

# REACCIÓN DEL SUELO

Ings. Agrs. Mirta González, Andrea Segat, Marta Conti

## OBJETIVOS

- Analizar las causas y consecuencias de la reacción del suelo.
- Relacionar la condición de acidez o alcalinidad con las características del suelo.

## 1. Concepto de acidez y alcalinidad de los suelos - pH

La reacción del suelo se refiere a la actividad del hidrógeno ( $H^+$ ) presente en la solución del suelo.

La reacción del suelo es una propiedad fundamental del mismo. Es a la vez, causa y efecto de una serie de factores. No existe proceso físico, biológico y químico, que no esté influido por las condiciones de acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo.

La reacción del suelo se mide a través del pH.

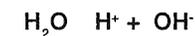
### Concepto de pH

$$pH = - \log a H^+ = - \log (H^+) \cdot f(H^+)$$

$$a = \text{actividad} \quad f(H^+) = \text{factor de actividad}$$

En las soluciones diluidas, la actividad puede reemplazarse por la concentración (se toman como sinónimos) sin alterar el resultado.

En el agua, la disociación de  $H^+$  y  $OH^-$  presenta una concentración de  $10^{-14}$  moles por litro y la concentración del agua no disociada es tan grande que se considera constante y aproximadamente igual a 1. Por consiguiente:



$$\frac{[H^+][OH^-]}{1} = K_w = 10^{-14}$$

$K_w$  = constante de ionización del agua

**aplicando log.**

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \text{ y } \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

por lo tanto, como en el agua las concentraciones de  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  son iguales, el pH es igual a 7.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 7 \text{ y } \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = 7$$

Toda alteración de concentración de  $\text{H}^+$ , altera el pH de las soluciones.

Existen métodos colorimétricos y potenciométricos para determinar el pH.

**2. Clasificación de acidez**

Varias aproximaciones han sido usadas para clasificar los componentes de la acidez del suelo, una primera categoría es la **acidez titulable** o también denominada **acidez total**. La misma se determina como la cantidad de base fuerte ( $\text{NaOH}$  o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) requerida para elevar el pH de un suelo de un valor inicial dado a un valor final especificado. Pero la acidez titulable es sólo una medida de la acidez total real del suelo y no permite distinguir los componentes de la misma. Es utilizada para la caracterización de suelos ácidos y para la determinación de la necesidad de encalado de los mismos.

Al considerar la **acidez total** de un suelo, se tiene en cuenta, tanto la acidez activa como la potencial. La concentración de los iones  $\text{H}^+$  en solución es la que determina la acidez del suelo en la medida de pH. El  $\text{H}^+$  ubicado en la solución del suelo, se encuentra en equilibrio con el  $\text{H}^+$  intercambiable, y con el  $\text{H}^+$  no intercambiable (de los grupos  $\text{OH}^-$  de las aristas arcillosas y compuestos orgánicos).

*a) Acidez activa o actual*

Está dada por la actividad de los iones  $\text{H}^+$  presentes en la solución del suelo. Cuando:

$a \text{H}^+ > a \text{OH}^-$ , la reacción es ácida

$a \text{H}^+ = a \text{OH}^-$ , la reacción es neutra

$a \text{H}^+ < a \text{OH}^-$ , la reacción es alcalina

Esta cantidad de iones  $\text{H}^+$  en solución, que es habitualmente muy pequeña, es la que más influye en la fertilidad del suelo.

En condiciones normales, la cantidad de agua que tiene un suelo es escasa, por lo tanto si se desea la medición directamente en el suelo se presentan inconvenientes metodológicos que dificultan la medición.

