

Hecho fido

EMILIO CORUGEDO

AVANCE PARA EL ESTUDIO
DE LA CUENCA ARTESIANA DEL DUERO

(Publicado en el Boletín oficial de la Dirección General de Minas y Combustibles.)

AÑO XX - NÚM. 234
NOVIEMBRE DE 1936

JT - F 903

T. 1258042

C. 71679106



R. 159769

AVANCE PARA EL ESTUDIO DE LA CUENCA ARTESIANA DEL DUERO

por

EMILIO CORUGEDO

LA HIDROGRAFÍA DEL DUERO.

Al tratar de investigar las causas que han originado la hidrografía de una región, se encuentra, frecuentemente, que están en íntima relación con la tectónica del terreno, y, a pesar de que el modelado de las formas es modificado por la acción de los ríos principales y de los afluentes, ocurre que la estructura primitiva es más sencilla que la que resulta de los trabajos posteriores de erosión, aunque permanecerán siempre los movimientos antiguos como el esqueleto de las formas actuales; y vamos a hacer ver que la red de distribución del río Duero se encuentra en íntima relación con la tectónica de los terrenos terciarios, y para ello presentaremos algunos hechos que nos permitan ver la armonía existente entre ambas.

De las diferentes cuencas que comprende la 2.^a División de Aguas Subterráneas, que ocupa el noroeste y parte del centro de España, la que tiene mayor importancia con gran diferencia a todas las demás es la del Duero, la cual se extiende por la altiplanicie de Castilla la Vieja, siendo éste el río que discurre a mayor altura sobre el nivel del mar, pudiendo calcularse que pasa de 800 metros su cota media; marcha en su mayor recorrido por las capas miocenas de esta altiplanicie, pero las cabeceras de los ríos están formadas por terrenos más antiguos y constituyen grandes cordilleras.

Tiene su nacimiento en los elevados picos de Urbión, a 2.246 metros; pasa por la capital de Soria a 1.100 metros de altura; llega a Valladolid con 693, y en Zamora se encuentra con

620 metros, deslizándose en este recorrido por los dilatados mantos miocenos; luego sufre un cambio brusco en su marcha, dejando las capas arcillosas, y se precipita en los rocosos granitos del borde occidental de la cuenca (Saltos del Duero); más tarde, lentamente, va a morir al mar.

Al tratar de investigar la cantidad de agua que circula en los diferentes ríos para determinar la que puede pasar al subsuelo, encontraremos que tienen mayor caudal los afluentes que el río principal, especialmente los situados en la margen norte, sobresaliendo sobre todos el Esla y el Pisuerga; marchan éstos en dirección suroeste y recogen las abundantes aguas de la falda meridional de la Cordillera Cantábrica; la rama central del Duero va de este a oeste, entre Soria y Zamora, y por el mediodía de la cuenca los ríos que parten de la Cordillera Carpeto-betónica siguen la dirección noroeste, señalando de esta manera la altiplanicie de Castilla un buzamiento bien determinado hacia el oeste.

El recorrido del Duero, próximo al nacimiento, en tierras sorianas, tiene como una indeterminación en su marcha, pues parece dirigirse en un principio hacia el Mediterráneo, marchando paralelamente al Sistema Ibérico y al río Ebro, y señala como una rectificación, haciendo un amplio arco alrededor de la capital de Soria para dirigirse después, resueltamente, con dirección este a oeste.

En esta provincia de Soria recoge el agua de numerosos afluentes del Sistema Ibérico, pero su caudal es reducido para que las aguas lleguen al elevado volumen de 11.000 millones de metros cúbicos que posee; para ello es preciso que acudamos a los afluentes de la Cordillera Cantábrica, y aquí encontraremos varias depresiones por donde descienden, entre otros, los ríos Pisuerga, Esla y Orbigo, que tanta importancia tienen para el almacenamiento de las aguas artesianas. Los afluentes del Duero situados en la margen izquierda tienen menores longitudes, siendo también más escasos en su caudal, y en el subsuelo las arcillas abundan menos, por descender del macizo del Guadarrama las arenas que forman las márgenes de los ríos que se llaman Duratón, Adaja, Zapardiel, etc. Luego, con cierta independencia del río principal, nace el Tormes, bastante cau-

doloso, y, por otra parte, gran destructor de los sedimentos terciarios de la meseta, antes de unirse con el Duero.

Esta disposición de la red hidrográfica, relativamente reciente, ha denudado en parte la región occidental de su cuenca, pero en casi su totalidad se puede decir que apenas se ha iniciado la erosión; en unos lugares, como se observa en las provincias de Valladolid, Palencia, Burgos y Soria, aparecen intactos los tramos altos de la caliza del pontiense; en la parte baja los ríos inician la división de las capas horizontales que van formando verdaderas artesas volcadas, y en la parte norte de la cuenca el terreno diluvial, que ha cubierto inmensas zonas, ha protegido contra la denudación a las arcillas miocenas que componen el substrato. Por este motivo, a causa de la protección de las calizas superiores del terciario y de los mantos diluviales, a pesar de la inclemencia de su clima y de la fuerza destructora de sus caudalosos ríos, Castilla aún no ha dejado de ser una penillanura.

En esta planicie se pueden considerar varias regiones, según las características de su subsuelo; una al norte, que comprende las partes altas de León y Palencia, sobre las arcillas miocenas; otra oriental, formada principalmente por las calizas de los páramos del pontiense, comprendiendo gran parte de las provincias de Valladolid y Palencia, incluyendo grandes zonas de Burgos y Soria, y otra occidental-meridional, dentro de Zamora, Salamanca, Avila y Segovia, con menor cantidad de agua, con abundancia de estratos paleozoicos y de constitución más pobre en elementos terciarios.

