



pH del suelo

Apellidos, nombre	Soriano Soto, Maria Desamparados ¹ (asoriano@prv.upv.es)
Departamento	Producción Vegetal
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen

En este artículo se analizará el origen y las causas del pH del suelo y las consecuencias sobre el resto de propiedades

2 Introducción

El pH del suelo expresa el grado de acidez del suelo, es decir la concentración (en forma logarítmica) de hidrogeniones H^+ que existen en el suelo.

El pH del suelo condiciona gran cantidad de acciones en el suelo afectando a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Su conocimiento servirá para conocer el efecto sobre dichas propiedades así como sobre la disponibilidad de nutrientes.

3 Objetivos

Los objetivos son que el alumno será capaz de:

- Aplicar adecuadamente el concepto de pH del suelo sus causas y sus efectos en el suelo.

Los apartados de que consta son:

1. Resumen
2. Objetivos
3. Introducción
4. Desarrollo
5. Cierre
6. Bibliografía

4 Desarrollo

4.1 Reacción del suelo o pH del suelo

El pH del suelo expresa el grado de acidez del suelo, es decir la concentración (en forma logarítmica) de hidrogeniones H^+ que existen en el suelo.

En la escala de pH el valor máximo es de 14, siendo el valor de $pH=7$, el correspondiente a un suelo neutro. Son ácidos todos aquellos que tienen valores inferiores a 7, y básicos todos los superiores a éste.

Las plantas cultivadas presentan en general mejor desarrollo a valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles y en un equilibrio más adecuado.

Si el suelo es demasiado ácido, en el complejo de cambio abundan los hidrogeniones y el aluminio, impidiendo que otros elementos necesarios tales como calcio, magnesio, sodio y potasio permanezcan en él, pues éstos son eliminados por el agua de lluvia o de riego.

Si el suelo tiene menos de 5,5 de valor de pH es conveniente elevarlo hasta al menos valores de 6,5, mediante aporte de una enmienda caliza, para que los elementos nutritivos puedan estar más fácilmente disponibles para las plantas.

Si el suelo es básico (suelos calizos), el complejo de cambio se encuentra saturado y el exceso de calcio en el medio impide que otros elementos, tales como el hierro, puedan ser absorbidos por las plantas.

El pH de un suelo puede disminuirse aplicando azufre, de forma que las tiobacterias del suelo lo transformen en ácido sulfúrico lentamente. Para bajar el pH con rapidez se puede emplear yeso, aunque la adición de yeso puede ocasionar desequilibrios respecto a otros cationes de cambio en suelos calizos. Algunos tipos de materia orgánica pueden ayudar a la disminución del pH, por ejemplo las acículas de pino.

Además de los cationes minerales, el complejo arcillo - húmico es capaz de fijar los iones H^+ . Su presencia determina la reacción del medio, medida del pH.

- Si el suelo tiene un pH inferior a 7, significa que hay sobre el complejo más iones H^+ que cationes minerales **suelo ácido**
- Si el pH es igual a 7, hay sobre el complejo igual cantidad de iones H^+ que cationes minerales **suelo neutro**
- Si el pH es superior a 7, significa que hay sobre el complejo menos iones H^+ que cationes minerales **suelo básico o alcalino**

En la práctica, en los suelos cultivados, el pH varía entre 4,5 y 8,5.

Existen diferentes maneras de medir el pH del suelo, que difieren entre ellas en la proporción tierra - solución acuosa, aunque la proporción más utilizada es la relación 1:2,5 agua - suelo; también pueden variar en la composición de la disolución: agua o solución salina.

4.2 Acidez actual y acidez potencial

➤ pH actual o pH en agua

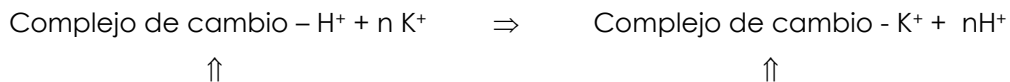
Cuando la solución que se pone en contacto con el suelo es agua destilada, está adquiere los cationes H^+ que no están retenidos por el complejo de cambio, es decir, los que posee o poseería la solución acuosa del propio suelo. Al pH medido en estas condiciones se denomina pH actual.

