

## **LA INFORMACIÓN ESPACIAL APLICADA EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES NATURALES Y ANTRÓPICOS.**

### **SPATIAL INFORMATION APPLIED IN DISASTERS RISK MANAGEMENT.**

Sr. Martín Manuel Calvo Rey<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

América Latina y el Caribe es la segunda región más propensa a los desastres naturales en el mundo. Varios países de América del Sur han sido testigos de amenazas, emergencias y desastres de índole natural y antrópicos. En los últimos años, se han registrado devastadores incendios, terremotos, tsunamis, inundaciones, erupciones volcánicas, sequías, derrumbes, deslizamientos y aluviones. La información espacial y sus productos, obtenida de los sensores remotos, son herramientas claves que facilitan el desarrollo de distintas aplicaciones para la gestión de riesgo de desastres. El presente artículo, proporciona una mirada hacia el acceso libre a la información espacial y sus aplicaciones, poniendo énfasis en la reducción del riesgo de desastres, por medio de la cooperación mundial, a través de las organizaciones, agencias espaciales e instituciones.

Palabras clave: dato geoespacial, sensores remotos, Sistemas de Información Geográfica, emergencias, reducción del riesgo.

#### **ABSTRACT**

Latin America and the Caribbean is the second most natural disaster-prone region in the world. Several South American countries have witnessed natural and man-made threats, emergencies and disasters. In recent years there have been devastating fires, earthquakes, tsunamis, floods, volcanic eruptions, droughts, landslides, landslides and alluviums. Spatial information and its products, obtained from remote sensors, are key tools that facilitate the development of different applications for disaster risk management. This article provides a look at free access to space information and its applications, emphasizing disaster risk reduction, through global cooperation, through organizations, space agencies and institutions.

Keywords: geospatial data, remote sensing, Geographic information Systems, emergencies. risk reduction.

---

<sup>1</sup> Oficial Ingeniero Militar del Ejército Argentino (EA), Ministerio de Defensa.

Fecha de recepción: 27 de Julio de 2022.

Fecha de aprobación: 14 de Septiembre de 2022.

## INTRODUCCIÓN

“Nada socava más el desarrollo sostenible que los desastres. Pueden destruir décadas de progreso en un instante. Comprender y gestionar el riesgo de desastres es esencial para lograr el Desarrollo Sostenible”. Antonio Gutierrez, United Nations Secretary-General (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION , 2022).

Existe una preocupación marcada desde hace un tiempo en el marco de la Naciones Unidas a través de sus distintas agencias con el fin de reducir considerablemente las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en términos de vidas como de bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países. Surgen así distintos proyectos, ideas, propuestas que se materializaron en grandes documentos: El Marco Hyogo (2005 - 2015) y actualmente en el Marco Sendai (2015 - 2030), para dar respuesta a esta problemática que afecta a millones de personas en el mundo.

Durante el año 2021, se registraron 432 desastres naturales en todo el mundo, lo que representó 10.492 muertes, que afectaron a 101,8 millones de personas, causando aproximadamente U\$S 252.100 millones de dólares por pérdidas. Esta cantidad de eventos desastrosos (432) durante el año 2021, son considerablemente superiores a los 357 eventos que se registraron en los últimos 20 años (periodo que va desde el 2001 al 2020), según la base de datos de eventos de emergencia (EM-DAT, 2015).

Siendo las inundaciones, las que dominan estos eventos, las que también registraron un alza importante respecto al período 2001 -2020.

En el año 2016, un informe de la oficina de la ONU para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) y el Centro de Investigación de la Epidemiología de los Desastres (CRED), mencionaba que el 92 % de los desastres naturales están relacionados con el cambio climático.

A nivel mundial las estadísticas muestran un incremento sostenido de desastres (EM-DAT), a la vez, que la tendencia arroja un aumento proyectado del 40% durante la vigencia del Marco Sendai (2015-2030) (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION , 2022).

En América Latina, las emergencias tienen vinculación con la alternancia del fenómeno La Niña y El Niño, los que generan sequías importantes con las consecuencias de incendios y baja en la producción agrícola, como también inundaciones severas que afectan grandes localidades y población.

Son en esta región, las inundaciones el desastre más común, ocasionando grandes daños, seguido de los huracanes. Las sequías, son el desastre que más población afecta teniendo en cuenta que la productividad agrícola se ve disminuida significativamente por este fenómeno. A causa de la subducción de las placas tectónicas, en la región se producen sismos de gran magnitud y erupciones volcánicas por la cantidad de volcanes que se encuentran dentro del Anillo de Fuego del Pacífico, que junto a los deslizamientos de tierras, representan un grave peligro en la regiones montañosas. También se registran otros eventos, como los incendios y derrames de petróleo.

La República de Chile, se ve afectado por distintos eventos, dada su extensión latitudinal y su ubicación geográfica se encuentra inserta en zona de terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, con sus consecuentes deslizamientos de tierras y aluviones. Además de incendios, sequías e inundaciones (SERNAGEOMIN, 2016).

Es por todo esto que es necesario gestionar la reducción de riesgos de desastres, mediante el desarrollo de estrategias que prevengan la exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres. Para lo cual, la información espacial aplicada es determinante en las distintas etapas del evento, mediante el empleo de la teledetección y los sistemas de información geográfica, como herramientas de gestión

## DESARROLLO

Para una mejor comprensión de la temática, a continuación, se desarrollan breves conceptos teóricos y definiciones:

Seguidamente se exponen los términos que establece la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y su Plan Estratégico Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030 de la República de Chile

(ONEMI, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2020).

**Amenaza:** Fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente.

**Catástrofe:** Situación de alcance regional o mayor, con un nivel de afectación e impacto que requiere de asistencia internacional, como apoyo de las capacidades del país, bajo una coordinación de nivel nacional

**Desastre:** Situación de alcance regional o mayor, con un nivel de afectación e impacto que no permite ser gestionada con capacidades regionales, requiriendo de refuerzos o apoyos desde otras zonas del país, bajo una coordinación de nivel nacional.

**Emergencia:** Aquel evento grave o la inminencia de éste, que altere el funcionamiento de una comunidad debido a la manifestación de una amenaza de origen natural, biológico o antrópico, que interacciona con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad de afrontamiento, ocasionando una o más de las siguientes afectaciones: pérdidas, impactos humanos, materiales, económicos o ambientales.

**Exposición:** Está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas

**Vulnerabilidad:** Aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos y o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios o los sistemas a los efectos de las amenazas

**Reducción del Riesgo de Desastres:** La actividad orientada a la prevención de nuevos riesgos de desastres, la reducción de los riesgos de desastres existentes y a la gestión del riesgo residual, todo lo cual contribuye al desarrollo sostenible del país

**Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales, sociales y económicos, en un territorio expuesto a amenazas de origen natural o antrópicas, durante un tiempo determinado. El riesgo de desastre es

consecuencia de la interacción entre los factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición.

**Resiliencia:** Da cuenta de un proceso dinámico asociado a la capacidad de un sistema y de sus componentes, tales como población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente entre otros, para anticipar, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de un evento, de manera integral, oportuna y eficaz, incluso garantizando la preservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas.

