

# Potencial de la Geotermia Profunda en la Cuenca de Madrid

R. HIDALGO (\*), J. SÁNCHEZ (\*\*) y P. UNGEMACH (\*\*\*)

**RESUMEN** El potencial geotérmico de la Cuenca de Madrid fue puesto en evidencia gracias al sondeo de investigación petrolífera Pradillo (Shell-Campsa 1980) situado en San Sebastián de los Reyes donde se midieron temperaturas de 88°C a 1.700 mts y 156°C a 3.400 mts de profundidad respectivamente.

Este hallazgo propició la evaluación detallada del potencial del reservorio de menor temperatura y profundidad, a partir de los ensayos realizados en el sondeo Pradillo y en los sondeos geotérmicos de nueva construcción de San Sebastián de los Reyes y Tres Cantos, realizados por el ADARO y IGME a mediados de los años 80 y el sondeo Geomadrid, llevado a cabo por la Comunidad de Madrid en 1990.

Estas perforaciones pusieron de manifiesto un reservorio geotérmico de baja temperatura asociado a los niveles detríticos del paleógeno superior; un reservorio multicapa de potencia variable (200-800m) y temperaturas comprendidas entre los 70 y 90°C localizado entre los 1.500 y los 2.100m de profundidad susceptible de proporcionar energía de manera directa que puede ser aprovechada en superficie para usos térmicos en zonas con una demanda adecuada, proporcionando calor, frío y agua caliente sanitaria a través de redes de distrito.

Un segundo potencial reservorio geotérmico fue identificado a 3.400m en el sondeo Pradillo en el contacto entre los materiales cretácicos y el basamento Paleozoico donde se registraron temperaturas de 156°C. Este recurso podría ser aprovechado para la generación combinada de energía eléctrica y calor directo supliendo en parte las demandas de energía de la zona norte de la Comunidad de Madrid.

## DEEP GEOTHERMAL ENERGY POTENTIAL IN MADRID BASIN

**ABSTRACT** *The Madrid Basin geothermal potential was evidenced in 1980 thanks to an oil exploration well drilled by Shell-Campsa which showed temperatures of 88°C and 150°C degrees at 1,700 mts and 3,400 mts depth respectively.*

*The low enthalpy geothermal reservoir could be further assessed by four exploratory wells the first one, Pradillo (original's Shell-Campsa oil well), two drilled by ADARO and IGME (Geological survey of Spain) in San Sebastian de los Reyes and Tres Cantos respectively. The latest well, Geomadrid 1, was drilled in 1990 by the Madrid Regional government.*

*The afore mentioned wells have identified a dependable geothermal resource, hosted in a tertiary, clastic, consolidated sandstone reservoir consisting of a thick multilayered sequence (200-800m) with temperatures ranging from 70° to 90°C and depths of 1,500 to 2,150 m., overlying a Mesozoic sequence, suitable to be exploited for thermal uses in several district heating grids around Madrid in areas displaying adequate heat loads.*

*A medium temperature reservoir was also identified at the contact between Mesozoic Cretaceous limestones and fractured basement granites at 3,400mts depth, with measured temperatures of 156°C, that could be developed and exploited in view of a combined power and heat production (CPH) within the Madrid suburban areas.*

**Palabras clave:** Madrid, Geotermia, Baja temperatura, Recursos, Usos directos.

**Keywords:** Madrid, Geothermics, Low temperature, Resources, Direct uses.

## 1. EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉRMICA EN LA CUENCA DE MADRID

La presencia de yacimientos geotérmicos en el subsuelo del área de Madrid, se puso ya de manifiesto en el sondeo petrolífero TIELMES (VALDEBRO, 1965) en la zona sur de la

cuenca de Madrid. La perforación se encontró agua caliente surgente a 60°C en niveles calcáreos del Cretácico.

Posteriormente, el "Inventario Nacional de Manifestaciones Geotérmicas" llevado a cabo por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en 1975, reafirmó la posibilidad de que en el subsuelo de Madrid existieran almacenes geotérmicos a temperaturas comercialmente explotables localizando varios indicios.

En 1979 y dentro del Plan Nacional de Investigación Geológica Minera de recursos Energéticos, el IGME publicó el "Estudio de los Materiales de la Cuenca de Madrid Susceptibles de constituir Acuíferos Profundos capaces de ser soporte de energía Geotérmica de Baja Entalpia" donde se hace un análisis

(\*) PETRATHERM ESPAÑA, Avenida Doctor Arce nº14, 28002 Madrid, Spain.

(\*\*) TECNOLOGÍA Y RECURSOS DE LA TIERRA SA - Pza. Castilla, 3 28029 Madrid, Spain.