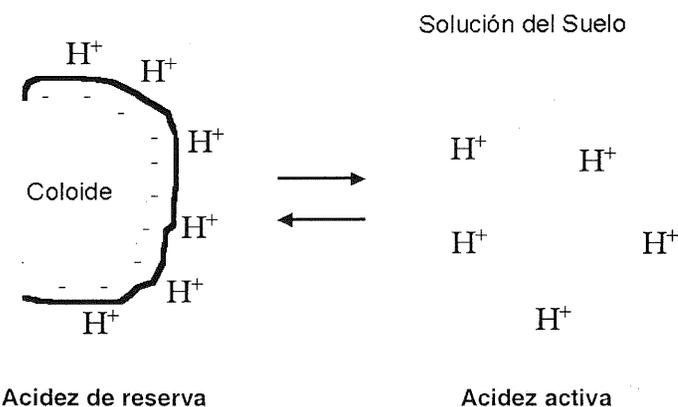
**El pH actual, es la expresión internacional edafológica de la acidez actual** y hace referencia a condiciones estándar de relación suelo-agua utilizada. Se mide el pH de una suspensión suelo-agua o suelo-  $\text{CaCl}_2$  0.02N en relación **1:2,5**.

*b) Acidez potencial, de reserva o intercambiable*

Esta dada por los H, Al, Fe y Mn adsorbidos en el complejo de intercambio. (leer Capacidad de Intercambio de Cationes). Estos iones sorbidos, están en equilibrio con los de la solución del suelo. **La acidez potencial se mide en  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de base necesaria para su neutralización.**

*c) Acidez no intercambiable*

Es importante mencionar que en el suelo existe también un tipo de acidez llamada **no intercambiable**, que se debe a la presencia de iones  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  y al hidrógeno unido a la materia orgánica y a los grupos  $-\text{Si}-\text{OH}$  de las aristas de las arcillas.



Esquema que representa los  $\text{H}^+$  que determinan la acidez.

La figura muestra el equilibrio entre acidez de reserva y acidez activa, si se neutralizan algunos hidrógenos de la solución del suelo, serán rápidamente reemplazados por algunos hidrógenos adsorbidos.

### 3. Origen de la acidez de los suelos

- Lavado de sales y cationes del perfil:** los suelos ácidos se encuentran, aún en aquellas regiones donde el material parental es roca básica. A pesar que el producto de la descomposición de la roca es material alcalino, para que se origine un suelo ácido, estos productos deben ser eliminados del perfil a una velocidad mayor a la de su formación. El agua de lluvia arrastra hacia las profundidades, no sólo las sales solubles y no tan solubles como carbonatos de calcio, sino los Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio intercambiables, quedando el complejo de intercambio saturado con  $H^+$ .
- Fertilizantes:** el empleo de sulfato y nitrato de amonio aumenta la acidez del suelo. Los iones amonio son adsorbidos por el material coloidal, reemplazando las cantidades equivalentes de otros cationes. Los sulfatos y/o nitratos de calcio o de otras bases formados tienden a perderse por lixiviación, favoreciendo la acidez. El efecto principal de los iones  $NH_4^+$ , se ejerce cuando éstos son transformados en nitratos por la oxidación, produciendo acidez por formación de ácido nítrico.
- Actividad biológica:** la acidificación puede ser producida por la oxidación biológica de los compuestos del azufre y del nitrógeno, generando un pH bajo. Como resultado de la actividad microbiana se forman constantemente ácidos, que no se neutralizan, provocando la acidificación de la solución del suelo.

### 4. Origen de los $H^+$ y $OH^-$ de la solución del suelo

#### Origen de los iones $H^+$ de la solución del suelo:

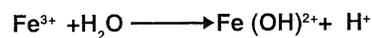
##### a) Grupos ácidos de minerales de la fracción arcilla

Proviene de la disociación de iones  $H^+$  unidos a las cargas permanentes (sustitución isomórfica) de los minerales de arcilla.

Se comportan como ácidos fuertes disociando los  $H^+$  a pH 3 y 4.

