAQ, PREMIER, FLEX, A-SCOPE y CoReH2O) pasaron a una

nueva fase en la que protagonizarían varios estudios de evaluación.

UN RADAR EN ÓRBITA

En particular, los objetivos de la misión BIOMASS serían muy claros: determinar por primera vez la distribución y los cambios temporales de la biomasa forestal a escala global, y hacerlo de una forma continuada. Es decir, se pretende analizar la cubierta boscosa en todo el mundo, para poder reducir la actual incertidumbre en cuanto a la cantidad de carbono almacenado en ella y las características de su flujo

hacia dentro y hacia fuera del sistema forestal. Los científicos consideran a esta magnitud como una cifra crucial para poder calcular los efectos futuros del cambio climático, los cuales a su vez dependen de la cantidad de



La biomasa boscosa es un recurso esencial para comprender el ciclo del carbono. (Foto: ESA/AOES/Medialab)

ploración, tras una solicitud realizada por la agencia en marzo de 2005, que se tradujo en un total de 24 respuestas procedentes de diferentes universidades y centros de investigación en varios países. Después de una larga revi-

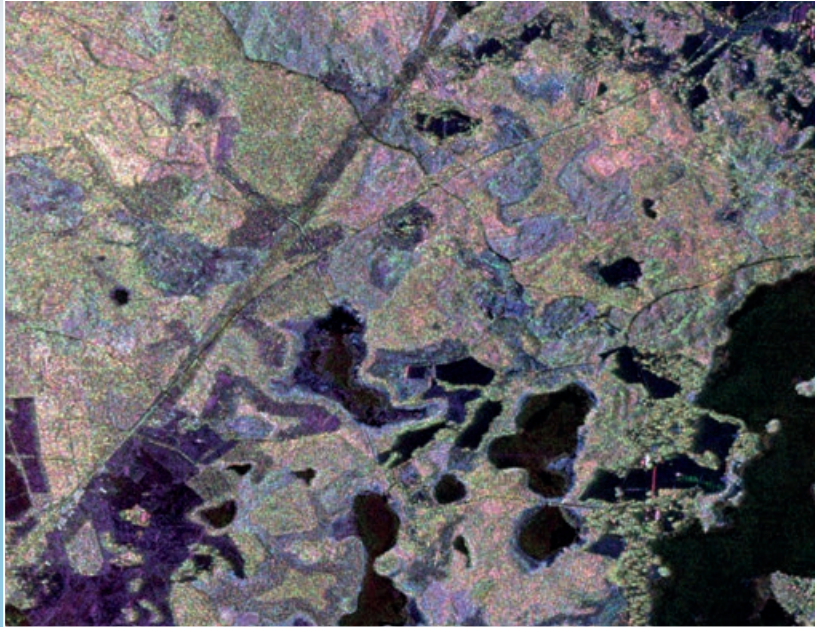
carbono (un gas de efecto invernadero) que se encuentra en la atmósfera. Actualmente no es posible precisar demasiado en cuanto a ello debido a que los bosques tienen un gran papel a la hora de absorber carbono (al crecer) y de liberarlo (durante los incendios, por ejemplo), y no sabemos con gran exactitud la extensión arbórea o el ritmo de la deforestación existentes. Por tanto, si averiguamos cuántos árboles hay, es decir, cuánta biomasa forestal está disponible, podremos entender mejor el ciclo del carbono y su actividad a la hora de controlar el clima.

Para lograr levantar mapas sobre la biomasa a nivel global, los ingenieros propusieron utilizar un radar de apertura sintética (SAR) que funcionaría en la banda P, capaz de tomar mediciones interferométricas y polarimétricas. La frecuencia elegida es muy sensible a la detección de la cubierta vegetal de los bosques, y además, su funcionamiento es bastante independiente de la meteorología o de la hora del día, lo que permite una observación continuada en el tiempo. Se han embarcado radares

