

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE ARENAS LOCALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMPOS DEPORTIVOS

H.A. SVARTZ; J.D. RODRÍGUEZ¹ y MIRTA GONZÁLEZ²

Recibido: 13/03/03

Aceptado: 27/10/03

RESUMEN

En Buenos Aires, en la construcción de superficies con césped, los suelos presentan serias limitaciones de drenaje. Este fenómeno determina la necesidad de usar perfiles artificiales con mezclas que contienen gran proporción de arenas. En la elección de las mismas se debe tener en consideración los tamaños de partículas y su variación. En este trabajo se determinaron las distribuciones de tamaños e índices de uniformidad de 10 muestras de arenas de uso habitual. Además se prepararon mezclas con arenas gruesas y un aumento gradual de finas, midiendo el efecto que tenían sobre la permeabilidad. Se establecieron correlaciones entre la variable medida y los parámetros de caracterización de las mezclas (D_{15} ; D_{30} ; D_{50} y D_{85}).

Se concluye que las conocidas como "Arena Media de Río Paraná", "Arena Fina de Río Paraná" y "Arena Fina de Campana" serían las de mejores comportamiento. Respecto al segundo punto, el mejor ajuste con las permeabilidad fue el valor (D_{15}).

Palabras clave. Construcción de GREENS, perfiles artificiales, permeabilidad de arenas.

EVALUATION OF LOCAL SAND'S APTITUDE FOR SPORTS FIELD CONSTRUCTION

SUMMARY

At the moment, the soils have serious difficulties with drainage, to build turf grass surfaces in Buenos Aires. This phenomenon determines the necessity to use artificial profiles with great proportion of sands.

The sand's sizes and their variation should be considered, when being chosen. In this work the size's particles distributions and uniformity coefficient were determined, in 10 samples of sands of habitual use.

Also samples of mixtures of thick sands and a gradual increase of fine sands were prepared, measuring their permeability. The correlations were analysed obtained between the variable measure and the parameters of characterization of the mixtures (D_{15} ; D_{30} ; D_{50} and D_{85}).

The samples of "Arena Media de Río Paraná", "Arena Fina de Río Paraná" and "Arena Fina de Campana" would be those of better aptitude. Regarding the second point, the best adjustment with the permeability was the value (D_{15}).

Key words. GREENS Constructions, artificial profiles, permeability of sands.

¹Docentes de la Cátedra de Jardinería. Departamento de Ingeniería Rural y Uso de la Tierra. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Habana 3870, (CP 1417), Buenos Aires. hsvartz@agro.uba.ar - jdrodrig@agro.uba.ar.

²Cátedra de Edafología: FAUBA.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en la construcción de espacios verdes, los suelos presentan serias limitaciones, por presentar alto contenido de limos y arcillas, presentando drenaje moderado en coincidencia con una fase positiva de lluvias. Este fenómeno determina la necesidad usar perfiles artificiales con mezclas que contienen gran proporción de arenas.

A este fenómeno se suma el uso de aguas de riego del tipo bicarbonatadas sódicas, que disgregan las arcillas dificultando el drenaje. Este proceso dificulta la realización de obras por la falta de desarrollo de los ejemplares herbáceos y leñosos los que enferman o mueren a corta edad, generando serios problemas en la construcción y mantenimiento de los espacios verdes.

En campos deportivos y espacios verdes de los Estados Unidos se han usado por más de 40 años suelos artificiales construidos con arenas de una clasificación determinada, las que se mezclan con materiales de tipo orgánico o enmiendas de otra naturaleza (mezclas con tierras franco arenosas, turbas, fensoil) en distintas proporciones (Baker *et al.*, 1999) (Zhang y Baker, 1999).

Las arenas utilizadas para este fin, deben cumplir con proporciones determinadas de acuerdo a sus tamaños (muy gruesas, gruesas, medias, finas y muy finas). Adams y Gibbs (1999), ha analizado con detenimiento el efecto de las partículas en los espacios porosos que dejan, ya sea a través del total de vacíos (estimado a través de la porosidad total) y la distribución de tamaño de poros (estimado por la porosidad capilar y la porosidad de aire).