##### b) Hidrólisis de los iones Fe, Al, Mn.

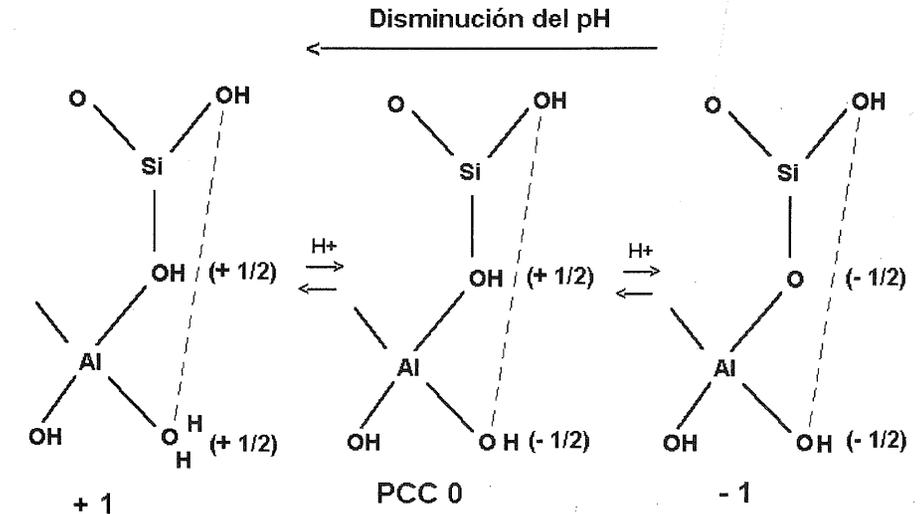
Los cationes hierro y manganeso se hidrolizan dando origen a acidez.



La hidrólisis del Al, por ser la más importante, se trata en un punto aparte, punto (f).

##### c) Disociación de grupos ácidos débiles de la fracción arcilla.

Los Si-OH y Al-OH que originan cargas variables, y los polímeros hidroxialúminicos a pH mayor que 6 y hasta 10-11, originan  $H^+$  en solución.



##### d) Grupos ácidos de la materia orgánica.

Los grupos carboxilos dan  $H^+$  entre pH 4 y 7,5. Los grupos fenólicos lo hacen entre pH 5 y 8,0. Los grupos alcohólicos a pH mayor de 9,5.

Esto en líneas generales, dado que su amplio rango de superposición se puede considerar que entre pH 3 y 10 los ácidos orgánicos aportan  $H^+$  a la solución de suelo.

##### e) Ácidos Solubles.

$CO_2$  producido por la actividad biológica en el suelo y por las raíces.



- Ácidos orgánicos originados en la descomposición de la materia orgánica, metabolitos de microorganismos y excreciones radiculares de plantas superiores.

- Ácidos fuertes producidos por oxidación. Por ejemplo, en un suelo en estado de anaerobiosis, el azufre se encuentra como SFe. Al mejorar la aireación y aumentar el grado de oxidación, el azufre se oxida a sulfato aumentando así la acidez del suelo.
- Intervención del hombre aplicando fertilizantes de reacción ácida. Por ejemplo, KCl,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , etc. En el primer caso, sucede que las plantas absorben más  $\text{K}^+$  que  $\text{Cl}^-$ , por lo que se produce la formación de CIH. El sulfato de amonio, a través de la oxidación del  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  y formación de ácido sulfúrico y nítrico, es también productor de acidez.

#### f) Hidrólisis del Aluminio:

El comportamiento químico de los materiales ácidos se encuentra ligado íntimamente con las propiedades del aluminio en la solución.

El  $\text{Al}^{3+}$  se hidroliza para formar complejos, monómeros y polímeros de aluminio hidratado, constituidos por unidades, como  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  y  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  o formas que representan grados intermedios de neutralización.