SAR en diversas ocasiones a bordo de satélites, pero las características exactas que debe tener uno para este objetivo obligarían a un cuidadoso período de pruebas, sin las cuales la ESA no emitiría ningún veredicto. Un motivo de especial preocupación sería el relacionado con los algoritmos utilizados

desarrollo, se utilizó un avión del DLR alemán equipado con un radar similar al que debería volar al espacio, denominado E-SAR (Experimental Synthetic Aperture Radar), que efectuó una campaña de observación de dos meses sobre los bosques boreales del sur de Suecia. Los resultados se analizarían

posteriormente, y se compararían con las mediciones obtenidas sobre el terreno por el personal de la Agencia Sueca de Investigación para la Defensa, que tomó nota de las características esenciales de los bosques, incluyendo la biomasa sobre el suelo, la altura de los árboles y las condiciones del terreno. Tales mediciones se han venido obteniendo durante décadas en las zonas de Remningstorp; la diversidad presente en ellas las hizo ideales para



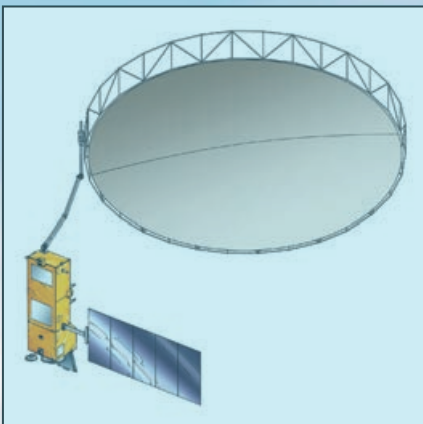
Ejemplo de imagen obtenida mediante un radar en banda P. (Foto: ESA)

para generar los mapas de la biomasa, y cómo interpretar los cambios observados durante sucesivas pasadas. Los ensayos, llamados BioSAR, posibilitarían aclarar todos estos puntos.

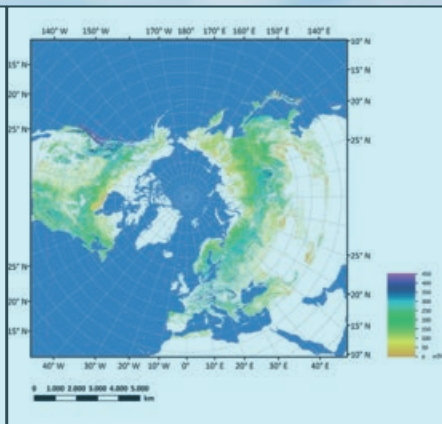
Dichas pruebas se iniciaron muy pronto, y a finales de mayo de 2007 concluían con éxito. Durante su de-

los experimentos.

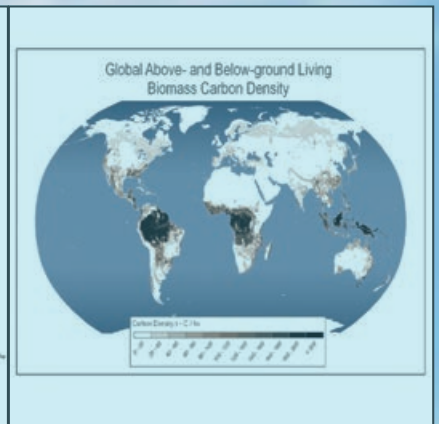
El avión ensayó el radar E-SAR en las bandas L y P, realizando pasadas con una periodicidad similar a la que se emplearía durante la misión orbital. Remningstorp, además, se ha utilizado en el pasado como lugar de calibración para los satélites japoneses de la se-



Concepto del vehículo de la misión BIO-MASS. (Foto: ESA-P. Carril, 2012)



Mapa de la biomasa en el hemisferio norte obtenido mediante el satélite Envisat. (Foto: Biomasar-II)



Mapa de la densidad del carbono por la biomasa sobre el suelo y bajo él. (Foto: ORNL)



El investigador principal Shaun Quegan da detalles de BIOMASS. (Foto: ESA—M. Pedoussaut, 2013)

rie ALOS (el primero voló en 2006), que también transportarían un radar, en este caso en banda L, así que sus reflectores de 5 metros para calibración pudieron ser utilizados para la campaña BioSAR.

Los resultados se emplearían para definir mejor la misión definitiva, puesto que aportarían numerosa información sobre la mejor manera de cuantificar la biomasa forestal desde el espacio.

NUEVA SELECCIÓN

El 2 de marzo de 2009, la ESA anunció que, de los seis candidatos, tres pasarían a una nueva ronda de verificación: BIOMASS, CoReH2O y PREMIER. En ese momento, se preveía un lanzamiento para la que debía ser séptima misión Earth Explorer hacia el año 2016.

