



## **AgTech 19043: Digitalización de la Agricultura de Pequeña Escala**

### **Producto 9. Nota técnica de nuevas bases de datos creadas con ciclos de cultivo y bases de datos secundarias**

Aquileo Gonzalez de León, Oscar Estrada Vargas y Luis A. Sandoval

**2023**



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus directorios ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Aquileo Gonzalez de León, Oscar Hernan Estrada Vargas y Luis A. Sandoval.

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

Resumen.....	4
Abstract .....	4
Introducción .....	5
Base de datos .....	5
Serie de tiempo de los datos climáticos .....	5
<i>Variables climatológicas</i> .....	6
Series de tiempo contenido de humedad de suelo.....	6
<i>Fecha de recolección de datos primarios de humedad de suelo</i> .....	6
Información de prácticas de manejo de cultivo .....	7
<i>Variables registradas</i> .....	7
Caracterización de suelos .....	7
Repositorio digital .....	9
Referencias Bibliográficas .....	14
Instituciones participantes .....	15

## Resumen

La interpretación de información para facilitar la toma de decisiones pasa por coleccionar, procesar y almacenar las bases de datos correspondientes o que se quieren integrar, para entender o explicar un fenómeno. Es así como en el proyecto de Digitalización de la Agricultura de Pequeña Escala se coleccionaron bases de datos primarias y secundarias con información de clima, suelo, prácticas de manejo y de humedad del suelo, las cuales fueron tomadas para los sitios específicos en los que se tuvieron los dispositivos para medición de humedad de suelo a prueba. Haciendo uso de georreferenciación, se vincularon y procesaron las bases de datos coleccionadas, teniendo en cuenta el periodo de tiempo de las evaluaciones, las unidades de medida, la resolución y escala de la información necesaria para cada caso. Finalmente, las bases de datos curadas fueron cargadas en un repositorio gratuito (GitHub) para su posterior uso y análisis.

**Palabras Clave:** humedad del suelo, sensor, precipitación, temperatura, serie temporal, base de datos, GitHub.

## Abstract

The interpretation of information to facilitate decision-making involves collecting, processing and storing the corresponding databases or those that are to be integrated, in order to understand or explain a phenomenon. This is how, in the Digitalization of Small-Scale Agriculture project, primary and secondary databases were collected with information on climate, soil, management practices and soil moisture, which were taken for the specific sites in which they were carried out. had the devices for measuring soil moisture tested. Using georeferencing, the collected databases were linked and processed, taking into account the period of time of the evaluations, the units of measurement, the resolution and scale of the information necessary for each case. Finally, the curated databases were uploaded to a free repository (GitHub) for further use and analysis.

**Keywords:** soil moisture, sensor, precipitation, temperature, time series, database, GitHub.



## Introducción

El proyecto de Digitalización de la Agricultura de Pequeña Escala tiene objetivo el desarrollo de una solución tecnológica para medir humedad de suelo, que sea robusta, de bajo costo, y alta usabilidad. Durante el desarrollo y prueba en campo con productores del dispositivo, se recogió información primaria de los ciclos de cultivos y en algunos casos de los tipos de suelo en que estaban instalados los dispositivos en Colombia, Honduras y Nicaragua. Adicionalmente, se georeferenció cada uno de los puntos de instalación de los dispositivos para posteriormente hacer una búsqueda de información secundaria que pudiera ser vinculada con la información generada por los dispositivos, e información de los ciclos de cultivo, con el objetivo de generar la mayor cantidad de información que fuese posible para poner a disposición de los agricultores, agentes de extensión y asesores técnicos. En esta nota técnica se describen las bases de datos primarias y secundarias que fueron recolectadas.

## Base de datos

Los datos primarios y secundarios generados y obtenidos durante el desarrollo del proyecto se consolidaron en cuatro archivos: (1) serie de tiempo de datos climáticos de cada una de las fincas donde se instalaron los dispositivos para medir humedad de suelo, (2) serie de tiempo de las mediciones de humedad de suelo de los dispositivos, (3) información de prácticas de manejo del cultivo en que estuvieron instalados los dispositivos, y (4) caracterización de los suelos donde estuvieron instalados los dispositivos.

