



G. H. J.

31639

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**ESTUDIO HIDROLÓGICO
DEL LITORAL INMEDIATO A
CASTELLÓN DE LA PLANA**

INGENIEROS SRES. TEMPLADO Y BENITO

ABRIL 1942

-31639

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL LITORAL INMEDIATO A

CASTELLON DE LA PLANA

-:-:-:-:
-:-:-

AGUAS SUBTERRANEAS DEL LITORAL DE CASTELLON DE LA PLANA

En el expediente incoado por el Ayuntamiento de Castellón de la Plana ante la Dirección de Minas y Combustibles del Ministerio de Industria y Comercio, en solicitud de auxilio del Estado para el alumbramiento de aguas subterráneas, a cota suficientemente alta para conducirlas por su pie canalizadas hasta la Ciudad, para el abastecimiento de su población; el Ilmo. Sr. Director del Instituto Geológico y Minero de España, nos ha confiado el estudio de tan importante y necesario asunto.

Antecedentes.— En la actualidad, Castellón se abastece de las aguas alumbradas en los pozos de La Raya denominados de Enrique Gimeno y Pino Grande, situados a una cota de 61 mts. s. el n. del m. entre el Río Mijares y La Rambla de la Viuda, muy cerca de su confluencia, en el borde de la margen izquierda del río. De dichos pozos se desaguan 15 mts³ por minuto continuos o sea 900 mts³ por hora y 21.600 mts³ por día, de los cuales se dedican de 10 a 11.000 mts³ al abastecimiento de Castellón y el resto al riego de su huerta.

El abundantísimo caudal de estos pozos se explica por su situación en el aluvial comprendido entre dos cauces de aguas superficiales tan importantes como el Río Mijares y La Rambla de la Viuda, que les permiten recoger las aguas subárvreas de ambas corrientes.

Existen no lejos de los anteriores pozos, a 2.800 mts. al N.O. los sondeos números 5 y 6 de la Sociedad General de Riego, situados a la cota de 75 mts. sobre el n. del m., a 2.000 mts. de la margen izquierda de la Rambla de la Viuda, tanto o más caudalosos que los anteriores, puesto que de ellos se desaguan 17 mts³ por minuto, que se dedican al riego de la huerta alta de Castellón creada por el Pantano de María Cristina, pero que éste no puede atender en toda su superficie, por las grandes pérdidas que sufre su vaso, excesivamente permeable.

Pozos de 6 mts³. de caudal por minuto, existen el Santa Ana próximo a los antes descritos, el de Gumbau Sotentrani, en las afueras y al E. de Castellón y el de Francisco Rambla, próximo a la Fuente de la Reina.

De 4 mts³. por minuto, existen los pozos de El Diluvio, próximo a los sondeos 5 y 6 de la Sociedad General de Riegos antes reseñados, el de La Plana y el de Ramón Boeza, al S.O. y a 1.200 mts. de Castellón, La Abundancia, a 2,5 kilómetros de Castellón, en la carretera a Tarragona, así como el pozo del Racó de Almalaí.

De 3 mts³. existen los pozos de Gumbao Gimeno en la región de los tan mencionados sondeos nº 5 y 6, el de Forés, en las afueras y al O. de Castellón, el pozo denominado "Primer Turno de Cos collosa" y el de García Petit, a 3,5 kilómetros en la carretera de Castellón a Tarragona.

De 2.500 litros por minuto, existen 8 pozos distribuidos sobre La Plana de Castellón y los de 1.500 a 1.000 litros, pasan de la docena y media.

El número total de pozos de Castellón se eleva a 69 y en los pueblos del resto de La Plana a cifras del mismo orden, pues Onda cuenta con 108 pozos, Nules con 68, Villarreal con 79, Burriana con 37, Moncofar con 30, etc. etc.

El término medio de aguas que en Castellón se desagua de los pozos, asciende a 1 metro³ permanente por segundo y casi otro tanto en Onda, Villarreal y Nules, por lo que sumadas las aguas de los pozos de Burriana, Moncofar y demás pueblos de La Plana, puede estimarse que el agua total aprovechada, alcanza una cifra de unos 4 mts³. continuos por segundo o sea, 126 millones de mts³. anual.

Los pozos no se influencian entre sí en pleno desague, ni aún los más próximos, lo que denota que el terreno diluvial de La Plana de Castellón de donde se nutren está copiosamente alimentado de aguas. Dicho terreno diluvial está constituido por capas alternadas de cantos rodados, lechos arenosos y de arcilla interrumpidos en lentejones y capas de conglomerados de elementos y cemento.

calizo y como está integrado por elementos sueltos, forma un inmenso recipiente para el alojamiento del agua subterránea de un coeficiente de un 30 % de huecos, como mínimo, de su volumen geométrico, por lo que bajo La Plana se extiende una inmensa laguna subterránea, que recibe las aguas de las cuencas del Río Mijares, de la Rambla de la Viuda, del Río Seco de Onda y Bechi, del Río Seco de Borriol y del Barranco de Santa Magdalena.

El nivel del agua en los pozos es poco superior al del mar, a razón de 1 metro por kilómetro de distancia entre el pozo y la costa, de manera que el nivel hidrostático de la laguna subterránea de Castellón, es un plano inclinado hacia el mar de una pendiente de un uno por mil.

Castellón, que carece de alcantarillado, vierte en esta laguna subterránea sus aguas residuales, valiéndose de pozos sumideros, que constituyen un elemento indispensable integrante de cada edificio de la población, pozos que se limitan a alcanzar el nivel acuífero de la laguna, que recibe cuantos líquidos se le extregan, por la gran porosidad del aluvial donde está alojada y que resultan muy económicos porque como Castellón tiene una cota media sobre el mar de 30 mts. y dista 4 kilómetros del mismo, la profundidad que los pozos han de alcanzar para llegar al nivel hidrostático subterráneo es solo de 26 mts. en terreno de fácil perforación.

Por lo tanto, la laguna subterránea de Castellón recibe diariamente los 11.000 mts³. de aguas residuales de la población, afortunadamente aguas abajo de donde, de la misma laguna se toman las aguas para el abastecimiento de la Ciudad, lo que evita su contaminación. Pero en cambio, las aguas alumbradas entre Castellón y la costa, no deben emplearse por dicho motivo, más que para el riego.

