

TOMA SUPERFICIAL DE AGUA EN PANTANOS NATURALES

Por JUAN J. GOMEZ-CORDOBES HERNANDEZ,
Ingeniero de Caminos.

El autor presenta un interesante trabajo que corresponde a una petición que le hizo en el año 1928 nuestro inolvidable D. Vicente Machimbarrena (q. c. p. d.), y que es el fruto de veintiocho años de estudio sobre el tema epigrafiado, en la comarca de Río de Cella (Teruel).

I. Consideraciones preliminares.

En el origen del río Jiloca, provincia de Teruel, afluente del río Jalón, y este segundo afluente del río Ebro (ambas confluencias en la provincia de Zaragoza), existen siete pueblos conocidos con la denominación genérica de Pueblos del Río de Cella. El primero de ellos, el de más altura sobre el nivel del mar, denominado Cella, con 1 050 m., y en terreno triásico sobre la Creta, según Vilanova y Piera.

En el mismo pueblo de Cella se encuentra su nunca bien ponderada Fuente, tal como se descubre en la única fotografía que presentamos de la misma. Tradicionalmente es considerada como un pozo u obra artesiana, descubierto por un Ingeniero actualmente desconocido. En el año 1729, por disposición expedida el 23 de enero del mismo, por D. Ventura

de Robles, Oidor de la Real Audiencia de Aragón y bajo la dirección del Ingeniero D. Domingo Ferrari, encargado de las obras, fué construído el cerco de piedra-sillería que desde entonces rodea y hermosa "alhaja tan preciosa", según frase de dicho Sr. Robles, y según resulta del Acta levantada al efecto, en 15 de septiembre del mismo año, satisfaciendo Cella sin contribución, asistencia ni ayuda de otro lugar, universidad ni persona alguna, la considerable suma de trece mil libras valencianas que importaron las obras.

Don Juan Vilanova y Piera, autor de la obra *Ensayo de descripción geognóstica de la provincia de Teruel*, dice en la página 182: *Mucho había oído celebrar la abundancia de agua y demás particularidades de esta fuente, pero confieso que al verla quedé sorprendido de su magnificencia, pareciéndome muy*



pálidas todas las descripciones que había oído y leído. Efectivamente, del centro de una alberca o pilón construido de piedra-sillería con solidez y buen gusto, que medido por uno de los guías que me acompañaban tiene 1.41 pasos cabales de circunferencia, aparece un majestuoso hervidero de ácido carbónico, que arrastrado por la prodigiosa cantidad de agua que sale a borbollones, aparece aquí en forma de burbujas sueltas, las cuales rompen a la superficie de aquella vasta masa líquida, cuyo color azulado en un día sereno por el reflejo de la bóveda celeste viene a aumentar el encanto del que ha tenido, como el autor de este escrito, la dicha de contemplar uno de los más sorprendentes resultados de la industria. Nada de cuanto expongo es exagerado; antes bien, deploro la torpeza de mi pluma en explicar todas las emociones que experimenté la primera vez que pude contemplar tan agradable espectáculo; torpeza e imperfección que suplirá, por fortuna, el siguiente poema inspirado a un autor desconocido por la vista de la mencionada fuente, escrito en latín y cuya versión libre al castellano debo a la amistad del distinguido Profesor del Colegio de PP. Escolapios de Albarracín, el P. Castán, a quien soy deudor también de muchos y muy buenos fósiles de aquellos alrededores, recogidos por sí y por los alumnos, en cuyo ánimo inspira con rara sagacidad y buen éxito el más decidido gusto por las ciencias naturales. Reciba de paso una pequeña prueba de mi profunda gratitud tan distinguido Profesor como franco y leal amigo, haciendo en este lugar la mención que se merece por sus relevantes prendas. He aquí ahora la anunciada composición:

P O E M A

No hay en el orbe que el espacio llena
Otra que iguale a mí, soberbia fuente:
El arte abriera con fecunda vena
La dura piedra que oprimió mi frente
En dos ríos: feliz, pura, serena,
Tiendo apacible mi gentil corriente,
Y al despedirse, cuando a Dios murmura,
Lleva a los pueblos sin cesar ventura.

Mi origen misterioso en el escombro
De los siglos caídos se oscurece:
De alegría y verdor la tierra alfombró,
Que ventura doquier al hombre ofrece:
Los tristes pueblos con dolor asombró
Si largo tiempo sin llover parece:
Escondiendo mis rías aquí dentro
De mi hondo seno en el profundo centro.

