

SMAP: *cuando el agua* es lo importante

MANUEL MONTES PALACIO

LAS MISIONES ESPACIALES, CUYOS OBJETIVOS SUPONEN UN ESPECIAL VALOR AÑADIDO EN CUANTO A APLICACIONES BENEFICIOSAS PARA LA HUMANIDAD, MÁS ALLÁ DE LO ESTRICTAMENTE CIENTÍFICO, ESTÁN RECIBIENDO ÚLTIMAMENTE UNA MAYOR ATENCIÓN. EN TIEMPOS DE RECORTES Y ESTRECHECES PRESUPUESTARIAS, QUE UN PROYECTO PUEDA APORTAR ESE BENEFICIO INMEDIATO ADICIONAL PUEDE SIGNIFICAR LA DIFERENCIA ENTRE SER APROBADO O NO. EL SMAP (SOIL MOISTURE ACTIVE PASSIVE) ES UNA DE ESAS INICIATIVAS QUE, DESDE UN PRINCIPIO, OFRECIERON ALGO MÁS, LO QUE LES PERMITE GOZAR DEL APOYO DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA Y POLÍTICA. A PUNTO DE SER LANZADO AL ESPACIO, EL VEHÍCULO NO SÓLO ESTUDIARÁ LOS LIMITADOS CONTENIDOS HÍDRICOS DEL SUELO TERRESTRE SINO QUE ADEMÁS NOS DARÁ PISTAS CLARAS SOBRE EL PAPEL QUE TENDRÁN ESTOS EN LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA.

EL SNAP estuvo, en efecto, entre las cuatro misiones altamente-recomendadas por el Committee on Earth Science and Applications from Space del National Research Council estadounidense, que en 2007 publicó un estudio titulado "Earth Science and Applications from Space: National Imperatives for the Next Decade and Beyond". En un contexto de aparente cambio climático a escala global, los expertos necesitan saber con la mayor precisión posible cuánta humedad se esconde en el suelo, y en qué medida el agua es sometida a ciclos de congelamiento y deshielo, para que los cálculos sobre su disponibilidad sean mucho más exactos. El SMAP tratará de aportar respuestas en este ámbito a partir de 2015, después de ser lanzado, si todo va bien, en noviembre de 2014.

Los resultados que aporte serán útiles desde el punto de vista estricta-



El SMAP ayudará a predecir las sequías –foto izquierda–. (Foto: UCAR). Las inundaciones –foto derecha– dependen del grado de saturación del agua en el suelo. (Foto: NOAA).

mente científico, pero además tendrán aplicaciones directas a campos tan importantes como el meteorológico, el medioambiental y el ecológico, con el consiguiente aguante en hidrología, estudios del ciclo del carbono o el propio clima, todos ellos objeto de candentes debates.

EL FUTURO DEL AGUA

En 2005, la NASA se vio obligada a cancelar una misión llamada Hydros, dedicada al estado de la hidrosfera, debido a problemas presupuestarios, y cuando apenas había alcanzado la Fase A de su desarrollo, es decir, el planteamiento técnico preliminar. La decepción de la pérdida de la misión no sería mayor que la necesidad de encontrar una salida a sus objetivos, debido a la creciente confirmación de que la disponibilidad de

agua potable en el futuro será uno de los grandes problemas de la Humanidad. Es posible sugerir modificaciones en el comportamiento de la sociedad en cuanto al gasto de agua per cápita, sobre su uso industrial, social y, en general, económico, pero dichas sugerencias no serán probablemente acertadas sin un conocimiento más exacto de la hidrosfera, porque, simplemente, tenemos graves carencias en el conocimiento del ciclo del agua. Sabemos que el agua se mueve y se transforma, atravesando varias fases (vapor, líquida, sólida), pero aún desconocemos dónde se almacena mucha de la presente en la hidrosfera, a dónde va y lo rápido que se mueve.