**Gestión del Riesgo:** El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales.

**Gestión del Riesgo de Desastres:** Es el proceso continuo de carácter social, profesional, técnico y científico de la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, planes, programas, regulaciones, instrumentos, estándares, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD), con el propósito de evitar la generación de nuevos riesgos de desastres, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual. También considerará, además de la organización y gestión de los recursos, las potestades y atribuciones que permitan hacer frente a los diversos aspectos de las emergencias y la administración de las diversas fases del ciclo del riesgo de desastres.

Para la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastre, cuando las amenazas se combinan con la vulnerabilidad y la exposición, es más probable que ocurran desastres, porque la exposición aumenta los impactos y la vulnerabilidad reduce la capacidad de afrontamiento (UNDRR, 2022). Que la vulnerabilidad y la exposición sean fundamentales para causar desastres, destaca el papel de las decisiones humanas en la creación de desastres. Los desastres no son eventos "naturales", sino que son una función de cómo los humanos interactúan con su entorno. Las causas fundamentales del riesgo de desastres y los desastres se derivan de las condiciones estructurales de un modo particular de desarrollo y crecimiento. También se forman a través de procesos, condiciones, prácticas, prioridades, opciones y valores sociales, económicos, culturales y políticos que se desarrollan con el tiempo (The social construction of disaster risk: Seeking root causes, 2017).

También se considera importante exponer el concepto de riesgo sistémico: que se basa en la noción que el riesgo de un resultado adverso de una política, acción o evento peligroso puede depender de cómo interactúan entre sí los elementos de los sistemas afectados. Esto puede agravar o reducir el efecto general de las partes constituyentes. Si bien es un concepto usado ya hace unas décadas sobre todo en los ámbitos financieros, económicos y en medicina, se considera que debe ser tenido en cuenta al momento de abordar la gestión para la reducción del riesgo de desastres por sus posibles incumbencias.

A continuación se desarrollan algunos de los desastres más importantes por su nivel de afectación: (The International Charter Space and Major, 2022):

#### *Erupción volcánica*

Se estima que hay alrededor de 1.500 volcanes activos en la superficie de la Tierra, la mayoría de los cuales se encuentran dentro del "Anillo de Fuego" del Pacífico. Alrededor de 50 de estos volcanes activos entran en erupción cada año. Dado que al menos 500 millones de personas en todo el mundo viven en regiones de actividad volcánica.

#### *Derrame de petróleo*

Millones de toneladas de petróleo llegan al océano cada año, a veces devastando las ecologías marinas y costeras. Las razones de los derrames de petróleo van desde actividades deliberadas, como el enjuague ilegal de tanques de petróleo en el mar, hasta accidentes, como daños a las tuberías de petróleo y el hundimiento de barcos petroleros. Desde la década de 1960, más de 20 millones de galones de petróleo han terminado en el mar como resultado de derrames de petróleo.

#### *Inundación*

Las inundaciones afectan a más personas en todo el mundo que cualquier otro desastre natural y las indicaciones son que estos eventos extremos están en aumento. Se estima que las inundaciones son el desastre más costoso del mundo y cuestan vidas, siendo responsables del 15% de todas las muertes relacionadas con los desastres naturales.

#### *Incendios*

Si bien los incendios controlados son una práctica agrícola importante, los incendios forestales arrasaron millones de hectáreas de bosque y vegetación cada año. Pueden provocar la pérdida de vidas, la destrucción de propiedades y daños al medio ambiente, junto con enormes costos económicos. Al mismo tiempo, los incendios degradan la calidad del aire y liberan grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que contribuye al cambio climático.

#### *Sismos*

Se estima que hay 500.000 sismos detectables en el mundo cada año, de los cuales 100 causan daños graves. A diferencia de las erupciones volcánicas, golpean sin previo aviso, dando pocas posibilidades de escapar, lo que hace que los grandes sismos se encuentren entre los más mortíferos de todos los desastres naturales. Si bien la cantidad de ellos permanecen relativamente constante, el crecimiento de la población y el aumento de la construcción dentro de las zonas de sismos significan que la cantidad de víctimas potenciales está creciendo.

#### *Huracanes*

Huracán y tifón son nombres regionales específicos para un fuerte ciclón tropical. En general, estos ciclones reciben el nombre de huracán en el Atlántico y el Pacífico occidental, y tifón en el Pacífico oriental. Como grandes tormentas giratorias con vientos que superan los 118 km/h, son uno de los fenómenos naturales más peligrosos para las personas y el medio ambiente. Se forman sobre el agua tibia del océano y pueden causar daños graves cuando tocan tierra.

#### *Deslizamientos de tierra*

Los deslizamientos de tierra y lodo representan un grave peligro en las regiones montañosas de todo el mundo. Los derrumbes, que pueden ser consecuencia de eventos como fuertes tormentas, erupciones volcánicas o sismos, ocurren cuando masas de roca y tierra se desprenden y se deslizan por una pendiente. Al igual que los deslizamientos de tierra, los deslizamientos de lodo también son el resultado del movimiento repentino de tierra y escombros cuesta abajo, pero se desencadenan cuando se acumula agua en exceso en el suelo. Los deslizamientos de tierra y

lodo pueden ser catastróficos y causar la pérdida de vidas, daños a la propiedad y la infraestructura.

Dada su ubicación geográfica y estructura geológica, Chile es uno de los países más expuestos a sufrir distintos tipos de amenazas: sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías y aluviones, como así también otros de origen antrópico, como incendios forestales y otros de origen biológico. Su despliegue territorial lo hacen parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, con una consecuente importante actividad sísmica y volcánica, siendo uno de los países más expuesto a desastres de origen natural, con el 54% de su población y el 12,9% de su superficie total expuesta a tres o más tipos de estas amenazas. Lo que lo hace muy vulnerable y, por lo tanto, obliga a continuar desarrollando capacidades de resiliencia, como también a fortalecer sus capacidades ya desarrolladas por su experiencia, para no ver comprometido su desarrollo político, social y económico.

Durante el período 1960 - 2017, se registraron 83 eventos de magnitud. Entre sus principales desastres y catástrofes en el territorio de Chile, se contabilizaron: 21 sistemas frontales, 18 erupciones volcánicas, 16 sismos de gran magnitud, 15 incendios forestales, siete aluviones, tres precipitaciones estivales en el altiplano y tres grandes sequías, según datos de la ONEMI (ONEMI, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2020).

En el Marco Mundial de la Naciones y con la finalidad de reducir sustancialmente el riesgo de desastres y las consecuentes pérdidas ocasionadas por estos, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, es que se sucedieron una serie de acuerdos, convenios a través del tiempo hasta llegar en la actualidad al Marco Sendai.