A 3,5 kilómetros al N. de la Ciudad la superficie del terreno se deprime y aflora la laguna subterránea de La Plana a una cota de 2 mts. sobre el nivel del mar, constituyendo una región pantanosa denominada la Marjalería, que ha sido desecada por medio

grandes zanjones, de los cuales el más importante es la Acequia d la Obra, que recoge las surgencias más importantes de dichos aflo-ramientos de la laguna, que son los manantiales de la Reina, San Francisco y otros que surgen bajo la capa de conglomerados más so-mera, del aluvión de La Plana y tiene un caudal medio de 1 metro³ por segundo, aunque muy irregular puesto que en los estiajes difi-cilmente alcanzan 0,5 mts³. por segundo, mientras que en las épo-cas lluviosas invernales pasa de los 2 mts.³ por segundo.

La situación de los antedichos manantiales en la desemboca-dura del Barranco de Santa Magdalena en La Plana de Castellón, ha dado ocasión a que el vulgo atribuya su origen a aguas de la Sier de Los Santos, que bajaran subterráneamente bajo el Barranco a lo manantiales, pero las aguas subterráneas que bajo el mencionado B rrano puedan bajar son muy exigüas debido a su reducida cuenca d recepción. Unicamente podrían bajar por él, las aguas subterránea del Barranco Seco de Borriol y las de la cuenca cretácea del Maes trazgo, si el núcleo triásico de la sierra cretácea de Los Santos montes de la Contienda, etc. que corre de N.E. a S.O. formando un barrera que separa a la cuenca del Maestrazgo del litoral, present ra algún portillo en el triás para el paso del agua entre las ca-lizas fisuradas del Cretáceo que lo recubre, pero dicho Barranco Seco poca agua puede proporcionar, por su escasa cuenca y aunque existiera un portillo en la barrera triásica antedicha para el pa-so de las aguas de la cuenca del Maestrazgo, éstas al salvarlo se abismarían corriendo sobre los estratos de arenisca que forman la barrera, que buzan 45º hacia el mar, para caer a la laguna subterr nea de Castellón, al mismo nivel de los manantiales de la Reina y San Francisco.

La amplitud de los intersticios de los elementos sueltos qu constituyen el terreno aluvial de La Plana de Castellón, dejan pa-so libre a las aguas hacia el mar, por lo que la laguna subterrána alojada en él, está abierta al mar y vierte en él abundantes agua como se comprueba por los numerosos manantiales costeros de La Pl na y los submarinos que desaguan a lo largo del litoral.

- 5 -

Las anteriores conclusiones ponen en evidencia lo trascendente que para la economía agrícola de la región son las pérdidas en el mar de los grandes caudales que las cuencas hidrogeológicas subterráneas del Maestrazgo, vierten en la laguna subterránea de La Plana de Castellón, sin más aprovechamiento que el que se hace, por iniciativa particular, por medio de los pozos por los cuales se extraen las aguas de esta laguna para el riego de aquella feracísima huerta, en cuya perforación e instalaciones de desague, se han invertido un gran número de millones de pesetas.

Para cifrar la importancia de dichas pérdidas, haremos un balance partiendo de las aguas meteóricas que reciben las cuencas hidráulicas que alimentan a la laguna subterránea de la Plana de Castellón, que son:

Cuenca del Río Mijares

Agua anual precipitada.- Mts:

Tiene 2550 Km² y recibe una precipitación media anual de 500 m/m de altura de agua 1.275 millones

Cuenca de la Rambla de la Viuda

De 1412 Km² de superficie y 400 m/m de altura de agua 564 "

Cuencas del Río Seco de Onda y Bechi

190 Km². y 400 m/m de agua 76 "

Cuenca del Río Seco de Borriol

120 Km². y 400 m/m de agua 48 "

Cuencas de las Torreneras comprendidas entre Burriana y el espigón Triásico de Almenara.-

200 Km². y 400 m/m de agua 80 "

Cuenca del Barranco de la Magdalena y torrentes costeros comprendidos entre el Río Seco y el Cabo de Oropesa.-

66 Km². y 400 m/m de agua 26 "

Total anual de aguas meteóricas 2.069 "

Del antedicho caudal, el 50 % debe considerarse retenido por la tierra vegetal de la superficie del terreno y evaporada, por lo

que queda un caudal para las aguas superficiales y subterráneas de 1034 Millones de mts³. anuales.

Aguas superficiales.-

Los caudales superficiales de las antedichas cuencas son 390 millones de mts³. que se distribuyen de la manera siguiente:

Río Mijares ... 309 millones mts³... 220 de circulación regular, aprovecha dos casi en su totalidad en el riego de las huertas viejas de la Plana.

Rambla de la

<u>Viuda</u>	55	"	"	25 retenidos por el Pantano de María Cristina y aprovechados en el riego de la huerta antigua.	30 irfiltrados en el vaso de pantano.
--------------------	----	---	---	--	---------------------------------------

<u>Río de Onda</u> ...	10	"	"	Todos torrenciales	10
------------------------	----	---	---	--------------------	----

<u>Torrentes de Almenara</u>	8	"	"	"	8
------------------------------------	---	---	---	---	---

<u>Río de Borriol.</u>	5	"	"	"	5
------------------------	---	---	---	---	---

<u>Ba^o.de la Magdalena</u> .	3	"	"	"	3
---	---	---	---	---	---

Total	390			245	115.30
--------------	------------	--	--	------------	---------------

Para el riego. (Perdidos en el mar.-)

De los 245 millones de mts³. de agua de las antedichas cuencas, que anualmente pueden aprovecharse para el riego, un 50 % o sea 122, se infiltran en el subsuelo de las huertas y va a parar a la laguna subterránea de Castellón, a los que se añaden los 30 millones de mts³. que se infiltran en el vaso del pantano de María Cristina, dando un total de 152 millones de mts³. que bastan aproximadamente para proporcionar a la laguna, las aguas que de ella extraen por los pozos de La Plana, que ascienden como antes hemos dicho a 126 millones de mts³. anuales y para alimentar el caudal a las fuentes de La Reyna y San Francisco, de un metro³ por segundo sea de 31,5 de mts³. al año.

