



DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DE SUELOS MEDIANTE CROMATOGRFÍA EN PAPEL

Mestanza Novoa, Carlos Julian^{1*}; Prieto Romani, Alex Anthony¹; Bolo Valladares, Juan Diego¹; Sandoval Requejo, Eny Del Milagro¹; Vega Ravello, Ruby Antonieta²

¹Círculo de Investigación en Suelos, Facultad de agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

²Departamento Académico de Suelos, Facultad de agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

*Autor de contacto: julian.cmn@gmail.com, Jr. Cusco 235, Magdalena del Mar, CP 15086, Perú, 959840006.

RESUMEN

La cromatografía de suelos es un análisis que informa datos cualitativos expresados en forma de colores distribuidos en cuatro zonas, interna, mineral, proteica, y enzimática. Para determinar la relación entre los colores de los cromatogramas y las propiedades del suelo se evaluaron doce suelos obteniendo sus análisis de caracterización y cromatogramas. Los resultados mostraron que hay una relación ligera a media entre los colores formados en diferentes zonas y las propiedades materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, reacción del suelo (pH), carbonatos y conductividad eléctrica. Siendo la conductividad eléctrica la propiedad de mayor influencia en el desarrollo de color.

PALABRAS CLAVE

Cromatografía de suelos; diagnóstico de suelos

INTRODUCCIÓN

La cromatografía en papel aplicada a los suelos, llamada cromatografía de suelos, nació por investigaciones de Ehrenfried Pfeiffer que, por sus estudios de microbiología y bioquímica, entendía que elementos del suelo estudiar para determinar la intensidad de la vida a través del catabolismo y anabolismo de los microorganismos. Encontró que una solución de hidróxido de sodio (NaOH), preparada al 1%, en una muestra de suelo vivo, era suficiente para solubilizar las sustancias nitrogenadas del metabolismo de los microorganismos presentes en ella, las cuales reaccionaban por la cantidad de $N/NH_3/NO_2/NO_3$ al ser expuestas sobre un papel filtro impregnado de nitrato de plata ($AgNO_3$), y luego revelaban una serie de colores a distancias específicas. Cuanto mayor era el contenido de sustancias nitrogenadas, mayor el anillo de compuestos y la intensidad de colores presentes. Este método también permitió evaluar los minerales, los que por su solubilidad, valencia y grados de óxido-reducción forman diferentes



XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



círculos radiantes sobre el cromatograma (Restrepo y Pinheiro, 2011). Los resultados son análisis cualitativos que permiten conocer la salud del suelo y la calidad que existe entre sus aspecto biológicos, físicos y químicos de manera inmediata y gráfica (Restrepo y Pinheiro, 2011).

El Perú por ser un país de geografía compleja presenta una enorme variabilidad de suelos. Lizárraga (1969) mencionó que en el Perú existen cientos de tipos diferentes de suelos resultado de la interacción compleja y variable de las condiciones climáticas, geológicas, topográficas y biológicas. Zamora (1971) añade que no se conoce la cobertura edáfica del Perú en toda su compleja magnitud, por lo que, queda un largo camino que recorrer tendiente del conocimiento integral de sus características, naturaleza, relaciones edafo-genéticas, así como su manejo y uso adecuado de las diferentes clases de suelos. Por estos motivos es necesario explorar nuevas alternativas que generen información acerca del recurso suelo y nos permitan diagnosticarlo desde diferentes puntos de vista.