Estas propiedades implican que se deba tener en cuenta ciertos cuidados en los diseños de los perfiles (altura de los mismos) y tipo de material sobre el que apoyan.

En perfiles con presencia de arenas finas se han encontrado capas con valores de humedad cercanos a la saturación cuando las profundidades de los horizontes superficiales eran de 175 mm. En estas condiciones se necesitaron perfiles de mas de 250 mm para encontrar capas superficiales con poros llenos de aire (Hunt y Baker, 1996).

Se ha observado cuando el horizonte subyacente esta formado por gravillas gruesas (5-12 mm), se forma en el horizonte superior una capa de agua suspendida que disminuye los poros de aire en los últimos centímetros del horizonte superadyacente a 10% en volumen en caso que este se encuentre formado de materiales constituidos por arenas puras

y disminuye entre 3-8% en volumen en mezclas de arenas y turbas en los últimos 12 cm luego de dejar drenar libremente el perfil durante 24-48 h (Taylor *et al.*, 1997).

El tamaño de las partículas arenosas, son determinantes en la composición de poros capilares y no capilares, influyendo en propiedades hidráulicas como la permeabilidad e infiltrabilidad del material. La densidad aparente, porosidad total y fuerza de tracción (consolidación del perfil) se relacionan con la uniformidad de tamaños de la misma. Este grado de uniformidad permite una mayor consolidación de la masa evitando la oclusión de poros por los procesos de translocación de partículas en el flujo descendente del agua (Zhang y Baker, 1999).

Estos diámetros al considerar el 50% de la muestra (D_{50}) pueden ser tenidos en cuenta como pronostico del movimiento de las partículas. En este sentido (Baker *et al.*, 1999) cita que una muestra con un $D_{50} < 0,35$ mm presenta mayor cantidad de migraciones que muestras con un $D_{50} > 0,5$ mm.

En caso que se quiera pronosticar la posibilidad de oclusión de poros con partículas finas, se establece un índice de uniformidad, que representa la relación existente entre un diámetro de partícula mayor y menor respectivamente, en correspondencia con determinados "deciles". Se establece un índice que no debe superar el valor de 2,5 entre los valores del diámetro mayor respecto al menor. En las últimas dos décadas se fueron modificando las relaciones entre los diámetros del numerador y denominador elegidos por los especialistas, usándose antiguamente la relación D_{65}/D_{35} . En los últimos años se han utilizado índices que consideran puntos extremos en la distribución por considerarse más representativos, D_{90}/D_{10} y D_{85}/D_{15} respectivamente. Este último es el de mayor uso actualmente (Adams y Gibbs, 1994).

Los objetivos de este trabajo han sido:

1. Caracterizar algunos tipos de arenas que se encuentran en el mercado local utilizando la distribución de tamaño de partículas e índices de uniformidad.
2. Cuantificar las variaciones en la tasa de infiltrabilidad de mezclas artificiales de arenas gruesas y finas, caracterizando a las mismas sobre la base de diferentes parámetros: cantidad volumétrica de arenas finas, valores de D_{15} ; valor de D_{30} ; valor de D_{50} ; valor de D_{85} e Índice D_{85}/D_{15} , estableciendo finalmente la correlación existente entre valores medidos y el D_{15} .

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se analizaron una serie de 10 muestras de arenas, de uso habitual en el mercado, realizando 5 repeticiones con cada una. Para evaluar el efecto de la distribución de tamaño de partículas sobre los valores de permeabilidad se realizaron mezclas con diversas proporciones volumétricas (Cuadro N° 1), de dos muestras de arenas con una distribución de tamaños de partículas (Cuadro N° 2).

