



1

El Geoderecho en la modernización de Políticas Públicas

Herrera González, Víctor

Doctor en Cartografía, SIG y Teledetección,
Universidad de Alcalá de Henares UAH, España.

Academia de Ciencias Policiales,
Carabineros de Chile, Chile.

Departamento de Ingeniería Geográfica,
Universidad de Santiago de Chile.

Enviar correspondencia a Víctor Herrera González e-mail: victor.herrera@usach.cl

RESUMEN

La geoinformación aglutina datos proveniente de diversos medios, sean estos naturales o artificiales como ciudades o proyectos de ingeniería. Para generar estas bases de datos se utilizan las llamadas geotecnologías, que definen el principio de asociación tecnológica o geomática, destacando entre estas el uso de GPS (*Global Positioning System*), sistemas de información geográfica e imágenes satelitales. Estas últimas poseen un gran potencial en torno a las distintas bandas espectrales posibles de aplicar para diversas situaciones y problemáticas a analizar, destacando en la resolución de problemas de contaminación, congestión vehicular, densidad poblacional, seguridad ciudadana o estudios de planificación u ordenamiento del territorio, pudiendo otorgar fundamentos técnicos para la toma de decisiones sociales, contribuyendo así en base a evidencia empírica a la creación de nuevas políticas públicas. En este contexto se acuña un término emergente en el mundo latino de geoderecho. Por eso el objetivo de este trabajo es presentar a la comunidad científica dos ejemplos de estudios de caso referidos a la aplicación de imágenes provenientes de sensores activos y pasivos, con el fin de evaluar problemas de contaminación y de ordenamiento territorial. Los resultados de tales aplicaciones revelan la necesidad creciente de incorporar el geoderecho en la gestión pública del territorio.

PALABRAS CLAVE

Geoinformación, políticas públicas, geomática, imágenes satelitales, sensores remotos.

Geo-law in the modernization of Public Policies

ABSTRACT

The geo-information brings together information from a variety of media, whether natural or artificial, such as cities or engineering projects. To generate these databases, so-called geo-technologies are used defining the principle of technological or the geomatic partnership, among which the use of GPS, geographic information systems and satellite imagery is used. The latter have great potential in the topic of the different spectral bands possible to apply to various situations and problems to analyze, highlighting in the resolution of pollution problems, vehicle congestion, population density, citizen security or studies of spatial planning or planning, which may provide technical foundations for social decision-making, thus contributing on the basis of empirical evidence to the creation of new public policies. In this context, an emerging term in the Latin geo-law world is coined. For this reason, the aim of this paper is to present to the scientific community two examples of case studies related to the application of images from active and passive sensors, in order to evaluate problems of pollution and land management. The results of such applications will reveal the growing need to incorporate geo-law into the public management of the territory.

KEYWORDS

Geoinformation, public policies, geomatics, satellite image, remote sensing.

INTRODUCCIÓN

La geoinformación en sus diversas aplicaciones: urbanas, agrícolas, mineras, forestales y seguridad ciudadana, entre otras, proyecta una tendencia a la integración con diversas tecnologías, métodos y procedimientos, en un ambiente cada vez más colaborativo y menos competitivo entre distintas disciplinas.

El proyecto “Justicia y Sostenibilidad en el Territorio a través de Sistemas de Infraestructura de Datos Espaciales” o JUST-Side, nace como iniciativa de la Facultad de Derecho de la Universidad de Coimbra, Portugal, bajo la coordinación de la Dra. Alexandra Aragão, contando con el financiamiento del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED, 2020) en el período 2018-2021. En dicho proyecto se han incluido a destacadas universidades iberoamericanas de Portugal (Universidad de Coimbra), España (Universidad de La Rioja), México (Universidad Nacional Autónoma de México), Uruguay (Universidad de La República), Argentina (Universidad de Buenos Aires), Costa Rica, Brasil, Cuba y Chile (Universidad de Santiago de Chile). Las áreas abordadas en este proyecto incluyen derecho, geomática y social.