Mas luego que la lluvia Dios envía,
otra vez mi caudal, rico, fecundo,
Despliego murmurando de alegría,
Y resucita el prado moribundo,
Tornando su perdida lozanía:
Los pueblos saco del dolor profundo.
Admira mi frescura en el estío,
Y mi calor en el invierno frío.

¡Gloria, eterno loor! al que primero
Inspirado por Dios, de piedra dura
Rasgó la entraña con el fuerte acero,
Para hallar mi escondida sepultura:
Yo, en mi corriente murmurarle quiero
Henchida de riqueza, de ventura,
Que brota siempre de mi boca bella,
Soberbia Fuente del humilde Cella.

Una gran parte de los términos municipales de los siete pueblos del río de Cella, forman una llanura que se presta a las labores agrícolas, y desde remotísimos tiempos la mayor obsesión de sus naturales pobladores fué la de disponer de agua para regar. Cuando llueve y nieva en la comarca, las aguas correspondientes se filtran en la llanura, y las que discurren por los barrancos torrenciales, en la zona montañosa, en cuanto llegan al llano, se filtran igualmente, desapareciendo totalmente. Con anterioridad al feliz alumbramiento de la Fuente de Cella, no debía existir más que una gran llanura sin río: el primer manantial o fuente importante del río Jiloca era entonces el conocido con el nombre de Ojos de Monreal, situado entre Villafranca, último de los siete pueblos, y Monreal. Los siete pueblos citados vivieron muchos años en terrenos de secano, con la constante preocupación de convertirlos en terrenos de regadío.

Cella, el que da nombre a la comarca, construyó, en tiempos que alcanzan hasta la dominación romana, un espléndido acueducto que conducía el agua del río Guadalaviar, nombre árabe que significa Río Blanco, tomándola precisamente en la ciudad de Albarracín y del que se conservan vestigios constantemente admirados por los viajeros que en plan turístico llegan a tan antiquísima ciudad. También se encuentran vestigios del acueducto a su terminación en la proximidad de Cella, pueblo que con finalidad agrícola transvasaba las aguas del citado río, afluente del río Turia a la cuenca del río Jiloca, afluente del Ebro. La considerable longitud de tal acueducto y el excesivo coste que para Cella suponía su conservación, hizo pensar a los usuarios en la conveniencia de disponer de agua más próxima al pueblo, y perseverantes en sus esfuerzos, sin omitir medio alguno para realizarlos, después de frecuentes investigaciones en su término municipal que ocasionaron gastos de consideración, vieron coronada su empresa con el descubrimiento de la fuente que lleva su nombre, en lugar entonces muy inmediato al pueblo, denominado El Llano, que hoy queda dentro de la población.

No se conocen documentos que denuncien a la posteridad tan importante acontecimiento para la comarca, pero bajo diferentes formas se ha perpetuado por medios simbólicos y tradicionalmente. La fuente de Cella es el escudo o divisa del pueblo, y se halla esculpido en la torre de la iglesia parroquial, en diversos edificios particulares, en las Casas Consistoriales, etc.

Desde que fué descubierta la fuente hasta que el

Ingeniero Ferrari construyó, en 1729, el cerco de piedra de sillería que rodea, recoge, encauza la aguas y hermosa el conjunto, debieron transcurrir muchos años. El poema que tan magistralmente describe la fuente, nos dice que periódicamente se queda sin agua, sumiendo a los pueblos en miseria temporal, hasta que vuelve a brotar nuevamente. Seguramente el año 1729, en que Ferrari construyó el cerramiento, existía una de las citadas sequías periódicas, pues hace dos siglos y cuarto no se podía contar con instalaciones de agotamiento capaces de dejar en seco el espacio necesario para que el Ingeniero pudiese ejecutar su obra. El Ingeniero que hizo el alumbramiento de la fuente de Cella, resulta actualmente desconocido. Dada la necesidad de la ejecución de la obra de Ferrari, es de presumir que no desaprovecharían los usuarios que siguieron al alumbramiento más de tres o cuatro sequías de la fuente, que con periodicidad media de cincuenta años nos conduce aproximadamente a dos siglos antes de la construcción encomendada a Ferrari, o sea al siglo XVI, en el que se pueden comenzar investigaciones en los archivos de Cella y Albarracín principalmente.