### **Serie de tiempo de los datos climáticos**

Las bases de datos para obtener la información climática para cada una de las fincas fueron las bases de datos Copernicus y CHIRPS. Copernicus es el programa de observación de la tierra de la Unión Europea, y es un servicio de información de acceso gratuito y abierto. Copernicus recurre a información satelital (red Sentinel-2) de una gran cantidad de observaciones diarias, redes de sensores terrestres, aéreos y marinos para generar imágenes de la detalladas de la tierra (Copernicus, 2023). CHIRPS es una plataforma que estudia los riesgos climáticos asociados al clima con el fin de proteger a las regiones vulnerables. Este se basa principalmente en la precipitación, y presenta un conjunto de datos casi globales de más de 30 años. CHIRPS incorpora imágenes satelitales de resolución de 0,05° con datos de estaciones in situ para crear series temporales de lluvia cuadrículadas para análisis de tendencias y monitoreo de sequías estacionales (CHIRPS, 2023).

### ***Variables climatológicas***

Para las variables climatológicas se utilizó formato de promedio diario, extrayendo los datos para cada una de las coordenadas de la ubicación de los dispositivos. Las variables recolectadas incluyen precipitación (mm), temperatura (°K), radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>) y humedad relativa (%). Para todas las variables se utilizó la base de datos Copernicus con resolución de 0.1°, a excepción de la precipitación donde se utilizó la base de datos CHIRPS con resolución de 0.05°. La selección de qué variables obtener de cada base de datos fue a criterio de los investigadores, analizando calidad de los datos, facilidad de extracción y manipulación y utilidad para el proyecto.

### **Series de tiempo contenido de humedad de suelo**

Al final de los ciclos de cultivo, o cuando los investigadores del proyecto lo consideraron oportuno en los casos de cultivos perennes (frutales), se realizó la recolección final de datos de los dispositivos instalados en las fincas de los productores. Los dispositivos registraron datos de humedad de suelo (%) tomando mediciones cada hora. Los datos de las fincas se anonimizaron y guardaron en su formato original para registro, luego se transformaron a promedios diarios de humedad de suelo para poder ser analizados en conjunto con los datos secundarios de información climática obtenida de CHIRPS y Copernicus.

### ***Fecha de recolección de datos primarios de humedad de suelo***

Los períodos de recolección de datos de los dispositivos variaron según los ciclos agrícolas de Colombia, Honduras y Nicaragua. En el cuadro 1 se muestran las fechas de recolección de datos en cada uno de los países participantes del proyecto.

**Cuadro 1.** Rango de fecha de recolección de contenido de humedad de suelo.

<b>País</b>	<b>Rango de fecha de recolección</b>
Honduras	19 sensores: 16 de Junio - 2 de Septiembre. 6 sensores: 23 de Julio - 2 de Septiembre.
Colombia	29 sensores: 17-20 de mayo –10 de agosto.
Nicaragua	20 sensores: 7 de junio - 5 de Septiembre. 10 sensores: 11 de junio - 13 de Septiembre

## **Información de prácticas de manejo de cultivo**

Los datos de prácticas de manejo de cultivo donde estuvieron instalados los dispositivos se realizó por medio de la plataforma Open Data Kit (ODK), donde se recopiló información sociodemográfica del agricultor, la finca, prácticas de manejo del cultivo. ODK es un conjunto de herramientas de acceso abierto que permiten la colecta y análisis de datos en campo a través de dispositivos móviles y sin necesidad de acceso a internet, lo cual permitió la recolección digital de información de los productores en zonas rurales sin acceso a internet (Brunette et al., 2013).

### ***Variables registradas***

Se recolectó información de las prácticas de manejo que realizaron los productores durante el ciclo productivo del cultivo, incluyendo prácticas de manejo agronómico, fertilización, controles de plagas y enfermedades, prácticas de riego, prácticas de conservación de suelo y agua, y rendimiento.

### **Caracterización de suelos**

Se recolectó información de los suelos donde estuvieron instalados los dispositivos para medir humedad de suelo, incluyendo estructura, textura, nivel de compactación, cobertura, capacidad de infiltración, entre otros.

Para las variables de estructura, textura, cobertura y pedregosidad se utilizó como guía el manual RASTA (Cock et al., 2010). El manual RASTA es una metodología desarrollada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical para caracterizar el suelo y el terreno de una forma simple y rápida en el sitio. Se optó por el manual RASTA porque es de acceso abierto y de fácil utilización por los agricultores, técnicos de campo y agentes de extensión (Imagen 1). RASTA significa *Rapid Soil and Terrain Assessment*. Sin embargo, el manual se distribuye en español, a pesar de que su nombre esté en inglés (<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/69682>).



