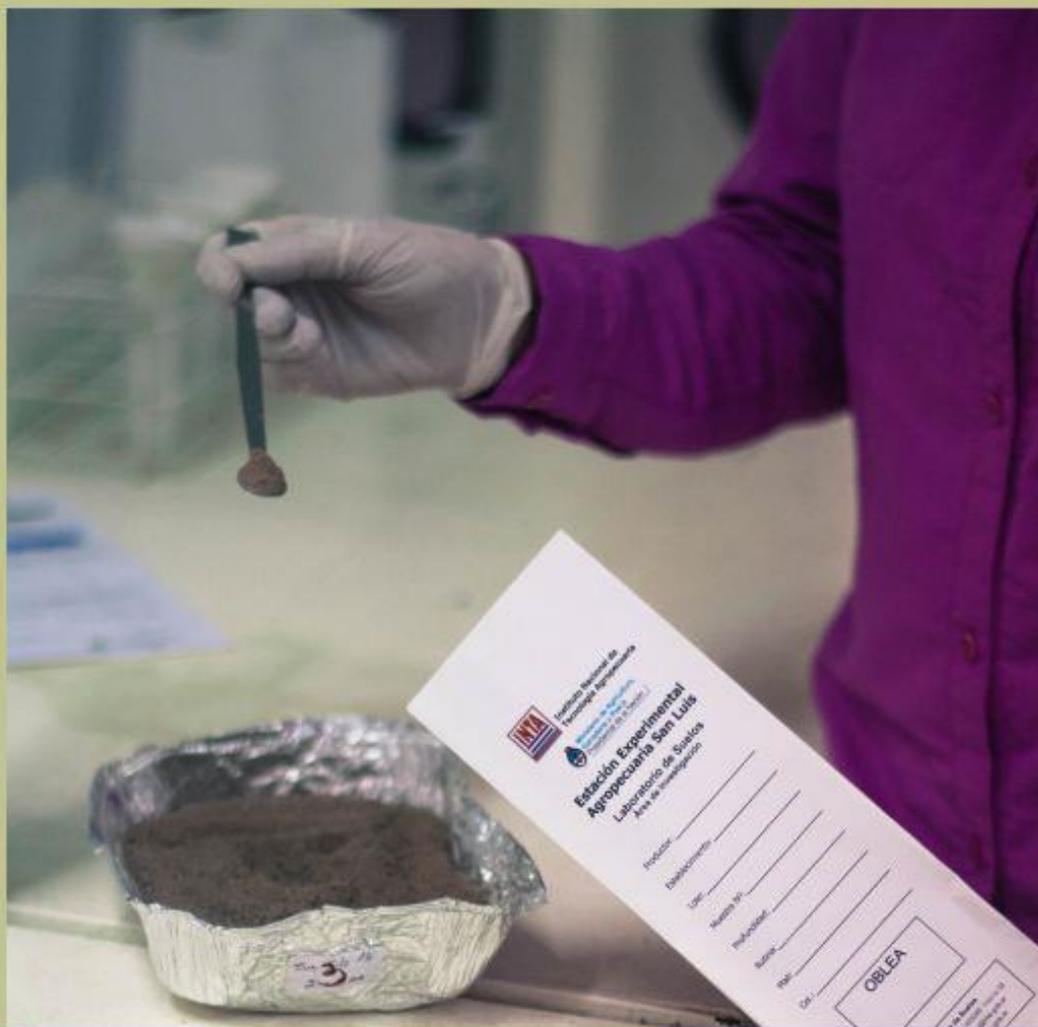


Información Técnica 198
ISSN 0327-425X/ Noviembre de 2021
"2021 - Año del homenaje al Premio Nobel
de medicina, Dr. Cesar Milstein "

¿Qué expresan los resultados de un análisis de suelo?

P. Hurtado; M. E. Morbidelli; J. de Dios Herrero; J. C. Colazo



INTA | Ediciones

Colección
RECURSOS

¿Qué expresan los resultados de un análisis de suelo?

