

Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT)

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es una institución que siempre está a la vanguardia en aspectos académicos y de investigación. A principios del mes de marzo de 2018 se inauguró, oficialmente, el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT). Esto convierte a la UNAM en la única institución educativa y de investigación en Latinoamérica en poseer una infraestructura de esta índole. Este hecho es de gran relevancia no sólo para la institución sino para diversas entidades y representa una magnífica oportunidad para llevar a cabo diversas colaboraciones interinstitucionales.

El LANOT es un laboratorio que cuenta con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Es un consorcio conformado, inicialmente, por la UNAM (a través de los institutos de Geografía, Geofísica, Ciencias del Mar y Limnología, Ecología, el Centro de Ciencias de la Atmósfera y el Centro de Colecciones Universitarias Digitales), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Secretaría de Marina (SEMAR) y la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Actualmente, se cuenta también con la participación de la Universidad de San Luis Potosí (UASLP), del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), a través de los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) y, una colaboración estrecha con la Comisión Nacional

para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para intercambio de información.

Además, el LANOT forma parte de la Red Académica del Comité de Expertos de Naciones Unidas en manejo de información geoespacial global, foro que permite brindar opiniones a los países sobre el uso de estos datos con el fin de atender asuntos de seguridad nacional y crecimiento económico. En este sentido, el laboratorio es un ente auxiliar en la vigilancia y observancia del avance de los países en los compromisos contemplados en la Agenda 2030, en temas de importancia global como son el cambio climático y la reducción de la huella de carbono.

El antecedente inmediato del LANOT es el Laboratorio de Análisis Geoespacial (LAGE), que realiza principalmente actividades sobre la teoría y aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de Percepción Remota (PR). Por una parte, la PR puede verse como la ciencia o tecnología más avanzada para la obtención de información sobre la superficie terrestre. Por otra parte, los SIG utilizan esta información, junto con aquella derivada de mapas y de levantamientos de campo, para realizar diversos tipos de análisis del territorio. Asimismo, se realizan análisis regionales empleando fotografía y videografía digital aérea.

A mediados de la década de 1990, la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de los institutos de Geografía y de Ciencias del Mar y Limnología, adquirió una antena receptora de imágenes de órbita polar provenientes del satélite NOAA. Dos sensores de este satélite eran de relevancia ambiental: el Radiómetro de Muy Alta Resolución Avanzada (AVHRR, por sus siglas en inglés) y la Sonda Vertical Operacional TIROS (TOVS, por sus siglas en inglés). Las características de estos instrumentos hicieron posible obtener in-

formación de la atmósfera, la litosfera e hidrosfera de la parte norte y centro del continente americano, dado que su cobertura incluía, grosso modo, desde los Grandes Lagos en Canadá hasta la región del archipiélago de las Galápagos.

Con estos sensores se tenía información de parámetros tales como presión atmósfera a 800 mb, cobertura y tipo de nubes, seguimiento de huracanes, cobertura vegetal, desertificación, temperatura superficial del mar, entre otros. Aprovechando la infraestructura de la antena receptora, de 1998 a 2005, se pudieron recibir imágenes del sensor SeaWiFS, y tener información del contenido de clorofila en el océano. La NASA otorgó el nombramiento oficial de estación terrena receptora del sistema de recepción de este tipo de imágenes.

De enero de 1996 a mediados de 2014, el LAGE contó con dos antenas receptoras para la adquisición de imágenes: la primera recibió imágenes helio-sincrónicas provenientes de los satélites NOAA-AVHRR (12, 17 y 18) y del OrbView-SeaWiFS y la segunda capturó imágenes geo-sincrónicas procedentes del satélite GOES 8.

Desde 1997, el Laboratorio también desarrolló aplicaciones de las tecnologías de fotografía digital aérea y videografía, visible e infrarroja aérea, en la que es líder nacional, para diversos fines, incluyendo la generación de cartografía de uso del suelo, el monitoreo de zonas de desastres, y el inventario de recursos naturales. Estas tecnologías han contribuido al incremento del banco de imágenes del laboratorio, mediante la incorporación de videos y fotografías aéreas digitales en blanco y negro, color e infrarrojas de diversas aéreas de la República Mexicana, en escalas de gran detalle hasta 1:1000).

