

EL RIO MANZANARES Y MADRID

Por JOAQUIN GAVALA RUIZ
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presenta el autor un interesante y documentado estudio de las posibilidades de regulación de nuestro río, que le permite llegar a conclusiones muy halagüeñas con su triple fin, de colaborar al abastecimiento de agua de los pueblos de la Sierra de Guadarrama y al de Madrid, y reservar diez y siete millones de metros cúbicos para desembalsar en cuatro o seis meses de estiaje.

A propósito de la debatida cuestión de curar el Río Manzanares a su paso por Madrid, y con ánimo de interferir los estudios que actualmente realiza Canalización, estimamos interesante hacer un breve repaso de las posibilidades hidráulicas de nuestro entrañable aprendiz.

En marzo de 1961, como consecuencia de la reclamación de "Hidráulica de Santillana", presentada en la información pública del primitivo Plan General de Abastecimiento de Agua a los núcleos urbanos comprendidos entre Madrid y la Sierra de Guadarrama", redactamos una propuesta de modificación del Plan, en la que se incluía un pequeño estudio sobre la posibilidad de aunar ambos intereses, y al mismo tiempo abrimos el camino de la regulación de la cuenca media con vistas a obtener un aumento del caudal de estiaje.

Nuevamente volvimos sobre el tema en un informe sobre "Regulación Integral del Río Jarama", elevado a la Superioridad en 1964, para paliar las continuas inundaciones que durante tres años padecían las maravillosas vegas de Aranda, San Martín de la Vega, Ciempozuelos, Seseña y Aranjuez. En este informe se estudiaban todos los afluentes del Jarama, y se proponían algunas soluciones para mejorar los antiguos planes existentes sobre el Tajuña, Cañamares, Sorbe y Lozoya. Tenemos la satisfacción de ver en plena actividad la construcción de la presa de Pinilla, y en avanzado estudio el embalse de Cantalojas, en los dos últimos ríos citados, y que se dedican fundamentalmente al abastecimiento de Madrid.

Vamos a centrar ahora nuestra atención en el afluente del Jarama, quizá más importante para la capital de España, aunque no lo sea en cuanto a capacidad hidrológica.

La Cuenca del Manzanares.

Esta cuenca hidrográfica tiene una extensión total de 1.244 Km.², con figura casi rectangular de 65 × 19 Km., orientado al lado mayor en la dirección N-S. La configuración es muy parecida a la del río Guadarrama, su vecino occidental, y del que hemos realizado recientemente un estudio similar a éste.

La cabecera del Manzanares está circundada por las mayores alturas de la Sierra de Guadarrama, como son La Bola del Mundo (2.263 metros), La Maliciosa (2.227 m.), Valdemarín (2.278 m.), Cabeza de Hierro (2.383 m.) y La Najarra (2.106 m.). Esta cadena de picos constituyen la divisoria con el río Lozoya. La separación con los ríos vecinos, Guadarrama por el Oeste y Guadalix y Jarama por el Este, está formada por alturas de menor cuantía, como La Pedriza de Villalba-Torrelodones y el Cerro de San Pedro, cuando no por suaves altiplanicies que apenas permiten distinguir de una manera concreta los límites de unos y otros.

Geológicamente considerada es también similar a la del Guadarrama: el tercio septentrional es de constitución granítica y el resto de la cuenca perteneciente al mioceno, arenoso en el tercio medio y con predominio de yeso desde Madrid hacia el Sur.

El cauce del Manzanares tiene una longitud de 92 Km., de los que corresponden 16 al tramo de alta montaña, que termina en Manzanares el Real, 8 a la primera meseta que ofrece el magnífico emplazamiento de Santillana, 12 que necesita para atravesar el gran escalón granítico limitado por la línea Torrelodones-Colmenar Viejo y 56 al discurrir por la meseta miocena.

Al final del primer tramo se unen los tres brazos que forman la cabecera: el Río Navacerrada, el Manzanares y el Arroyo Mediano, con cuencas receptoras parciales de 95, 57 y 90 Km.², respectivamente, que totalizan los 242 Km.² que domina la presa de Santillana. Desde este punto hasta el final del granito aumenta la cuenca en 108 Km.², y antes de llegar a Madrid recibe los tres afluentes principales del tercio medio: los Arroyos Tejada, Manina y Trofas, cuyos cauces atraviesan también terrenos graníticos de apreciable interés hidrológico. En el perfil longitudinal del río se han registrado todas las superficies parciales y acumuladas desde la cabecera hasta la confluencia con el Jarama. He aquí el resumen general:

Secciones de la cuenca	Superficies en Km. ²
Hasta Santillana	242
De Santillana a La Marmota	108
De La Marmota a El Pardo	175
De El Pardo a Puerta de Hierro ...	211
De Puerta de Hierro al Jarama	508
TOTAL	1.244

De esta superficie hay posibilidad de regular con toda garantía 349 Km.² del río principal y 78 Km.² de las cabeceras de los Arroyos Tejada, Jarandillo, Manina y Trofas. De forma muy problemática 98 Km.² más (hasta El Pardo), y sin posibilidad de regulación restan 719 Km.², que representa el 58 por 100 del total. Ahora bien, esta cuenca baja no tiene interés bajo ningún aspecto, ya que su aportación hidráulica es muy reducida y no tiene aplicación para ninguno de los dos fines principales de la regulación: el abastecimiento de Madrid y el paso decoroso del río a través de la capital.

Emplazamientos para efectuar la regulación.

Analicemos cada uno de los cauces del río principal y sus afluentes.

RÍO MANZANARES.

La Pedriza.

En el tramo de alta montaña, a la cota 1.000, existe una buena cerrada llamada de Quebrantaherraduras o La Pedriza, que domina 48 Km.²

de cuenca de primerísima calidad. Permite construir una presa de unos 70 m. de altura, pero la pendiente del río es tan exagerada que con ello sólo se conseguiría un embalse de 28,5 Hm.³ Hidráulica de Santillana tuvo solicitada la concesión hacia 1916, porque podía establecerse un salto de 125 m. hasta la cola de Santillana, con un caudal de 1 m.³/seg.; pero hoy día estos pequeños aprovechamientos han perdido todo interés, pues son verdaderos pigmeos al lado de otros como Valdecañas, pongamos por ejemplo.