Las tres propuestas entraron entonces en la fase previa más compleja, durante la cual se definirían con precisión sus conceptos y se determinarían las tecnologías necesarias y los costes implicados. Durante los siguientes tres años, sus equipos trabajaron

duramente para redactar los mejores informes posibles, en base a los cuales se tomaría la decisión. Sólo uno de los candidatos sería aprobado para ser desarrollado para la citada oportunidad de vuelo.

Los correspondientes informes fueron publicados y anunciados el 15 de junio de 2012. Todos contenían una larga exposición sobre sus méritos científicos y presentaban las actividades que se habían llevado a cabo para demostrarlos. Pero lo más importante sería la certificación sobre su viabilidad tanto técnica como económica. Todo este material, perteneciente a la Fase A, sería examinado por expertos, de manera que las correspondientes recomendaciones pudieran estar listas para el Consejo Ministerial de la ESA de noviembre de 2012, cuando se pediría a los países miembros la futura financiación para esta y otras misiones.

Debido a diversas circunstancias, incluyendo el clima económico en Europa, la misión elegida ya no volaría hasta al menos 2020, pero la pérdida de su antecesora, la enorme Envisat, cuyo radar había hecho trabajos que estaban relacionados con los tres candidatos,

aseguraría el futuro de uno de ellos, ya que los científicos no podían carecer de ese tipo de datos.

Mientras tanto, a la espera del Consejo Ministerial, que aprobaría la misión pero no cuál de las propuestas debía ser seleccionada, las tres fueron sometidas a un nuevo escrutinio, esta vez por parte de la comunidad científica ajena al proyecto, cuya crítica ayudaría a eliminar cualquier área de riesgo en ellas. El Earth Science Advisory Committee revisó toda la documentación a principios de marzo de 2013, en Graz (Austria) y efectuó su recomendación sobre cuál consideraba que debía tener una mayor prioridad. La elección final, a partir de aquí, quedaría en manos del Earth Observation Programme Board, de la ESA.

BIOMASS SALDRÁ PRIMERO

El 7 de mayo de 2013, la ESA daba a conocer el veredicto final: el Earth Observation Programme Board recomendaba a la agencia el desarrollo de BIOMASS como séptima misión del programa Earth Explorer. El grupo de expertos revisó los tres candidatos y

se decidió finalmente por ella. Todas las propuestas tenían méritos sobrados para ser llevadas a cabo, y probablemente lo acaben siendo en el futuro, pero BIOMASS tendría prioridad en la oportunidad de lanzamiento de 2020.

Entre las razones barajadas se citó la urgente necesidad de disponer de conocimientos fiables sobre la biomasa forestal, sobre todo en los trópicos, sobre los cuales hay poca información en este campo. Las naciones Unidas tienen en marcha una iniciativa llamada Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation (REDD+), un esfuerzo internacional para reducir las emisiones de carbono procedentes de la deforestación y la degradación del suelo, en particular en los países en vías de desarrollo, y BIOMASS sería una bienvenida contribución europea para este objetivo.

Los científicos hicieron también notar que BIOMASS, con su capacidad de mapear la elevación del terreno ocupado con vegetación muy densa, aportará información muy interesante sobre la geología del subsuelo. Su radar aportará asimismo datos sobre

la velocidad de desplazamiento de los glaciares y las cubiertas de hielo en varios continentes, algo que será esencial para entender mejor cuánto hielo se pierde en la Tierra debido al calentamiento global.

Según la ESA, BIOMASS (Biomass monitoring mission for Carbon Assessment) será una misión meramente científica, de obtención de datos para resolver problemas concretos, pero tanto este satélite como futuras encarnaciones podrán ser utilizados para efectuar una vigilancia operativa a largo plazo de los bosques. Más allá de su importancia como acumuladoras de CO₂, las masas arboladas son en sí mismas un recurso natural esencial, tanto ecológico como de carácter económico, de modo que saber cuál es su extensión cada cierto tiempo será crucial para medir su rendimiento y evolución.