En el área de los SIG, el LAGE posee diversos equipos y programas que le permiten realizar análisis espaciales y elaborar cartografía de alta calidad. También se ha logrado reunir un acervo de mapas digitales con diferentes coberturas geográficas y diferentes temáticas.

Volvamos al LANOT. Este laboratorio tiene como objetivos fundamentales: recibir, almacenar, procesar y llevar a cabo una distribución interactiva de datos e imágenes satelitales que permitan realizar estudios diversos en la biosfera. En la superficie

continental será posible analizar el impacto de los cambios en el uso de suelo, en la cubierta vegetal y los procesos de desertificación; realizar observaciones continuas de los océanos a través de la temperatura superficial y del contenido de clorofila; en lo referente a la atmósfera, llevar a cabo un seguimiento de diversos procesos meteorológicos, como son la formación y evolución de nubes, la génesis y desarrollo de tormentas tropicales y huracanes pero, primordialmente, establecer las interrelaciones e impactos de estos fenómenos en la sociedad.

Para establecer un vínculo con los interesados en estos temas, se ha diseñado un geoportal desde el cual se permitirá el acceso a los diferentes productos que se generen en el LANOT, gracias al trabajo continuo de adquisición, almacenamiento y procesamiento de datos, información e imágenes. La cantidad de información que se recibe, día con día, es de 2.7 terabytes. Esta información deberá fluir, en tiempo real, a través del geoportal, una página de Internet, que permite que las dependencias que requieren de estos datos cuenten con acceso directo a sus servidores.

Una de las metas de mayor importancia es la de servir de vínculo para la coordinación y ejecución de proyectos que, por sus funciones, necesidades y actividades, desarrollen los diferentes miembros del consorcio LANOT. Un claro ejemplo de esto es la creación de alertas tempranas en eventos de alto riesgo como incendios, tormentas severas, huracanes e inundaciones.

Resulta relevante para su adecuado desempeño expandir la capacidad de almacenamiento de información. En el ámbito nacional se busca colaborar de manera más estrecha con la Agencia Espacial Europea, a través de la sede en Londres de la UNAM, con el propósito de allegarse datos de otras fuentes. En el ámbito nacional es importante crear una sinergia con otros laboratorios nacionales como el de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS), de Buques Oceanográficos y el de Clima Espacial (LANCE).

El LANOT cuenta con una infraestructura de punta para recibir imágenes de diversos tipos de satélites: a) imágenes del satélite geoestacionario GOES-16; b) imágenes de satélites de órbita polar: SUOMI NPP, MODIS-Aqua y MODIS-Terra,

EUMETSAT (MetOp-A y B), NOAA-AVHRR 18 Y 19, y c) información procesada a través de la antena GeonetCast. Esta gama de alternativas satelitales nos permitirá observar nuestro planeta a través de varias ventanas espectrales, de contar con datos más precisos y en tiempos más reducidos. Así, será posible contar con información relevante cuando se presenten condiciones meteorológicas adversas, cuando se requiera llevar a cabo un seguimiento de cultivos o evaluar los cambios que ocurren en la cubierta vegetal a nivel nacional. Contar con tecnología de esta naturaleza es de gran importancia en esta época en la que los efectos del cambio climático comienzan a ser apreciables (Figura 1).

Satélite de órbita geoestacionaria

La serie del Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental (GOES, por sus siglas en inglés) es una de las misiones más importantes de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los EE.UU. (NOAA, por sus siglas en inglés), y está inserta, de manera estratégica, en su programa meteorológico. La misión consiste en poner en órbita satélites especializados y obtener información de ellos que sirva para la detección y el análisis de patrones meteorológicos, terrestres y marinos. Estos satélites están colocados en una órbita geoes-

tacionaria, por lo que están observando siempre las mismas zonas al girar, de manera sincrónica, con la Tierra. Esta característica permite analizar y evaluar las variaciones en la corteza terrestre (atmósfera, litosfera e hidrosfera) de manera continua. Los satélites GOES funcionan, además, como un lazo de comunicación entre estaciones, bases terrenas y misiones espaciales.

