

## SUELOS DEL RETIRO: UNA CONTRIBUCIÓN A LA CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL PARQUE

M<sup>a</sup> TERESA DE LA CRUZ CARAVACA  
JUAN HERNANDO COSTA  
M<sup>a</sup> LUISA PALOMAR G<sup>a</sup>-VILLAMIL

### INTRODUCCIÓN

El origen del nombre del Parque del Retiro, estaría en unos aposentos denominados «Cuarto Real» que el emperador Carlos I mandaría construir, adosados a los lados Norte y Este de la Iglesia de los Jerónimos, con el fin de que sirviesen de «retiro» a la familia real en época de cuaresma, luto, etc.

La ubicación del Real Sitio del Buen Retiro tiene su origen en una pequeña elevación natural, inmediata al Paseo del Prado. Fue creado en el siglo XVII y constaba de Palacio y Jardines. Desaparecido prácticamente el palacio, hoy quedan sólo parte de los jardines que conocemos como Parque del Retiro.

Los Palacios del Retiro se comenzaron a construir en tiempos de Felipe IV, año 1630. Se hacen unas preparatorias con desmontes de terrenos, traída de aguas, etc. La construcción se inicia a finales de 1631, por Alonso Carbonell, con una velocidad inusitada y, con la ayuda del Conde-Duque de Olivares (valido del rey), se crea una extensa zona de recreo para la familia real. La intervención del noble fue fundamental en la creación de este lugar e, incluso, donó una quinta de su propiedad donde solía ejercitarse en la caza. El interés político del noble en la creación de este lugar de recreo, era mantener alejado al rey de los asuntos de gobierno y así lograr acaparar todo el poder.

Aunque este era un terreno grande, pero no suficiente, a partir de 1635 se compraron varias huertas y campos a nobles, labradores y propietarios de los alrededores. Así se va creando un inmenso jardín sin perspectiva de conjunto, es decir, no se organizó siguiendo un plan previamente determinado como reflejan los escritos del Duque de Toscana, Bernardo Monani, en 1633: «Cada día, a medida que van construyendo, va aumentando el proyecto que no es aquel con que empezamos».

Un hecho importante para la configuración total de los límites del Jardín fue la compra en 1636 de la Iglesia y terrenos colindantes de Nuestra Señora de Atocha,

propiedad hasta ese momento de los Dominicos. Se creó una avenida que enlazaba estos olivares con el conjunto del jardín. En 1643 las obras del Real Sitio del Buen Retiro estaban acabadas, con la dimisión del Conde-Duque de Olivares, presentando una extensión y distribución que Pedro Texeira refleja en 1656 en el plano de Madrid. Durante estos años en España se suceden hechos políticos, económicos y culturales dignos de mención (Tuñón de Lara, 1982):

- Comienzan a disminuir las reservas de plata de América.
- La población y la producción agrícola disminuyen considerablemente.
- Calderón de la Barca estrena «El gran teatro del mundo» y «La vida es sueño».
- Velázquez pinta «La rendición de Breda».
- María de Zayas escribe sus «Novelas ejemplares y amorosas».
- Estallan rebeliones en Cataluña, Andalucía y Portugal.
- Se retira el Conde-duque de Olivares coincidiendo con la finalización del conjunto del Retiro (año 1643).

Ya en 1540, el portugués Gaspar Barreiros hablaba así de Madrid: «Madrid es un lugar de mucha y buena comarca, de mucho pan, vino y aceite, cazas, frutas y ganado, y por ser de buenos aires, fértil y abastecida de todas las cosas,...». Sin embargo, este paraíso citado por el portugués, no lo debía ser tanto, ya que los datos encontrados para las dos Castillas, en esta centuria, hablan de 25 años lluviosos, 33 de sequía, 21 fríos, 34 pestes, 49 años de malas cosechas y hambre.... En el siglo XVII: 20 años de sequía, 28 fríos, 29 de malas cosechas y hambre y 18 plagas de langosta. De estos datos se deduce un fuerte carácter continental del clima. En los años 30 (1630-1640), Quevedo describe escenas terribles con muertos de frío y hambre.

Los sistemas de cultivo en el siglo XVII no presentan innovaciones frente a la centuria anterior. Se seguía el sistema de «año y vez» o de «año y tercio», con variaciones puntuales. No obstante, el policultivo se realizaba alrededor de los pueblos y se aprovechaban los terrenos donde «mana o corre el agua» para cultivar en regadío verduras y frutales, sin embargo, a partir de la expulsión de los moriscos se produce un deterioro en regadíos y jardinería. Por otra parte, la disminución de la población no afecta a los sistemas de cultivo pero cambia el paisaje agrario; se abandonan las tierras marginales, poco productivas, y, en ocasiones, las no marginales, lo que conduce a una reconstitución del humus al desarrollarse el monte en las tierras abandonadas. El abonado consistía fundamentalmente en estercolar, ya que no se conocían los fertilizantes químicos, Olivier de Serres, en 1600, considera el estiercol, además, como fuente de calor y Garcilaso de la Vega dió a conocer el valor del guano del Perú como fertilizante.

En resumen, en la época de la construcción del Retiro, la tierra se labraba a poca profundidad, se trabajaba con la azada para la plantación de árboles y se abonaba con estiercol. Por otra parte, los jardines se utilizaban para plantar especies exóticas, traídas de lugares lejanos, muchas de las cuales se aclimataron y perduran hasta nuestros días,

y otras desaparecieron, al no adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas. El Parque, en aquella época, se concebía, no como una réplica del entorno, sino como un lugar donde se podían admirar especies raras, tanto vegetales como animales.