Métodos

- *Tamizado de las arenas.* La uniformidad de las muestras de arenas puede ser caracterizada, evaluando la distribución de tamaño de partículas a través de un gráfico de frecuencias acumuladas (Terzaghi y Peck, 1967). La muestra es dividida en determinados “deciles”, los que se representan con un valor de “diámetro de partícula”. Esta medida representa el diámetro de partícula mayor, por debajo del que pasó una cantidad de la muestra. Se analizaron las muestras con tamices de bronce

de diversos tamaños, permitiendo clasificar las arenas en fracciones mayores de 2 mm y entre 2-1 mm. Estas fracciones se separaron en seco con el uso de un vibrador mecánico. Las fracciones entre 1- 0,5 mm, entre 0,5-0,25 mm, entre 0,25- 0,1 mm y 0,1- 0,05 mm se separaron en formas de suspensiones con la ayuda de agua. Se determinaron los pesos en todas las fracciones.

- *Construcción de curvas semilogarítmicas y determinación de los índices de uniformidad.* Se usó un programa en entorno Excel de Microsoft de diseño propio.
- *Determinación de la permeabilidad.* Las muestras se sometieron a una precolación continua de 6 y 12 horas, hasta constancia de los datos medidos, usando un permeámetro según las normas del Boletín de U.S.G.A de 1993.
- *Análisis de correlación entre los datos de permeabilidad medidos con diversas propiedades de las arenas.* Se establecieron las correlaciones entre las permeabilidades medidas de dos muestras de arenas de composición diferente, en relación con los estimadores que caracterizan la distribución acumulada de tamaños de partículas de las mismas: D_{15} , D_{30} , D_{50} y D_{85} .

CUADRO N° 1. Combinación de las dos muestras en distintas proporciones volumétricas.

| Mezcla | Arenas medias (%) | Arenas finas (%) |
|----------------|-------------------|------------------|
| M ₀ | 100 | - |
| M ₁ | 90 | 10 |
| M ₂ | 80 | 20 |
| M ₃ | 70 | 30 |
| M ₄ | 60 | 40 |
| M ₅ | 50 | 50 |

CUADRO N° 2. Distribución de tamaños de partículas de dos muestras.

| Límite inferior de tamaño de arenas (μm) | Arenas medias | Arenas finas |
|--|---------------|--------------|
| 1.000 | 0,1 | 0,1 |
| 500 | 3,4 | 0,1 |
| 250 | 81,7 | 2,5 |
| 105 | 14,6 | 83,6 |
| 50 | 0,2 | 13,7 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Análisis de distribución acumulada del tamaño de partículas

Se observan los datos promedios de cinco repeticiones de una serie de muestras de arenas locales y los Índices de Uniformidad (D_{85}/D_{15}) (Cuadro N° 3).

Se sugiere que valores superiores a 2,5-3 pueden determinar colmatación de los poros con pérdida de algunas características hidráulicas importantes en las muestras. (Adams y Gibbs, 1994). Sin embargo, se han medido en el “Laboratorio de Sustratos, Mezclas y Aguas” de la Cátedra de Jardinería, muestras de arenas con índices de hasta 4, con un comportamiento aceptable respecto a la estabilidad en los valores de permeabilidad. Este comportamiento es variable de acuerdo a la mayor o menor presencia de la fracción de arenas finas y muy finas.

El análisis de esta tabla incluye tres aspectos:

- Índice de uniformidad.
- Porcentaje de fracciones finas y muy finas.

CUADRO N° 3. Distribución de tamaño de partículas de diversas muestras de arenas y evaluación del grado de uniformidad.