El Committee on Earth Science and Applications from Space opinó lo mismo en 2007, y ante su recomendación, la NASA retomó la cuestión, buscando alternativas viables. Era im-

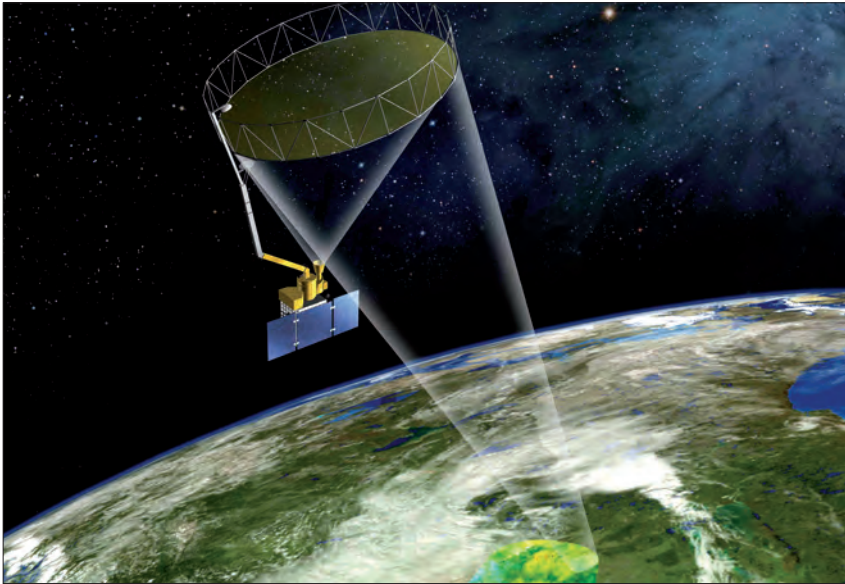
perativo obtener la información que permitiese a los gobernantes del mundo tomar las decisiones oportunas que sirvan para afrontar los inminentes cambios en la disponibilidad del agua en el futuro y, con ello, en la producción de alimentos. Así, el 2 de febrero de 2008 la agencia daba a conocer las dos nuevas misiones espaciales científicas que se pondrían en marcha en aquel año fiscal, y el SMAP sería una de ellas. Además de investigar la distribución de la humedad en el suelo y determinar su estado (congelado/descongelado), el vehículo ayudaría a cuantificar el flujo neto de carbono en el hemisferio boreal, así como a desarrollar sistemas de predicción más precisos de catástrofes relacionadas, como inundaciones o sequías.

El SMAP quedaría englobado dentro del programa ESM (Earth Systematic Mission) de la NASA. Dicho programa lleva a cabo una gran variedad de investigaciones encaminadas a entender el sistema terrestre como un todo, y su respuesta ante fuerzas naturales o desencadenadas por el Hombre. Explora cuestiones como los cambios en la capa del ozono, el clima, la calidad del aire, eventos meteorológicos extremos, productividad marina y terrestre, flujos de agua y disponibilidad, comprensión del papel de los océanos, la atmósfera y el hielo en el sistema climático, campo gravitatorio y campos magnéticos, etc. En el ESM han quedado englobadas muchas misiones antiguas y nuevas que siguen arrojando una corriente poderosa de datos científicos, como las Aqua, Terra, TRMM, SORCE, Jason, Landsat, Aura, ACE, ICESAT, etc. El SMAP, que será gestionado por el Goddard Space Flight Center, quedaría englobado en esta lista de ilustres programas espaciales. La misión propiamente dicha sería dirigida por el Jet Propulsion Laboratory (JPL), que se ocuparía de su desarrollo y construcción.

