

# MAPEO DIGITAL DE PROPIEDADES FUNCIONALES DE SUELOS

FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES



**Mapas vivos actualizables con información nueva y relevante de suelos, digitalizada y accesible, que exprese la complejidad y diversidad del suelo a través del paisaje y que incluya propiedades funcionales del suelo.**

## ➤ Información digitalizada y accesible

La oferta de servicios ecosistémicos de suelos es cada vez más apreciada; dado el importante rol que juegan los suelos para enfrentar desafíos globales como el cambio climático, la escasez de agua y la creciente demanda de alimentos. Por lo tanto, la demanda de información de suelos, actualizada y relevante, ha aumentado rápidamente.

Frecuentemente la información disponible sobre los suelos se encuentra impresa e incluye datos incorrectos y desactualizados. Además, las escalas espaciales son muy pequeñas para poder ser utilizadas con fines prácticos en la gestión de tierras a nivel local y de acuerdo a las características del lugar. Existe una necesidad de información fidedigna sobre suelos.

Los avances en el Mapeo Digital de Suelos (MDS), desde los años 70, han mejorado significativamente el potencial para desarrollar y ofrecer información sobre suelos, fácilmente accesible para los que trabajan con la tierra (usuarios de paisajes), científicos y tomadores de decisiones que necesitan urgentemente este tipo de información.

Un mapa digital de suelos se fundamenta en una muestra estadística basada en muestras de campo y se utilizan algoritmos estadísticos para predecir propiedades en zonas donde no se han tomado muestras. Recientes avances tecnológicos, estadísticos y metodológicos



han acelerado significativamente el uso y desarrollo de metodologías de MDS. Pero no todas las metodologías de MDS son iguales y hay muchas diferencias en la calidad, precisión, costo y utilidad de los mapas producidos. CRS y nuestros socios trabajamos con una metodología innovadora para el mapeo digital de propiedades funcionales de suelo, desarrollada por el Dr. Phillip Owens.



**Se necesita información actualizada y relevante de suelos para enfrentar el desafío del cambio climático, la escasez de agua y la creciente demanda de alimentos**

### ➤ Un mapeo de suelos con información suficiente y precisa

Históricamente, la información sobre suelos se ha recopilado y transmitido mediante el levantamiento de suelos. Los mapas creados estaban sujetos a la interpretación y el análisis cualitativo del especialista. La información era presentada en formato impreso, con áreas que delimitaban fronteras discretas y marcaban distintos tipos generales de suelos. Estos mapas ilustraban con colores las diferencias de estructura y otras propiedades taxonómicas (Fig. 1).



**FIGURA 01**

Mapa taxonómico tradicional (izquierda), en el que podemos observar un cambio abrupto de información que se refleja en secciones por colores. Este cambio abrupto refleja límites que no existen en la naturaleza. Es decir, no se trata de un mapa continuo. En el mapa continuo de profundidad efectiva (derecha), no se observan estas diferencias.

En los años 70, se señalaron las debilidades de los mapas convencionales: su naturaleza cualitativa que dependía de la interpretación del especialista y la pequeña escala de la resolución espacial, que no expresaba adecuadamente la complejidad y diversidad de los suelos a través de un paisaje. De hecho, todavía el Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe, publicado en 2014, incluye mapas a una escala de 1:3 millón. Escalas tan pequeñas no muestran el detalle suficiente para la toma de decisiones a nivel de campo, cuenca o, incluso, a nivel nacional en Centroamérica (Fig. 1).



En los años 80, empujados por la llegada de geoestadísticas para la construcción de modelos de suelos, científicos de suelos migraron hacia métodos más cuantitativos para estimar variaciones en suelos. La geoestadística caracteriza atributos de suelos a través de modelos de probabilidad y técnicas para el reconocimiento de patrones. Cada punto donde se tomó un dato es georreferenciado y las probabilidades estadísticas se usan para estimar valores entre los puntos conocidos. Estos métodos crean mapas con validez estadística que dependen más de las matemáticas que del conocimiento de suelos en el paisaje.



