

---

## Estado del Mapeo Digital de Suelos (MDS) en Nicaragua: una herramienta para la toma de decisiones en el manejo de la fertilidad de suelos

Elaborado por: Martínez Rayo, Jorge; Castellón Benavides, Jorge; Mendoza Jara, Fernando; Acuña Espinal, Efraín; Castellón Meyrat, Alex; Rodríguez, Wilmer; López, Andrés Agustín.



# CONTENIDOS

[Resumen](#)

[Introducción](#)

[Objetivos y Metodología](#)

[Resultados y discusión](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias Bibliográficas](#)

## Resumen ejecutivo

Se ha avanzado en el desarrollo de la iniciativa de Mapeo Digital de Suelos (MDS) en el proyecto ASA financiado por Howard G. Buffett Foundation (HGBF) y ejecutado por CRS y sus socios, coordinado dentro del grupo gestor liderado por Universidad Nacional Agraria (UNA), y como socio estratégico y fundamental el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Se ha aplicado la metodología de Lógica Difusa diseñada por un equipo liderado por el Dr. Phillip Owens de USDA. Se aborda el nivel de avance de esta iniciativa en Nicaragua. Se presentan aspectos importantes de la estructuración del grupo gestor de MDS, se expresa la necesidad de

desarrollar un geo portal para brindar los servicios de una herramienta digital al servicio del estado de la fertilidad de suelos a diferentes actores. Se ha desarrollado cinco (5) mapas digitales en el área piloto del corredor seco con una superficie de 12,741 km<sup>2</sup>, de las propiedades Materia Orgánica, fósforo, potasio, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y pH, en formato ráster con una resolución de 30m; los cuales están en proceso de validación en campo y consultas a expertos. Existe gran expectativa con potencial para formar parte de la demanda de estos productos en ONG, empresas privadas, universidades y el sector público. Este potencial servicio puede ser parte de un sistema de restauración de suelos en el país.

## Introducción

El diseño de mapas a nivel mundial ha sido, en algunos casos, una herramienta utilizada para conocer el estado de la fertilidad de los suelos, su clasificación y factores para el estudio de la potencialidad de algunos cultivos. En otros casos, el desarrollo de mapas ha sido importante en el sector académico como una herramienta de aprendizaje de los factores relacionados con el suelo y su formación.

En los últimos años, en Nicaragua se han diseñado mapas con metodologías tradicionales como es el mapa de taxonomía de suelos de Nicaragua publicado por INETER. Adicionalmente se han desarrollado mapas que muestran de manera muy general las condiciones de fertilidad de suelo en el país (Baca Castellón, 2018). Algunos de estos productos generados muestran niveles de incertidumbre

bastantes altos en especial en los sitios donde el muestreo es bajo como es la zona del Caribe nicaragüense -Ministero de Agricultura (MAG), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), 2018-.

Bajo estas premisas y en búsqueda de generar una herramienta digital basada en mapas de propiedades funcionales, se ha venido desarrollando la iniciativa del Mapeo Digital de Suelos dentro del proyecto Agricultura, Suelos y Agua (ASA) que ejecuta CRS y un grupo de socios en el país, este grupo es conocido como grupo gestor (Martinez Rayo, 2018). Este grupo es coordinado por la Universidad Nacional Agraria. Este proyecto es financiado por Howard G. Buffet Foundation (HGBF).

En cuanto a la metodología de desarrollo de esta herramienta, es importante mencionar que, aunque una variedad de técnicas han sido desarrolladas y están ampliamente disponibles, es preciso no perder de vista la riqueza de la información de suelos existente capturada por el estudio histórico del suelo y no desestimar el conocimiento de los científicos del suelo (Ashtekar & Owens, 2014). Relacionado a esto con el desarrollo del trabajo de este grupo, se está enfocando en la aplicación de la metodología de Lógica Difusa (Fuzzy Logic) en combinación del conocimiento experto para la generación de mapas con parámetros funcionales y predecir las mismas en áreas agrícolas de interés (Ashtekar & Owens, 2014) (Magadaleno & Martínez Romero, 2018).