Si ahora restamos de los 1.034 millones de mts³. anuales de aguas superficiales y subterráneas de las cuencas mencionadas, la totalidad de las superficiales, o sea 390 millones de mts³. quedar 644 millones de mts³. de aguas subterráneas que anualmente entran en la laguna de La Plana de Castellón y que esta pierde en el mar puesto que el caudal actualmente alumbrado puede ser proporcionado por las infiltraciones de que hablamos en el párrafo anterior. Este volumen que hoy se pierde se debe tratar de alumbrar en lo posible buscando sus recorridos subterráneos principales antes de caer en la laguna y a cota suficientemente alta para distribuirlo en las huertas de La Plana para su completo aprovechamiento.

Orientación del estudio..- La anterior conclusión modifica el programa de este estudio, puesto que para el abastecimiento de Castellón, bastaría con alumbrar 4,4 millones de mts³. anuales o sea 12.000 mts³. diarios a razón de 140 litros por segundo, a una cota de 70 mts. sobre el nivel del mar para que el agua pudiera alcanzar hasta los pisos más altos de los barrios mal elevados de la población, que está situada entre las cotas de 25 y 35 mts.

Para la realización del programa sugerido arriba será preciso alumbrar las aguas a cota superior a la de 100 mts. del canal de riegos del Pantano de María Cristina, bajo cuyo canal se extiende la totalidad de la huerta de La Plana y en este sentido orientamos nuestro estudio.

No se trata, por lo tanto, de una investigación de aguas subterráneas, puesto que la existencia de estas bajo La Plana de Castellón, es conocidísima, así como su abundancia, y desde hace mucho tiempo son aprovechadas por los numerosos pozos que la iniciativa particular ha perforado, sin que se haya llegado hasta ahora a resentirse el depósito común de que todos se nutren, si no de estudiar los medios de captar las que se pierden, a la cota exigida para su aprovechamiento.

La idea económica de evitar el consumo de la energía necesaria para la elevación por los pozos, del agua de la laguna subterránea

nea, alumbrándolas antes de que caigan en ella, aunque digna por sí misma para que se intenten los alumbramientos que propugnamos, ced en importancia ante el problema planteado, que es el de intentar disipar al mar las aguas que en él se pierden subterráneamente, porque en las regiones intensamente cultivadas, como La Plana de Castellón donde son aprovechadas para el riego desde hace siglos, todas las aguas superficiales de circulación regular, muy escasas desgraciadamente por la pequeñez de las cuencas fluviales de la vertiente de reducida extensión de este litoral mediterráneo, la agricultura ha de recurrir para ampliar sus zonas regables, en primer lugar al aprovechamiento de las aguas torrenciales, deteniéndolas y embalsándolas en pantanos, como el de María Cristina, construida en la Rambla de la Viuda y el estudiado en el estrecho geológico de Béjar (Teruel) en el Río Mijares y como último recurso, debe acudir a disputar al mar las aguas subterráneas, como le viene disputando las superficiales.

El completo aprovechamiento que para el riego se hace en La Plana de Castellón, de las aguas de circulación regular de las cuencas del Río Mijares y de la Rambla de la Viuda, las más importantes de las que vierten sus aguas en el litoral de Castellón se evidencia en los siguientes cuadros:

<u>Cuenca del Río Mijares</u>	<u>Millones de mts³.-</u>
Las aguas precipitadas sobre los 2.550 Kmts. de su cuenca son como arriba hemos dicho	1.275
Aguas retenidas por la tierra vegetal y evaporada, o sea el 50 %	638
Aguas superficiales y subterráneas	637
Caudal medio anual del río: 24,2 % del agua precipitada	309
Caudal subterráneo que pasa al manto acuífero aluvial de la Plana de Castellón :.....	328

Régimen de las aguas superficiales del Río Mijares.-

Caudal { 309 { 9,81 { Con máximos de 15,6 mts³. por 1" en 1.920.
medio { mill{ mts. } } y mínimos de 5 " " " " 1.923
anual { mts³ } 1" }

Irregularidad de su circulación.-Millones mts.

Caudal	309	Circulación regular media aprovechada	
medio	mill.	para el riego, 7 mts ³ . por 1" 220
Anual	mts.	Aguas torrenciales, 28,7 % de las to- tales, perdidas en el mar	89

Aprovechamiento de las aguas de circulación regular.-

Huerta de Castellón	24,17 %	hasta	1.800 lts. por 1"	
" " Villarreal	23,33 %	"	1.738 "	" "
" " Burriana	21,12 %	"	1.573 "	" "
" " Almenara	20,83 %	"	1.552 "	" "
" " Nules	<u>10,55 %</u>	"	<u>0,786</u>	" "
TOTAL	100,00		7.449 "	" "
			Equivalentes a 60 filas de agr	

Unos 132 días del año circulan por el río caudales superiores al antedicho máximo necesario para las huertas de 7.449 litros por 1", perdiéndose el exceso en el mar por la presa más baja o de Burriana, los restantes días del año, los caudales del río son justos o inferiores a las necesidades, teniendo que prorrstatearse el agua haciéndose frente a estas diferencias por medio del agua subterránea elevada por los numerosos pozos antes descritos.

Con los 1.800 litros por 1" correspondientes a Castellón se riegan los 2.000 hectáreas de su huerta vieja, por la Acequia del Río, a razón de 0,9 litros permanentes por 1" y hectárea.

Los huertos de naranjos necesitan menos agua que la huerta (de hortalizas) pues le bastan de 4 a 7 riegos al año de 750 mts³ de agua por hectárea o sea de 3.000 a 5.000 mts³. anuales por hectárea equivalentes a un caudal permanente de 0,1 a 1,195 litros por 1".

Rambla de la Viuda.-

Esta rambla recoge las aguas del Barranco Carbonero, del Río Montlleó y del Barranco de Lucena, entre los cuales integran una cuenca de recepción de 1.412 Kmts². El promedio anual de lluvia es de 400 m/m precipitados en 40 a 50 días por lo que el caudal anual recibido por esta cuenca es de 564 millones de mts³. de los cuales

se puede considerar que el 50 % queda retenida por la tierra vegetal y se evapora, por lo que queda para los caudales superficiales y subterráneos 282 millones de mts³. Desde 1.915 a 1.925 se aforaron como media anual de aguas superficiales que circularon por la Rambla, el 19,5 % de los 282 o sea 55 millones de mts³. que dan un caudal infiltrado en el subsuelo de 227 millones de mts³.

