

# Físico química del Suelo (II)

2017

Dra. Ing. Agr. N. Cristina Molina

# **La reacción química del suelo**

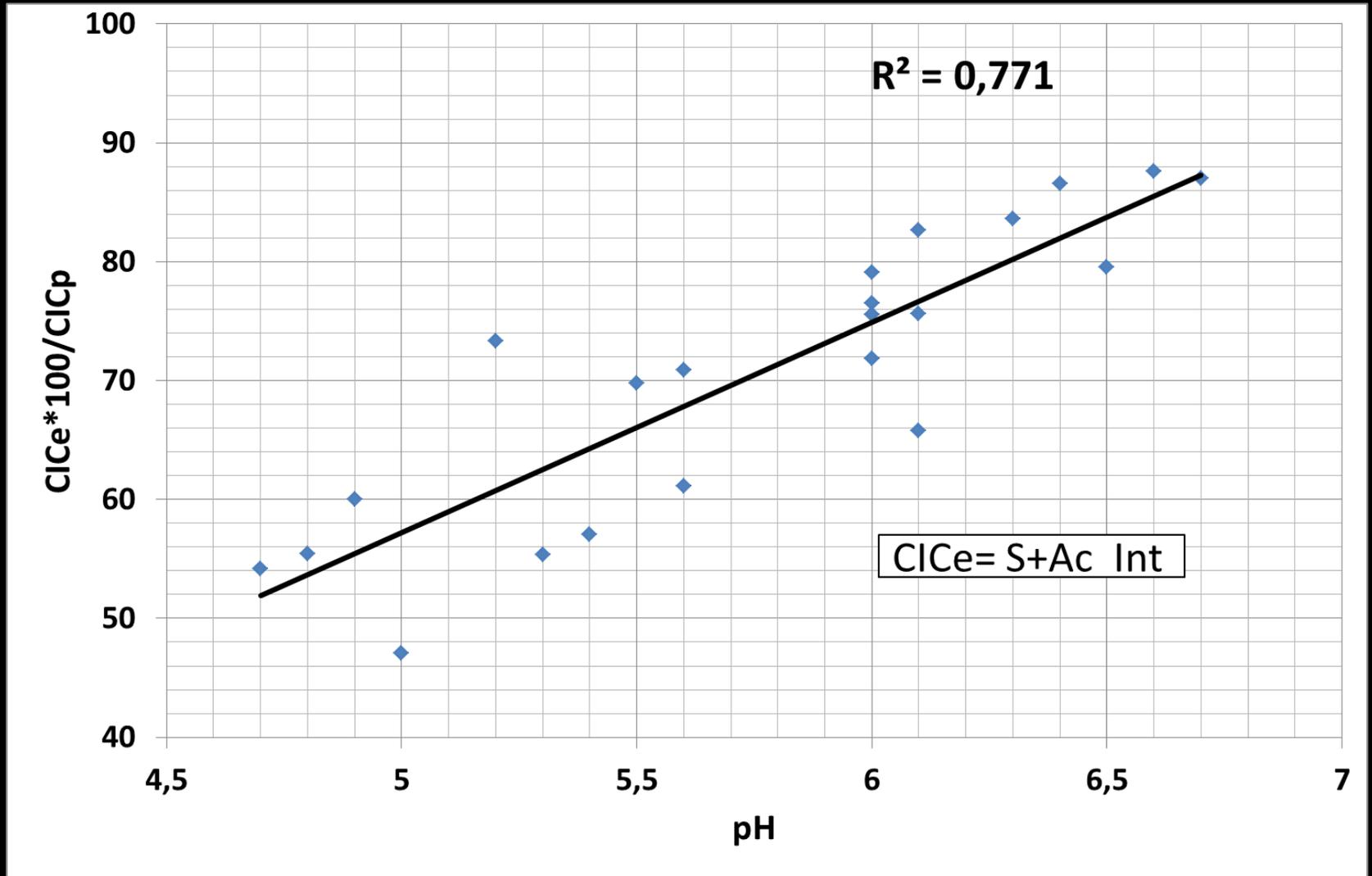
**Variables de capacidad de H<sup>+</sup>.**  
Miden y representan la capacidad del suelo para reponer H<sup>+</sup> a la solución a medida que este

desaparece

## Tipos de Acidez

- Acidez activa: pH (es una medida de la **intensidad** de H<sup>+</sup> en la solución)
- Acidez Total, compuesta por:
  - ✓ Acidez intercambiable es la cantidad de H<sup>+</sup> y Al<sup>+3</sup> desplazables con sales neutras
  - ✓ “Acidez de reserva” H<sup>+</sup> potencialmente disociable de la carga variable (*es un componente muy importante de la capacidad buffer cuando se agregan sustancias alcalinas al suelo*)

