



C5P1. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SUELOS DEL INTA (SISINTA): PRESENTE Y FUTURO

Angelini, Marcos E.¹; Rodríguez, Darío M.¹; Olmedo, Guillermo F.²; Pasquier, Mauricio L.³; Schulz, Guillermo A.¹; Aleksa, Alicia S.¹; Angelini, Hernán P.⁴; Babelis, Germán C.⁵; Barrios, Raúl A.⁶; Bustos, María V.⁷; Carboni, Gervasio¹; Casabella, María P.¹⁰; Colazo, Juan C.⁸; de Bustos, María E.⁹; de la Fuente, Juan C.¹; Díaz, Ricardo C.¹; Di Fede, Beatriz E.¹; Escobar, Dardo¹⁰; Escobar, Lilita E.⁶; Faule, Lautaro¹¹; Garay, Jorge M.⁶; Godagnone, Rubén E.¹; Hurtado, Paula⁸; Irigoien, Julieta¹; Kurtz, Ditmar B.⁶; Liotta, Mario A.⁵; Medina Herrera, Daniela¹⁰; Miraglia, Horacio N.¹; Morales Poclava, María C.¹²; Navarro, María F.¹; Rigo, Santiago¹; Rossi, Juan P.¹; Sánchez, Julio M.¹; Valdetaro, Rocío A.⁸; Vicondo, Manuel E.⁷ y Vizgarra, Lidia A.¹³

¹ INTA-CIRN, Instituto de Suelos, N. Repetto y Los Reseros s/n, Hurlingham (1686), Buenos Aires, Argentina; ² INTA EEA Mendoza, San Martín 3853, Luján de Cuyo (5507), Mendoza, Argentina; ³ programador Freelance; ⁴ INTA EEA Balcarce, Ruta 226 Km 73,5 Balcarce (7620), Buenos Aires, Argentina; ⁵ INTA EEA San Juan, Calle 11 y Vidart, Villa Aberastain (5427), San Juan, Argentina; ⁶ INTA EEA Corrientes, Ruta Nacional 12 Km 1008, Corrientes, Argentina; ⁷ INTA EEA Manfredi, Ruta Nacional 9 km 636 Manfredi (5988), Córdoba, Argentina; ⁸ INTA EEA San Luis, Ruta Nacional 7 y 8, Villa Mercedes (5730), San Luis, Argentina; ⁹ INTA EEA Catamarca, Ruta Provincial N° 33 km 4, Sumalao (4705), Valle Viejo, Catamarca, Argentina; ¹⁰ Ministerio de Agroindustria, Av. Paseo Colón 982 (C1063ACW) CABA Argentina; ¹¹ Contrato Fundación ArgenInta; ¹² INTA EEA Salta, Ruta Nacional 68 Km 172, Cerrillos (4403), Salta, Argentina; ¹³ INTA EEA Quimilí, Ruta Provincial N° 6 Km 9 (3740) Quimilí, Santiago del Estero. angelini.marcos@inta.gob.ar

RESUMEN

Durante más de 30 años, a partir de 1964, en Argentina se relevó casi la totalidad del territorio con la finalidad de elaborar mapas de suelos. En ese lapso de tiempo, fue necesaria la descripción y muestreo de más de 10.000 perfiles. Gran parte de esa labor se encuentra en la actualidad únicamente preservada en formato papel, con el consiguiente riesgo de sufrir pérdidas y/o deterioro con el paso del tiempo. Por tal motivo, en 2011 se crea el Sistema de Información de Suelos del INTA (SISINTA), una plataforma de software abierto compuesta por una base de datos espacial y una interfaz web de usuario. La interfaz gráfica permite la carga de datos de forma simple y rápida. El formato de carga simula las planillas de campo utilizadas por INTA para la descripción de suelos, respetando la organización de estos datos. Estos datos pueden ser posteriormente descargados mediante la opción de búsqueda y exportación. El sistema además cuenta con un servicio de web-mapping que permite la visualización, y selección de perfiles en base a su distribución geográfica.

Palabras clave: base de datos, repositorios digitales, perfiles edáficos

INTRODUCCIÓN

Desde mediados de la década del 60, y de manera casi ininterrumpida durante más de treinta años, en Argentina se relevó casi la totalidad del territorio con el fin de elaborar los mapas de suelos nacionales a través del Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana (INTA, 1964). El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) fue el organismo que lideró la iniciativa y el responsable de la elaboración de la cartografía de suelos a diferentes escalas. Publicaciones como el Atlas de Suelos de la República Argentina, escalas 1:500.000 y 1:1.000.000 (SAGyP - INTA, 1990), las cartas de suelos provinciales (escalas 1:50.000 y 1:100.000) y el Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000 (SAGyP-INTA, 1989) se encuentran entre los logros más significativos de esa etapa.