| Muestra | Arenas muy finas | Arenas finas | Arenas medias | Arenas gruesas | Arenas muy gruesas | Índice de unifor. | D ₈₅ D ₁₅ μm |
|-----------------------------|------------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|--|
| San Fernando | | 1 | 10 | 50 | 38 | 2,64 (c) | 574,27 217,03 |
| Extra fina de Campana | | 25 | 75 | | | 2,59 (b) | 185,67 71,52 |
| Fina de Campana | 1 | 6 | 70 | 22 | 1 | 2,15 (a) | 262,88 121,73 |
| Gruesa de Campana | 4 | 3 | 27 | 46 | 20 | 3,45 (d) | 477,38 138,36 |
| Media Río Paraná | | 4 | 36 | 54 | 6 | 2,58 (b) | 330,76 128,13 |
| Fina Río Paraná | 1 | 9 | 56 | 32 | 2 | 2,51 (b) | 273,79 108,95 |
| Gruesa Oriental Río Uruguay | | 32 | 17 | 26 | 25 | 7,16 (f) | 465,47 65,00 |
| Fina especial Río Uruguay | 5 | 29 | 27 | 33 | 6 | 5,46 (e) | 321,53 58,88 |

Nota. Las letras encerradas entre paréntesis indican los resultados de Análisis de homogeneidad de Medias apareadas o Prueba T de Student, con 1 cola y probabilidad superior al 0,05.

- Comparación de las arenas con las normas del boletín U.S.G.A 1993.

El índice de uniformidad, permite establecer 6 grupos homogéneos, al evaluar este parámetro como medias de valores apareados. Las arenas del grupo (a) y (b), ordenadas de menor a mayor son: "Fina de Campana", "Fina Río Paraná"; "Media Río Paraná" y "Extra Fina Campana". La arena de "San Fernando" presenta un valor aceptable, pero integra el grupo (c) en la prueba de homogeneidad de medias apareadas. La muestra "Extra Fina de Campana", a pesar de presentar un buen índice de uniformidad que indicaría una alta concentración de partículas en un rango estrecho, presenta 25% en peso de arenas finas, disminuyendo la permeabilidad en función del tiempo de percolación. Las muestras "Gruesa Oriental del Río Uruguay" y "Fina Especial del Río Uruguay" presentan una importante cantidad de fracciones de arenas finas, las que sometidas a la percolación de fluidos, es determinante en la oclusión de poros grandes disminuyendo su permeabilidad.

Al comparar la aptitud de las arenas evaluadas, en sus diversas fracciones, con las recomendaciones de la United State Golf Association para la construcción de "Greens", las muestras que mejor ajustan son de mayor a menor "Media de Río Paraná", "Fina de Río Paraná" y "Fina de Campana".

b. Pruebas de permeabilidad

Los resultados se presentan en el Cuadro N° 4.

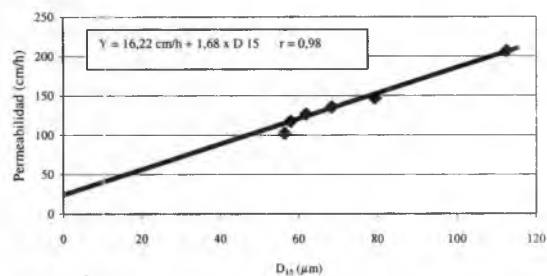
En el Cuadro N° 4 se observa una clara disminución de la permeabilidad con el aumento de las fracciones finas, permitiendo establecer 5 grupos de homogeneidad de medias. En todos los casos se supera el umbral de 15 cm/h (Adams y Gibbs, 1994).

Se realizó un análisis de correlación entre los datos de permeabilidad (variable dependiente) y las diversas fracciones de arenas (variable independiente) de las mezclas evaluadas. Además, esas distribuciones de tamaños de partículas se expresaron en forma acumulada conociendo de cada una de ellas el valor del D₁₅, D₃₀, D₅₀ y D₈₅ (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 4. Valores medidos de permeabilidad en dos repeticiones y su media en las mezclas evaluadas.

| Mezclas | k_s cm/h | k_s cm/h | Promedio |
|----------------|---------------|---------------|----------|
| M ₀ | 204,54 (a) | 208,10 (a) | 206,32 |
| M ₁ | 149,39 (b) | 143,94 (b) | 146,66 |
| M ₂ | 135,43 (b) | 135,63 (b) | 135,53 |
| M ₃ | 126,54 © | 126,80 © | 126,67 |
| M ₄ | 117,63 (d) | 117,41 (d) | 117,52 |
| M ₅ | 101,18 (e) | 103,19 (e) | 102,18 |

Nota. Las letras encerradas entre paréntesis indican los resultados de Análisis de homogeneidad de Medias apareadas o Prueba T de Student, con 1 cola y probabilidad superior al 0,05.