En particular, el satélite GOES-16 es un parteaguas generacional en la obtención de información en satélites de este tipo, gracias a su equipamiento de vanguardia. Comparado con sus antecesores, el GOES-16 representa un avance tecnológico de importancia, ya que posee tanto instrumentos de última generación como la capacidad de procesar datos. La posición geoestacionaria privilegiada del satélite GOES permite obtener imágenes cada 15 minutos del hemisferio occidental completo; cada cinco minutos hay nueva información de toda Norteamérica, y en casos de emergencia, es posible dar seguimiento regional inmediato a huracanes, frentes fríos, incendios forestales. Así, este satélite tiene la posibilidad de brindar el triple de información espectral, posee una resolución espacial cuatro veces mejor, es capaz de realizar una cobertura cinco veces más rápida, de “mapear”, en tiempo real, la actividad eléctrica de la atmósfera (relámpagos), de



Figura 1. Antenas receptoras de imágenes a) satélite Geoestacionario GOES-16 (derecha); b) satélites de órbita polar (izquierda); c) Imágenes procesadas GeoNetCast (centro).

optimizar los pronósticos de tormentas y de alertas tempranas de tornados, de hacer un seguimiento de huracanes más puntual y de generar previsiones de las variaciones de intensidad del flujo de rayos-X procedentes del Sol, de detectar, de manera óptima, las fulguraciones solares y eyecciones de masa coronal y generar mejores pronósticos de tormenta geomagnética. Actualmente existen en Iberoamérica 10 estaciones terrenas receptoras instaladas en el Caribe, Centro y Sudamérica.

En su carga útil, GOES-16 contiene el sensor ABI (Advanced Baseline Imager), un instrumento con la capacidad de observar y registrar, en tiempo real y de manera continua, la superficie terrestre en 16 bandas espectrales (dos canales en el visible, cuatro canales en el infrarrojo cercano y diez canales en los infrarrojos medio y térmico). Con ABI se obtienen imágenes para observar las condiciones ambientales del planeta. Su amplia gama espectral permite usar la información generada, en un amplio rango de aplicaciones relacionadas con el tiempo atmosférico, los océanos, el suelo, el clima y evaluar peligros (incendios, erupciones volcánicas, inundaciones, huracanes y tormentas que detonan tornados). Esta conformación espectral brinda la posibilidad de generar modelos más precisos, gracias a la cantidad de información ambiental que proporciona. ABI proporciona más del 65% de los datos de todos los productos de las misiones definidas al presente.

Otro instrumento importante a bordo del GOES-16 es el Mapeador Geoestacionario de Relámpagos (GLM, por sus siglas en inglés). Este equipo está diseñado para registrar la actividad de los relámpagos generados durante tormentas severas y es imprescindible para la detección de tornados. Con estas dos características es posible mejorar los sistemas de alerta y prevenir situaciones de emergencia generadas por tormentas tropicales e inestabilidades atmosféricas.

Por su parte, la Suite de Entorno Espacial In-Situ (SEISS, por sus siglas en inglés) consta de una gran variedad de sensores. Puede observar la actividad solar y analizar patrones espaciales como el viento solar, detectar radiaciones perjudiciales de alta energía y evaluar riesgos de radiación en la exosfera tanto a astronautas como satélites. Con la

información obtenida por SEISS es posible advertir la ocurrencia de acontecimientos potencialmente peligrosos, y mitigar, en la medida de lo posible, daños en la telecomunicación.

El Magnetómetro (MAG) del GOES-16 mide el campo magnético y la dinámica de partículas cargadas en la región exterior de la magnetósfera. La pertinencia de este instrumento radica en esta posibilidad de detección, dado que estas partículas pueden ser peligrosas para aeronaves y misiones de vuelos espaciales.

