



GENERACIÓN DE MAPAS DIGITALES PARA FINES ECONÓMICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES

ADRIÁN RODRÍGUEZ MOCTEZUMA*, FABIÁN FERNÁNDEZ LUQUEÑO*

* Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Unidad Saltillo, Saltillo, México.
Contacto: adrian.rodriguez@cinvestav.edu.mx
fabian.fernandez@cinvestav.edu.mx

En años recientes hemos oido hablar de lo necesario que resulta cuidar los recursos naturales debido a que nos brindan una serie de servicios ambientales (SA): soporte, provisión, regulación y cultura (figura 1). Éstos incluyen la regulación del clima, provisión de alimentos abun-

dantes, inocuos y nutritivos, belleza escénica y captación de agua, entre otros. Asimismo, influyen en el mantenimiento de la vida en la Tierra y de sus procesos (como en el ciclo de nutrientes), y generan beneficios económicos y ambientales para el bienestar en los seres humanos.

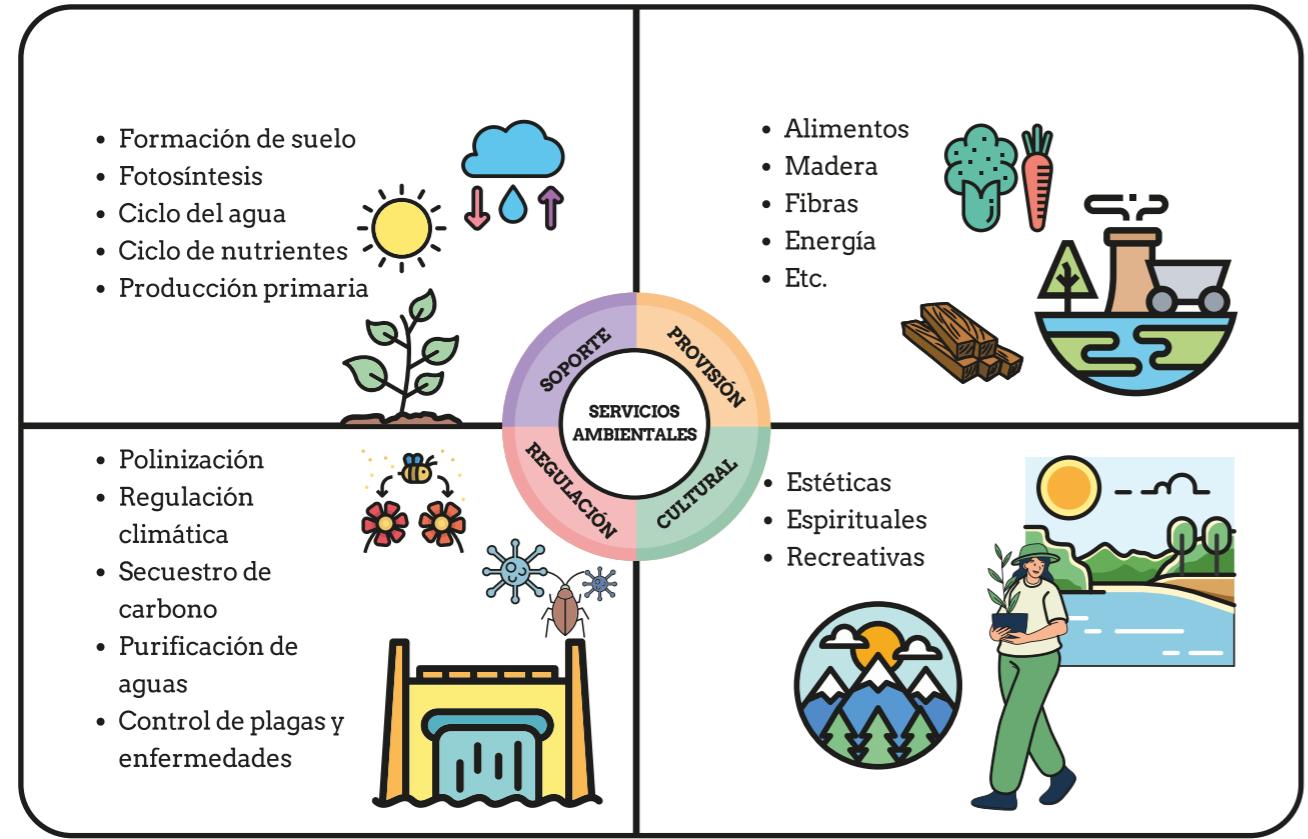


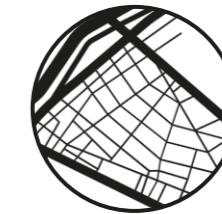
Figura 1. Clasificación de los servicios ambientales.

