



ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE LAS VARIABLES DE pH,  
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)  
Y TEXTURA PARA UN BOSQUE  
SECUNDARIO Y UN  
SUELO DEGRADADO

Comparative analysis between  
the variables of pH, electrical  
conductivity (EC) and texture for  
a secondary forest and a soil degraded

*Mariana Yohely Giraldo López<sup>1</sup>, Gloria Andrea Restrepo Jaramillo<sup>2</sup>,  
Iliana María Ramírez Velásquez<sup>3</sup>, Adriana Guerrero Peña<sup>4</sup>*

- 
- 1 Ingeniera Industrial de la Universidad Autónoma Latinoamericana, especialista en Logística Internacional de la Institución Universitaria ESUMER.
  - 2 Ingeniera Industrial de la Universidad Autónoma Latinoamericana, especialista en Logística Internacional de la Institución Universitaria ESUMER.
  - 3 Física, Magíster en automatización y control industrial, docente titular en la Institución Universitaria ITM.
  - 4 Estadística, Magíster en Administración (MBA). Especialista en Sistemas de Información.

## Resumen

Este trabajo trata sobre la comparación de las variables pH, conductividad eléctrica (CE) y textura del suelo en dos parcelas de 50 m<sup>2</sup> cada una, una de ellas degradada por agricultura como también por la ganadería y que ha sido sometida a un proceso de agricultura orgánica mineralizada; la otra, una parcela con condiciones de bosque secundario. El objetivo es determinar si existe diferencia significativa entre los suelos con respecto a cada variable. Para ello, se realizó una prueba de hipótesis para muestras independientes. El análisis arrojó como resultado que no existe diferencia en el pH de ambos suelos, ni en la conductividad eléctrica (CE); asimismo, para la textura del suelo existe variación de los limos y las arcillas en los dos suelos, mientras que las arenas no presentan variación.

## Palabras clave

prueba t-Student, prueba de hipótesis, pH, conductividad eléctrica, textura del suelo.

## Abstract

This work deals the comparison variables pH, electrical conductivity (EC) and soil texture in two plots of 50m<sup>2</sup> of area each one, one of them is degraded by agriculture as well as cattle raising and it has been submitted to a process of mineralized organic agriculture; the other one, a plot with secondary forest conditions. The objective is to determine if the significant difference between soils with respect to each variable exists. For this, a hypothesis test for independent samples was done. The analysis showed as result that there is no difference in the pH of both soils, nor in the electrical conductivity (EC); besides, for the soil's texture a variation of the silts an clays in the soils exists, while the sands don't present variation.

## Keywords

Student test t, hypothesis test, pH, electric conductivity, plot texture.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones de la estadística es hacer inferencias en poblaciones a partir del estudio de muestras, con la pretensión de deducir sus características [1]. Un aspecto importante que permite hacer la inferencia es determinar si existe o no diferencia significativa entre diferentes variables; para ello se parte de hipótesis y se aplican pruebas estadísticas que permiten contrastar la veracidad o falsedad de estas [2].

Además de ese aspecto, esta investigación contiene una revisión bibliográfica de las variables a analizar, como lo son pH, conductividad eléctrica (CE) y textura del suelo; asimismo el concepto de agricultura orgánica mineralizada.

## II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

### A. Revisión de términos

La prueba t de Student

Es una prueba estadística paramétrica que sirve para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus promedios en una variable [1]. Según el tipo de contraste planteado se divide en prueba t de Student para una muestra, para dos muestras independientes y para dos relacionadas. En este estudio es de interés la t de Student para dos muestras independientes, la cual compara las medias de una variable para dos grupos de caso [2]

Textura del suelo

Posiblemente, la textura es la característica física del suelo más importante, ya que permanece en el tiempo y afecta a todas las propiedades físicas y a muchas químicas y biológicas. Según las fracciones que predominen en el suelo se dice que se trata de uno arenoso, limoso o arcilloso, y de esta forma se designa su textura. Como en los suelos pueden darse todas las combinaciones posibles respecto a las proporciones de estas tres fracciones, estos pueden tener otros muchos tipos de textura; por ejemplo: areno-limosa, areno-arcillosa, limo-arenosa, limo-arcillosa, etc. [3].