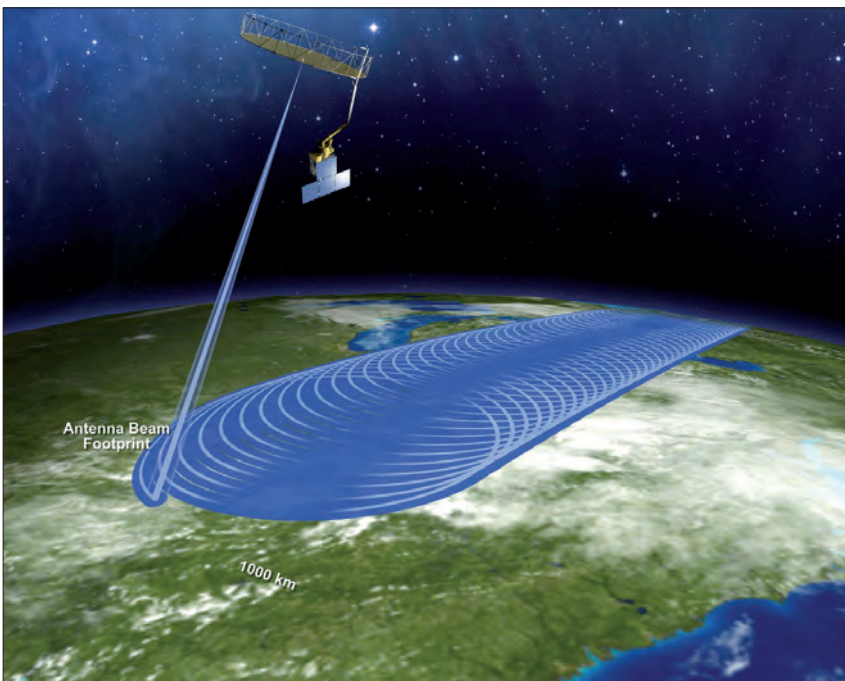
MISIÓN

El SMAP será lanzado al espacio a bordo de un cohete Delta-7320-10C, desde la base californiana de Vandenberg. Este tipo de cohetes parecía haber agotado ya su recorrido, pero la NASA encargó tres de ellos en 2012,

El diseño original del SMAP. (Foto: NASA/JPL).



El SMAP con su diseño de panel solar definitivo. (Foto: NASA/JPL).



Huella del radar del SMAP. (Foto: NASA/JPL).

cada menos de 2 días en las latitudes boreales (superiores a 45-50 grados Norte). La misión deberá durar al menos 3 años, iniciándose un nuevo ciclo de observación cada 8 días. Los datos que se recogerán serán enviados a la Tierra a través de las estaciones de seguimiento o los satélites repetidores, y finalmente almacenados en un centro de acceso científico, pudiendo ser empleados en cuanto finalice su período de validación. Debido a la naturaleza de los resultados, quedarán inmediatamente a disposición de meteorólogos y climatólogos, ya que uno de sus objetivos será predecir mejor ciertos fenómenos y con mayor antelación.

El radar a bordo del SMAP operará en la frecuencia de los 1,26 GHz, es decir, en la banda L de las microondas. Ha sido diseñado para obtener datos de alta resolución respecto al suelo, y de algo menor resolución de forma global (incluyendo los océanos). La señal será emitida por un generador y enviada hacia una antena parabólica desplegable, de 6 metros de diámetro (que compartirá con el radiómetro), donde se reflejará para viajar hacia la superficie terrestre. Con esta señal, el radar SAR obtendrá una resolución espacial máxima de 1 a 3 Km, a lo largo del 70 por ciento de su huella, de unos 1.000 Km de ancho. Los sensores detectarán después los ecos de la señal emitida, así como su dispersión, después de haber llegado hasta el suelo (a un mínimo de 5 cm de profundidad) incluso en zonas con una moderada cubierta vegetal. Aunque con menor precisión, las observaciones podrían alcanzar el metro de profundidad, lo que aportará información sobre la humedad que afecta a las raíces de las plantas, un parámetro a tener en cuenta a la hora de vaticinar su crecimiento y la productividad del organismo vegetal.

En cuanto al radiómetro, este trabajará en la frecuencia de los 1,4 GHz, también en banda L, y dispondrá de una resolución espacial de 39 por 47 Km.

Los científicos combinarán las observaciones de ambos instrumentos para estimar la humedad del suelo con una resolución de unos 10 Km, y de 1 a 3 Km en cuanto a su estado de congelación o deshielo. Debido a los

resucitando su cadena de montaje. Uno estará dedicado a la misión SMAP, dado que sus características y coste son apropiados para colocar al vehículo en la órbita concreta elegida.