GOES-16 porta también el telescopio SUVI (Solar Ultraviolet Imager) que le permite observar en el intervalo ultravioleta y caracterizar regiones complejas en el sol, fulguraciones y erupciones. Esto hará posible la emisión de alertas tempranas ante posibles impactos en la magnetósfera que provoquen interrupciones o daños en los sistemas de energía, comunicación y sistemas de navegación.

Por último, el GOES-16 porta Sensores de Irradiación de Rayos X (EXIS) que detectan rayos-X y un rango espectral en la gama de 5 a 127 nm. En este intervalo existen radiaciones capaces de interrumpir la comunicación y degradar la precisión en la navegación, afectando a satélites, astronautas, pasajeros en avión y al rendimiento de redes eléctricas. Actualmente en Iberoamérica existen del orden de diez estaciones terrenas receptoras instaladas en el Caribe, Centro y Sudamérica.

Satélites de órbita polar

El laboratorio también recibe información de siete satélites operacionales pero en órbita polar. Estos satélites proveen imágenes de carácter ambiental gracias a su resolución espectral que abarca diferentes regiones del espectro electromagnético.

El Suomi NPP recibe este nombre en homenaje a Verner E. Suomi, científico finés, quien es considerado el padre de la meteorología satelital y NPP es el acrónimo del Proyecto Preparatorio NPOESS. Suomi-NPP es el primero de una nueva generación de satélites que remplazarán a los pertenecientes al Sistema de Observación de la Tierra, los cuales fueron puestos en órbita durante el período 1997-2011. El satélite gira alrededor del planeta cerca de 14 veces cada día. Su carga útil incluye los siguientes sensores:

Sonda de Microondas de Tecnología Avanzada (ATMS, por sus siglas en inglés), el cual es un radiómetro con 22 canales operando en las microondas y que resulta de utilidad en la creación de modelos de temperatura y humedad global.

Sonda Infrarroja de Trayectoria Cruzada (CrIS, por sus siglas en inglés), la cual consiste de un interferómetro Michelson para monitorear humedad y presión en tres regiones espectrales microondas (MW), onda larga (LW) y onda corta (SW).

Suite del Radiómetro de Imágenes Visible e Infrarrojo (VIIRS, por sus siglas en inglés), es un radiómetro de 22-bandas diseñado para coleccionar datos de luz visible e infrarrojo para observaciones del tiempo atmosférico, datos climáticos, océanos, luz nocturna, incendios, movimiento de hielo, y para observar cambios en la vegetación y geofomas.

METOP es una serie compuesta de tres satélites meteorológicos de órbita polar la cual forma parte del segmento espacial del Sistema Polar EUMETSAT (EPS, por sus siglas en inglés) del programa meteorológico de 30 países europeos. Desde 2006 esta serie orbita el planeta y cuenta con facilidades relevantes en el terreno. Los satélites Metop-A (lanzado el 19 de octubre de 2006) y el Metop-B (lanzado el 17 de septiembre de 2012) están ubicados en una órbita polar baja, a una altitud de 817 km. Su función es proporcionar observaciones globales de la atmósfera, océanos y continentes. Para ello cuentan con un Radiómetro de Muy Alta Resolución Avanzado (AVHRR, por sus siglas en inglés), con capacidades similares a los de la carga útil de los satélites de la NOAA.

MODIS-Aqua y MODIS-Terra. Espectroradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS, por sus siglas en inglés) es un instrumento fundamental ubicado en los satélites Terra (anteriormente EOS AM-1) y Aqua (antes EOS PM-1). La órbita del satélite Terra alrededor del planeta está programada para pasar de norte a sur a través del Ecuador por la mañana. La órbita de Aqua cruza el Ecuador de sur a norte después del mediodía. Los sensores MODIS de Terra y Aqua brindan una