Dicho proyecto tiene por objetivo principal el uso de geotecnologías

(GPS, drones, imágenes satelitales, SIG, entre otros) para mejorar las políticas públicas. Se busca contar con pruebas científicas que permitan adoptar decisiones basadas en evidencia en razón de la gestión de los recursos territoriales, sociales y medioambientales, identificando especialmente aquellos proyectos e intervenciones perjudiciales para la población y su entorno, evitando con ello las actividades definidas por el proyecto como “*Grafite*”, es decir, generadoras de riesgos ambientales y focos de injusticia territorial evitables (JUST-Side, 2019).

En este contexto, el geoderecho pretende vincular el tema del derecho ambiental con elementos técnico-científicos que permitan respaldar, mejorar y proponer nuevas políticas emergentes útiles para la protección de la calidad de vida de los habitantes y su medio. La red JUST-Side (CYTED, 2020) utiliza herramientas de geomática asociadas al Derecho para desarrollar el área científica del “geoderecho”, de esta forma permite un análisis jurídico de los datos territoriales, ambientales y sociales a partir de una visualización geoespecializada a fin de obtener información sobre injusticias socio-ambientales que puedan servir como base científica para la adopción o corrección de políticas públicas. El objetivo general de la red JUST-Side (CYTED, 2020), es promover la justicia territorial

y la sostenibilidad de las políticas públicas, cumpliendo los objetivos de desarrollo sostenible, definidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2020).

La adecuada planificación y ordenamiento del territorio favorece el desarrollo de actividades sociales, turísticas y económicas en general, con todo el encadenamiento productivo que esto genera. Precisamente, es aquí donde sobresalen las infraestructuras de bases de datos espaciales o geoinformación como disciplina y herramienta que contribuye a optimizar dichos procesos de desarrollo regional y urbano.

Por eso, el objetivo de esta investigación es presentar a la comunidad científica dos ejemplos de estudios de caso referidos a la aplicación de imágenes provenientes de sensores activos y pasivos, destinados a identificar problemas de contaminación y de ordenamiento territorial, generadores de riesgos ambientales y focos de injusticia territorial evitables (*Grafite*), a través del uso de las geotecnologías, en el contexto de la modernización del derecho ambiental o geoderecho (JUST-Side, 2019)".

MÉTODO

Para la identificación de las actividades que pueden

considerarse como generadoras de conflicto, se utilizan seis procesos que hacen referencia a los déficits apreciados en torno al geoderecho, destacando los efectos negativos de tales intervenciones (CYTED, 2020):

1.- Injusticia procedimental: ocurre cuando los afectados por el proyecto *Grafite* se manifiestan de manera desfavorable durante la etapa de participación ciudadana en el proceso administrativo de aprobación del proyecto, pero éste resulta igualmente aprobado. También ocurre, cuando los potenciales afectados no se han manifestado por desconocimiento o incapacidad.

2.- Injusticia comutativa: sucede cuando las compensaciones a los afectados por el proyecto *Grafite* (que normalmente son los vecinos) no son considerados, o bien, cuando los productos o servicios que son producidos por la actividad no son consumidos por los afectados o no les generan beneficios.

3.- Injusticia preventiva: existe cuando el riesgo de una catástrofe o un accidente grave es considerado muy elevado, a punto de desvalorizar la propiedad o de causar perturbaciones en la serenidad ambiental del proyecto *Grafite* para los vecinos.

4.- Injusticia retributiva: ocurre cuando después de una actuación

illegal (o percibida como ilícita o antiética) ocurrida en la explotación del proyecto *Grafite*, las autoridades competentes no toman rápidamente las medidas para sancionar tales irregularidades. La impunidad, aunque sea temporal, aumenta la inseguridad percibida por la población.

5.- Injusticia restaurativa: se refiere a lo que pasa cuando, después de un daño personal, patrimonial o ambiental, causado por un accidente o incidente en un proyecto *Grafite*, el *status quo* anterior no es repuesto.