Simón Palmer (1991), refiriéndose al Retiro de 1635, afirma que «su estructura permite escoger el paisaje más adecuado para cada ocasión o estado de ánimo. Su diversidad, que se mantiene durante siglos, afecta al trazado de cada zona, que se conoce por sus respectivos nombres; el más famoso es el Ochavado (en el lugar que ocupa el actual Parterre), que sigue el gusto italiano: es una huerta con ocho calles de arena radiales, que parten desde un centro común en forma de estrella. Las calles se decoran con arcos de madera labrada, entretejidos de rosales, moreras y membrillos, con ventanales a trechos...» Como ya se ha indicado los jardines no tienen únicamente un fin estético, puesto que suministran parte importante de los alimentos precisos en el Sitio y en el Alcázar (ubicado en el lugar que hoy ocupa el Palacio de Oriente), de ahí que se procure plantar frutales y huertas junto a flores, combinando lo práctico y lo bello.

Lo anteriormente expuesto nos indica la gran manipulación que han sufrido los suelos en el Retiro desde el momento de su creación hasta el presente: laboreo, abonado, riegos, etc., por lo que seguramente de los suelos primarios sobre los que se construyó el jardín no queda ni siquiera el recuerdo, puesto que además se realizaron excavaciones, construcciones y nivelaciones, con el consiguiente movimiento de los materiales edáficos transportados y acumulados en cualquier parte, seguramente dentro del mismo jardín.

Los suelos de áreas urbanas (jardines) son los grandes olvidados tanto por los científicos como por los técnicos, aunque presentan algunos problemas tales como: compactación, drenaje, contaminación, etc., que van a influir en la vegetación que han de soportar, que, a su vez, va a repercutir en la creación de un hábitat para la fauna urbana. Por otra parte, estos suelos son receptores de materiales de derribo y de contaminantes, y soportan factores de estrés (tráfico, pisoteo, plagas, fuego, daños intencionados, etc.) que hay que tener en cuenta para su conservación, ya que van a influir de forma decisiva en la nutrición mineral, suministro de agua y en el anclaje de las plantas. Según Del Cañizo y González Andreu (1994), en la construcción de un edificio prestamos gran atención a los cimientos, aunque luego no se vayan a ver, ni luzcan nada. De igual modo en la planificación de un Parque habremos de dedicar atención a sus cimientos, que no son otra cosa que la tierra o suelo del jardín, con su doble función de alimento y soporte para las plantas. No sólo es importante la elección del suelo sino su conservación, lo que va a permitir el mantenimiento del jardín a lo largo del tiempo.

Dada la importancia de los espacios protegidos (bien parques naturales o bien parques urbanos) nos parece oportuno iniciar el estudio de los suelos de éstos en el Parque del Retiro de Madrid, ya que es el parque más emblemático de esta ciudad y uno de los más importantes de España. Todos los trabajos que amplien los conocimientos sobre los parques urbanos, permitirán su mejora y conservación. Por otra parte, en la extensa bibliografía sobre el parque del Retiro (Ariza, 1994 y 1988; Simón, 1991; Guerra de la Vega, 1983; etc.) no se hace referencia a los suelos.

Este trabajo tiene por objeto el estudio del medio edáfico, tratando de poner de manifiesto las modificaciones y aportaciones de diversos materiales en el suelo y el

origen de los mismos, dada las múltiples intervenciones realizadas, principalmente en los últimos doscientos años, así como el estado en el que se encuentran los suelos para el sostenimiento del Parque.

## FACTORES AMBIENTALES

### *Condiciones climáticas*

Se puede considerar el clima de Madrid como Mediterráneo contrastado, condiciones que se mantienen a pesar de la diversidad climática provincial. Ahora bien, la mediterraneidad no viene determinada por criterios relativos al Mediterráneo, sino por la existencia de una estación en la que coinciden altas temperaturas con una sequía manifiesta. Las lluvias están ligadas a dos situaciones: la primera se produce cuando un potente anticiclón se extiende ampliamente sobre el Atlántico y Groenlandia, cerrando el paso a la ruta normal de los vientos del oeste; la segunda situación, más frecuente, coincide con un desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el norte, de tal forma que las depresiones atmosféricas que provienen de la zona tropical pueden alcanzar en centro de España.

La precipitación media anual en la estación meteorológica del Retiro es aproximadamente 450-460 mm, produciéndose las lluvias más abundantes en otoño y en primavera. Respecto a las temperaturas, Madrid es una ciudad de contrastes térmicos acusados, con una media anual de aproximadamente 14°C que enmascaran los grandes contrastes estacionales y diarios, ya que las temperaturas medias en los meses invernales (por ejemplo enero) pueden descender hasta 5°C, mientras que en julio y agosto las medias pueden superar los 23°C, existiendo contrastes diarios de hasta 20°C.

En resumen, se trata de un clima mediterráneo-continental, con inviernos fríos, tórridos veranos, primaveras destempladas y lluviosas, siendo el otoño la estación más agradable.

