

## **Medición de conductividad eléctrica y pH en soluciones de fertilizante NPK y cloruro de potasio (KCL) para el análisis de suelos agrícolas**

### **Measurement of electrical conductivity and pH in NPK fertilizer and potassium chloride (KCL) solutions in agricultural soil analysis**

Joan Sebastián Bustos Miranda<sup>1</sup>

Frey Ricardo Jaramillo Hernández<sup>2</sup>

Yeferson Andrés Salazar Diosa<sup>3</sup>

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia*

#### **Resumen**

La medición de la conductividad eléctrica y el pH del suelo, es fundamental en la determinación de las cantidades óptimas de fertilizante que se debe aplicar a un suelo y así no afectar su estructura y fertilidad, toda vez que el exceso en la aplicación de fertilizantes resulta ser contraproducente para la calidad del suelo. Por lo anterior, la investigación que se viene desarrollando para abordar este tema, aplica una metodología mediante la preparación de soluciones calibradoras que permitan estudiar y analizar el comportamiento del fertilizante NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) en el suelo. Este fertilizante es ampliamente utilizado en la agricultura colombiana, el cual se ve afectado por variables como la temperatura. Mediante el desarrollo de este proyecto, se generó una metodología replicable para la medición de conductividad eléctrica y el pH. Lo anterior se logra preparando inicialmente soluciones acuosas de cloruro de potasio según la norma NTC 5596, mediante la cual se observa un incremento en la conductividad eléctrica con el aumento de este compuesto. En una segunda fase se prepararon soluciones con fertilizante NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) en diferentes concentraciones (de 4 a 20 mg/mL, en incrementos de 1 mg/mL), y cada muestra es sometida a variaciones de temperatura (de menos de 10 °C a 40 °C) para analizar su efecto en las mediciones. En resultados preliminares se logra identificar que la conductividad eléctrica aumenta con la cantidad de NPK, mientras

---

<sup>1</sup> Ingeniero electrónico, especialista en Educación Superior a Distancia. Msc. En Automatización Industrial, UNAD. <https://orcid.org/0000-0001-6305-8355/> joan.bustos@unad.edu.co

<sup>2</sup> Licenciado en Biología y Química. Msc. Ciencias Químicas, UNAD. <https://orcid.org/0000-0002-1708-6918/> frey.jaramillo@unad.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante, Ingeniería electrónica, UNAD. <https://orcid.org/0009-0005-2507-1782/> Jefersonsalazar78@gmail.com

que el pH se mantiene relativamente constante ante el cambio de fertilizante y solo presenta una leve disminución con el aumento de la temperatura. En cambio, la conductividad eléctrica disminuye notablemente con el incremento de temperatura. De manera preliminar se concluye en los avances del proyecto, que unos de los aspectos claves es la estandarización metodológica en la preparación de las soluciones a medir, ya que de ésta depende una adecuada medición de la conductividad eléctrica y el pH requeridos para determinar de manera predictiva las características de los fertilizantes que se aplicaran en un suelo agrícola.

**Palabras clave:** agricultura sostenible, conductividad eléctrica, salinidad del suelo, fertilizante, correlación de variables.

### **Abstract**

The measuring electrical conductivity and soil pH is essential in determining the optimal amounts of fertilizer to be applied to a soil so as not to affect its structure and fertility, since excessive application of fertilizers is counterproductive to soil quality. Therefore, the research being developed to address this issue applies a methodology through the preparation of calibration solutions that allow the study and analysis of the behavior of NPK fertilizer (Nitrogen, Phosphorus and Potassium) in the soil. This fertilizer is widely used in Colombian agriculture, which is affected by variables such as temperature. Through the development of this project, a replicable methodology was generated for the measurement of electrical conductivity and pH. This is achieved by initially preparing aqueous solutions of potassium chloride according to the NTC 5596 standard, through which an increase in electrical conductivity is observed with the increase of this compound. In a second phase, solutions with NPK fertilizer (Nitrogen, phosphorus and potassium) were prepared in different concentrations (from 4 to 20 mg/mL, in increments of 1 mg/mL), and each sample was subjected to temperature variations (from less than 10 °C to 40 °C) to analyze its effect on the measurements. Preliminary results show that electrical conductivity increases with the amount of NPK, while pH remains relatively constant with the change of fertilizer and only shows a slight decrease with increasing temperature. On the other hand, electrical conductivity decreases significantly with increasing temperature. Preliminary, it is concluded in the progress of the project that one of the key aspects is the methodological standardization in the preparation of the solutions to be measured, since an adequate measurement of electrical conductivity and pH required to predictively determine the characteristics of the fertilizers to be applied in agricultural soil depends on this.