En particular, el suelo es un recurso natural que, además de soportar la diversidad de seres vivos en el planeta (plantas, animales y microorganismos), permite producir alimentos a través de las actividades agropecuarias. Para lograr un uso eficiente de éste en los diferentes sectores económicos (primario, secundario y terciario), debe considerarse su manejo adecuado, clasificación y la distribución geográfica a través de mapas digitales, los cuales pueden constituir una herramienta en la toma de decisiones en todos los niveles de gobierno, empresas o instituciones de educación y generación de conocimiento.

Hoy en día, el interés en el manejo adecuado de este recurso radica en que juega un papel importante en el medioambiente y en las funciones del ecosistema (Poggio *et al.*, 2016). Sin embargo,

puede degradarse y perder su fertilidad, lo cual implica pérdida en la capacidad de producir alimentos suficientes e inocuos.

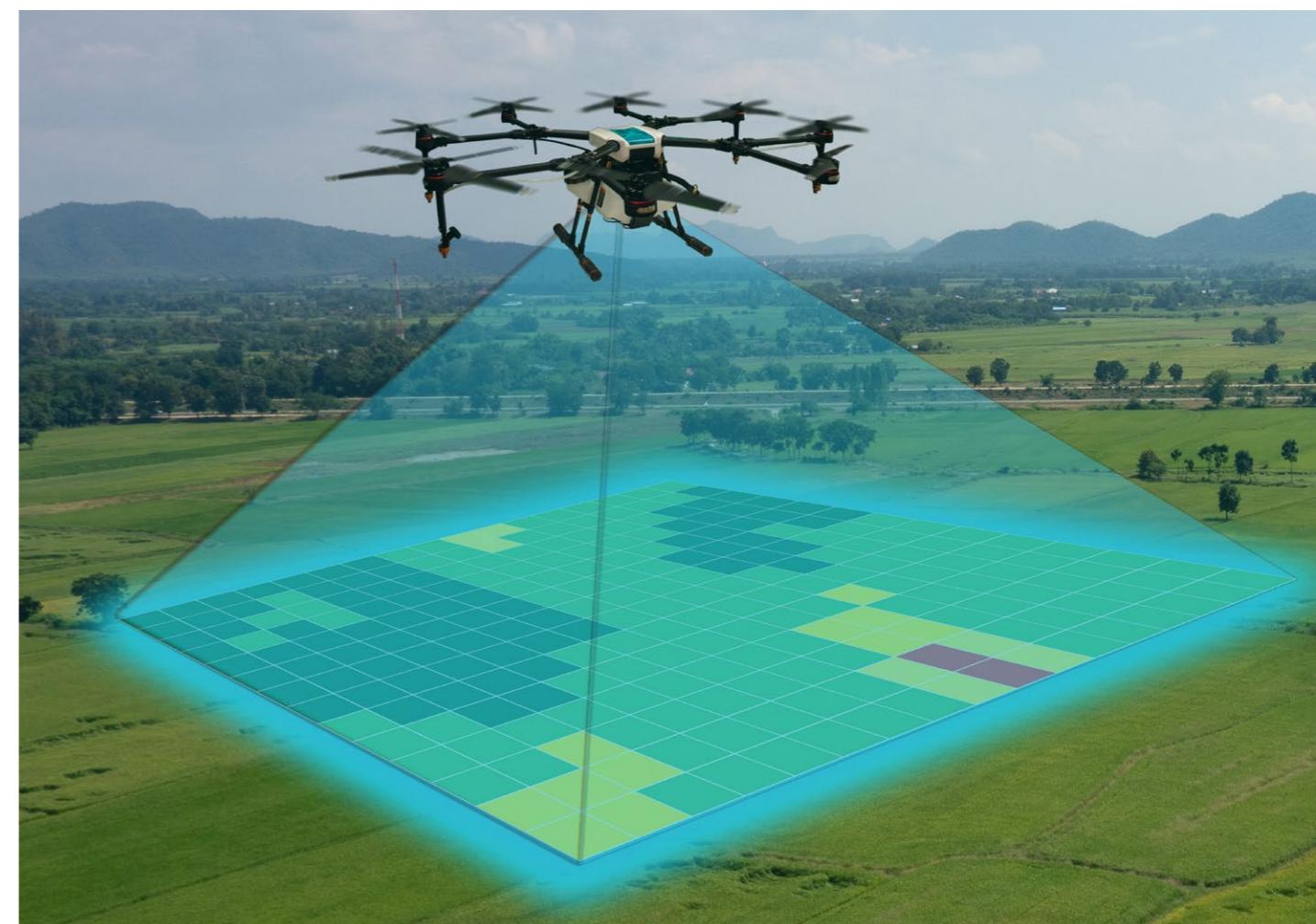
Uno de los principales indicadores de la fertilidad es el color de la tierra, el cual se relaciona estrechamente con el contenido de carbono orgánico (COS): una coloración oscura indica buena fertilidad, mientras que una clara suele asociarse con la ausencia o escasez de ésta. El COS es considerado un factor de suma importancia para conservarla, debido a que aumenta la capacidad de retención de agua y la producción vegetal, características que pueden ser registradas en un mapa digital para favorecer los sistemas de producción mediante la toma de decisiones con base en datos fidedignos y para la gestión de la política pública.