El Marco Sendai (UNDRR, 2015), surge de la Tercera Conferencia Mundial sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (WCDRR, por sus siglas en inglés) se realizó en Sendai, Japón, en marzo del 2015. Este marco pone énfasis en las siguientes metas, para el período que abarca 2015-2030:

- Prevenir la creación de nuevos riesgos mediante la adopción de crecimiento que toma en consideración los riesgos y sendas de desarrollo

que minimizan el aumento en la exposición y vulnerabilidad;

- Reducir el nivel de riesgo existente mediante acciones que enfocan y reducen la exposición y la vulnerabilidad, incluyendo la preparación para la respuesta en caso de desastre;
- Fortalecer la resiliencia incorporando medidas sociales y económicas que permitan a los países y a la gente absorber pérdidas, minimizar impactos y recuperarse.

Como una forma de involucrarse en este esfuerzo global encabezado por la UNDRR, (ONU-SPIDER, 2022) ha estado realizando una serie de actividades fomentando la cooperación internacional, En tal sentido, ONU-SPIDER está trabajando con otras organizaciones internacionales y regionales, agencias espaciales y agencias nacionales de protección civil, en el desarrollo y la implementación de un plan de trabajo para la próxima década que enfocará el uso de *aplicaciones espaciales* en la gestión del riesgo. Otras actividades incluyen la coordinación para el uso de observaciones de la Tierra para apoyar las iniciativas nacionales y locales de reducción del riesgo de desastres.

Para lo cual es oportuno continuar definiendo los siguientes conceptos tecnológicos:

*Teledetección o Sensores Remotos:* Podemos definir a la teledetección como la observación remota de los objetos presentes en la superficie terrestre. Estos sensores (ópticos o radar) montados sobre plataformas espaciales pueden medir la radiación proveniente de los objetos, los cuales se distinguen por sus propiedades físico-químicas.

Básicamente, los sistemas de teledetección están compuestos de los siguientes elementos:

- Fuente de energía
- Cubierta terrestre
- Sistema sensor
- Sistema de recepción-comercialización
- Intérprete
- Usuario final

La teledetección no solo involucra el proceso de adquisición de datos de los objetos en la superficie terrestre, sino que involucra también su procesamiento e interpretación. Es aquí donde se

puede apreciar algunas de las ventajas de la teledetección, a saber:

- Cobertura global
- Perspectiva panorámica
- Observación multiescala
- Información sobre regiones no visibles del espectro electromagnético.
- Cobertura repetitiva
- Transmisión inmediata
- Formato digital

*Sistemas de Información Geográfica:* más conocidos por sus siglas en inglés (GIS), son gestores de la información que se encuentra georreferenciada y son estos sistemas, alimentados con la información espacial que le puede otorgar la teledetección, lo que le permite a los investigadores y profesionales de la temática poder desarrollar sus capacidades profesionales y ampliar las fronteras del conocimiento de las ciencias ambientales y de la tierra. La integración de estas dos herramientas tecnológicas facilita mejorar la gestión de riesgos y emergencias ambientales. Surgen así distintos tipos de sistemas de gestión de riesgo, de los cuales abordaremos algunos: ONU - SPIDER, The Chárter International, Unidad de Emergencia y Alerta Temprana (UEAT – CONAE).

ONU SPIDER: es una plataforma de las Naciones Unidas de información obtenida desde el espacio para la gestión de desastres y la respuesta de emergencia, con el siguiente mandato: Asegurar que todos los países y organizaciones regionales e internacionales tengan la capacidad de desarrollar y acceder a todos los tipos de información obtenida desde el espacio con el fin de apoyar el ciclo completo de gestión de desastres (ONU-SPIDER, 2022).

Su esfuerzo está en garantizar el acceso a la información espacial, como también a sus productos y servicios generados por distintas agencias espaciales para los funcionarios y gobiernos con la finalidad de facilitar la toma de decisiones estratégicas en gestión de riesgo de desastres. Muchas veces estas herramientas no son aprovechadas por desconocimientos o falta de información. ONU SPIDER, viene a desarrollar esa conexión, ese es el objetivo, más aún con los países en vía de desarrollo. Facilitando el monitoreo espacial del comportamiento de la naturaleza como también el desarrollo de

desastres naturales y antrópicos, a través de distintas oficinas regionales o por medio de instituciones gubernamentales. También sus esfuerzos están orientados en la capacitación de recursos humanos y en el desarrollo de aplicaciones de información espacial.

Existe también en este contexto una organización internacional denominada (The International Charter Space and Major, 2022), (Carta Internacional del Espacio y Grandes Desastres) esta organización fue fundada en el año 2000 por la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia (CNES), a consecuencia de la conferencia UNISPACE III desarrollada en 1999, junto a la Agencia Espacial Canadiense (CSAJ) que firmó en el año 2000

La Carta Internacional está compuesta por agencias espaciales y operadores de sistemas espaciales de todo el mundo que trabajan juntos para proporcionar imágenes satelitales con fines de monitoreo de desastres.

Los *objetivos* de la Carta son:

- Promover la cooperación entre las agencias espaciales y las operadoras de sistemas espaciales para el uso de instalaciones espaciales en apoyo al manejo de crisis causadas por catástrofes naturales o tecnológicas.
- Proporcionar, durante períodos de crisis, a los estados o comunidades cuya población, actividades o bienes estén expuestos a un peligro inminente de catástrofe natural o tecnológica, o a quienes ya son víctimas de estas, datos que sirvan de información crítica de referencia, necesaria para anticipar y manejar posibles crisis.
- Participar, por medio de estos datos y de la información y servicios que resulten de la operación de instalaciones espaciales, en la organización de programas de asistencia en emergencias o en las operaciones de reconstrucción u operaciones posteriores.

En la actualidad La Carta ha realizado más de 750 activaciones por desastres o catástrofes en más de 130 países, por medio de sus 17 miembros constituyentes (Agencia espaciales), lo que le permite disponer de más de 270 satélites y más de 35 constelaciones satelitales operables las 24

horas del día, los siete días de la semana, apoyado por más de 20 organizaciones internacionales, permite que más de 80 usuarios nacionales de más de 80 países puedan solicitar datos espaciales de la Carta (The International Charter Space and Major, 2022).

En el marco regional sudamericano, y en modo colaborativo, se encuentran la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), es un organismo del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología, encargado de desarrollar y llevar a cabo las políticas del Ejecutivo Nacional de Venezuela respecto al uso pacífico del espacio. El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE), es el órgano civil especializado en la investigación espacial del Ministerio de Ciencia y Tecnología brasileño y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, más conocida como CONAE, es la agencia del Gobierno de Argentina responsable del Plan Espacial Nacional. Dada su proximidad, hermandad y múltiples acuerdos bilaterales que fomentan el intercambio cultural, social, tecnológico y económico, se enfocará en análisis en esta última. La CONAE, cuenta en su plan espacial y conforme a los ciclos de información espacial, con dos organizaciones importantes y vinculantes con la temática del artículo, que son:

El Instituto de Altos Estudios Espaciales 'Mario Gulich' (IG) es un centro de formación de recursos humanos y de investigación. Su objetivo es la formación de recursos humanos de excelencia, enfocada al soporte y desarrollo de los proyectos del Plan Espacial Nacional, la generación de conocimientos de avanzada, y el desarrollo de aplicaciones innovativas de la temática espacial. Actualmente, son sus propuestas académicas: un doctorado en geomática y sistemas espaciales, una maestría en aplicaciones de información espacial y una diplomatura universitaria en geomática aplicada, a la vez dicta cursos de postgrado, cursos de perfeccionamiento y talleres vinculados a la teledetección y sus múltiples aplicaciones (Instituto Gulich, 2022).