Iones	Observaciones
$\text{Al}^{3+}$	Catión intercambiable predominante en suelos muy ácidos (pH inferior a 5). Altamente tóxico.
$\text{Al}(\text{OH})^{2+}$	Ion fácilmente intercambiable, predominante en suelos ácidos (pH 5-5,5).
$\text{Al}(\text{OH})_2^+$	Ion fácilmente intercambiable, predomina en suelos ácidos a levemente ácidos (pH 5-6).
$[\text{Al}(\text{OH})_n]^{m+}$	Policatión de tamaño y carga variable. Origen de carga dependiente del pH. Bloquea sedes de intercambio catiónico.

La distribución de las especies de aluminio con el pH se muestra en la figura 1.

El ion  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  es de menor importancia y existe sólo dentro de un margen limitado de pH. El ion  $[\text{Al}(\text{OH})_5]^{2-}$  sólo se presenta a valores de pH superiores de los que se encuentran normalmente en los suelos (pH 11-12).

El  $\text{Al}^{3+}$  predomina por debajo de un pH de 4,7; el  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  entre 4,7 y 6,5; el  $\text{Al}(\text{OH})_3$  entre 6,5 y 8 y el  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  por encima de 8.

Además de las formas solubles, se presenta el  $\text{Al}(\text{OH})_3$  precipitado, gibsita de fase sólida.

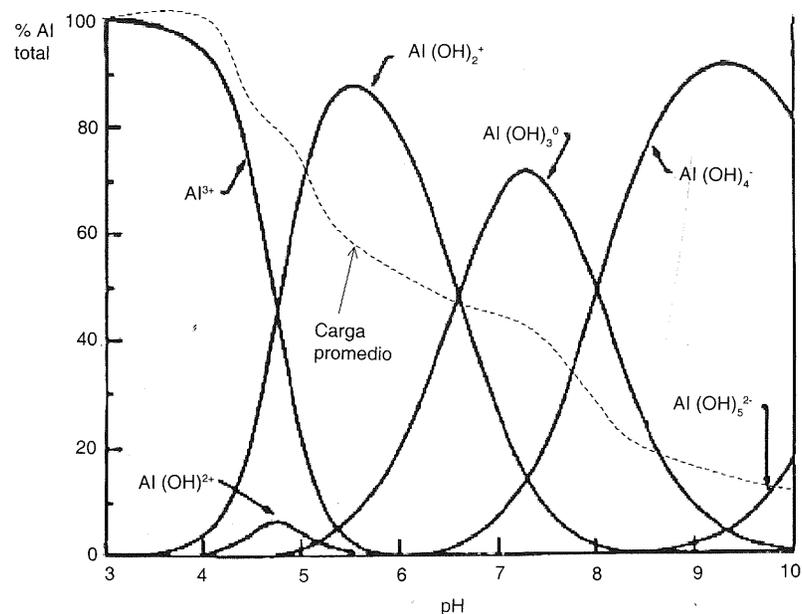


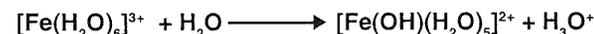
Figura 1. Distribución y carga promedio de especies de aluminio soluble en función del pH.

La doble capa y la solución del suelo tienen en equilibrio iones  $\text{Al}^{3+}$  y  $\text{Al}(\text{OH})_n^{(3-n)+}$  que al hidrolizarse liberan protones.



Los productos de hidrólisis del  $\text{Al}^{3+}$  se polimerizan rápidamente para formar grandes unidades de varias cargas. Las superficies de los coloides del suelo retienen fuertemente a los polímeros y por lo general, se comportan como no intercambiables.

La hidrólisis del hierro es similar a la del aluminio:



El valor de pH de la primera etapa de hidrólisis del hierro, se acerca a 3, en tanto que el del  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  es casi 5. Por esta razón la hidrólisis del hierro está regulada por la del aluminio, debiendo reaccionar la mayor parte de la reserva del aluminio del suelo antes que lo pueda hacer el hierro.

La retención de polímeros hidratados de aluminio con carga positiva,

disminuye la carga neta de los coloides del suelo. De esta manera, la formación de dichos polímeros en la superficie de los coloides, disminuye la capacidad de intercambio catiónico de los mismos.