¿QUÉ ES EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO?

El COS es el carbono que contienen los residuos orgánicos (plantas, animales y microorganismos) que han pasado por un proceso de descomposición y mineralización. La porción que se encuentra en un ecosistema depende de la cantidad y calidad de la materia orgánica que se reincorpore al sustrato, de factores climáticos y de la capacidad de la superficie para retenerlo. Por consiguiente, un mapa de COS sería de gran utilidad para definir

el uso potencial, la calidad, la salud y el manejo del suelo. El carbono es tan importante que tiene implicaciones económicas (a mayor presencia mayor valor económico por su potencial productivo), ambientales (significa más CO₂ fijado y mayor diversidad y abundancia de microorganismos) y sociales (favorece la remoción de contaminantes del agua, aumenta la resiliencia y por tanto se reduce la probabilidad de contaminación y erosión).





¿QUÉ ES UN MAPA?

Comencemos por hablar sobre la cartografía, esta palabra proviene de los vocablos griegos *chartes*, que significa mapa, y *graphein*, que quiere decir escrito. Entonces podemos definir la cartografía como la ciencia que se encarga de compilar y analizar datos de regiones de la Tierra para representarlas gráficamente, es decir, se encarga del estudio y elaboración de mapas o cartas geográficas.

Se trata de una representación gráfica (una ilustración sencilla, clara y fácil de comprender) de una porción de territorio que muestra características de la zona, es decir, contiene algunos aspectos relevantes de un espacio geográfico, por ejemplo: cuerpos de agua, principales ríos, clase de suelo y vegetación. La variedad, precisión y cantidad de particularidades que presente

definirán el nivel de complejidad y su uso potencial en el análisis e interpretación de las referencias que contienen; mientras más sean, su aplicación, contribución a la toma de decisiones y valor económico (precio) serán mayores.

México tiene una tradición cartográfica que inició antes de la conquista y sus primeras proyecciones fueron trazadas con muchos errores, aun cuando daban una idea de las extensiones de terreno, sus límites y algunas características o propiedades, como vegetación, relieve y color.

Actualmente, la mayoría es elaborada utilizando algún programa computacional, entre los cuales se encuentran los sistemas de información geográfica (SIG). Estas herramientas conducen a planos más dinámicos e interactivos

que pueden ser manipulados digitalmente. La figura 2 muestra algunos ejemplos de éstos y de los detalles que pueden obtenerse con su ayuda y una base de datos que incluye registros de interés, es decir, capas temáticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) o de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

El mapeo digital (DSM, por su nombre en inglés *Digital Soil Mapping*) es una técnica que utiliza los sensores remotos, la geoestadística y las técnicas de extracción de datos para estimar las propiedades de una zona en particular (Xu *et al.*, 2017), esta técnica tiene un alto potencial

para desarrollar el manejo sostenible y disminuir el impacto que generan actividades primarias como la agricultura.

Hoy en día, los sensores remotos son una herramienta que complementa los estudios sobre el medio ambiente en diferentes rubros, como la Oceanografía y la Geología. En las actividades agropecuarias se emplean para la estimación de cosechas, el control de plagas y enfermedades, incendios forestales, entre otras aplicaciones, ya que permiten estudiar los sistemas ecológicos a diferentes escalas espaciales y temporales, lo cual no es posible con los métodos tradicionales como la fotointerpretación.