Y la Unidad de Emergencia y Alerta Temprana (UEAT)[12], es la unidad de CONAE a cargo de las Emergencias y Alertas Tempranas incluyendo sus Aplicaciones, donde el término aplicaciones implica una amplia gama de contribuciones a los usuarios incluyendo:

- Procesamiento de datos adquiridos por satélites y generación de productos de valor agregado utilizados en emergencias ambientales
- Diseño de sistemas de información geográfico basados en Web
- Modelización de escenarios.

Esta Unidad de la CONAE, es miembro de la Carta Internacional, razón por la cual también tiene participación en las activaciones por desastre que se puedan dar en la región, a la vez que colabora con el monitoreo y generación de productos de aplicación espacial.

## DATOS Y MÉTODO

Siendo la República de Chile, el área de interés para la temática desarrollada se abordará a continuación algunas de las herramientas tecnológicas disponibles que facilitan la reducción de riesgo de desastres y a su gestión en la toma de decisiones estratégicas.

En la actualidad existen más de 11.000 satélites registrados lanzados al espacio, de los cuales se aprecia que más de 8.000 se encuentran en órbitas y en servicio, según la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA). Los que pueden dar la magnitud de información espacial que se cuenta de la observación de la tierra. Conforme con el avance de la tecnología, cada vez más países tienen posibilidad de acceder a la tecnología espacial, a la vez que también cada vez existen más datos espaciales disponibles de libre acceso como se mencionó anteriormente (UNOOSA, 2022).

La Carta Internacional cuenta para sus miembros con (The International Charter Space and Major, 2022):

- AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA) cuenta con satélites meteorológicos y de observación, entre ellos se destaca la familia de satélites Sentinel, desarrollada para el Monitoreo Global del Medio Ambiente y la Seguridad de Europa (GMES), garantizando el suministro de datos para aplicaciones operacionales incluida la respuesta a emergencias.
- EUROPEAN ORGANISATION FOR THE EXPLOITATION OF METEOROLOGICAL SATELLITES EUMETSAT es la encargada de

monitorear el tiempo y el clima desde el espacio, ofrece observaciones espaciales relevantes de la atmósfera, los océanos y las superficies terrestres y servicios de datos relacionados a los servicios meteorológicos nacionales de sus Estados miembros y cooperantes y a otros usuarios en todo el mundo. Proporcionando mediciones de la atmósfera, incluyendo perfiles de temperatura y humedad, propiedades de las nubes y gases de efecto invernadero y trazas como el ozono, el carbono monóxido y dióxido de azufre.

- **FRENCH SPACE AGENCY (CNES)** cuenta con la serie de misiones Spot (Satellite Pour l'Observation de la Terre) que han proporcionado imágenes de alta calidad de nuestro planeta desde 1986. En este tiempo se han adquirido más de 25 millones de imágenes. Y con un nuevo sistema de observación de la Tierra, el sistema Pléyades, que proporciona imágenes ópticas que cumplen los requisitos más estrictos tanto para aplicaciones civiles como de defensa. Con su resolución submétrica y su notable agilidad, el sistema Pléyades proporciona imágenes únicas y estéreo que son especialmente útiles para gestionar situaciones de desastres.
- **GERMAN AEROSPACE CENTER (DLR)** cuenta con el Centro de Información de Crisis Basada en Satélites (ZKI), que proporciona una disponibilidad 24/7 para el rápido suministro, procesamiento y análisis de imágenes satelitales durante desastres naturales y ambientales, para actividades de ayuda humanitaria y problemas de seguridad civil en todo el mundo. Entre sus satélites cuenta con la constelación RapidEye, que comprende cinco satélites de observación de la tierra equipados con generadores de imágenes ópticas multispectrales, los datos de Rapid Eye contribuyen a la Carta Internacional.
- **NATIONAL INSTITUTE FOR SPACE RESEARCH (INPE)** es una unidad de investigación del Brasil. Cuenta la serie de satélites CBERS (satélite de recursos terrestres China-Brasil), que han aportado importantes avances científicos y tecnológicos. Hoy, CBERS figura entre los principales programas de teledetección en el mundo, junto con Landsat, Spot y ResourceSat.
- **KOREA AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE (KARI)** cuenta con la serie de satélites KOMPSAT (Korea Multi-Purpose Satellite) que proveen imágenes de alta resolución para diversas aplicaciones, como la vigilancia de desastres naturales masivos, la utilización de recursos minerales, la construcción de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y la cartografía.
- **CANADIAN SPACE AGENCY (CSA)**, aprovechando la cooperación internacional, la CSA genera investigación científica y desarrollo industrial de clase mundial en beneficio de la humanidad. Cuenta con sus series de satélites RADARSAT, que permiten obtener gran cantidad de imágenes de la Tierra, día y noche y en cualquier condición climática, facilitando la gestión de desastres y el monitoreo ambiental en Canadá y en todo el mundo.
- **INDIAN SPACE RESEARCH ORGANIZATION (ISRO)** cuenta con la serie Indian Remote Sensing Satellite (IRS) la que proporciona datos de detección remota en varias resoluciones espectrales y espaciales, para distintas aplicaciones operacionales.
- **NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA)**, de los Estados Unidos, proporciona acceso oportuno a datos espaciales y productos ambientales para promover, proteger y mejorar la economía, la seguridad y el medio ambiente. El NOAA gestiona y opera dos programas de: satélites ambientales operativos en órbita polar (POES) los que proporcionan datos globales continuos para modelos numéricos de predicción meteorológica y una variedad de productos operativos y satélites ambientales operativos geoestacionarios (GOES), que se utilizan para estimar las precipitaciones durante las tormentas eléctricas y los huracanes y para las advertencias de inundaciones repentinas, y para estimar la acumulación de nevadas y la extensión de la capa de nieve. Además, los sensores GOES detectan campos de hielo y mapean los movimientos del hielo marino y lacustre. La NOAA también opera el Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa (DMSP), las imágenes de DMSP respaldan la mitigación de desastres causados por incendios y erupciones volcánicas.
- **COMISIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES (CONAE)** cuenta con la serie SAOCOM, Satélite Argentino de Observación con



radar de microondas, constelación formada por el satélite SAOCOM 1A y por el satélite SAOCOM 1B. Cada uno lleva a bordo un radar de apertura sintética (SAR) en banda L. Estos satélites funcionan en conjunto con cuatro satélites italianos COSMO SkyMed en el marco del Sistema Ítalo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE), creado por la CONAE y la Agencia Espacial Italiana ASI, para contribuir a la gestión de emergencias y al desarrollo económico.