A pesar de todo, su contribución a la comprensión del ciclo del carbono será su misión principal. Y en base a este objetivo, el Earth Observation Programme Board recomendó esperar a la propuesta industrial para desarrollar el

satélite antes de confirmar la luz verde para su puesta en marcha. Debido a lo limitado de los recursos financieros disponibles, la ESA esperaría a las ofertas de los futuros contratistas para decidir su construcción, de manera que si dichas propuestas no fueran asumibles, por su dificultad técnica o por otra razón, el proyecto sería cancelado o pospuesto.

Así pues, durante los siguientes meses, la industria europea prepararía sus propuestas concretas sobre el vehículo, siguiendo las necesidades del proyecto y las directrices técnicas impuestas por los objetivos a realizar. La ESA tendría entonces que elegir al contratista principal de la misión.

LOS CIENTÍFICOS SUBEN A BORDO

Mientras la industria desarrollaba sus diseños y presupuestos, la ESA continuó preparando la vía científica del proyecto BIOMASS. La primera acción en esta fase fue volver a poner en marcha el Mission Advisory Group, es decir, el grupo consultivo que co-



Uno de los reflectores con forma de esquina utilizados durante la campaña de ensayos BioSAR. (Foto: ESA)



Presentación de la misión BIOMASS, en 2013, una vez seleccionada como séptima Earth Explorer. (Foto: ESA-M. Pedoussaut, 2013)



Volker Liebig describe las características de la misión BIOMASS, durante su presentación. (Foto: ESA-M. Pedoussaut, 2013)

laboró inicialmente para verificar la viabilidad tecnológica de la propuesta. En este caso, se invitó a miembros de la comunidad científica, expertos en el estudio de la Tierra, a entrar a formar parte de dicho grupo, el cual se ocuparía de revisar la llamada fase preliminar de definición, o Fase B. Los especialistas revisarían las propuestas técnicas para asegurar que eran adecuadas desde el punto de vista científico, cumpliendo así con los objetivos primarios de la misión.

Para lograr dichos objetivos, los científicos determinaron que el radar de la BIOMASS debía ser capaz de medir la biomasa boscosa y la altura de los árboles con una resolución de al menos 200 metros, así como las alteraciones forestales con una resolución de unos 50 metros. De esta forma se obtendrían datos de una calidad superior a lo disponible en la actualidad, y aptos para, a través de algoritmos de análisis especializados, aportar la información deseada, en especial la localización de las fuentes de emisión y absorción de dióxido de carbono atribuidas a la cubierta forestal. Con el seguimiento de los cambios en esta cubierta, como las modificaciones en su extensión, deterioro, etc., los expertos podrían calcular la magnitud variable que supone la participación de los bosques en el ciclo del carbono.

A la espera de las propuestas industriales, la ESA publicaría la selección de BIOMASS tanto en los medios como entre los miembros de la industria aeroespacial. La misión, por tanto, estaría presente en el Salón Aeronáutico y Espacial de París, donde recibiría una atención especial el 19 de junio de 2013. Sería el investigador principal, Shaun Quegan, quien hablaría sobre la misión, poniendo de relieve su puesta en marcha para resolver aspectos científicos, políticos y sociales urgentes. En efecto, el control del dióxido de carbono tiene implicaciones industriales, en el transporte, etc., por lo que cualquier acción al respecto debe contar con un fuerte respaldo científico. Si está en juego la estabilidad de la sociedad como la conocemos hoy, el ciclo del carbono debe ser comprendido con la máxima precisión posible. Sólo así podremos entender también el cambio climático y lo que hay que hacer para mantenerlo a raya.

Desde el punto de vista ecológico, además, los árboles cumplen un papel esencial de prevención frente a la erosión, así que es necesario evaluar la evolución de los bosques para llegar a conclusiones que nos indiquen si una región se está desertizando, si aumentan los peligros de las avalanchas, o si se está poniendo en peligro el enorme

filtro que constituyen para alimentar al agua subterránea.

UN DISEÑO GENERAL

Con un lanzamiento previsto para no antes del año 2020, se desconocen aún, en el momento de escribir estas líneas, las características precisas del satélite, aunque ya existe un plan básico a partir del cual se están preparando las propuestas industriales. Dicho plan preliminar consiste en un ingenio convencional, dotado de un único panel solar lateral. Sin embargo, la característica más notable del vehículo será la enorme antena circular que tendrá adosada gracias a un brazo articulado, y que actuará como un reflector.