### *Litología*

El material litológico de la capital corresponde en su mayor parte a la denominada «facies Madrid». Genéticamente la «facies Madrid» procede de un área constituida por materiales granítico-gneísicos. Alcanza una gran extensión, dando un característico paisaje alomado desde Madrid hasta la Sierra. Es una monótona serie de arcosas con cantos de gneis y granito, en general muy sueltos, aunque a veces presenta una gran proporción de matriz arcillosa (IGME, 1980). Los depósitos arcóscicos son producto de la colmatación de cuencas o fosas por materiales provinientes de las sierras durante el Mioceo medio, Oligoceno y Plioceno, con una granulometría intermedia entre los depósitos arcóscicos de grandes bloques (Torrelodones, Chapinería, Puerto de Galapagar, etc.) y las arcillas margo-yesíferas y calizas del centro de la cuenca, que se inicia al sur de la capital (Vallecas), por lo que Madrid capital se encuentra en una facies de transición entre ambos depósitos (Pedraza, 1987).

## *Vegetación*

Aunque el parque de El Retiro fue durante el siglo XVI un coto de caza con una vegetación natural similar a la del Monte del Pardo y la Casa de Campo (formada por encinares y retamares), actualmente su vegetación está formada mayoritariamente por árboles y arbustos ornamentales que incluyen algunas especies exóticas. La influencia de la vegetación del Retiro sobre los suelos es escasa debido a que la mayor parte de la hojarasca no llega a incorporarse a los mismos, al ser retirada periódicamente. La vegetación herbácea se limita a las praderas y parterres ornamentales.

## *Suelos*

En el mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid 1:200.000, la capital se encuentra rodeada fundamentalmente, tanto en el flanco este como en el oeste, por Luvisoles (asociación de Luvisoles háplicos y cálcicos). Al norte aparecen los mismos suelos junto a la asociación de Cambisoles eutrícos, Luvisoles háplicos y Regosoles dístricos; asociación que desciende por el noroeste, entre el río Manzanares y la zona norte de la capital, hasta Moncloa y la Ciudad Universitaria. Al sur, aparecen asociaciones de Luvisoles háplicos y eutrícos con Calcisoles háplicos (FAO, 1998).

No obstante, los suelos de áreas urbanas han sido objeto de escasa atención por parte de los científicos. En jardinería y en arquitectura del paisaje parece no preocupar la viabilidad de una plantación. Bradshaw y Chadwick (1980) afirman que en Gran Bretaña de los diez millones de árboles plantados anualmente, alrededor de la mitad mueren en los cinco primeros años.

El conocimiento de las relaciones entre los requerimientos de los distintos usos y las cualidades de un determinado ámbito urbano, desde el punto de vista ecofisiológico y edáfico, permite establecer estrategias que eviten fracasos notorios en el uso de suelos urbanos, cuyas principales funciones son:

- Nutrición de plantas y animales (aves principalmente)
- Suministro de agua a las plantas
- Anclaje para las plantas
- Habitat para la fauna urbana
- Receptores de contaminantes
- Receptores de materiales de derribo.

En el caso de suelos de áreas degradadas es necesario establecer una terminología específica tomando en consideración propiedades que estén relacionadas con los problemas de manejo y usos potenciales de los suelos urbanos (Hollis, 1992). La leyenda revisada del mapa de suelos del mundo (FAO 1988) incluye el grupo de Antrosoles (del griego *antrophos*, hombre) para referirse a los suelos fuertemente modificados por

actividades humanas, grupo al que pertenecen la totalidad de los suelos del parque del Retiro.

## MATERIAL

Se han seleccionado tres perfiles de suelos situados en tres zonas diferentes. Los dos primeros se recogieron aprovechando los desmontes abiertos para la construcción de los cimientos de los kioscos, para causar el menor deterioro posible, el tercero se recogió en una zona resguardada abriendo un perfil menos profundo que los anteriores.

El perfil RT-1 se sitúa junto al Estanque Grande, en el ángulo que forman el Salón del Estanque y el Paseo de la Argentina. El estanque estaba rodeado de pequeñas edificaciones llamadas pescaderos, en cuyo interior se encontraban las norias que sacaban el agua de los pozos, lo que era posible por la abundancia de aguas subterráneas existentes en este lugar, además se sumaban las aguas del arroyo Abroñigal y las que se trajeron desde la posesión real denominada Quinta de Miraflores o de la Fuente del Berro, que Felipe IV había cedido a los monjes de Montserrat, aunque reservándose el derecho de las aguas de su rico manantial. Se situó el estanque en la parte más alta, de forma que sus aguas pudieran utilizarse para riego, que se realizaba siguiendo la tradición árabe de los canalillos que, en complicada geometría, cubren el jardín. Aún se conserva este tipo de riego en la zona que Isabel II mandó construir.

El perfil RT-2 se localiza en el ángulo que forman la Fuente de la Alcachofa, el Palacio de Velázquez y el Palacio de Cristal, zona que se utilizó como coto de caza menor, especialmente de liebres. En 1857 se realizó un proyecto sencillo de calles diagonales, terminado tan solo en una parte próxima a la Fuente de la Alcachofa. Este proyecto ya aparece en el plan Castro de Ensanche de Madrid. En 1823 comenzarían las grandes transformaciones del Campo Grande, con la construcción del Palacio de Velázquez o Palacio de Exposiciones.

El perfil RT-3 se sitúa al sur del Parterre, próximo al lugar donde estuvo el Ochavado en el siglo XVII. Este suelo es el que menor manipulación ha sufrido. Sobre él se desarrolla una frondosa vegetación compuesta por árboles, arbustos y un amplio tapiz herbáceo. El riego se realiza en manta, a través de acequia, según la antigua tradición árabe.