6.- Injusticia distributiva: esto ocurre cuando los afectados por el proyecto *Grafite* viven en condiciones sociales y económicas más desfavorables que la mayor parte de la población en otros territorios, a nivel nacional o regional. Este tipo de injusticia es comparativa y presupone tener dos términos de comparación, uno general y uno local sobre los servicios públicos disponibles (educación, comunicación, salud, transporte, cultura, etc.).

En este contexto, si bien existen leyes y directivas que norman las conductas relativas al comportamiento para evitar o minimizar las actividades de *Grafite*, estas podrían ser mejoradas con el apoyo de las actuales geotecnologías, utilizadas para una mejor descripción del territorio,

que junto con el conocimiento de la zona de estudio y las características de su medio y sus habitantes, constituye un primer paso para gestionar un proyecto, en términos de planificación, ejecución y control (Herrera, 2005).

En el caso de la primera investigación desarrollada en la Región de Antofagasta, la metodología utilizada incluyó cuatro etapas fundamentales: efectuar la medición del fenómeno en terreno con un radiómetro, con el fin de determinar y conocer su comportamiento espectral para comparar el dato de terreno con el nivel digital presentado por la imagen satélital, georeferenciar la imagen de satélite para poder vaciar información espacial con uso de coordenadas, en un sistema de referencia cartográfico definido, aplicar el algoritmo que resulte más apropiado para el estudio a realizar y, verificar el proceso con información de terreno confiable para el análisis y entrega de resultados.

Para el segundo estudio en la Isla Robinson Crusoe, dado el carácter integrado de información manejada en ese proyecto para poder generar un producto cartográfico confiable, resultó aconsejable la actualización periódica y simultánea, tanto en el mosaico cartográfico en AutoCad, como en la base de datos que conforma la propiedad fiscal comprometida dentro de la faja de

80 metros en Robinson Crusoe. Para obtener los resultados se iniciaron mediciones con equipos GPS en terreno, incluyendo no sólo los predios sino también los puntos de control GCP (*ground control points*), por ello la distribución y localización de los GCP apuntó a asegurar una cobertura a lo largo y ancho de la imagen de satélite de la isla con el fin de evitar la concentración de los GCP en una zona en particular, lo que produciría un efecto de pívot de la imagen que dejaría sin control zonas donde no existieran GCP. Este procedimiento fue realizado con la finalidad de lograr, posteriormente, superponer información de carácter vectorial sobre la imagen (mosaico cartográfico). En tales mediciones, las distancias no superaron los 5Km de longitud por lo que se optó por trabajar con doble frecuencia para garantizar una mejor precisión.

RESULTADOS

El primer caso de estudio corresponde al desarrollado en el norte de Chile para la determinación de hidrocarburos en aguas subterráneas y suelos, mediante imágenes satelitales multitemporales en el sector de playa Las Petroleras en la región de Antofagasta.

Los eventos se sucedieron a partir del año 1994, repitiéndose a comienzos del año 2000 y en abril de 2005, reflejando la presencia subterránea de hidrocarburos

en la zona de estudio, sin poder establecerse la dinámica de contaminación, así como la dimensión territorial de este fenómeno de impacto ambiental. Los principales afectados fueron los vecinos del lugar, la actividad turística y la caleta de pescadores que allí funcionaba, desconociéndose el origen como el impacto real que provocó la presencia de hidrocarburos a nivel de subsuelo.

Debido a las características de este problema, se optó por abordarlo mediante la aplicación de técnicas de teledetección aeroespacial, a través de algoritmos que se sustentan en el análisis digital de imágenes de radar (sensor activo) y la fusión de éstas con imágenes ópticas e infrarrojas. Esto supone que el suelo presenta diferentes respuestas espectrales, como consecuencia de su distinta composición y estructura, derivados de su granulometría, sedimentación, componentes fisicoquímicos y niveles de compactación, reflejando propiedades dieléctricas diferenciadas del terreno, las que pueden ser captadas por satélites que obtienen imágenes de distinta resolución espectral. Así, la presencia de agua e hidrocarburos a nivel subterráneo no pasa desapercibida a estos sensores, los que permiten generar cartografía dinámica relativa a la evolución espacial y temporal de estos cuerpos físicos (Chuvieco, 2008; Verbyla, 1995; Zavala, 2005).