Santillana.

El mejor emplazamiento de toda la cuenca es el conocido de Santillana, situado en la cota 869. La presa actual, de 24 m. de altura, forma un embalse de 45,5 Hm.³. La calidad del vaso es tal que con un recrecimiento de 11 m. podría conseguirse un embalse de 162 Hm.³. Pero no es de la misma calidad la cerrada, puesto que para alcanzar dicha altura la longitud de la coronación es nada menos que de 1.800 m. De todas formas, es conveniente al menos un recrecimiento parcial para llegar siquiera a 100 Hm.³.

Colmenar.

Dentro del gran escalón granítico existen dos remansos, como puede verse en el perfil longitudinal. El primero termina en el puente de la carretera de Torrelodones a Colmenar Viejo, y en este punto, cota 755, existe una buena cerrada. La topografía de la margen izquierda limita la altura a 69 m., y el máximo embalse a 55,5 Hm.³. A expensas de inundar parte del Salto de Navallar, que podría compensarse con otro de pie de presa, puede constituir un buen complemento de Santillana si no pudiera alcanzarse económicamente en éste la regulación total. Además, en Colmenar la cuenca receptora tiene un incremento de 89 Km.², por la afluencia del Arroyo de Navahuerta, con lo que podría aumentar el volumen anual destinado al abastecimiento de Madrid.

Marmota.

En el último tramo del escalón granítico, entre las cotas 687 y 645, existen tres magníficas cerradas, las mejores sin duda alguna de toda la cuenca, y que denominaremos Peñalvento, Las

Carrizosas y Los Batanes, nombres de los pro-
mentorios álcdaños. La primera es la más fa-
vorable por todos conceptos, ya que se consigue
el mayor embalse a igualdad de altura, y con
volumen de presa inferior. La tercera le sigue
en méritos, desde el punto de vista de cerra-
da, pero no así en cuanto a embalse. Sin embar-
go, hay una circunstancia que puede ser deci-
siva en la elección: el canal del abastecimiento
de Madrid merodea estos emplazamientos a la
cota 760, lo que limita la altura de los dos pri-
meros, pero no al tercero, en que sólo se alcan-
zaria el canal con una presa de 115 m., muy su-
perior a las necesidades. Por consiguiente, la
elección deberá hacerse entre Peñalvento y Los
Batanes.

El Pardo.

En el "Proyecto de encauzamiento del Río
Manzanares, trozo 2.º", redactado por el Inge-
niero de Caminos D. Longinos Luengo Herrero,
gran conocedor de este tema, se proponía la
construcción de una presa de embalse en las in-
mediaciones del puente de la carretera, toda-
va en construcción, de El Pardo a Navacerrada.
Con una altura de 24 m., se obtiene un embalse
de 54 Hm.³, y con 30 m. de 100 Hm.³, es decir,
que podría regularse toda la cuenca del Manza-
nares en un solo punto. Si este emplazamiento
estuviese todavía en terreno granítico el proble-
ma quedaría resuelto; pero desgraciadamente,
tanto la cerrada como el vaso, se encuentran en
el mioceno arenoso, y habría que conseguir una
impermeabilización completa en cimientos y es-
tribos, que estimamos habrá de ser costosísima.
Aparte de que lo deleznable de los terrenos
inundados producirían un rápido aterramiento
del embalse. Solamente después de un minucio-
so reconocimiento con sondeos y pruebas de ad-
misión de agua podría aceptarse esta solución.
La diferencia de cuenca receptora desde La Mar-
mota hasta El Pardo es de 176 Km.², con apor-
taciones muy bajas, por lo que quizá conviniera
pensar en esta presa para regulación de aguas
invernales de la cuenca baja. A este fin sería
suficiente un embalse mucho menor, que podría
construirse con mayores garantías.

Río NAVACERRADA.

Navacerrada.

En la cabecera de este río, entre los pueblos

de Becerril y el que da nombre a la presa, se
está construyendo por la Junta de Abasteci-
miento de agua a los pueblos de la sierra de
Guadarrama un embalse de 11 Hm.³. Es una so-
lución cara, pero imprescindible para ese Plan,
ya que es necesario alcanzar cotas muy altas
en los orígenes de las conducciones generales.
Este embalse, que en parte se llena con aguas
procedentes de la cabecera del Guadarrama,
producirá, como máximo, una disminución
de 10 Hm.³ en años medios o lluviosos y
de 6 Hm.³ en años secos en las aportaciones que
se destinan a Madrid. Es en cambio posible que
puedan transvasarse mayores volúmenes del
Guadarrama reduciéndose bastante dichas sus-
tracciones.

El Boalo.

Tres kilómetros aguas arriba de la cola de
Santillana, y a la cota 903, existe una cerrada
de aceptable calidad topográfica, respaldada por
un amplio vaso, que no tiene otra limitación que
el pueblo de El Boalo, cuyas edificaciones más
bajas se encuentran a la cota 938. Con una al-
tura de embalse de 35 m., se obtiene un vo-
lumen de 66 Hm.³, superior a la aportación de
años lluviosos de su cuenca. Constituye, como
Colmenar, otra posibilidad de regulación inter-
anual caso de ofrecer dificultades el recrecimen-
to total de Santillana.

ARROYO MEDIANO.

El tercer brazo que forma la cabecera del
Manzanares no tiene en toda su amplia cuenca
ningún emplazamiento apto para construcción
de una presa de embalse.

ARROYO TEJADA.

Al comienzo del escalón granítico, cota 830,
existe un emplazamiento aceptable, pero la pe-
queña cuenca que domina no compensa un gas-
to elevado. Sin embargo, es muy interesante
otro cierre inferior, cota 760, no para establecer
un embalse de regulación pero sí para derivar
los caudales del arroyo hacia cualquiera de los
embalses de Marmota, aumentando el rendi-
miento de éstos.

ARROYO MANINA.

Ocurre otro tanto que en el anterior. En la

cota 752 se nos ofrece un buen cierre para regular crecidas y trasvasar las aguas a Marmota.

ARROYO DE TROFAS.

Como en los anteriores, se puede preparar el transvase con una pequeña presa en la cota 797.

