

DRAGO: UN PEQUEÑO INSTRUMENTO,

El pasado 24 de enero tuvo lugar la puesta en órbita de DRAGO (*Demonstrator for Remote Analysis of Ground Observations*), el primer instrumento desarrollado por IACTEC-Espacio. Semanas después llegaban sus primeras imágenes infrarrojas de la Tierra, con una calidad a la altura de las expectativas más optimistas. DRAGO es el resultado de cuatro años de esfuerzo del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) pero, ¿cómo se ha llegado hasta aquí y por qué este logro abre una ventana de oportunidad importante para el futuro de la comunidad astronómica nacional?



Álex Oscoz

Investigador Principal de IACTEC-Espacio
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
aoscoz@iac.es

IAC, IACTEC Y EL NUEVO ESPACIO

El IAC lleva 60 años realizando astronomía de primer nivel y desarrollando instrumentación de calidad, y esta experiencia acumulada se ha convertido en la semilla de IACTEC. La iniciativa IACTEC, el espacio de colaboración tecnológico y empresarial del IAC, nace en 2016 para impulsar la transferencia de tecnología y conocimiento, así como generar tejido empresarial en torno a oportunidades relacionadas con la astrofísica y el espacio. IACTEC cuenta con apoyo financiero y de infraestructuras del Cabildo Insular de Tenerife, el Gobierno de Canarias, el Ministerio de Ciencia e Innovación y la UE, y ocupa un edificio de más de 4000 m², dotado de oficinas, salas de reuniones y salas blancas. En 5 años de existencia, la iniciativa IACTEC ha captado inversiones por valor de más de 20 millones de euros.

La aparición en la última década de los estándares dimensionales para pequeños satélites y la proliferación de ofertas de lanzamiento que esta estandarización ha facilitado han dado lugar a un sector, el “Nuevo Espacio”, que ofrece oportunidades inauditas y muy interesantes para la ciencia.

Estos antecedentes conducen al nacimiento de IACTEC-Espacio, con la misión de crear instrumentación de altas prestaciones para pequeños satélites -tanto con fines astrofísicos como para la observación de la Tierra- y de avanzar en la tecnología de tratamiento de imágenes satelitales.

DRAGO

Bajo esta filosofía surge DRAGO, el primer proyecto de IACTEC-Espacio, con una doble finalidad. Primero, demostrar la posibilidad de observar en infrarrojo cercano desde un nano-satélite, abriendo un nicho por explotar en la tecnología disponible para pequeños satélites. Segundo, capacitar al equipo de IACTEC-Espacio para la realización de proyectos espaciales complejos, a través del desarrollo de principio a fin de un instrumento espacial siguiendo estándares espaciales internacionales.

DRAGO es un demostrador tecnológico orientado a la observación de la Tierra. La diferencia con otros instrumentos está en que observa en el rango de infrarrojos de onda corta, SWIR por sus siglas en inglés, prácticamente inexplorado en los pequeños



Equipo de IACTEC-Espacio.

satélites. Esta banda, entre 1 y 2,5 micras, es especialmente interesante ya que es posible tener buen contraste y resolución (gracias a su proximidad al rango visible) mientras proporciona información no disponible en el visible. Algunos ejemplos de aplicaciones son la determinación de índices de vegetación, detección de puntos calientes en incendios o de grandes vertidos de petróleo y la discriminación de iluminación antropogénica ineficiente.

DRAGO, gracias al conjunto de lentes reforzado, el filtro dual y el sensor InGaAs no refrigerado integrados en la cámara, es capaz de capturar imágenes en dos bandas (1,1 y 1,6 micras) con buena calidad ($MTF > 40\%$ y $SNR > 100$ cuando la reflectancia es 0,3) a alta velocidad (hasta 170 fps). La observación en dos bandas permite que la información no solo esté en las imágenes en sí, sino también en la comparación entre ambas. Además, lleva incorporado un baffle externo para eliminar los efectos de la luz difusa al observar la Tierra.