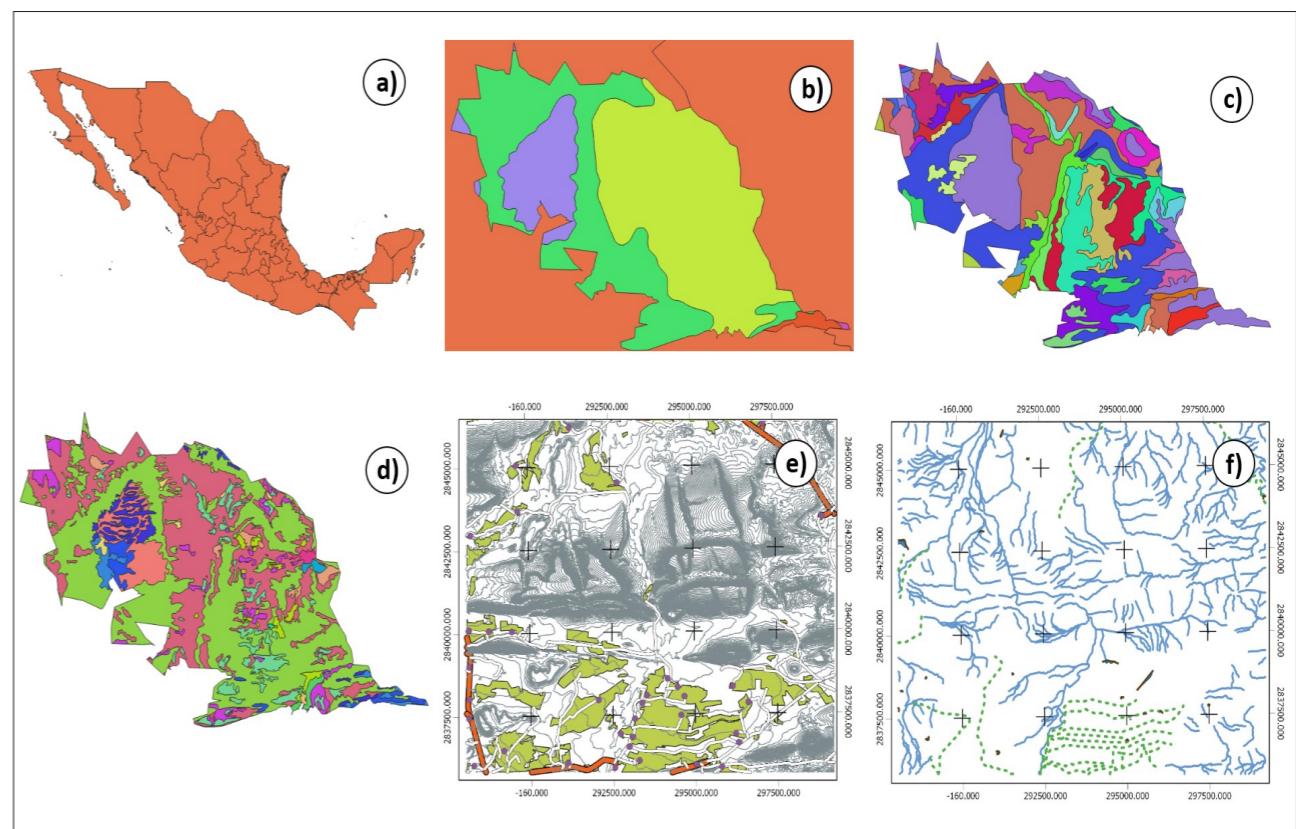


Figura 2. Variedades de mapas: a) división política; b) clima; c) clases y d) uso de suelo y vegetación; e) curvas a nivel, caminos y carreteras; f) cuerpos de agua, ríos, bordos y canales.



ENTONCES, ¿QUÉ SON LOS SENSORES REMOTOS Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA?

Los sensores remotos (SR) son sistemas o instrumentos que tienen la capacidad de percibir información de un objeto que se encuentra a una gran distancia de él; la figura 3 muestra al-

gunos sensores y plataformas, entre los que se encuentran aviones, satélites, radares y drones repartidos por todo el mundo y que funcionan de manera ininterrumpida.



Figura 3. Sensores remotos y plataformas empleados en la teledetección y su aplicación en nuestra vida diaria: apps en nuestros teléfonos celulares, receptores GPS portátiles, autos y drones en la agricultura de precisión.

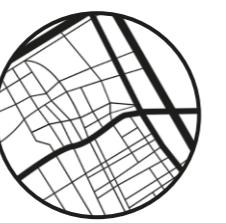
Los sensores son instrumentos capaces de leer la radiación electromagnética y registrar su intensidad, es decir, igual que la cámara de nuestros celulares es la parte que nos permite capturar una imagen, los sensores pueden ser desde una cámara hasta tecnologías más complejas como el radar.