El pantano de María Cristina cuya presa cierra la Rambla en la cota de 100 mts. sobre el nivel del mar, tiene una capacidad, a los 35 mts. de altura de su presa de 27 millones de mts³. mitad de volumen de agua que pasa por la Rambla anualmente; a pesar de ello no se llena el Pantano más que cada 3 o 4 años, porque su vaso permeable de calizas infracretáceas agrietadas no retiene suficientemente a las aguas que embalsa.

Pero esta Rambla, que es alimentada en su cabecera por el Río Montlleó y barrancos de corriente casi permanente, aunque modestas está habitualmente seca desde la región de los Ibarzos, próxima a la confluencia del Río Montlleó con la Rambla, hasta el pantano de María Cristina, porque los sedimentos diluviales que cubren el cauce en la mitad de dicho trayecto hasta la altura de Villafarnés y los aluviales y calizas infracretáceas que cubren el resto del trayecto, infiltran en el subsuelo a las aguas superficiales, toda vez que por ser torrencial el cauce de la Rambla, no se han podido formar entre los depósitos de cantos rodados de sus aluviones, sedimentos arcillosos que lo hubieran impermeabilizado.

Unicamente corre la Rambla cuando en las grandes tormentas se llega a saturar de agua los sedimentos diluviales y aluviales de su cauce y todas las fisuras de las agrietadas calizas infrayacentes por esta razón se llena el Pantano tan de tarde en tarde; pero en cambio éste cumple una misión utilísima a la Plana de Castellón porque estando casi siempre su capacidad íntegra disponible, capta en su totalidad las avenidas torrenciales de la Rambla que de no ser así, tanto daño harían a sus huertos.

Además ha tenido la virtud, de que ante las promesas de agua

que su construcción hizo concebir, se nivelaran y acondicionaran para el riego 4.000 hectáreas de superficie de nuevas huertas, que aunque no han podido ser por él atendidas, subsisten porque se ha resuelto el problema de su riego por medio de las aguas alumbradas por los pozos de La Plana.

G E O L O G I A

La ciudad de Castellón de la Plana está asentada en una amplia planicie cuaternaria con pendiente suave hacia el mar, limitada en líneas generales al NO. por un macizo principalmente infracretáceo y al SO. por otro triásico.

Por dicha planicie efectúan sus últimos recorridos los ríos Seco y Mijares, entre otros cursos de menor importancia y discontinuos, uniéndosele al último de los citados ya en la llanura la Rambla de la Viuda de cuenca relativamente grande, donde está emplazado el pantano del mismo nombre, llamado también de María Cristina.

Esta rambla de dirección general S. SE. y el río Mijares que corre hacia E. SE. efectúan el desague superficial de toda la parte S. de la extensa región caliza conocida con el nombre de Maestrazgo. La parte E. vierte directamente al mar por ramblas y ríos de corto recorrido y la N. lo hace al Ebro por cursos de mayor importancia.

La región caliza que acabamos de citar es de decisivo interés para el estudio que nos ocupa. Sus rocas quebrantadas por los esfuerzos a que han estado sometidas después de su formación, debidos a los movimientos que han engendrado la cordillera Ibérica la costera catalana, se encuentran sumamente agrietadas y sus fisuras absorben rápidamente las aguas meteóricas que sobre ellas se precipitan formándose verdaderas corrientes subterráneas de cuya importancia son muestras los potentes manantiales que se producen a lo largo de la costa, algunos de ellos dentro del mismo mar y la extraordinaria abundancia de agua dulce que se encuentra en los

pozos de ciertas zonas del litoral.

Dicha región ha sido objeto de diversos estudios geológicos de conjunto en distintas épocas desde las de Vilanova (J.) a mediados del siglo pasado y Landever (I.J.) de 1.872 al 78, hasta los recientes de Fallot y Bataller, Royo Gómez, Halme y Alvarado.

Los resultados de dichos estudios los ha llevado el Instituto Geológico y Minero de España a sus últimos mapas, de los que acompañamos señalándolo con el nº 1 el de escala 1:400.000 en la parte que nos interesa.

Nosotros hemos concentrado nuestras observaciones al límite Sur de la citada región, o sea a la parte fronteriza a Castellón de la Plana, por ser en ella donde dadas sus circunstancias, pudieran intentarse labores de investigación de aguas subterráneas con mayores probabilidades de acierto dentro de las mejores condiciones para Castellón y su zona, observaciones que hemos traducido en el plano que acompañamos con el nº 2 en escala 1:50.000.

Se vé en estos planos que en el borde Sur del macizo del Maestratgo desaparece la uniformidad de terrenos geológicos que es nota dominante en su parte central, y ello no es debido a que se haya dejado de estudiar con el debido detalle dicha parte central por los medios de comunicación de que actualmente se encuentra dotada y de que antes carecía, han permitido que geólogos modernos la hayan reconocido atraídos por dicha uniformidad para procurar desentrañarla, sino que se comprende que existiendo al Sur del Mijares una extensa dominio de terrenos más antiguos, empiecen a aparecer estos más al N. con intermitencias y como avanzadas y anuncio de dichas formaciones.

Los indicados terrenos hacen su aparición también al N. de la gran mancha infracretácea, lo que induce a pensar que se extiende por bajo de toda ella y le sirve de base no muy profunda y como es general son impermeables, deben retener las aguas absorvidas por las rocas de aquella, impidiendo que se abismen y haciéndolas desplazarse lateralmente para emerger ^{en parte} unas veces y formar depósitos en otras, en zonas de más baja cota, según antes se ha dicho.

De estos terrenos de base, el más antiguo asoma junto a Puel

Tornesa extendiéndose al S. de este pueblo en una mancha continua de unos 18 kilómetros cuadrados orientada su mayor dimensión en sentido NE.-SO., y hace también su aparición al SO. de Villafamés en tres manchitas alineadas en la orientación citada, de las cuales la mayor es la más próxima a dicha localidad, o sea la más al NE.