**Keywords:** Sustainable agriculture, electrical conductivity, soil salinity, fertiliser, correlation of variables.

## 1. Introducción

La agricultura moderna enfrenta el desafío de gestionar los nutrientes en el suelo de manera eficiente para maximizar la productividad, minimizando al mismo tiempo los impactos ambientales negativos. En este contexto, la medición precisa de la conductividad eléctrica (CE) y del pH en soluciones de suelo es esencial, ya que estos parámetros permiten evaluar la disponibilidad de nutrientes y la salud del suelo. La conductividad eléctrica, en particular, es un indicador clave de la concentración de sales disueltas, lo cual influye en la absorción de nutrientes por parte de las plantas y, en consecuencia, en su crecimiento y rendimiento. Este proyecto propone una metodología para la preparación de soluciones calibradoras que garantizan mediciones confiables de la CE y del pH en soluciones de suelo que contienen fertilizantes NPK. Basado en la Norma Técnica Colombiana NTC 5596, se desarrolló un proceso estandarizado para la preparación, calibración y control de las soluciones, analizando cómo variables como la cantidad de fertilizante y la temperatura afectan las mediciones. La investigación permitirá observar el comportamiento de la CE y el pH ante distintas concentraciones de NPK y también aportará una base sólida para la creación de modelos predictivos que optimicen la aplicación de fertilizantes, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y una mejor gestión de los recursos.

Este estudio, por lo tanto, pretende contribuir a la precisión de los análisis de suelo en un contexto de agricultura sostenible, ayudando a los agricultores y técnicos a tomar decisiones informadas en la administración de nutrientes.

## 2. Metodología

La preparación de la solución calibradora con la cual se garantiza la confiabilidad en la medición de la conductividad eléctrica y el pH consta de una serie de procesos y pasos a seguir. Se empieza vertiendo 100ml de agua destilada en vaso de precipitado y se mide su conductividad eléctrica con el equipo Consort C6010, el vaso precipitado se encuentra sobre un agitador magnético el cual se ajusta a 500 rpm, esta medición dio un valor de  $5.19\mu\text{s}/\text{cm}$  de conductividad eléctrica y un pH de 7, para garantizar este resultado se hizo una repetibilidad en la medición con 8 soluciones que contienen la misma cantidad de agua destilada, después en cada solución se le añade una cantidad de cloruro de potasio.

Las cantidades de cloruro de potasio están respaldadas por la NTC 5596, con base en esta norma se observan los resultados y al ser analizados se encuentra un aumento exponencial en la conductividad

eléctrica cuando hay mayor cantidad de cloruro de potasio en cada solución, se presenta una curva que tiende en atenuarse y en las medidas que se obtuvieron no hubo una variación mayor al 10 % el cual es el umbral máximo permitido por la normativa NTC 5596. En la Imagen 1 se observa el ejercicio experimental desarrollado en la preparación de una solución calibradora.



*Imagen 1.* Preparación solución calibradora para 0,7536g de KCl. *Fuente:* fotografía de los autores, 2024.

Las soluciones calibradoras permiten verificar un ajuste adecuado en los equipos de instrumentación de medición de conductividad eléctrica y de esa manera garantizar la reproducibilidad de las mediciones mediante la metodología desarrollada.

En la preparación de las muestras de agua destilada con el fertilizante NPK, de acuerdo con la NTC 5596 y una metodología adaptada por Bustos (2022), se preparan soluciones de 4mg/mL a 20mg/mL, con incrementos de 1 mg/mL. La imagen 2 evidencia como el NPK es previamente disuelto con el agitador magnético y filtrado con un papel filtro con tamiz de 1mm.



*Imagen 2.* Filtrado solución NPK. *Fuente:* fotografía de los autores, 2024.

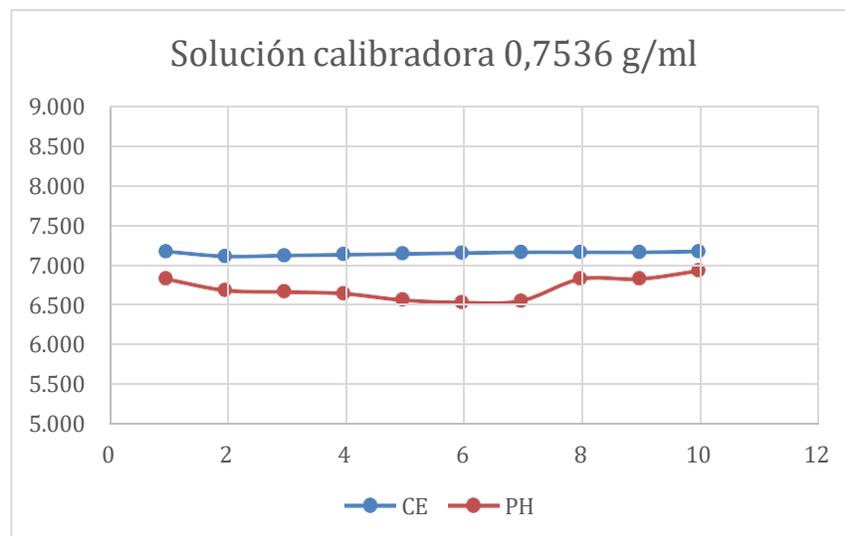
Después del filtrado, la solución se refrigera para que alcance una temperatura inferior a 10 °C, al momento de hacer la medición se coloca el recipiente sobre la plancha térmica para lograr alcanzar los 40 °C, el agitador magnético debe estar activado para lograr una mezcla