El régimen del caudal de la fuente es muy variable, con máximos del orden de tres mil litros por segundo. Indudablemente la comarca no estaba preparada para recibir tan importante caudal de agua, y se formó entre Cella y el siguiente pueblo del Río una gran laguna conocida con el nombre de Laguna del Cañizar, insalubre en alto grado, que infeccionaba a los dos pueblos, más intensamente al segundo, por lo que tuvo que intervenir la Superioridad, con vistas al saneamiento de la comarca, pues, aunque menos intensamente, también resultaba perniciosa la laguna citada a los demás pueblos y dió la orden de la apertura del río Madre, por el que discurren las aguas sobrantes de los abundantes riegos de la amplia huerta de Cella y que antes de su apertura se acumulaban en la Laguna. El trabajo de la apertura del río Madre se hizo por cuenta de los siete pueblos, y Villarquemado, el más intensamente castigado por las fiebres, según se dice tradicionalmente, se comprometió a contribuir a los gastos del saneamiento, renunciando al riego en su término municipal.

Una vez saneada la comarca con la apertura del río Madre, se despertó en los seis pueblos restantes el deseo de utilizar las aguas que le sobraban a Cella, y su aprovechamiento convirtiéndose en origen de continuas discordias, ocupando en todo momento la peor situación Villarquemado, por la renuncia que hizo de su derecho al riego, temeroso de que volviesen a reproducirse las fiebres que anteriormente diezaban su población.

Naturalmente llegó para Villarquemado el momento de su arrepentimiento. Con la apertura del río Madre cambió radicalmente la situación: se crearon féculdas huertas y las fiebres desaparecieron totalmente. Villarquemado recuperó la imprescindible salubridad para su existencia, pero no el derecho per-

dido a regar con las aguas que le sobraban a Cella. Por el año 1880 cesó definitivamente la reiteración por parte de Villarquemado, en su intento de recuperar por la vía judicial su derecho al riego en las mismas condiciones que los restantes pueblos, dando por terminada su lucha de más de un siglo.

En el momento actual, Villarquemado se dispone a realizar lo que hicieron en Cella hasta obtener el alumbramiento de su famosa fuente. Se dispone a utilizar los recursos de la Ingeniería y los auxilios del Estado. Cuarenta años después de cesar la lucha judicial, por el año 1920, pocereros valencianos y catalanes, expertos en alumbramientos en sus respectivas regiones, comenzaron trabajos en los campos del segundo de los pueblos del río de Cella. Por el año 1927, un propietario del pueblo, D. Antonio Marco, luchador infatigable, se encontró con que el práctico que se comprometió a un determinado alumbramiento para regar sus tierras, no pudo dominar el terreno, por él desconocido, por el procedimiento que empleaba en la región de su procedencia, viéndose obligado a recurrir al Ingeniero autor del presente artículo, y con una camisa de hormigón ligeramente armado, hincada por el procedimiento indio, quedó hecho con toda rapidez y seguridad el pozo de captación, que se conserva hoy en perfecto estado, quedando a poca distancia abandonado el que primeramente se comenzó. Los convecinos de D. Antonio, en vez de alentar al promotor de este trabajo, persona de excelentes luces naturales, guiada por su interés de descubrir el procedimiento de acabar con el martirio de su pueblo al ver el agua de la fuente de Cella rodada por su término municipal, camino de los otros cinco pueblos situados aguas abajo, sin poderla utilizar, se mofaban en cuantas ocasiones se les presentaban, estimando completamente imposibles los proyectos de D. Antonio, el que, percatándose del ambiente local desfavorable, pidió al Ingeniero una demostración de la posibilidad de regar en Villarquemado y lo antes posible ejecutada.

Siendo la rapidez y la economía las que habían de presidir en la demostración, había que utilizar el pozo construido, con las dimensiones que fijó el pocerero y que producía aproximadamente 1,25 litros/segundo. El cubo de agua correspondiente, funcionando continuamente el grupo motobomba durante cinco días, es de $5 \times 24 \times 60 \times 60 \times 1,25 = 540\,000 \text{ l.} = 540 \text{ m.}^3$. Si construimos un depósito de 600 m.³, una vez lleno podremos regar con un caudal de 30 l./seg. durante cinco horas y media aproximadamente, y con un caudal de 35 l./seg., durante una hora y tres cuartos, en el supuesto de haber parado el grupo en cuanto quedó lleno el depósito. Para una demostración, era demasiado la construcción de tal depósito, pero como el ambiente local estaba muy enrarecido y la demostración se hacía indispensable, D. Antonio aceptó su construcción, y por las escasas disponibilidades de un propietario que estaba dando los primeros pasos en el

asunto de transformar sus terrenos de secano en regadío, forzosamente había que darle carácter provisional, como a los barracones de obra que suelen construirse en las verbenas y ferias de poblaciones importantes. En la construcción de tal depósito se tropezó con la dificultad de que el terreno firme se hallaba a una profundidad mayor de 40 m., por lo que fué preciso apoyarlo sobre el terreno natural agrícola y buscando una disposición que permitiera descubrir las fugas de agua que se pudieran presentar, resultó la obra que puede verse publicada en la revista científica francesa *Le Génie Civil*, núm. 2389, del sábado 26 de mayo de 1928, brevemente reseñada por el Ingeniero M. Gaillard. Se trata de un depósito elevado en forma de *concha* sobre el sediento suelo de Villarquemado, al que se dió el nombre de la señora madre de D. Antonio.