Las rocas que constituyen estos asomos son pizarras arcillosas a veces negruzcas y otras lustrosas y en algunos sitios carbonosas, alternando con grawakas de color claro, todo ello muy tra tornado y con entrecruzamientos no muy abundantes de vetillas de cuarzo.

No hemos encontrado fósiles, pero su aspecto indice a D. Agustín Marín, que las ha observado sobre el terreno, a pensar que pudiera tratarse del Carbonífero de Tarragona.

Sobre este Paleozoico se apoyan en discordancia areniscas rojas del Triásico, micáceas, en bancos en general gruesos y consistentes, de dirección NE. y buzamiento hacia el mar con indicaciones de 20 a 45º. Estos asomos werfenienses tienen gran amplitud y se puede decir que al S. del paralelo de Villafamés casi iguala a los infracretáceos, que al N. dominan exclusivamente. El más cercano al mar forma el núcleo de la sierra de los Santos, al E. de Puebla Tornesa y hacia el SO. el Tosal Roig y unas eminencias al de Borriol. El que le sigue al O. en cuyo extremo NE. está Villafamés asentado sobre sus bancos de arenisca, llega por el SO. hasta cerca del caserío de San Juan de Moró, comprendiendo el Mollet, que es el macizo de mayor cota (703 mts.) de la zona próxima a Castellón que nos ocupa. Al O. de la Rambla de la Viuda está el asomo triásico más importante, llegando por el N. a Lucena y enlazándose por el S. con el extenso de la margen derecha del río Mijares.

Del Triásico medio o Muschelkalk no hay una representación definida en la región que estudiamos. Solamente hemos visto en el nacimiento del barranco de las Ermitas, al O. de Borriol, unos lechos delgados de caliza negra muy fracturados en contacto con las margas yesíferas del piso superior que allí aparecen.

Del Triásico superior conocemos dos manifestaciones, una la que acabamos de citar, de menos de 1 kilómetro cuadrado de extensión y otra aún más pequeña, en el barranco de la Salud, afluente del de la Magdalena. Ambas están formadas por margas abigarradas conteniendo grandes masas de yesos las cuales han sido objeto de amplias explotaciones.

La serie geológica que como hemos visto, ha sufrido una interrupción entre los asomos primarios y los triásicos, se interrumpe nuevamente por encima de éstos, no apareciendo manifestación alguna de Jurásico en la región que estudiamos, laguna que puede obedecer a que este terreno haya sido barrido por la erosión precreta, como lo han sido casi en su totalidad los dos términos superiores del Triásico, o a que no se haya depositado, aunque parece más probable lo primero, porque del Jurásico existen amplias manifestaciones en toda la orla N. del macizo infracretáceo del Maestrazgo.

Sobre el Triásico se apoya así directamente el Infracretáceo del que también faltan los pisos inferiores hasta el Aptiense, que es el único terreno de dicho sistema y del resto de la serie secundaria, que hemos observado en el área recorrida, y que por los caracteres que presenta en la región fué llamado Tenencico por el geólogo valenciano Landerer. Es también el que domina en toda la región del Maestrazgo y su composición es muy variable de unos lugares a otros, por lo que no se ha podido formar una columna estratigráfica tipo. La formación es en general márima, pero no deja de contener episodios continentales, representados por areniscas y margas de diversos colores que a veces han sido confundidas con niveles triásicos, presentando dichos episodios el carácter de no ser exactamente contemporáneos.

Los terrenos más frecuentes son calizas de Toucasia, margas con Orbitolinas, margas y calizas margosas de Heteraster Oblongus capas pardas de Trigonia, margas de Orbitolinas, y en la región N calizas de Thetys. La fauna marina denota aguas poco profundas. Lo al S. se han encontrado hasta ahora Ammonites.

En la zona recorrida por nosotros dominan casi exclusivamente

las calizas grises en espesos bancos contenido con mucha frecuencia Toucasias y Ostreas, estas últimas conocidas por los naturales con los nombres de orejas de moro o de judío. De las primeras he recogido Pseudotoucasia santanderensis (Donz) y de las segundas Ostrea macroptera, Sow. En un afloramiento de margas, en el apoyo derecho de la presa del pantano de la Viuda, es muy abundante la Terebratula tamarindus, Sow. y la Plicatula placunae, Lam. y no podemos dejar de citar un fragmento de Ancylóceras que hemos hallado en el lecho de la citada rambla, resto que indudablemente procede de sus laderas próximas dado su estado de conservación.

Entre las calizas aparecen a veces margas blanquecinas y más raramente areniscas de la misma tonalidad.

La formación infracretácea no presenta una dirección y buceamiento fijos en sus estratos, sino sumamente variables, aunque en general siguiendo las directrices de los terrenos más antiguos sobre los que se ha depositado.

Salvo el pequeño episodio oligoceno de Ribesalbes, que contiene las margas bituminosas conocidas y otras veces explotadas, de dicha comarca, terreno que no es de interés para nuestro estudio, no se presentan en la zona próxima a Castellón a que nos concretamos, otras formaciones por encima de la infracretácea a que nos acabamos de referir, que la Cuaternaria, representada por el Pleistoceno o Diluvial.

Se extiende éste en dos manchas, una en los llanos del N. de Villafamés, desde Cabanes hasta la Rambla de la Viuda, continuando por este curso hacia aguas arriba y otra, la más importante, en la región costera donde se asienta Castellón y otras poblaciones como Villarreal, Burriana, Almazora, etc.

Formado por el arrastre y deposición de materiales procedentes de los terrenos próximos en distintas épocas y diversas circunstancias, tiene composición que varía de unas zonas a otras en lo que se refiere a la disposición y espesor de los estratos, que, lo demás, son los corrientes en esta clase de depósitos: arenas,

- 10 -

arcillas y conglomerados más o menos coherentes cimentados con caliza. El espesor es en general considerable, aunque, como es natural, varía con la distancia a la línea de montañas. Cerca de ésta se encuentran en seguida las calizas aptienses de la base, pero junto al mar se llega a grandes profundidades sin alcanzar dichas rocas, como lo ha demostrado el sondeo practicado por la Junta de Obras del Puerto, que en sus 150 mts. no ha salido de terrenos detríticos. Bien es verdad que parte de estos pudieran corresponder a niveles superiores del Terciario, no pudiéndose tener seguridad alguna sobre este punto por no conocerse fósiles del taladro, pero siempre quedará, como decimos, un gran espesor para el Cuaternario.