Asimismo, con el objetivo de establecer el patrón espectral del área de estudio, identificando las imágenes satelitales y bandas necesarias, se procedió a generar firmas espetrales *in situ*, utilizando un radiómetro manual hiperespectral, unido digitalmente a una red GPS diferencial de alta resolución, logrando apreciar inicialmente las firmas espetrales de los objetos del área de estudio, tanto en el interior como al exterior de las instalaciones mineras (Bannister, Raymond & Baker, 2002).

Utilizando el satélite ASTER (2020), fueron adquiridas un total de 7 imágenes para el estudio preliminar. Se optó por este satélite dadas sus buenas posibilidades de fusión con imágenes de radar (microondas cuya señal implica una mayor penetración en el suelo) y a su carácter espectral útil para la discriminación de las estructuras geomorfológicas y minerales del área (Figura 1).

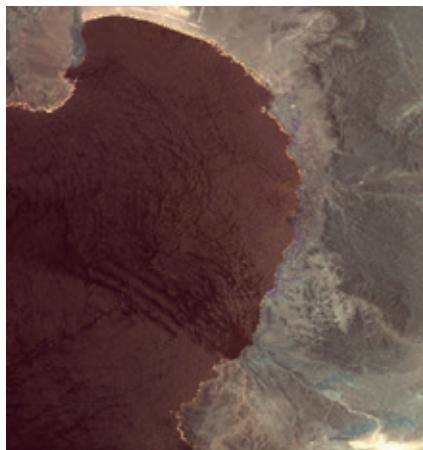


Figura 1. Imagen ASTER de la bahía de Antofagasta - Chile. El elipsoide y Datum aplicado fue

SAD-56, obteniéndose un error medio cuadrático (RMS) de 0,4 metros (40 cms) de posicionamiento, lo que le otorga similar precisión a la cartografía generada según la escala a utilizar (Herrera, 2005).

Desde el punto de vista geomorfológico, es importante destacar que estas anomalías se manifiestan como estructuras inconexas en su generalidad, provocando bolsones aislados, conectados solo en sus niveles superiores, y las depresiones existentes se sitúan a una profundidad cercana a los 15 metros. Es, en estas cavidades, donde se identificó la presencia de hidrocarburos, agua, y en algunos casos, hidrocarburos mezclados con agua. Esta zona se muestra en la figura 2, donde se puede apreciar cómo las zonas más oscuras correspondientes a las cavidades se ubican en toda la zona de estudio.

De esta manera, los resultados fueron traspasados a un sistema de georreferenciación, para generar mapas de su ubicación (Bosque, 1992). Los resultados han permitido tener una visión temporal de los aportes de los diferentes tipos de hidrocarburos a la zona estudiada, así como también su actual ubicación y su real impacto en la vida de los vecinos y actores internos que conviven con tal problemática.



en color gris, abril 2005

A modo de análisis tenemos que considerar la forma como se desplaza el hidrocarburo y por ende, como se origina el proceso de contaminación de suelos y de la línea costera, que está asociado a la geomorfología subterránea de la zona, en donde la roca impermeable origina la presencia de cavidades inconexas en su base, que son ocupadas por el hidrocarburo y compartidas por agua. De allí que los eventos de contaminación identificados a nivel costero, se producen cuando estas depresiones se saturan de agua de mar, acarreando en forma de movilización de masa los materiales de superficie hacia la línea de la costa, siendo una actividad generadora de riesgos ambientales y focos de conflicto territorial evitables.