La demostración de la posibilidad de regar se realizó prácticamente a satisfacción de los vecinos del tantas veces mencionado pueblo, manifestada por todos los que acudieron a presenciarla con la misma expresión: permanecían silenciosamente, contemplando y comparando el terreno que se regaba con el terreno contiguo sin riego, ambos terrenos sembrados, y todos terminaban unánimemente con la siguiente exclamación: ¡El agua es verde! Desde el año 1927, en que tuvo lugar, han transcurrido veintiocho años. Actualmente, D. Antonio Marco tiene concedidos créditos del Instituto Nacional de Colonización y ha dado comienzo a las obras para regar sus tierras.

La fuente de Cella aflora su caudal por encima de los terrenos que fertiliza, en el mismo pueblo, desde cuyo afloramiento parten las acequias que lo distribuyen.

La fuente de Villarquemado no aflora sus aguas por encontrarse subálveas, siendo preciso poner su abundante caudal en circulación por medios mecánicos. Probablemente cada propietario se construirá la obra necesaria para los regadíos que pretenda establecer. Se podría establecer un gran alumbramiento que permita la municipalización de los riegos en el término municipal.

La tendencia de los agricultores, ansiosos de regar porque ven cómo riegan los demás pueblos de la comarca con agua rodada que pasa por su propio término municipal, sin poderla utilizar, es la de construir pozos de pequeño diámetro y de mucha profundidad. Un pozo poco profundo y de pequeño diámetro, generalmente adoptado con vistas a la economía de la obra, suministra en la comarca del río de Cella siempre un caudal relativamente pequeño, y todos los propietarios que desean obtener un caudal abundante, llegan a la misma siguiente conclusión, de acuerdo con los poceros llamados, famosos por sus alumbramientos en la tierra de su procedencia: para alumbrar un gran caudal es preciso profundizar lo más posible el pozo, sin tomar en consideración el diámetro del mismo, como si se tratase de una constante sin influencia alguna en el

caudal. Hasta el presente han fracasado en dicha comarca todas las tentativas hechas con pozos de pequeño diámetro y diversas profundidades. Únicamente podría dar resultado aceptable la perforación de un gran sondeo de profundidad mayor que el espesor de los bancos arcillosos y silíceos sedimentarios que contienen el agua íntimamente entremezclada, para que, penetrando en las rocas cavernosas, injertase en una conducción forzada subterránea; pero como actualmente es muy difícil realizar un tal injerto, interesa a Villarquemado principalmente regar abundantemente sus tierras con el caudal subálveo de su potente fuente, siguiendo el procedimiento que se indica en el siguiente capítulo y que fué iniciado, como se dijo anteriormente, hace veintiocho años. El autor de este trabajo tiene la seguridad de que Villarquemado, el último de los pueblos en materia de riegos, será pronto el primero, cuando menos en los años en que la fuente de Cella esconde su caudal. El caudal subálveo de la fuente de Villarquemado permanece oculto todo el tiempo que no se riega y no sufre las crisis agudas del caudal de la fuente de Cella, y el caudal sobrante de los riegos se esconde nuevamente en el gran vaso subterráneo de la comarca.

La altura de Villarquemado sobre el nivel del mar es del orden de los 1000 m., y su clima solamente permite una cosecha anual de cereales, remolacha, patatas, cañamo, etc., por lo que la explotación de los riegos debe orientarse hacia la máxima economía y se debe huir de una altura de elevación grande. Los pozos deben ser poco profundos y en su fondo cabe establecer entubaciones que faciliten el acceso del caudal subálveo a pequeña velocidad, para que no sean arrastradas a la superficie las finísimas arenas que integran los bancos silíceos alternantes con los arcillosos del relleno del gran pantano natural de la comarca del río de Cella. Con el tiempo, el arrastre de arenas puede determinar asientos del terreno que ocasionen la ruina de las instalaciones que se establezcan para regar, análogamente a la ruina producida en el depósito elevado por el primer pozo que se construyó y quedó abandonado, sin revestimiento protector, por los desprendimientos que se producían en su interior, llegando a interesar la inmediata obra, construida exclusivamente para la imprescindible demostración de la posibilidad de regar.