T E C T O N I C A

La gran mancha infracretácea del Maestrazgo ocupa el extremo SO. de la cordillera costera catalana y establece la unión de este con el final del segmento más N. de la Ibérica que llega allí con rumbo SE. Los núcleos de ambas alineaciones montañosas están formados por diversos terrenos de la escala geológica, que en la cordillera Ibérica empiezan en el Siluriano y en la Catalana en el Alcaico, terrenos que a través de las distintas edades han estado sometidos a sucesivos esfuerzos que los han plegado según las direcciones indicadas.

En la cordillera litoral se supone por algunos geólogos, que los primeros empujes son caledonianos, basándose en que las diajas que los acompañaron atraviesan los estratos silurianos, pero no los devonianos y carboníferos, opinión que no comparte por entero el profesor Hernández Pacheco (E) aunque admite manifestaciones anuadas de fenómenos tectónicos que ya empezaron a obrar para producir los intensos plegamientos posteriores, debidos siempre a empuje de dirección E. SE. a O. NO.

Los movimientos hercinianos son indudables, dada la patente discordancia del Triás con los terrenos sobre que se apoya, discon-

dancia que en la zona que estudiamos, se aprecia bien al S. de Puebla Tornesa, al SO. de Villafamés y en la Sierra de los Santos, o sea en los únicos puntos de dicha zona donde asoman terrenos paleozoicos, siempre en contacto con el Triásico, apreciándose que el arrastamiento de estos asomos corresponde a la dirección de la cordillera litoral, de la cual constituyen así, sus últimas manifestaciones hacia el SO.

Tras el gran movimiento hercíniano, tuvo lugar una era de activa denudación de los terrenos levantados por aquel, como consecuencia de la cual, han desaparecido casi por completo en nuestra zona los términos superiores del Triásico, quedando como testigos de que existieron, las dos pequeñas manchas de margas yesíferas, del barranco de la Salud y parte alta del barranco de Las Fuentes (de Berríol), esta última con algunas calizas tableadas que hemos citado en la parte de Estratigrafía.

Después de la serie de plegamientos de que hemos hecho mención y del depósito en algunos puntos de materiales jurásicos, se produjo una amplia transgresión marina que motivó la formación de la gran mancha infracretácea que hoy observamos, ocupando la zona de unión de las cadenas Costera e Ibérica.

Las grandes conmociones tectónicas del Terciario, que dieron su último relieve a ambas cordilleras, han afectado naturalmente a los materiales de la formación infracretácea, plegándolos según las direcciones de dichas dos alineaciones montañosas.

El territorio resulta así surcado por pliegues que en general en su parte NO., como más próxima a la cordillera Ibérica, tienen dirección NO-SE y en la SE., que se emplaza en la prolongación de la litoral, la NE-SO, existiendo también, aunque con menos frecuencia, pliegues de otras direcciones, como corresponde a la conjugación de esfuerzos tan próximos.

Estos plegamientos se han verificado deslizándose los terrenos infracretáceos sobre los triásicos y más antiguos, pudiéndose incluir entre los que llama Argand, pliegues de superficie; pero

claro es que los estratos triásicos se han debido también ondular de análogo modo formando anticlinales y sinclinales que siguen la marcha general de los que aparecen en la superficie.

Al rizamiento de poco relieve de los sedimentos infracretáceos se debe que estos terrenos, a pesar de la denudación, hayan quedado recubriendo casi por entero los infrayacentes, sin dejarlos asomar más que por excepción.

El relieve actual del Maestrazgo se debe más a la denudación sufrida por los pliegues de los terrenos infracretáceos que ocupan su superficie que a las alturas alcanzadas por los anticlinales formados al rizarse dichos terrenos, por los empujes descritos, rizamientos que por otra parte, han quebrantado por completo los sedimentos afectándolos de multitud de grietas.

Al final de la era Terciaria, en los albores ya de la Cuaternaria, tuvieron lugar los movimientos que dieron la forma actual, en círcos de hundimientos, a nuestras costas mediterráneas con separación de las Islas Baleares de la Península.

Dichos hundimientos dejaron algunos pilares salientes que resistieron al descenso general del terreno, siendo uno de ellos, el situado al N. de Castellón, que nos muestra las raíces paleozoicas de las últimas direcciones SO. de la cordillera litoral catalana, como arriba hemos dicho.

En dicho pilar, cubierto como toda la región por los sedimentos infracretáceos, se reabrieron con el hundimiento, antiguas fallas paeozoicas, que forman las fosas donde se alojan el Barranco Seco de Borriol y la Rambla de la Viuda. Los desplazamientos verticales producidos por dichas fallas en el terreno, fueron importantes en el NE. del pilar, produciendo los picos salientes triásicos de Villafamés y Sierra de los Santos y Agujas de Santa Agueda coronados por restos del infracretáceo que la denudación ha respetado, en cambio el desplazamiento vertical fué disminuyendo hacia el SO., por lo que van perdiendo relieve las fallas por dicho rumbo, hasta el punto de que no hicieron más que plegar a los estratos

infracretáceos sin llegar a cortarlos y por fin estos se ocultan bajo el Cuaternario, en cuyo punto los cauces del Barranco Seco y de la Rambla de la Viuda se inflexan hacia el E. abandonando las fosas de las fallas para dirigirse al mar. Dentro ya de la época Cuaternaria movimientos epirogénicos hundieron de nuevo la costa y por ello los depósitos diluviales tienen su base por bajo del nivel del mar, como demuestra el sondeo del Puerto de Castellón; retirándose la línea de la costa desde los Columbretes hacia el continente, pudiéndose decir que dicha zona sumergida cuya profundidad máxima es de unos 80 mts., es una continuación de la plana litoral y que la verdadera costa empieza en dichos islotes, al otro lado de los cuales, comienzan los fuertes declives del fondo del mar que alcanzan rápidamente los 1.300 mts. de profundidad.