Para la realización de la cartografía de suelos nacional fue necesaria la descripción y muestreo de más de 10.000 perfiles, muchos de los cuales fueron seleccionados para ser representativos de las áreas que ocupaban. Si bien parte de la información relevada fue publicada en mapas o cartas de suelos, en muchos casos los datos de campo están preservados únicamente en formato papel, con el consiguiente riesgo de sufrir pérdidas y/o deterioro con el paso del tiempo.

Esta situación no ha sido exclusiva de la Argentina, ya que experiencias semejantes se llevaron a cabo en otros países como Brasil, donde un proceso similar derivó en el desarrollo del Sistema de información de suelos brasileños (Simoes *et al.*, 2015). Con el mismo objetivo de salvaguardar la información y hacerla accesible, el ISRIC -



WorldSoilInformation desarrolló WoSIS, una base de datos espacial georeferenciada de perfiles de suelos (Batjes, N. et al., 2016). Una publicación reciente presenta un detalle a nivel mundial de este tipo de proyectos (Arrouays *et al.*, 2017).

En este contexto, en el año 2011 se crea el Sistema de Información de Suelos de INTA (SISINTA), disponible en la URL <http://sisinta.inta.gob.ar>. Con SISINTA se busca, además de salvaguardar los datos primarios, hacerlos accesibles para los usuarios a través de una plataforma que permita su visualización y facilite su armonización. El objetivo de esta comunicación es describir las características del sistema así como de los datos de los perfiles de suelos que se encuentran en la base de datos.

SISINTA como plataforma de datos de suelos

El SISINTA es una plataforma de software abierto compuesta por una base de datos espacial y una interfaz web de usuario. La interfaz gráfica permite la carga de datos de forma simple y rápida, ya que el formato de carga simula las planillas de campo utilizadas por INTA para la descripción de suelos, respetando la organización de estos datos. Cuenta con una sección donde se detallan las características del paisaje, otra de descripción de propiedades de los horizontes o capas del suelo, una solapa de datos analíticos, y un mapa con la ubicación del perfil. Además, presenta la opción de adjuntar fotos y documentos que aporten información adicional al perfil de suelo. Estos datos pueden ser posteriormente descargados mediante la opción de búsqueda y exportación a un archivo de texto separado por comas (formato csv). El sistema además cuenta con un servicio de web-mapping que permite la visualización y selección de perfiles en base a su distribución geográfica.

El desarrollo de SISINTA se realiza en un sistema de control de versión llamado Git (Torvalds&Hamano, 2010) y se encuentra alojado en GitHub, una plataforma para proyectos versionados (<https://github.com/INTA-Suelos/SiSinta>). Este tipo de desarrollo permite, entre otras características, que SISINTA pueda ser adoptado y/o modificado por otras instituciones, así como también que nuevos módulos puedan ser implementado por terceras partes, contribuyendo al crecimiento del sistema. El lenguaje de programación de SISINTA es Ruby on Rails (Bächle&Kirchberg, 2007). El sistema es capaz también de intercambiar datos con otras bases de datos de suelo y almacenar datos localmente como una forma de preservar su soberanía.

La base de datos de SISINTA

El SISINTA es también una base de datos colaborativa que cuenta con más de 4.300 perfiles de suelo, de los cuales 3.600 presentan sus coordenadas geográficas. La estructura de base de datos contiene más de cien variables geográficas, morfológicas y analíticas de cada perfil de suelo. Dado que algunos de los perfiles cargados aún se encuentran bajo análisis, se mantienen como con acceso restringido. Esta capacidad del sistema de discriminar entre datos de libre acceso (públicos) y de acceso restringido (privados) posibilita a que cualquier institución u organización interesada en cargar sus datos de suelo puede utilizar SISINTA como plataforma, y a la vez, restringir el acceso de aquellos datos bajo análisis, pero siempre manteniendo la propiedad intelectual de la información generada. De esta manera, sólo se comparte la localización geográfica y denominación del perfil, permitiendo que terceras partes puedan consultar al propietario sobre el uso de los datos privados.