El instrumento incluye capacidades de procesamiento como la compresión (con y sin pérdida) y el

cifrado de imágenes. También tiene capacidad de almacenamiento para guardar las imágenes obtenidas en varios ciclos orbitales (más de 250 ciclos en modo normal). Finalmente, incluye algoritmos de súper-resolución que pueden ejecutarse a bordo, mejorando significativamente la resolución de las imágenes sin incrementar la cantidad de información a descargar con respecto al caso en que dichos algoritmos se ejecutaran en Tierra.

Está preparado para operar en un nano-satélite orbitando en LEO (*Low Earth Orbit*) gracias a funciones que incluyen protecciones electrónicas y de radiación pasivas y activas, además de un sistema de control térmico pasivo. Todas se han implementado para incrementar la seguridad del instrumento y asegurar su funcionamiento en el entorno orbital.

DRAGO sigue el concepto *small SWaP* (tamaño, peso y potencia reducidos), y su diseño permite la operación fiable bajo las condiciones ambientales extremas esperadas en órbita (radiación, vacío y amplio rango de operación térmica).

Rango orbital (km)	500-700
Tecnología del sensor	InGaAs
Bandas de observación (µm)	1,1 & 1,6
Masa (g)	~1000
Consumo de potencia (W)	< 5,5
Envolvente (mm ³)	96x96x100

EN TIEMPO RECORD

Tras tres años de desarrollo y pruebas en los laboratorios del IAC, en 2020 el instrumento estaba listo para la siguiente fase, demostrar que podría ser lanzado al espacio. Para ello, el modelo de vuelo debía superar toda una serie de pruebas: vibraciones, ciclados térmicos y ensayos ópticos realizadas a lo largo de varias semanas en las instalaciones del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) en Madrid y ensayos de choque en el Centro de Tecnologías Aeronáuticas (CTA) en Álava.

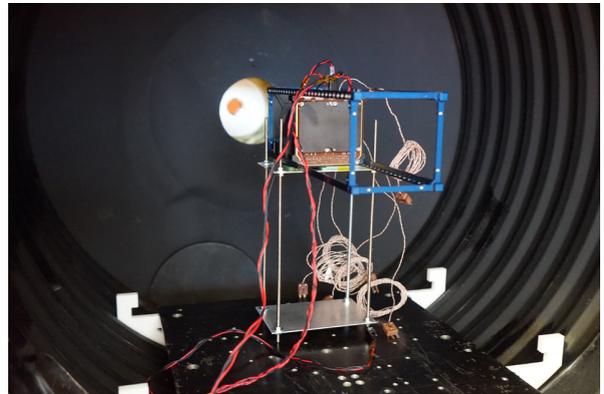
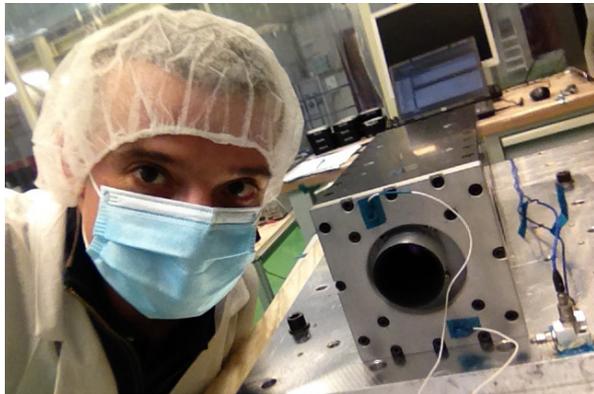
Una vez superadas con éxito todas las pruebas, llegó el momento de integrarlo en un satélite. Para ello, se firmó un acuerdo con la empresa de transporte espacial italiana D-Orbit, para incorporar DRAGO al portador de satélites ION. DRAGO se integró en un tiempo

récord en una estructura CubeSat estandarizada que se conecta con la interfaz eléctrica y de datos de ION, lo que permite a los operadores terrestres probarlo como si fuera uno de los subsistemas del satélite.

Tras varios aplazamientos debido al mal tiempo, DRAGO fue lanzada al espacio con éxito el 24 de enero de 2021 desde Cabo Cañaveral a bordo de un cohete Falcon 9 de la empresa SpaceX.

Una vez en órbita, el primer contacto con DRAGO ocurrió el 8 de febrero. En ese momento se comprobó su supervivencia al lanzamiento y el buen funcionamiento de las comunicaciones con los equipos en tierra. Posteriormente, tras probar uno a uno los distintos subsistemas de la cámara, llegó el momento más esperado: la primera luz.