Por último en la época Diluvial se produjo una pequeña retirada del mar que trajo como consecuencia la emersión de la actual plana y el rejuvenecimiento del perfil de los cursos de agua, es decir un aumento de su potencia erosiva por la mayor pendiente que tomaron sus lechos a causa del descenso del nivel de base, quedando como prueba del fenómeno las terrazas que se advierten en las márgenes del río Mijares, en el final de su recorrido.

REGIMEN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y SU CAPTACION

De los estudios estratigráfico y tectónico que preceden se deduce que las aguas subterráneas del Maestrazgo circulan por las abundantísimas fracturas de los estratos infracretáceos que forman su suelo, y en su marcha descendente son detenidas por el triás que soporta dichos estratos, corriendo subterráneamente por el lecho impermeable que este terreno les ofrece. El relieve del triásico es pues, el que determina y constituye los cauces de las aguas subterráneas de la región que nos ocupa.

Dichas aguas subterráneas buscan su salida hacia los puntos bajos, corriendo en diferentes sentidos, de los cuales los que a

nosotros nos interesan son los de dirección SE. y S.

Cuando se trata de grandes extensiones de terreno, es difícil que exista una concordancia absoluta entre las cuencas hidrológica superficiales y las subterráneas, pero en nuestro caso, dadas las condiciones de los plegamientos que hemos expuesto antes, y las circunstancias topográficas que concurren, no es aventurado suponer que existe bastante semejanza entre ambas clases de cuencas. En todo caso podemos asegurar que pecaremos por defecto si para estimar la extensión de las subterráneas suponemos que tienen los mismos límites que las superficiales.

Cuenca de la Rambla de la Viuda..- En otro lugar hemos calculado que anualmente se infiltran en el subsuelo de esta cuenca 227 millones de metros cúbicos anuales que equivalen a unos 7 metros cúbicos continuos por segundo. Estas aguas descienden en dirección SE. y en su recorrido hacia el mar se encuentran con el macizo triásico-paleozoico de Villafamés-Puebla Tornesa que las divide en dos partes, una que pasa por el N. del indicado macizo dirigiéndose hacia el E. por el subsuelo de los términos de Benlloch y Cabanes para caer en el arco diluvial costero comprendido entre los cabos de Oropesa y Cap-Corp de Torreblanca alimentando a la Albufera de Oropesa, a la zona pantanosa de la Ribera y a los numerosos manantiales costeros y submarinos de esta zona, y la otra parte que corta el antedicho macizo triásico-paleozoico por el O. y sigue subterráneamente bajo el cauce de la Rambla de la Viuda encajonada en la falla que separa el repetido macizo y el triásico de Lucena para caer al Diluvial de la Plana de Castellón entre Borriol y el pantano de María Cristina.

Debe buscarse la captación de las aguas subterráneas, esta última corriente como más asequible por su proximidad a la zona donde habría de utilizarse el caudal alumbrado.

Elijamos como punto de captación (para fijar las ideas y prescindiendo del obstáculo que representaría para la obra la existencia del pantano) la confluencia del barranco de Alcora con la

Rambla de la Viuda, punto que tiene de cota 150 mts. sobre el mar. Deberemos perforar una galería transversal a la rambla haciendo encajar su solera en el terreno triásico en la sección occidental de la falla que limita el pilar paleozoico de Villafamés o sea la profundidad resultante de sumar el espesor de los sedimentos cuaternarios y el de las calizas aptienses en dicho punto. Al primero puede calcularsele 20 mts. porque los pozos excavados en el cauce de la rambla dentro del vaso del pantano, o sea en las proximidades del punto a que nos referimos, para tratar de alimentar en parte a la huerta que depende de dicho embalse, en las épocas en que éste se encuentra vacío, no pasan de 18 mts. de profundidad y suponiendo que el Cretáceo alcance también un grosor de 20 mts., la profundidad a que habrá que disponer la galería de alumbramiento será de 40 mts., o sea a una cota de 110 mts. sobre el mar.

Para dar salida por su pie al agua que se alumbrara, habría que perforar otra galería de conducción en sentido longitudinal a la rambla y partiendo del punto conveniente de esta para alcanzar mediante la pendiente debida la galería de alumbramiento ó transversal. Pero como el lecho de la rambla tiene una pendiente media desde el punto elegido hacia el mar de 8 milésimas, si a la galería de desague le asignamos la de 1,5 milésimas, resultará que por cada kilómetro de recorrido de esta última, ganaremos 6,5 mts. de profundidad y que para alcanzar los 40 mts. que necesitamos harán falta unos 6.000 mts. de galería. En el recorrido de ésta se pierden 9 mts. de nivel y por lo tanto las aguas saldrían a la superficie del terreno a la cota 100, o sea al nivel del canal de riegos del pantano, pudiéndose utilizarse por éste.

Vemos que está bien elegida la cota de 110 mts. sobre el nivel del mar de la galería de captación, que hemos situado bajo la confluencia del barranco de Lucena y Alcora con la Rambla de la Viuda, puesto que es conveniente que la galería de conducción salga la superficie sobre la cota de 100 mts. sobre el nivel del mar, de canal de Pantano de María Cristina, ya que es de esperar que el caudal que se alumbre sea muy superior al necesario para el abasteci-

miento de Castellón, por lo que es necesario el aprovechamiento del sobrante, para riego de la huerta alta de Castellón, atendida por el antedicho canal.