(\*\*\*) GPC INSTRUMENTATION & PROCESS(GPC IP), Paris-Nord 2, 14, rue de la Perdrix, Lot 109. BP 50030. 95946 ROISSY CDG CEDEX. France.

detallado de las diferentes formaciones geológicas de la cuenca de Madrid, de sus características litológicas e hidrogeológicas y de su potencial para albergar almacenes geotérmicos de baja entalpía.

Ya en 1980, la perforación del sondeo de investigación de hidrocarburos, Pradillo 1, al norte de la ciudad de Madrid, por la asociación SHELL-CAMPSA, confirmó las hipótesis planteadas por el IGME en los informes anteriores, encontrándose un almacén en las areniscas terciarias entre 1.500 y 2.000 metros de profundidad, a temperaturas de 75-85 y otro potencial almacén ligado a las calizas dolomíticas y dolomías del cretácico superior.

Posteriormente se desarrollaron en el área norte de Madrid otros tres sondeos profundos con fines geotérmicos: el sondeo Tres Cantos, situado en la localidad del mismo nombre, llevado a cabo por el IGME en 1981; el sondeo San Sebastián de los Reyes-1, realizado dentro del Plan Energético Nacional por la Empresa Nacional ADARO en 1981-82, y finalmente el sondeo GeoMadrid-1, llevado a cabo en 1989-90 por el Instituto Madrileño de Desarrollo (IMADE), organismo dependiente de la Comunidad de Madrid, en las proximidades de la Residencia de Ancianos Ntra. Sra. del Carmen en la carretera de Colmenar, junto a la Universidad Autónoma de Madrid. Todos ellos han permitido por un lado la confirmación la existencia del yacimiento geotérmico en la zona norte de la cuenca de Madrid y por otro las características detalladas de este almacén de baja temperatura.

En diciembre de 2006 Petratherm España S.L. solicita un permiso de exploración geotérmica al norte de la comunidad de Madrid en cuyo perímetro se circunscriben los sondeos de investigación geotérmicos descritos en los párrafos anteriores. En Noviembre de 2007 la Dirección general de Industria de la comunidad de Madrid otorga el permiso de exploración a Petratherm que está desarrollando dos diferentes líneas de trabajo dentro del área del permiso:

Por un lado el estudio de viabilidad técnico-económica para el desarrollo de una red de distrito geotérmica que aprovecharía el recurso somero de baja temperatura.

Por otro la modelización estructural de la cuenca de Madrid con el objetivo de definir las aéreas de mejor potencial para desarrollar un sondeo geotérmico que defina el potencial real del almacén geotermal más profundo, bien como un sistema geotérmico estimulado (EGS) bien como un sistema geotérmico asociado a sedimentos profundos; susceptible de ser utilizado para generar energía eléctrica.

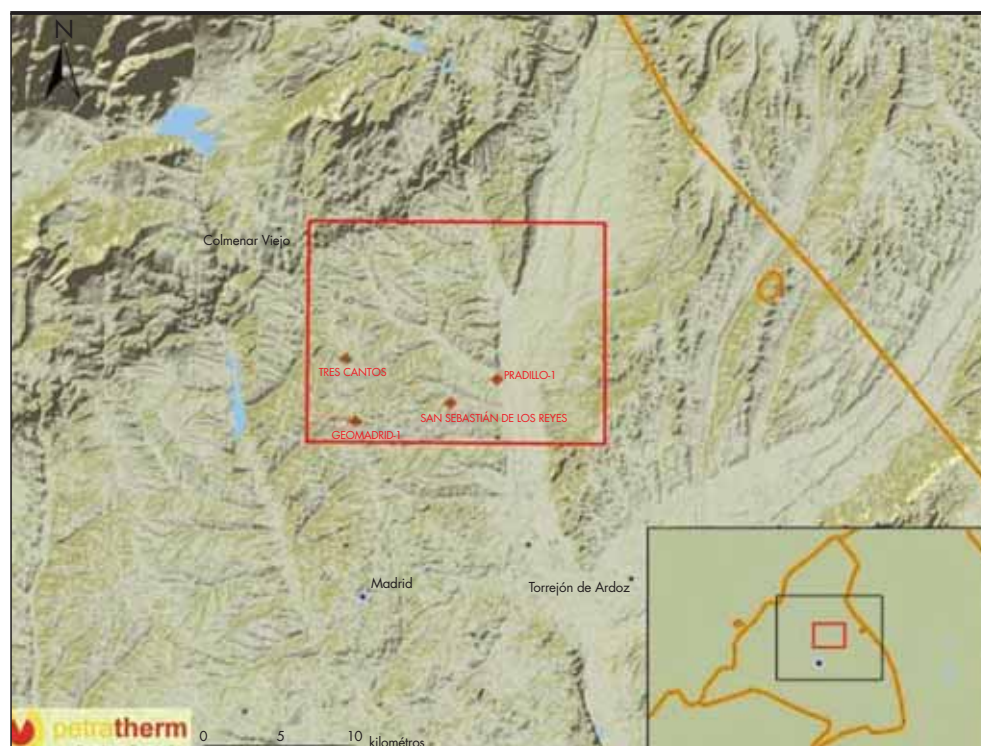
## 2. ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA CUENCA DE MADRID

La Cuenca de Madrid es una depresión de morfología triangular que se encuentra en la parte norte de la cuenca hidrográfica del Tajo, limitada por el Sistema Central al norte, la Sierra de Altomira al este y los Montes de Toledo al sur (Figura 2).