Como objetivo del trabajo se buscó explorar la relación de los colores obtenidos por cromatografía de suelos con la información obtenida de los análisis de caracterización de tal manera que se llegue a diagnósticos similares sobre el estado del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo con doce muestras del laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes (LASPAF) de la facultad de agronomía, con sus respectivos análisis de caracterización, correspondientes a las regiones Ancash, Arequipa, La libertad, Lima, Loreto, y Piura. Las muestras se analizaron en el laboratorio de fertilidad de suelos de la facultad de agronomía siguiendo los protocolos indicados por Restrepo & Pinheiro (2011) para cromatografía en papel. Para ello se preparó papel filtro N°4 cortándolo en forma circular de un diámetro de 15cm con un agujero en el centro de 2 mm de diámetro, con el papel restante se fabricaron capilares en base a cuadrados de 2 cm de lado para permitir el ascenso de la solución. Paralelamente se preparó soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) al uno por ciento y nitrato de plata (AgNO_3) 0.5 por ciento. Luego se ataca 5 g de suelo con 50 ml de solución de hidróxido de sodio, se agita y se deja reposar para que sedimenten las partículas de suelo. La solución de nitrato de plata se coloca en un recipiente para que ascienda, a través de los capilares, al papel filtro circular y lo impregne hasta 6 cm de radio, se deja secar en cámara oscura. Una vez seco el papel se procede del mismo modo utilizando la solución de hidróxido de sodio y suelo. Finalmente se deja secar por 8 horas en cámara oscura para que se revelen los cromas.

La interpretación de los cromatogramas se realizó por color de las zonas interna, mineral, proteica, y enzimática (Figura 1) indicadas por Respreto & Pinheiro (2011). La información del análisis de caracterización se clasificó según la tabla 1 para permitir la comparación cualitativa de ambos métodos. Con la información se construyeron tablas



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo**

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



de contingencia entre los colores de las diferentes zonas de los cromatogramas y las propiedades del suelo: Capacidad de intercambio catiónica total (CICT) en $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, Materia orgánica del suelo (MO) en $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, Reacción del suelo (pH), contenido de Carbonatos equivalentes (CaCO_3) en $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, y Conductividad eléctrica en extracto de saturación (C.E.) en $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$. Finalmente se realizaron las pruebas χ^2 , para comprobar la independencia de los pares de variables, y el coeficiente V de Cramer para medir el grado de asociación. Los análisis se realizaron utilizando el programa R versión 3.3.2 y la librería vcd (R core team, 2016).

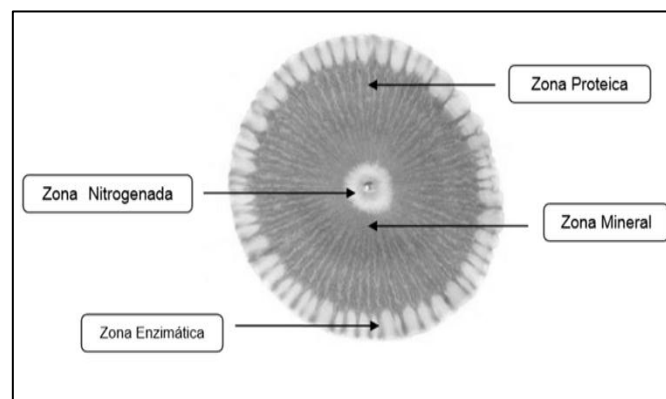


Figura 1: Zonas de un cromatograma
Fuente: Respreto & Pinheiro (2011)

Tabla 1. Interpretación de análisis de caracterización de suelos.

	MUY MALO	MALO	MEDIO	BUENO	MUY BUENO	--
CICT	< 4	4 – 8	8.1 – 12	12.1 – 16	> 16	--
MO	--	< 2	2 – 4	> 4	--	
pH	< 4.5 y > 8.5	4.6 – 5.0 y 7.9 – 8.4	5.1 – 5.5 y 7.4 – 7.8	5.6 – 6.0	6.1 – 7.3	--
	Ninguno	Ligero	Moderado	Fuerte	Muy fuerte	Extremo
CaCO₃	0	0 – 2	2 – 10	10 – 25	> 25	--
C.E.	< 0.75	0.75 – 2	2 – 4	4 – 8	8 – 15	> 15

Fuente: Adaptado de Nazario (2015)¹; FAO (2009).