Autores: Ms. Sc. Paula Hurtado¹, Ing. Agr. María Elena Morbidelli², Lic. Juan de Dios Herrero¹, Dr. Juan Cruz Colazo¹

(1) EEA INTA San Luis (2) Secretaría de Agricultura Familiar Campesina e Indígena de la Nación

Información Técnica 198. EEA INTA San Luis

Noviembre de 2021

ISSN 0327-425X

AUTORES

Paula Hurtado

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata; Master Science en Manejo y Conservación de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Es profesional en el grupo de producción agrícola de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis del INTA.

María Elena Morbidelli

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales de la Universidad Nacional de San Luis. Es técnica de terreno en la Secretaría de Agricultura Familiar Campesino e Indígena del MAGyP y docente en la escuela agrotécnica N°6 Gral. San Martín de San Luis.

Juan de Dios Herrero

Licenciado en química –orientación agrícola-, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa; Doctorando en Agronomía, Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Es profesional en el grupo de Recursos Naturales de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis del INTA y profesor en la Escuela de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la UNViMe.

Juan Cruz Colazo

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa; Doctor en Agronomía, Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Es profesional en el grupo de producción agrícola de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis del INTA y profesor en el departamento de Ciencias Agropecuarias de la UNSL.

INDICE

PORTADA	I
INTRODUCCIÓN	II
AUTORES	III
ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO	Pág.6
ANÁLISIS QUIMICO DEL SUELO	Pág.9
COMENTARIOS FINALES	Pág.15
BIBLIOGRAFÍA	Pág.16

INTRODUCCIÓN

Si queremos mejorar la realidad y la calidad del sistema productivo, debemos acercar la ciencia a la sociedad, logrando que la ciudadanía, academia y autoridades, se entiendan bajo un lenguaje común.

Por tal motivo, la vinculación entre ciencia y sociedad es vital para que los avances o descubrimientos le hagan sentido a la ciudadanía, entendiéndola como sustento de las transformaciones sociales que el país necesita, motivando la inquietud intelectual y estimulando el pensamiento crítico.

El conocimiento, tal como se le concibe, es el proceso progresivo y gradual desarrollado por el hombre para comprender el mundo que lo rodea. Es un acto consciente e intencional de examinar las cualidades del objeto y/o sujeto de interés.

Las pruebas de suelos de laboratorio, son el medio que permiten conocer las condiciones del suelo, que a menudo se incluyen como parte de un seguimiento o control; pero en algunos casos se necesitan para diagnosticar, detectar o controlar algún desequilibrio que podría estar afectándolo.

Los resultados de laboratorio, pueden ir acompañados de una serie de números conocidos como intervalo de referencia o "valores normales". En éste sentido el objetivo de este material es acercar a los pequeños productores de forma práctica y sencilla una explicación concreta de los parámetros generales del suelo que son analizados. Debido que la interpretación de dichos resultados: *“son el proceso por el cual se le encuentra un significado a la información concreta recabada tras técnicas de análisis de rutina”*.

1. ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO

La primera práctica a la hora de analizar un suelo es enmarcarlo dentro de una categoría en base a la relación porcentual en que se encuentran las partículas que componen la fracción mineral del suelo, siendo arcilla (< 0,002 mm), limo (0,002 - 0,05 mm) y arena (0,05 - 2 mm) (figura 1), que establecerá la clase textural (tabla 1).