visión completa de la superficie terrestre diariamente o cada dos días. La información espectral que proporcionan está distribuida en 36 bandas que cubren las regiones del visible, infrarrojo cercano, medio y térmico del espectro electromagnético. La resolución espacial de MODIS es variable y está en función de su aplicación: a) 250 m (bandas 1-2), útiles en la identificación de fronteras entre suelo, nubes y aerosoles; b) 500 m (bandas 3-7), adecuadas en la identificación de propiedades del suelo, nubes y aerosoles; c) 1000 m (bandas 8-36), diseñadas para diversos usos en océanos y atmósfera (color del mar, contenido de vapor de agua en la atmósfera, temperatura superficial del suelo y de nubes, temperatura del aire, vapor de agua y detección de nubes tipo cirrus, propiedades de las nubes, detección de ozono, temperatura del mar y del suelo). Como se puede apreciar, estos datos son de gran relevancia para la comprensión de la dinámica global y de los procesos que tienen lugar en la litosfera, la hidrosfera y la parte baja de la atmósfera. El sensor MODIS juega un papel fundamental en el desarrollo de modelos interactivos de la biogeoquímica del planeta capaces de predecir, de manera precisa, los procesos del cambio global y apoyar la toma de decisiones adecuadas para la protección ambiental.

NOAA-18 y NOAA-19. Estos satélites forman parte de la quinta generación de los satélites Ambientales de Órbita Polar (POES, por sus siglas en inglés), que dio inicio con el satélite NOAA-15. Entre los objetivos generales de la serie POES está el de proporcionar un flujo ininterrumpido de información ambiental global para apoyar requerimientos operacionales en sondeos de imágenes globales, observaciones hidrológicas y de superficie a escala regional y global. Ambos satélites están en una órbita polar heliosincrónica. El NOAA-18 fue lanzado el 20 de mayo de 2005 y el NOAA-19 el 6 de febrero de 2009. Ambos satélites contienen diversos sensores y experimentos científicos. Para los propósitos del LANOT se utiliza la información proveniente del sensor AVHRR, el cual opera en 5 bandas espectrales ubicadas en las regiones del visible e infrarrojo cercano, medio y térmico). Las capacidades científicas de este sensor son muy conocidas y aprovechadas desde hace muchos años.

Tiene aplicaciones ambientales que incluyen suelo (cobertura vegetal, zonas desérticas), océano (temperatura superficial del mar) y meteorológicas (cobertura de nubes, tormentas tropicales, huracanes), es decir, la biosfera en su totalidad. El lanzamiento del satélite NOAA-20 (JPSS) está programado para fechas próximas. El Sistema de Satélites Polares Conjuntos (JPSS, por sus siglas en inglés), tendrá mejoras tecnológicas importantes e incluirá al SUOMI NPP en su carga útil. Para LANOT la información de este nuevo satélite será toral por la calidad de la información y la oportunidad de tener varios sensores en una sola plataforma.

Comentarios finales

En esta época en la que es imprescindible contar con información confiable, precisa, oportuna, y en tiempo real, la UNAM está, de nueva cuenta, a la vanguardia. Las operaciones del LANOT se realizan con tecnología de punta. Se reciben imágenes e información casi de manera inmediata de ocho satélites, con lo que es posible generar alertas

tempranas y prevenir riesgos que afecten a la población y al territorio incidiendo así en temas de seguridad nacional. Con este conjunto de satélites geoestacionarios y heliosincrónicos es posible tener información de procesos que se dan en el mar, en la atmósfera, en las cubiertas vegetales y de los cambios en el corto, mediano y largo plazos; es factible, por consecuencia, monitorear incendios, la actividad eruptiva, accidentes industriales de gran dimensión. También podemos incidir en la seguridad alimentaria al evaluar cómo serán las cosechas anuales. Finalmente, el LANOT, no sólo proporcionará información para la investigación científica y desarrollos tecnológicos, sino que será también un espacio para la docencia y la creación de recursos humanos, al incorporar estudiantes jóvenes, a becarios y tesistas.

Raúl Aguirre Gómez
Laboratorio de Análisis Geoespacial
Instituto de Geografía, UNAM