## Con el porcentaje de saturación con bases de la CICp



## Con el porcentaje de saturación con bases de la CICp

La relación es prácticamente lineal

Cuando varía el pH varía el porcentaje de saturación con bases (V%)

**El pH determina el porcentaje de saturación con bases, NO A LA INVERSA COMO DICE EL PROGRAMA**  
**Porqué? Veamos...**

## ... Con el porcentaje de saturación con bases de la CICp

- Supongamos que partimos de un material original recién depositado que tiene la totalidad de CICp ocupada por bases, y un pH de 7
- Supongamos un clima húmedo con balance hídrico positivo
  - ✓ El agua de lluvia que ingresa al suelo no es agua pura, es en realidad una solución muy diluida de ácido carbónico con un pH de aprox. 5,8
  - ✓ Cuando entra al suelo la concentración de  $H_3O^+$  aumenta porque la presión parcial de  $CO_2$  es mayor que en la atmósfera y porque, además, en el suelo hay otros ácidos que son producto de la actividad biológica.

## ... Con el porcentaje de saturación con bases de la CICp

- ✓ Este aumento de la concentración de  $H_3O^+$  lleva a que se produzca un intercambio IRREVERSIBLE en algunos sitios de carga variable \*
- ✓ salen bases y entra una cantidad equivalente de protones deshidratados ( $H^+$ ) que se unen fuertemente a estos sitios neutralizando la carga.

---

*\* Recuerde que los sitios de carga variable tienen afinidad química con el  $H^+$ , por lo que lo atraen selectivamente aun cuando su concentración en la solución es muchísimo más baja que las de las bases, mientras que entre la solución y las cargas permanentes prácticamente no se produce intercambio.*

## ... Con el porcentaje de saturación con bases de la CICp

- ✓ La electro-neutralidad de la solución se mantiene porque la cantidad de bases (Ca, Mg, Na y K) que ha salido a la solución es equivalente a la cantidad de  $\text{HCO}_3^-$  no compensados que queda después de adsorberse irreversiblemente una cantidad igual de  $\text{H}^+$
- ✓ Como el balance hídrico es positivo estos bicarbonatos en solución se remueven del suelo o se transfieren hacia capas más profundas

## ... Con el porcentaje de saturación con bases de la CICp

- Resumiendo:

El lavado de bases tiene dos pasos

1. Para que las bases puedan ser lavadas, antes tienen que “desprenderse” de los sitios de carga que ocupan y ser remplazas por  $H^+$  no intercambiable. ESTE ES UN PASO IMPRESCINDIBLE, QUE EXIGE QUE AUMENTE LA CONCENTRACIÓN DE  $H^+$  en la solución, es decir, que baje el pH.
2. Una vez “desprendidas” requieren que haya agua que atraviese el suelo para que las lave (al estado de sales en solución) . Obviamente ESTE PASO TAMBIÉN ES IMPRESCINDIBLE.

con la disociación de los coloides, un ejemplo hipotético:

## Suelo con arcillas 2:1

$V = 50\%$

Del 50% restante:

- 10 % es H potencialmente disociable (está retenido con mucha fuerza, NO ES INTERCAMBIABLE)
- 40% es  $H^+$  Intercambiable (en equilibrio con la solución)

pH menor

## Suelo con arcillas 1:1 y óxidos

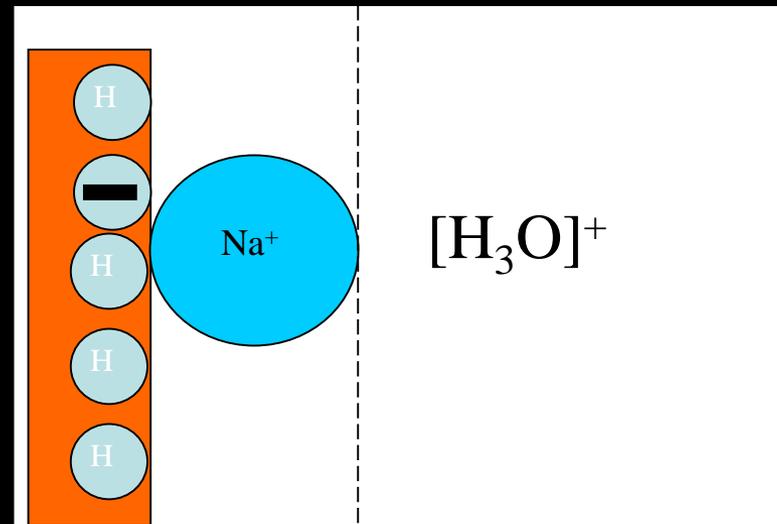
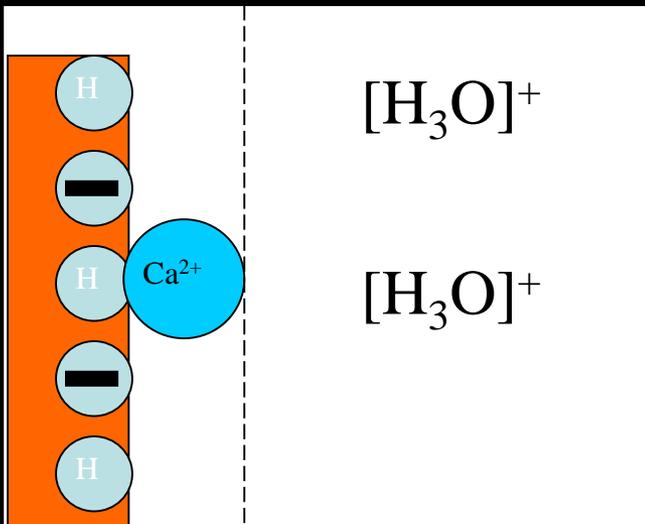
$V = 50\%$