**La información que necesitan productores, extensionistas o líderes para seleccionar opciones más productivas y eficientes, identificar lugares críticos o analizar la resistencia a la sequía**

### ➤ **Un mapeo que refleje la verdadera naturaleza del suelo en paisajes con alta variabilidad**

En la actualidad, el método geoestadístico es la forma más común de MDS. Sin embargo, mientras los métodos geoestadísticos permiten la producción de mapas digitales más eficientes y menos caros que los mapas convencionales, la metodología tiene algunas limitaciones significativas para la toma de decisiones sobre el uso y gestión de tierras.

Los mapas digitales basados en geoestadística se fundamentan en la identificación taxonómica de materia parental, textura y composición mineral. Los suelos, sin embargo, son también altamente influidos por las relaciones suelo-paisaje y pueden variar mucho al atravesar el paisaje. Los mapas digitales basados en geoestadística se fundamentan casi exclusivamente en muestras de laboratorio y falta el análisis del paisaje y el uso de la pedología para caracterizarlos y clasificarlos según la mezcla compleja de procesos que los erosionan, distribuyen y forman en su ambiente natural.

Esta desconexión con el paisaje tiene consecuencias importantes que hacen que estas metodologías sean menos prácticas para la toma de decisiones sobre el uso y gestión de tierras, especialmente a nivel local:

**01** Los suelos pueden ser muy variables en distancias pequeñas dependiendo de las características del paisaje. Las metodologías geoestadísticas capturan la alta variabilidad y son mucho menos precisas a una escala local. Esta situación se agrava especialmente cuando los datos son inadecuados. Las áreas de ladera, comunes en la pequeña agricultura de Centroamérica y Oaxaca, tienen una variabilidad particularmente significativa en áreas muy pequeñas, y en gran parte de ellas existen relativamente pocas muestras de suelos. En estas condiciones, la capacidad de la geoestadística para predecir acertadamente los datos desconocidos es muy reducida, resultando mapas que no son acertados para la escala local.



- 02 Los factores que determinan diferencias en el potencial natural de producción de un cultivo incluyen el pH, materia orgánica, profundidad, conductividad hidráulica y el agua disponible para las plantas y nutrientes. Los mapas tradicionales y digitales basados en geoestadísticas generalmente no incluyen esta información, a pesar de que esta información es precisamente lo que se necesita para que productores, extensionistas, líderes de programas y tomadores de decisiones puedan seleccionar las opciones más productivas y eficientes sobre la inversión para la gestión sostenible de suelos.

### ➤ Nueva metodología combinada que supere las limitaciones anteriores

Phillip Owens y sus colegas —anteriormente de la Universidad Purdue y ahora USDA ARS— han incorporado la interpretación pedológica de cómo se forman y se distribuyen los suelos a través de los paisajes a un proceso revisado de mapeo digital, que combina lo mejor de ambas metodologías: la tradicional y la geoestadística digital. El modelo de mapeo está basado en el modelo de Hans Jenny que considera cinco factores para la formación de suelos (clima, actividad biológica, topografía, materia parental y tiempo) y vincula estos factores con los parámetros funcionales de suelo en relaciones continuas a través del paisaje. Este planteamiento contrasta bastante con los métodos tradicionales, que muestran límites o delimitaciones abruptas, algo que sucede raramente en la naturaleza (Fig.1). La metodología proporciona una evaluación de la variabilidad de los suelos al atravesar los paisajes, con una escala mayor, y en términos prácticos y útiles para la gestión local de paisajes.