Geológicamente es una cubeta sinclinal-monoclinal de dirección NE-SW en la que se han acumulado sedimentos continentales del Cretácico y Terciario, de gran potencia.

Estratigráficamente existe una clara diferenciación entre las zonas norte y sur de la cuenca, con dominio de las facies detríticas propias de borde, al norte, y facies evaporíticas al sur. La localización de este cambio de facies es variable con la profundidad. En los materiales más superficiales se produce justo al sur de la ciudad de Madrid, con paso de materiales arenosos a yesíferos. A niveles más profundos el tránsito ocurre de forma más irregular, dando lugar a una sobreposición de niveles detríticos (arenas o arcillas) y evaporíticos.

En el área norte, directamente sobre el basamento, se sitúan de forma discordante los materiales del Cretácico. Sobre él aparecen las formaciones terciarias de base, de edades Oligoceno o Eoceno, completadas por los depósitos del Mioceno



**FIGURA 1.** Situación de los sondeos geotérmicos dentro del Permiso de exploración Cayena del que es titular Petratherm España S.L.



FIGURA 2. Síntesis geológica Cuenca de Madrid modificado de Calvo et al (1989).

que se disponen de forma discordante en posición sub-horizontal. A continuación se describen los principales rasgos litológicos de cada una de estas formaciones:

- El **basamento** o zócalo de carácter impermeable en general está constituido por granitos y rocas metamórficas tipo pizarras cuarcíticas, micacitas y gneises, de Somosierra y Guadarrama. Su intensa fracturación se refleja en las fallas paralelas a los afloramientos cretácicos, que se traducen en una disposición en escalones del Cretácico en el borde de la cuenca. Los granitos y metagranitos de las series más evolucionadas presentan valores anómalos en elementos radiogénicos tales como uranio, torio y potasio que podrían estar actuando como verdaderos focos de calor en profundidad. Este basamento granítico fracturado se constituye en un entorno propicio para el desarrollo de sistemas geotérmicos estimulados (EGS).
- El **Cretácico** está representado por depósitos de calcarenitas, calizas, dolomías y margas de potencia variable entre los 100 y 250 metros que podrían en algunos casos y dependiendo de aspectos tales como grado de karstificación y fracturación constituirse en buenos almacenes geotérmicos por los caudales que podrían aportar al sistema geotérmico. El cretácico se sitúa en la zona norte de la cuenca de Madrid a más de 3.000m

de profundidad, donde ya se han definido temperaturas próximas a los 150°C y donde podríamos encontrar caudales superiores a los 80 l/s. Estos parámetros harían viable el desarrollo de sistemas geotérmicos asociados a sedimentos profundos para la generación de energía eléctrica.

- El **Terciario Inferior** está formado por depósitos lagunares donde predominan las litologías margosas y margocalizas, que alcanzan potencias comprendidas entre los 40 y los 200 metros.
- El **Paleógeno Superior - Neógeno** constituye la formación detrítica de la zona norte de la Cuenca de Madrid y tradicionalmente se divide en dos unidades de edad difícilmente diferenciable debido a su carácter continental y de litología similar.
  - La unidad detrítica inferior se encuentra, hacia los bordes de la cuenca, sobre el Terciario Inferior carbonato-evaporítico. Constituida de elementos aluviales conglomeráticos y areniscas que lateralmente se transforman en arenas y arcillas. Su potencia es muy variable y se le atribuye edad de Oligoceno Medio a Superior. Esta es la unidad sobre la que se encaja el reservorio geotérmico multicapa de muy baja temperatura (70-90°C) asociado a los niveles de arenas y areniscas intercalados entre niveles de arcillas.