## MÉTODOS ANALÍTICOS

El análisis de campo y la toma de muestras se realizó según las normas recomendadas por la F.A.O. (1977). El color de los horizontes edáficos se ha determinado, tanto en húmedo como en seco, según la nomenclatura de Soil Color Charts (Munsell, 1954). El Análisis granulométrico se ha realizado según el método propuesto por I.S.R.I.C. (F.A.O, 1987) Se ha determinado la acidez total y la acidez de cambio siguiendo el método propuesto por I.S.R.I.C. 1993. El Carbono orgánico se realizó siguiendo el método propuesto por Walkey & Black (1974). Para el Nitrógeno total se utiliza el método propuesto por Kjeldahl, modificado por Bouat y Crouzet (Guitian y Carballas, 1976). La capacidad total de cambio se determinó por el método del acetato amónico, las bases de cambio  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  se determinaron por espectrofotometría de

absorción atómica; Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> por fotometría de llama. Se separó la fracción Arena Fina del limo y la arcilla por tamización en húmedo, eliminando los recubrimientos de hierro con una solución buffer de citrato y bicarbonato sódico y con ditionoto sódico (I.S.R.I.C., 1993). Utilizando bromoformo se separa la fracción densa de la Arena (d>2,9) y la fracción ligera (d<2,9). La identificación de los minerales se realizó utilizando un microscopio Zeiss de polarización.

## RESULTADOS

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Color Húmedo</i>	<i>Color Seco</i>	<i>Estructura</i>	<i>Raíces</i>	<i>Restos antrópicos</i>
RT-1	H-1	0-20	10YR4/3	10YR4/4	Granular	No	No
	H-2	20-60	10YR3/4	10YR4/4	Granular	G-2	Si
	H-3	60-110	10YR4/6	10YR5/6	Particular	G-2	No
	H-4	110-200	10YR6/6	10YR6/6	Particular	G-1	Si
	H-5	>200	10YR5/8	10YR6/6	Particular	G-1	No
RT-2	H-1	0-15	10YR4/3	10YR4/4	Granular	F-2	Si
	H-2	15-30	10YR6/2	10YR6/4	Particular	F-3	Si
	H-3	30-60	10YR4/3	10YR6/2	Granular	G-1	Si
	H-4	60-130	10YR6/2	10YR6/3	Particular	G-1	Si
	H-5	130-190	10YR4/3	10YR5/3	Granular	F-1,G-1	Si
	H-6	>190	10YR5/6	10YR6/6	Particular	G-1	No
RT-3	H-1	0-20	10YR3/2	10YR4/3	Granular	F-2,M-1	No
	H-2	20-50	10YR5/4	10YR5/6	Granular	F-2,M-1	No
	H-3	>50	10YR6/4	10YR7/4	Particular	G-1	No

Raíces: F (finas), M (medianas), G (gruesas), 1(pocas), 2 (abundantes), 3 (muy abundantes)

TABLA 1. *Características morfológicas de los suelos.*

<i>Horizonte</i>	<i>Prof.(cm)</i>	<i>% Arena G.</i>	<i>% Arena F.</i>	<i>% Limo</i>	<i>% Arcilla</i>	<i>Textura</i>
H-1	0-20	67	16	6	11	Aren-franca
H-2	20-60	70	10	6	14	Aren-franca
H-3	60-110	57	27	2	14	Aren-franca
H-4	110-200	77	8	4	11	Aren-franca
H-5	>200	85		2	9	Arenosa

Observaciones en la Fracción > 2 mm:

Horizonte H-1: No hay restos antrópicos, no hay raíces. Aporte actual y reciente

Horizonte H-2: Restos antrópicos: 2% cerámicas, 1% vidrios, 1% ladrillos, 1% chapa metálica, 1% residuos de madera quemada y 1% plástico

Horizonte H-3: No hay restos antrópicos

Horizonte H-4: Presencia de escombros

Horizonte H-5: No hay restos antrópicos

TABLA 2. *Análisis Granulométrico perfil RT-1.*

<i>Horizonte</i>	<i>% Carbono</i>	<i>% Materia orgánica</i>	<i>% Nitrógeno</i>	<i>C/N</i>
H-1	1,3	2,2	0,2	6,5
H-2	1,4	2,4	0,3	4,6
H-3	0,2	0,3	0,1	2,0
H-4	0,2	0,3	0,1	2,0
H-5	0,2	0,3	0	—

TABLA 3. *Materia orgánica perfil RT-1.*

<i>Horiz</i>	<i>pH (H<sub>2</sub>O)</i>	<i>pH (KCl)</i>	<i>Ca<sup>2+</sup> (cmol/kg)</i>	<i>Mg<sup>2+</sup> (cmol/kg)</i>	<i>Na<sup>+</sup> (cmol/kg)</i>	<i>K<sup>+</sup> (cmol/kg)</i>	<i>S (cmol/kg)</i>	<i>CIC (cmol/kg)</i>	<i>V (%)</i>
H-1	6,4	5,8	17	1,31	1,48	0,18	19,9	12,9	Sat.
H-2	6,3	5,9	14	1,11	1,67	0,23	17	16,5	Sat.
H-3	7,2	6,6	14,9	1,90	1,87	0,10	18,7	12,5	Sat.
H-4	6,9	6,2	15,3	1,90	1,48	0,07	18,7	12,2	Sat.
H-5	7,5	6,6	13,6	1,7	0,74	0,03	16	9,5	Sat.