Del 50% restante:

- 45 % es H potencialmente disociable (está retenido con mucha fuerza, NO ES INTERCAMBIABLE)
- 5% es  $H^+$  Intercambiable (en equilibrio con la solución)

pH mayor

## Con la Naturaleza y Relación de los Cationes Adsorbidos: Bases



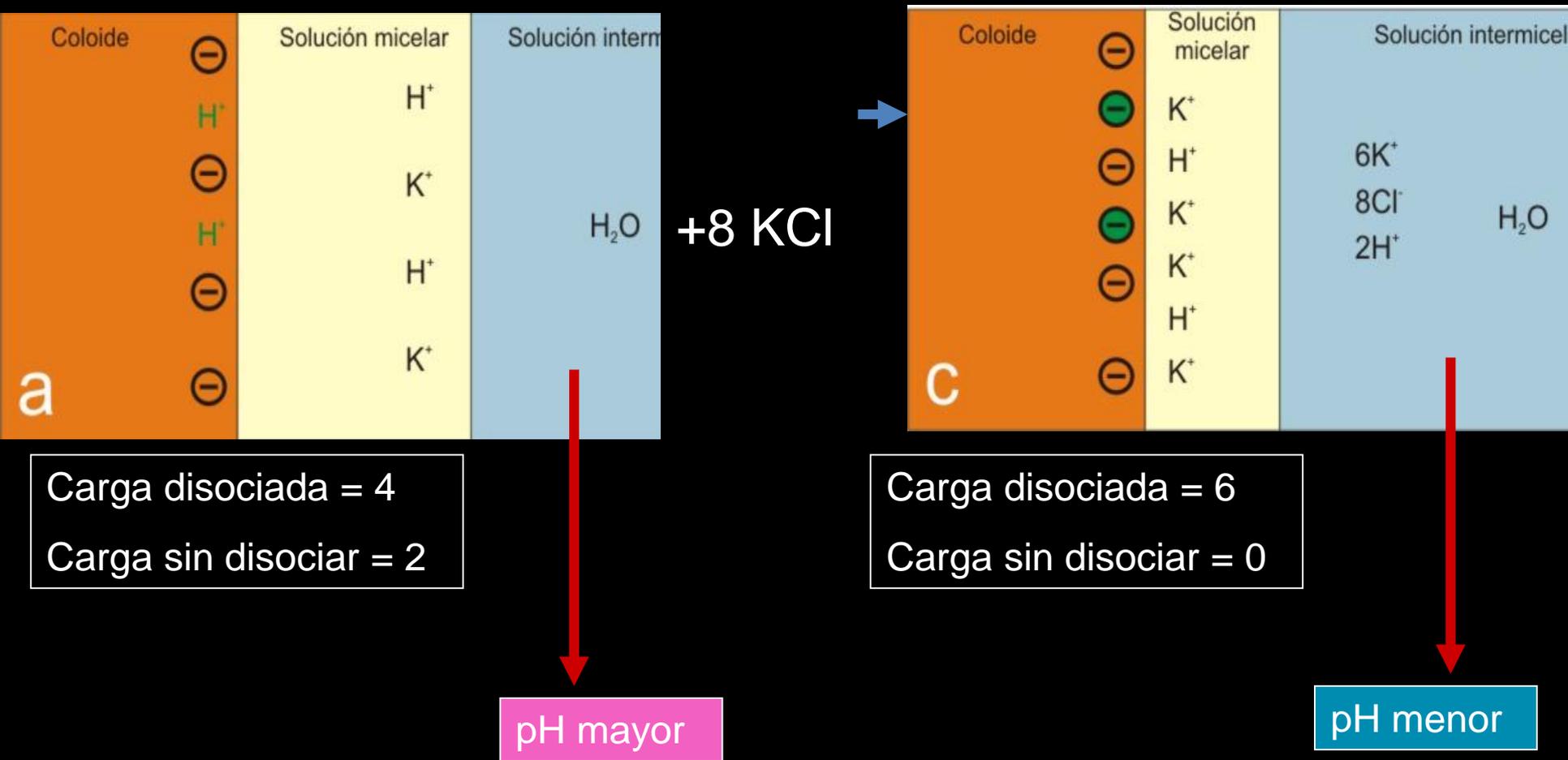
Doble capa comprimida, mas H disociado de los sitios de carga variable