**Imagen 1.** Caracterización de suelo en finca de productor utilizando el manual RASTA.

Para la prueba de capacidad de infiltración se utilizó la metodología de la Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo elaborada por la USDA (USDA, 1999). Se utilizó un tubo PVC de 6 pulgadas de diámetro y 20 cm de longitud, que permite que el agua se infiltre homogéneamente en la superficie del suelo (Imagen 2). También se utilizó una regla de medir de 30 cm y un cronómetro para medir el tiempo de infiltración. La capacidad de infiltración se midió en cm/min, y luego se caracterizó como baja, media o alta, según la guía del USDA.



**Imagen 2.** Prueba de capacidad de infiltración de agua en el suelo.



Para la prueba de resistencia a la penetración se utilizó un penetrómetro manual de bolsillo AMS (Imagen 3). Este dispositivo brinda valores de resistencia a la penetración en kg/cm<sup>2</sup> en un rango entre 0 y 4 kg/cm<sup>2</sup>, siendo los valores cercanos a 4 kg/cm<sup>2</sup> que indican un mayor estado de compactación. La prueba de resistencia a la penetración se realizó en húmedo y para la estimación y la medida se tomó el promedio de tres repeticiones en cada uno de los perfiles a 15 y 30 cm.



**Imagen 3.** Penetrómetro manual de bolsillo marca AMS.

Para el cálculo de la pendiente se utilizó una aplicación de nivelación presente en el teléfono móvil del técnico tomando los datos. La aplicación presentaba el grado de inclinación del terreno, por lo que se pasó el grado de inclinación a porcentaje de la pendiente utilizando la fórmula a continuación:

$$\text{Pendiente} [\%] = \tan (\text{Pendiente, en grados}) \times 100.$$

## Repositorio digital

Con el propósito de promover la investigación y la replicabilidad de investigaciones derivadas de este proyecto, las cuatro bases de datos descritas en la sección anterior fueron anonimizadas y colocadas en un repositorio de acceso libre. En este caso se seleccionó la plataforma GitHub. Al colocar los datos en esta plataforma, se espera que investigadores con intereses comunes los puedan acceder y colaborar. El cuadro 2 muestra una descripción de las variables disponibles en el repositorio.

GitHub es un repositorio online gratuito que permite gestionar proyectos y controlar versiones de código. La plataforma es utilizada mayormente por desarrolladores/programadores para almacenar sus trabajos y permitirle al público general cooperar con ellos o que utilicen los datos

y/o códigos disponibles en la plataforma. La ventaja principal del sitio es el “social coding”, que permite que entre los usuarios modifiquen el contenido, mejorarlo o agregar nuevas funciones/información (GitHub, 2023).

Todos los archivos están disponibles en formato de Microsoft Excel, xlsx, y están disponibles en el vínculo a continuación: <https://github.com/gonzalezdeleon19/-Proyecto-Fontagro-Digitalizaci-n-de-la-agricultura-a-peque-a-escala>

**Cuadro 2.** Variables disponibles en el repositorio digital.

Variables base de datos	Unidad de medida	Abreviatura	Tipo de variable	Fuente
<b>Humedad de suelo</b>				
Código de sensor correspondiente a cada una de las fincas		Codigo_Sensor	Catógica	
Contenido volumétrico de humedad diario promedio	Porcentaje (%)	SW10_Mean	Numérica	Primaria/tomados por el sensor
Contenido volumétrico de humedad diario máximo	Porcentaje (%)	WVC_Max	Numérica	Primaria/tomados por el sensor
Contenido volumétrico de humedad diario mínimo	Porcentaje (%)	WVC_Min	Numérica	Primaria/tomados por el sensor
<b>Información de la finca</b>				
Nombre del productor		Nombre	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
País		País	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
Departamento		Departamento	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
Municipio		Municipio	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
Teléfono		Teléfono	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
Finca		Finca	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Latitud	Grados (°)	Latitud	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Longitud	Grados (°)	Longitud	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Altitud	msnm	Altitud	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Área	m2	Area	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
Tenencia del terreno		Tenencia_terreno	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
<b>Prácticas de manejo</b>				
Cultivo sembrado en el terreno		Cultivo	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo
Variedad del cultivo		Variedad	Catógica	Primaria/ODK tomado en campo