Según Villarroel [4], las características básicas de las texturas del suelo son:

Arena: es un suelo que varía de 85 a 100 % de arena, 0 a 15 % de limo y 0 a 10 % de arcilla. Son suelos sueltos, de baja capacidad de retención de humedad, pobres en elementos nutritivos; su productividad en general es baja.

Limo: presentan arena que varía de 0 a 20 %, limo de 80 a 100 % y arcilla de 0 a 12 %.

Estos suelos pueden presentar problemas físicos si se observa un predominio de partículas semifinas, que con el riego tienden a la formación de costras superficiales. Son suelos de elevada fertilidad y requieren un manejo adecuado del agua de riego.

Arcilla: la proporción de arena en estos suelos varía entre 0 y 45 %, de limo entre 0 y 40% y de arcilla entre 40 y 100%. Son suelos muy fértiles; su manejo resulta difícil por el elevado contenido de arcilla que contiene.

Suelo Franco arenoso: estos suelos contienen arena entre 43 y 80%, limo entre 0 y 50% y arcilla entre 0 a 20%. Sus características agrícolas en general son adecuadas para toda clase de plantas y son muy productivos si se les maneja correctamente.

### Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es la medida de la capacidad de un suelo para conducir la corriente eléctrica; el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que, a mayor CE, mayor es la concentración de sales. Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo [5]. La medición de la CE es de suma importancia, ya que refleja el estado actual del suelo con relación a la salinidad. Este parámetro se expresa en dS/m (decisiemens por metro).

### pH

La disponibilidad de todos los nutrientes de la planta está controlada por el pH del suelo. El pH es uno de los parámetros que mejor refleja las propiedades químicas de cualquier suelo. Es un factor que determina la disponibilidad de muchos de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas [6]. El término pH se emplea universalmente para expresar el contenido de iones hidrógeno que se encuentran en forma activa en una solución o en una suspensión de cualquier material. Los valores de pH del suelo varían de acuerdo con las condiciones de humedad; cuanto más diluida sea la suspensión de un suelo más alto será el valor del pH hallado [4].

### Degradación de los suelos

La degradación de los suelos se entiende como: “la pérdida total o parcial de la productividad cualitativa y/o cuantitativa de los suelos debida a procesos como: erosión, salinización, inundación, desertización y contaminación” [3].

## Bosque secundario

Según Henao [7]:

Finegan (1997) hace referencia que un bosque secundario es la vegetación leñosa que crece en un terreno abandonado luego de que la vegetación original fuera devastada para el uso agrícola y ganadero principalmente. Estos bosques tienen gran potencial y ya han sido estudiados por numerosos autores. Sin embargo, no es posible asegurar que todas las sucesiones secundarias tengan un potencial similar ya que, en cada proceso de sucesión, la estructura y composición varían con las condiciones de clima y suelo, intensidad y tiempo del uso anterior, cercanía a fuentes de semilla, capacidad de regeneración natural y desarrollo de las especies de interés económico.

## Tratamiento de agricultura orgánica mineralizada

Mineralización realizada a un suelo degradado mediante la aplicación de los siguientes productos en su respectivo orden: cascarilla de arroz, harina de rocas, carbón vegetal, gallinaza, bocashi o enmienda orgánica, microorganismos de montaña en fase sólida y por último siembra de maíz. Estos productos son incorporados al suelo mediante un arado de profundidad.

En este estudio se pretende comparar las medias de las variables pH, conductividad eléctrica (CE) y textura del suelo en dos parcelas de 50 m<sup>2</sup> cada una. Una de ellas está degradada por la ganadería y ha sido sometida a un proceso de agricultura orgánica mineralizada; la otra es una parcela con condiciones de bosque secundario, ubicada en el corregimiento de Santa Elena. El objetivo es calcular la diferencia entre las variables y contrastar si la misma variable difiere en suelos distintos.