**pH menor**

Doble capa expandida, menos H disociado de los sitios de carga variable

**pH mayor**

# Con la variación de concentración de la solución del suelo



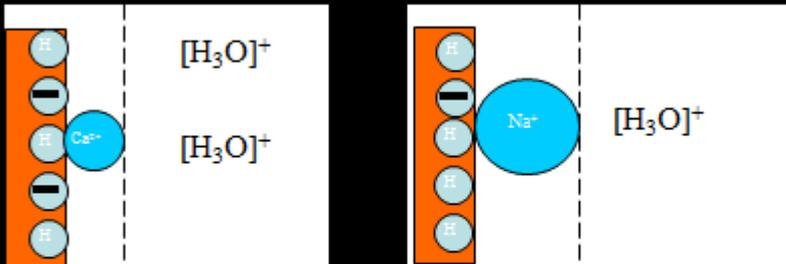
# Relación entre pH y otras variables del suelo

## Resumiendo lo presentado en las dos últimas diapositivas:

### Relación entre pH y otras variables del suelo

#### Naturaleza y Relación de los Cationes

#### Adsorbidos: Bases

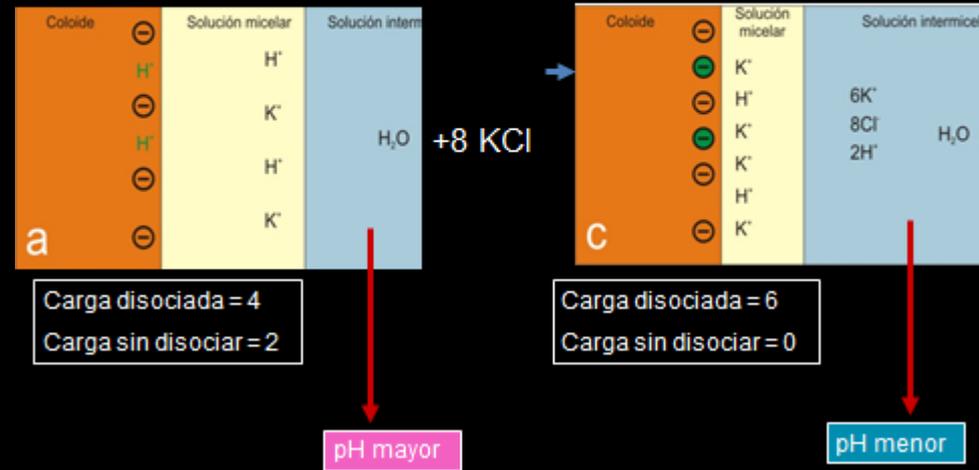


Doble capa comprimida, mas H disociado  
pH menor

Doble capa expandida, menos H disociado  
pH mayor

### Relación entre pH y otras variables del suelo

#### Efecto de la variación de concentración de la solución del suelo sobre el pH



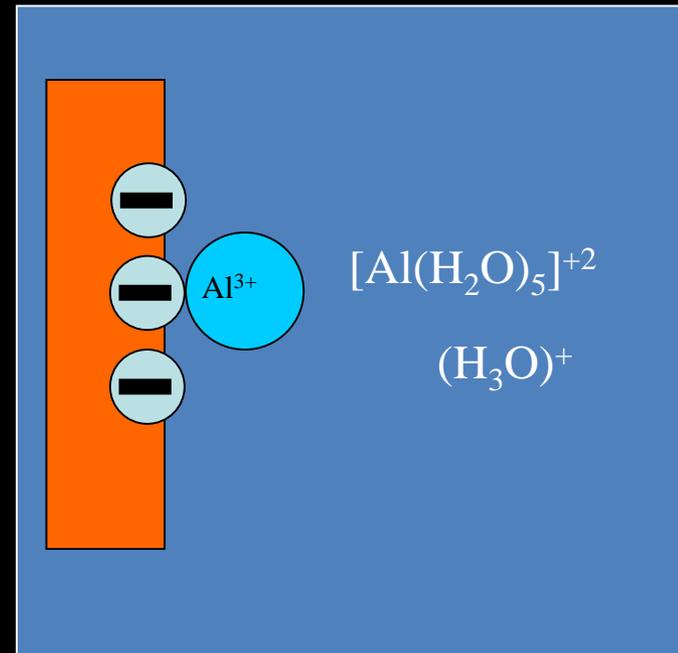
- Todo factor que **comprima** la doble capa eléctrica **DISMINUYE EL pH** por el efecto que tiene sobre la disociación de  $\text{H}^+$  de los sitios que originan carga variable)
- Todo factor que la **expanda** **AUMENTA EL pH**