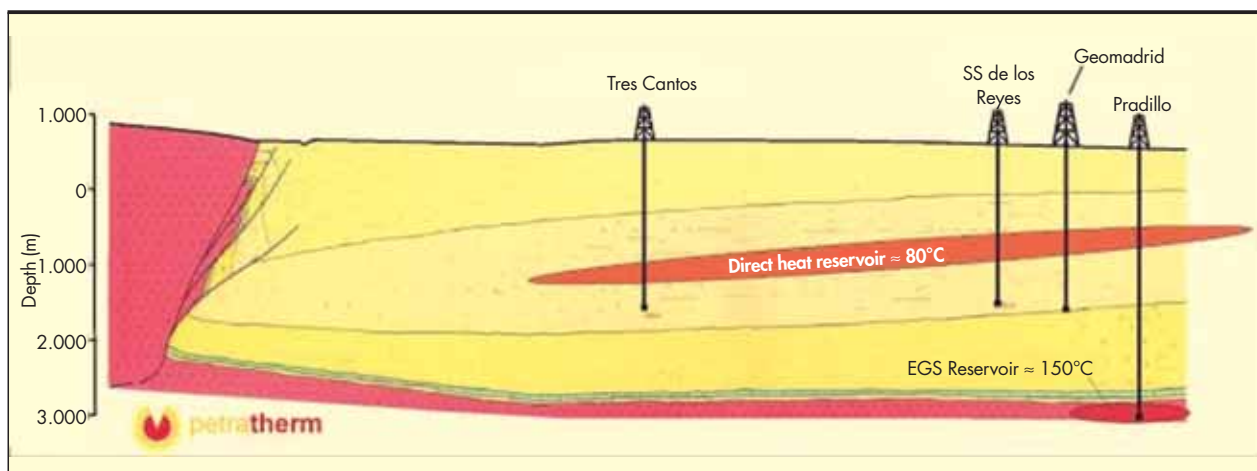


FIGURA 3. Corte geológico interpretativo de la Cuenca de Madrid. En rojo se muestra la posición de los diferentes almacenes geotérmicos. (Modificado del IGME).

- La unidad detrítica superior es reconocible en todo el límite próximo a la Sierra Norte. Litológicamente está formada por elementos detríticos, conglomerados y areniscas.

Hacia el sur de la cuenca el registro sedimentario Terciario sufre un notable cambio generalizado a facies evaporíticas con ausencia casi total de sedimentación clástica.

### 3. POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA ZONA NORTE DE MADRID

El volumen y calidad técnica de la información generada en el área norte de la comunidad de Madrid nos permite tener datos muy detallados para poder valorar en detalle el potencial del almacén geotérmico de baja temperatura encajado en los niveles permeables de arenas y areniscas terciarias localizados a profundidades que oscilan entre los 1.500 y los 2.000 m. También permite definir con bastante fiabilidad el potencial del posible almacén geotérmico situado en el límite Cretácico-basamento Hercínico, si bien en este caso aunque se confirmen las temperaturas por encima de 150°C quedaría por estudiar y definir los caudales de producción que podrían obtenerse de manera natural en los materiales cretácicos o de forma estimulada en el basamento granítico fracturado. (Ver figura 3).

#### 3.1. CONTINUIDAD Y POTENCIA DEL ALMACÉN DE BAJA TEMPERATURA

En términos generales puede decirse que el acuífero multicapa del paleógeno superior se halla presente en toda la Cuenca de Madrid. Sin embargo, su espesor es muy variable

desde los más de 600 metros en la zona más próxima a la Sierra hasta los 50 metros en las áreas al Sur de Madrid (Pinto, Arganda, etc.). La información de los cuatro sondeos geotérmicos profundos y los estudios de sismica de reflexión han permitido realizar una estimación precisa de las posibilidades y potencial geotérmico de la formación, que confirma la continuidad del almacén al menos dentro de un área de 50 Km<sup>2</sup> constituida por el límite de los sondeos, si bien entendemos que el área de influencia del almacén y por tanto su potencial geotérmico se extiende hacia el norte, este y oeste principalmente.

La potencia estimada para el tramo productivo de la formación en esta zona de 50km<sup>2</sup> (figura 5) está comprendida entre los 300 y los 600 metros, ENADIMSA (1983). Los datos de los límites litológicos de techo y muro reconocidos por estos sondeos se recogen en la tabla 1. La continuidad lateral y el rango de potencias confirmado permiten asignar una buena capacidad productiva.

#### 3.2. TEMPERATURA

Durante la perforación del sondeo petrolífero El Pradillo-1 se obtuvieron los primeros valores de temperatura en profundidad; dos medidas dentro del acuífero terciario detrítico (67°C a 1.500 m y 88°C a 1.750 m), ADARO (1981).

La perforación posterior de los otros tres sondeos profundos, permitió confirmar un nivel térmico superior a los 70°C dentro del área de estudio. Los datos de temperatura disponibles se recogen en la tabla 2. A partir de ellos se obtuvieron los valores del gradiente geotérmico en dos de los sondeos, con los siguientes resultados: en el sondeo Tres Cantos el gradiente

| SONDEO           | PROFUNDIDAD TECHO (m) | PROFUNDIDAD MURO (m) | POTENCIA RECONOCIDA (m) |
|------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| El Pradillo-1    | 1.210                 | 1.992                | 782                     |
| Tres Cantos      | 1.710                 | (2.417)              | 707                     |
| SS. de los Reyes | 1.537                 | (2.130)              | 593                     |
| GeoMadrid-1      | 1.585                 | (2.000)              | 415                     |

TABLA 1. Geometría del almacén geotermal de baja temperatura.