## **B. Materiales y métodos**

### **1) Muestreo**

El muestreo de este estudio se realizó en una parcela del corregimiento de Santa Elena, localizado en la zona centro y nororiental del Municipio de Medellín; presenta un relieve de pendientes fuertes, colinas suaves y pequeñas mesetas. Los suelos, según la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), son clase III, IV, VI, VII y VIII de moderada a altas limitaciones. Predomina la actividad agrícola con baja productividad, con carácter de minifundios con cultivos de papa y mora, zanahoria, fríjol, arveja, tomate de árbol, hortalizas y maíz, aunque va perdiendo importancia en relación con la actividad pecuaria y con otras actividades y usos del suelo (8).

Se delimitaron dos terrenos: uno experimental (suelo degradado y tratado con agricultura orgánica mineralizada) y otro de bosque (bosque secundario), con un área de 50 m<sup>2</sup> cada uno de donde se tomó de forma aleatoria 10 muestras por cada terreno. Las tomas de muestras se realizaron el 20 de abril de 2017; cada punto fue georreferenciado utilizando un GPS Garmin. Se tomó aproximadamente 200 g de suelo a una profundidad de 20 cm por cada punto y se reservó en bolsas herméticas debidamente rotuladas.

Del protocolo experimental validado para la medición de pH y conductividad eléctrica en una matriz de suelo se tomaron los valores de la media y de desviación estándar, para proceder a calcular la muestra de este trabajo a un nivel de confianza del 95%, y con un error de muestreo de 0,22 unidades de pH.

$$Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = Z_{0,975} = \text{valor de la normal estandar}$$

*con un 97,5% de probabilidad = 1.96*

$$n = \left( \frac{Z_{1-\alpha/2} \sigma}{e} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{1,96 * 0,3532}{0,22} \right)^2 \cong 10$$

Por consiguiente, se procedió a realizar la toma de 10 muestras en el corregimiento de Santa Elena, para su posterior análisis. Las variables de estudio fueron pH, conductividad eléctrica y textura del suelo; asimismo, las respectivas mediciones se llevaron a cabo en las instalaciones del laboratorio de química de la Institución Universitaria ITM Campus Fraternidad.

## II) Determinación de la textura del suelo

Para la textura del suelo se tomó aproximadamente 100 g de suelo por cada muestra y se depositó cada una en un recipiente de vidrio adicionándole 250 ml de agua destilada; se cerró el recipiente; se agitó y se dejó reposar durante 48 horas, para que las partículas mayores se sedimentaran. El resultado fue en el fondo una capa de arena, en el centro una capa de limo y en la parte superior una capa de arcilla. Se procedió a medir la proporción de la arena, el limo y la arcilla por cada muestra según el método de la botella, reportado en la página de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO [9]. Posteriormente, se llevó a la clasificación de la textura del suelo mediante el gráfico para la denominación de los suelos según la textura.

### III) Determinación de pH y conductividad eléctrica

Para la medición de pH y conductividad eléctrica, cada muestra se secó en horno a una temperatura de 40°C por un periodo de 24 horas; luego se pasó a través de un tamiz de 2 mm de abertura. Después se pesó 20 g de cada muestra, se depositó en beakers y se le adicionó un volumen de 100 ml de agua destilada en una relación de 1:5 (peso/volumen). Se agitó la suspensión con el equipo de agitación durante 30 minutos y se procedió a dejar en reposo por 30 minutos cada muestra.

Se calibró el medidor de pH y conductividad eléctrica de acuerdo con lo establecido en el manual del equipo, utilizando las soluciones buffer que se tienen para este efecto cercano al pH y conductividad eléctrica esperada.

Pasados 30 minutos se procedió a medir pH midiendo la temperatura y pH de la suspensión cuando estuvo estable, reportándose el pH con dos cifras decimales. Luego se tomó la suspensión, se llevó al equipo de filtración empleando papel de filtro. Una vez filtrada la suspensión se depositó en un beaker y se realizó la respectiva medición reportando la conductividad eléctrica con una cifra decimal expresado en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Las mediciones de pH y conductividad eléctrica se realizaron de acuerdo con las normas NTC 5264 (Determinación del pH) y NTC 5596 (Determinación de la conductividad eléctrica).

Para el pH se realizó la clasificación tomando como referencia el pH promedio y se clasificó de acuerdo con lo propuesto por Cochrane en Villarroel [4].