DRAGO antes del test de choque en CTA (arriba izquierda), el test de termovaciación en INTA (arriba derecha) y los ensayos de vibraciones en INTA (abajo izquierda).

La plataforma ION donde se integró DRAGO.





ION integrado en el cohete Falcon 9 (izquierda) y lanzamiento (derecha).

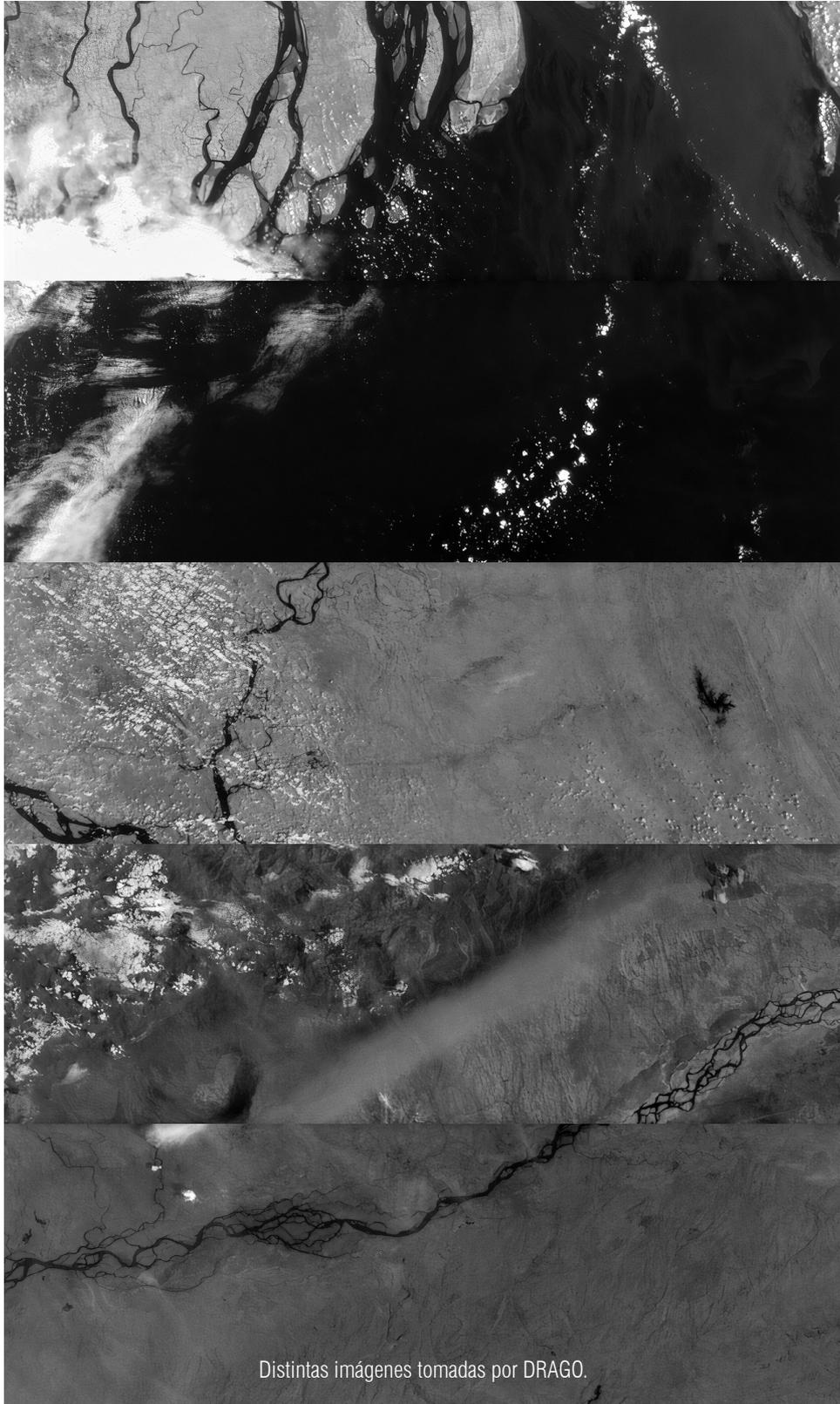
El 15 de abril, a las 03:45 UTC, DRAGO obtuvo sus primeras imágenes desde el espacio. Se trata de una serie de instantáneas tomadas en las dos bandas de observación (1,1 y 1,6 micras).