¹ Nazario, JC. 2015. Evaluación de Tierras (curso): Capacidad de uso de las Tierras USDA. Maestría en Suelos – Universidad Nacional Agraria La Molina. [Lima, Perú]



XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interpretación del color de los cromatogramas se encuentra en la tabla 2 y la clasificación de los análisis de suelos en la tabla 3. Hay suelos extremadamente salinos (1 y 9), muy fuertemente salinos (8), fuertemente salinos (2, 5 y 6), ligeramente salinos (7 y 10) y no salinos (3, 4, 11 y 12). Respecto al pH tenemos suelos muy malos (2 y 3), malos (1, 4, 6, 7, 8 y 9), medio (5), bueno (10 y 11) y muy bueno (12) en función a su aptitud agrícola. Los suelos 1, 2, 6 y 9 son moderadamente calcáreos, el suelo 5 y 8 son ligeramente calcáreos, mientras que los suelos 3, 4, 7, 10, 11 y 12 son no calcáreos. La materia orgánica es baja en los suelos 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 12, media en 3 y 10, y alta en los suelos 4 y 12. Los suelos 1, 2 y 6 tienen mala capacidad de cambio, media en 5, 7 y 9, buena en 3 y muy buena en 4, 8, 10 y 11.

La prueba χ^2 muestra independencia para todas las variables relacionadas con los cromas excepto para la conductividad eléctrica con el color de la zona mineral, se debe tomar en cuenta que la prueba χ^2 solo evalúa la completa independencia entre las variables comparadas, por ello su coeficiente V de Cramer² es uno, interpretado como asociación perfecta. Por su parte, el coeficiente V de Cramer muestra las propiedades del suelo evaluadas tienen relación con los colores desarrollados por los cromas, en las diferentes zonas del cromatograma, con excepción de la materia orgánica en la zona mineral, y los carbonatos en la zona enzimática.

La conductividad eléctrica es la propiedad que mayor influencia tiene sobre el color (V Cramer), Rhoades (1996) señala que es una medida de la concentración total de sales solubles, es decir de la presencia de solutos inorgánicos disueltos. Por lo que la concentración de iones disueltos en agua está en relación con los iones disueltos en la solución de hidróxido de sodio que fueron transportados a las diferentes partes de los cromatogramas y de esta manera influenciando el color que toma cada zona. Sumado a esto la Capacidad de intercambio catiónico total, relacionada con los fenómenos de absorción regula las concentraciones de los iones disueltos por retenerlos en el complejo de cambio influencia que repercute en las coloraciones de los cromatogramas.

La reacción del suelo también tiene fuerte influencia en el color, los diferentes pH (ácido, básico) influyen en la actividad de los microorganismos por lo tanto en sus reacciones bioquímicas. Asimismo, el pH influencia en la solubilidad de los elementos químicos y sus formas presentes en suelos.

² El coeficiente V de Cramer debe interpretarse como un coeficiente de determinación, valores cercanos a 1 denotan fuerte asociación y valores cercanos a 0 débil. Valores superiores a 0.3 son suficientes para indicar que hay una asociación entre las variables.



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo**

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



La materia orgánica en las diferentes zonas sus valores de V son cercanos a 0.3 por lo que se puede asumir que la materia orgánica tiene una influencia ligera en el desarrollo del color de los cromatogramas o su influencia se encuentra equitativamente distribuida en las diferentes zonas. Cabe destacar que los valores de materia orgánica reportados por el análisis de caracterización se refieren al contenido de humus del suelo excluyendo las formas más fuertemente condensadas como el grafito y carbón vegetal (Jackson, 1976). En contraste a los resultados esperados, la influencia de la materia orgánica con respecto al color fue baja, posiblemente se deba a la alta cantidad de muestras con bajo contenido de materia orgánica (Tabla 3), por lo que se recomienda para próximos trabajos utilizar una cantidad más equitativa de muestras respecto a los contenidos de materia orgánica.

Tabla 2. Colores presentados en las diferentes zonas del cromatograma.