- AGENCIA DE EXPLORACIÓN AEROESPACIAL DE JAPÓN (JAXA) cuenta con el Satélite Avanzado de Observación de la Tierra (ALOS), que lleva tres sensores diferentes, se desarrolló para contribuir a las observaciones precisas de la tierra, el monitoreo de desastres y la topografía de recursos. El instrumento pancromático de detección remota para mapeo estéreo (PRISM) es un radiómetro pancromático con 2,5 m de resolución espacial y el radar de apertura sintética de banda L tipo Phased Array (PALSAR) es un sensor de microondas activo para lograr una observación terrestre sin nubes y de día y de noche.
- CHINA NATIONAL SPACE ADMINISTRATION – CNSA.
- DISASTER MONITORING CONSTELLATION (DMC) coordina multisatélite de la Constelación de Monitoreo de Desastres (DMC) para suministrar imágenes satelitales ópticas para respuesta a desastres
- ESTUDIO GEOLÓGICO DE LOS ESTADOS UNIDOS (USGS) ha incluido el monitoreo y el estudio de los peligros naturales entre sus muchos mandatos de investigación. A partir de 1972, con el lanzamiento del primer Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (Landsat), los datos de los instrumentos de teledetección se encuentran entre los recursos del USGS.

A continuación, se describe brevemente cómo funciona la Carta Internacional (The International Charter Space and Major, 2022).

Las organizaciones de gestión de desastres pueden acceder a información basada en el espacio para respaldar el mapeo de crisis y la evaluación de daños llamando a un número de teléfono confidencial que está disponible las 24 horas del día, los 365 días del año.

La adquisición y el análisis de datos satelitales se realizan en casos de emergencia. Un *project manager*, calificado en ordenación, manejo y aplicación de datos, asiste al usuario durante todo el proceso.

Aunque el mandato de la Carta se limita a suministrar datos satelitales rápidamente y sin costo alguno, los miembros generalmente también colaboran con otras capacidades de valor agregado para incluir análisis e interpretación.

Las Agencias Espaciales desarrolladas anteriormente, junto a sus series de satélites y constelaciones conforman los miembros constituyentes de la Carta Internacional, lo que da cuenta de la cantidad y calidad de información geoespacial (imágenes satelitales ópticas y radar) disponible para la gestión de emergencia, así también del compromiso internacional en el libre acceso a la tecnología espacial para la reducción de riesgo de desastres.

Conforme al avance de nuevas tecnologías, nuevos sensores, plataformas espaciales y más misiones satelitales en ejecución y desarrollo, van liberando información espacial de distintos satélites, lo que brinda un aporte importante al desarrollo científico y sus aplicaciones en lo referente a las ciencias de Tierra, entre ellos se pueden mencionar la serie LANSAT, MODIS, ENVISAT, SPOT, ALOS, SENTINEL 1, que a lo largo de muchos años siguen aportando al acceso libre de información espacial, a la vez que existen otros satélites (ópticos y radar), de libre acceso para la investigación mediante una acreditación o registro previo, o también por medio de convenios (ERS-1 y ERS-2, ENVISAT, ALOS PALSAR, COSMO-SkyMed, RADARSAT, SAOCOM, IKONOS, QUICKBIRD, WORLD VIEW en otros) por mencionar algunos.

El desafío se centra ahora en generar recursos humanos genuinos capaces de gestionar, operar y desarrollar aplicaciones de información espacial en las distintas temáticas, sobre todo en aquellos países y regiones donde más afectados se ven a las amenazas por desastres

Respecto de los métodos, la investigación científica junto al avance de la tecnología, han permitido desarrollar variados algoritmos, índices y procedimientos que facilitan el desarrollo de mapas temáticos, dinámicos y de riesgo, tanto de prevención, como de gestión y evaluación de

riesgo de acuerdo a la temática de amenaza o evento que se quiera abordar.

#### *Erupciones volcánicas:*

Respecto a este fenómeno, la señal más común de que la actividad de un volcán está despertando luego de un período de quiescencia es un incremento de la tasa de descarga del SO<sub>2</sub>, siendo este gas, el más abundante de las emisiones volcánicas que puede ser medido fácilmente con sensores remotos.

El desarrollo de las aplicaciones de teledetección, han demostrado que el SO<sub>2</sub> posee buena caracterización de los rasgos de absorción en las regiones del ultravioleta (UV), infrarrojo (IR) y microondas del espectro electromagnético, lo que facilita su monitoreo, a través de imágenes satelitales.

También, la tecnología RADAR permite generar mapas de deformación y monitorear deformaciones topográficas con alta precisión, por medio de la técnica denominada Interferometría Diferencial con Radar de Apertura Sintética (DInSAR), y se fundamenta en la detección de pequeñas variaciones de altitud a partir del cálculo de la diferencia de fase de pares de imágenes radar sobre una misma área de estudio, con la ventaja de que los satélites radar pueden operar día y noche y en cualquier condición meteorológica.

Las erupciones volcánicas son de significativa importancia para la aviación mundial, razón por la cual es necesario el monitoreo satelitalmente de este evento, el cual es ejecutado por el Servicio de Apoyo al Control de la Aviación (SACS, 2022) un servicio en línea para el monitoreo satelital casi en tiempo real de columnas volcánicas (cenizas volcánicas y SO<sub>2</sub>) en apoyo a las actividades de los Centro Asesores de Cenizas Volcánicas (VAAC, 2022).

#### *Sismos:*

Si bien su monitoreo se rige más por estaciones sismológicas y geodésicas (GNSS), existen en desarrollo la posibilidad de monitorear mediante la medición de frecuencias que estos emiten a la ionosfera, también es posible generar mapas de deformación topográfica, mediante el uso de la técnica Interferometría Radar de Apertura Sintética (InSAR).

Pero, es después del evento donde más juega su rol las aplicaciones de información espacial, facilitando evaluar los daños ocurridos, zona de afectación, dimensión del desastre, desplazamiento sobre la superficie, afectación de servicios básicos e interrupciones de vías de comunicación y su posible alternativa, como también permiten continuar monitoreando la evolución de los daños ocasionado.

#### *Incendios:*

Este evento adverso, tiene la particularidad que dependiendo las regiones se estima que el 90% o 95% de ellos son por causa humana, no obstante, el daño que producen al medio ambiente y su afectación social y económica urgen la necesidad de contar con sistemas que permitan monitorear antes, durante y después del evento. La integración de herramientas como la teledetección y los sistemas de información geográfica, permiten el desarrollo de una infraestructura de servicios espaciales y productos cartográficos, basados en datos espaciales, para respaldar las fases de preparación, prevención, recuperación y reconstrucción del ciclo de emergencia de incendio. Surgen así diversos sistemas de gestión, de pronósticos, de riesgos, algoritmos e índices, con el uso de distintas variables y métodos de acuerdo al área de aplicación y sus características particulares como la ubicación geográfica, el clima, la temperatura, la radiación, la topografía, la nubosidad, la cobertura vegetal y el estado fenológico. Todas estas variables, en distinta combinación, han permitido la generación de variados tipos de productos para las distintas fases de incendio, que facilita la gestión y monitoreo del evento.