## Con la composición catiónica y aniónica de la solución del suelo sobre el pH

- Los iones presentes en la solución pueden no reaccionar con el agua, por ejm  $\text{Ca}^{+2}$  ,  $\text{Mg}^{+2}$  ,  $\text{K}^{+}$   $\text{Na}^{+}$  ,  $\text{Cl}^{-}$  ,  $\text{SO}_4^{-2}$  , por lo que no alteran el pH
- En cambio, hay otros que si reaccionan con el agua generando iones  $\text{H}^{+}$  u  $\text{OH}^{-}$  por lo que disminuyen o aumentan el pH

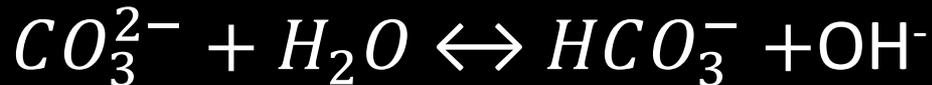
## Efecto de la composición catiónica y aniónica de la solución del suelo sobre el pH

- Entre los cationes que generan acidez el más importante es el  $\text{Al}^{+3}$  que aparece en la solución de los suelos ácidos y también como  $\text{Al}^{+3}$  intercambiable; en realidad es  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+3}$  porque está hidratado



## Efecto de la composición catiónica y aniónica de la solución del suelo sobre el pH

- Entre los iones que generan alcalinidad los más importantes son el  $CO_3^{2-}$  y el  $HCO_3^-$



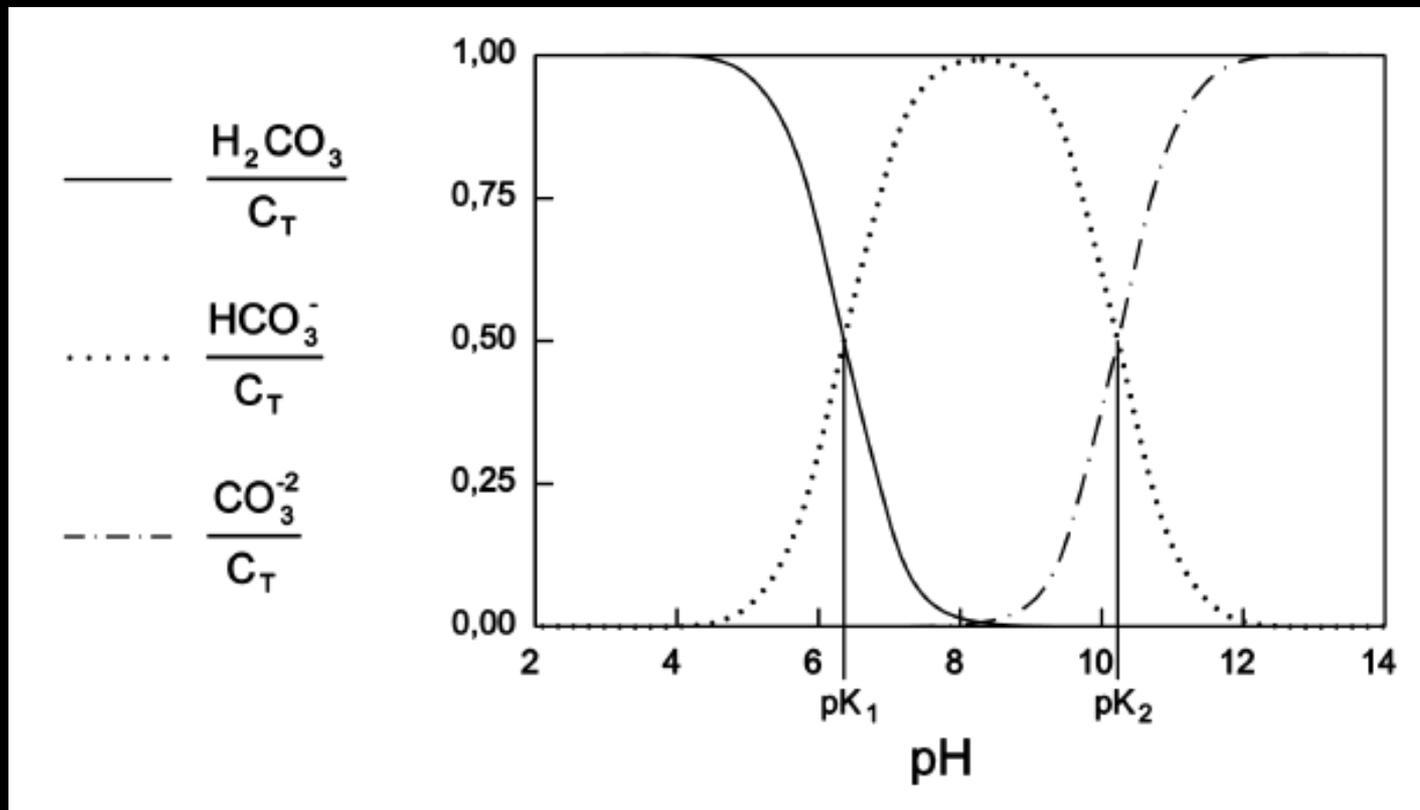
- La concentración de  $CO_3^{2-} + HCO_3^-$  en la solución del suelo es la que determina principalmente la alcalinidad de la misma y puede estar :
  - ✓ limitada por la precipitación del  $CaCO_3$  cuando en la solución hay iones  $Ca^{+2}$  suficientes
  - ✓ Y está influenciada por la presión parcial de  $CO_2$  de la atmósfera del suelo