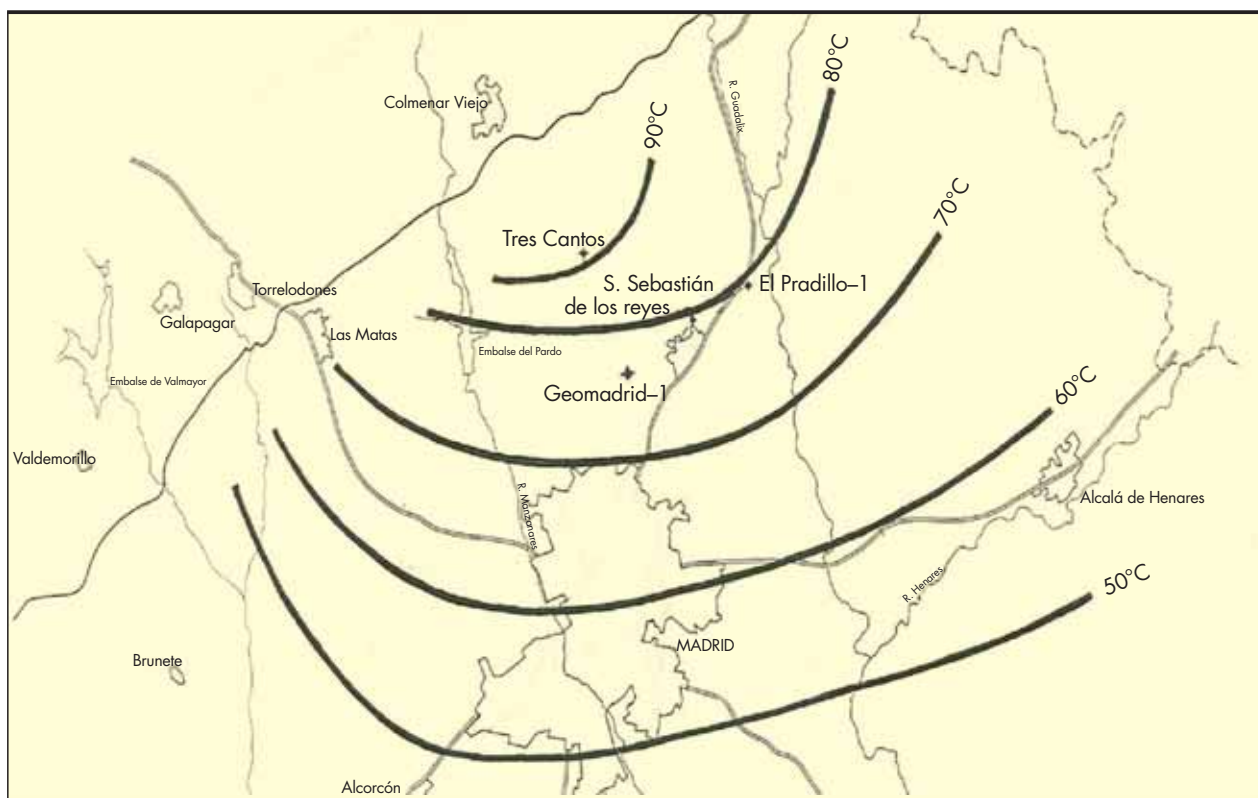


FIGURA 4. Isothermas dentro del almacén de baja temperatura definido en los materiales del paleógeno superior.

calculado es de 3,04°C por cada 100 metros de profundidad; en el sondeo San Sebastián de los Reyes la temperatura varía a razón de 3,25°C por cada 100 metros de profundidad. Ambos valores son muy similares y pueden considerarse correspondientes a un gradiente geotérmico normal, en cuencas sedimentarias.

### 3.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

Los sondeos que atraviesan la formación permeable en el área de estudio confirmaron buenas características hidráulicas. Sus completos programas de ensayos aportan datos estimables sobre la mayoría de los parámetros hidráulicos, permitiendo una

| SONDEO          | TEMPERATURA (°C) | PROFUNDIDAD DE LA MEDIDA (m) | OBSERVACIONES   |
|-----------------|------------------|------------------------------|---|
| El Pradillo-1   | 67               | 1.500                        |   |
|                 | 88               | 1.750                        |   |
| Tres Cantos     | 55               | 1.365                        | Medido con termómetro de máxima                         |
|                 | 82               | 2.071                        | Medido con termómetro de máxima                         |
|                 | 87               | 2.417                        | Medido con termómetro de máxima                         |
| SS.de los Reyes | 64               | 1.480                        | Durante testificación geofísica                         |
|                 | 77               | 1.520                        | Termómetro registrador kuster                           |
|                 | 85               | 1.817                        | Termómetro registrador kuster                           |
|                 | 81               | 2.130                        | Durante testificación geofísica                         |
| GeoMadrid-1     | 97               | 2.125                        | Termómetro registrador kuster                           |
|                 | 73,5             | 1.500                        | Estimadas por fluido geotérmico durante ensayo air-lift |