Con el trasvase de las cabeceras de estos tres arroyos, incrementado con la de Jaramillo que se capta al paso, se incrementa la cuenca receptora de Marmota en 78 Km.², es decir, casi otro tanto como la suya propia, lo que es de capital importancia si se llega a la regulación total en Santillana.

Pasada revista a todos los emplazamientos de la cuenca en que se pueden establecer presas de embalse o de derivación, trataremos de deducir las disponibilidades hidráulicas en cada uno de ellos.

Aportaciones.

Disponemos de tres estaciones de aforos en la Cuenca del Manzanares: Navacerrada, Santillana y Bombilla. Solamente la segunda puede ofrecernos datos con garantía, pues funciona desde 1927, y las medidas están tomadas por alturas de embalse y desagües bien aforados. La de Navacerrada, de gran precisión al estar constituida por doble vertedero en pared delgada, tiene solamente un año de vida. La de Bombilla

no tiene garantía ninguna, como lo prueba el hecho de que en algunos años la aportación oficial ha sido menor que la de Santillana, después de descontar el volumen derivado hacia el abastecimiento de Madrid, a pesar de que su cuenca receptora es tres veces mayor que aquella. No es de extrañar si se tiene en cuenta que no es de sistema vertedero, sino simplemente un tramo de río con lecho de arenas de varios metros de espesor calibrado con escala.

Por consiguiente, tomamos como base del cálculo los datos de treinta y ocho años de aforos de Santillana. En nuestro reciente estudio sobre el Guadarrama se dedujo que la aportación media en dicho período fue de 107 hectómetros cúbicos, pero rectificada por comparación con la del mismo período en Puentes Viejas (Río Lozoya), de la que se tienen datos de sesenta y seis años, debía tomarse como media real del Manzanares en Santillana la cifra de 113 Hm.³. La aportación media de años secos (años de aportación inferior al 75 por 100 de la media) es de 53,9 Hm.³ y la de años lluviosos (años de aportación superior al 125 por 100 de la media) de 162,7 Hm.³.

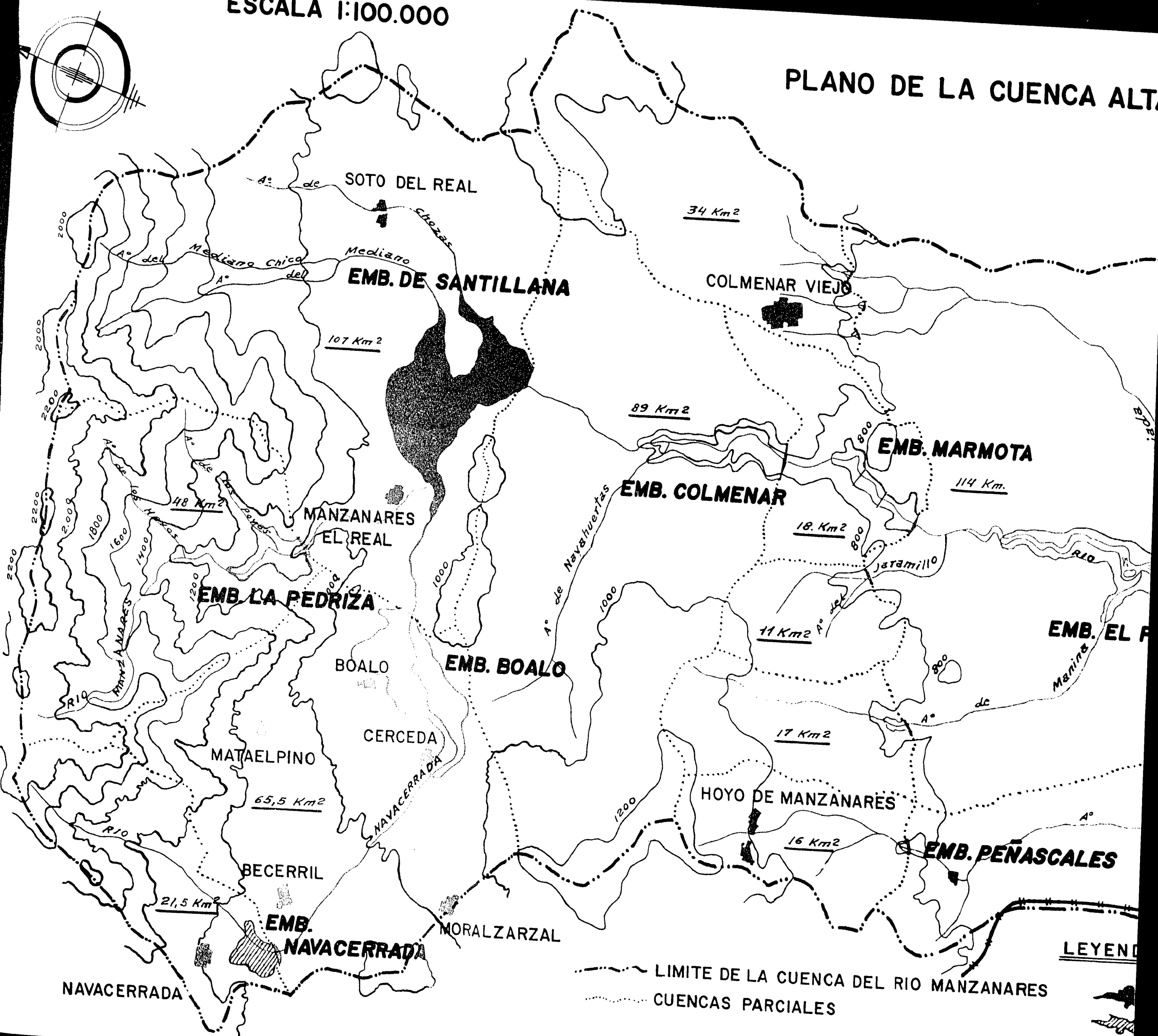
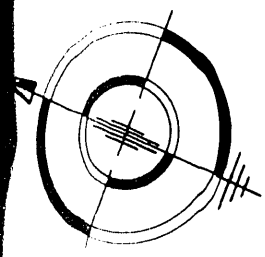
Para calcular las aportaciones medias de años medios, secos y lluviosos en los otros emplazamientos, seguimos el mismo método teórico empleado en el ya citado estudio del Guadarrama. Se superfician en cada cuenca las parciales correspondientes a altitudes de 200 en 200 metros formándose el cuadro número 1.