Cuando en el año 1928 *Le Génie Civil* publicó el artículo del Ingeniero M. Gaillard sobre el depósito en forma de *concha*, el Ilmo. Sr. D. Vicente Machimbarrena, muy querido Profesor del autor de este trabajo y Director de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, me escribió pidiendo un artículo sobre el mismo tema que el de M. Gaillard. Como la demostración de la posibilidad de regar se pedía con la máxima urgencia, no hubo tiempo de hacer un estudio detenido de la *concha*, cuya vida era forzosamente de pocos años, tanto por la influencia perni-

ciosa del inmediato pozo abandonado, como por resultar antieconómico el depósito elevado para la explotación del riego. Según dice M. Gaillard en su artículo, la *concha* costó 7 500 pesetas con 600 metros cúbicos de capacidad útil y desempeñó perfectamente la finalidad que motivó su construcción, dejando de paso altamente satisfechos a D.^a Concha ;Presente!, a los regantes que presenciaron la demostración y a los numerosos bañistas que fueron autorizados por su propietario D. Antonio.

Respondiendo al requerimiento de nuestro don Vicente Machimbarrena ;Presente!, ofrecemos a nuestra REVISTA el fruto de veintiocho años de estudio, realizado con el máximo interés por servir a Dios, a D. Vicente y a la comarca del río de Cella, que es parte integrante de la Patria.

II. Consideraciones técnicas.

Comenzamos este segundo apartado o capítulo repitiendo afirmativamente que, en la parte llana de los términos municipales de los siete pueblos del río de Cella, se encuentra agua abundante subálvea a pequeña profundidad, lo que puede comprobarse en los numerosos pozos existentes en todo el llano de la comarca. Si oteamos el horizonte a uno y otro lado del citado llano, se descubre, de una parte, la sierra de Palomera, con rápidas laderas rocosas que continúan por bajo del llano, y de otra, las estribaciones de los Montes Universales, con laderas rocosas, no tan rápidas como las anteriores, que descienden igualmente por bajo de la llanura. Ambas laderas se aproximan por Villafranca, último pueblo de la comarca, cerrando un gran vaso natural, que con los siglos se ha ido llenando con los productos de la erosión producida por los agentes atmosféricos, arrastrados por las aguas pluviales, y los sondeos realizados nos dicen que en la parte central del llano el relleno está formado por elementos finos arcillosos y silíceos, formando bancos de mucho mayor espesor los primeros, entre los que se aloja el agua ocupando todos los huecos y fisuras que se produjeron en su formación.

Las dimensiones de este gran pantano natural las estimamos, aproximadamente por defecto, como sigue:

Longitud	= 40.000 Km.	} Volumen = 4 kiló- metros ³ = 4 × 10 ⁹ metros cúbicos.
Ancho medio.....	= 2.000 »	
Profundidad	= 0,050 »	

Difícil es fijar la proporción en que se encontrará el agua con la arcilla y las arenas silíceas llenando este gran pantano natural, proporción que variará con la profundidad, y a juzgar por la rapidez con que se llenan los numerosos pozos existentes, creemos estimar por defecto una proporción media para el agua del dos y medio por ciento.

Con los anteriores datos, el cubo de agua almacenada en el gran pantano natural, laboreado en su su-

perficie por los siete pueblos del río de Cella, es de un orden superior a los cien millones de metros cúbicos:

$$0,025 \times 4 \times 10^9 = 100 \times 10^6 \text{ m.}^3.$$

Un desagüe natural de este gran pantano, en la cabecera del río Jiloca, es el manantial Ojos de Monreal, cuyo caudal permanece invariable, según afirmación hecha por los vecinos o moradores de Monreal, pueblo situado a continuación de Villafranca. Con anterioridad al descubrimiento de la Fuente de Cella, los Ojos de Monreal constituían el origen o primer manantial importante del mencionado río, y la regularidad de su caudal nos induce a pensar en que el pantano alimentador está siempre lleno. Probablemente los observadores del pueblo no apreciarán pequeñas variaciones del caudal que deberán producirse correlativas con las pequeñas variaciones de profundidad que se observan en la capa freática o nivel superior del agua en el pantano alimentador.

Cuando se abren las compuertas de un pantano artificial, el agua sale para no volver más al vaso de donde salió, verificándose la necesaria reposición con nuevas aportaciones pluviales. Cuando se tome agua para regar en Villarquemado o en otro de los seis pueblos restantes de la comarca, del gran pantano natural que estamos considerando, el agua tomada, después de fertilizar los terrenos próximos al punto de toma, por filtración vuelve un importante sobrante al vaso de donde salió. Todas las circunstancias son favorables al éxito del establecimiento de un importante o amplio regadío a base de agua subálvea.