La experiencia muestra que los resultados del uso de

la metodología de la Lógica Difusa muestran un gran valor en el desempeño por la facilidad de predecir propiedades del suelo en zonas donde no se disponen de muestras de suelos, además es de gran importancia porque hace uso del conocimiento experto para la estimación de parámetros (Duarte de Menezes, Godinho Silva, de Mello, Owens, & Cur, 2018).

Considerando lo anteriormente planteado, el presente artículo tiene como propósito establecer el nivel de avance del proceso del desarrollo de la herramienta de Mapeo Digital de Suelos (MDS) en Nicaragua, considerando aspectos técnicos y organizativos.

## Objetivos

El presente artículo tiene como objetivos

- Describir los aspectos más importantes en el diseño de mapas digitales para la estructuración de una herramienta digital y apoyar el proceso de toma de decisiones para el manejo de este recurso
- Analizar los factores limitantes que se presentan en base a los productos generados hasta este momento
- Identificar los próximos pasos para iniciar el funcionamiento de la herramienta digital a disposición de los principales usuarios

## Metodología

Como primera prioridad se organizó el grupo gestor MDS para el desarrollo de la iniciativa.

Posteriormente se han organizado talleres y reuniones para la aplicación de la metodología.

La metodología empleada para el desarrollo de los mapas es la de Lógica Difusa (Fuzzy Logic) en combinación con el conocimiento experto para mejorar la precisión de los resultados en un área de trabajo de 12,741 km<sup>2</sup> que comprende el corredor seco del país. Las actividades más importantes de la metodología son (Cadena & Da Silva, 2016):

- Ajustes al Modelo Digital de Elevación (DEM) elevación con una resolución de 30m,
- Procesamiento de las variables ambientales para identificar covariables
- Desarrollo de reglas de mapeo usando SOLIM (Soil Land Inference Model), creación de membresías
- Diseño de mapas de propiedades funcionales del suelo

## Resultados y discusión

A continuación, se detallan aspectos importantes del desarrollo de la propuesta para incluir mapas en la herramienta de mapeo digital de suelos. Empezando con aspectos organizativos, técnicos y de limitantes de aplicación.

### Aspectos organizativos de la iniciativa

Durante el último semestre del 2018 las actividades de este resultado estuvieron centradas en fortalecer las habilidades para generar mapas de usos funcionales y mejorar la capacidad computacional para el procesamiento de datos de mapeo. Bajo este esquema se realizó taller de fortalecimiento con la temática de MDS con Lógica Difusa. Este evento de refrescamiento fue facilitado por Zamir Libohova, y Fernando Mendoza. En esta actividad se tenía previsto el desarrollo de los primeros mapas de propiedades funcionales de suelo, pero las capacidades de los equipos usados no lo permitieron. En este sentido, se logró obtener un equipo PC con fondos de ASA CRS, capaz de desarrollar los procesos necesarios (CRS ASA

Nicaragua Programa Agua y Suelos para la Agricultura , 2018).

La actividad de capacitación también sirvió para fortalecer la integración del grupo gestor de MDS, actualmente el grupo MDS Nicaragua está conformado por cinco universidades (UNA, UNAN León FAREM Matagalpa y FAREM de Estelí de la UNAN Managua, UNAN León y URACCAN) dos ONG (CRS y CIAT), un centro de investigación CIGEO y tres instituciones públicas (INTA, INETER y MARENA).

Una de las limitantes organizativas encontradas en ese proceso es la ausencia de un geoportal que garantice la publicación de los resultados para ponerlos al servicio de los potenciales usuarios que en este caso son extensionistas, docentes universitarios, profesionales de entidades públicas, empresas privadas y productores.