CUADRO NÚM. 1. — Superficies de cuenca en kilómetros cuadrados.

Altitudes en metros	Navacerrada	El Boalo	La Pedriza	Santillana	Colmenar	Marmota	Trasvases de arroyos Tejada, Jaramillo, Manina y Trofas.	El Pardo	Puerta de Hierro
600 a 800 ...	—	—	—	—	2,0	10,0	3,0	123,0	315,0
800 a 1 000 ...	—	27,0	—	86,0	138,0	148,0	56,0	198,0	211,0
1 000 a 1 200 ...	3,4	30,0	6,0	56,4	88,4	88,4	17,0	100,4	105,4
1 200 a 1 400 ...	6,0	12,0	8,0	29,6	32,6	32,6	2,0	33,6	34,6
1 400 a 1 600 ...	4,4	8,0	8,0	23,7	23,7	23,7	—	23,7	23,7
1 600 a 1 800 ...	3,5	5,0	8,0	17,5	17,5	17,5	—	17,5	17,5
1 800 a 2 000 ...	2,2	3,0	8,0	15,6	15,6	15,6	—	15,6	15,6
Más de 2 000 ...	2,0	2,0	10,0	13,2	13,2	13,2	—	13,2	13,2
TOTALES	21,5	87,0	48,0	242,0	331,0	349,0	78,0	525,0	736,0