Como se dijo en el apartado anterior, han fracasado hasta el presente todos los intentos realizados para tomar caudales abundantes a mucha profundidad, en el gran pantano citado, y si además tenemos en cuenta la mucha altura a que se encuentran los terrenos regables, situados en su superficie en un clima francamente frío, debemos orientarnos hacia la toma de los caudales necesarios a pequeña profundidad para que el precio del agua resulte pequeño, construyendo obras más amplias que los pequeños pozos de captación, con los que inútilmente se ha pretendido alumbrar caudales importantes.

En el capítulo anterior vimos que con 600 m.³ se puede regar con un caudal de 35 l./s. durante 4 horas y 3/4. El volumen de agua necesario para regar las veinticuatro horas del día con el mismo caudal es de:

$$600 \times \frac{24}{4 + 3/4} = 600 \times \frac{96}{19} = 3032 \text{ m.}^3$$

Si practicamos dentro del pantano un hueco o pozo con las dimensiones necesarias para que cubique por debajo del nivel de la capa freática los 3 032 metros cúbicos, esta oquedad artificial será, como los demás huecos, ocupada por el agua, y con un grupo motobomba se puede elevar al canal o acequia de conducción para ser consumido con el caudal previsto.

El pozo que se construyó en Villarquemado por el año 1927, con el que se hizo la demostración de la posibilidad de regar, se llenaba, aproximadamente, tres veces cada veinticuatro horas. Posteriormente se colocó en su fondo un tubo buzando verticalmente hasta alcanzar una potente capa acuífera existente a unos cuarenta metros de profundidad, con lo que se consiguió que el pozo se llenase ocho veces en las veinticuatro horas. Claro está que si se amplía la entubación del pozo, poniéndole mayor número de tubos, se llenará más de ocho veces en las veinticuatro horas.

Volviendo a la oquedad artificial de 3 032 m.³ del párrafo anterior, si se llenase una sola vez cada veinticuatro horas, podríamos regar constantemente con un caudal mayor de 35 l./s., porque al mantener bajo el nivel del agua durante las horas del riego, el pozo da un caudal bastante mayor que el caudal medio de 35 l./s., y dado el caso de que el propietario del pozo tuviese suficiente con el menor, podría ceder el exceso a otro regante inmediato o bien regar empleando menos horas. Si se llenase diez veces en veinticuatro horas se dispondría de un caudal bastante superior a 350 l./s., y el propietario que construyó el alumbramiento para los 35 l./s., que necesitaba habría hecho un gasto excesivo en el caso de que no tuviese posibilidad de aprovechar los 315 litros/s. que le sobran, más el superávit correspondiente en las horas de riego por estar bajo el nivel del agua en el pozo.

Para proyectar una obra proporcionada al caudal que se desea alumbrar en un pantano natural cualquiera de los muchos existentes, se puede seguir el siguiente procedimiento, aplicado al caudal que venimos considerando, de 35 l./s.

Si existen en el pantano alumbramientos o tomas de agua superficial ya construidos, averiguaremos en ellos el número de veces que se llenan los pozos de captación durante veinticuatro horas, y si no existen, comenzaremos por construir una pequeña toma de ensayo, con vista a ser utilizada cuando, ultimado el proyecto, se construya la obra correspondiente. Supongamos que por uno u otro procedimiento llegamos a la convicción de que la obra, que como ya se ha dicho, ha de desempeñar el doble papel de captación y regulación, se puede llenar diez veces cada veinticuatro horas.

La forma más conveniente para la oquedad, feno, depósito o pozo es la circular, con sección constante o variable. Designemos por H la profundidad de la obra y por h la profundidad de la capa freática: la altura del agua dentro del cilindro o cono, a grupo elevador parado, es dada por la expresión $H - h = \Delta$, y en el caso de la forma cilíndrica, el volumen del agua contenida es $V = \pi R^2 \Delta$. Para una buena

explotación en terreno elevado sobre el nivel del mar, interesa que Δ sea pequeña: tomando $H = 9$ m., para $h = 3$ m., resulta $\Delta = 6$ m.

Manteniendo bajo el nivel del agua, el caudal producido será bastante superior a $10 \times q = 3\,032$ metros cúbicos, y dejando el superávit para compensar imprevistos desfavorables que puedan presentarse, tomaremos el caudal $q = 3\,032/10 = 303,2$ m.³, y del $V = \pi R^2 \times 6 = 303,2$ deduciremos el radio del cilindro:

$$R = \sqrt{\frac{303,2}{6\pi}} = 4 \text{ m.}$$

Si hubo necesidad de construir la pequeña obra provisional para tener experimentación, esta misma obra, ampliada, nos servirá para obtener la obra captadora reguladora, construyendo alrededor y concéntrica la excavación suplementaria.

