



Informe sobre la relación humedad-dureza de la pista de hierba de HZ

Juan Luis Martín Romero

Conservador zonas verdes HZ – Dirección Facultativa – Ingeniero Agrónomo

06/03/2014

(Actualizado a enero de 2018)

En muchas ocasiones las características técnicas de la pista de hierba son factor determinante para el buen desarrollo de la competición y dentro de las mismas la dureza y, por lo tanto, el grado de humedad de la misma se convierten en protagonistas de nuestro esfuerzo.

Desde el Departamento Técnico de HZ se trabaja para que todas las variables que afectan a la pista en cada jornada se encuentren controladas en la medida que la técnica y la ciencia así lo permitan. No obstante, también existen variables físico-químicas que no responden, en principio, a un control exhaustivo y por lo tanto no se pueden fiscalizar en el 100% de su magnitud. En estos casos, la opción siempre es minimizar la influencia de las mismas sobre la pista.

La fase líquida del suelo, agua o soluciones del suelo, ocupa los poros que existen entre la fase sólida o matriz del suelo. La capacidad máxima de un suelo para contener agua coincide con su porosidad.

El agua contenida en los poros de mayor tamaño ($\varnothing > 8\mu\text{m}$) no está retenida por la matriz del suelo y, en consecuencia, puede desplazarse libremente a través de ellos abandonando el perfil cultural con los movimientos verticales descendentes, en los que la fuerza motriz es la acción de la gravedad (agua gravitacional o agua libre) y, finalmente, eliminarse mediante el drenaje interno del suelo.

Una vez que cesa el drenaje en forma natural, aún hay agua que queda retenida en los microporos ($\varnothing < 8\mu\text{m}$) y en la matriz del suelo, mediante fuerzas de tensión superficial (agua capilar) y eléctricas (agua higroscópica).

La cantidad máxima de agua que un suelo retiene una vez que ha finalizado el drenaje interno coincide sensiblemente con el máximo de agua capilar y se denomina capacidad de campo.

A medida que se va agotando el agua en el suelo, a partir de la capacidad de campo, las fuerzas de retención del agua en la matriz aumentan, por lo que las plantas necesitan vencer fuerzas mucho mayores para poder aprovechar el agua y que a su vez la dividen en agua fácilmente aprovechable y en agua difícilmente aprovechable. Esto depende de las clases de suelo, textura y estructura, y del cultivo, pero a título orientativo, puede cifrarse el agua fácilmente utilizable entre el 40 y 60 % del agua utilizable. Según las condiciones de retención del agua en el suelo, el agua fácilmente utilizable puede corresponder al agua retenida con tensiones inferiores a $1 \text{ at} = 100 \text{ cbar}$.

Estas definiciones dan una idea abstracta pero carente de precisión del contenido de humedad en el suelo, de manera que un suelo con el 20% de humedad puede encontrarse saturado, si es arenoso, o en marchitez, si es arcilloso.

Para poder caracterizar el estado de humedad del suelo y la dirección de los flujos del agua, es preciso considerar los estados de energía del agua en el suelo.

La energía del agua en el suelo puede ser cinética y potencial. La primera es debida al movimiento y su valor es proporcional al cuadrado de su velocidad pero, como los movimientos del agua en el suelo son muy lentos, esta forma de energía se considera, generalmente, despreciable.

La energía potencial puede deberse a su posición, a condiciones internas del agua, y a las relaciones del agua con las partículas sólidas del suelo.

Cuando el agua libre se mueve de puntos de cota más elevada hacia otros puntos de cota inferior, realiza un trabajo. Pasa de un nivel de energía potencial mayor a otro menor. La energía potencial del agua libre es positiva.

El agua retenida en el suelo es incapaz de desplazarse por sí misma y, para sacarla del estado fijado en que se encuentra, es necesario realizar un trabajo. El agua pasa entonces de retenida a libre, pasando de un estado menor a otro mayor de energía potencial. Por tanto la energía potencial del agua retenida es siempre negativa.

Finalmente, la energía potencial de las soluciones del suelo es también negativa aunque no influye demasiado salvo en situaciones de suelos salinos y/o regados con aguas salinas.

EL POTENCIAL HÍDRICO, (Ψ_h)

Es el valor de la energía potencial del agua en el suelo

$$\Psi_h = \Psi_p + \Psi_g + \Psi_m + \Psi_o + \dots$$

Potencial de presión, (Ψ_p)

Corresponde a la energía que posee el agua debido a posibles presiones externas.