<b>Clasificación</b>	<b>pH</b>
Muy fuertemente ácido .....	Menor de 4.5
Fuertemente ácido.....	4.6 - 5.2
Moderadamente ácido.....	5.3 - 5.9
Débilmente ácido.....	6.0 - 6.5
Neutro.....	6.6 - 7.0
Débilmente alcalino.....	7.1 - 7.5
Moderadamente alcalino.....	7.6 - 8.0
Fuertemente alcalino.....	8.1 - 9.0
Muy fuertemente alcalino.....	Mayor de 9.0

Clasificación de pH propuesto por Cochrane (1971 citado por Villarroel, 1988)

### IV) Análisis estadístico

Se realizó mediante el software estadístico SPSS v. 24 con licencia para la Institución Universitaria ITM; se determinaron los estadísticos descriptivos, las

medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma de las variables estudiadas, para apreciar su comportamiento y distribución. Además, se utilizó la prueba paramétrica t de Student para muestras independientes y se aplicó prueba de normalidad.

### C. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a partir del análisis de las texturas del suelo demuestran que la textura en ambos suelos es franco-arenosa, es decir, sus características agrícolas en general son adecuadas para toda clase de plantas y son muy productivas si se les maneja correctamente. A su vez, se realizó la prueba de normalidad y la prueba t de Student para muestras independientes, la cual dio como resultado que el porcentaje de los limos y las arcillas de los suelos bosque y degradado difieren significativamente, mientras que el porcentaje de las arenas no difiere significativamente de un suelo a otro.

Para el pH y la CE, se realizó un contraste de hipótesis y una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 1), de donde se obtuvo que la distribución de los datos de cada una de las variables analizadas es normal.

**TABLA 1. PRUEBA DE NORMALIDAD REALIZADA EN SPSS**

Shapiro-Wilk		
Estadístico	gl	Sig.
0,93	10	0,447
0,916	10	0,322
0,875	10	0,116
0,919	10	0,352

Si se tiene que la probabilidad mínima de rechazo valor p Sig. > 0,05, entonces se concluye que la muestra tiene una distribución normal.

Para contrastar la hipótesis acerca de los promedios de los dos suelos, se debe tener en cuenta primero si las varianzas son iguales. Para ello, la prueba de razón de varianzas de Levene muestra que las varianzas son iguales a un nivel de significancia del 5%.

Por otra parte, la prueba t de Student para muestras independientes (Tabla 2), realizada al pH, arrojó como resultado que no existe diferencia significativa en

el pH de los suelos degradado y bosque, dado que la probabilidad mínima de rechazo fue de  $0.1015 > 0,05$ .

Tomando como referencia que el pH promedio del suelo degradado es de 5,52 se clasifica como moderadamente ácido y el de suelo bosque de 4,48 se clasifica como fuertemente ácido.

**Tabla 2.** Prueba t de Student para muestras independientes realizada en SPSS

Prueba de muestras independientes									
Prueba de Levene de		prueba t para la igualdad de medias							
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
Se asumen varianzas iguales		2,98	0,1	-6,96	18	0,1015	-1,033	0,14851	-1,345 -0,721

A su vez, la prueba realizada a la CE reportó que no existe diferencia significativa en la conductividad eléctrica de cada suelo, dado que la probabilidad mínima de rechazo fue de  $0.480 > 0,05$ . (Tabla 3)

**Tabla 3.** Prueba t de Student para muestras independientes realizada en SPSS

Prueba de muestras independientes									
Prueba de Levene de		prueba t para la igualdad de medias							
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
Se asumen varianzas iguales		1,65	0,22	-0,72	18	0,48	-6,48	8,97647	-25,33886 12,37886

### III. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, después de realizadas las diferentes pruebas estadísticas se evidencia que un suelo degradado por agricultura y ganadería y que posteriormente ha sido cultivado con un tratamiento de agricultura orgánica mineralizada alcanza características de suelo muy productivo y con condiciones muy similares a las de un suelo de bosque secundario. Estas condiciones son muy apropiadas para todo tipo de plantas y para garantizar la seguridad alimentaria; evidentemente,

la agricultura orgánica mineralizada compensa, conserva y mejora la pérdida de fertilidad de los suelos.