La elevación del pH disminuye la carga positiva de los polímeros, liberando sedes de intercambio. Por lo contrario, la disminución del pH de los suelos que contienen grandes cantidades de polímeros hidratados, disminuye la capacidad de intercambio catiónico del suelo al incrementarse la carga positiva en los polímeros.

### Origen de los iones OH<sup>-</sup> de la solución del suelo

a) La fuente de iones hidroxilos en el suelo, son los cationes metálicos adsorbidos.

Cuanto mayor es la cantidad de iones alcalinos y alcalino térreos en la solución interna del suelo, mayor es el pH.

b) Fertilizantes alcalinos y riegos con aguas alcalinas

La acción del hombre a través de la aplicación de fertilizantes de acción química y fisiológica alcalina. Ej. : Na NO<sub>3</sub>. El anión NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se absorbe en forma preferencial y queda el Na<sup>+</sup> en el suelo que produce alcalinidad.

En suelos bajo riego, el aporte de bases y particularmente de sodio, puede mantener y aumentar el pH a más de 7,0.

### 5. Clasificación de suelos según pH y origen de la acidez

La siguiente es la escala usada para la determinación de pH en KCl, según Scheffer y Schachtschabel.

pH	Actividad de iones H <sup>+</sup> (g / l <sup>-1</sup> )	Términos descriptivos	Zonas
< de 4,0	10 <sup>-3</sup>	extremadamente ácido	Zona Ácida
4,0 a 4,9	10 <sup>-4</sup>	fuertemente ácido	
5,0 a 5,9	10 <sup>-5</sup>	medianamente ácido	
6,0 a 6,9	10 <sup>-6</sup>	ligeramente ácido	Zona Neutra
7	10 <sup>-7</sup>	neutro	
7,1 a 8,	10 <sup>-8</sup>	ligeramente alcalino	
8,1 a 9,0	10 <sup>-9</sup>	medianamente alcalino	Zona Alcalina
9,1 a 10,0	10 <sup>-10</sup>	fuertemente alcalino	
> de 10,1	10 <sup>-11</sup>	extremadamente alcalino	

### 6. Factores que determinan la intensidad de la acidez

a) Grado de saturación del complejo sorbente

Es el valor V de Hissink. Está directamente relacionado con la acidez actual. Para un valor de V = 100% corresponderá un pH de la solución elevado, 7 ó mayor; dependiendo del tipo de sorbente y del catión saturante; para un valor de V = 0, corresponderá un pH ácido. Entre estos dos valores, 0 y 100, hay toda una gama posible (ver capítulo de Intercambio de Iones).

b) Tipo de sorbente

Las curvas de saturación de arcillas y MO en función del pH son muy diferentes.

Para explicar esto, se supone que el sorbente es un ácido débil con cationes de bases fuertes y algunos cationes de bases débiles.

El ácido débil (sorbente), tiene una capacidad de disociación que depende de su naturaleza estructural. La fuerza de disociación del ácido depende de su electronegatividad o cantidad de cargas negativas.

Orden de electronegatividad de los intercambiadores:

**MO > montmorillonita > illita > caolinita > óxidos hidratados de Fe y Al.**

c) Tipo de cationes sorbidos. Pueden considerarse tres grupos:

- H<sup>+</sup> - Mn<sup>++</sup> - Al<sup>+++</sup> - Fe<sup>+++</sup>
- Ca<sup>++</sup> - Mg<sup>++</sup> - K<sup>+</sup>
- Na<sup>+</sup>

El primer grupo está directamente relacionado con un alto grado de acidez en los suelos. En general, en suelos minerales ácidos, el ion Al con una neta predominancia sobre los iones H<sup>+</sup>, se encuentra saturando el complejo sorbente y es el responsable de la acidez. El ion H<sup>+</sup> es cuantitativamente importante en suelos orgánicos muy ácidos, poco arcillosos y con ácidos minerales.