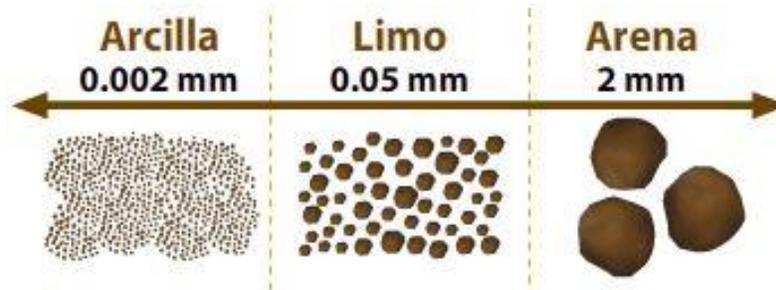


Fig. 1: tamaño de las partículas del suelo

Tabla 1: CLASIFICACIÓN USDA DE LOS SUELOS SEGÚN SU TEXTURA					
TEXTURA	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Gruesa	86 - 100	0 - 14	0 - 10	Arenoso	Suelos arenosos
	70 - 86	0 - 30	0 - 15	Arenoso franco	
Moderadamente gruesa	50 - 70	0 - 50	0 - 20	Franco arenoso	Suelos Francos
Media	23 - 52	28 - 50	7 - 27	Franco	
	20 - 50	74 - 88	0 - 27	Franco limoso	
	0 - 20	88 - 100	1 - 12	Limoso	
Moderadamente fina	20 - 45	15 - 52	27 - 40	Franco arcilloso	
	45 - 80	0 - 28	20 - 35	Franco arenoso arcilloso	
	0 - 20	40 - 73	27 - 40	Franco limoso arcilloso	
Fina	45 - 65	0 - 20	20 - 35	Arcilloso arenoso	Suelos arcillosos
	0 - 20	40 - 60	27 - 40	Arcilloso limoso	
	0 - 45	0 - 40	35 - 55	Arcilloso	

La textura se determina de manera precisa, en laboratorio a través del método de sedimentación, que se basa en separar las partículas según la velocidad de caída de una esfera en un líquido en reposo.

Pero existe un método que permite aproximarla, en base a la plasticidad y adhesividad que presenta la fracción arcilla al añadirle agua. El mismo consta en tomar un puñado de muestra en la palma de la mano, y se lo humedece bien o satura. Luego se amasa, estableciéndose las texturas arcillosas, franco-arcillosas, francas, según se pueda armar un cilindro fino y delgado, y doblar formando un círculo (figura 2).

En función de la aspereza de la arena (se frota la muestra junto al oído y se escucha el chirrido de los granos) determinando la importancia de los contenidos en arena.

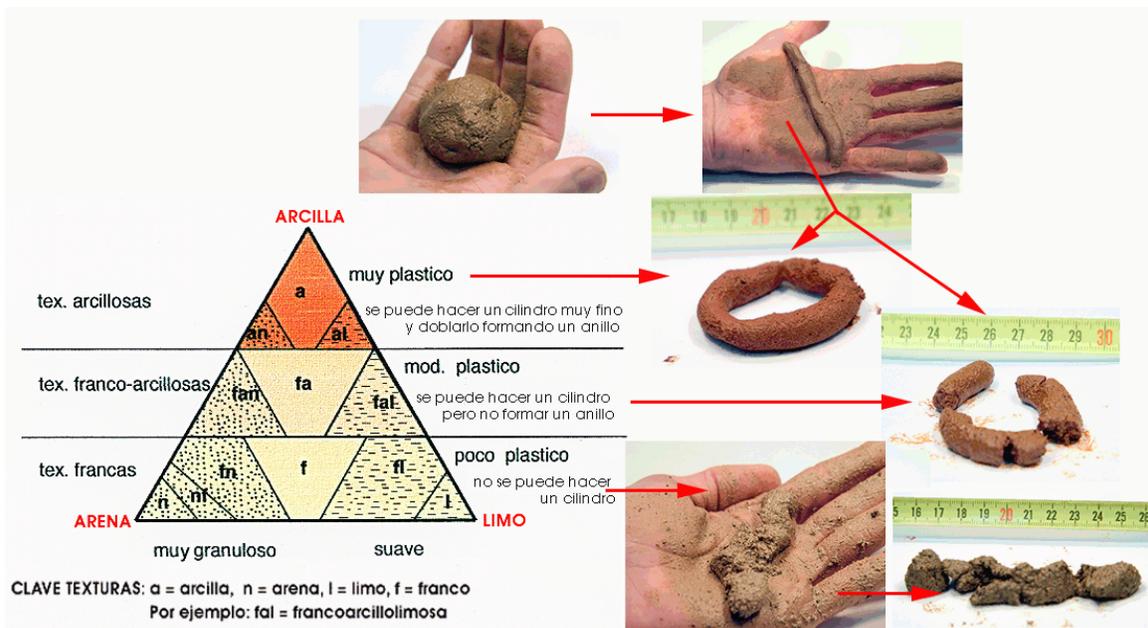


Fig. 2. extraída: <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>

La fracción inorgánica influirá directamente en el comportamiento de las propiedades del suelo como aireación, permeabilidad, porosidad, drenaje, infiltración, etc. que son importantes a tener en cuenta ante un aporte de agua y labores culturales (tabla 2).