Se han desarrollado también la simulación de la propagación del fuego, que se ejecuta por medio del modelo de los Automatas Celulares (AC). Una elección dictada por la necesidad de obtener el modelado cuantitativo de los tiempos de propagación del fuego en todas las direcciones.

#### *Hielos:*

La cordillera de los Andes, una de las cadenas montañosas de mayor longitud del mundo, en el sector de estudio, constituye un reservorio de agua, hielo y glaciares, importante de monitorear por su incumbencia vital para el desarrollo humano y por ser los glaciares un parámetro importante regulador del clima. La teledetección permite el

análisis temporal y la detección de cambios de estos recursos estratégicos. Muchos de estos estudios se basan en aplicaciones RADAR de retrodispersion, aunque el monitoreo es posible con imágenes ópticas, por ejemplo, del sensor MODIS.

#### *Inundaciones:*

El monitoreo de este evento posee una larga trayectoria de métodos empleados, basados en registros firmas espectrales que permiten su visualización y detección de cambios por medio de imágenes satelitales ópticas, también mediante la retrodispersion aplicando imágenes radar, siendo estas últimas más aptas durante el evento, dado que habitualmente se desarrollan con meteorología (precipitaciones y nubes) que afectan a los sensores ópticos.

#### *Contaminación del aire:*

La contaminación del aire, su distribución espacial y concentración también es posible visualizarla mediante el empleo de la información espacial entregada por satélites, la CONAE, en sus aplicaciones espaciales ofrece un pronóstico de calidad del aire basado en la triada acoplada WRF-CHIMERE-EDGAR para la región (UEAT/CONAE, 2022).

## **RESULTADOS**

Los resultados de las aplicaciones de información espacial en la gestión de riesgo de desastres son amplios y variados. A lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado distintos métodos que permiten la visualización, monitoreo, detección de cambio, mapeo y análisis como fue desarrollado en el artículo.

La tecnología espacial constituye una herramienta fundamental en las distintas fases de la gestión de desastres. En su fase previa los datos espaciales provistos por sensores remotos, permiten alimentar sistemas de gestión y modelos que pueden predecir y alertar sobre desastres. Durante la fase desarrollo, la información que aportan los variados satélites disponibles permiten el monitoreo y evaluación casi en tiempo real, que junto a los satélites de comunicaciones y posicionamiento contribuyen a la gestión de la emergencias, socorro y recuperación.

A continuación, se presentan solo algunos como ejemplo y sitios web, de la capacidad que esta

tecnología ofrece para la reducción de riesgo de desastres:

La ONEMI es el órgano oficial y técnico de la República de Chile, encargado de planificar y coordinar, mediante modelos y planes la prevención, atención y manejo de emergencias, catástrofes y desastres. También tiene la responsabilidad de gestionar los recursos disponibles para evitar o mitigar el potencial impacto de ocurrencia de una situación riesgo, emergencia o catástrofe.

En su portal web (<https://www.onemi.gov.cl/>), se visualizan distintos servicios, en su menú se destaca el comando *infórmate* la cual muestra los tipos de alertas activas y su clasificación según el riesgo: verde, amarilla y roja. También permite navegar y buscar alertas anteriores y posee un análisis técnico de riesgo. El portal muestra la opción "chile preparado" donde se despliega una serie de herramientas como ser: recomendaciones, simulacros, campañas y programas, kits de emergencias, planos de evacuación y el *visor chile preparado*. Ambas opciones del menú, le permiten al usuario poder informarse debidamente acerca de las distintas amenazas en desarrollo y de los planes vigentes de contingencias. La organización cuenta con el CAT (Centro Nacional de Alerta Temprana), es la *unidad*, encargada del monitoreo constante, en tiempo real, de todo el territorio nacional. Es la cabecera de un sistema de información, cuyo tráfico son los aportes y demandas desde y hacia el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, estableciendo las coordinaciones necesarias de los recursos disponibles, con el fin de mitigar el riesgo ante las distintas amenazas.

La ONU-SPIDER, se ha implementado como una red abierta de proveedores de soluciones espaciales para apoyar las actividades que se realizan durante todas las fases del ciclo de los desastres. Entre sus múltiples resultados se encuentra *El Portal de conocimientos de ONU-SPIDER* (<https://www.un-spider.org/es>). Es un centro de información, enlaces y recursos pertinentes. Además, a través de sus conferencias, talleres y reuniones de expertos, ONU-SPIDER reúne a las partes interesadas relevantes tanto del espacio como de las comunidades del desastre para fomentar el intercambio de innovaciones y experiencias. El

Portal de conocimiento resulta una basta y completa herramienta, con múltiples acciones y mecanismos para los gestores de desastres de forma integral, que van desde el conocimiento de los tipos sensores para las distintas amenazas, la información satelital disponibles, los mecanismos utilizados, los software útiles para la gestión de la información espacial, como su uso, entrenamiento y guía de aplicaciones, consolidándose en un valioso aporte para los países en desarrollo o emergentes. Contribuyen a la reducción de riesgo de desastres otras oficinas de Naciones Unidas, con el desarrollo de productos geoespaciales como ser al UNOSAT (<https://unosat.org/products>).

Otros ejemplos de agencia y organismo que aportan a la temática y volviendo al marco regional es la CONAE (<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/aplicaciones-de-la-informacion-satelital/informacion-para-gestion-de-emergencias>), otorga distintos productos de aplicación espacial a la vez de proveer información satelital para la gestión de emergencias por incendios, erupciones volcánicas e inundaciones. Ofrece pronósticos de calidad del aire y de índice de riesgo de incendio, como también el monitoreo costeros para la detección de derrames de hidrocarburos. A la vez que integra desde el año 2003 la Carta Internacional "El Espacio y las Grandes Catástrofes

Como resultados finales, La Carta Internacional (<https://disasterscharter.org/en/web/guest/charter-activations>), que también viene contribuyendo a la gestión de riesgos de desastres desde su comienzo en el año 2000, ha realizado más de 750 activations por desastres o catástrofes en todo el mundo. Actualmente dispone de información satelital de sus más de 270 satélites disponibles operables las 24 horas del día.

Sus productos finales permiten a los gestores de desastres tener información valiosa, actual y casi en tiempo real de la amenaza en desarrollo.

Finalmente, se ilustra como ejemplo algunos gráficos de modelos de mapa y visualización de amenaza

- Figura 1: Modelo de detección y monitoreo de ceniza volcánica volcán Puyehue 2011. Fuente: elaboración propia, 2017

- Figura 2: Modelo de Visualización de la imagen en color verdadero. Bandas en el rango visible del Volcán Puyehue 2011. Fuente: elaboración propia, 2017.
- Figura 3: Modelo de una Mapa de Probabilidad de Propagación de Incendio de la Prov de Cordoba – Argentina. Fuente: elaboración propia, 2017.
- Figura 4: Modelo de una Mapa de Indice de Amenaza Diario de Incendio para la Provicnia de Cordoba – Argentina. Fuente: elaboración propia, 2017.
- Figura 5: Modelo de detección de derrame de petroleo en la costa de España, visualizador con imágenes radar y apoyado con google earth (derrame de petróleo del Prestige, año 2002, frente a las costas de España). Fuente: elaboración propia, 2016.