Suelo	Z. interna	Z. mineral	Z. protéica	Z. enzimática
1	Gris	Gris	Gris	Morado pálido
2	Marrón	Marrón	Marrón	Gris
3	Gris	Marrón	Marrón	Morado pálido
4	Gris	Marrón	Marrón	Gris
5	Marrón	Marrón	Marrón	Morado pálido
6	Marrón	Marrón	Marrón	Morado pálido
7	Gris	Marrón	Marrón	Gris
8	Gris	Marrón	Marrón	Blanco
9	Marrón	Gris	Amarillo	Blanco
10	NA	NA	NA	NA
11	Gris	Marrón	Amarillo	Blanco
12	Rosado	Marrón	Marrón	Blanco

Tabla 3. Interpretación cualitativa de las propiedades de los suelos estudiados.

Suelo	pH	C.E.	CaCO ₃	M.O.	CICT
1	Malo	Extremo	Moderado	Bajo	Malo
2	Muy malo	Fuerte	Moderado	Bajo	Malo
3	Muy malo	Ninguno	Ninguno	Medio	Bueno
4	Malo	Ninguno	Ninguno	Alto	Muy bueno
5	Medio	Fuerte	Ligero	Bajo	Medio
6	Malo	Fuerte	Moderado	Bajo	Malo
7	Malo	Ligero	Ninguno	Bajo	Medio
8	Malo	Muy fuerte	Ligero	Bajo	Muy bueno
9	Malo	Extremo	Moderado	Bajo	Medio
10	Bueno	Ligero	Ninguno	Medio	Muy bueno
11	Bueno	Ninguno	Ninguno	Alto	Muy bueno
12	Muy bueno	Ninguno	Ninguno	Bajo	Malo



XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



Tabla 4. Prueba χ^2 y coeficientes V de Cramer de los pares de variables.

	Z. interna		Z. mineral		Z. protéica		Z. enzimática	
	χ^2	V	χ^2	V	χ^2	V	χ^2	V
MO	3.4375	0.395	0.9167	0.289	2.0625	0.306	2.9792	0.368
pH	5.5	0.5	2.0370	0.43	6.4167	0.54	3.6667	0.408
C.E.	10.083	0.677	11.00*	1.00	8.5938	0.625	7.4097	0.580
CaCO ₃	6.0042	0.522	4.2778	0.624	2.7500	0.354	1.7875	0.285
CICT	6.5694	0.546	1.4769	0.366	3.5521	0.402	4.0486	0.429

*Valores significativos (p -value < 0.05)

CONCLUSIÓN

Las propiedades del suelo influyen los colores expresados en los cromatogramas obtenidos por cromatografía en papel. Esta influencia la convierte en una alternativa tentativa para el diagnóstico de suelos de manera cualitativa. Las propiedades de mayor influencia en el color de los cromatogramas son la conductividad eléctrica, reacción del suelo y capacidad de intercambio catiónico. Es necesario realizar más investigaciones con mayor cantidad de suelos y diferentes contenidos de materia orgánica para evaluar adecuadamente la influencia de esta sobre el desarrollo de colores.

BIBLIOGRAFÍA

- Food and Agriculture Organization (FAO). 2009. Guía para la descripción de suelos. Trad. R Vargas. [Roma. 99 pp.]
- Jackson, ML. 1976. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. [España]
- Lizárraga, J. 1969. Inventario de estudios de suelos del Perú (segunda aproximación). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). [Lima, Perú. 446 pp.]
- R Core Team. 2016. R: a language and environment for statistical computing. [Vienna, R foundation for statistical computing].
- Restrepo, J & Pinheiro, S. 2011?. Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo [249 pp.]
- Rhoades, JD. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. En: Sparks, DL. Methods of soil analysis. [Madison, USA. 417-435 pp.]
- Zamora, C. 1971. Capacidad de Uso de los Suelos del Perú (tercera aproximación). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). [Lima, Perú. 57 pp.]



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo**

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