Con respecto a los cationes de cambio, se los separa de dos grupos por su diferente comportamiento. Todos forman bases al participar en el intercambio, pero con diferentes constantes de basicidad. El intercambio será tanto mayor cuanto menor sea la energía de unión entre el catión y el intercambiador. El Na<sup>+</sup> con mayor facilidad de liberarse del complejo de cambio que el Ca<sup>++</sup> y el Mg<sup>++</sup>, constituye una base fuerte, capaz de aportar hidroxilos al medio.

d) Contenido de CO<sub>2</sub>

El contenido de CO<sub>2</sub> del aire del suelo varía desde un mínimo (0,03%) hasta valores muy altos en suelos mal aireados (de 3 y hasta 10%). En función de su presión parcial forma CO<sub>3</sub>H<sub>2</sub> y éste libera H<sup>+</sup>.

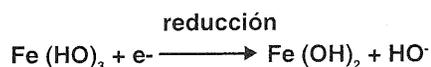
Las variaciones serán función de la cantidad de  $\text{CO}_2$  del suelo. En la rizosfera se produce más  $\text{CO}_2$  debido a una actividad biológica más intensa.

#### e) Cantidad de agua

Cuanto mayor es la cantidad de agua del suelo más se eleva el pH. Este efecto de dilución se origina por que al aumentar la cantidad del solvente, se diluyen los iones  $\text{H}^+$  disminuyendo su actividad. Esto se comprueba en la determinación de pH con distintas relaciones suelo - agua: 1:1, 1:2,5 y 1:10, en ellas, el pH aumenta progresivamente con la dilución. Esto permite especular sobre el comportamiento de las plantas sensibles al pH con respecto al clima: los cultivos sensibles a la acidez, la soportan mejor en climas húmedos que en climas secos.

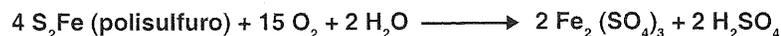
#### f) Condiciones de aireación

Un mismo suelo puede cambiar su valor de pH de acuerdo a que esté bien o mal aireado. La norma general es que, al pasar de aerobiosis a anaerobiosis se produce un aumento de pH, siempre que la anaerobiosis esté en relación con gran cantidad de agua. Aún cuando pueden jugar factores como dilución o hidrólisis, la causa principal residiría en la reducción del  $\text{Fe}^{3+}$ .



Un proceso asociado es la reducción de  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{S}^{2-}$ , que se combina con el Fe para dar  $\text{SFe}$ . Este sulfuro puede, con el tiempo, pasar a polisulfuro que es más estable.

Los sulfuros dan reacción cercana a la neutralidad cuando predominan las condiciones de anaerobiosis. Si mejora el drenaje y por consiguiente la aireación, se produce la oxidación.



Tanto el sulfato férrico como el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  son agentes acidificantes

Si hay suficiente cantidad de  $\text{CaCO}_3$  en el sistema, dicha acidez puede neutralizarse y mantenerse el pH por encima de 5, dando lugar a la formación de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  y  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . En caso de no haber suficiente Ca y Mg, este fenómeno puede dar lugar a acidificaciones extremas.

Si la anaerobiosis, en lugar de ser producida por exceso de  $\text{H}_2\text{O}$ , se debe a altas concentraciones de  $\text{CO}_2$ , entra en juego el sistema regulador del  $\text{CO}_3\text{H}^-$  (pH 5,5-8,2).

### 7. Factores que determinan la intensidad de la alcalinización

Acumulación de sales: la acumulación de sales reconoce 2 vías:

#### • Natural

Si no existe una lixiviación adecuada, las sales producidas en el proceso de meteorización quedan en el perfil. La falta de lavado puede deberse a lluvias insuficientes o drenaje impedido.

El relieve puede, en ocasiones, definir una salinización sobre todo si va acompañado por la presencia de napas salinas.