Estos hallazgos permiten identificar la existencia de cuatro tipos de injusticias: la commutativa, al perjudicar a los vecinos y cuyas compensaciones resultan ser insuficientes; la preventiva, ya que el riesgo generó un incidente grave causando perturbaciones en la vida de los vecinos y en la caleta de

pescadores; del tipo retributiva, al no generarse acciones correctivas ni sancionatorias con la debida celeridad; y la cuarta, del tipo restaurativa, ya que considerando la evolución de los volúmenes de hidrocarburo existentes, se pudo establecer que su destino final es el mar, siendo su proceso de acarreo extremadamente lento, con lo cual después de varios años no se habrá restaurado el daño ambiental en una zona de franja fiscal, como lo es una playa, y cuyo daño es aún más lento de reparar (Zavala, 2005). A consecuencia de esto, en abril de 2019, se anunció el plan de remediación para el sector Las Petroleras de Antofagasta por parte de la Intendencia Regional, informando en el mes de agosto de ese mismo año el retiro de los estanques de combustible (Revistaei, 2019).

A la luz de los resultados obtenidos en este estudio, es posible afirmar que el origen de gran parte del hidrocarburo existente a nivel subterráneo en la zona de estudio se originó con anterioridad al año 1994, en un polígono externo a la planta minera que pertenecerían a antiguas instalaciones de otra compañía petrolera. Esto surge de la evidencia obtenida con el seguimiento multitemporal realizado con imágenes de radar (microondas), fusionadas con imágenes ópticas.

El segundo estudio corresponde a un caso relacionado con el

ordenamiento territorial en la isla Robinson Crusoe, perteneciente al archipiélago Juan Fernández, situado frente a las costas de la zona centro norte de Chile. Para ello se recurrió al uso integrado y aplicación de imágenes de satélite de alta resolución espacial (QuickBird II, 2020), el uso de equipos de posicionamiento global o GPS y sistemas de información geográfica (SIG). Los resultados, producto de mediciones de alta precisión, apuntaron a resolver diversos problemas de georreferenciación del mapa de uso y ocupación del suelo de tales poblados, situación no solamente abordada desde el punto de vista catastral, sino además, con el apoyo de levantamientos batimétricos efectuados en la zona que relacionan ambas informaciones cartográficas sobre y bajo la cota cero, a partir de la definición de la línea de más alta marea para el caso de Robinson Crusoe.

En forma paralela al levantamiento geodésico y topográfico en terreno, se realizó el inventario de planos de inscripción realizados como parte del catastro de la isla, para lo cual se efectuó un trabajo en conjunto con la Dirección de Obras Municipales (DOM) de la Ilustre Municipalidad de Robinson Crusoe y el Ministerio de Bienes Nacionales. Esto consistió en una revisión detallada en gabinete más la inspección en terreno de los predios beneficiados por la cesión de propiedad por

parte del Estado para aquellos propietarios situados en la faja fiscal de 80 metros, para ello resultaba fundamental conocer la realidad del terreno con el uso de la imagen de satélite para la posterior confección del mosaico (figura 3) y, a su vez, el plano del inmueble y el certificado de la Dirección de Obras Municipales, cuando corresponda, sobre la situación de la propiedad respecto al Plan Regulador.

Con la confección del mosaico georreferenciado con imágenes QuickBird II (2020) de alta resolución espacial, se procedió a traspasar la información predial del levantamiento topográfico de terreno más la información digital del plano de la línea de más alta marea, en formato AutoCad. El problema principal fue la definición de la línea de más alta marea y su traspaso al mosaico. Si bien es cierto, se contaba con la información estadística de mareas que permitió diseñar dicha línea de más alta marea, existían sectores a lo largo de bahía Cumberland, preferentemente turísticos y residenciales, que al momento de identificarlos en la imagen de satélite resultaba ser difícil, ello al margen de la buena resolución espacial que presentara, ya que, en sectores de playa rocosos no se contaba con puntos de apoyo fijos que indicaran la presencia de una línea que definía el nivel más alto del sistema dinámico, como la variación de la marea. Por ello, la

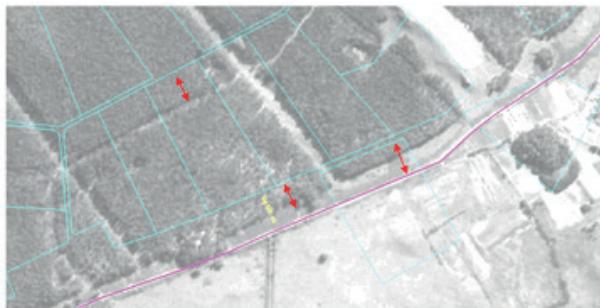


Figura 3. Mosaico de la imagen QuickBird II con la información predial cartográfica sobreposta.

georreferenciación de la imagen realizada a través del método de puntos de control y el levantamiento topográfico resultaron ser relevantes en dicho proceso.

