

**Uso de técnicas geofísicas para la optimización del uso del suelo
en actividades agrícolas**

*Use of geophysical techniques for the optimization of land use in agricultural
activities*

<https://doi.org/10.32645/26028131.1031>

(Entregado 10/07/2020 – Revisado 31/08/2020)

Richard Pérez. (Departamento de Geofísica, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de ingeniería. Universidad Central de Venezuela), Joseline Ruiz (Carrera de Ingeniería Ambiental, Grupo de Manejo de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi)

richard.perez@ucv.ve - <https://orcid.org/0000-0002-1049-6834>

joseline.ruiz9062@utc.edu.ec - <https://orcid.org/0000-0002-9936-5215>

Resumen

En los últimos años las técnicas geofísicas han ganado un papel preponderante en la agricultura por lo cual este trabajo busca ser una ayuda para introducir al uso de técnicas geofísicas en el estudio de suelos agrícolas por lo cual se menciona los tres métodos más utilizados los cuales son el resistivo, la resistividad, la inducción electromagnética (EMI) y el radar de penetración de tierra (GPR), luego se muestra un ejemplo de la aplicación de un estudio de inducción electromagnética donde se observa que existe una alta correlación de susceptibilidad magnética (SMH) obtenida del estudio de inducción electromagnética y el contenido de contenido orgánico del suelo (SOM). El

Richard Pérez. (Departamento de Geofísica, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de ingeniería. Universidad Central de Venezuela), Joseline Ruiz (Carrera de Ingeniería Ambiental, Grupo de Manejo de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi), TIERRA INFINITA N°6, pp. 59-67. ISSN 2602-8131. ISSN ELECTRÓNICO 2631-2921. Enero - diciembre 2020

uso de técnicas geofísicas en la agricultura es una herramienta más para optimizar la actividad agrícola.

Palabras clave: Técnicas geofísicas, resistividad, EMI, GPR, SOM

Abstract

In recent years geophysical techniques have gained a predominant role in agriculture, which is why this work seeks to be an aid to introduce the use of geophysical techniques in the study of agricultural soils, which is why the three most used methods are mentioned, the resistive, the resistivity, the electromagnetic induction (EMI) and the ground penetration radar (GPR), then shows an example of the application of an electromagnetic induction study where it is observed that there is a high correlation of magnetic susceptibility (SMH)) obtained from the study of electromagnetic induction and the content of organic soil content (SOM). The use of geophysical techniques in agriculture is one more tool to optimize agricultural activity.

Keywords: Geophysical methods, resistivity, EMI, GPR, SOM.

1. Introducción

La geofísica se puede definir de varias maneras. En el sentido más amplio, la geofísica es la aplicación de principios físicos a los estudios de la Tierra (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990). Esta definición general de geofísica abarca una amplia gama de disciplinas, como hidrología, meteorología, oceanografía física, sismología, tectonofísica, etc. La geofísica, tal como se utiliza en este documento, tiene una definición mucho más específica. Específicamente, la geofísica es la aplicación de técnicas de medición de cantidades físicas para proporcionar información sobre condiciones o características debajo de la superficie de la Tierra. Con la excepción de los métodos geofísicos de pozo y las sondas de suelo, estas técnicas son generalmente no invasivas,

Richard Pérez. (Departamento de Geofísica, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de ingeniería. Universidad Central de Venezuela), Joseline Ruiz (Carrera de Ingeniería Ambiental, Grupo de Manejo de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi), TIERRA INFINITA N°6, pp. 59-67. ISSN 2602-8131. ISSN ELECTRÓNICO 2631-2921. Enero - diciembre 2020

con cantidades físicas determinadas a partir de mediciones realizadas principalmente en o cerca de la superficie del suelo. Los métodos geofísicos empleados para obtener información del suelo y subsuelo a partir de mediciones basadas en la superficie incluyen resistividad, inducción electromagnética, radar de penetración del suelo, magnetometría, potencial espontáneo, sísmica, gravedad, resonancia magnética nuclear, polarización inducida, etc (Toushmalani, 2010).