ESCALA 1:100.000

PLANO DE LA CUENCA ALTA



NAVACERRADA

EMB. NAVACERRADA

MORALZARZAL

BECERRIL

MATAELPINO

65,5 Km²

CERCEDA

BOALO

EMB. BOALO

EMB. LA PEDRIZA

MANZANARES
EL REAL

48 Km²

EMB. COLMENAR

89 Km²

EMB. MARMOTA

114 Km²

COLMENAR VIEJO

34 Km²

SOTO DEL REAL

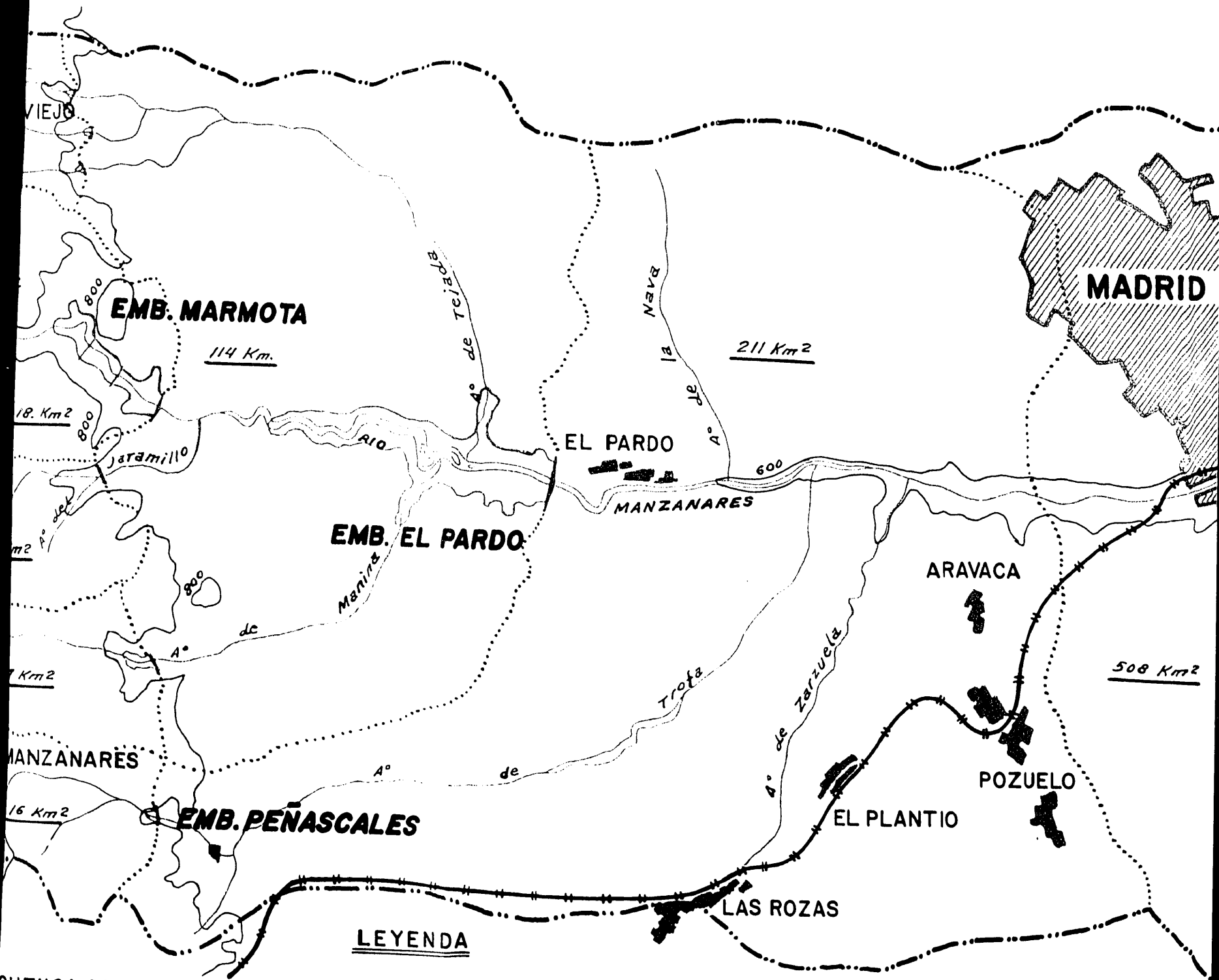
EMB. DE SANTILLANA

107 Km²




--- LIMITE DE LA CUENCA DEL RIO MANZANARES
..... CUENCAS PARCIALES

LEYENDA

ANO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO MANZANARES



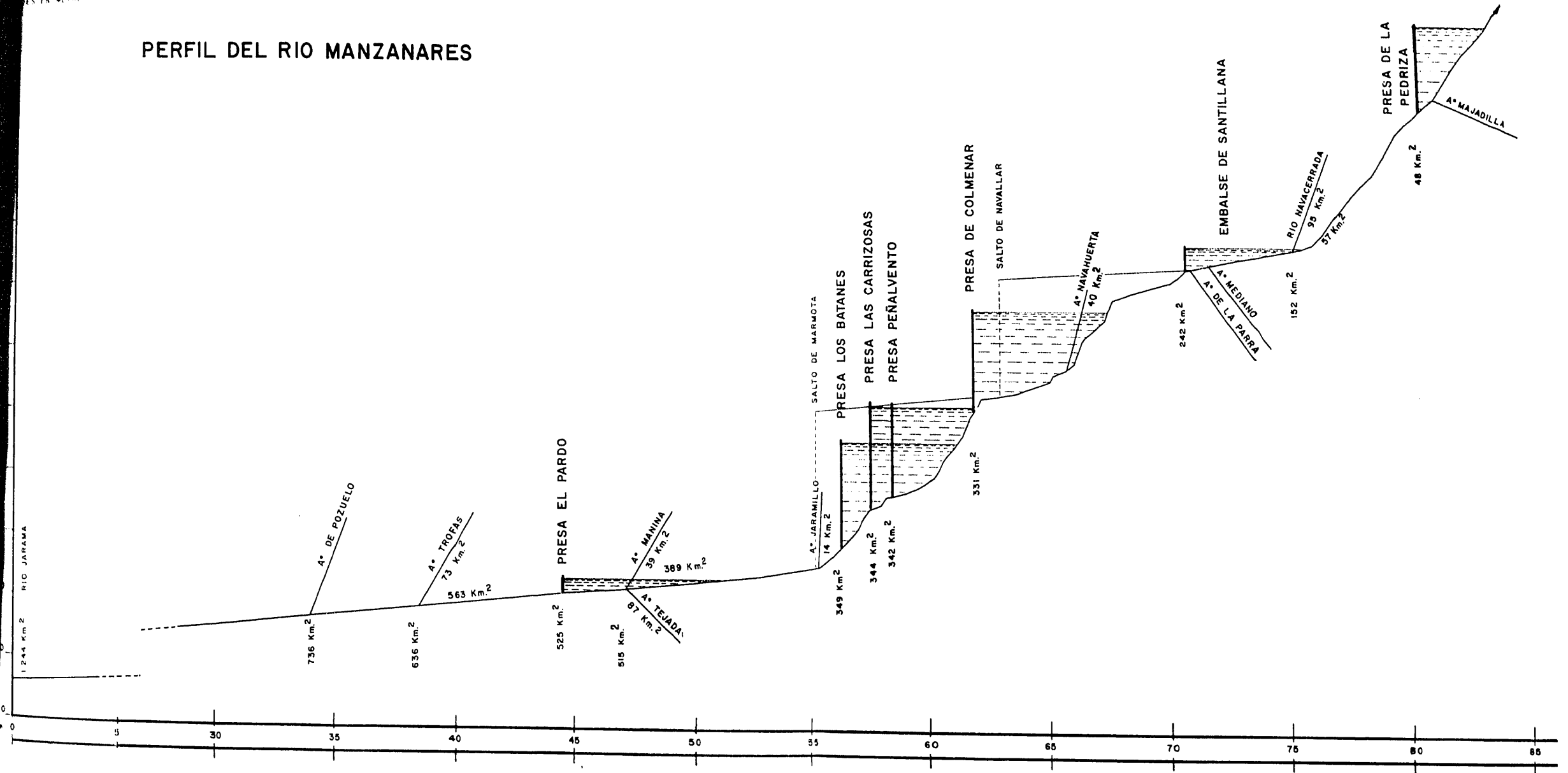
LEYENDA

-  EMBALSES CONSTRUIDOS
-  EMBALSES EN CONSTRUCCION