En cuanto al uso de la imagen QuickBird II (2020) para este tipo de trabajos catastrales, se acomodó a las precisiones requeridas, es decir, el tamaño del píxel se inserta dentro del tamaño de la escala de los planos manejados por la Ilustre Municipalidad de Robinson Crusoe, no obstante, el problema lo presentó el calce cartográfico e identificación sobre la imagen de satélite de la línea de más alta marea. En torno a ésta línea, proveniente de un sistema dinámico que es la variación de mareas gira la definición de una faja de 80 metros que resulta imprescindible para definir la zona de trabajo, si bien era apreciable con bastante claridad en la imagen, el ajuste entre: un sistema raster (imagen de satélite), un sistema vectorial (polilínea correspondiente a la línea de más alta marea) y la corrección geométrica para el ajuste cartográfico debía ser exacto y debidamente comprobado en terreno (Figura 3).

En este contexto, el uso de una cartografía confiable asegura en buena medida una planificación y ordenamiento eficiente sobre el territorio, prueba de esto es poder planear sobre espacios urbanos expuestos a riesgos de marejadas y tsunamis de lo cual no hay grandes antecedentes en la zona de estudio, aunque si hay antecedentes sobre la existencia de temporadas tormentosas con oleajes peligrosos.

La historia climática informa de la gran altitud que pueden alcanzar las marejadas en la isla, las que incluso han llegado a afectar buena parte de la faja fiscal de los 80 metros, con mayor énfasis en el área urbana de carácter cívica. Un ejemplo de ello es lo ocurrido en 1987 cuando las marejadas llegaron hasta el sector de la cancha de fútbol, dejando una gran cantidad de piedras y restos de animales marinos, destrozando tumbas del cementerio, afectando la antena de radio de la Capitanía de Puerto e incluso obligando el traslado del recinto que ocupaba Carabineros de Chile, desde la zona cívica a la actual ubicación de mayor cota, en calle Vicente González. A éste mismo evento se

suman los destrozos que sufrió el sindicato de pescadores.

En la figura 4, la imagen satelital georreferenciada muestra y simula cómo la curva de nivel de los 5 metros, que modela un tsunami de la misma altura, logra sobrepasar el límite de los 80 metros hasta la altura de la Plaza. En tales circunstancias se verían afectados el Colegio, el Gimnasio, las dependencias del Sindicato de Pescadores, la Capitanía de Puerto, oficinas del municipio, un jardín infantil y algunos locales comerciales. De hecho, esta zona fue arrasada en el terremoto y tsunami que afectó la zona centro-sur y parte del territorio insular de Chile, el 27 de Febrero de 2010, con un sismo que registró 8,8 grados en la escala Richter.

Figura 4. Imagen satelital georreferenciada que indica el trazado de la curva de nivel de 5 metros (color negro) que simula la altura alcanzada por un tsunami de magnitud sobre 8 grados escala Richter y la zona urbana interior.

Esta gestión de manejo integrado



Simbología

- Límite predial
- Línea de más alta marea
- Curva de nivel de 5 m
- Plaza de R. Crusoe

de geotecnologías del territorio se ve potenciada por el manejo del sistema de información geográfica del Ministerio de Bienes Nacionales; no obstante, desde el punto de vista de actividades generadoras de riesgos ambientales y focos de injusticia territorial evitables, tenemos dos aspectos relevantes por destacar: el primero, apunta a un aspecto procedimental, ya que el procedimiento administrativo sumado al desconocimiento por parte de los habitantes de la isla hace que la reglamentación no se cumpla debidamente para disminuir los riesgos ambientales y proteger el patrimonio, el medio ambiente con especies endémicas que son únicas en Robinson Crusoe, y también la seguridad de sus habitantes. Lo demás, lo constituye la acción preventiva que debe realizarse por ser un hábitat extremadamente sensible a la acción humana (ej: incendios forestales), y al efecto de eventos naturales como los tsunamis.