El vehículo inició su fase de montaje, integración y pruebas finales en mayo de 2013. Su configuración, diseñada en el JPL, será adecuada para trabajar en la órbita heliosincrónica prevista, a unos 690 Km de altitud, la cual permitirá sobrevolar cada día

el ecuador terrestre a las 6 de la mañana y a las 6 de tarde, es decir, en similares condiciones de iluminación solar. La trayectoria se ha pensado para que los dos instrumentos principales a bordo, un radiómetro y un radar de apertura sintética (básicamente los mismos que debían volar en la cancelada Hydros) puedan obtener lecturas continuadas que proporcionen una cobertura global cada menos de 3 días en las zonas ecuatoriales, y



Los instrumentos del satélite fueron probados mediante aviones. (Foto: NASA/JPL).

pasos continuados del satélite, en las mismas condiciones, durante días y meses, sobre las mismas regiones, será posible efectuar un seguimiento preciso de los cambios en la humedad, o averiguar si el agua ha cambiado de estado físico respecto a anteriores mediciones. En principio, la misión ignorará las regiones cubiertas de hielo o nieve (hay otras misiones mejor equipadas para su exploración), y aquellas de topografía demasiado montañosa o con excesiva vegetación, como los bosques tropicales. Las mediciones en estos ambientes no serían lo bastante precisas.

Todos estos datos serán fundamentales, ya que los actuales modelos que interfieren sobre ambos parámetros (grado de humedad y estado físico del agua) no se ponen de acuerdo. Comparando los resultados derivados de los cálculos teóricos con las mediciones obtenidas por el satélite, podremos ver qué modelos son más exactos, e incluso mejorarlos para adaptarlos al mundo real. Una vez perfeccionados, estos modelos nos darán las herramientas que se requieren para predecir con mayor rigor los episodios de sequía o inundaciones que nos afectarán en el corto y medio plazo.

Los científicos saben que las variaciones en la humedad del suelo afectan grandemente a la

evolución del clima y la meteorología, en especial sobre las zonas continentales. Se necesita mucha energía para evaporar el agua del suelo, así que el que haya más o menos humedad tiene una enorme importancia, ya que afectará a la cantidad de energía disponible para fluir en la superficie, de modo que su magnitud es un parámetro esencial para pronosticar el tiempo.

En cuanto al cambio climático, mo-

vido en parte por la presencia de gases de efecto invernadero, los modelos disponibles son bastante exactos en cuanto a predecir cómo afectarán estos a las futuras temperaturas. Pero como se ha dicho antes, los mismos modelos no se ponen de acuerdo en predecir la disponibilidad de agua y la cantidad de humedad en el suelo ante los mismos agentes. El SMAP, esperan los expertos, ayudará a reconciliar las diversas visiones del problema.

Por otro lado, la humedad del suelo y su estado (si está congelada o en estado líquido) afectan definitivamente al ciclo global del carbono. Este es otro elemento crucial, ya que si la absorción y liberación de carbono por parte de los diferentes escenarios, como por ejemplo bosques, no se conoce bien, debido a la incertidumbre actual en los efectos de la humedad, tampoco podremos predecir cómo afectará ello al clima. El agua superficial absorbe o emite carbono, dependiendo de su estado (líquido o sólido), y el SMAP deberá contribuir con sus observaciones a levantar mapas de esta clase que nos aclaren el problema. Al mismo tiempo, obtendremos datos en cuanto a la respuesta de los ecosistemas ante el cambio climático, y a su vez, sobre sus propios efectos en él, ya que estamos ante un caso de retroalimentación.



El equipo del programa SMAP. (Foto: NASA/JPL).

Otro aspecto a tener en cuenta es que la humedad del suelo interviene decisivamente en el crecimiento de las plantas, incluyendo aquellas que se usan en actividades económicas como la agricultura. En épocas de sequía o simple carencia de agua para regar, es importante conocer el exacto estado de dicha humedad para predecir las necesidades de las plantaciones y tomar las decisiones oportunas, aprovechando y optimizando los recursos, con objeto de no malgastar tan