En este sentido se destaca que existen experiencias para la creación y uso de geoportales. Estas experiencias destacan que la adopción de geoportales, por autoridades locales, han permitido innovar en la forma de visualización de información geográfica útil para elevar la competitividad, mejorar los servicios públicos y minimizar costos en los procesos que se deban ejecutar. Sin embargo, su uso está restringido por la ausencia de recursos humanos especializados y por la brecha digital producida por falta de infraestructura y conectividad (Mora Maciel, Rosales Valenzuela, & Vázquez Flores, 2017).

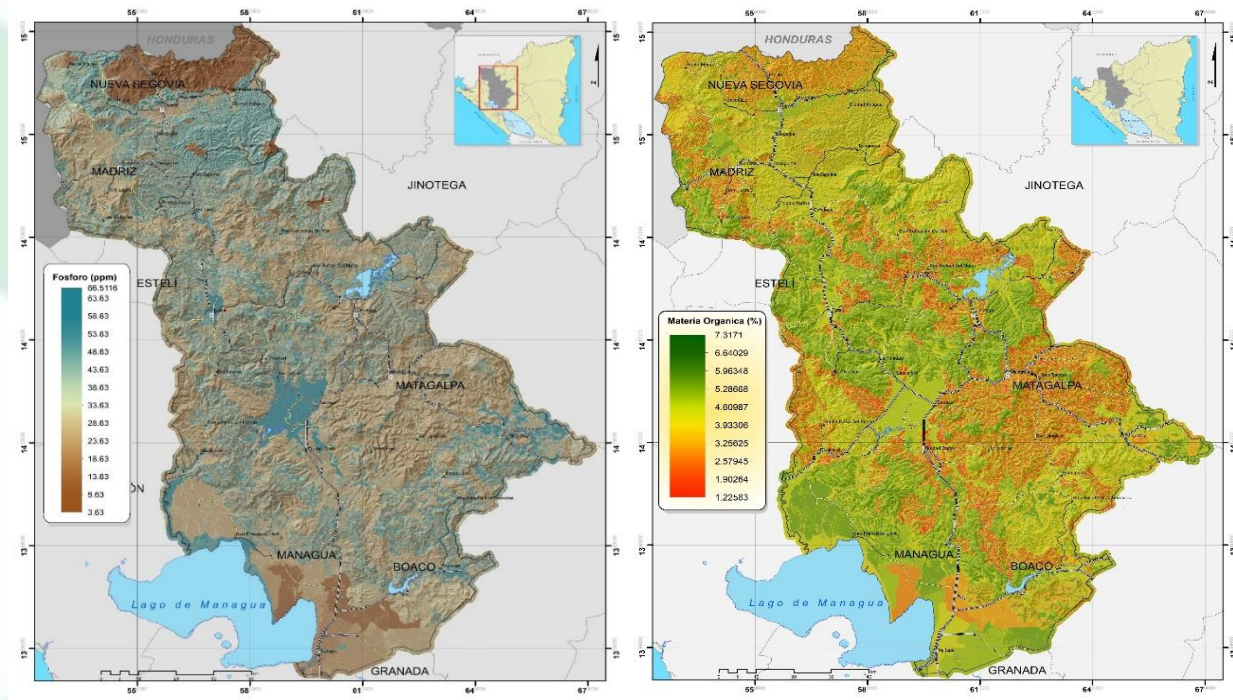
Por otra parte en una revisión de la importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se llegó a la conclusión que la información espacial y en especial la cartografía digital, debe ser apreciada y tratarse como un bien público, debido a que siendo la geografía la columna vertebral, la componente inevitable en la concepción del territorio, debería ser la plataforma sobre la cual se cimienta el conocimiento que admite el desarrollo de los países (Molina, López, & Villegas, 2005). En este sentido se visualiza un gran reto para el desarrollo de plataformas digitales que puedan ser partes de un sistema de

restauración de suelos al servicio de diferentes actores del sector agropecuario.