Tabla 2: propiedades físicas del suelo según la textura			
Propiedad	Arenoso	Limoso	Arcilloso
Plasticidad y adhesividad	Baja	Baja	Alta
Son dos características que se expresan cuando los suelos están húmedos y definen la consistencia del suelo, que es la firmeza con que se unen las partículas entre sí o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura.			
Porosidad	Baja	Media	Alta
Es el total de espacios vacíos. En líneas generales, la porosidad varía dentro de los siguientes límites: suelos arenosos: 30 – 45 %, suelos medios: 45 – 55 %, suelos arcillosos: 50 – 65 %.			
Tamaño de poros	Grandes	Medios	Pequeños
Los poros grandes, en general están ocupados por aire y es por donde circula internamente del agua. En los medianos se mantiene el agua disponible para las plantas. Y en los microporos, se retiene el agua con tanta fuerza que no es accesible para el cultivo.			
Infiltración	Alta	Media	Baja
Es el proceso natural por el cual el agua pasa de la superficie al interior del suelo.			
Permeabilidad	Alta	Media	Nula
Es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de un fluido (agua y aire) en su interior, y está determinado por la velocidad con que fluye.			
Drenaje	Excesivo	Moderado	Lento
Es la rapidez o la facilidad para evacuar el agua por escurrimiento superficial y por infiltración.			
Almacenamiento de agua	Escaso	Medio	Alto
Es la capacidad del suelo de retener agua que pueda ser absorbida por las raíces de las plantas para su crecimiento, desarrollo y producción.			
Aireación	Buena	Regular	Escasa
Se refiere a la medida del volumen de espacio poroso en un sustrato ocupado por el aire después de que se satura y se le permite drenar.			
Disponibilidad de nutrientes	Pocos	Medio	Muchos
Va a depender de la cantidad de cargas que posea la fracción mineral para atraer a los nutrientes. Las partículas de arcilla del suelo y la materia orgánica tienen cargas negativas sobre su superficie. Las cuales atraen por fuerzas electrostáticas a los cationes como el calcio, magnesio, potasio, aluminio, amonio.			

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

El **análisis de fertilidad**, nos transmite cuan fértil es el suelo analizado. Y aquí es donde juega un rol muy importante la fracción orgánica del suelo.

La **materia orgánica** es el conjunto de residuos vegetales y animales, en diferentes estados de descomposición por la acción de los microorganismos del suelo. La evolución de la materia orgánica en el suelo depende del clima, del tipo de suelo, de la clase de residuos y de la actividad de los microorganismos.

El valor porcentual de materia orgánica (% MO) se determina a partir de convertir el porcentaje de **carbono orgánico** del suelo a través del factor de conversión 1,724. Dicha constante resulta debido a que en promedio existe un 58% de carbono cada 100 gramos de materia orgánica; por este motivo es de suma importancia la captación de carbono.

Lo ideal es encontrarse con un porcentaje superior al 1,5 % de materia orgánica, pero es normal que en suelos arenosos se encuentren valores por debajo del 1 % (tabla 3). En tales casos, consideramos que es un suelo poco fértil y se deben promover todas las prácticas que tiendan a favorecer la captación de carbono o acumulación de materia orgánica.

Tabla 3: valores de materia orgánica (MO) en función del carbono orgánico (CO) del suelo

Contenido de MO (%)	Contenido de CO (%)	Contenido	Designación
0,01 - 1	0,29 - 0,58	Escaso	Muy pobremente provisto
1 - 2	0,58 - 1,16	Bueno	Pobre
2 - 4	1,16 - 2,9	Abundante	Bien provisto
4 - > 8	2,9 - > 4,5	Excesivo	Altamente provisto

Son diversos los beneficios de la materia orgánica en el suelo, debido a que contribuye a formación de los agregados, generando una estructura resistente a los agentes erosivos y el laboreo, aumenta la capacidad de retención de agua, le confiere cargas negativas en las cuales se retienen los cationes nutritivos y proporciona un ambiente más favorable para la vida de los microorganismos del suelo.

