



# Concepto de Capacidad de Intercambio iónico en el suelo

<b>Apellidos, nombre</b>	Soriano Soto, María Desamparados <sup>1</sup> (asoriano@prv.upv.es)
<b>Departamento</b>	Producción Vegetal
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València



## 1 Resumen

En este artículo vamos a explicar el concepto de capacidad de intercambio iónico en el suelo. Estudiando ¿Cuál es su importancia? ¿Qué significa este término? ¿Cuál es su utilidad en el suelo?

## 2 Introducción

Las partículas de arcilla y las moléculas orgánicas presentan una carga residual negativa sobre su superficie, por lo que son intercambiadores catiónicos preferentemente, mientras que los oxihidróxidos de hierro y aluminio están cargados positivamente y son intercambiadores aniónicos de modo prioritario.

En la superficie de las arcillas y materia orgánica existen lugares con carga eléctrica (mayoritariamente negativa), las cuales atraen iones de carga contraria de la solución del suelo. Estos iones son adsorbidos por la superficie de la partícula (poder adsorbente de los suelos), y a partir de aquí pueden cambiarse con otros iones de la solución. Estos iones no están unidos de forma fija, sino que es una atracción similar a la de un imán.

Las partículas que realizan estos intercambios se denominan cambiadores, y son principalmente: calcio, magnesio, potasio, hidrógeno, aluminio (suelos ácidos), amonio, hierro, cobre, zinc, etc.

A la capacidad que tiene un suelo de realizar este tipo de intercambios se denomina capacidad de cambio.

Los lugares de intercambio de los suelos se encuentran en:

- Valencias de borde no satisfechas
- Cargas de arcillas
- Sustituciones isomórficas
- Cargas de partículas húmicas

## 3 Objetivos

Como objetivo se pretende que el alumno será capaz de:

- Analizar y aplicar adecuadamente el concepto de capacidad de intercambio iónico y conozca las consecuencias y su efecto en la fertilidad del suelo.

Los apartados de que consta son:

1. [Resumen](#)
2. [Objetivos](#)
3. [Introducción](#)

4. Desarrollo
5. Cierre
6. Bibliografía

## 4 Desarrollo

El origen de las cargas de las partículas coloidales es diverso. En el caso de la arcilla, existen unas cargas procedentes de las sustituciones que ocurren en su estructura, que si bien, están compensadas por los cationes de las intercapas, esta compensación no siempre es perfecta dada la lejanía con que en muchas ocasiones se producen los defectos reticulares del cristal. Esto hace que los iones puedan quedar muy lejos de la carga que los atrae, y la fuerza de unión de los mismos sea tan pequeña que gocen de una gran movilidad; si en ese continuo oscilar se apartan demasiado de la fuente de atracción, su lugar puede ser fácilmente ocupado por otro que se encuentre más cerca. Estas cargas dependen de las sustituciones producidas en la red cristalina y tienen siempre un valor constante y negativo, por ello a este tipo de cargas se las conoce como "*cargas fijas*". En los compuestos orgánicos estas cargas proceden de los grupos carboxílicos (Imagen 1).

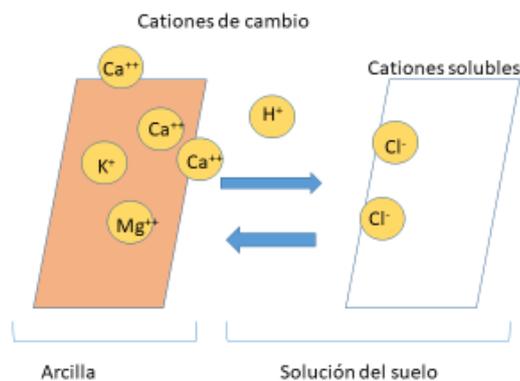


Imagen 1. Esquema de la capacidad de cambio (Adaptado de Porta, 2003)

Existen minerales arcillosos sin sustituciones en su estructura, como sucede con la caolinita, pero cuando se pone este mineral en una solución de una sal, tras un determinado tiempo se produce una disminución en la concentración catiónica de la solución, indicando que se ha producido una adsorción por parte del mineral de los cationes de la solución. Este hecho solo puede explicarse por los desequilibrios creados en el borde del mineral cuando se rompe el equilibrio teórico.

En el borde de las capas tetraédricas pueden quedar expuestos los átomos de silicio que tendrían una carga positiva sin satisfacer, o los de oxígeno a los que le quedaría una carga negativa.

En las capas octaédricas podrían quedar los aluminios o los oxígenos u OH con cargas que se neutralizan con oxhidrilos e hidrogeniones procedentes del agua.

La materia orgánica se comporta de una forma semejante a los bordes de la arcilla, debido a los hidroxilos presentes tanto en sus cadenas laterales como en las zonas externas del núcleo.

Puesto que el número de hidroxilos de la materia orgánica es mucho mayor que los efectos de borde de la arcilla, la importancia de las *cargas variables* en las sustancias húmicas es mayor que en la arcilla.

#### 4. 1. Origen de la capacidad de intercambio catiónico

Las *cargas variables* son las responsables de la retención de aniones tanto en la arcilla como en las sustancias húmicas. Los aniones, por su mayor tamaño, tienen una movilidad menor que los cationes, lo que resulta de especial importancia en el caso del fosfato, o de cationes de escasa solubilidad; de modo que en este caso cabe más hablar de fijación que de intercambio.

Los suelos ácidos y ricos en materia orgánica pueden retener tal cantidad de aniones como fosfato produciéndose carencias en la vegetación.

Las causas de la capacidad de cambio de cationes de las arcillas son:

- Sustituciones atómicas dentro de la red.
- Existencia de bordes (superficies descompensadas).
- Disociación de los OH de las capas basales.
- Enlaces de Van der Waals.
- En las arcillas además de en su superficie, los iones pueden entrar entre las láminas (imagen 2).

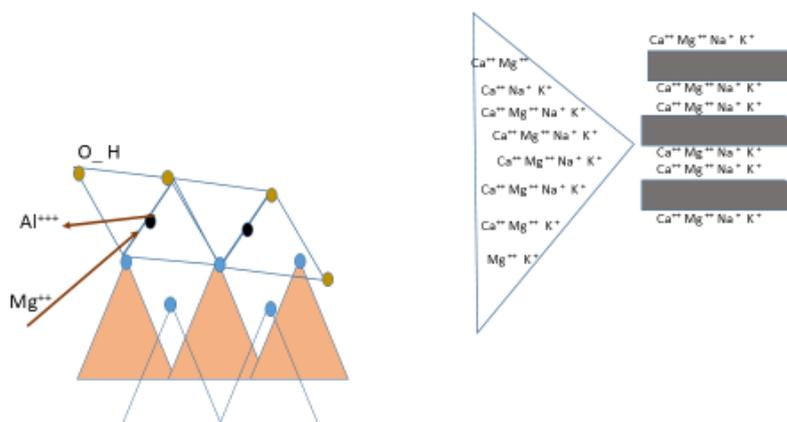


Imagen 2. Posiciones de cambio en las arcillas. (Adaptado de Porta et al., 2003)



La caolinita, que carece de sustituciones isomórficas, presenta un valor comprendido entre 7 y 10 cmol(+)/kg. La illita presenta sustituciones pero son compensadas por potasio que cierra fuertemente la estructura, por lo que suele presentar valores bajos que no suelen superar los 25 cmol(+)/kg y algo similar ocurre en las cloritas, si bien la segunda capa octaédrica les da una superficie de borde superior y le permite alcanzar valores cercanos a los 40 cmol(+)/kg. Los minerales abiertos superan ampliamente estos valores, de modo que las esmectitas pueden alcanzar valores de 100 cmol(+)/kg y las vermiculitas por su mayor hidratación es frecuente que superen los 140 cmol(+)/kg y pueden llegar a los 160 cmol(+)/kg. Las alófanas varían mucho con el pH pero, en condiciones favorables, pueden alcanzar los 150 cmol(+)/kg (Tabla 1).

La materia orgánica además de su riqueza en cargas variables, presenta diferente evolución y tamaño de su núcleo; por ello los valores oscilan entre los 100 y los 400 cmol(+)/kg, correspondiendo los valores más altos a las formas más polimerizadas, presentes en los humus más evolucionados.

NATURALEZA DE LA PARTÍCULA	CIC cmol (+) /kg
Cuarzo y feldespatos	1 – 2
Óxidos e hidróxidos de Fe y Al	4
Caolinita	3 – 1
Illita y clorita	10 – 40
Montmorillonita	80 – 150
Vermiculita	100 – 160
Materia orgánica	300 – 500

Tabla 1. Rango de valores de la capacidad de intercambio catiónico

Las causas de la capacidad de cambio de la materia orgánica son: Disociación de los grupos COOH (imagen 3).

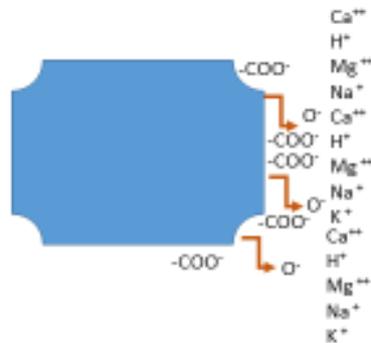


Imagen 3. Posiciones de cambio en la materia orgánica. . (Adaptado de Porta et al., 2003)

Cada arcilla tiene un diferente valor de capacidad de intercambio catiónico, ya que cada una posee cargas diferentes en distintas posiciones, más o menos alejadas de la superficie donde son adsorbidos los cationes. Las arcillas 1:1 son las que presentan menores contenidos de C.I.C. (Tabla 3).

	C.I.C. cmol (+) /ka
Caolinita	5 – 15
Illita	20 – 50
Montmorillonita	80 – 120
Vermiculita	100 – 150

Tabla 3. Influencia de las arcillas en la CIC

La capacidad de intercambio catiónico del humus varía de 200-500 cmol(+)/kg, siendo mayor la de los ácidos húmicos que de los fulvicos. Este valor tan alto con respecto a las arcillas, es compensado por la menor cantidad que de humus contienen normalmente los suelos

La C.I.C. de un suelo depende del % de arcilla y M.O. que contenga. Como la arcilla es el elemento más abundante, es el que realmente más influencia tiene en la C.T.C. aunque estos valores están dados en función de la cantidad de arcilla también pueden variar según el tipo de esta, (vermiculitas, illitas, montmorillonita, etc) ya que unas presentan un mejor poder de fijación que otras.

Los valores que encontramos en los suelos van desde valores inferiores a 10 cmol (+) /kg suelo para suelos arenosos a superiores a 20 cmol (+) / kg suelo (Tabla 4).



Suelos ligeros o arenosos	10 cmol (+) /kg suelo
Suelos medios	15 cmol (+) /kg suelo
Suelos pesados o arcillosos	20 cmol (+) / kg suelo

Tabla 4. Valores medios de C.I.C. según la textura:

Los valores generales en suelos van desde rangos de 0 a 10 cmol (+) /kg suelo para suelos con bajos contenidos en arena y materia orgánica a superiores a 45 cmol (+) /kg suelo para suelos con alto contenido en estos parámetros (Tabla 5).

C.I.C. total cmol (+) /kg	NIVEL	OBSERVACIONES
0 – 10	Muy bajo	Suelo muy pobre; necesita aporte importante de materia orgánica para elevar C.I.C
10 – 20	Bajo	Suelo pobre; necesita aporte de materia orgánica
20 – 35	Medio	Suelo medio
35 – 45	Medio alto	Suelo rico
Mayor de 45	Alto	Suelo muy rico

Tabla 5. Valores de la capacidad de intercambio catiónico

## 5 Cierre

Con el concepto de capacidad de intercambio catiónico de un suelo podemos conocer su fertilidad el mecanismo de ésta en el suelo, y los factores de que depende. Saber cuales son los valores normales en suelos de la CIC y su relación con la fracción arcillosa y con la fracción orgánica.

## 6 Bibliografía



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., Cobi, A. "La gestión y la fertilidad de suelos". 1996. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

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