### Aspectos técnicos de la metodología

Se han desarrollado cinco mapas de propiedades funcionales. Conforme a la metodología utilizada y las condiciones que se disponen en el país, se considera que se adapta muy bien por las ventajas que esta ofrece, en especial a la falta de información de suelos en muchas áreas de poco acceso y la disposición de expertos en temas de suelos. Relacionado a esto, se puede establecer que el mapeo digital del suelo basado en el conocimiento mediante lógica difusa es una opción precisa para la predicción espacial de las propiedades del suelo considerando: 1) un esquema de muestreo menos intenso; 2) recursos financieros escasos para un muestreo intensivo; 3) adecuación a las propiedades con distribución de no linealidad (Duarte de Menezes, Godinho Silva, de Mello, Owens, & Cur, 2018). Otras instituciones como el CIAT, han retomado el uso de esta técnica para mapeo de suelos en diferentes lugares (Cadena & Da Silva, 2016).





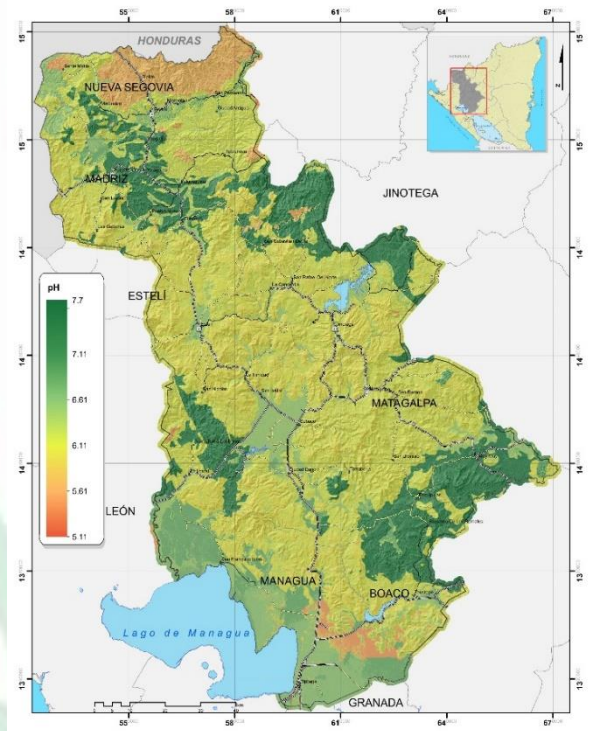
*Figura 1. Mapas del comportamiento del fósforo y materia orgánica (MO) en el suelo, generados como una primera versión por el grupo gestor MDS de Nicaragua utilizando la metodología de Lógica Difusa y conocimiento experto*

En un estudio de caso en los Alpes italianos, se examinó la distribución espacial de las formas de humus, clasificadas por la ocurrencia de un horizonte con presencia de humus (residuos humificados). Parece haber una fuerte relación con la elevación y una menor correlación con la exposición de la pendiente. Esto nos indica que puede ser más precisos el uso de covariables como la pendiente y la altura, para predecir el comportamiento de la materia orgánica (Hellwig, Anschlag, & Broll, 2016).

En base a lo anterior se demuestra que el enfoque basado en la lógica difusa demuestra ser adecuado para modelar la distribución espacial de los indicadores de descomposición de la materia orgánica. El mapeo de valores difusos permite la representación de la variabilidad a pequeña escala y la incertidumbre de los datos debido a un tamaño de muestra relativamente bajo en un entorno muy heterogéneo (Hellwig, Anschlag, & Broll, 2016). Esto debe ser de mucha importancia si consideramos que para el

desarrollo de los mapas para la herramienta digital disponemos de suficientes puntos de muestreo para algunas zonas, en especial las zonas del caribe y zona sur del país.