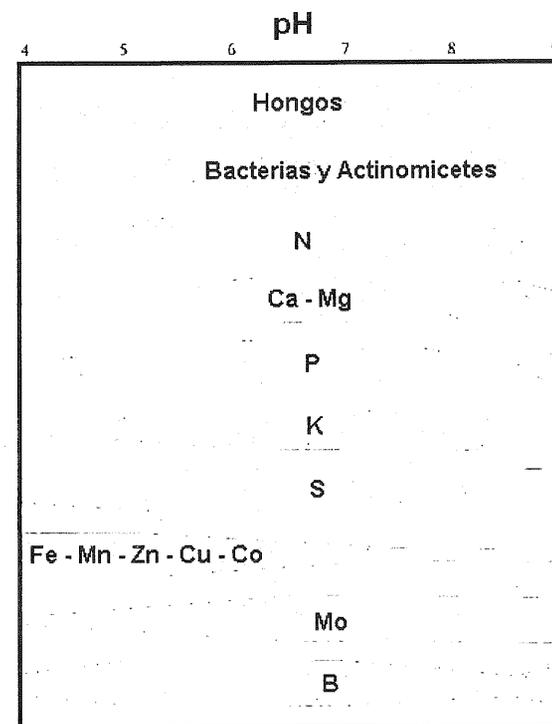
La salinización puede reconocer su origen en antiguos depósitos de agua salada o entradas de agua de mar.

#### • Artificial

Hace referencia a los suelos de zona de riego que por falta de buen drenaje y aguas con alto contenido de sales se alcalinizan y salinizan. Este fenómeno constituye un serio problema en la Argentina, especialmente en la provincia de Río Negro.

Aplicación de fertilizantes de reacción básica. Como ejemplo se puede nombrar al  $\text{NaNO}_3$ . La planta toma  $\text{NO}_3^-$  y el  $\text{Na}^+$  al quedar libre, aumenta el pH.

### 8. Efectos del pH sobre algunas características del suelo



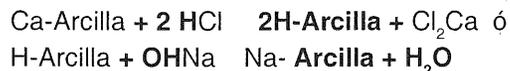
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Óptimo para la mayoría de los cultivos								■			
Ciénagas drenadas que contienen azufre			■	■							
Suelos forestales húmedos						■	■	■			
Suelos de pradera subhúmedos						■	■	■			
Suelos de pradera semiáridos									■	■	
Suelos con exceso de sales de Ca <sup>2+</sup>										■	■
Suelos que contienen exceso de Na <sup>+</sup>										■	■

## 9. Ejemplos de pH en series de Suelos Argentinos

SUBGRUPO	LOCALIDAD	Valor de pH (promedio)
Borofiblistos lítico	Islas Malvinas	4
Ustifluventes típicos	Santiago del Estero	7
Natracualfes típicos	Santiago del Estero	8
Natrargides típicos	Río Negro	8
Rodudalfes típicos	Misiones	5 - 6
Torriortentes típicos	Mendoza	7
Haplustol énticos	Córdoba	7
Argiudoles ácuicos	Entre Ríos	6
Argiudoles típicos	Buenos Aires	7 - 6
Hapludoles típicos	Buenos Aires	6 - 7

## 10. Capacidad reguladora del suelo

Se entiende por capacidad reguladora o poder buffer del suelo, a la resistencia que el mismo ofrece a variar su pH ante agregados de iones H<sup>+</sup> u OH<sup>-</sup>. La neutralización se logra por la capacidad de intercambiar los H<sup>+</sup> u OH<sup>-</sup> agregados con iones del complejo de cambio:



La capacidad buffer o tampón de los suelos, depende de la cantidad y naturaleza del complejo coloidal del suelo y la naturaleza de los cationes que saturan el mismo.

### 10.1 Caracterización cualitativa

Caracteriza la zona de máxima regulación. En las curvas de titulación del suelo, hay un ámbito de pH en el cual la adición de cantidades de NaOH o HCl producen mínimas variaciones del pH, en otras zonas hay cambios bruscos de pH ante el agregado de pequeñas cantidades de ácido o base. En este último caso, el poder regulador o tampón es mínimo.