La agricultura orgánica puede representar una interesante oportunidad para muchos productores y convertirse en una herramienta importante para mejorar su calidad de vida y sus ingresos, al mismo tiempo que está en armonía con el ambiente.

#### IV. REFERENCIAS

- [1] Devore, J., Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias (9 ed.). México: Cengage learning Editores, 2016.
- [2] Rubio, M. & Berlanga, V., “Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico.”, REIRE, 5(2), pp.83-100, 2012. DOI:10.1344/reire2012.5.2527
- [3] Juárez, M., Sánchez, J. & Sánchez, A., Química del suelo y medio ambiente. San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2006.
- [4] Villarroel, J., Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio, 1988. [En línea]. Disponible en: <http://atlas.umss.edu.bo:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/142/MANUAL%20PRACTICO%20ST10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Barbaro, L., Karlanian, M. & Mata, D.,” Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas”, Documento, 2014 [En línea]. Disponible en: Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/importancia-del-ph-y-la-conductividad-electrica-ce-en-los-sustratos-para-plantas>
- [6] McKean, S.J., Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. Una guía teórica y práctica de metodologías, 1993 [En línea]. Disponible en: [http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/S593.M2\\_Manual\\_de\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_suelos\\_y\\_tejido\\_vegetal\\_Una\\_gu%C3%ADa\\_de\\_t%C3%A9cnica\\_y\\_pr%C3%A1ctica\\_de\\_metodologia.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_de_t%C3%A9cnica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf)
- [7] Henao, E., Ordoñez, Y., de Camino, R., Villalobos, R. & Carrera, F., “El bosque secundario en Centroamérica. Un recurso potencial de uso limitado por procedimientos y normativas inadecuadas”, Documento, 2015 [En línea]. Disponible en: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7242/el\\_bosque\\_secundario\\_en\\_ca.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7242/el_bosque_secundario_en_ca.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

- [8] Municipio de Medellín, Documento Técnico de Soporte POT (Acuerdo 46 de 2006), 2006 [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/documents/ServiciosLinea/PlaneacionMunicipal/ObservatorioPoliticPublicas/resultadosSeguimiento/docs/pot/Documentos/usosDelSueloRural.pdf>
- [9] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, “Clasificación textura, 2017 [En línea]. Disponible en: [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s06.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm)

## V. AUTORES

**Mariana Yohely Giraldo López**, Ingeniera Industrial de la Universidad Autónoma Latinoamericana, especialista en Logística Internacional de la Institución Universitaria ESUMER. Actualmente, estudiante de Maestría en ciencias: Innovación en educación en la Institución Universitaria ITM, joven investigador en la Institución Universitaria ITM. Además, desarrolla la tesis de investigación en sistematización de experiencias de una campaña de educación ambiental en El Carmen de Atrato – Chocó, orientada a la difusión de una experiencia de recuperación de suelo.

**Gloria Andrea Restrepo Jaramillo**, Ingeniera Industrial de la Universidad Autónoma Latinoamericana, especialista en Logística Internacional de la Institución Universitaria ESUMER. Actualmente, estudiante de Maestría en ciencias: Innovación en educación en la Institución Universitaria ITM, joven investigador en la Institución Universitaria ITM. Además, desarrolla la tesis de investigación en sistematización de experiencias de una campaña de educación ambiental en El Carmen de Atrato – Chocó, orientada a la difusión de una experiencia de recuperación de suelo.

**Iliana María Ramírez Velásquez**, Física, Magíster en automatización y control industrial, docente titular en la Institución Universitaria ITM. Con publicaciones de artículos, capítulos de libro y ponencias en diferentes eventos académicos nacionales e internacionales. Experiencia en docencia e investigación. Asesora de trabajos de posgrado.

**Adriana Guerrero Peña**, Estadística, Magíster en Administración (MBA). Especialista en Sistemas de Información. Ha participado como líder del grupo de investigación Didáctica y modelamiento en Ciencias (Da Vinci) de la Institución



Universitaria ITM, con publicaciones de artículos y ponencias en eventos académicos nacionales e internacionales. Publicaciones de textos académicos del área de estadística. Experiencia en docencia, investigación y extensión. Asesora de trabajos de pregrado y posgrado.