-  EMBALSES ESTUDIADOS

CUENCA DEL RIO MANZANARES
CIALES

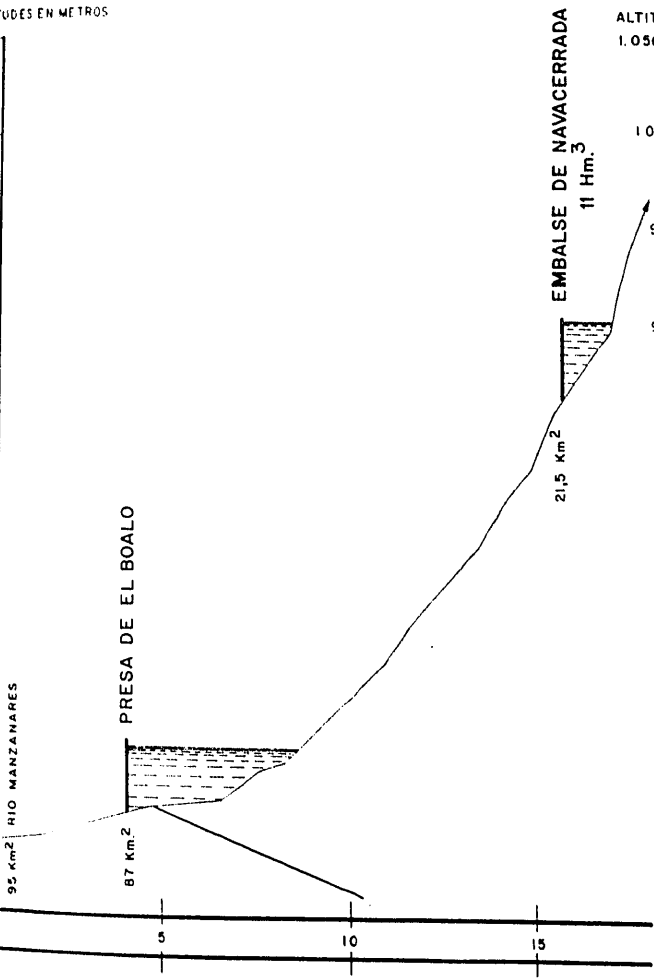
ES EN METROS

PERFIL DEL RIO MANZANARES

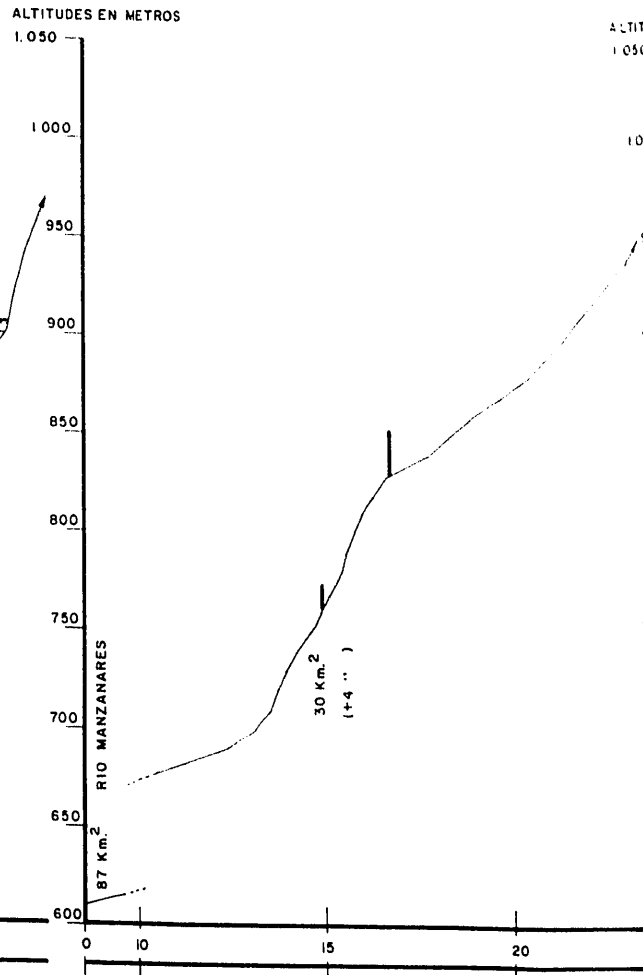


PERFILES LONGITUDINALES DE LOS AFLUENTES

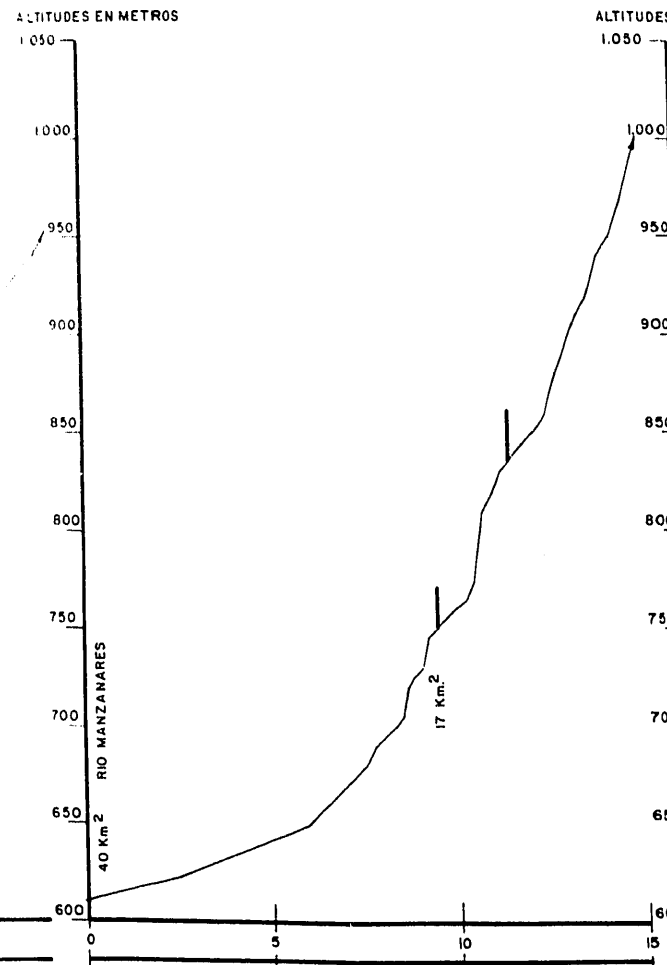
RIO NAVACERRADA



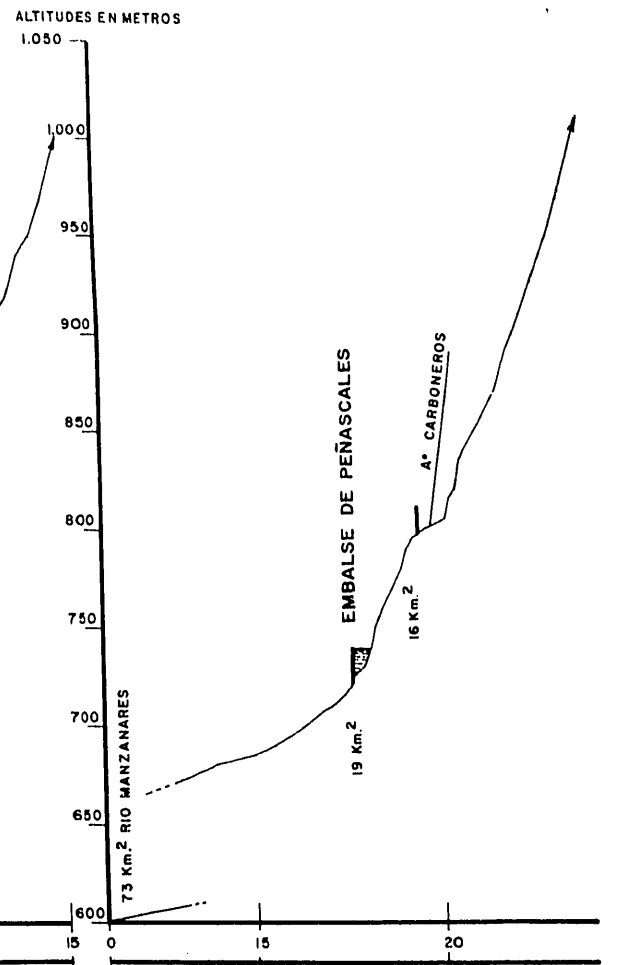
ARROYO TEJADA



ARROYO MANINA



ARROYO DE TROFAS



Con los abundantes datos pluviométricos y pluviométricos existentes dentro de la cuenca del Manzanares se pueden establecer las siguientes escalas de precipitación anual media según altitudes:

Zona de cabecera (Hasta Santillana).