## Efecto de la composición catiónica y aniónica de la solución del suelo sobre el pH

- Además del  $CO_3^{2-}$  y el  $HCO_3^-$  hay otros iones que generan alcalinidad, aunque en mucho menor medida porque suelen estar en concentraciones muy bajas, son los fosfatos y boratos

## Con la presión parcial de $\text{CO}_2$ y la aireación

Especies del ácido carbónico en función del pH de la solución



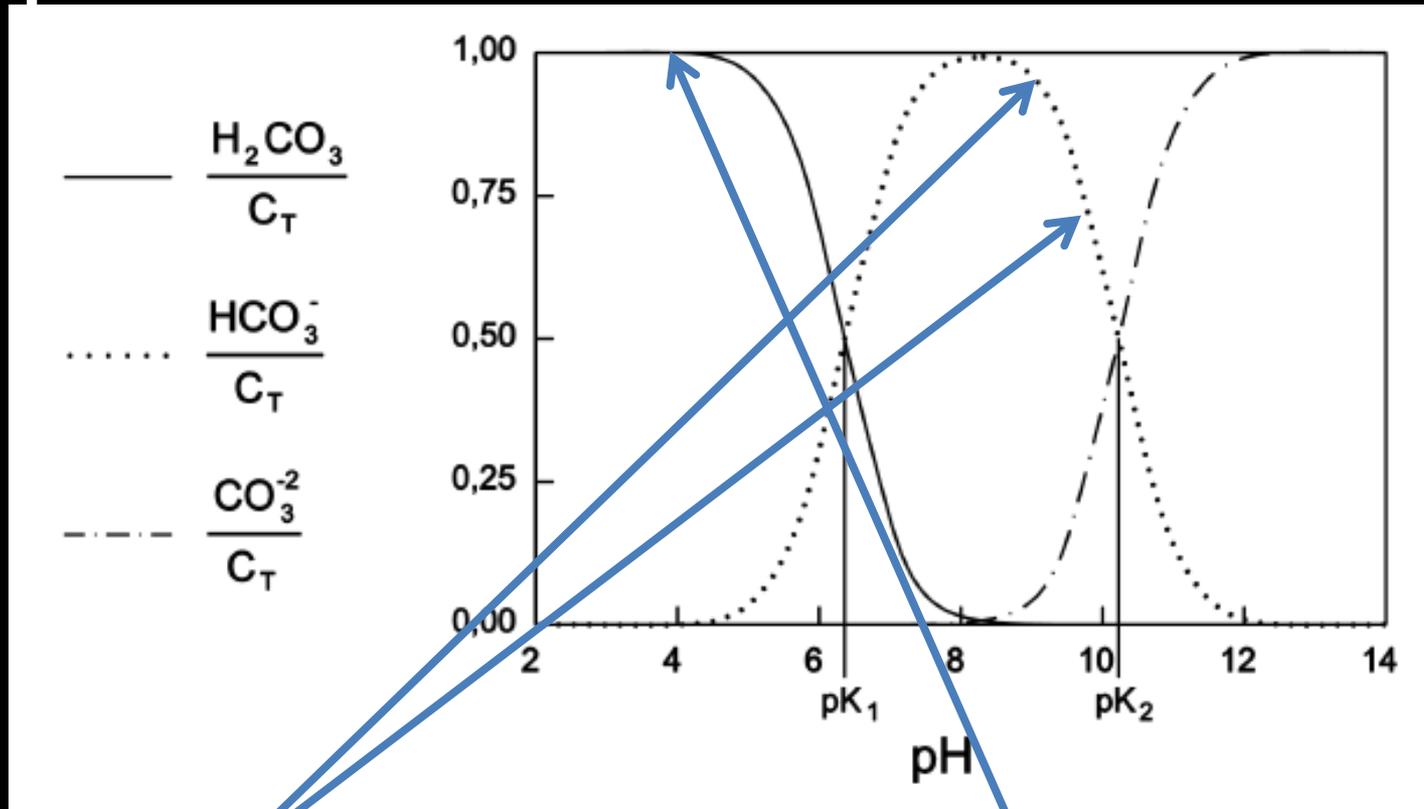
## Con la presión parcial de CO<sub>2</sub> y la aireación