**FIGURA 1.** Valores de permeabilidad en función al D₁₅ de las muestras de arena.**CUADRO N° 5.** Valores de los diámetros medios de las distribuciones acumuladas de tamaño de partículas en las mezclas preparadas de arenas.

| | D15 | D30 | D50 | D85 |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| Arenas medias | 112,5 | 134,72 | 165,27 | 234,31 |
| M1 | 79,3 | 123,61 | 150 | 229,41 |
| M2 | 68,44 | 105,55 | 145,83 | 222,05 |
| M3 | 61,85 | 83,3 | 131,94 | 201,38 |
| M4 | 57,97 | 75,83 | 116,66 | 202,45 |
| M5 | 56,42 | 68,44 | 96,63 | 194,44 |

Con cada uno de éstos (variable dependiente) se observaron el grado de correlación con los valores medidos de permeabilidad, observando que los datos que ajustan mejor son los que corresponden a D₁₅ (Figura 1). Esto puede relacionarse con el efecto que tienen las secciones de los poros en la transmisión de fluidos en "Sistemas Porosos".

Se concluye que de las ocho muestras analizadas, seis presentan coeficientes de uniformidad aceptables para la construcción de campos deportivos. Ordenadas de mayor a menor aptitud respecto a esta propiedad son: "Fina de Campana", "Fina Río Paraná"; "Media Río Paraná", "Extra Fina Campana", "San Fernando" y "Gruesa de Campana". La muestra "Extra Fina de Campana", a pesar de

presentar un buen índice de uniformidad presenta 25% en peso de arenas finas, disminuyendo la permeabilidad en función del tiempo de percolación. Al comparar la aptitud de las arenas evaluadas, en sus diversas fracciones, con las recomendaciones de la United State Golf Association para la construcción de "Greens", las muestras que mejor ajustan son de mayor a menor "Media de Río Paraná", "Fina de Río Paraná" y "Fina de Campana".

Respecto a la fracción de arenas de la distribución acumulada de tamaños de partículas que mejor estima la permeabilidad de una muestra, es la fracción D₁₅ indicando que es la de mayor influencia en esta propiedad hidráulica.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, W.A. and R.J. GIBBS. 1994. *Natural Turf for Sport and Amenity: Science and Practice*. 1° Ed. Wallingford. Oxon. UK. CAB INTERNATIONAL. 404 p. I.S.B.N. 0851987206.
- BAKER, S.W.; S.J. MOONEY and A. COOK. 1999. The effects of sand type and rootzone amendements on golf green performance. *Journal of Turfgrass Science*. 75: 2-17.
- DANIEL, W.H. and R.P. FREEBORG. 1979. *Turf Managers Handbook*. 1° Ed. Cleveland. Ohio. U.S. Harvest Publishing Company. 423 p.
- HUNT, J.A. and S.W. BAKER. 1996. The influence of rootzone depth and base construction profiles of sports turf rootzones. *Journal of the Sports Turf Research Institute*. 72: 36-41.
- TAYLOR, D.H.; C.F. WILLIAMS and S.D. NELSON. 1997. Water retention in root-zone mixture of layered profiles used for sports turf. *Hortscience*. 32: 1. 82-85.
- TERZAGHI, K. and R.B. PECK. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 2° Ed. John Wiley and Sons. New York.
- UNITED STATES GOLF ASSOCIATIONS. 1993. <http://www.usga.org/green> section.
- ZHANG, J. and S.W. BAKER. 1999. Sand characteristics and their influence on the physical properties of rootzone mixes used for sports turf. *Journal of Turfgrass Science*.