Potencial gravitacional, (Ψ_g)

Corresponde a la capacidad de movimiento que tiene el agua libre, a través de los poros del suelo, debido a la acción de la gravedad.

Potencial matricial, (Ψ_m)

Denominado también potencial capilar, resulta de la interacción superficial entre partículas sólidas del suelo y el agua. En realidad, este potencial tiene en cuenta la retención del agua por la matriz del suelo, mediante fuerzas de tensión superficial (capilaridad) y cargas eléctricas (higroscopicidad).

Potencial osmótico, (Ψ_o)

Depende de las sustancias disueltas en el agua del suelo. En función de la concentración de las soluciones del suelo, su valor es:

$$\Psi_o \approx -0.36 \text{ CE}$$

LLUVIA Y DRENAJE

En los suelos saturados, aunque no exista agua a presión ($\Psi_p=0$), la energía del agua en el suelo es positiva y el agua se mueve desde puntos de cota más elevada a puntos de cota más baja permitiendo el drenaje interno.

A medida que se va eliminando el agua libre, se reduce el valor de la energía del agua y, a partir del momento en que cesa el drenaje ($\Psi_p=0$), sólo queda el agua retenida que tiene energía potenciales negativa.

Esto significa que hay que realizar un trabajo para liberar el agua retenida o para dirigir los flujos de agua en contra de los gradientes osmóticos. El potencial expresa el trabajo que hay que realizar para movilizar una unidad de volumen de agua y se expresa en bares. Para utilizar el agua del suelo, la planta ha de realizar el trabajo necesario para liberarla o movilizarla, por lo que el potencial de succión de las raíces ha de superar la suma de los componentes matricial y osmótico del suelo.

BALANCE DE HUMEDAD DE LOS SUELOS

Como vemos, el consumo de agua por las plantas y la acción combinada de los factores edafoclimáticos hacen que el contenido de humedad del suelo no permanezca estático sino que vaya variando durante los días sucesivos a la lluvia.

Entre las partidas positivas referidas a una determinada profundidad de suelo, se incluyen las siguientes:

Agua de lluvia, (P), representa un aporte de P mm. Solamente una fracción de P corresponderá a agua infiltrada (AI) y retenida (AR) por la matriz del suelo en la profundidad considerada (lluvia efectiva, P_{ef}).

Agua procedente de ascensos capilares, (AC), de acuerdo con las leyes de la capilaridad y en función del estado del suelo, parte del agua contenida en horizontes profundos puede ascender a los horizontes superficiales del suelo.

Agua de condensaciones ocultas, (AO), procede de la condensación del vapor de agua contenido en la atmósfera una vez que esta alcanza el punto de rocío.

Las partidas negativas, consideradas, asimismo, para una profundidad determinada son las siguientes:

Agua no infiltrada, (ANI), una fracción del aporte total por la lluvia, no tiene ninguna significación en el balance de humedad del suelo, ya que no llega a penetrar en él. Corresponde al agua interceptada por la vegetación (AIV) y evaporada directamente; agua de escorrentía superficial (AES) que circula sobre el terreno en lámina delgada y agua de almacenamiento superficial con posterior evaporación.

Agua de drenaje hipodérmico, (AH), agua infiltrada que circula subsuperficialmente y vuelve al exterior en alguna depresión o corte del terreno.

Agua de drenaje interno, (AD), agua infiltrada que circula en sentido descendente y abandona el espesor de suelo considerado. Puede alcanzar o no el freático de descarga.