homogénea y así garantizar la medición de conductividad eléctrica y pH, de tal manera que se debe observar y registrar la variación obtenida con base en el aumento de la temperatura; se hace la medición de 3 variables en 16 concentraciones diferentes, y a 30 valores diferentes de temperatura para procesar un total de 1.440 datos en la medición de cada solución a analizar. Después de ejecutar estos pasos se procede a recopilar los datos y generar gráficas para entender de manera más sencilla el comportamiento de la conductividad eléctrica y el pH en relación al aumento de la temperatura en una solución.

### 3. Discusión

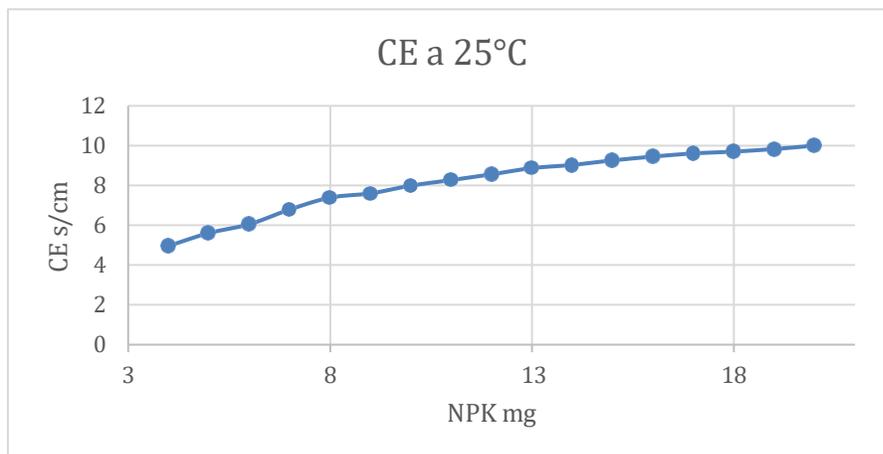
En esta investigación se hicieron varios hallazgos tales como:

En las pruebas de repetitividad para una solución calibradora de 0,7536 g/mL indicadas en la Gráfica 1, se observa que se cumple satisfactoriamente con la norma NTC5596 que establece una variación aceptada con una tolerancia del 10 %. Se identifica una variabilidad en la medición del PH 5,6 % para la solución calibradora anteriormente mencionada.



Gráfica 1. Medición solución calibradora 0,7536 g/ml

En la Gráfica 2 se puede observar que a mayor cantidad de fertilizante NPK aplicado a una temperatura de 25 °C tiende a aumentar la conductividad eléctrica. Este comportamiento se debe a la presencia de iones disueltos en el fertilizante NPK (nitrógeno, fósforo y potasio).



Gráfica 2. Medición CE a 25 °C

#### 4. Conclusiones

Al incrementar la cantidad de fertilizante NPK en el suelo, se incrementa también la conductividad eléctrica de la solución. Este efecto está directamente relacionado con la disolución de los iones de nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales facilitan el flujo de corriente eléctrica en el suelo. Estos resultados sugieren que la aplicación de fertilizantes en mayores cantidades no solo aumenta la disponibilidad de nutrientes, sino también la concentración de iones, lo que impacta la salinidad del suelo y puede influir en la absorción de agua y nutrientes por las plantas.

Se concluye la importancia de replicar la metodología para hacer la preparación de una solución para su posterior medición de conductividad eléctrica. Y, también, la relación directa que existe entre la cantidad de fertilizante NPK aplicado y la conductividad eléctrica y destacar el comportamiento del pH que se mantiene muy estable ante el cambio de las variables anteriormente mencionadas como fertilizante y temperatura.

#### Referencias

- Bustos Miranda, J. (2022). *Identificación nutricional de soluciones de suelo por correlación de conductividad eléctrica*. Universidad Nacional de Colombia.
- Icentec (1998). NTC 5596, Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica. <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-calidad-de-suelo-determinacion-de-la-conductividad-electrica-ntc5596-2022.html>