El contenido de **nitrógeno** en el suelo tiene una relación estrecha con el porcentaje de materia orgánica del mismo y obviamente con la vegetación del lugar, quien es la que aporta los residuos a descomponer. El resultado del análisis se informa en porcentaje (%) y representa la suma de nitrógeno amoniacal, nítrico, amínico y orgánico (tabla 4).

Tabla 4: Escala de valores de nitrógeno en el suelo

Contenido de N (%)	Contenido	Designación
< 0,05	Escaso	Muy pobremente provisto
0,05 - 0.15	Regular	Moderadamente provisto
0,016 - 0.3	Bueno	Bien provisto
0,3 - > 0,5	Abundante	Muy bien provisto

El nitrógeno favorece el desarrollo del cultivo y estimula su crecimiento. Es fundamental para la formación de la clorofila y como componente de las proteínas. Su faltante se expresa a través de una reducción en el crecimiento, amarillamiento de las partes aéreas.



En cuanto a la **relación C/N**, indica el ritmo de mineralización de la materia orgánica, es decir, la capacidad en producir nitratos a partir del material en descomposición, por lo que podríamos decir que es un índice de la salud del suelo.

La materia orgánica principalmente está compuesta por carbono (58%) y el nitrógeno (5%), de manera que cuando existe una relación C/N alta la materia orgánica está sin descomponer y si es baja se debe a que el ritmo de mineralización es muy rápido (tabla 5).

Tabla 5: Gradación de la relación C/N		
Relación C/N	Relación C/N	Liberación de N
0,01 - 5	Muy bajo	Muy alta
5,01 - 7	Bajo	Alta
7,01 - 12	Normal	Normal
12,01 - 20	Alto	Escasa
> 20	Muy alto	Muy escasa

Alta relación C/N indica poca habilidad para producir nitratos. Esta relación puede disminuirse con adición de N y de esta manera se reduce el tiempo de mineralización; en cambio la baja relación C/N indica el agotamiento del suelo, lo que ocurre cuando se le explota intensamente o cuando se erosiona, o puede ocurrir por altas temperaturas condición en la cual el nitrógeno se volatiliza.

Si la relación C/N de un suelo es menor a 12, el mismo tendrá una respuesta favorable ante la aplicación de fertilizantes nitrogenados debido que hay un predominio del carbono.

En cambio, si la relación es mayor a 12, significa que el nitrógeno supera al carbono, lo cual una aplicación nitrogenada no tendría influencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En el análisis de fertilidad se incluye el **valor de fósforo (P)** extractable, aquel que las plantas lo encuentran en la solución del suelo, medido en partes por millón (ppm) (tabla 6). El fósforo estimula el desarrollo del sistema radicular y es esencial para conseguir una abundante floración y un buen cuajado.

Desde un punto de vista agronómico el fósforo puede estar en el suelo en cuatro situaciones: directamente asimilable, intercambiable, lentamente asimilable, inasimilable.

El fósforo asimilable se encuentra en forma soluble y es de utilización inmediata para las plantas. Estando su disponibilidad íntimamente ligada a otros factores del suelo como son el pH, la cal activa y la materia orgánica.

Tabla 6: Valores de fósforo en los suelos	
Contenido de P (ppm)	Nivel
0,01 - 8	Pobrementemente provisto
8 - 16	Moderadamente provisto
16 - 30	Bien provisto
> 30	Rico

La solubilidad de los minerales, el estado en que se encuentran, la capacidad de intercambio catiónico, la actividad biológica, el crecimiento radicular como la degradación de la materia orgánica están afectados por el pH y conductividad eléctrica.