- En los suelos de pH alcalino si aumenta la presión parcial de CO<sub>2</sub> en el suelo el pH baja, porque:
  - ✓ Se forma ácido carbónico que, como el pH es alto pasa a bicarbonato, generando iones hidronio
$$H_2CO_3 + H_2O \leftrightarrow (H_3O)^+ + HCO_3^-$$
Este es el fundamento ciertas prácticas en suelos calcáreos
  - ✓ Uso de rolos compactadores después de la siembra
  - ✓ Agregado de estiércoles o materia orgánica (además tiene otros beneficios)
- En los suelos de pH ácido, el aumento de presión parcial de CO<sub>2</sub> en el suelo no produce efecto en el pH ¿porqué?

## Con la presión parcial de $\text{CO}_2$ y la aireación

La explicación está en este gráfico...

## Especies del ácido carbónico en función del pH



Si el pH es alcalino

Si el pH es ácido el ácido carbónico que se forma no se disocia

## Con la presión parcial de $\text{CO}_2$ y la aireación

- Cuando se crean condiciones de anaerobiosis, por exceso de agua:
  - ✓ En los suelos de pH alcalino, pH baja, lo que se puede explicar por lo anterior, pero..
  - ✓ En los suelos de pH ácido el pH sube
    - Porque al reducirse algunos elementos (como el Fe) se liberan iones carbonato y/o bicarbonato que, como el pH es bajo, toman  $\text{H}^+$  de la solución para pasar a ácido carbónico. *Nuevamente la explicación está en el grafico de las especies del  $\text{H}_2\text{CO}_3$  en función del pH*
- En ambos casos el pH se estabiliza en valores próximos a la neutralidad.

# Suelos ácidos

Sin la intervención humana los suelos ácidos se encuentran en regiones húmedas

- El proceso de acidificación se ha producido lentamente (por el ingreso de  $H_2CO_3$  (el que lleva el agua de lluvia más el que aporta la respiración del suelo, más otros ácidos producto de la actividad biológica a lo largo de la edafización
  - ✓ El pH del suelo cuando se alcanza el equilibrio depende de las reservas de bases (sobre todo calcio) en el material original
    - En un mismo clima húmedo los suelos desarrollados a partir de material calcáreo tienen pH más alto que los desarrollados sobre material silíceo.

# Suelos ácidos

Cuando los suelos se incorporan a la agricultura el equilibrio se rompe y los suelos pueden acidificarse más, debido a:

- ✓ El balance hídrico se altera, al haber menos masa vegetal que consuma pasa más agua a través del suelo. *A los fines didácticos podemos decir que es como si el suelo pasase a estar bajo un clima más húmedo*
- ✓ El uso de fertilizantes de residuo ácido (casi todos) acelera notablemente el proceso y en pocas décadas la acidificación es evidente

# Suelos ácidos- Condiciones

Dependen del nivel de acidez

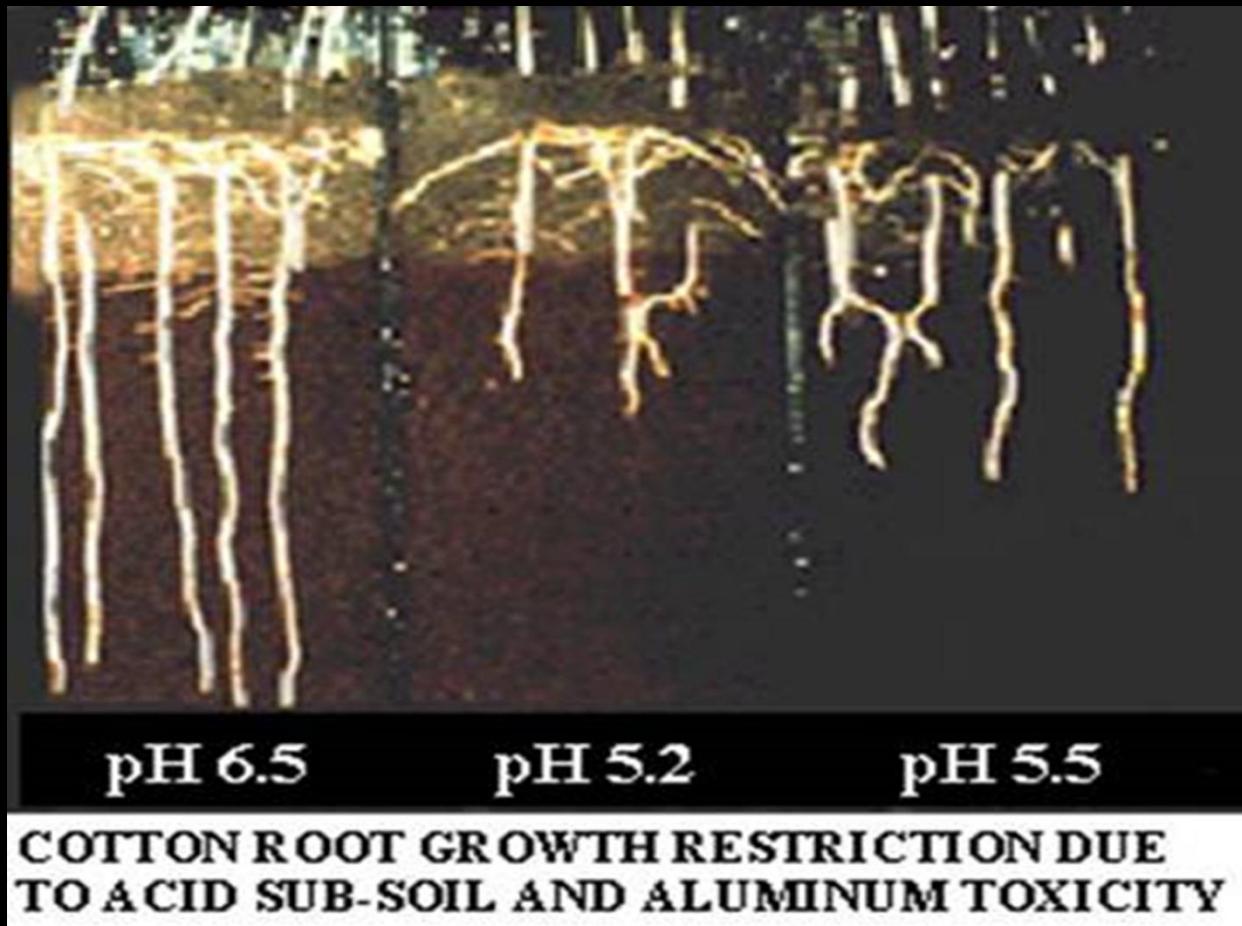
- En general, cuanto más ácido sea un suelo menores serán
  - ✓ La CIC efectiva, y en consecuencia
    - La cantidad de nutrientes almacenados como bases intercambiables, sobre todo Ca
    - La estructura del suelo y su estabilidad, por la disminución de la relación  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{K}+\text{Na}$
- Cuando el grado de acidez es muy grande (generalmente por debajo de pH 5):
  - ✓ Puede haber toxicidad de Al y Mn
  - ✓ Severas restricciones para la fijación de N atmosférico
  - ✓ Fijación de fosfato

# Suelos ácidos- efecto sobre las plantas

- Hay plantas que prosperan mejor en los suelos ácidos (cafeto, arándanos, muchas ornamentales) porque en esas condiciones tienen disponibilidad óptima de nutrientes.
- La mayor parte de las plantas propias de climas templados crecen mejor en pH ligeramente ácido (6,5) o superior, aunque varían en su tolerancia a la acidez:
  - ✓ No tolerantes: alfalfa
  - ✓ Poco tolerantes: maíz, trigo
  - ✓ Moderadamente tolerantes: avena, frutillas

# Suelos ácidos- efecto sobre las plantas

- En general los cultivos, hasta los tropicales propios de suelos ácidos, se ven afectados por la toxicidad de Al y Mn.



# Suelos ácidos- corrección de la acidez

- Se hace por encalado, con lo que se eleva el pH y se corrigen todas las condiciones asociadas a la acidez.
  - ✓ El pH objetivo varía según los cultivos:
    - Para la mayor parte se calcula la dosis para llevar el pH del suelo a 6,5.
    - Para los cultivos tropicales se calcula la dosis para alcanzar pH 5,5; a este pH se eliminan las toxicidades pero se mantienen las otras condiciones favorables asociadas a la acidez moderada.

# Suelos ácidos- corrección de deficiencias asociadas a la acidez

- En ciertos casos el mayor problema asociado a la acidez moderada es la deficiencia de Ca; la aplicación de yeso, que no modifica el pH, puede solucionar el problema.
- En otros casos el mayor problema se asocia a deficiencia de Mg y Ca; lo aconsejable es aplicar cal dolomítica que contiene 20 %de  $\text{MgCO}_3$