La Tabla 1 y Figura 1 muestran la distribución espacial de perfiles georeferenciados (públicos y privados) por provincia colectados hasta el momento. Puede observarse que la distribución es bastante dispar entre provincias, y también dentro de cada provincia. Aunque esta situación refleja el estado actual de la base de datos, el volumen y distribución de perfiles de suelos existentes es mucho mayor. El INTA aún tiene datos de perfiles que están siendo actualmente digitalizados, pero también se estima que universidades y organismos provinciales podrían colaborar con datos con los cuales incrementar la base de datos de SISINTA.

La construcción de esta base de datos ha permitido el desarrollo de nuevos productos, como por ejemplo el desarrollo de cartografía digital de suelo en base al modelado de ecuaciones estructurales (Angelini et al., 2017) y el mapa de carbono orgánico del suelo de Argentina, como aporte al mapa mundial de carbono orgánico de suelo (FAO, 2017). El aporte de SISINTA tanto a la comunidad científica como a otros usuarios de información de suelos presenta un gran potencial, ya que el análisis de la información básica recolectada por diferentes grupos, no quedaría restringida al grupo que la recabó, sino que podría ser integrada en trabajos más complejos. Ello posibilita hacer un uso más eficiente de la información, vincular distintos grupos de trabajo y mejorar la calidad y cantidad de estudios de un recurso tan importante como es el suelo.



Tabla 1: Número de perfiles disponibles por provincia.

Provincia	Número de perfiles
BUENOS AIRES	1.036
ENTRE RÍOS	316
SAN LUIS	311
CORRIENTES	304
MENDOZA	266
CÓRDOBA	241
SALTA	221
SANTA FE	210
NEUQUÉN	108
SANTIAGO DEL ESTERO	96
SAN JUAN	77
FORMOSA	61
CHUBUT	55
TUCUMÁN	53
LA PAMPA	51
MISIONES	45
SANTA CRUZ	43
RÍO NEGRO	39
LA RIOJA	38
TIERRA DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR	38
JUJUY	21
CHACO	20
CATAMARCA	17
TOTAL	3667

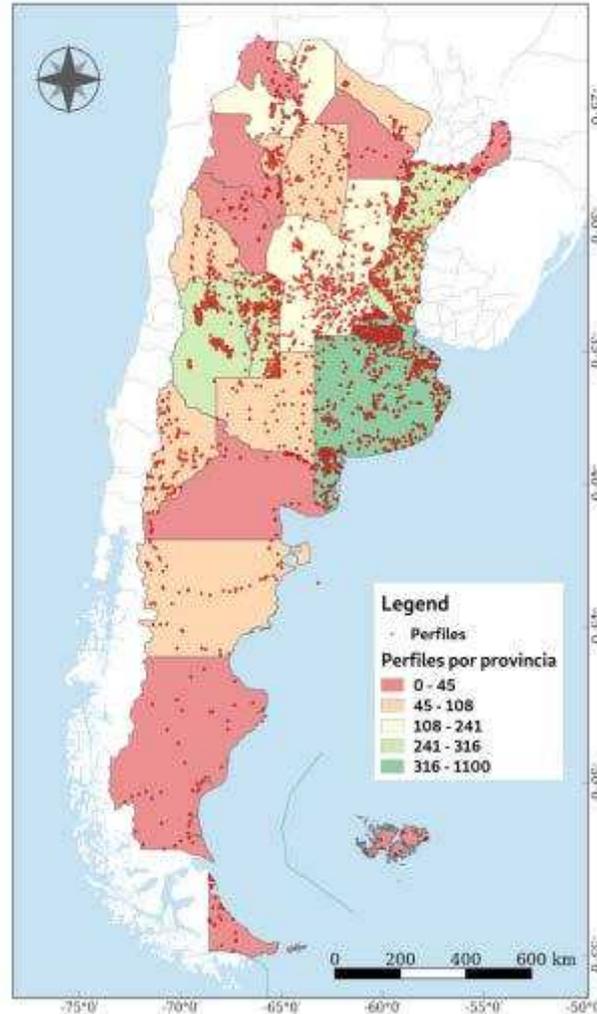


Figura 1: Distribución de perfiles de suelos por provincia.

El futuro de SISINTA

El sistema informático de SISINTA se encuentra en constante desarrollo. Hacia futuro no sólo se planea mejorar las características actuales de búsqueda y exportación de datos, sino también incorporar herramientas de visualización y análisis de datos, tal como puede realizarse con el paquete AQP (por las siglas en Inglés, *Algorithms for Quantitative Pedology*) (Beaudette et al., 2013), y la conexión con otras bases de datos, como ser WoSIS (Batjes et al., 2017) y SISLAC (<https://github.com/FAO-GSP/SISLAC>).