Altitudes Metros	Precipitación media anual mm.
Más de 2 000	1 400
De 2 000 a 1 800	1 300
De 1 800 a 1 600	1 200
De 1 600 a 1 400	1 100
De 1 400 a 1 200	1 000
De 1 200 a 1 000	900
De 1 000 a 800	800

Zona intermedia (De Santillana a Madrid).

Altitudes Metros	Precipitación media anual mm.
De 1 400 a 1 200	900
De 1 200 a 1 000	700
De 1 000 a 800	600
De 800 a 600	500

La escorrentía se obtiene por la fórmula de $e = C \cdot P$, adoptando coeficientes proporcionales a la precipitación y adecuados al tipo de terreno de las cuencas. Hacemos variar C desde 0,019 para precipitaciones de 1 400 milímetros en terrenos graníticos hasta 0,010 para precipitaciones de 500 mm. y terrenos con predominio del mioceno.

Con estas bases se obtienen las aportaciones medias en todos los emplazamientos. Para determinar las medias de años secos y lluviosos, preferenciamos, en primer lugar, las precipitaciones que son predominantemente de nieve (por encima de 1.600 m. de altitud) de las que son de lluvia, aceptando las siguientes proporciones obtenidas de datos reales:

$$\frac{\text{Lluvia año seco}}{\text{Lluvia año medio}} = 0,53$$

$$\frac{\text{Nieve año seco}}{\text{Nieve año medio}} = 0,75$$

$$\frac{\text{Lluvia año lluvioso}}{\text{Lluvia año medio}} = 1,30$$

$$\frac{\text{Nieve año lluvioso}}{\text{Nieve año medio}} = 1,22$$

Y en consecuencia, las aportaciones por lluvia (A_1) y nieve (A_2) en los años secos y lluviosos en relación con las del año medio serán:

$$As_1 = Am_1 \times 0,53^{3/2} = 0,38 Am_1$$

$$As_2 = Am_2 \times 0,75^{3/2} = 0,65 Am_2$$

$$All_1 = Am_1 \times 1,30^{3/2} = 1,50 Am_1$$

$$All_2 = Am_2 \times 1,22^{3/2} = 1,35 Am_2$$

Calculadas por el método teórico las aportaciones en Santillana se obtienen los siguientes resultados:

$$Am = 112,0 \text{ Hm.}^3$$

$$As = 53,0 \text{ »}$$

$$All = 162,5 \text{ »}$$

totalmente ajustadas a las reales comprobadas por aforos directos.

En las cuencas de menor superficie que la que nos sirve de patrón (Santillana, 242 Km.²), para tener en cuenta la mayor irregularidad que se presenta en los años lluviosos y secos respecto al medio, se corrigen los coeficientes de aportación debida a lluvia con el porcentaje resultante de dividir la aportación media por lluvia de la cuenca patrón por la de la cuenca estudiada.

En el cuadro número 2 se recogen los resultados obtenidos por el método teórico, y que nos revelan las aportaciones disponibles en cada emplazamiento.

Según estos resultados, si se lograra alcanzar, mediante los embalses oportunos, la regulación total hasta El Pardo, y teniendo en cuenta la derivación desde Navacerrada para el Plan de Abastecimiento de la Sierra de 10 Hm.³, podría destinarse al abastecimiento de Madrid un volumen anual de 114 Hm.³, y al Servicio de Canalización del Manzanares 36 Hm.³ más los caudales de invierno de la cuenca baja que no pueden regularse a partir de la presa de El Pardo, y que suponen una aportación media de 25 hectómetros cúbicos.

CUADRO NÚM. 2. — Aportaciones en los diferentes emplazamientos.

Aportaciones	Navacerrada 21,5 Km. ²	El Boalo 87 Km. ²	La Pedriza 48 Km. ²	Santillana 242 Km. ²	Colmenar 351 Km. ²	Marmota 319 Km. ²	Trasvase de arroyos 78 Km. ²	El Pardo 525 Km. ²	Puerta de Hierro 736 Km. ²
Am	12,7	37,4	33,0	112,0	142,0	127,2	14,0	146,5	171,7
As	6,3	16,1	18,1	53,0	56,6	58,7	5,0	66,0	75,6
All	18,6	56,1	47,2	162,5	180,0	185,0	22,0	214,0	252,0

Esquema de la regulación total.

a) Abastecimiento de Madrid.

Con destino al abastecimiento de Madrid se pueden utilizar las aportaciones completas hasta Colmenar, que, descontadas las derivadas en Navacerrada, son:

$$\begin{aligned} Am &= 124,0 - 10,0 = 114,0 \text{ Hm.}^3. \\ As &= 56,6 - 6,3 = 50,3 \text{ Hm.}^3. \\ All &= 180,0 - 10,0 = 170,0 \text{ Hm.}^3. \end{aligned}$$

Para asegurar un desembalse igual a la aportación media se requiere una capacidad por lo menos igual a la aportación de años lluviosos.

El embalse de Colmenar debe tener la capacidad necesaria para regular su cuenca propia, es decir, 20 Hm.³ que supone una altura de agua de 50 m. Como la capacidad actual de Santillana es de 45,5 Hm.³ hay que crear embalses suplementarios de:

$$E = 170,0 - 45,5 - 20,0 = 104,5 \text{ Hm.}^3.$$

Esto se puede conseguir de un solo golpe en Santillana con un recrecimiento de 10 metros. Caso de que esta solución resultara imposible, técnica o económicamente, podría ampliarse el de Colmenar hasta 55 hectómetros cúbicos (H = 69 m.), y construir la presa de El Boalo en que se consigue un embalse de 45 hectómetros cúbicos, con una altura de 30 metros. Jugando con estas tres combinaciones se puede llegar a la solución óptima, que aseguraría un caudal continuo de suministro a Madrid de:

$$Q = \frac{114,0}{31,5} = 3,65 \text{ m.}^3/\text{seg.}$$

b) Canalización del Manzanares.