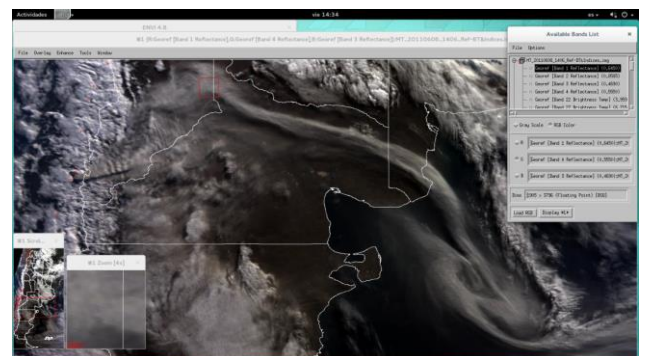
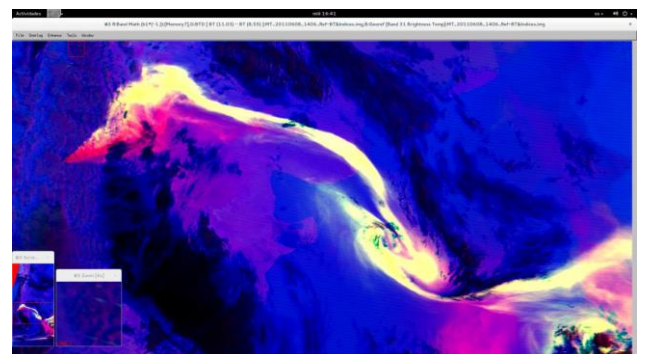


Figura 1: Modelo de Detección y monitoreo de ceniza volcánica Volcán Puyehue 2011. Elaboración propia.



.Figura 2: Modelo de Visualización de la imagen en color verdadero. Bandas en el rango visible del Volcán Puyehue 2011.Elaboración propia.

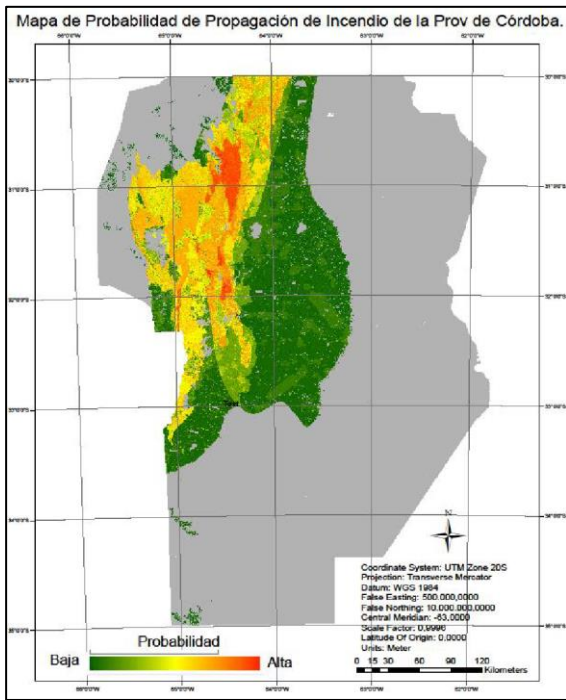


Figura 3: Modelo de una Mapa de Probabilidad de Propagación de Incendio de la Prov de Cordoba – Argentina. Elaboración propia.

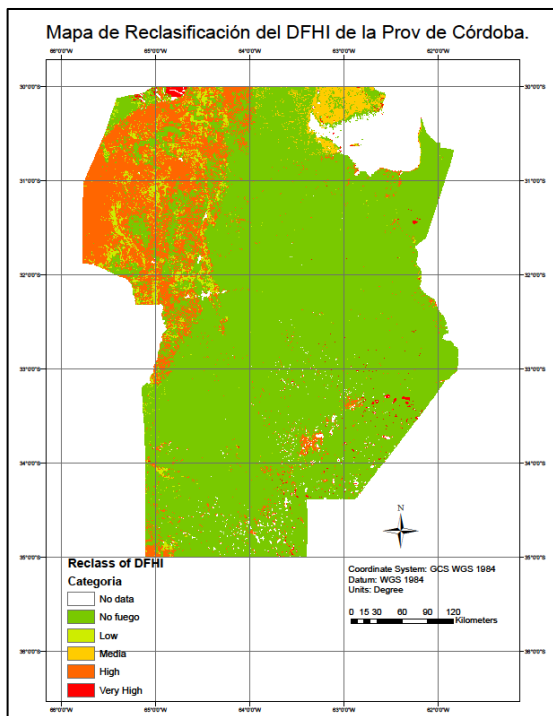


Figura 4: Modelo de una Mapa de Índice de Amenaza Diario de Incendio para la Provincia de Córdoba – Argentina. Elaboración propia.