De esta manera, el conjunto de resultados obtenidos en todos los procesos desarrollados para la generación de un producto que puede ser de carácter numérico o un documento cartográfico, representan la confluencia e integración de varias disciplinas asociadas a sus respectivas tecnologías en el ámbito de las ciencias vinculadas al estudio de fenómenos ocurridos sobre la superficie terrestre o geociencias,

donde destacan los sensores remotos y su producto (las imágenes satelitales), por la entrega de información con una mirada integrada del territorio, sin alterar el medio ambiente.

DISCUSIÓN

La contribución del geoderecho y su difusión ha sido la prerrogativa del trabajo coordinado entre las distintas universidades participantes del proyecto JUST-Side, estructurado de manera conjunta entre: derecho, geomática y las necesidades sociales, verificando sus resultados y socializándolos en la misma red JUST-Side, a través del premio del mismo nombre que ha servido de motivación para académicos, investigadores y estudiantes, con el fin de difundir sus propuestas de solución a las diversas problemáticas relacionadas con el medioambiente y las injusticias territoriales (CYTED, 2020). Destaca también como resultado de este proyecto, el primer *ebook* difundido en el II Congreso JUST-Side 2019, cuya sede y organización correspondió a la Universidad de Coimbra (JUST-Side, 2019).

De esta manera, queda en evidencia el valioso aporte y servicio que realiza el geoderecho no sólo haciendo frente a las injusticias del territorio, sino también en el ordenamiento del mismo (SAF, 2013), a través del mejoramiento de las políticas públicas involucradas y afianzando el nuevo concepto

de colaboración, destacando la integración del conocimiento requerido para optimizar las actividades propias de diversas instituciones relacionadas con el territorio, en proyectos o actividades ya realizados o en actual desarrollo, o en ejecuciones futuras, para el cumplimiento de las normativas que lo protegen al igual que el de sus habitantes.

Según los estudios de caso abordados y la inevitable presencia de actividades del tipo *Grafite* que se manifiestan en ellos, aparece la necesidad de vinculación que debe existir entre el derecho ambiental y el apoyo de geotecnologías y, en particular de imágenes de satélite y sensores remotos que nos proporcionan valiosa información integrada del territorio en forma no invasiva, pudiendo identificar zonas de riesgos, contaminación u otros aspectos de interés para análisis espacial, generando un fundamento técnico científico claro e irrefutable en materia de alteraciones ambientales, reconocible en las firmas espectrales de cada elemento, sirviendo de base técnico-científico para una nueva reglamentación e incidir directamente sobre las políticas públicas de un país en beneficio del territorio y sus habitantes (Mena, Ormazábal & Barrientos, 2018).

En relación a la integración de tecnologías que define el ámbito de la geoinformación, podemos constatar a través de los ejemplos destacados y señalados, el directo vínculo con las actividades

que realizan las universidades e instituciones de educación superior en cuanto al uso de sistemas satelitales, tanto para georreferenciación con equipos GPS como para el procesamiento digital de imágenes de satélite que, en su conjunto contribuyen a un mejor conocimiento del territorio, así como sus cambios y alteraciones (Bannister et al., 2002; Bosque, 1992; Chuvieco, 2008; Verbyla, 1995; Zavala, 2005).