Si la cuenca utilizable para el abastecimiento de Madrid terminara en Santillana, dispondríamos en Marmota de las siguientes aportaciones.

$$\begin{aligned} Am &= 127,2 - 112,0 = 15,2 \text{ Hm.}^3. \\ As &= 58,7 - 53,0 = 5,7 \text{ Hm.}^3. \\ All &= 185,0 - 162,5 = 22,5 \text{ Hm.}^3. \end{aligned}$$

y en El Pardo:

$$\begin{aligned} A'm &= 146,5 - 112,0 = 34,5 \text{ Hm.}^3. \\ A's &= 66,0 - 53,0 = 13,0 \text{ Hm.}^3. \\ All &= 214,0 - 162,5 = 51,5 \text{ Hm.}^3. \end{aligned}$$

Con embalses iguales, por lo menos, a las aportaciones de años lluviosos tendríamos asegurados unos desembalses en seis meses de estiaje de 15,2 Hm.³ ó 34,5 Hm.³.

Pero si se utiliza para Madrid hasta la presa de Colmenar, las aportaciones disponibles para canalización quedarían reducidas a:

Marmota:

$$\begin{aligned} Am &= 127,2 - 124,0 = 3,2 \text{ Hm.}^3. \\ As &= 58,7 - 56,6 = 2,1 \text{ Hm.}^3. \\ All &= 185,0 - 180,0 = 5,0 \text{ Hm.}^3. \end{aligned}$$

El Pardo:

$$\begin{aligned} Am &= 146,5 - 124,0 = 22,5 \text{ Hm.}^3. \\ As &= 66,0 - 56,6 = 9,4 \text{ Hm.}^3. \\ All &= 214,0 - 180,0 = 34,0 \text{ Hm.}^3. \end{aligned}$$

Quiere esto decir que el emplazamiento de Marmota quedaría casi exhausto y habría que recurrir al embalse de El Pardo, a todas luces problemático por las condiciones geológicas de cerrada y vaso, al requerirse una altura de agua de 21 metros.

Ahora bien, si volvemos la vista hacia las cabecezas de los Arroyos Tejada, Jaramillo, Maniá y Trofas, nos encontramos con unas aportaciones interesantes, que son fáciles de trasvasar hasta Marmota, con lo que en este emplazamiento tendríamos ahora:

$$A^{Tn} = 3,2 + 14,0 = 17,2 \text{ Hm.}^3.$$

$$A^{Ts} = 2,1 + 5,0 = 7,1 \text{ Hm.}^3.$$

$$A^{Tl} = 5,0 + 22,0 = 27,0 \text{ Hm.}^3.$$

superiores al antiguo conjunto Marmota-Colmenar, y muy poco inferiores a las últimas deducidas para El Pardo. Es decir, que con un embalse de unos 30 Hm.³, en cualquiera de los tres emplazamientos de Marmota (Peñalvento, Las Carrizonas o Los Batanes) y el trasvase de los arroyos citados, se podría asegurar un desembalse en estiaje de 17,2 Hm.³. Esta capacidad puede lograrse en Peñalvento y Las Carrizonas, a una altura de 70 metros, y en Los Batanes con 82 m., pero en este último caso es más corto el canal de trasvase de la margen derecha.

Y si se quisiera exprimir del todo el limón, cabría la construcción en El Pardo de un embalse diferencial de años lluviosos (aproximadamente 8 Hm.³) para conseguir un desembalse de $22,5 - 17,2 = 5,2$ Hm.³. Esto se logra con una altura de agua de sólo 12 m. que ofrece menos problemas técnicos que el embalse grande. La regulación producida puede destinarse a aumentar los caudales de estiaje vertidos en Marmota o a equilibrar los irregulares caudales de invierno de la cuenca baja que domina el tramo El Pardo-Puerta de Hierro.

Con la regulación conseguida en Marmota, previo trasvase de los arroyos, podría garantizarse un caudal de estiaje en el tramo canalizado a través de la capital de:

$$Q = \frac{2 \times 17,2}{31,5} = 1,10 \text{ m.}^3/\text{seg.}$$

si se desembalsa en seis meses, o de:

$$Q' = \frac{3 \times 17,2}{31,5} = 1,65 \text{ m.}^3/\text{seg.}$$

si se efectúa en cuatro meses.

El caudal medio de la aportación invernal de años secos de la cuenca no regulada es aproximadamente:

$$Q'' = \frac{2 \times (9,4-7,1)}{31,5} = \frac{4,6}{31,5} = 0,15 \text{ m.}^3/\text{seg.}$$

al que puede sumarse el regulado en el pequeño embalse de El Pardo:

$$Q''' = \frac{2 \times 5,2}{31,5} = 0,33 \text{ m.}^3/\text{seg.}$$

es decir, que durante el invierno podría mantenerse un caudal mínimo de 0,5 m.³/seg. suplementario, como los de estiaje, de los vertidos de aguas residuales que desembocan en el Río Manzanares entre El Pardo y Puerta de Hierro.

Es evidente, que con toda esta combinación hemos producido un estiaje artificial en invierno de años secos, pero es también evidente que durante el invierno los problemas sanitarios y urbanísticos creados por la disminución del caudal del río son mucho menores que en el verano.

Conclusiones.

De todo lo expuesto se deduce que el Río Manzanares, una vez lograda la regulación total, puede suministrar anualmente volúmenes de agua más que suficientes para atender a tres finalidades muy importantes.

1.^a Para el abastecimiento a los pueblos de la sierra de Guadarrama, 10 Hm.³ captados en la presa de Navacerrada, actualmente en construcción.

2.^a Para el abastecimiento de Madrid, 114 hectómetros cúbicos, equivalentes a un caudal continuo de 3,65 m.³/seg.

3.^a Para canalización del Manzanares, 17 hectómetros cúbicos, a desembalsar en cuatro o seis meses de estiaje, y a los que podrían agregarse eventualmente otros 5 Hm.³ regulados en El Pardo.

Si esto se lograra no hay duda que habríamos ascendido a nuestro aprendizaje a la categoría de oficial.