El máximo poder regulador del suelo se manifiesta cuando la cantidad de cationes de intercambio (V de Hissink) es igual a la cantidad de acidez del mismo (I de Hissink); V=I, 50% de saturación catiónica, es decir, cuando las reservas de ácido y base del complejo de cambio son iguales.

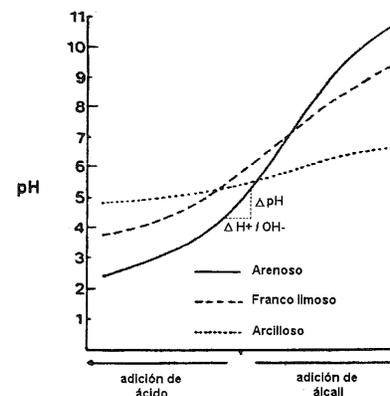
### 10.2 Caracterización cuantitativa

Se basa en medir la intensidad de la regulación. El principal sistema regulador del suelo es el complejo sorbente y los cationes del mismo.

Cuanto mayor cantidad de coloides tenga un suelo, mayor es su poder regulador (mayor CIC o mayor número de sitios de intercambio para adsorber los iones H<sup>+</sup> u OH<sup>-</sup>).

Los suelos arenosos tienen bajo poder regulador, mientras que los arcillosos ricos en M.O., muy grande. Es necesario conocer el poder de regulación de un suelo para efectuar correcciones de pH.

### 10.3 Medida de la capacidad reguladora



Se pueden usar las curvas de titulación o calcular el valor  $\beta$

a) **Curvas de titulación:** Consiste en medir el ángulo que forma la curva de titulación con la horizontal en el punto en que V es igual a 50% (ver Fig.). Los suelos arenosos, con muy baja capacidad reguladora, presentan mayor ángulo que los arcillosos.

b) **Cálculo del valor  $\beta$ :** Es un dato numérico que caracteriza la intensidad de la regulación. Permite establecer una relación directa entre pH y el poder regulador. A mayor  $\beta$  mayor poder regulador.

Se calcula midiendo la relación entre los cmoles<sub>e</sub> de ácido o base agregados y el cambio de pH producido.

$$\beta = \frac{AOH}{ApH} = \frac{C \cdot v}{V}$$

OH: Número de cmoles, de ácido o base añadidos

ApH: Variación sufrida en el pH por ese agregado

C: Concentración del ácido o de la base añadida

v: Volumen de ácido o base añadida

V: Volumen total resultante

### Bibliografía de apoyo

BOHN, H, Mc. NEAL, B, G. O'CONNOR. 1993. Química de Suelos. Editorial Limusa.

FASSBENDER, H.: Química de suelos. 1978. - Editorial IICA - Costa Rica.

MIZUNO, I.: Aspectos problemáticos de la Ciencia del Suelo. 1978. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria T.XXXII N°3 Bs. As.

ORTIZ-VILLANUEVA, B.; C.A. ORTIZ SOLORIO, 1990 Edafología. Ed Univ. Autónoma de Chapingo.

PORTA, J., M. LÓPEZ - ACEVEDO, C. ROQUERO 1994 - Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi - Prensa -Madrid.

RAMIREZ, R, D. CORASPE, D. RAMIREZ, 1983. Efecto del pH en el medio de enraizamiento de maní (*Arachis Hypogaea* L) sobre el peso seco y acumulación de nutrientes. *Actas X Congreso Arg. y VIII Latinoamericano de la Ciencias del Suelo.*

VELAZCO, M, R. SERINO, C. DE PAULI, 1987. Estudio de la relación entre el comportamiento ácido-base y la composición del suelo. *Ciencia del suelo* 5. : 116-122.

Agua  
del Suelo

5