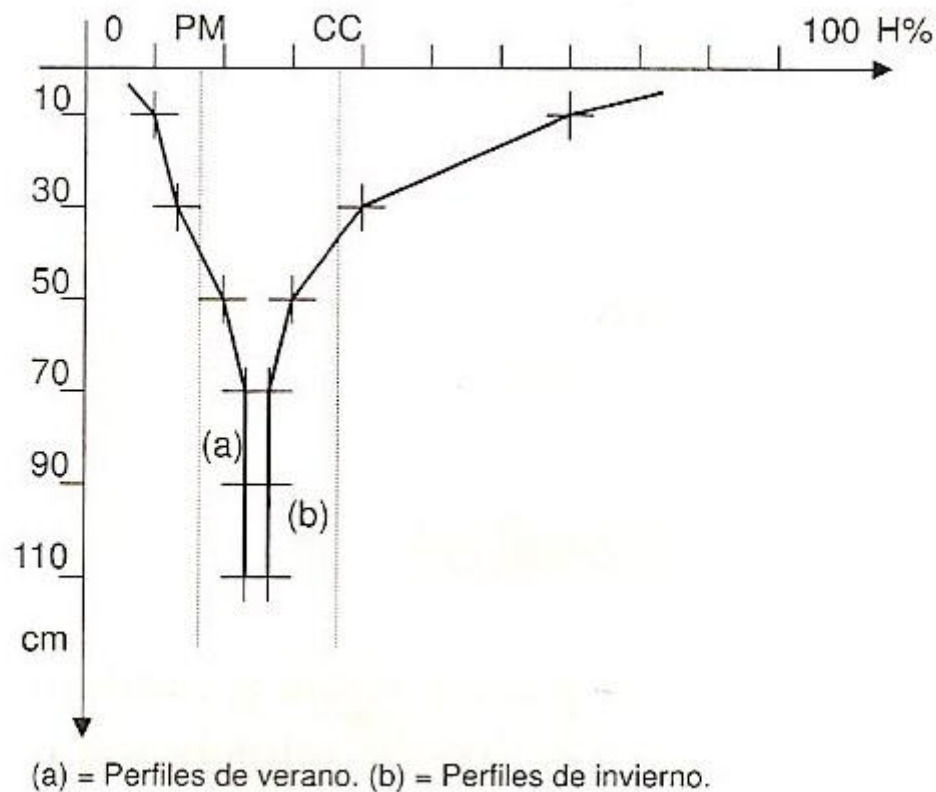
Agua de evapotranspiración, (ET), regulada por factores climáticos y biológicos que intervienen en los procesos de evaporación en el suelo y de transpiración en las plantas, y por las condiciones de humedad del suelo.

Agua almacenada por la vegetación, (AV), corresponde al agua absorbida del suelo y no transpirada por la vegetación. En el término se debe incluir la que es absorbida y almacenada por las plantas.

PERFILES HÍDRICOS

Representan gráficamente el contenido de humedad de los distintos horizontes a lo largo del perfil del suelo, en una fecha determinada. En ordenadas se marca la profundidad (cm) y en abscisas el contenido de humedad expresado en alguno de los sistemas de medición habituales (porcentajes de humedad, o potencial matricial).

La siguiente figura, representa perfiles hídricos de un suelo en dos fechas diferentes:



Fuente: Tratado de Fitotecnia General. Urbano y Terrón

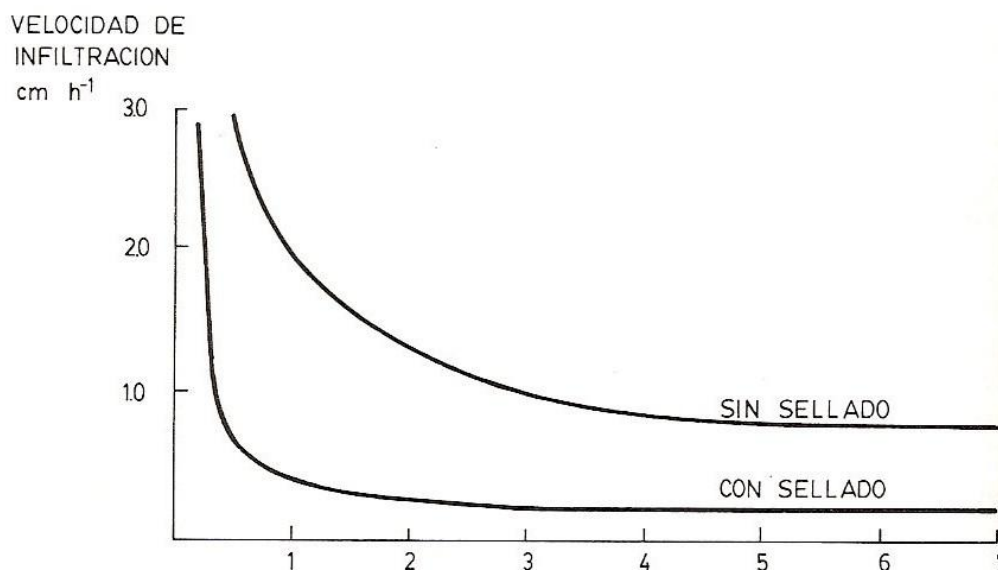
FLUJOS DE AGUA EN EL SUELO

La infiltración designa el proceso de entrada, generalmente vertical, de agua a través de la superficie del suelo, lo que constituye la primera etapa en el movimiento del agua en el suelo. Al iniciarse la lluvia sobre un suelo seco, la entrada tendrá lugar en condiciones no saturadas, principalmente bajo la influencia de los gradientes de potencial matricial por diferencias en el contenido de agua y, en menor medida, de la gravedad. La velocidad de infiltración es la velocidad a la que el agua entra en el suelo en cada instante. Disminuye muy rápidamente a lo largo de los primeros momentos del proceso, partiendo de unas condiciones de suelo seco y tiende a estabilizarse asintóticamente a lo largo del tiempo.