TABLA 4. *PH y complejo de cambio perfil RT-1.*

<i>Horizonte</i>	<i>Cuarzo</i>	<i>Feldespatos</i>	<i>Micas</i>
H-1	61	34	5
H-2	72	23	5
H-3	65	28	7
H-4	51	24	25
H-5	57	32	11

TABLA 5. *Minerología de la fracción ligera de la arena del perfil RT-1.*

Existe un claro predominio de las fracciones gruesas sobre las finas, dando texturas que van desde Arenosas a Arenoso-francas. Con los datos granulométricos no se llegan a diferenciar los distintos aportes que ha sufrido este suelo. Sin embargo, si tenemos en cuenta la fracción superior a 2mm se observa una alternancia en la presencia de materiales antrópicos tales como cerámicas, vidrios, ladrillos, chapas metálicas, maderas quemadas y restos de escombros en general. Estos materiales aparecen en los horizontes H-2 y H-4, mientras que los horizontes H-1, H-3 y H-5 no los contienen. Esta situación nos lleva a creer que en los 2m muestreados cada horizonte corresponde a un aporte diferente.

Los contenidos en materia orgánica son muy bajos en todo el perfil, debido a que la mayor parte de la hojarasca se retira, sin embargo, aparece un descenso brusco a partir de los 60cm dado el escaso contenido en raíces finas que no alcanzan este nivel. Esta situación explica el escaso contenido en nitrógeno a partir de los 60cm, siendo las relaciones C/N muy bajas, como corresponde a horizonte minerales.



El pH es próximo a la neutralidad descendiendo ligeramente en superficie por influencia de la materia orgánica. La CEC es muy moderada debido al escaso contenido en elementos coloidales. Sin embargo, todos los horizontes se encuentran saturados dada la abundancia de calcio de cambio, lo que es común en suelos formados a partir de materiales de la «facies Madrid».

La fracción ligera de la arena constituye el 99% en peso y pone de manifiesto que el origen de los materiales de los distintos horizontes es el mismo. Los minerales que forman parte de esta fracción son cuarzo, feldspatos y micas, que provienen de rocas graníticas y metamórficas. Sin embargo, en la fracción pesada de la arena se aprecian tres asociaciones de minerales densos según el orden de abundancia de los mismos:

Asociación 1 (aparece en los horizontes H-1 y H-2): Circón-Hematites-Biotita-Minerales metamórficos.

Asociación 2 (aparece en los horizontes H-3 y H-4): Biotita-Circón-Minerales metamórficos.

Asociación 3 (aparece en el horizonte H-5): Biotita-Moscovita-Circón-Minerales metamórficos.

Esto podría indicar que, aunque el material de origen es el mismo no el lugar de procedencia, siendo ésta la misma para los horizontes H-1 y H-2, distinta para los horizontes H-3 y H-4, y otra para H-5. Según la clasificación F.A.O. (1998), este suelo podría clasificarse como Antrosol térrico.

<i>Horizonte</i>	<i>Prof.(cm)</i>	<i>% Arena G.</i>	<i>% Arena F.</i>	<i>% Limo</i>	<i>% Arcilla</i>	<i>Textura</i>
H-1	0-15	46	20	13	21	Franco-aren.
H-2	15-30	79	8	5	9	Aren-franca
H-3	30-60	62	13	9	15	Franco-aren.
H-4	60-130	68	13	5	14	Franco-aren.
H-5	130-190	51	11	15	23	Fran-arc-are
H-6	>190	79	5	3	13	Aren-franca

TABLA 6. *Análisis granulométrico perfil RT-2.*

<i>Horizonte</i>	<i>% Carbono</i>	<i>% Materia orgánica</i>	<i>% Nitrógeno</i>	<i>C/N</i>
H-1	1,9	3,3	0,2	9,5
H-2	0,1	0,2	0,1	1
H-3	0,4	0,7	0,1	4
H-4	0,2	0,4	0,1	2
H-5	0,6	1	0,1	6
H-6	—	—	—	—

TABLA 7. *Materia orgánica perfil RT-2.*

Horiz	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	Ca <sup>2+</sup> (cmol/kg)	Mg <sup>2+</sup> (cmol/kg)	Na <sup>+</sup> (cmol/kg)	K <sup>+</sup> (cmol/kg)	S (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	V (%)
H-1	7,5	6,4	19,4	2,49	0,18	0,77	22,9	17,4	Sat.
H-2	7,3	6,4	26,8	1,32	0,85	0,06	29	11,2	Sat.
H-3	7,5	6,4	57,9	2,26	0,16	0,33	60,6	13,6	Sat.
H-4	7,6	6,4	44,7	1,73	0,24	0,28	47	12,9	Sat.
H-5	7,4	7,1	42,1	1,18	0,22	0,47	44	18,7	Sat.
H-6	7,1	7,0	25,5	0,41	0,16	0,07	26,1	16,3	Sat.

TABLA 8. *PH y complejo de cambio de perfil RT-2.*

Horizonte	Cuarzo	Feldespatos	Micas
H-1	71	25	4
H-2	62	25	13
H-3	66	21	12
H-4	66	26	8
H-5	72	21	7
H-6	57	32	11

TABLA 9. *Minerología de la fracción ligera de la arena del perfil RT-2.*

Todos los horizontes que componen este suelo muestran en la fracción superior a 2mm restos antrópicos (cerámicas, vidrios, maderas, etc.), a excepción del horizonte H-6 por tanto, en este suelo, sobre este horizonte se realizó un aporte de material rico en arcilla (corresponde al horizonte H-5); por encima de este material hubo un nuevo aporte con un material de menor proporción de arcilla (corresponde a los horizontes H-4 y H-3); por encima de los cuales se realizaron dos nuevos aportes que se corresponden cada uno con los horizontes H-2 y H-1. Es decir, en este suelo se produjo un total de cuatro aportes, todos ellos conteniendo material antrópico y diferentes texturas:

- 1- Horizonte H-5: textura Franco-arcillo-arenosa
- 2- Horizontes H-3 y H-4: textura Franco-arenosa
- 3- Horizonte H-2: textura Arenosa-franca
- 4- Horizonte H-1: textura Franco-arenosa

Al igual que en el perfil RT-1 los contenidos en materia orgánica son muy bajos. No obstante el horizonte H-1 corresponde a un horizonte organo-mineral con un humus de tipo mull eutrófico, ya que la buena aireación permite una intensa actividad biológica. Se aprecian ligeros incrementos de carbono en los horizontes H-3 y H-5 respecto a los inmediatamente superiores (H-2 y H-4) que queda reflejado en el color de los horizontes (tabla 8). Si tenemos en cuenta los aportes señalados por la granulometría, los horizontes H-3 y H-5 corresponden a distintos aportes, por lo que el incremento de carbono puede explicarse considerando que el tiempo transcurrido hasta el nuevo aporte permitió la implantación de una vegetación con la consiguiente edafización del

material. Sin embargo los contenidos en nitrógeno no manifiestan estos cambios ya que se producen pérdidas por lavado debido a la naturaleza filtrante de estos aportes.

El pH es ligeramente básico con escasas variaciones en los distintos horizontes, sin embargo el horizonte H-6, que es el que consideramos el material sobre el que se realizaron los diferentes aportes, presenta un pH ligeramente inferior. Por otra parte, estos valores están influidos por los contenidos en calcio de cambio, muy abundante en los distintos aportes realizados al suelo, probablemente debido a la influencia de los materiales antrópicos tales como yeso, cemento, cal, etc, asociados a los ladrillos que aparecen en los distintos horizontes. Asimismo, el elevado contenido en calcio ocasiona la saturación en bases.

Al igual que en el perfil anterior, la mineralogía de la fracción ligera indica que el origen de los materiales aportados corresponde a rocas graníticas y metamórficas. La mineralogía de la fracción pesada confirma los diferentes aportes en base a las diferentes asociaciones de minerales densos según orden de abundancia de los mismos:

Asociación 1 (horizonte H-1): Circón-Hematites-Turmalina.

Asociación 2 (horizontes H-2 y H-3): Circón-Biotita-Minerales metamórficos

Asociación 3 (horizontes H-4 y H-5): Circón-Biotita-Turmalina

Asociación 4 (horizonte H-6) Biotita-Circón-Minerales metamórficos.

Este suelo correspondería, asimismo, a un Antrosol térrico.

Horizonte	Prof.(cm)	% Arena G.	% Arena F.	% Limo	% Arcilla	Textura
H-1	0-20	50	24	8	17	Franco-aren
H-2	20-50	43	24	10	23	Fra-arc-aren
H-3	>50	49	23	9	19	Franco-aren

TABLA 10. Análisis granulométrico perfil RT-3.

Horizonte	% Carbono	% Materia orgánica	% Nitrógeno	C/N
H-1	2	3,4	0,2	10
H-2	1	1,7	0,1	10
H-3	0,5	0,9	0,1	5

TABLA 11. Materia orgánica perfil RT-3.

Horiz	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	Ca <sup>2+</sup> (cmol/kg)	Mg <sup>2+</sup> (cmol/kg)	Na <sup>+</sup> (cmol/kg)	K <sup>+</sup> (cmol/kg)	S (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	V (%)
H-1	7,1	6,9	35,2	2,3	0,12	0,82	38,5	20,5	Sat.
H-2	7,0	6,5	49,5	2,21	0,12	0,59	52,4	19,8	Sat.
H-3	7,1	6,8	55,8	2,98	0,14	0,36	59,3	18,7	Sat.

TABLA 12. PH y complejo de cambio perfil RT-3.

<i>Horizonte</i>	<i>Cuarzo</i>	<i>Feldespatos</i>	<i>Micas</i>
H-1	69	17	14
H-2	55	36	9
H-3	61	28	11

*Tabla 13. Mineralogía de la fracción ligera de la arena del perfil RT-3.*

Al pasar del horizonte H-1 al horizonte H-2 la textura varía de Franco-arenosa a Franco-arcillo-arenosa, probablemente debido a un proceso de iluviación de arcilla, producido por el riego continuado que sufre este suelo, generándose un horizonte B<sub>t</sub>. Esta situación provoca la aparición de propiedades stágnicas, debido a que el encharcamiento temporal ocasiona procesos de óxido-reducción apareciendo manchas de color rojizo y de color blanco, causadas por la presencia de óxidos de hierro.

A diferencia de los anteriores, este suelo no ha sufrido aportes antrópicos, se trata del suelo original del Retiro, modificado por el riego por inundación con aguas procedentes del Estanque Grande, mediante sistema de albercas y por el abonado esporádico con mantillo. Estas modificaciones han conducido a que el suelo primitivo (probablemente un Cambisol) se transforme en un Antrosol cuyas características no se ajustan de forma exacta a ninguna unidad de la FAO de 1998.

El contenido en carbono orgánico decrece en profundidad, siendo moderado en el perfil, no obstante, las relaciones C/N indican una buena humificación en superficie, siendo el humus de tipo mull eutrófico. El pH es neutro en todo el perfil, con predominio de calcio como catión de cambio ocasionando la saturación en bases. La capacidad de cambio es más elevada respecto a los suelos anteriores debido al mayor contenido en materia orgánica y arcilla.