La antena pertenecerá al radar SAR, que funcionará en la banda P (concerniente a la frecuencia de alrededor de los 435 MHz). Los estudios indican que este tipo de sensor es el único que permitirá obtener la información deseada con el grado de precisión buscado. La frecuencia es capaz de penetrar en la copa de los árboles y alcanzar el suelo, midiendo así la altura de los árboles con un único satélite, y de interactuar con los elementos de madera de la vegetación. La banda P, con una longitud de onda de unos 69 cm,

es además la más larga que podemos usar procedente del espacio.

La órbita a la que será colocado el satélite, probablemente heliosincrónica, deberá ser compatible con la medición de la biomasa forestal situada sobre el suelo y localizada entre las latitudes 70° N y 56° S, es decir, incluyendo las zonas tropicales, de las cuales se tiene menos información al respecto. El radar trabajará en función de varios modos de operación, en una trayectoria que ofrezca una visibilidad con un ángulo de incidencia constante (entre 25 y 35 grados). Se espera un ciclo de repetición de entre 25 y 45 días, suficiente para permitir detectar cambios en pasos sucesivos.

La misión deberá durar al menos 5 años. Por un lado, las mediciones de biomasa procederán de los datos de intensidad en la señal, mientras que los de la altura de los bosques se derivarán de la interferometría polarimétrica. Los modos de operación se utilizarán por separado o combinados. En el modo de una sola pasada, la imagen polarimétrica SAR contendrá información sobre la superficie (el suelo y las copas de los árboles). La técnica PolInSAR, por su parte, implica varias pasadas y por tanto dos o más imágenes, combinando interferometría y polarimetría para medir la altura de las copas. Por último, si se realizan más pasadas, la técnica SAR

Tomography puede llegar a separar diferentes objetivos dentro del mismo píxel, dado que puede analizar la energía de retorno procedente de diferentes alturas.

Se han barajado dos tipos de antenas para el radar: el reflector Harris y el reflector Northrop Grumman, cuyos diseños pertenecen a las citadas compañías estadounidenses. Debido a su tamaño, la configuración del satélite se ha visto limitada por su presencia, teniendo en cuenta que durante el lanzamiento la antena debe permanecer plegada. El diseño contempla la necesidad de que el vehículo pueda ser alojado adecuadamente dentro del carenado de un cohete europeo Vega, el vector base para la misión. Una vez en el espacio, se extenderá un brazo, del cual se abrirá a su vez el reflector que constituirá la antena, cuyo diámetro alcanzará los 12 metros. En caso de que sea necesario, el satélite podría también lanzarse en un cohete estadounidense Antares o en el PSLV indio, los cuales disponen de un amplio margen de transporte de masa.

Si no surgen dificultades, BIOMASS seguirá pues la estela de éxitos en el programa Earth Explorer iniciada por los satélites GOCE, SMOS, CryoSat2, y sus sucesores ADM-Aeolus, Swarm y EarthCARE, misiones todas ellas pensadas para que los científicos alcancen nuevos niveles

de precisión en su comprensión de los fenómenos que gobiernan la geofísica, la climatología o la ecología de nuestro planeta. No serán los últimos satélites que lleven a cabo esta tarea. En octubre de 2009 se solicitaron propuestas para la misión Earth Explorer 8, aprobándose para ella, el 24 de noviembre de 2010, el estudio preliminar (Fases-A/B1) de dos candidatos, llamados Fluorescence Explorer (FLEX) y CarbonSat. Cuando completen su ciclo preparativo, la ESA decidirá cuál de ellos resulta apropiado para convertirse en la próxima Earth Explorer en desarrollo, que podría volar antes de mediados de la próxima década.

En todo caso, incluso en una época de restricciones presupuestarias, Europa demuestra con este programa la alta prioridad que tienen para el Viejo Continente las misiones espaciales que pueden ayudar a la Humanidad a resolver los problemas más inmediatos a los que se enfrenta, y que amenazan con cambiar radicalmente nuestro modo de vida, como el cambio climático y otras anomalías de índole ecológica. Una prueba más de que la exploración del espacio está perfectamente preparada para aportar información esencial que de otro modo no podríamos conseguir y que necesitamos para tomar las decisiones de las que depende nuestro futuro. •



Operarios suecos miden algunas de las características de los bosques durante la campaña de ensayos BioSAR. (Foto: ESA)