En las condiciones planteadas anteriormente, se han generado cinco mapas del comportamiento de parámetros funcionales del suelo: MO, pH, potasio, fósforo y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Si embargo existen ciertas observaciones en los resultados que deben ser ajustadas en un proceso de revisión y validación. Entre estas observaciones están la limitante que la lógica difusa no permite establecer cambios graduales entre las geologías utilizadas, además de datos fuera de los rangos normales en algunas micro zonas. Por ejemplo, las zonas donde se desarrollan café en la cordillera de Dipilto y Jalapa reflejan valores bajos de materia orgánica, lo que es un motivo para desarrollar un proceso de validación



*Figura 2. Mapa del comportamiento del pH en el suelo, generados como una primera versión por el grupo gestor MDS de Nicaragua utilizando la metodología de Lógica Difusa y conocimiento experto*

## CONCLUSIONES

Es un reto poder conjugar los intereses de los miembros del grupo gestor MDS, además de los intereses y expectativas de los usuarios. Además, existe gran expectativa con la posibilidad de diseñar la herramienta digital y ponerla al servicio de empresas, gremios, ONG y universidades. Por la facilidad de predecir las propiedades del suelo cuando se disponen de pocos datos, esta metodología es potencial para institucionalizarse en las universidades y entidades estatales dedicadas a administración territorial.

En las próximas tareas del grupo gestor y con la asesoría de USDA, se deberá priorizar estrategias para superar algunas limitantes que se presentan en la metodología.

## Referencias bibliográficas

- Ashtekar, J., & Owens, P. R. (2014). Remembering Knowledge: An Expert Knowledge Based Approach to Digital Soil Mapping. *Soil Horizons*, 1-6.
- Baca Castellón, L. (19 de febrero de 2018). Mapa detalla dónde están las tierras más fértiles de Nicaragua. *La Prensa*. Recuperado el 2018 de agosto de 21, de <https://www.laprensa.com.ni/2018/02/19/economia/2379090-mapa-detalla-donde-estan-las-tierras-mas-fertiles-de-nicaragua>
- Cadena, D., & Da Silva, M. (2016). *Manual práctico: Mapeo Digital de Suelos*. Puerto Príncipe : Haiti.
- CRS ASA Nicaragua Programa Agua y Suelos para la Agricultura . (2018). Informe Semestral (octubre 2017 a marzo 2018). Informe de actividades semestrales, Estelí, Nicaragua. Recuperado el 2018 de agosto de 25
- Duarte de Menezes, M., Godinho Silva, S. H., de Mello, C. R., Owens, P. R., & Cur, N. (2018). Knowledge-based digital soil mapping for predicting soil properties in two representative watersheds. *Scientia Agricola*, 75(2), 144-153. doi:ISSN 1678-992X
- Hellwig, N., Anschlag, K., & Broll, G. (2016). A Fuzzy Logic Based Method for Modeling the Spatial Distribution of Indicators of Decomposition in a High Mountain Environment. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research: An Interdisciplinary Journal (AAAR)*, 48(4), 623-635. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1657/AAAR0015-073?needAccess=true>
- Magdaleno, M. M., & Martínez Romero, R. (2018). Knowledge-based digital soil mapping for predicting soil properties in two representative watersheds. Obtenido de <http://ambiental.cedex.es>: <http://ambiental.cedex.es/docs/Ingenieria-Civil-138-2005-Fuzzy-logic.pdf>
- Martinez Rayo, J. (agosto de 24 de 2018). MDS Nicaragua. Video propomocional de MDs Nicaragua. Estelí, Estelí. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=qepl37KSDjU&t=168s>
- Ministero de Agricultura (MAG), Insituto Nicaraguense de Tecnología Agrpecuaria (INTA), Insituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER). (2018). Mapas de factores de fertilidad de suelos de Nicaragua. Recuperado el 2018 de agosto de 20, de <http://www.mapoteca.ineter.gob.ni>: <http://www.mapoteca.ineter.gob.ni/Produccion/factoresdefertilidad/factoresdefertilidad.pdf>
- Molina, A. M., López, L. F., & Villegas, G. I. (noviembre de 2005). Los Sistemas de Iformación Geográfica (SIG) en la planificación municipal. *Revista EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)*(4), 21-31. doi: ISSN 1794-1237
- Mora Maciel, A., Rosales Valenzuela, K. V., & Vázquez Flores, J. M. (febrero de 2017). Los geoportales, una herramienta alternativa para el desarrollo económico local. *El Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 6(11), sp. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-36072017000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-36072017000100001)