La mineralogía de la fracción pesada de la arena confirma que en este suelo no se han producido aportes, siendo el material de partida típico de la facies Madrid. La fracción ligera muestra un aumento de Cuarzo en el horizonte superficial justificado por la alteración de los feldespatos provocada por la materia orgánica. Las micas que predominan son Moscovitas, que son las más resistentes a los procesos de alteración.

El suelo se clasifica como Antrosol irrágico.

## DISCUSIÓN

Las determinaciones analíticas realizadas no sólo ponen de manifiesto las propiedades fundamentales de los suelos del Retiro, sino que son un instrumento imprescindible para conocer su formación y el carácter antrópico de los mismos. Así, se han podido distinguir los diversos y sucesivos aportes que definen los diferentes horizontes de los suelos; estos horizontes, no son genéticos, no han surgido por procesos de formación del suelo, salvo los más superficiales donde se acumula la materia orgánica y tiene lugar el proceso de humificación. En los perfiles RT-2 y RT-3, los horizontes superficiales no han recibido aportes muy recientes, lo que ha permitido la actuación de factores biológicos, descomponedores y recomponedores del humus.

Los procesos formadores del suelo están controlados por diversos factores, según la ecuación de Jenny (1941):  $S = f(M, C, R, O, T)$ , que expresa que el suelo (o cualquier propiedad del mismo) es función del material de partida (M), clima (C), relieve (R), organismos (O) y tiempo (T). En el caso de los horizontes superficiales de los suelos estudiados, el material de partida, el relieve y el clima, han permanecido constantes; mientras que el factor biótico (O) ha variado, permitiendo, en un tiempo determinado, la formación de horizontes órgano-minerales. En el suelo RT-1 la incorporación de la materia orgánica es bastante profunda (hasta 60 cm, tabla 3), observándose una discontinuidad del material que se pone de manifiesto por la presencia de restos antrópicos (cerámicas, vidrios, etc.) entre 30 y 60 cm, y la ausencia de raíces en los 30 cm superiores nos indica que la parte más superficial es de aporte reciente, seguramente de horizontes superficiales de otros suelos, ya que, sobre este suelo, no se ha instalado aún la vegetación.

La granulometría se caracteriza por su elevado contenido en fracción Arena, sobre todo en Arena gruesa, lo que infiere ciertas propiedades dignas de tener en cuenta: Elevadas macroporosidad y permeabilidad, baja compacidad, escasa retención de agua y escaso riesgo de erosión eólica. La excepción se encuentra en el horizonte H-2 del perfil RT-3 y en el horizonte H-5 del RT-2, en los que existe una proporción de arcilla considerable (tablas 12 y 7) que hace que varíen las propiedades anteriormente descritas. La escasa proporción de arcilla y materia orgánica en los diversos horizontes, hace que no se pueda construir una estructura ni siquiera moderada; por lo tanto, en los casos en que la estructura es granular, ésta es débil.

Los depósitos detríticos de la «facies Madrid», conocidos localmente como «Arena de miga» o «Rubia», proceden de la degradación de los materiales del complejo cristalino (granitos, gneiss, cuarcitas, aplitas, calizas...) erosionados y arrastrados bajo un ambiente continental árido, con lluvias torrenciales de gran capacidad de erosión y transporte (Izco, 1982). Este material, frente a otros sedimentos arenosos, se diferencia por su mayor cohesión y trofia debida a la presencia ocasional de  $\text{CaCO}_3$  en forma de micelio. Este carbonato puede provenir de calizas paleozóicas de la Sierra de Guadarrama, de calizas marinas secundarias que sedimentaron al pie de su ladera meridional y del calcio de los granitos serranos por un proceso de carbonatación ( $\text{R-Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3$ ). Esto explica los valores de pH (prácticamente neutros) y los altos valores del grado de saturación (tablas 4, 9 y 14), ya que, aunque los suelos se encuentran descarbonatados (no dan reacción con HCl diluido), son ricos en calcio que es el catión de cambio dominante, retenido por los coloides del suelo (humus y arcilla). Con estos valores de pH es fácil la asimilación de los diferentes elementos nutritivos: N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu, Zn y Mo (Domínguez Vivancos, 1989). Sin embargo, puesto que se retira la hojarasca, se podría pensar que los suelos del Retiro sufren déficit de nitrógeno, lo que no ocurre, ya que según Dielh y Mateo Box (1994), los contenidos de nitrógeno que se sitúan entorno al 0,1-0,2% indican una fertilidad media.

El estudio de la mineralogía de la fracción Arena Fina nos permite establecer tanto el origen del material mineral como la existencia de discontinuidades litológicas, que son muy frecuentes en suelos construidos por el hombre con materiales de diversa procedencia. Se ha comprobado que los diferentes materiales que forman los horizontes del suelo provienen de los depósitos detríticos de la «facies Madrid», con un cortejo de minerales procedente del complejo cristalino de las Sierras que van del noreste al suroeste de la Comunidad de Madrid. Únicamente se puede apreciar a «grosso modo»

su lugar de procedencia por las especies de minerales metamórficos que aparecen, sin que esto indique discontinuidades litológicas manifiestas.