Un SIG (o GIS por su nombre en inglés *Geographic Information Systems*) es un software que, del mismo modo que otras aplicaciones que utilizamos en nuestra vida diaria (Facebook, Instagram o WhatsApp), tiene el objetivo de integrar y analizar información. Sólo que, en el caso de los SIG, los elementos están relacionados con cualquier tipo de variable geográfica: asentamientos humanos (pueblos, comunidades, ciudades), densidad de población (número de habitantes por unidad de superficie), variedades de clima, uso de suelo y vegetación, principales carreteras, ríos o cuerpos de agua, entre otros. Estos SIG permiten al usuario consultar los informes de manera simple e interactiva, facilitando el análisis e interpretación de resultados.

De forma resumida, para capturar las notas de una imagen, descargarla y manipularla en los SIG, es necesaria la digitalización de los documentos (en caso de que se tenga cartografía impresa), lo cual puede realizarse de forma manual o automática mediante un scanner, para lo cual se recomienda el formato JPG por ofrecer una buena resolución (Instituto Geológico y Minero de España, 2007). Una vez que se cuente con la imagen digitalizada, es necesario añadir detalles sobre el área geográfica del espacio que representa, a esto se le denomina georreferenciación, es decir, el posicionamiento espacial o la asignación de coordenadas a puntos de control o de interés dentro de la imagen, los cuales servirán para la correcta localización de la información.



Es importante destacar que, en términos generales, se pueden generar planos de prácticamente todo lo que se ocurra e imagine, siempre y cuando la variable a destacar (pobreza, por ejemplo) esté georreferenciada. Así, se pueden hacer sobre riqueza, nivel educativo, concentración de contaminantes, producto interno bruto, acceso a la salud, disponibilidad de agua potable de buena calidad, saneamiento, entre otros.



¿CÓMO SE RELACIONA EL USO DE LOS SIG CON LA SUSTENTABILIDAD?

En términos simples, la sustentabilidad busca hacer un uso eficiente de las riquezas naturales y satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades, considerando aspectos ambientales, económicos y sociales. Por consiguiente, la sustentabilidad busca asegurar el bienestar social, el crecimiento económico y el cuidado del medio ambiente a través de todas las actividades que realizamos, causando el menor o nulo deterioro de los recursos y los ecosistemas. Es en esta parte donde el uso de sensores remotos montados en satélites, aviones o drones ha cobrado relevancia, esto debido a que es un método rápido, rentable y no destructivo para obtener referencias que nos permitan estimar diferentes propiedades del suelo y sus organismos, identificar principales actividades humanas y determinar el grado de desarrollo de áreas geográficas específicas (Xu *et al.*, 2017; Angelopoulou *et al.*, 2019).



CONCLUSIÓN

El uso de herramientas tecnológicas, como los sensores remotos y el uso de sistemas de información geográfica, facilita el estudio y análisis de datos que ayudan a describir las características y propiedades del suelo a través de mapas digitales. Así, a partir de éstos se toman decisiones sobre el uso potencial, manejo y aprovechamiento del recurso; además, en las superficies agrícolas, permiten estimar rendimientos, fechas de cosechas, ubicar plagas o enfermedades e identificar deficiencias nutrimentales con una tecnología de bajo costo, no invasiva y amigable con el medio ambiente. Asimismo, pueden contribuir significativamente a la planeación, política pública y toma de decisiones de empresarios o instituciones públicas o privadas, para impactar favorablemente los sectores económico, ambiental y social.



REFERENCIAS

- Angelopoulou, T., *et al.* (2019). Remote sensing techniques for soil organic carbon estimation: A review. *Remote Sensing*. 11(6):1-18. doi: 10.3390/rs11060676
- Instituto Geológico y Minero de España. (2007). *Procedimiento de digitalización de cartografía magna 1:50.000*. Edited by Implementa Systems.
- Poggio, L., *et al.* (2016). Bayesian spatial modelling of soil properties and their uncertainty: The example of soil organic matter in Scotland using R-INLA. *Geoderma*. Elsevier B.V. 277:69-82. Doi: 10.1016/j.geoderma.2016.04.026
- Xu, Y., *et al.* (2017). Incorporation of satellite remote sensing pan-sharpened imagery into digital soil prediction and mapping models to characterize soil property variability in small agricultural fields. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Inc. (ISPRS), 123:1-19. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.11.001