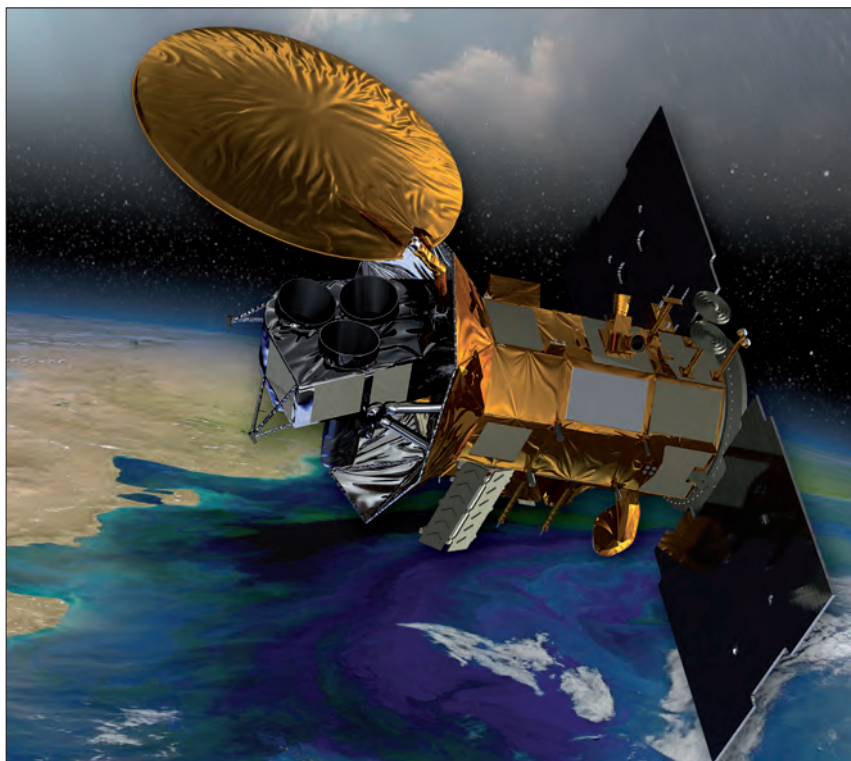
grandes precipitaciones, por ejemplo. De este modo, la misión SMAP podrá levantar mapas de riesgo en los cuales las autoridades podrán conocer con suficiente antelación dónde será mayor el peligro si se produjese el desastre. Igualmente, en las zonas montañosas, donde suceden la mayoría de deslizamientos de tierras, la humedad del suelo es uno de los ingredientes principales para su desencadenamiento, y por tanto conocer su estado abrirá las puertas a lanzar aler-

nible, y la explotación responderá a mejores criterios de rentabilidad.

La predicción fiable de fenómenos como las inundaciones, la sequía o la productividad agrícola deberá afectar favorablemente, al mismo tiempo, a la salud humana. Hay zonas del mundo que sufren periódicamente los vaivenes del ciclo de precipitación, o que padecen hambrunas debido a ello. Cuando se depende mucho para comer de las condiciones estacionales (como la llegada de los monzones, por ejemplo), es fundamental saber con tiempo qué va a pasar. Las organizaciones internacionales podrán así prepararse para ayudar a las poblaciones que, hipotéticamente, se van a enfrentar a una mala época, en vez de sólo reaccionar cuando el problema se ha producido y ya se han perdido vidas humanas.

La información proporcionada por el SMAP será asimismo de interés para los expertos en epidemiología. La propagación de las enfermedades víricas depende mucho de las condiciones climáticas, de la humedad ambiental, del calor, etc., fenómenos que a su vez están relacionados con la cantidad de agua presente en el suelo. Se espera que modelos altamente sofisticados puedan tratar los datos del SMAP y confeccionar a partir de ellos mapas de zonas especialmente aptas para el desarrollo de enfermedades como la malaria. Esta última depende del mosquito que la propaga (anopheles), y consecuentemente, si se pueden predecir las condiciones que facilitan su reproducción (ponen sus huevos en el agua), se sabrá también dónde estarán los focos principales sobre los que habrá que actuar. Las autoridades podrán acotar antes la propagación del insecto y evitar así que decenas de miles de personas sufran cada año las terribles consecuencias de tal enfermedad.

Desde el punto de vista militar, la fuerza aérea y el ejército estadounidenses planean aprovechar los datos del SMAP para sus propias predicciones meteorológicas. La humedad en el suelo puede afectar a condiciones como la aparición de niebla y la visibilidad, y ello a su vez puede condicionar las operaciones de las tropas, los aterrizajes y despegues de ae-



El SMAP mejorará las mediciones del Aquarius. (Foto: NASA)

precioso elemento. En la actualidad se carece de una red de medición de la humedad superficial a escala global, y solo podemos emplear modelos teóricos para realizar las predicciones, de manera que disponer de un instrumento en el espacio capaz de llevar a cabo esa tarea con la debida resolución, será tremendamente útil.