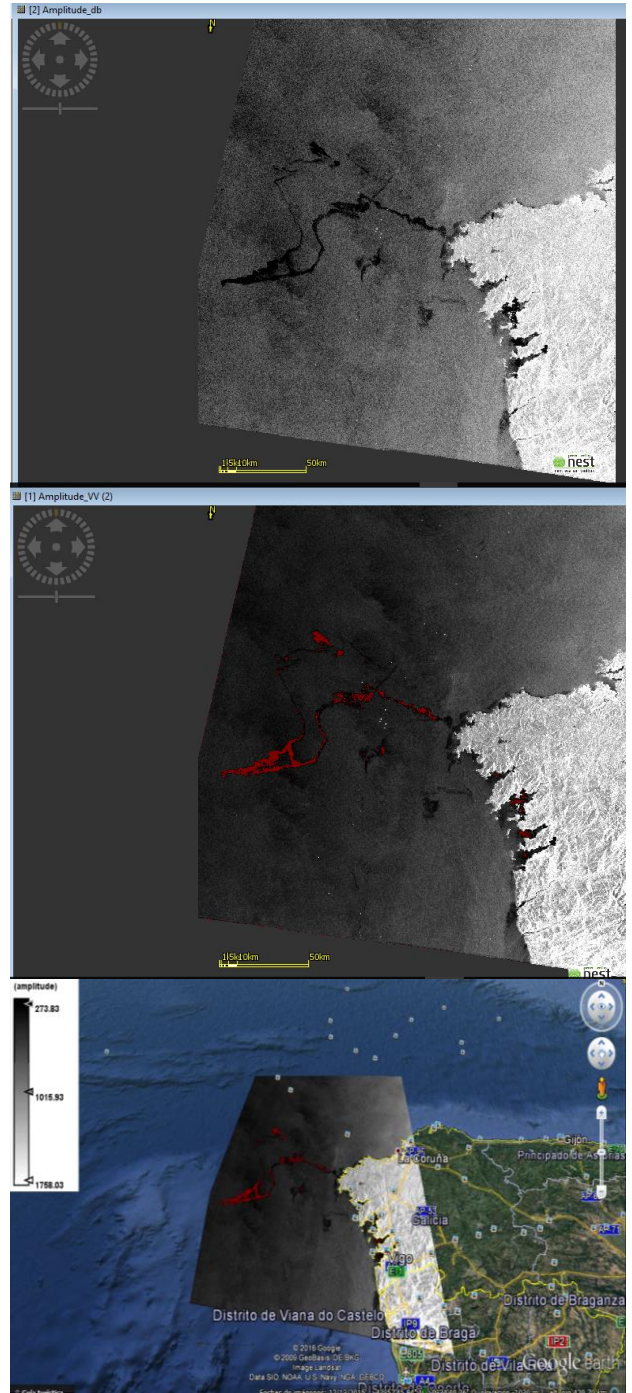


Figura 5: Modelo de detección de derrame de petróleo en la costa de España, visualizador con imagen radar y apoyado con google earth. Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La información espacial, con las resoluciones temporal, espacial, espectral y radiométrica alcanzadas, resultan esenciales para la gestión de reducción de riesgo de desastres. Actualmente, esta herramienta facilita las acciones de: detección, monitoreo, mapeo, visualización y evaluación de eventos adversos para un mejor análisis, a la vez, que su cobertura global, permite una mejor comprensión de la exposición al riesgo de manera objetiva.

Esta tecnología, con más de cinco décadas de desarrollo, permite hoy día acceder en forma libre, a datos estadísticos o registros históricos para el análisis y detección de cambios, sus impactos y posibles consecuencias. Estos avances, junto al creciente desarrollo de cada vez más software gratuitos y de código abierto, se complementan con la información espacial siendo una importante fuente de datos que han evolucionado la gestión de riesgo de desastres en los últimos tiempos en forma significativa, contribuyendo enormemente al desarrollo de múltiples productos, aplicaciones, sistemas, índices que resultan clave para la toma de decisiones acertadas, como también dan oportunidad a los países menos desarrollados de poder acceder a esta tecnología e innovación para el desarrollo de planes y políticas estratégicas para la reducción de riesgo de desastres.

También es fundamental el desarrollo de recursos humanos locales, contar con expertos para la utilización de esta tecnología espacial, tanto en el procesamiento como interpretación de los datos espaciales. Ahí también debe centrar los esfuerzos de los países, instituciones y organismos para generarlos, por medios de políticas públicas que cuenten en sus planes con el desarrollo comprometido de capacidades, especialidades y perfeccionamiento en las ciencias de la Tierra para contribuir de esta forma con personal idóneo en la gestión pública de emergencias y desastres, pudiéndose lograr tales objetivos, a través de capacitaciones que se brindan por medios de organismos internacionales (ONU-SPIDER), agencias espaciales (Carta internacional - ESA - ASI -CONAE) por nombrar algunas que contemplan en sus planes y actividades tales desarrollos profesionales.

Finalmente, existen amenazas y eventos en desarrollo y a futuro. El cambio climático es un desafío importante de pronta solución a nivel

mundial, existe la tecnología con una gran disponibilidad de acceso libre y también existen organismos internacionales, regionales y nacionales que junto a la comunidad científica que aportan constantemente y de forma libre al desarrollo de productos y aplicaciones para la eficiente reducción del riesgo de desastres, solo falta el compromiso de los actores locales para alcanzar los recursos humanos para el empleo y desarrollo de esta tecnología y cuidado de la vida y de los recursos naturales disponibles.

Lo anterior, lleva a pensar que el acceso al espacio, su desarrollo y productos, no solo representa el nivel científico - tecnológico de un país, sino también proporciona soberanía e independencia en el actual desarrollo de las comunicaciones e información. Lo que permitiría implementar un sistema operacional de procesamiento de imágenes satelitales para brindar sus servicios a la sociedad no solo durante la ocurrencia de alguna emergencia o desastre ambiental, sino también sería un gran aporte al desarrollo económico y productivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EM-DAT. 2015. The International disasters database. [En línea] EM-DAT, 2015. [https://www.emdat.be/..](https://www.emdat.be/)
- Instituto Gulich. 2022. Instituto Gulich. [En línea] Instituto Gulich, 2022. [https://ig.conae.unc.edu.ar/..](https://ig.conae.unc.edu.ar/)
- ONEMI, Ministerio del Interior y Seguridad Pública. 2020. POLITICA-NACIONALGESTIÓN-REDUCCIÓN-DEL-RIESGO-DE-DESASTRES-2020-2030. [En línea] Febrero de 2020. [https://www.onemi.gov.cl/plataforma-de-reduccion-de-riesgos-de-desastres/.](https://www.onemi.gov.cl/plataforma-de-reduccion-de-riesgos-de-desastres/)
- ONU-SPIDER. 2022. Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER. [En línea] ONU-SPIDER, 2022. [www.un-spider.org/es/sobre-nosotros/sobre-onu-spider](http://www.un-spider.org/es/sobre-nosotros/sobre-onu-spider).
- SACS. 2022. Support to Aviation Control Service. [En línea] SACS, 2022. [https://sacs.aeronomie.be/..](https://sacs.aeronomie.be/)
- SERNAGEOMIN. 2016. Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile. [En línea] 2016.
- The International Charter Space and Major. 2022. About the Charter. The International Charter Space

and Major. [En línea] The International Charter Space and Major, 2022. <https://disasterscharter.org/web/guest/about-the-charter;jsessionid=23DCDC246B20A88C3EB77F6BF021828D.APP1..>

—. 2022. Carta Internacional. [En línea] 2022. <https://disasterscharter.org/web/guest/home;jsessionid=D900D9425230CEA633A09AB0AB39787E.AP P1.>

—. 2022. How the Charter Works. [En línea] The International Charter Space and Major, 2022. <https://disasterscharter.org/web/guest/how-the-charter-works..>

The social construction of disaster risk: Seeking root causes. *Internacional Journal Disaster Risk Reduct.* 2017. pp. 469–474, s.l. : Int. J. Disaster Risk Reduct, 2017, Vol. vol. 22.

UEAT/CONAE. 2022. Pronostico de calidad del aire. [En línea] UEAT/CONAE, 2022. [https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/aplicaciones-de-la-informacion-satelital/pronostico-calidad-de-aire\).](https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/aplicaciones-de-la-informacion-satelital/pronostico-calidad-de-aire).) ..

UNDRR. 2015. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. UNDRR. [En línea] 2015. <http://www.unisdr.org/>.

—. 2022. Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastre. [En línea] UNDRR, 2022. <https://www.undrr.org/es..>

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION . 2022. Global Assessment Report on Disaster Risk . [En línea] 2022. <http://www.undrr.org/GAR2022.>

UNOOSA. 2022. United Nations Register of Objects Launched into Outer Space. [En línea] UNOOSA, 2022. <https://www.unoosa.org/oosa/en/spaceobjectregister/index.html..>

VAAC. 2022. Centro Asesores de Cenizas Volcánicas. [En línea] VAAC, 2022. <https://www.volcanodiscovery.com/es/geology/glosary/vaac.html#:~:text=Centros de asesoramiento de ceniza,centros de control de aire..>