Estas primeras imágenes corresponden a las regiones de Bangladés y la India, incluyendo la desembocadura del río Meghna en el delta del Ganges, zona que alberga el mayor bosque de manglares del mundo. Este lugar,

patrimonio de la humanidad, se encuentra amenazado por una creciente actividad industrial. Los efectos de esta deforestación se aprecian en las imágenes tomadas por DRAGO: las zonas más oscuras de las islas indican regiones cubiertas de bosque, mientras que las más brillantes están asociadas a una pérdida de vegetación. La capacidad de DRAGO para calcular índices con sus dos bandas SWIR permitirá incrementar todavía más este nivel de contraste y detalle en futuras imágenes.



Imágenes obtenidas por DRAGO (en escala de grises) sobre imagen en color de Google Earth de la región del delta del Ganges. Crédito: Google/Landsat/Copernicus/IACTEC).



Distintas imágenes tomadas por DRAGO.

Las siguientes baterías de pruebas se realizarán durante los siguientes días. Finalmente, en las próximas semanas está programado que, como última prueba del plan de puesta en marcha, DRAGO obtenga sus primeras imágenes de Canarias.

LA ESTELA DE DRAGO

La observación en banda SWIR estaba limitada, hasta ahora, a satélites de grandes dimensiones. Sin embargo, diseños como DRAGO permiten complementar las capacidades de esos satélites con la incorporación de tecnologías de última generación, tiempos de desarrollo mucho más cortos y elaboración de aplicaciones a medida. Todo ello de manera mucho más sostenible económicamente, al poder hacerse con una cámara de poco más de 1 kg de peso, consumo inferior al de una bombilla LED y costes, al menos, unas 100 veces menos que lo que costaría una metodología "clásica". Esto convierte a DRAGO en un producto único en el mercado. En estos momentos, no existe una cámara SWIR de estas características que pueda embarcarse en un pequeño satélite.

Las mejoras en DRAGO no se harán esperar, y el equipo está trabajando en una versión mejorada del mismo, con una resolución varias veces superior, que se integrará en un CubeSat de 6 unidades. Se trata de la misión ALISIO (*Advanced Land-Imager Satellite for Infrared Observations*), que se espera poner en órbita en 2023.

Pero el viaje no termina ahí. El cumplimiento de los objetivos técnicos por parte de DRAGO ha sido clave para que el IAC se embarque en un nuevo proyecto de micro-satélite que incorporará a bordo un pequeño telescopio espacial multipropósito, esta vez ya con fines astronómicos, y que se desarrollará en los próximos 5 años: IACSAT-1.

IACSAT-1 persigue dotar al IAC de un telescopio de pequeño diámetro para la observación astronómica desde el espacio. El IAC ha asumido el reto estratégico de crear un estándar de observatorio espacial (IACSAT) que sirva para la observación de fenómenos astronómicos que no se pueden caracterizar apropiadamente desde la Tierra y como demostración tecnológica para futuros programas de monitorización de la superficie terrestre. En concreto, se pretende desarrollar un micro-satélite en órbita LEO

que posea adecuada calidad de apuntado y de seguimiento de fuentes con el fin de realizar investigaciones astronómicas.

El telescopio tendrá una configuración Cassegrain, con un espejo primario entre 20 y 30 cm. Los instrumentos incluidos podrán ser variados, desde imagen a espectrógrafos, y se estudia la posibilidad de polarimetría e incluso coronografía. Tendrán prioridad aquellos proyectos astronómicos irrealizables desde Tierra, porque necesitan observar en longitudes de onda imposibles por la absorción de la atmósfera, como la banda ultravioleta (UV), o que requieran observaciones continuadas durante días. IACSAT-1 será un complemento perfecto para los Observatorios de Canarias y, por tanto, una gran oportunidad para la comunidad astronómica nacional.