En este contexto, lo alentador de los resultados posibles de obtener no sólo validan el objetivo inicialmente propuesto en un determinado proyecto, sino que motivan y proyectan su implementación en esta y en otras áreas donde se requiera de la identificación de fenómenos y cambios ocurridos en el territorio, especialmente al considerar que el uso de sensores remotos, es un método no invasivo. Con esto se estimula el desarrollo en el uso integrado de estas tecnologías y la innovación en lo referente a aplicaciones cada vez más confiables de la teledetección especial y como el ya mencionado respaldo técnico-científico para la promulgación de nuevas políticas públicas que garanticen el resguardo de todos los derechos, sino también el uso sostenible de nuestros recursos y el patrimonio de la humanidad, lo que se vio reflejado en los dos trabajos analizados; el primero demostró la existencia de contaminación de hidrocarburos en una playa donde había actividad de pescadores (efecto antrópico); y el segundo, ejemplifica gráficamente

los posibles efectos de una amenaza natural, como puede ser un tsunami sobre una zona cívica en territorio insular (CYTED, 2020). El uso de este tipo de tecnología frente a los métodos tradicionales, permite tener una visión con evidencia integrada del territorio a estudiar, con mayor capacidad de penetración de las microondas según imágenes provenientes de sensores activos, posibilitando el desarrollo del estudio y búsqueda de elementos de interés en forma no invasiva, en lugares remotos, con un monitoreo de carácter multitemporal y con un bajo costo comparativo.

Finalmente cabe señalar que la integración de estas geotecnologías y de los conocimientos necesarios para afrontar estos cambios o innovaciones que en definitiva aportan al cumplimiento de la misión y visión de toda institución de educación superior, involucra incorporar el conocimiento adquirido en conjunto, el marco legal actualizado para actuar con propiedad y acorde al geoderecho, los recursos destinados a ello y, finalmente, contar con el apoyo y convencimiento de la autoridad pertinente para que crea en dichas mejoras tendientes al manejo de una geoinformación confiable, que ayude a una buena planificación y toma de decisiones, en base a criterios verificables en las múltiples actividades humanas y su territorio, en el marco de un desarrollo sostenible (ONU, 2020).

Financiamiento: Proyecto “Justicia y Sostenibilidad en el Territorio a través de Sistemas de Infraestructura de Datos Espaciales JUST-Side, financiado por el Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED, 2020) período 2018-2021”.

Conflictos de interés: El autor declara no tener algún conflicto de interés.

Recibido: 30 marzo de 2020

Aprobado: 02 de mayo de 2020

REFERENCIAS

ASTER. (2020). *Geo soluciones*. Recuperado de <https://www.geosoluciones.cl/aster/>

Bannister, A., Raymond, S. & Baker, R. (2002). *Técnicas Modernas en Topografía*. Ciudad de México, Editorial Alfaomega.

Bosque, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. Editorial Rialp.

Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental, la observación de la Tierra desde el Espacio*. Barcelona. Editorial Ariel.

Herrera, V. (2005). *Elementos de cartografía y Teledetección Para Ambiente*. Santiago. Editorial universitaria USACH.

JUST-Side, (2019). *Sistemas Sociais Complexos e Integracao de Geodados no Direito e nas Políticas*. Coimbra. Editorial Instituto Jurídico de la Facultad de Direito.

Mena, C., Ormazábal, Y., & Barrientos, V. (Eds). (2018). *Geomática Aplicada*. Talca. Editorial Universidad de Talca.

Organización de Naciones Unidas, ONU. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. (2020). *Proyecto Justicia y Sostenibilidad en el Territorio a través de Sistemas de Infraestructura de Datos Espaciales o JUST-Side*. Recuperado de <http://www.cyted.org/es/just-side>

QuickBird II. (2020). *Misiones satelitales*. Recuperado de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/q/quickbird-2>

Revistaei (2019). *Anuncian nuevo plan de remediación para el sector de Las Petroleras de Antofagasta*. Recuperado de <https://www.revistaei.cl/2019/04/05/anuncian-nuevo-plan-remediacion-sector-las-petroleras-antofagasta/>

Servicio Aerofotogramétrico SAF, (2013). *Geoinformación para el ordenamiento territorial: experiencias, aplicaciones y avances*. Editorial del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile.

Verbyla, D. (1995). *Satellite remote sensing of natural resources*. New York. Lewis Publishers, Boca Raton.

Zavala, P. (2005) Aplicaciones de teledetección en el ámbito de radares (SAR). *Revista Geoexpo*, 3 (7).