El pH del suelo que es un factor que afecta la asimilación de los nutrientes, debido a su disponibilidad, según se aprecia en la imagen (figura 2)



Figura 2: disponibilidad de los elementos según el pH

El **pH** del suelo nos expresa la concentración de iones protón (H^+) disociados en la solución suelo. En un suelo ácido existe mayor cantidad de iones H^+ que de OH^- , mientras que en uno alcalino es al contrario. En un suelo de pH neutro la cantidad de iones H^+ y OH^- es igual. La neutralidad, valor 7, es la condición óptima para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de los nutrientes por parte de éstos (tabla 7).

Tabla 7: Clasificación de los suelos según el pH y efectos esperados (USDA, 1971, porta y col 1999)

pH	Clasificación en solución 1/2.5	Efectos esperados
< 4,5	Extremadamente ácido	Toxicidad de Al^{+3} , Fe^{+2} , Mn^{+2} e H^+ Escasa actividad microbiana
4,6 - 5,5	Fuertemente ácido	Excesos: Co, Cu, Fe, Mn, Zn Deficiencias: Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Escasa actividad bacteriana
5,6 - 6	Moderadamente ácido	Intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos
6,1 - 6,5	Levemente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes
6,6 - 7,3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos

7,4 - 7,8	Moderadamente alcalino	Suelos generalmente con CaCO ₃
7,9 - 8,4	Básico	Disminuye la disponibilidad de P y B Deficiencias: Co, Cu, Fe, Mn, Zn
8,5 - 10	Alcalino sódico	Sodicidad
> 10	Fuertemente alcalino	Toxicidad sódica Actividad microbiana escasa Micronutrientes poco disponibles

Un medio ácido suele ser pobre en iones asimilables por las plantas, la actividad microbiana se reduce y por consiguiente la formación de nitratos también. La asimilación del fósforo disminuye por formarse combinaciones insolubles de este elemento con el hierro y con el aluminio.

Aquellos elementos que los cultivos requieren en menor cantidad (microelementos), a excepción del molibdeno, son más asimilables en medio levemente ácido.

Existen casos en que los pH sean muy elevados debido a la presencia de sales sodio (carbonato y bicarbonatos); siendo un elemento que trae aparejado problemas de tipo estructural del suelo (impermeabilidad, compactación, etc.) lo que resulta desfavorable para la asimilación de los nutrientes.

Las plantas viven y se desarrollan bajo un margen de tolerancia de **conductividad eléctrica (CE)**. Siendo las sales en solución, buenas conductoras eléctricas, se mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica que dependerá de la cantidad de sales que contenga. Por lo tanto, a mayores valores de CE es más fácil que se mueva la corriente por lo que indica mayor cantidad de sales disueltas.

El conocimiento del contenido total de sales solubles en los suelos permite establecer si existen en ellos cantidades importantes para producir interferencias con la germinación normal de las semillas, con el crecimiento de las plantas o con la absorción de agua por parte de los cultivos (tabla 8).

Tabla 8: Gradación de la conductividad eléctrica	
CE 1:5 mS/cm	CLASIFICACIÓN
< 0,4	No salino
0,4 - 1,15	Ligeramente salino
> 1,15	Salino

El **carbonato cálcico (CO₃Ca)** es la principal fuente de calcio de los suelos, encontrándose en el suelo en estado de fragmentos de dimensiones variables.

Se descompone fácilmente bajo la acción de los ácidos y del dióxido de carbono del suelo. La actividad de la caliza depende de su poder de descomposición, que está condicionado por la acidez del suelo, su porosidad y el grado de finura de las partículas.

Tabla 9: escala de Novaki		
Contenido de CaCO ₃ (%)	Contenido	Clasificación
< 0,5	Pobre	Suelo sin calcáreo
0,5 - 1	Regular	Suelo con calcáreo
1 - 2	Moderado	
2 - 5	Bueno	
5 - 10	Algo excesivo	
> 10	Excesivo	Horizonte cálcico

Alta concentración de carbonatos contribuyen a que el suelo se empobrezca en humus, bloquea ciertos nutrientes indispensables para la planta, como hierro, dando lugar a la llamada clorosis férrica. Y a otros elementos como el manganeso, el zinc y el cobre produciendo lo que se denominan enfermedades 'carenciales' que repercuten en la producción.