TABLA 2. Datos de temperaturas correspondientes al acuífero terciario detrítico en la zona norte de la Cuenca de Madrid.

| PARÁMETROS                                  |          | SONDEOS     |                    |                                 |                            |
|---|----------|-------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|
|   |          | Tres Cantos | SS.de los Reyes    | GeoMadrid-1                     | El Pradillo-1 <sup>1</sup> |
| Nivel piezométrico (msnm)                   |          | 550         | 565                | 575                             | 496                        |
| Espesor tramo productivo (m)                |          | ≈300        | 265                | ≈235                            | (295)                      |
| Capacidad específica (l/sm <sup>-1</sup> )  |          | 0,87        | 1,5                | 1,26                            |                            |
| Porosidad a partir de log (%)               | Promedio | 15          | 13                 | 10 <sup>2</sup>                 | 20                         |
|   | Máxima   | 20          | 20                 | 15 <sup>2</sup>                 | 30                         |
|   | Mínima   | 7           | 7,5                | 3 <sup>2</sup>                  | 15                         |
| Transmisividad (md.m)                       |          | 20.300      | 35.300             | 44.400                          | (46.600)                   |
| Permeabilidad media (md)                    |          | 88          | 447                | 453                             | (1.294)                    |
| Tramos más productivos (%Q <sub>TDI</sub> ) |          |             | 1.675–1.750 (>50%) | 1.8275–1.854 <sup>2</sup> (15%) | 1.595-1.825                |

**TABLA 3.** Parámetros hidráulicos medidos sobre el almacén terciario detrítico en la zona norte de la Cuenca de Madrid.

<sup>1</sup> Sondeo con fines no geotérmicos. Valores entre paréntesis considerados orientativos.

<sup>2</sup> Diagrafías y flowmeter realizados sobre sondeo entubado.

buena caracterización del acuífero (tabla 3). Los sondeos Tres Cantos, San Sebastián de los Reyes y GeoMadrid-1 tenían como objetivo ensayar el almacén geotérmico. Sin embargo, el sondeo El Pradillo-1 no fue perforado con fines geotérmicos, por lo que los resultados de sus ensayos hidráulicos se recogen solo a título orientativo. Ha de resaltarse, no obstante, que sus valores están en concordancia con los del resto de los sondeos. En todos ellos los datos de perforación, litológicos, digrafías, ensayos hidráulicos, etc., coinciden indicando la presencia de un reservorio geotérmico de gran productividad.

La potencia de los tramos de alta permeabilidad varía entre 250 y 300 metros aproximadamente. Son almacenes multicapa compuestos de series de arenas y areniscas con intercalaciones arcillosas. Estas secuencias están descritas en las columnas litológicas de los sondeos a partir de 1.500 metros de profundidad. La naturaleza detrítica del acuífero, formado por arenas y areniscas limpias en sus tramos permeables, establece un modelo de flujo a través de un medio de porosidad primaria (intergranular), en estas condiciones los valores de porosidad constituyen un excelente indicador del comportamiento hidráulico del acuífero. En general, la porosidad en el almacén nunca es inferior al 10-12%, a excepción de tramos con presencia de materiales evaporíticos (anhidrita o yeso).

En los cuatro sondeos se realizaron ensayos hidráulicos mediante pruebas de descenso y recuperación. Los resultados confirman la excelente productividad del almacén, en el que se midieron transmisividades comprendidas entre 20,3 Dm (Tres Cantos) y 44,4 Dm (GeoMadrid-1). Las permeabilidades medias inferidas varían entre los 88 md y los 453 md, obtenidas en los mismos sondeos. La capacidad específica del acuífero observada durante los bombeos de ensayo está comprendida entre 0,87 l/sm<sup>-1</sup> y 1,5 l/sm<sup>-1</sup>. El nivel piezométrico en el área de estudio se sitúa aproximadamente entre los 500 y los 570 m sobre el nivel del mar.

### 3.4. CALIDAD DE LAS AGUAS

Las variaciones de salinidad en el agua dentro del acuífero terciario detrítico fueron estudiadas principalmente me-

dante análisis cuantitativo de diagrafías. Los logs revelan distribuciones de salinidad con la profundidad muy parecidas en todos los sondeos, a excepción del sondeo Geomadrid-1, donde se observa la presencia de agua más dulce a profundidades similares. En general, la degradación de la calidad del agua es progresiva hasta los 900-1.000 metros, en donde los logs reflejan aumentos más bruscos de salinidad hasta valores aproximados de 10.000-15.000 ppm. A mayor profundidad se produce otro salto cuantitativo importante sobre los 2.000 metros de profundidad, en donde las salinidades superan fácilmente las 30.000 ppm. Los datos de salinidad obtenidos a partir de diagrafías se recogen en la tabla 4.