Una vez estudiados los suelos más representativos del Parque del Retiro, es conveniente analizar los factores favorables y desfavorables que presentan los mismos respecto a su conservación para sostenimiento del jardín. Para ello se han aplicado los criterios adaptados de U.S.D.A. (1984):

- No existen capas de permafrost (hielo en el subsuelo).
- Sin pedregosidad en superficie.
- Pendiente menor del 2%. En las zonas con pendiente superior al 2%, dada la naturaleza arenosa de los caminos, senderos y lugares desprovistos de vegetación, pueden sufrir, en épocas de lluvias, fenómenos de erosión con formación de regueros.
- Sin gravas en superficie.
- La textura de los horizontes superficiales de los suelos es Arenoso-franca o Franco-arenosa. Se pueden producir costras superficiales por el impacto de las gotas de lluvia. En llano no aparecen problemas erosivos, salvo el de una posible impermeabilización, en zonas libres de praderas, apareciendo fenómenos de encharcamiento temporal. En pendientes, aunque sean ligeras, se puede producir un arrastre de partículas por reptación.
- La capa freática es profunda (más de 75 cm).
- No existen inundaciones o son muy raras.
- La roca está a gran profundidad (hay que tener en cuenta que los depósitos de la «facies Madrid», a partir de los cuales se desarrollan los suelos del Retiro, tienen un espesor considerable).
- No se observan cementaciones en los horizontes subsuperficiales que pudieran impedir el drenaje.
- Permeabilidad elevada.
- No son suelos salinos (Conductividad eléctrica menor de 4 dS/m).
- Son suelos neutros (pH próximo a 7), lo que favorece la asimilación de los elementos nutritivos.
- Si algunas zonas están deterioradas por el uso (por el pisoteo, por ejemplo), aunque el suelo no presente limitaciones, se puede evaluar como una característica desfavorable.

## CONCLUSIONES

Los suelos del Retiro no presentan limitaciones importantes desde el punto de vista de su utilización para jardines y parques. Los únicos problemas se pueden presentar en zonas con pendientes superiores al 2%, desprovistas de tapiz herbáceo o dedicadas a caminos y senderos. Por otra parte, existe riesgo de encharcamiento temporal, en épocas de lluvia, debido a la formación de costras superficiales que disminuyen la permeabilidad de los suelos.

Aunque presenten algunos problemas de compactación, drenaje, contaminación, etc., el estado de los suelos permite, en general, el mantenimiento del parque en buenas condiciones para el desarrollo de la vegetación, habitat de la fauna urbana y disfrute de los vecinos de Madrid.

## BIBLIOGRAFIA

- ARIZA MUÑOZ, C.** (1988) «*Los jardines de Madrid en el siglo XIX*» Ed. El Avapies. 307pp.
- ARIZA MUÑOZ, C.** (1994) «*Parques y jardines de Madrid. Buen Retiro*» Fundación Caja-Madrid. Ed. El Avapies S.A. 90pp.
- BRADSHAW, AD & CHADWICK, M.J.** (1980) «*The Restoration of Land*» Blackwell Scientific Publ. Oxford.393pp.
- DEL CAÑIZO, J.A. y GONZÁLEZ ANDREU, R.** (1994). «*Jardines. Diseño. Proyecto Plantación*». De Mundi-prensa. 557pp.
- DIEHL, R. y MAQTEO BOX, J.M.** (1994).»*Fitotécnia general*» Ed. Mundi-prensa 814pp.
- DOMINUEZ VIVANCOS, A.** (1989) «*Tratado de fertilización*» Ed. Mundi-prensa. 601pp.
- F.A.O.** (1998). «*World Reference Base for Soil Resources*».
- F.A.O.** (1988) «*Leyenda revisada del Mapa de Suelos del Mundo*».
- F.A.O.** (1977) «*2 Guías para la descripción de perfiles*». Roma. 60pp
- GUITIAN OJEA, F. & CARBALLAS FERNANDEZ, T.** (1976). «*Técnicas de análisis de suelos*». 2ª ed. Ed. Pico-sacro.
- GUERRA DE LA VEGA, R.** (1983) «*Jardines de Madrid. I El Retiro*». A.G. Grupo S.A. 78pp.
- HOLLIS, J.M.** (1992).»*Proposals for the classification, description and mapping of soils in urban areas*». English Nature, Peterborough, 41pp.
- I.G.M.E.** (1980). «*Mapa geológico de Madrid E: 1:200.000*».
- I.S.R.I.C.**(1993). «*Procedures for soil analysis*». Ed. F.A.O.
- IZCO, J.** (1982) «*Madrid verde*». Eds. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, C.:A.:M. 517pp.
- JENNY, H.** (1941). «*Factors of soils formation- A system of quantitative pedology*» McGraw-Hill. NeW York.
- MAPA DE ASOCIACIÓN DE SUELOS (1:200.000)** (1990). C.S.I.C. Consejería de Agricultura y Cooperación. Comunidad de Madrid.
- MUNSELL** (1954).»*Soil Color Charts*» Munsell Color Company. Baltimore. U.S.A.
- NICOLÁS, J.P.** (1987) «*Clima. En: La Naturaleza de Madrid: 69-132.*» Eds. Consejería de Agricultura y Ganadería. C.A.M.
- PEDRAZA, J.** (1987) «*Geología y Relieve En: La Naturaleza de Madrid.: 11-68.*

- Eds. Consejería de Agricultura y Ganadería. C.A.M.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C.** (1994). «*Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*» Ediciones Mundi-Prensa. 807pp.
- SIMÓN PALMER, M.C.** (1991) «*El Retiro, Parque de Madrid*» Biblioteca básica de Madrid. Ediciones la Librería 142pp.
- TUÑÓN DE LARA, M.** (1982). «*Historia de España*» Tomo 5. Ed. Labor 580pp.
- VAUDOUR, J.** (1979) «*La Région de Madrid. Altérations, sols et paléosols.*» Editions OPHRYS 390pp
- WALKEY & BLACK** (1974). «*A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soils.*» Soil Sci. 63: 251-254.