La sección horizontal del pozo es, aproximadamente, de 50 m.², en la que se repartirán los tubos necesarios para que la velocidad ascensional de las aguas profundas no sea capaz de arrastrar las finísimas partículas silíceas de los bancos sedimentarios que contienen o almacenan el agua. La capacidad reguladora del pozo es, aproximadamente de 300 m.³. La excavación de tierras es, aproximadamente, $9/6 \times 300 = 450$ m.³, que se pueden aprovechar para la fabricación de adobes, ladrillos, tejas, etc.

Los pozos cilíndricos en los pantanos naturales, con rellenos fácilmente deleznable, como en el que estamos considerando en la comarca del río de Cella, exigen que se les proteja con un revestimiento. Empleando la forma tronco-cónica con tajadas elevadas se podrá prescindir del revestimiento o emplear corazas de las anunciadas por las casas proveedoras de gaviones metálicos. El espesor Δ del agua en el pozo se fijará en cada caso a la vista de las particularidades correspondientes en cada localidad, pues entre Δ y el volumen de agua V a motor parado, correspondiente con Δ , se presentan incompatibilidades que es preciso ajustar.

III. Consideraciones finales.

Todo cuanto se expone en los dos capítulos anteriores, se refiere a la cuenca alta de alimentación del río Jiloca, en la que existe un gran pantano natural que afecta a siete términos municipales de la provincia de Teruel, de los que hemos citado tres en orden descendente: los dos primeros, Cella y Villarquemado, y el tercero, Villafranca, último de los siete de la comarca. A todos puede interesar este trabajo y en el presente momento creemos imprescindible mencionar a los cuatro restantes: Santa Eu-

lalia, Torremocha, Torrelacárcel y Alba, desde el punto de vista de la ampliación de los terrenos de regadío y mejora de los existentes. Los siete pueblos colocan su producción de remolacha en la gran fábrica "Azucarera del Jiloca", establecida en Santa Eulalia. Existe un octavo pueblo denominado Singra, que no fué tomado en consideración por Cella al hacer la distribución de las aguas de su fuente y que realmente se encuentra en la misma comarca, posiblemente con terrenos dentro del pantano, por lo que también hemos creído imprescindible mencionarle.

Al comienzo del capítulo II fué evaluado el cubo de agua almacenada en este gran pantano en más de cien millones de metros cúbicos, que vamos a comparar con el cubo de agua que anualmente produce la fuente de Cella, tomando su caudal medio de 1 500 l/s.:

$$1\ 500 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 47\ 304 \times \\ \times 10^6 = 47\ 304\ 000\ \text{m}^3.$$

La subálvea fuente de Villarquemado tiene a disposición de los usuarios más de cien millones de metros cúbicos de agua, de los que la mayor parte se hallan en los metros superiores del pantano, como en la generalidad de los pantanos artificiales contruidos por la Ingeniería.

Se descubre de lo expuesto:

- 1.º Que la fuente de Villarquemado dispone de un volumen de agua mayor que la fuente de Cella.
- 2.º Que el caudal de la fuente de Cella, después de servir los regadíos existentes, tiene un sobrante que pasa por filtración al gran depósito de la fuente de Villarquemado.

¿Por qué damos el nombre de fuente de Villarquemado al pantano natural existente en los términos municipales de los pueblos de la comarca del río de Cella? Porque Villarquemado, segundo de los pueblos del río, por las razones que se expusieron en el capítulo I, no pudiendo utilizar las aguas de la fuente de Cella para salvar sus cosechas, lleva muchos años empeñado en utilizar las aguas que tiene debajo de los terrenos de secano, que pretende transformar en regadío, y a sus esfuerzos se debe el descubrimiento del pantano, siendo el primero de los pueblos de la comarca que empieza ya a utilizarlas. Así como Cella, en remotos tiempos, no cesó de trabajar hasta conseguir el alumbramiento de su famosa fuente, Villarquemado lleva muchos años trabajando para regar con el agua subálvea almacenada en este gran vaso natural, por lo que indudablemente tiene un derecho de prelación en el uso de sus aguas. En la separación de los términos de Cella y de Villarquemado se puede construir un gran alumbramiento, una gran alberca, como la que el ingeniero Ferrari construyó en

la fuente de Cella. Con este alumbramiento Villarquemado municipalizaría el riego en el término y Cella sanearía su huerta, aumentando notablemente la producción de la zona que padece de exceso de humedad.