Estos cationes libres (H^+) no retenidos por el complejo de cambio, tienen una gran actividad química dentro del suelo, e influyen notablemente la vida microbiana, pudiendo calificarlos de manera gráfica como los reguladores del funcionamiento general del suelo.

➤ pH potencial o pH en KCl

Este es el nombre que recibe el pH de un suelo cuando la solución puesta en contacto con él, es una disolución 1M de cloruro potásico. El significado agronómico de este pH potencial es diferente según estemos en presencia de suelos no carbonatados o de suelos calcáreos.

En el caso de suelos sin carbonatos (generalmente ácidos), el pH en KCl describe en cierta manera la reserva de acidez del suelo (por ello se denomina pH potencial). En este caso el catión K de la solución actúa desplazando los cationes retenidos por el complejo de cambio, y entre los iones expulsados hacia la solución se encuentran los H^+ .



Solución de desplazamiento

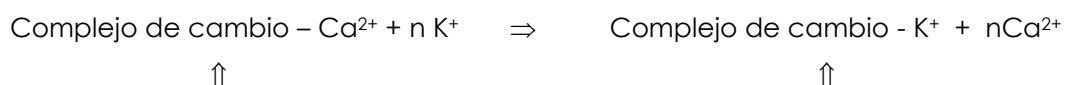
Solución donde se determina el pH

El equilibrio pone de manifiesto que el pH en KCl refleja la acidez intercambiable del suelo. Las ecuaciones químicas anteriores también indican que en estos suelos descarbonatados, el pH en KCl siempre será inferior al pH en agua. Cuando la diferencia entre ambos pH es muy elevada (más de una unidad), debe suponerse que el complejo de cambio del suelo está mayoritariamente ocupado por H^+ o Al^{3+} ; se habla entonces de que el suelo (o su complejo de cambio) está desaturado. Estos suelos tienen una tendencia a acidificarse (es decir su pH puede descender debido a prácticas culturales como la adición de abonos, donde los cationes de estos abonos pueden desplazar los H^+ del complejo de cambio hacia la solución del suelo, de manera parecida a como actúa el K^+ en el proceso de determinación del pH potencial).

Cuando la diferencia entre el pH en agua y KCl es menor, del orden de 0,6 – 0,8 unidades o menos, se califica al suelo de bastante saturado y no existe entonces peligro eminente de acidificación.

En suelos calcáreos el pH en KCl aporta información sobre el complejo de cambio. En estos suelos que siempre presentan un pH en agua igual o superior a 7, el complejo de cambio está saturado, es decir, prácticamente no contienen iones H^+ ni tampoco Al^{3+} ; el ion claramente predominante es el Ca^{2+} , ya que la caliza se compone mayoritariamente de $CaCO_3$.

Al poner el suelo en contacto con KCl se produce el desplazamiento:



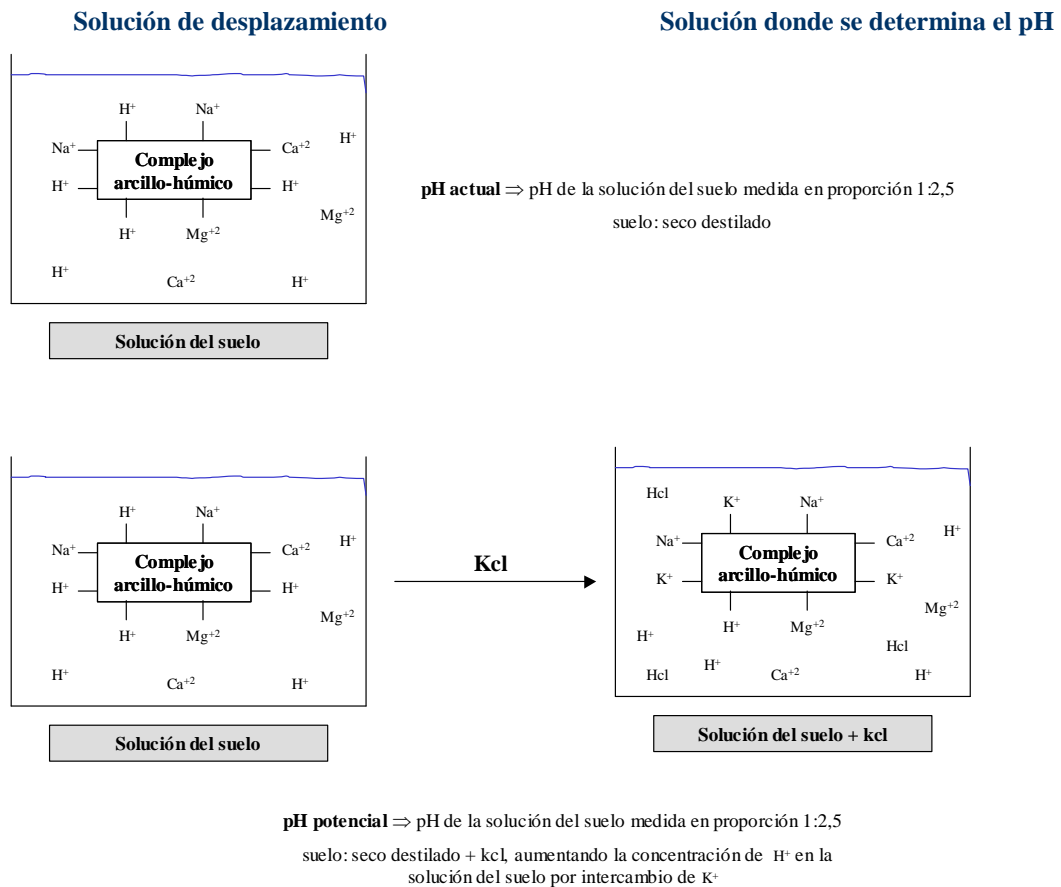


Imagen 1. Esquema del pH potencial y actual

El pH de los suelos queda comprendido entre los valores de 3 y 10, si bien el de los suelos agrícolas suele oscilar entre 5,5 y 8,5 (Porta et al., 1987).

pH (agua 1:2.5)	4.2.1.1.1 Tipo	Observaciones
Menor de 5,5	Muy Ácido	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, dificultad de retención de muchos nutrientes
5,5-6,5	Ácido	Dificultad de desarrollo de algunos cultivos, dificultad de retención de nutrientes
6,5-7,5	Neutro o cercano a la neutralidad	Óptimo para el desarrollo de los cultivos
7,5-8,5	Básico	Cierta dificultad para el desarrollo de cultivos exigentes.

Mayor de 8,5

Muy básico

Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, posible aparición de clorosis férrica.

Tabla. Tipos de suelo, según los valores de pH obtenidos

4.3 pH óptimo para un suelo

Si se trata de combatir enérgicamente una acidez fuerte, porque sea índice de una grave enfermedad del suelo, no es conveniente llevarlo a un pH muy elevado, en el que podría haber bloqueo de ciertos elementos útiles para las plantas (la clorosis, que se comprueba frecuentemente en suelos demasiados calizos, no tiene otro origen). Se sabe, como regla general, que la asimilación de los elementos fertilizantes se hace más fácilmente en medio ácido.

Lo ideal será, por tanto mantenerlo en el nivel de neutralidad o ligeramente por debajo, en la proximidad de 6,5. Influye además la constitución del suelo y la clase de cultivo, ya que los cultivos tienen aptitudes diferentes para desenvolverse en suelos más o menos ácidos.

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente:

- Naturaleza del material original. Según que la roca sea de reacción ácida o básica.
- Factor biótico. Los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida.
- Precipitaciones. Tienden a acidificar al suelo y desaturarlo al intercambiar los H^+ del agua de lluvia por los Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , etc. de los cambiadores.
- Complejo adsorbente. Según si está saturado con cationes de reacción básica (Ca^{++} , Mg^{++} , etc.) o de reacción ácida (H^+ o Al^{+++}). También dependiendo de la naturaleza del cambiador variará la facilidad de liberar los iones adsorbidos.