En cuanto a la base de datos de SISINTA, se espera que esta siga incrementando el número de perfiles a través de la incorporación de datos que se encuentran en las distintas reparticiones de INTA, así como también en otros organismos gubernamentales o de ciencia y técnica que decidan sumarse a esta iniciativa. Por ejemplo, se planea que para fines de 2018 se incorporen una gran cantidad de perfiles de suelos del Atlas de Suelos de la República Argentina, que cubrirán zonas con baja densidad de muestras, como son San Juan y las provincias de la Patagonia. Próximamente se incorporarán también perfiles correspondientes a la región Antártica correspondientes al estudio realizado por Godagnone (2001), lo cual convertirá a SISINTA en la única base de datos de suelos de libre acceso con datos en este continente. El aumento en la participación de grupos portadores de datos de suelos beneficiará, no solo al INTA, sino a toda la comunidad a través del incremento de estudios de suelos y de la creación de nuevos mapas que ayuden a una mejor toma de decisiones en el manejo de este recurso.



CONCLUSIONES

En este manuscrito se describieron las principales características de SISINTA en cuanto a las capacidades del sistema así como también a los datos que componen su base de datos. Las principales conclusiones de dicho trabajo son:

- SISINTA es la primer plataforma colaborativa de Argentina para el almacenamiento de datos de suelos de acceso libre.
- Dado que SISINTA ha sido desarrollado bajo normas del software libre, su desarrollo y modificación está al alcance no solo del INTA, sino también de cualquier institución pública o privada que tenga interés en la misma.
- SISINTA es el primer sistema de Argentina que permite compartir datos de suelos entre reparticiones del INTA, así como también entre instituciones públicas y privadas, nacionales e incluso internacionales.
- Se espera que SISINTA promueva a la comunidad técnica y científica al desarrollo de nuevos estudios, tal como ha sido el mapa de carbono orgánico global de la FAO, y que aliente a los portadores de datos de suelos a sumarse a este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de SISINTA ha sido financiado a través de los siguientes proyectos INTA: AERN 295521 (<https://inta.gob.ar/proyectos/AERN-295521>), PNSUELO 1134031 (<https://inta.gob.ar/proyectos/PNSUELO-1134031>), PNSUELO 1134033 (<https://inta.gob.ar/proyectos/PNSUELO-1134033>) y del aporte del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

BIBLIOGRAFÍA

- Angelini, ME; GBM Heuvelink & B Kempen. 2017. Multivariate mapping of soil with structural equation modelling. *European Journal of Soil Science*.
- Arrouays, D; J Leenaars; A Richer-de-Forges; K Adhikari; C Ballabio et al. 2017. Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. *GeoResJ*, 14:1-19.
- Bächle, M & P Kirchberg. 2007. Ruby on rails. *IEEE software* 24, no. 6.
- Batjes, NH; E Ribeiro, A van Oostrum, J Leenaars, T Hengl & J Mendes de Jesus. 2017. WoSIS: providing standardised soil profile data for the world. *Earth System Science Data* 9, no. 1: 1.
- Beaudette, DE; P Roudier & AT O'Geen. 2013. Algorithms for quantitative pedology: a toolkit for soil scientists. *Computers & geosciences* 52: 258-268.
- FAO. 2017. The Global Soil Organic carbon Map V1.0. URL <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/4-information-and-data/global-soil-organic-carbon-gsoc-map/en/> (accedido el 19 de marzo de 2018)
- Godagnone, RE. 2001. Suelos Antárticos: Clasificación, Taxonomía y Cartografía. No. 631.47989. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina) e Instituto Antártico Argentino.
- INTA. 1964. Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana. Resolución CD No. 218/1964.
- SAGyP-INTA (1989). Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires, escala 1: 500000. Proyecto PNUD ARG/85/019. Buenos Aires, Argentina.
- SAGyP - INTA. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina (Escala 1: 500.000 y 1: 1.000.000). Proyecto PNUD ARG/85/019, Buenos Aires. Tomo I: 731 pp, Tomo II: 677 pp.
- Simões, M; S Oliveira; H Gonçalves; R Ferraz; M Aglio & C Manzatto. 2015. Organização da Informação de Solos do Brasil: Banco de Dados de Solos e Geportal com Acesso a Mapas Digitais via Internet. XXXV Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo. Natal, Brasil.
- Torvalds L & J Hamano. 2010. Git: Fast version control system. URL <http://git-scm.com>.