Partiendo de una situación inicial de suelo seco, la entrada de agua provoca la aparición de una zona húmeda en la parte superior, mientras la inferior permanece seca. Ambas están separadas por un frente de humectación.

En la zona húmeda durante la infiltración se diferencian cuatro partes distintas:

- Zona saturada: corresponde a la superficie. La velocidad de infiltración viene condicionada por la conductividad hidráulica.
- Zona de transmisión: debajo de la anterior. Régimen no saturado pero muy próximo a la saturación.
- Zona de humectación: el contenido de humedad decrece bruscamente.
- Frente de humectación.



Curva de velocidad de infiltración del agua en el suelo

(Fuente: Tratado de Fitotecnia General. Urbano y Terrón)

La infiltración del agua de lluvia hace posible que una cierta cantidad de agua penetre en el suelo. Al cesar la infiltración de agua en un suelo seco, el movimiento no cesa inmediatamente, sino que tiene lugar una redistribución del agua hasta que el potencial hidráulico sea uniforme en el suelo.

El proceso es complicado debido a que al haber absorción y desorción aparecen fenómenos de histéresis a lo que se añade la incidencia de la evaporación y de la absorción radicular. Al cesar la infiltración, el flujo de agua en la superficie del suelo disminuye hasta cero e incluso puede alcanzar valores negativos si hay evaporación. El agua que se halla por encima del frente de humectación, al frenar la infiltración, drenará por efecto de la acción de la gravedad. La redistribución tiene lugar más deprisa en un suelo arenoso que en uno arcilloso.

CONCLUSIONES:

- a) La dureza de la capa superior de la pista de hierba natural de HZ depende de la cantidad de humedad que tenga en cada momento, y que es función directa del aporte de agua de lluvia (teniendo en cuenta que en la época invernal no se han utilizado los sistemas de riego del recinto), pero también de otros factores.
- b) En las últimas semanas pluviometría está siendo abundante en la microzona “Hipódromo de La Zarzuela”, con lo que el terreno puede llegar a la saturación con cierta periodicidad. Esto a pesar del correcto funcionamiento del drenaje existente en la pista y en constante mejora por parte de HZ.
- c) El flujo de humedad en el suelo responde a distintas formulaciones científicas según se trate de suelos saturados o sin saturar: Ley de Darcy, Ley de Buckingham-Darcy, Ecuación de Richards, Ecuación de Laplace. Todas estas leyes y ecuaciones estudian el movimiento del agua en el suelo.
- d) Asimismo, dicho flujo depende de factores tales como:
 - Características de la lluvia: tamaño de las gotas, intensidad, pluviometría.
 - Características del suelo: estado de la superficie, estructura del complejo arcillo-húmico, granulometría, conductividad hidráulica de los distintos horizontes, capacidad de almacenamiento de agua, contenido inicial de humedad, salinidad-sodicidad, cubierta vegetal.
- e) La utilización de datos obtenidos en laboratorios meteorológicos homologados es útil para la elaboración de proyectos; no obstante lo anterior, lo óptimo siempre se encuentra en la recepción de los datos propios *in situ*. En nuestro caso, los datos de pluviometría y temperaturas recogidos en el recinto de HZ confirman marcadas diferencias con los referidos e incluso entre zonas distintas dentro del recinto.
- f) El cauce del río Manzanares al Este del Recinto, y la topografía en ladera hacen que el nivel freático de lugar se encuentre a cota elevada llegando rápidamente, en momentos de continuadas lluvias, a poder producirse la saturación de los terrenos de la pista.
- g) Las temperaturas frescas invernales impiden la evaporación del agua.
- h) Los distintos niveles freáticos, la composición no regular del suelo y la acción de las temperaturas y, sobre todo, el viento, tienen una fuerte incidencia, a veces brusca, en la humedad y dureza de la pista.

Juan Luis Martín Romero