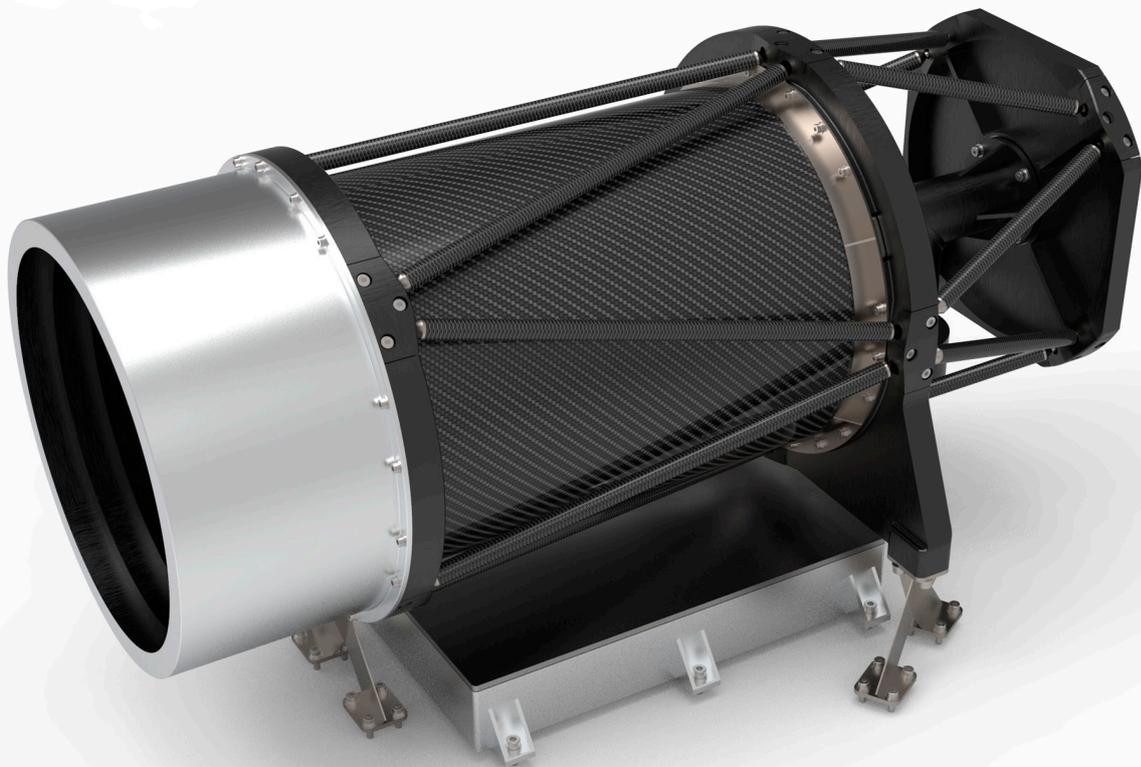
LA OPORTUNIDAD

IACSAT-1 conlleva una serie de retos tecnológicos importantes, tanto en el telescopio y la instrumentación como en la plataforma satelital. Con respecto a la instrumentación, se pretende realizar observaciones desde UV a Infrarrojo cercano, mientras que la plataforma deberá contar con apuntado de calidad y estabilidad suficiente para no afectar a las observaciones, muy superior a lo aportado por las plataformas actuales. Por todo ello, se está desarrollando en IACTEC un Laboratorio de Tecnología Espacial y, además, el proyecto necesita el apoyo y la participación tanto de la comunidad científica más ambiciosa a nivel nacional como de la industria española especializada en el diseño y fabricación de instrumentos científicos.

El proyecto contribuirá a crear un ecosistema de instituciones y de empresas de alta tecnología que puedan abordar, en una posición de liderazgo, nuevos proyectos en el futuro.

Es el momento de sumarse a esta apuesta.

Equipo IACTEC-Espacio: José Alonso, Ignacio Bustamante, Carlos Colodro, José Javier Díaz, Pablo González de Chaves, Roberto López, Alba Eva Peláez, Álvaro Pérez, Pablo Redondo, José Carlos Sanluis, Ignacio Sidrach-Cardona, Samuel Sordo, Alfonso Ynigo.



Diseño preliminar del telescopio para IACSAT-1.