### Información digitalizada y accesible que exprese la complejidad y diversidad del suelo a través del paisaje

### ➤ Generar mapas vivos que aprovechen la información existente y puedan actualizarse

Una gran ventaja de esta metodología es que los datos que alimentan el modelo se pueden recopilar a partir de mapas y datos ya existentes en cada país (mapas e información), como: mapas de suelo históricos, bases de datos, análisis de suelos desde una escala local hasta una nacional e, incluso, el conocimiento experto (muy pocas veces documentado). Estos datos se recolectan, se digitalizan si es necesario y se evalúan en términos de calidad. Un insumo importante para el modelo y la escala final del mapa es la disponibilidad de un Modelo Digital de Elevación (MDE), el cual refleja la topografía del paisaje (la topografía distribuye el agua sobre el paisaje que forma los suelos). La resolución ideal del MDE para el mapeo de suelos en Centroamérica y Oaxaca es de 10 a 15 metros. Además, información sobre materia parental o geomorfología se considera información clave para modelar patrones de suelo-paisaje y los llamados atributos del paisaje. De esta forma, es





## Una información que pueda generar mapas vivos actualizables y mejorables con nuevos datos

posible identificar áreas con características parecidas sobre el paisaje. Estas unidades se llaman clases de suelos. Los datos disponibles de análisis de laboratorio o de trabajo en el campo, en conjunto con el conocimiento experto, se aprovechan para asignar valores a distintas propiedades del suelo. Un abordaje de lógica difusa asegura que los valores sean asignados según reglas que los expertos identifican de acuerdo a la topología. Esta es una diferencia clave con el mapeo digital basado en geoestadística que se fundamenta en modelos de probabilidad, desconectados de la topografía. Esta metodología permite mapear propiedades funcionales, que ofrecen información más directa para la toma de decisiones sobre el manejo y no necesitan, o necesitan menos, interpretación en comparación con la información taxonómica sobre suelos. Los resultados son “mapas vivos”, que fácilmente pueden ser actualizados y mejorados cuando disponemos de nuevos datos.

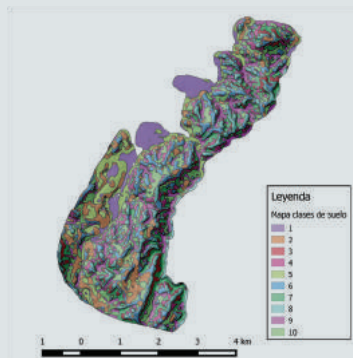


FIGURA 02

Mapa de clases de suelo. El mapa indica 10 diferentes clases, que se realizaron con base en los mapas de índice de multirresolución de fondo de valle (mr-vbf), índice de posición topográfico (tpi), índice de humedad topográfico (twi) y la pendiente, el mapa se elaboró utilizando el software soLIM solution.

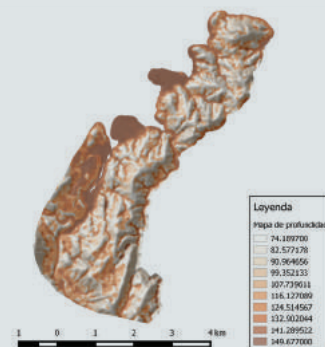


FIGURA 03

Mapa de profundidad. El mapa de profundidad se generó a partir del mapa de clases de membresía de suelo, además de incluir la información de los cuadrantes en El Salvador utilizando el software soLIM solution, la profundidad en las zonas más oscuras es mayor.

### ➤ Una información ajustada a las necesidades y la escala de las decisiones

Al conectar propiedades de suelos al paisaje, esta metodología de mapeo digital puede predecir parámetros funcionales de suelos a una escala tan grande como una hectárea. A esta escala, y con información sobre parámetros tales como el contenido de materia orgánica, pH y capacidad para retener agua; los tomadores de decisión sobre el manejo y



uso de un paisaje pueden analizar los mapas y evaluar qué cultivos y sistemas de cultivos prosperan en una zona determinada y cuáles enfrentarán desafíos. Esto es especialmente importante cuando los cambios climáticos afectan la viabilidad de algunos sistemas de cultivos tradicionales en la región.