Variables base de datos	Unidad de medida	Abreviatura	Tipo de variable	Fuente
Fecha de siembra del cultivo		Fecha_siembra	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Manejo de prácticas de conservación de agua		practica_consevacion_agua	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Manejo de riego complementario en el cultivo		Riego_complementario	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Numero de riegos en época seca	# riegos/semana	Riegos_epoca_seca	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Numero de riegos en época lluviosa	# riegos/semana	Riegos_epoca_lluviosa	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Manejo de practica de drenaje en el terreno		Practica_drenaje	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Criterios utilizados para definir el riego		criterios_riego	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Manejo de prácticas de conservación de suelos		Practicas_conservacion_suel	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Manejo de coberturas vegetales en el terreno		Coberturas_vegetal	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Fecha de cosecha del cultivo		Fecha_cosecha	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
Rendimiento obtenido en el ciclo de siembra	kg/ha	Rendimiento	Numérica	Primaria/ODK tomado en campo
Comentarios adicionales		Comentarios	Categórica	Primaria/ODK tomado en campo
<b>Variables climáticas o Clima</b>				
Precipitación diaria acumulada base de datos Chirps	Milímetro/día	Precip_Chirps	Numérica	Secundaria/Datos de Chirps
Precipitación diaria acumulada base de datos Copernicus	Milímetro/día	Precip_Coper	Numérica	Secundaria/Datos Copernicus
Radiación diaria acumulada por metro cuadrado	MJ/m2	Radiacion_Acumula	Numérica	Secundaria/Datos Copernicus
Humedad relativa diaria promedio	Porcentaje (%)	Humedad_Relativa	Numérica	Secundaria/Datos Copernicus
Temperatura diaria promedio	Centígrados (°C)	Temperatura	Numérica	Secundaria/Datos Copernicus
<b>Variables de Suelo o Suelo</b>				
Profundidad de instalación del sensor	cm	Profundidad_instalacion		Primaria/tomado en campo-
Clase textural del suelo primeros 15 cm de profundidad		Textura_15cm	Categórica	finca
Clase textural del suelo entre 15-30 cm de profundidad		Textura_30 cm	Categórica	Primaria/tomado en campo-
				finca



<b>VARIABLES BASE DE DATOS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>ABREVIATURA</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>FUENTE</b>
Estructura del suelo primeros 15 cm de profundidad		Estructura_15 cm	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Estructura del suelo entre 15-30 cm de profundidad		Estructura_30 cm	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Pendiente o grado de inclinación del terreno	Grados (°)	Pendiente	Numérica	Primaria/tomado en campo-finca
Nivel de cobertura vegetal en el terreno sembrado		Cobertura	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Contenido volumétrico de agua momento de las pruebas	Porcentaje (%)	Humedad_prueba	Numérica	Primaria/tomado en campo-finca
Resistencia a la penetración primeros 15 cm de profundidad	kg/cm <sup>2</sup>	Res_Pene_15cm	Numérica	Primaria/tomado en campo-finca
Resistencia a la penetración entre 15-30 cm de profundidad	kg/cm <sup>2</sup>	Res_Pene_30cm	Numérica	Primaria/tomado en campo-finca
Velocidad de infiltración del agua en el suelo	cm/min	Infiltracion_cm/min	Numérica	Primaria/tomado en campo-finca
Categoría correspondiente según la velocidad de infiltración		Infiltracion_categoria	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Manejo de siembra del cultivo en cama o camellones		Siembra_Cama	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Nivel de pedregosidad primeros 15 cm de profundidad		Pedregosidad_15cm	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Nivel de pedregosidad entre 15-30 cm de profundidad		Pedregosidad_30cm	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Nivel visual de materia orgánica		Materia_Organica	Categórica	Primaria/tomado en campo-finca
Densidad de siembra cultivo planta por hectárea	Plantas/hectárea	Densidad_plantas/ha	Numérica	Primaria/tomado en campo-finca



## Referencias Bibliográficas

Brunette, W., Sundt, M., Dell, N., Chaudhri, R., Breit, N., & Borriello, G. (2013). Open data kit 2.0: expanding and refining information services for developing regions. In Proceedings of the 14th workshop on mobile computing systems and applications (pp. 1-6).

Climate Hazards Center (CHIRPS). (2023). UC Santa Barbara. <https://chc.ucsb.edu/data/chirps>.

Cock, J., Alvarez, D. & Estrada, M. (2010), Rapid Soil and Terrain Assessment RASTA, 2 ed, Centro Internacional de Agricultura Tropical y Corporación Biotec, Palmira.

Copernicus. Programme of European Union. (2023). <https://www.copernicus.eu/es>.

GitHub. (2023). <https://github.com/>.

USDA. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Washington, DC. Documento PDF.

## Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)