Los científicos saben asimismo que la peligrosidad de situaciones como las inundaciones y los deslizamientos de tierras dependen mucho de la humedad del suelo. Si este se halla ya muy saturado de agua, se podrá predecir una mayor probabilidad de que ocurran inundaciones si se producen

tas con la suficiente anticipación.

En cuanto los datos del SMAP vayan estando disponibles para la comunidad científica, se pondrá en marcha la preparación de los diversos productos especializados. Con ellos será posible estimar con bastante exactitud la productividad de las plantas o la cosecha que podrán aportar, en base a la disponibilidad de agua. Los profesionales agrícolas podrán entonces ajustar las extensiones de sus campos a la producción deseada, evitando no superar los límites de estrés ecológico que estarán relacionados con los recursos a utilizar. El agua se utilizará de forma más sosten-

ronaves, etc. Sabiendo con antelación si en un punto de interés va a desarrollarse niebla, podrán programarse para antes o después las maniobras necesarias de las partes implicadas.

Por último, la propia tecnología empleada por el SMAP será objeto de especial atención por parte de los ingenieros y científicos. Si tiene éxito, dicha tecnología, muy novedosa, podrá continuar siendo desarrollada para futuras misiones más avanzadas y capaces de proporcionar datos con mayor resolución. En efecto, la misión del satélite servirá como banco de pruebas para averiguar por dónde seguir evolucionando el instrumental.

APROVECHANDO LA HERENCIA

La tarea del SMAP tiene muchos puntos de contacto con la de la misión SMOS de la Agencia Espacial Europea, con amplia participación española, que además de la salinidad marina, ha investigado la humedad superficial. Los investigadores del SMAP están teniendo en cuenta sus hallazgos científicos, y también los problemas que se encontró una vez en el espacio. Los controladores del SMOS, por ejemplo, detectaron la existencia de interferencias de radiofrecuencia, que perjudicaron muchas lecturas del satélite en ciertos puntos de su trayectoria, así que los ingenieros del SMAP han prestado especial atención a intentar amortiguar y paliar en lo posible este efecto. Para lograrlo, el radar modificará ligeramente su frecuencia de trabajo cuando pase sobre focos conocidos de interferencia, identificados durante la misión del SMOS. Además, se aplicarán filtros y se eliminarán sus consecuencias sobre los datos una vez recibidos en tierra. Las estrategias adoptadas se han probado con éxito en vuelos mediante aviones, donde se instalaron prototipos de los instrumentos.

Comparado con el SMOS y la misión Aquarius (una colaboración de la NASA con Argentina, equipada también con un radiómetro en banda L), el SMAP ampliará los datos ya obtenidos por estos últimos, incrementando la resolución espacial. Añadirá asimismo la importante información sobre el estado del agua, que a su vez será útil



Presentación al público de la misión SMAP. (Foto: NASA/JPL).



Los datos del SMOS europeo ayudarán a preparar las observaciones del SMAP. (Foto: ESA/CSIC).



El SMAP será enviado al espacio con un cohete Delta-7320-10C como éste. (Foto: NASA).

para la ciencia del ciclo del carbono. Por otro lado, la disponibilidad de datos del SMOS y del Aquarius ha permitido que los desarrolladores de los algoritmos para el SMAP pudiesen probarlos con información real.

El líder de la misión SMAP es el profesor Dara Entekhabi, del Massachusetts Institute of Technology. Tanto él como su equipo fueron elegidos en 2013 por la NASA, tras una competición de propuestas de trabajo a nivel nacional. El llamado SMAP Science Team sustituye al Science Definition Team (que ya ha finalizado su tarea), y se ocupará de aconsejar en cuanto a requerimientos científicos, definición de productos, algoritmos, calibración y validación de resultados, programación de observaciones, publicación de datos y apoyo a la divulgación de la misión hacia el gran público. El Science Team está formado por científicos de universidades, de centros gubernamentales y de centros de la propia NASA. Además, colaborarán en él personas de fuera de Estados Unidos (Canadá, Gran Bretaña, Francia, Italia y Australia).

Todo este equipo está ya listo para trabajar, en cuanto el satélite alcance con éxito el espacio. Después del habitual período de calibración de sus instrumentos, que durará unos tres meses, el SMAP iniciará su misión de tres años para revolucionar nuestro conocimiento sobre la humedad del suelo y el estado físico del agua en él ■