## Una información más directa y a mayor escala para la toma de decisiones, que arroje propiedades funcionales del suelo sin delimitaciones abruptas que no ocurren en la naturaleza

Estos mapas también pueden servir para identificar “lugares críticos” de degradación de suelos; recomendar prácticas de mitigación para la degradación y las condiciones variables del clima; y diseñar estrategias de inversión para enfrentar las necesidades más urgentes. Además, los mapas pueden usarse para analizar la resistencia a la sequía (cuántos días un cultivo puede sobrevivir sin lluvia antes de impactos severos en el rendimiento); la susceptibilidad a escorrentía y erosión; y hasta la probabilidad de derrumbes, una aplicación que va mucho más allá de la agricultura. Es importante señalar, sin embargo, que algunos usos requieren mayor análisis e interpretación y que dependen del propósito y el conocimiento de suelos del usuario. Es por esto que los esfuerzos complementarios de CRS para el fortalecimiento de capacidades entre los recursos humanos en la región son tan importantes.

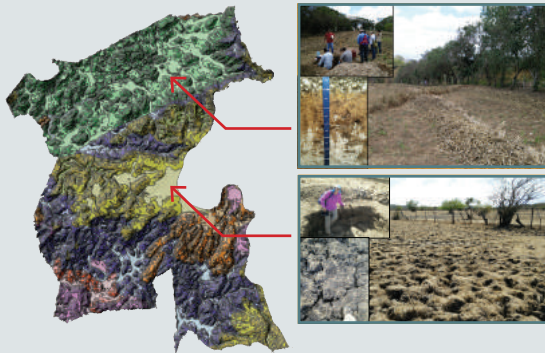


FIGURA 03

Capacitación del Grupo Gestor de Mapeo en El Salvador. El Taller consistió en sesiones teóricas y prácticas. La zona seleccionada para desarrollar el pilotaje comprende áreas de los municipios de Uluazapa, Comacarán, Yasantique y Yucuaquín, de los departamentos de San Miguel y La Unión, en la Cuenca del Río Grande de San Miguel.

### ➤ CRS apoya el desarrollo de capacidades

CRS ha trabajado, en colaboración con Phillip Owens y su equipo, desde 2014 en el desarrollo y aplicación de su metodología innovadora para el mapeo digital de parámetros funcionales de suelos en tres países de Centroamérica (El Salvador, Honduras y Nicaragua), agregando a Guatemala en 2015 y a Oaxaca, México, en 2016. Se han reclutado “Grupos Gestores de Mapeo” interdisciplinarios provenientes de instituciones gubernamentales, universidades y el sector privado para participar en el proceso de construcción de capacidades; mientras se ha promovido el interés en inversiones locales para el mantenimiento, mejoramiento y uso sostenible de la metodología de mapeo. Estos grupos han



participado en múltiples capacitaciones regionales, locales y webinar del equipo Owens, quienes han guiado a los grupos, paso a paso, a través de un proceso para la creación de mapas pilotos en cada país (ver Fig. 4). Los mapas pilotos fueron calibrados en el campo por los mismos Grupos Gestores de Mapeo, que excavaron calicatas y compararon los mapas con la realidad. Los equipos de campo se sorprendieron por la precisión de los mapas que muestran variaciones del suelo en distancias muy cortas (ver Fig. 2 y 3).



### **CRS trabaja en el desarrollo de capacidades con grupos gestores de mapeo interdisciplinarios y promueve el interés en inversiones para mejorar el mantenimiento, mejoramiento y uso sostenible de la metodología de mapeo**

Mientras los Grupos Gestores de Mapeo en cada país han mejorado su comprensión y validación de la metodología, CRS les ha apoyado para sensibilizar a tomadores de decisiones gubernamentales de alto nivel sobre la metodología, actualizándoles sobre el avance de los ejercicios de mapeo y buscando opciones para el apoyo y el mantenimiento de estos procesos a largo plazo en cada país. La participación de personal técnico clave de varios ministerios y agencias ya representa una inversión significativa en tiempo y esfuerzo para fortalecer sus capacidades, contribuir con conocimientos y datos, y participar plenamente en el proceso de mapeo. Mientras el proceso madura, los tomadores de decisiones en cada país tendrán que determinar el camino más factible para la institucionalización de estas capacidades en su contexto local.