Si en el punto elegido, el cretáceo alcanzara mayor espesor que los 20 mts. previstos, la galería de captación proyectada no alcanzaría el terreno triásico impermeable de la base y por lo tanto no se lograría la captación completa de las corrientes subterráneas de agua, puesto que se le escaparían las que circularan entre el piso de la galería y el Triás infrayacente; en este caso aunque la galería de captación alumbraría los niveles de aguas subterráneas altos, retenidos por los lechos margosos que suelen intercalarse entre las calizas cretáceas, los resultados no estaría a la altura de las posibilidades, por lo que convendría continuar la galería de conducción aguas arriba, bajo la Rambla, y como cada kilómetro de longitud seguiría ganando 6,5 mts. de profundidad bajo su cauce, al llegar a los 6 kilómetros, al parage donde la Rambla sufre una inflexión brusca en cuatro o balloneta, al ser desviado su curso hacia el O. por el pilar triásico Paleozoico descrito de Villafamés, parage donde la Rambla cambia su nombre de Carbonera, que hasta aquí traía, por el de Rambla de la Viuda y que tiene una cota de 200 mts. sobre el nivel del mar, la galería de conducción iría a 78 mts. bajo el cauce de la Rambla, cifra seguramente superior al espesor de los terrenos que en dicho parage recubren al triásico, por lo que antes de llegar la galería a este punto, el alumbramiento se completaría, en cuanto el piso del socavón tocara el terreno triásico infrayacente; pero si se tuviera necesidad de llegar con la galería a esta región, próxima a la bifurcación de la corriente general subterránea que desciende del Maestrazgo, producida por el pilar paleozoico triásico impermeable de Villafamés, su excesiva longitud quedaría más que compensada con las nuevas posibilidades que se le presentarían para alcanzar mucha mayor eficacia, alumbrando la rama oriental, además de la rama occidental de la bifurcación, por medio de una galería dirigida hacia el Oriente, contorneando por el N. el pilar de Villafamés, que se internaría bajo la llanada aluvial que se extiende al N. de dicho pueblo.

Para la ejecución del alumbramiento, se emboquillaría la galería en el estribo oriental calizo cretáceo de la presa del Pantano de María Cristina, inmediatamente sobre su canal de riegos, y se dirigiría la galería por el borde oriental del vaso del pantano hasta rebasar sus colas por el N., desde cuyo momento se llevaría la galería bajo el mismo cauce de la Rambla, para que las lumbreras de ventilación de la galería fueran de la menor profundidad posible

La antedicha galería al avanzar por las calizas infracretácea cortaría las numerosas diaclasas y fisuras que las surcan intercep-tando su curso descendente a las aguas que el pantano pierde por ellas, pero ello no debe considerarse como un sangrado de las aguas del pantano, sino como la recogida de las que pierde; únicamente en los casos de que la galería produzca un chupón directo en el vaso del pantano, por corte de una grieta, que por no continuar bajo el piso de la galería, no dé paso inferior a las aguas, se procedería al taponamiento del chupón desde la galería, para que el pantano no pierda su función reguladora de la circulación de las aguas su-perficiales y sobre todo la de contención de las avenidas de aguas torrenciales.

Como medida de prudencia para evitar en lo posible dichos choques, debe perforarse la galería de manera que se mantenga a unos 100 mts. del vaso del pantano, para que exista siempre entre ellos dicho espesor de rocas.

Sólo a título de tanteo y para que sirva como una primera orientación de los gastos que originarian las obras de alumbramiento como las que se acaban de exponer, damos a continuación un presupuesto aproximado de las mismas:

Galerías transversales o de alumbramiento;	
3.000 mts. a 500 Ptas.	1.500.000,00 Pts.
Galería longitudinal o de conducción:	
10.000 mts. a 400 Ptas..	4.000.000,00 "
Lumbreras de ventilación y servicio:	
4.000 mts. a 300 Ptas.	1.200.000,00 "
Gastos generales e imprevistos:	
10 % de 6.700.000 Ptas..	<u>670.000,00</u> "
T O T A L	7.370.000,00 Pts.

o sea 7.500.000 Ptas. en números redondos.

Suponiendo que con las obras, sólo se captase el 10 % del agua infiltrada en la cuenca, o sean 22,7 millones de metros cúbicos al año, el coste por metro cúbico de agua obtenido sería de 0,33 Ptas. amortizando el capital en el primer año.

Admitiendo para amortización e intereses del capital empleando un 7 por 100, la cifra anual que habría que tener en cuenta por este concepto sería 525.000 Ptas., y fijando en 75.000 Ptas. los de reparaciones, personal, etc., el gasto total de explotación sería de 600.000 Ptas. cada año, cantidad que repartida entre los 22,7 millones de metros cúbicos alumbrados gravaría cada uno de estos con unos 2 $\frac{1}{2}$ céntimos de peseta.

Cuenca del río Mijares.— Esta cuenca presenta mayores posibilidades que la de la Rambla de la Viuda respecto al alumbramiento de aguas subterráneas, pues su extensión es mayor y las circunstancias de la circulación de las aguas bajo el suelo son análogas, es decir amplias zonas calizas de absorción de aguas meteóricas en la cabecera y estrechos cauces abajo, donde pueden emplazarse las obras de captación, pero el cuidadoso reparto y aprovechamiento que desde tiempo inmemorial se hace de sus aguas superficiales con destino a tierras de inmenso valor agrícola, hace que no sea aconsejable acometer trabajos de aquella naturaleza, pues por muy meticulosamente que se hicieran los estudios de detalle para implantarlos, a fin de obtener la máxima garantía técnica en cuanto a que la ejecución de tales obras no acarrearía perjuicio alguno a los actuales aprovechamientos superficiales, sería difícil convencer de ello a los usuarios.

CONCLUSION

Dentro de la zona descrita de la cuenca de la Rambla de la Viuda, donde convendría ejecutar las labores propuestas de alumbramiento de sus aguas subterráneas, hay que elegir la región más apropiada mediante un estudio geofísico del subsuelo, completado, si e

-31639

preciso por sondeos, para determinar la marcha del cauce o cauces triásicos que las conducen y comprobar si se verifica el supuesto, que antes hemos hecho, de la división allí del caudal subterráneo en dos partes, una que se dirige al mar en dirección E. y otra que sigue el curso de la rambla hacia el S. a fin de captar el mayor volumen posible de ambas.

Una vez determinados el relieve y posición de la superficie triásica, se dispondría la galería o galerías de alumbramiento a la profundidad y en las direcciones convenientes y asimismo se perforaría la galería de conducción estableciendo su entrada a la cota necesaria, caso de que se impusiera la necesidad de modificar la cota de 100 mts. que como más conveniente, le hemos fijado.

Madrid, Abril de 1.942.

LOS INGENIEROS,

D. Benito Latorre

D. Fernando Bañito