4.4 Efecto del pH sobre la actividad biológica

En los suelos con un pH inferior a 6 se observa una ralentización de la actividad biológica, derivada del efecto negativo que una acidez excesiva causa sobre la fauna del suelo, como los gusanos de tierra y las bacterias. En estos casos, procesos microbianos como la nitrificación (conversión de amonio NH_4^{+} en ion nitrato NO_3^{-}) o la fijación del nitrógeno atmosférico, cuyo pH óptimo se halla entre 6 y 6,5, desaparecen totalmente a pH inferior a 4,5.

En cambio en suelos neutros o ligeramente básicos, el número de microorganismos es superior y son más activos, en especial cuando abundan los carbonatos y más concretamente la caliza activa. En particular, la mineralización o descomposición de la materia orgánica poco humificada es muy importante, y por tanto los elementos nutritivos que forman parte de ella quedan rápidamente a disposición del cultivo. Pero si el pH del suelo es demasiado elevado, también se resienten algunos procesos microbianos, por ejemplo, la nitrificación es prácticamente inexistente a pH superior a 9.

4.5 Efecto del pH sobre la solubilidad de las especies químicas del suelo

El pH afecta a la nutrición mineral de las plantas desde diferentes ámbitos, uno de los cuales es el que acabamos de comentar. Otro es la relación existente entre el pH del suelo y el tipo y solubilidad de especies químicas existentes.

Ejemplos:

- Los fosfatos son insolubles (por tanto no asequibles por el cultivo) en medios muy ácidos (precipitan en forma de compuestos como FePO_4 o AlPO_4), o muy básicos (se forma la sal $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).
- Los compuestos de Mn, Fe y Zn son más solubles a pH ácido (en consecuencia más fácilmente asimilables) que básico.
- Las clorosis férricas debidas a carencias de hierro muy habituales en cítricos, aparecen en suelos básicos.

La asimilabilidad de los elementos esenciales en relación al pH se muestran en la figura siguiente:

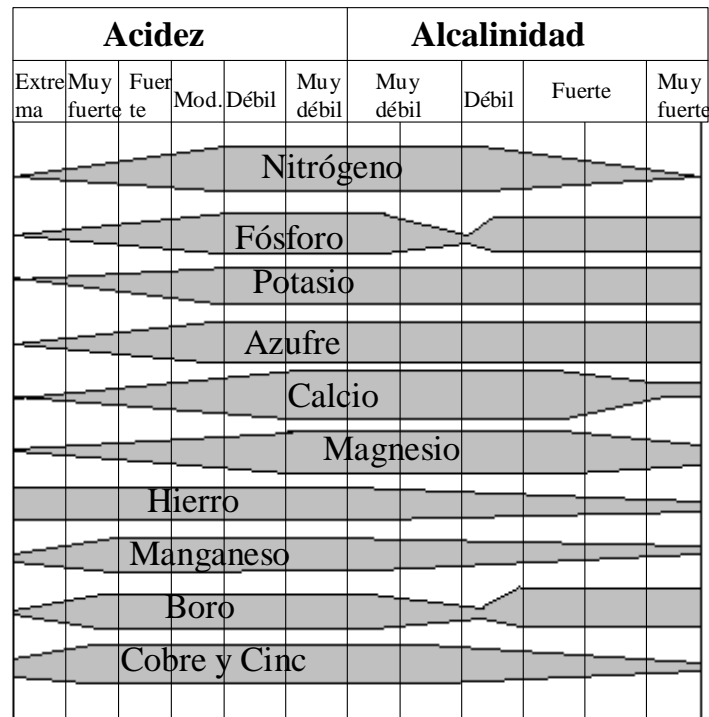


Imagen 2. Disponibilidad de nutrientes en función del pH

La anchura de cada banda tiene un sentido cualitativo e indica la influencia favorable o desfavorable del pH sobre la presencia de formas asimilables del elemento.