Complejo de cambio

La arcilla y el humus tienen carácter coloidal, es decir, están cargadas negativamente y tienen la propiedad de atraer y retener a los nutrientes para las plantas con carga positiva como ser el calcio, magnesio, potasio, sodio, amonio (NH₄⁺).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo expresa la cantidad de los iones adsorbidos en posición asimilable, constituyendo la reserva de nutrientes para las plantas; suelos con altos valores en general tienen alta fertilidad (tabla 10).

Tabla 10: Capacidad de intercambio catiónico	
CIC (meq/100 g)	Nivel
< 5	Bajo
5 - 20	Regular
20 - 30	Optimo
30 - 50	Moderadamente alta
> 50	Alta

Estos cationes, que se hallan en continuo movimiento alrededor de las partículas, no son retenidos de por vida por las partículas de suelo, sino que pueden cambiarse o sustituirse unos por otros más o menos fácilmente y ésta es la razón de su nombre de cationes de cambio.

Uno de los elementos que se encuentra dentro de este complejo de intercambio es el potasio (K^+), elemento que es muy requerido por los cultivos a lo largo de sus ciclos.

El contenido en potasio de un suelo hay que contemplarlo, al igual que el fósforo en función de la textura y del aprovechamiento del suelo (secano o bajo riego). Como referencia de niveles de disponibilidad se toma la siguiente escala (tabla 11)

Tabla 11		
Contenido de K (cmol/kg) cultivos	Contenido de K (cmol/kg) hortalizas	Nivel hortalizas
< 0,15	< 0,30	Bajo
> 0,15	> 0,30	Alto

COMENTARIOS FINALES

Es muy importante destacar que la evolución y el desarrollo de un cultivo no solamente dependerán del estado del suelo en el que crece; sino que existen varios factores influyentes como son el clima, el estado sanitario de las semillas, la genética de la variedad o especie, la época de siembra, las labores culturales, las plagas y malezas entre otros.

Hay que tener en cuenta, que este material es simplemente una guía que pretende acercar, a todos aquellos que estén interesados en el estado de salud de sus suelos productivos, información básica que les permita interpretar e interrelacionar los valores que expresa un análisis de suelo.

Todos los niveles de referencia son orientativos y sirven para un diagnóstico rápido, siendo indispensable se consulte a un profesional, sobre las recomendaciones de labores, aplicaciones, secuencia de cultivos, en las que se deben tener en cuenta no solo la calidad del suelo sino las condiciones climáticas y posibilidades de incorporación de tecnologías según la condición socio-económicas del productor.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, R. Materia Orgánica: valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. 1 a Ed, 2006. Editorial Facultad de Agronomía UBA. ISBN 950-29-0911-9.

Malbrán, L. y Ratto, S. Tecnologías en análisis de suelos: alcance a laboratorios agropecuarios. 1a Ed. Asoc. Argentina de la Ciencia del Suelo, 2005. 216 p. ISBN 987-21419-1-6.

INTAGRI. 2017. La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. Serie Suelos. Núm. 26. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

Porta, J.; López-Acevedo, M y Roquero, C. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. 3ra Ed, 2003. Editorial Mundi-Prensa. ISBN: 84-8476-148-7.

Prause, J. Analisis de suelos: técnicas de muestreo de suelos, aguas y plantas: bases prácticas para la fertilización. 1 a Ed, 2006. Resistencia: Librería de la Paz. 100 p.

Taboada, M. A y Micucci, F. Fertilidad física de los suelos. Editorial Facultad de Agronomía UBA. 1 a Ed, 2002. ISBN 950-29-0701-9.

La Estación Experimental Agropecuaria San Luis, es un Instituto de desarrollo tecnológico estrechamente vinculado con un amplio espectro de productores.

Este material, está orientado a aquellos que no acceden fácilmente a cierta información básica sobre los recursos naturales, contribuyendo a que la toma de sus decisiones esté fundamentada, y les permita realizar un manejo consciente y responsable del recurso suelo en la producción alimenticia.



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina