



# Relación entre la consistencia y la humedad del suelo

<b>Apellidos, nombre</b>	Bautista Carrascosa, Inmaculada (ibautista@qim.upv.es)
<b>Departamento</b>	Química
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València

## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se van a desarrollar el concepto de consistencia y su relación con humedad del suelo. El conocimiento de estos conceptos permitirá evaluar las condiciones óptimas de humedad para realizar las labores del suelo.

## 2 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Relacionar la consistencia con las causas que la producen en los distintos estados de humedad del suelo
- Asesorar sobre cuál es el estado de humedad del suelo óptimo para realizar las labores agrícolas en el suelo.
- Relacionar la textura con la facilidad del laboreo.

Para asimilar los contenidos de este objeto de aprendizaje el alumno tiene que tener unos conocimientos previos sobre las propiedades básicas del suelo entre las que se encuentran la humedad y su relación con las características del medio poroso y la relación entre la textura y la superficie específica de los componentes sólidos con las propiedades los suelos.

## 3 Introducción

El suelo es un medio poroso formado por una matriz sólida constituida por partículas minerales unidas entre sí a través de enlaces de distinta naturaleza. La matriz del suelo deja espacios porosos interconectados entre sí que están ocupados parcialmente por la disolución acuosa o por aire. La cohesión de las moléculas de agua entre sí y la adherencia a la superficie de los sólidos hace que el agua esté fuertemente adsorbida sobre las paredes de la matriz sólida con una succión inversamente proporcional al tamaño de los poros (figura 1).

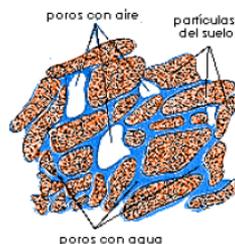


Figura 1. El espacio poroso del suelo está ocupado por agua y por aire en proporciones variables

El contenido de agua del suelo es una propiedad extremadamente variable en función del balance entre las entradas (infiltración) y las salidas (evaporación, absorción por las raíces y drenaje) de agua en el medio poroso.

Una propiedad muy importante de los suelos es la presencia de cargas eléctricas en la superficie de los sólidos, especialmente en las partículas de menor tamaño, las cuales presentan propiedades coloidales. La presencia de cargas permite que se produzcan fuertes enlaces de tipo electrostático, tanto de los componentes sólidos entre sí como con los compuestos químicos disueltos en la fase líquida del suelo.

## 4 La consistencia del suelo

### 4.1. Definición de la consistencia

La consistencia se refiere al conjunto de propiedades intrínsecas del suelo que describen la forma en la que sus componentes se mantienen juntos, o cómo se rompen o se deforman cuando son sometidos a presión. Mide la capacidad del suelo de resistir fuerzas externas sin deslizarse o romperse. La consistencia del suelo es la manifestación de las fuerzas físicas cohesivas y adhesivas que mantienen juntos a los materiales. Está relacionada con otras propiedades, como la resistencia a la compresión, resistencia a la ruptura, friabilidad, plasticidad y pegajosidad.

La consistencia es una propiedad fundamental para manejar los suelos, ya que determina el comportamiento de estos frente a las labores, la capacidad de soportar el peso de la maquinaria sin compactarse, o la facilidad de crecimiento de las raíces de las plantas.

### 4.2. Estados del suelo

La consistencia del suelo y las causas que la determinan depende del estado mecánico del suelo que, a su vez, es función del contenido de humedad, ya que el tipo de fuerzas que mantienen unidos a los componentes del suelo dependen del estado de humedad del mismo.

Para humedades bajas el suelo se comporta como un **sólido**, su respuesta a una presión tangencial es la ruptura. A humedades más altas el suelo presenta un estado **plástico**, que se caracteriza porque la respuesta del suelo a la presión es la deformación (Figura 2). En función del contenido de humedad nos encontramos diferentes estados de consistencia.

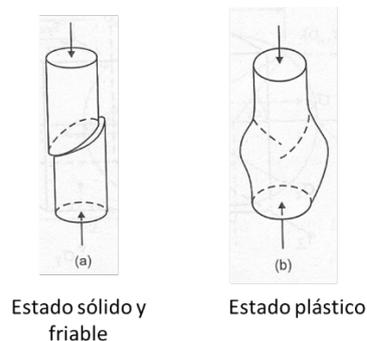


Figura 2. Estados del suelo

El suelo seco se caracteriza por ser duro y muy coherente. En el estado **coherente** las fuerzas que mantienen unidas a las partículas son fuerzas de cohesión, debidas a las atracciones



electrostáticas que se producen entre las caras negativas y las positivas de los ejes laterales de las láminas de arcilla, o bien entre caras negativas unidas entre sí por puentes de cationes. La cohesión viene determinada por la presencia de componentes coloidales, sustancias que por su pequeño tamaño y la presencia de cargas superficiales unen las partículas del suelo. En algunas ocasiones existen sustancias cementantes, como la sílice, los óxidos de hierro o los carbonatos, que tienen tendencia a unir las partículas cuando el suelo se seca, al precipitar los sólidos disueltos.

En estado seco el suelo se caracteriza por una resistencia muy alta a la ruptura, que se traduce en que es necesario aplicar una fuerza considerable para romper un elemento. Una vez separados los elementos no tienen tendencia a adherirse cuando se juntan. En este estado no hay adherencia ni a los aperos ni a los dedos.

Cuando el suelo está húmedo se vuelve **friable** y se rompe fácilmente. Se dice que el suelo está en estado friable cuando los terrones no son duros ni pegajosos y se rompen fácilmente en sus agregados constituyentes. La resistencia a la ruptura se hace más pequeña porque la cohesión va disminuyendo debido a que las moléculas de agua se adsorben en la superficie de las partículas permitiendo un mejor deslizamiento de las mismas. Cada suelo tiene un contenido de humedad óptimo en el que la friabilidad es máxima. El rango de humedad en el que el suelo es friable es el óptimo para el laboreo.

Si el contenido de humedad aumenta el suelo se vuelve **plástico**, un estado que se caracteriza porque cuando se aplica una presión a un terrón de suelo, éste se deforma de manera permanente, sin romperse, una vez sobrepasada una presión umbral. El grado de deformación que se produce varía con la forma y el tamaño de las partículas, siendo más alta en los suelos arcillosos, cuyas partículas tienen forma laminar. La cohesión entre las partículas se debe a la tensión superficial de los meniscos curvos que se producen en las interfases aire-agua que siempre hay en los suelos no saturados. Con contenidos de humedad más altos, el agua está menos fuertemente retenida por las partículas y es atraída sobre la superficie de otros objetos (por ejemplo, el metal de los aperos de laboreo) de forma que las láminas de agua actúan como nexo de unión entre el suelo y esos objetos. La máxima adherencia se produce cuando existen suficientes láminas de agua que actúan como conexión entre las superficies de las partículas y las superficies del objeto externo. La adherencia aumenta con la humedad hasta que se alcanza un estado de máxima adherencia en el que la tierra presenta una alta resistencia a la presión. La adherencia es una propiedad que aumenta con la superficie específica de los sólidos del suelo, ya que depende de la superficie de interacción sólido-líquido.

Con valores de humedad mayores, la tierra se deforma bajo presiones cada vez más débiles y pasa a estado **líquido**. El agua sobrante permite el deslizamiento de los sólidos y proporciona fluidez al suelo.

Así pues, la consistencia presenta distintos valores en función de la humedad del suelo (figura 3). Se observan dos máximos, uno cuando el suelo está seco debido a las fuerzas de cohesión entre las partículas y el otro máximo se presenta cuando el suelo está mojado y la adherencia alcanza su valor máximo.

También presenta dos mínimos, uno cuando el suelo está friable y otro cuando el suelo está saturado y el exceso de agua hace que el suelo fluya.

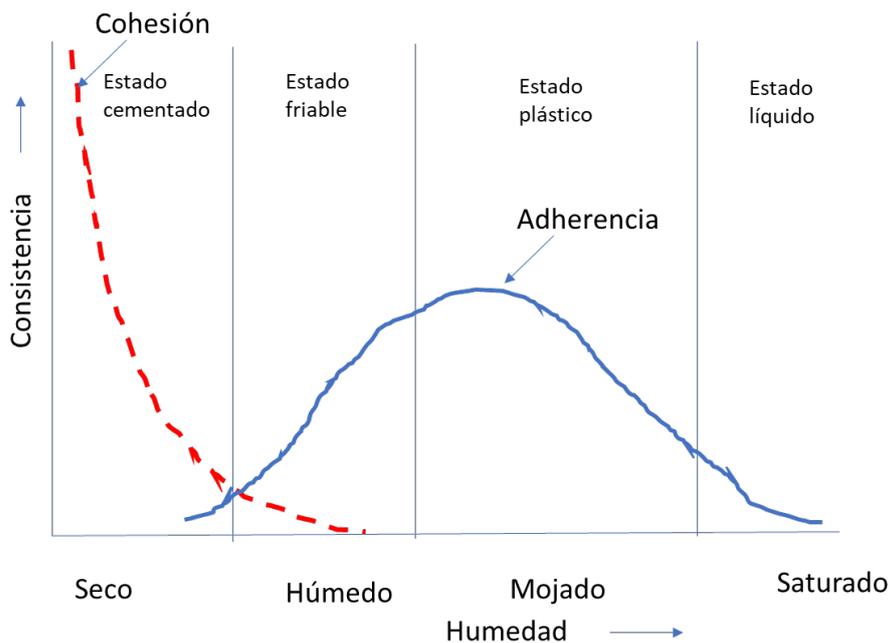


Figura 3. Efecto de la humedad sobre los estados mecánicos del suelo y el valor de la consistencia.

¿Cómo se evalúa la consistencia?

La consistencia se evalúa en condiciones de campo mediante un método semicuantitativo, que consiste en coger un terrón de suelo (un agregado de partículas natural), y presionarlo entre los dedos pulgar e índice para cuantificar la fuerza que se necesita para romper o deformar el terrón. La evaluación se realiza para distintos estados de humedad.

¿Cómo se determina la humedad a la que el suelo cambia de estado?

La relación entre el estado de humedad y el comportamiento plástico de los suelos se determina mediante los límites de plasticidad propuestos por Atterberg en 1911 y considerados como propiedades importantes de los suelos.

El contenido de humedad en el que el suelo cambia de quebradizo a plástico se llama **límite inferior de plasticidad**, y se caracteriza por el contenido mínimo de humedad necesario para poder formar un cilindro de 3 mm de diámetro por amasado.

El contenido de humedad al que el suelo empieza a comportarse como un líquido se denomina **límite líquido**, y se caracteriza por el contenido mínimo de humedad para el que un surco trazado con una espátula en forma de V, sobre la tierra húmeda colocada en una cápsula, se cierra después de cierto número de choques.

La consistencia del suelo influye en el manejo del mismo ya que determina su capacidad para soportar el peso de la maquinaria y la energía necesaria para el laboreo del suelo.

### 4.3. Efecto de la textura del suelo sobre la consistencia

La cohesión es pequeña en los suelos arenosos en los que no hay atracción significativa entre granos y alta en los suelos arcillosos en los que las partículas de arcilla son mantenidas juntas por láminas de agua compartidas y fuertes enlaces electrostáticos. La cohesión es tanto mayor cuanto más grande es la superficie específica y la carga superficial de las partículas sólidas. De hecho, se consideran suelos cohesivos aquellos que tienen un contenido en arcilla superior al 15%. En los suelos arenosos la consistencia se produce como resultado un considerable aumento de la resistencia a la ruptura por deslizamiento debido al rozamiento interno. A medida que aumenta el tamaño de partículas aumenta la fricción interna, que es máxima para los suelos de textura arenosa.

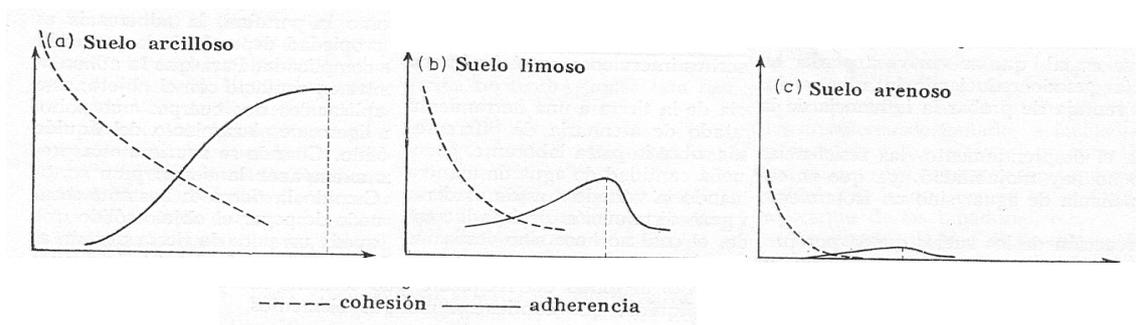


Figura 4. Cohesión y adherencia en función de la textura del suelo

Las fuerzas de adherencia están determinadas por dos factores: el contenido en arcilla y la humedad. Los suelos con mayor contenido en arcilla presentan mayor plasticidad o tendencia a la deformación.



Los suelos arcillosos presentan mayor resistencia a la ruptura en estado friable y son mucho más adherentes a los aperos de labranza. Desde este punto de vista los suelos arcillosos se consideran pesados y difíciles de labrar, mientras que los suelos de textura arenosa se consideran ligeros y fáciles de labrar.

#### 4.4. Consistencia y laboreo del suelo

Desde hace mucho tiempo el hombre ha realizado acciones mecánicas destinadas a mejorar el estado físico del suelo. Al realizar labores sobre el suelo, se persiguen distintos objetivos que se pueden agrupar en los siguientes apartados:

1. Eliminar la vegetación que compite por los recursos de agua y nutrientes con el cultivo.
2. Incorporar al suelo los residuos de cultivos anteriores, las enmiendas orgánicas o los fertilizantes químicos.
3. Mejorar la infiltración del agua en el suelo y disminuir la escorrentía creando barreras perpendiculares a la pendiente.
4. Crear una estructura favorable para la germinación de las semillas y el crecimiento radicular.

Aunque el laboreo es muy útil para crear un ambiente adecuado para la germinación de las semillas, presenta el problema que acelera la descomposición de la materia orgánica debilitando la interacción entre las partículas de la superficie y convirtiendo al suelo en susceptible a la degradación por factores externos, como la erosión que se produce cuando hay lluvias intensas o la compactación por el peso de la maquinaria.

Desde la edad media, el arado de vertedera ha sido el instrumento de labranza más utilizado en la agricultura europea. Su propósito es cortar y voltear el suelo para enterrar los residuos de cultivo y las enmiendas orgánicas creando una capa invertida de 10 a 20 cm de profundidad conocida como capa de labor. En este tipo de labor se necesita un alto grado de plasticidad para que las partículas se mantengan unidas en terrones y se puedan voltear fácilmente. En la práctica convencional, esta primera labor es seguida por otras labores secundarias para romper los terrones cuya humedad óptima se produce cuando el suelo está friable.

## 5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje se ha definido el término consistencia del suelo y se ha analizado cómo varía el comportamiento mecánico de los suelos en función del contenido de humedad. Se ha analizado también el efecto de la textura del suelo sobre la consistencia y, por



último, se dan algunas recomendaciones sobre el laboreo del suelo en función de la respuesta de la consistencia al contenido de humedad en el suelo.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

Henin, S.; Gras, R.; Mannier, G. 1972. El perfil cultural: el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Cap. II pp 186-243

Nigel, R.R. y Brady, N.C. 2017. Soil architecture and physical properties. Ch 4 in: The nature and properties of soils. Fifteenth edition. Pearson pp 148-205.

Payne, P. 1992. Estructura del suelo, laboreo y comportamiento mecánico. Cap 12 en: Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed Alan Wild Mundi-Prensa. pp 395-429.

McLaren, R.G. y Cameron, K.C. 1996. The physical and mechanical characteristics of soils. Ch 5 in: Soil science. Sustainable production and environmental protection. New edition. Oxford University Press pp 57-70.

Baver, L.D., Gardner, W.H., Gardner, W.R. 1972. The dynamic properties of soils. Ch 3 in: Soil Physics. 4<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons pp 74-129