Todo cuanto se ha dejado establecido respecto a toma superficial de agua en el pantano natural estudiado, se puede hacer extensivo a cuantos pantanos naturales se encuentren sin aprovechar.

El material sólido que llena los pantanos naturales tiene constitución diferente, según sea la constitución geológica de su cuenca de alimentación. Cuando sea aprovechable dicho material, el valor de los productos de la excavación puede ser suficiente para cubrir el gasto correspondiente, siendo esta circunstancia favorable al establecimiento de grandes alumbramientos en plan de cooperación o municipalización.

En la preparación de este trabajo se han consultado las siguientes obras:

Reales Ordenanzas y Providencias, Sentencias y Real Decreto sobre el aprovechamiento de las aguas de la fuente de Cella, publicada por la Junta Local de Aguas.

"Ensayo de descripción geognóstica de la provincia de Teruel", por D. Juan Vilanova y Piera.

Para los alumnos de la Escuela que hayan estudiado el curso de Geología existe una excursión o viaje de prácticas entre Cella y Bronchales, de la provincial de Teruel, pasando por Monterde, haciendo el recorrido por el camino vecinal existente. En Cella se contempla con admiración el pozo artesiano alumbrado por un ingeniero actualmente desconocido y hermosecado en el año 1729 por el ingeniero D. Domingo Ferrari, como se descubre en la única fotografía que presentamos. Entre Cella y Bronchales, por Monterde, se contemplan diversas formaciones geológicas, dominando el clásico Jura español, con una abundancia de fósiles no menos admirable que el citado pozo artesiano. En Bronchales, un excelente hotel, a 1 600 m. sobre el nivel del mar, con las mejores truchas de tres importantes ríos que nacen en su proximidad y el jamón de la provincia de Teruel, proclamado en Zaragoza como el mejor, según puede comprobarse en todas las expendedorías de este artículo de la capital de Aragón. Existe una carretera del Estado entre Cella y Bronchales cerrando circuito con el citado camino vecinal, que hace años fué proyectado de 6 m. de ancho por el autor del presente trabajo. La citada carretera pasa por la ciudad de Albarracín, altamente interesante, y en su recorrido, por el cauce del río Guadalaviar, afluente del Turia, se completa la contemplación del clásico Jura español, así como se descubren los restos del antiguo acueducto romano que trasvasaba las aguas del citado río,

tomadas en Albarracín, a la cuenca del Ebro, para fertilizar los campos de Cella, como ya se dijo en el primer capítulo.

Con el tiempo será posible encontrar agua surtidora para Villarquemado, y hasta que llegue tal acontecimiento, tiene asegurado el riego poniendo en circulación su abundante agua subálvea. Como hizo Cella hasta que se sintió bien servida, Villarquemado no debe cesar en su aspiración a tener agua surtidora, y para ello, en el momento actual, puede pedir un informe necesario, y dado el caso de que resulte positivo, tendremos a la vista una posible realidad.

Para finalizar este trabajo vamos a dar una idea aproximada de la obra necesaria para dar a Villarquemado mil litros de agua por segundo en la mojonera con Cella, a base de que se llene diez veces diarias con altura de agua $\Delta = 6$ m. y con forma tronco-cónica circular al talud 1/1. Décima parte del caudal diario $= 2,4 \times 60 \times 60 \times 10^3 = 864 \times 10^4 = 8640$ m.³. Expresión del volumen del tronco de cono:

$$V = \frac{6}{3} \pi (R^2 + r^2 + Rr) = 8640.$$

$$R = r + 6.$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, resulta $r = 18,84$, que redondeando elevamos a $r = 20$ m. y $R = 20 + 6 = 26$ m.

La circunferencia superior de radio $R = 26$ m., limitaría el contorno interior de la alberca con longitud de 164 m. aproximadamente. El guía que por orden de D. Juan Vilanova y Piera midió en la fuente de Cella la longitud de la circunferencia de su cerco de piedra de sillería, obtuvo 141 pasos cabales, según se dijo al comienzo del capítulo I, aproximadamente 141 metros, resultando, por tanto, para la alberca del futuro alumbramiento una longitud mayor en unos 23 metros.

En el fondo de la alberca, círculo de 20 m. de radio, existen 1257 m.² para situar los tubos captadores de aguas profundas, tantos como sean precisos para que no asciendan las pequeñas partículas silíceas de las formaciones sedimentarias que almacenan el agua en la profundidad del pantano.

Para terminar, se complace el autor dar muchas gracias a Dios por haberle permitido la alta satisfacción de mandar a la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS el artículo que solicitó hace tantos años.