Los estudios geofísicos realizados para aplicaciones petroleras, mineras, hidrológicas, ambientales, de ingeniería geotécnica, arqueológicas y agrícolas varían dramáticamente en escala con respecto a la profundidad de interés de la investigación. La mayoría de los estudios geofísicos realizados en la industria minera tienen una profundidad de investigación de interés inferior a 1 km. Un levantamiento geofísico realizado como parte de una investigación hidrológica para determinar los recursos de agua subterránea generalmente tiene una profundidad de investigación no mayor a 300 m. Las profundidades de investigación geofísica para ingeniería ambiental, geotécnica y arqueológica generalmente no exceden los 30 m. La geofísica agrícola tiende a estar muy concentrada en una zona de 2 m directamente debajo de la superficie del suelo, que incluye la zona de la raíz del cultivo y todo, o al menos la mayoría, del perfil del suelo. Con respecto a la aplicación de la geofísica a la agricultura, esta es extremadamente superficial. La profundidad del interés es ciertamente una ventaja, en un sentido, porque la mayoría de los métodos geofísicos tienen capacidades de profundidad de investigación que exceden en mucho los 2 m. Sin embargo, existen complejidades asociadas con la geofísica de la agricultura que no suelen encontrarse con la aplicación de métodos geofísicos a otras industrias o disciplinas. Una de tales complejidades implica la temperatura transitoria del suelo y las condiciones de humedad que pueden alterar apreciablemente los valores de las cantidades geofísicas medidas durante un período de días o incluso horas. Además, las cantidades físicas medidas en el entorno del suelo con

métodos geofísicos a menudo muestran una variabilidad sustancial en distancias horizontales y verticales muy cortas (Toushmalani, 2010).

2. Métodos geofísicos más utilizados para la agricultura

Los tres métodos geofísicos empleados predominantemente para fines agrícolas son la resistividad, la inducción electromagnética (EMI) y el radar de penetración a tierra (GPR). Los sistemas de resistividad de contacto galvánico de medición continúan integrados con receptores de sistema de posicionamiento global (GPS) se han desarrollado específicamente para la agricultura. Los cuchillos de acero (discos) que cortan la superficie del suelo se utilizan como electrodos actuales o potenciales. Estos sistemas de resistividad pueden tener más de una matriz de cuatro electrodos que proporciona profundidades de investigación poco profundas de 0,3 a 2 m, con cortos periodos de tiempo (~ 1 por segundo) o intervalos de distancia entre las mediciones de conductividad eléctrica del suelo (ECa) recogidas de forma continua. La ubicación para cada medición de ECa se determina con precisión mediante GPS. En consecuencia, estos sistemas de resistividad, con sus rápidos índices de medición de ECa y receptores de GPS integrados, son capaces de estudiar grandes campos de granjas en un período de tiempo relativamente corto. La Figura 1 muestra un ejemplo de un sistema de resistividad de contacto galvánico de medición continua empleado para aplicaciones agrícolas (Allred & Freeland, 2010).



Figura 1. Ejemplo de un sistema de resistividad de contacto galvánico de medición continua. (a) Sistema de cartografía Veris 3100 Soil EC y (b) acercamiento de los enrejadores de acero utilizados para electrodos actuales y potenciales por el Veris 3100 Soil EC Mapping System (Tomado de Allred & Freeland, 2010).

Se han desarrollado algunos medidores de conductividad de tierra EMI, que son particularmente adecuados para aplicaciones agrícolas. Los medidores de conductividad del suelo típicamente empleados para obtener mediciones de ECa agrícolas tienen separaciones entre bobinas de alrededor de 1 m; y, como consecuencia, profundidades de investigación efectivas de 1,5 m o menos cuando se colocan cerca de la superficie del suelo. La mayoría de estos medidores de conductividad de tierra EMI se pueden integrar fácilmente con receptores GPS para proporcionar ubicaciones precisas de mediciones discretas de ECa recolectadas de manera continua. Al igual que con los sistemas de resistividad descritos anteriormente, el medidor de conductividad de tierra EMI integrado con un receptor GPS es capaz de realizar mapas de ECa relativamente rápidos en campos de granjas grandes. En la Figura 2 se muestran dos ejemplos de medidores de conductividad del suelo comúnmente utilizados para aplicaciones agrícolas (Allred & Freeland, 2010).

Los sistemas GPR utilizados en la configuración de agroecosistemas suelen emplear antenas con frecuencias centrales en el rango de 100 MHz a 1.5 GHz. Este rango

de frecuencia de antena cubre muchos escenarios agrícolas en los que el objetivo es obtener imágenes de objetos / características enterradas a poca profundidad a 2 m de la superficie. La profundidad y el tamaño anticipados de la característica / objeto de interés del subsuelo proporcionarán una guía sobre la frecuencia de la antena a utilizar. Por ejemplo, las antenas de 250 MHz son apropiadas para ubicar una tubería principal del sistema de drenaje subsuperficial de 20 cm de diámetro a 1,5 m de profundidad en un suelo franco limoso, mientras que las antenas de 1,5 GHz podrían ser una buena opción para obtener imágenes de raíces de árboles de 0,5 cm a profundidades de hasta 0,5 m En un suelo arenoso y bien drenado. Nuevamente, al igual que con los sistemas de resistividad y EMI, la mayoría de los sistemas GPR pueden integrarse con receptores GPS para proporcionar ubicaciones precisas para las mediciones GPR; y debido a las rápidas tasas de medición de GPR, los sistemas GPR integrados con receptores GPS son capaces de estudiar grandes campos de granjas en un tiempo relativamente corto (Allred & Freeland, 2010).