Los encajes entre bandas contiguas, que aparecen en el modelo de la derecha, advierten de la formación de compuestos insolubles en los que participan ambos elementos. La elevada solubilidad de algunos elementos (Al, Fe, Zn, Mn y Ni) a pH muy ácido puede llegar a causar intoxicaciones a las plantas. Estos problemas se solucionan tomando medidas que tiendan a elevar el pH, por ejemplo la toxicidad de Al desaparece a pH superior a 5,5.

También debemos indicar que los suelos muy ácidos pueden empobrecerse con facilidad. Ello es debido a la abundancia del ion H^+ , dominante en el complejo de cambio y que produce el paso de otros iones a la solución del suelo, luego estos cationes serán más accesibles por la planta pero también pueden perderse con mayor facilidad.

por lavado. Por la misma razón los cationes aportados por abonos poseen dificultades para penetrar en el complejo de cambio, quedando a merced de lavados y pérdidas por escorrentía.

4.6 Efecto del pH sobre la estructura del suelo

El pH influye sobre la estructura del suelo de forma que los suelos excesivamente ácidos presentan una estructura deficiente, caracterizada por la baja porosidad y sus consecuencias: mala aireación, dificultad a ser trabajados, escaso desarrollo radicular, baja permeabilidad, fenómenos de erosión, etc)

Hay que aclarar que este hecho no se debe directamente al elevado nº de iones H^+ , sino a la falta de cationes Ca^{2+} (responsable de la floculación de arcillas, y de la agregación del suelo), así como a la mala calidad de la materia orgánica de estos suelos con baja capacidad de cementar agregados y de débil actividad microbiana.

Acidificación y descalcificación son dos procesos diferentes pero que suelen identificarse agrónomicamente. En ambos procesos ocurre:

- 1) Desaparición de iones calcio de la solución del suelo, debido tanto a un lavado por lluvia o riego, como a su asimilación por el cultivo.
- 2) Por el aumento de la concentración de otros iones en la solución del suelo causado por el aporte de abonos que contengan K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , o que generen H^+ , también por el riego con aguas salinas, causas que producen que el Ca^{2+} pase a la solución del suelo y se pierda por las causas mencionadas anteriormente.
- 3) A consecuencia de la pérdida de calcio (descalcificación) se produce una ocupación del complejo de cambio por H^+ (acidificación), estos protones pasan a la solución del suelo, la arcilla se dispersa por falta de iones floculantes y la estructura se deteriora.

Los suelos básicos también suelen tener una estructura deficiente; si en ellos abundan los iones Na^+ (suelos salinos), estos desplazan al ión Ca^{2+} fuera del complejo de cambio, y las arcillas pueden dispersarse debido a la baja capacidad floculante del sodio, produciéndose en este caso una descalcificación sin acidificación.

4.7 Efecto del pH sobre las plantas

El pH influye sobre la actividad microbiana y sobre la disponibilidad de los diferentes elementos esenciales para el crecimiento vegetal. Esto produce la delimitación de un pH óptimo para cada especie cultivada.

Si observamos la tabla vemos que el pH ideal de los suelos es el comprendido entre 6 y 7. Pero el pH agrónomicamente ideal es el que resulta de las características físicas, químicas y biológicas del suelo y las exigencias del cultivo.

En general:

- Se atribuye a los suelos arcillosos un pH óptimo superior al de los suelos arenosos. El pH de los primeros interesa que sea ligeramente elevado porque así garantizamos la presencia del ión Ca^{2+} necesario para conseguir una buena estructura.
- En los suelos arenosos podemos permitirnos un pH más ácido ya que en ellos es bastante improbable la aparición de un medio asfixiante causado por la dispersión de las arcillas puesto que estas son muy escasas. Además son suelos con limitada

C.I.C., y si el calcio ocupa gran parte del complejo de cambio existe riesgo de que se manifiesten carencias de otros cationes (desplazamiento de calcio seguido de un posterior lavado, característico de esta textura). También interesa que el pH actual sea ligeramente ácido para asegurar así una correcta cantidad de H^+ en la solución del suelo, aquí no podemos contar con la pobre reserva de su débil complejo de cambio.