### 3.5. ESTIMACIÓN DEL RECURSO GEOTÉRMICO

En 2008, P. Ungemach et al., llevaron a cabo una primera tentativa al cálculo de los potenciales recursos geotérmicos que alberga la cuenca de Madrid; particularmente en su zona norte. Se han realizado dos estimaciones (Ver figura 5).

La primera considera un área de 150 km<sup>2</sup> que se circunscribe a la zona reconocida por sondeos descritos en los capítulos anteriores.

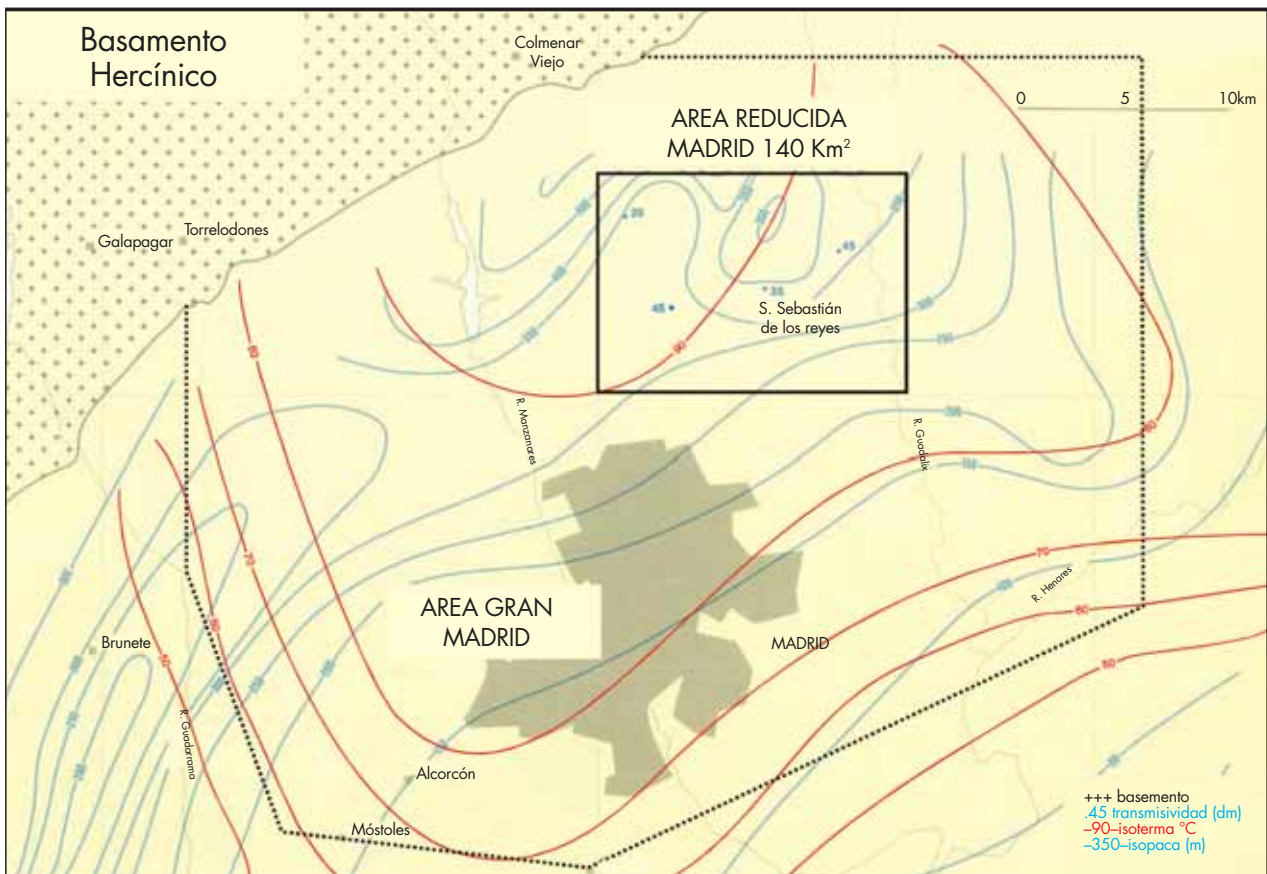
La segunda contempla un área más amplia, de 1.400 Km<sup>2</sup> sin una información tan detallada como la que se encuentra en los sondeos pero que se circunscribe a un entorno geológico similar donde se esperan obtener resultados de temperatura flujo térmico, caudales, etc similares a los encontrados en los sondeos ejecutados hasta ahora.

El potencial geotérmico profundo ha sido evaluado por debajo de los 1000 mts y hasta profundidades de 5 kilómetros, estimándose tanto los recursos de baja temperatura susceptibles de ser aprovechados para usos térmicos, como los de media temperatura que podrían tener doble aplicación; la generación de energía eléctrica y los usos térmicos (ver tabla 5).