Figura 2. Ejemplos de medidores de conductividad del suelo utilizados en entornos de agroecosistemas; (a) DUALEM-1S, y (b) EM38-MK2 (Tomado de Allred & Freeland, 2010).

Ejemplo de la aplicación de la inducción electromagnética para el estudio de las propiedades del suelo medidas en un suelo morainico

El uso de la inducción electromagnética no invasiva (EMI) para medir la conductividad eléctrica aparente del suelo (ECa) proporciona una herramienta rentable y rápida para mapear la variación dentro de los campos en las propiedades del suelo. La conductividad eléctrica aparente (ECa) muestra el efecto resumido ponderado en profundidad de todos los factores que influyen en la EC en el suelo las cuales son una variedad de propiedades físicas y químicas que se pueden determinar indirectamente mediante el método EM-ECa, como la salinidad del suelo, el contenido de agua del suelo, el grueso de capas de arcilla densas, el contenido de N inorgánico del suelo superficial y los niveles de nutrientes (Allred & Freeland, 2010).

En este trabajo que mostramos como ejemplo se utilizó la medida de EMH y se encontró que correlaciona significativamente con dieciséis de las veintidós propiedades del suelo medidas. Las propiedades con un coeficiente de correlación (r) mayor que 0,8 se clasificaron en orden descendente: CEC > contenido de agua en el suelo > pérdida por ignición > Ca > SOM intercambiable. Todas las correlaciones significativas fueron positivas, excepto aquellas entre EMH y las fracciones de arena y K-HNO₃ (Allred, Daniels, & Reza Ehsani, 2008).

Las propiedades del suelo seleccionadas para correlacionar con los datos de EMH fueron el contenido de agua del suelo, la pérdida por ignición, la materia orgánica del suelo, el contenido de arcilla y todas las fracciones de arena, excepto la arena mediana, la pérdida por ignición y la materia orgánica del suelo (SOM) En la Figura 3 se muestra dos mapas, en el superior se muestra el mapa de SMH y en la imagen inferior se muestra el mapa de SOM, como se puede ver existe una alta correlación entre ambas propiedades (Allred, Daniels, & Reza Ehsani, 2008).

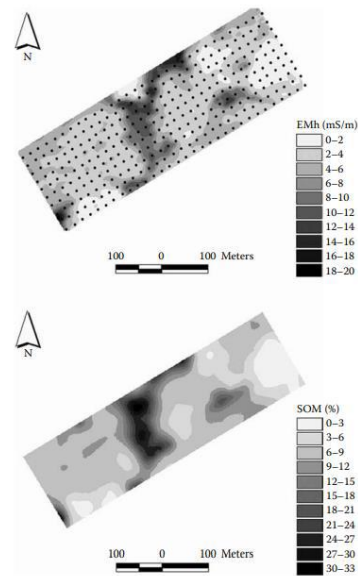


Figura 3. En la parte superior se puede observar un mapa de susceptibilidad magnética (SMH) y en la parte inferior se muestra un mapa de contenido de materia orgánica del suelo (SOM), observarse la alta similitud entre ambos mapas (Tomado de Allred, Daniels, & Reza Ehsani, 2008).

3. Conclusiones

El objetivo de este trabajo es dar una introducción en el uso de técnicas geofísicas en el estudio de suelos usados en la agricultura por lo cual se hace una descripción de métodos como los resistivos, la inducción electromagnética (EMI) y el radar de penetración a tierra (GPR) y se muestra un ejemplo de la aplicación de un estudio de inducción electromagnética donde el SMH tiene una alta correlación con el contenido de materia orgánica del suelo.

4. Bibliografía.

- Allred, B. J., & Freeland, R. S. (2010). *Application of Geophysical Methods to Agriculture: An Overview*. *FastTIMES*, 13-25.
- Allred, B. J., Daniels, J. J., & Reza Ehsani, M. (2008). *Handbook of Agricultural Geophysics*. Boca Raton: CRC Press.
- Telford, W., Geldart, L., & Sheriff, R. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. *Cambridge*: Cambridge University Press.
- Toushmalani, R. (2010). *Application of Geophysical Methods in Agriculture*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6433-6439.