Los suelos en zonas agrícolas tienen normalmente valores de pH entre 5,5 y 8,5 (medidos en disolución en agua en proporción 1:2,5).

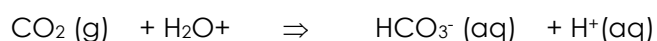
La clasificación del suelo en función del pH se observa en las tablas siguientes.

Valor del pH	Calificativo
$pH < 5$	Fuertemente ácido
$5 \leq pH < 6$	Francamente ácido
$6 \leq pH < 6,6$	Ligeramente ácido
$6,6 \leq pH \leq 7,3$	Neutro
$7,3 < pH \leq 7,7$	Ligeramente básico
$7,7 < pH$	Básico

Tabla. Interpretación del pH según los criterios USDA (Porta *et al.* 2003)

4.8 Adición de abonos sobre el pH

El pH en agua no es un parámetro estable, ya que se ve afectado especialmente por el abonado utilizado, por la estación del año y por la vivacidad del cultivo. El efecto de estos dos últimos factores está relacionado con la concentración de CO_2 del suelo. Tanto la actividad microbiana como la respiración de las raíces incrementan el contenido de este compuesto, el cual causa un descenso del pH:



Esta será también la causa de porqué el pH del suelo medido en el propio campo puede diferenciarse incluso en una unidad del medido en el laboratorio, pues la concentración de CO_2 del suelo disminuye durante el secado previo al análisis.

El pH es considerado por Jackson como la propiedad química más importante del suelo. Tal calificativo proviene del efecto que ejerce tanto sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, como sobre el cultivo.

Los abonos influyen de distinta manera sobre el pH, según se trate:

- De abonos de acción acidificante, como el sulfato amónico (disociación en ión SO_4^{2-}) ácido, que se combinará a las bases del suelo, e iones básicos (NH_4^+), que serán absorbidos después de la nitrificación).
- De abonos prácticamente sin acción sobre el pH. Es el caso del nitrato amónico que se disocia en un ión (NO_3^-) y un ión básico (NH_4^+), absorbidos los dos rápidamente por la planta. En este grupo figuran todas las sales de potasa, el superfosfato, los abonos complejos, la urea y los amonitratos.
- De abonos de acción alcalinizante: nitrato de cal, nitrato sódico, cianamina cálcica, escorias, fosfatos naturales que dejan una base en el suelo después de la utilización del elemento fertilizante.

Los abonos del primer grupo tienen por defecto bajar ligeramente el pH, mientras que los del último lo elevan.

En los suelos ácidos se dará preferencia a los abonos alcalinos. Por el contrario en los alcalinos, el empleo de abonos como el sulfato amónico tendrá tendencia a bajar el pH, es decir, a facilitar la nutrición de las plantas, sobre todo si se trata de cultivos que tienen su óptimo de alimentación con pH inferior a la neutralidad.

La noción de pH es inseparable de la de poder tampón del suelo, que es la facultad que posee el suelo de resistir las variaciones de su pH. Un suelo estará más o menos tamponado cuanto más rico es en coloides arcillo - húmicos, es decir, cuanto más fuerte es su complejo.

Esto es importante, pues un suelo poco tamponado, por ejemplo un suelo arenoso, si es ácido, se neutraliza mucho más fácilmente que un suelo arcilloso muy tamponado.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto el concepto de pH y su efecto sobre algunas de las propiedades de los suelos.

6 Bibliografía¹

Libros:

Porta, J., López Acevedo, M., Roquero, C. "Edafología para la agricultura y el medio ambiente". 2003. Ed. Mundi prensa, pp. 167-202.

Porta, J. "Agenda de campo de suelos". 2005. Mundi prensa. Madrid.

Saña y Villaseca, J., More Ramos, J.C., Cohi, A. "La gestión y la fertilidad de suelos". 1996. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

Urbano-Terrón, P. "Tratado de fitotecnia general", 1988. Ed. Mundi prensa. pp. 345 – 388.