Según estos cálculos se estima que el recurso geotérmico profundo potencialmente explotable en la zona norte de la cuenca de Madrid es de unos 22.000 Petajulios lo que correspondería aproximadamente a 20 veces el consumo anual de toda la energía eléctrica de España.

| SONDEO          | SALINIDAD (ppm) | PROFUNDIDAD (m) |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tres Cantos     | 12.000          | 1.550           |
|                 | 13.000          | 1.680           |
|                 | 14.000          | 1.815           |
|                 | 40.000          | 20.25           |
|                 | 50.000          | 2.200           |
|                 | 96.000          | 2.370           |
| SS.de los Reyes | 4.000           | 1.600           |
|                 | 7.500           | 1.750           |
|                 | 12.000          | 1.850           |
|                 | 28.000          | 2.000           |
|                 | 30.000          | 2.100           |
| El Pradillo-1   | 42.000          | 1.800           |

**TABLA 4.** Datos de salinidad del agua de formación a partir de digrafiás en el acuífero terciario detrítico (zona norte Cuenca de Madrid).



**FIGURA 5.** Recursos Geotérmicos en la Cuenca de Madrid. Localización de las áreas objeto del estudio y características del almacén detrítico terciario (Adaptado del Atlas geotérmico Europeo).

| ZONA   | Area<br>(Grand Madrid)       | Area restringida<br>(NE Madrid) |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| AREA (km <sup>2</sup> )  | 1.400                        | 150                             |
| VOLUMEN 5 km profundidad (km <sup>3</sup> )  | 7.000                        | 750                             |
| Densidad de Flujo térmico (Wm <sup>-2</sup> )  | 9 10 <sup>-2</sup>           | 9 10 <sup>-2</sup>              |
| Temperatura (°C)<br>2.500 m<br>5.000 m   | 80-100<br>160-180            | 80-100<br>160-180               |
| ACCESSIBLE RESOURCE BASE (ARB) 5 km 10 <sup>19</sup> J   | 560                          | 6.2                             |
| HEAT RESUPPLY<br>Power (MWt)<br>Energy (GWht/yr)   | 126<br>1130                  | 13.5<br>104                     |
| HEAT IN PLACE (HIP) (1018 J) Calor Almacenado<br>Deep GTH<br>Ultra-deep GTH  | 27<br>115                    | 3.1<br>13.1                     |
| TOTAL  | 152 10 <sup>18</sup> J       | 16.32 10 <sup>18</sup> J        |
| Calor extraíble.- RECOVERABLE HEAT (RCH) para 75 años<br>produccion.<br>Deep GTH (1018 J<br>Ultra-deep GTH (1018 J)) | 9.5<br>5.8                   | 1.1<br>0.7                      |
| TOTAL  | 15.3/22.6 10 <sup>18</sup> J | 1,8 10 <sup>18</sup> J          |
| Calor explotable EXPLOITABLE HEAT (AND POWER) OVER<br>75 yrs<br>Deep GTH (1017 J)<br>Ultra-deep GTH CHP (1017 J)     | 4.4<br>1.2                   | 1.1<br>0.3                      |
| TOTAL  | 5.6 10 <sup>17</sup> J       | 1.4 10 <sup>17</sup> J          |

TABLA 5. Resumen Estimación de recursos (extraído de Ungemach et al. 2008).

#### 4. REFERENCIAS

IGME (1979) "Estudio de los Materiales de la Cuenca de Madrid Susceptibles de constituir Acuíferos Profundos Capaces de ser Soporte de Energía Geotérmica de Baja Entalpia". Plan Nacional de Investigación Geológico Minera de recursos Energéticos.

ADARO (1981) "Estudio Geotérmico Cuenca de Madrid, Sonda Pradillo 1" Estudio para el Plan Energético Nacional.

ENADIMSA. (1983) "Evaluación de Recursos Geotérmicos en la Cuenca de Madrid" Estudio para El plan energético Nacional".

ANTICS, M. SANNER, B (2007) "Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe" Proceedings European

Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany, 30 May-1 June (2007).

SANCHEZ GUZMÁN J. (2007) "Síntesis de datos Geotérmicos del Yacimiento Detrítico-Terciario de la Cuenca de Madrid", informe interno realizado para Petratherm España S.L.

SANCHEZ GUZMÁN J. (2007) "Exploración geotérmica en la Cuenca de Madrid", Jornada sobre energía geotérmica. 7 de noviembre de 2007. Dirección General de Industria, Energía y Minas. COMUNIDAD DE MADRID.

UNGEMACH, P., and M. ANTICS, M. (2006). "Geothermal Reservoir Management – a Thirty Year Practice in the Paris Basin." ENGINE Lauching Conference, Orléans, France.