Al recoger algunos de los datos relacionados con las cantidades de lluvia caída en su superficie, debemos indicar también la distribución que existe en sus diferentes zonas, dependiendo de la situación relativa de sus posiciones referidas a los bordes, pues encontrándose encerrada esta superficie entre las montañas Cantábrica, el Sistema Ibérico y la Cordillera Carpetana, además del reborde occidental por donde salen sus aguas, claro es que ejercerán una influencia decisiva en la precipitación de las aguas; así resulta que las alturas portuguesas impedirán la caída de las aguas pluviales, haciendo que éstas mermen notablemente, y encontraremos zonas donde sólo se reco-

gen 250 milímetros de agua; esto unido a la gran evaporación y a la composición del terreno, producirá la aridez proverbial del suelo castellano; sin embargo, en las proximidades del macizo Cantábrico y en el Ibérico las cifras señaladas aumentarán notablemente; así tenemos las lluvias de Soria que llegan a 570 milímetros, Burgos con 516 y León con 350, influidas por las expresadas montañas; en cambio, tenemos en Valladolid 308 y Salamanca sólo con 276 milímetros de agua al año. En la región, en general, se tienen dos máximos de lluvia, que corresponden a los meses de noviembre y mayo, y un mínimo en el mes de junio.

La escasez de agua en algunas zonas del territorio que estudiamos, especialmente en León, Zamora y Salamanca, es grande, y en este clima seco o más bien subdesértico, lo convierte en verdaderas zonas esteparias; al mismo tiempo la prolongación de la sequía estival, con fuerte evaporación, pues frecuentemente no llueve entre mayo y octubre, unido a la transparencia del cielo en un paisaje de líneas estilizadas, todo contribuye a que se piense con insistencia en la necesidad de poseer el agua que circula a pocos metros de nuestros pies.

GEOLOGÍA Y TECTÓNICA.

Respecto a la constitución geológica de la cuenca, los conocimientos que se tienen actualmente son insuficientes para poder determinar con precisión la edad de los diferentes tramos y el espesor de cada uno de ellos, ya por falta de detalle paleontológico, ya también porque el estudio en profundidad aún no se ha comenzado, puesto que los mayores sondeos no han pasado de los 300 metros verticales, quedando por reconocer el fondo de los estratos profundos, que seguramente se acercarán en las partes centrales a los 800 metros la potencia total del terciario, incluyendo el mioceno y el oligoceno.

Los cortes geológicos detallados que se han publicado hasta el día son solamente de las provincias de Palencia y Burgos y en lugares donde la cuenca artesiana tiene menos importancia para la investigación de aguas subterráneas.

Se debe considerar el mioceno continental de la meseta dividido en tres tramos, que son: el inferior, formado de conglomerados y areniscas de bastante potencia, continuando por una serie de lechos de arcillas plásticas rojas y amarillas, alternando con bancos de arenas y arcillas sabulosas, existiendo frecuentemente pequeñas margas y calizas formando lentejones. Los fósiles principales que clasifican los terrenos terciarios son animales mamíferos, y, naturalmente, difíciles de encontrar, pudiendo citarse, entre otros, el *Mastodon angustidens* y el *Dinotherium giganteum*, que caracterizan el tramo tortoniense, siendo uno de los yacimientos más interesantes el que hace veinticinco años apareció en el Cerro del Otero, en las proximidades de Palencia, y donde ya indicábamos nosotros que en la estratigrafía de aquella zona dejan de ser perfectamente horizontales las capas, señalando cuencas fluviales con dibujos ondulantes, adonde habían sido arrastrados los mamíferos muertos, desde las orillas de la parte continental. Este tramo tortoniense es de máxima importancia en el alumbramiento de aguas subterráneas; él da origen a la cuenca artesiana del Duero, constituyendo, acaso, la cuenca artesiana más valiosa de Europa.

Se continúa luego el mioceno por un tramo—el sarmantien—formado por margas y arenas de colores claros y vivos, que fácilmente se reconocen a distancia; tienen a veces un aspecto gris y azulado, con bastante consistencia en sus elementos, existiendo intercalados varios bancos de yeso; alternan además en la parte inferior con arenas y arcillas formando un conjunto de unos cien metros de potencia; algunas veces este tramo no existe debajo del pontiense.

Y el pontiense está caracterizado perfectamente por los lechos de caliza; encontrándose en varios bancos generalmente no mayores de dos metros de espesor, se intercalan también margas y arenas; la coloración de las calizas es muy blanca y presentan oquedades características; también pueden intercalarse entre ellas capas de arcilla. Son las calizas muy fósilíferas en moluscos fluviales; los géneros que más abundan son: *Limnea*, *Planorbis*, *Bithinia*, etc. El espesor del tramo pontiense es menor que el anterior, pudiendo calcularse en unos

veincinco metros su potencia media. Este tramo no puede ser confundido con ningún otro, por su consistencia en las calizas y por su mayor horizontalidad.

Como decimos, estos dos tramos están horizontales, o más bien subhorizontales, pero en general hay que suponerles un ligero buzamiento al oeste, en la inmensa extensión superficial que ocupa la parte oriental de la cuenca, extendiéndose por las provincias de Valladolid, Burgos, Palencia y Soria. Estos tramos últimos no sólo no tienen agua surgente, sino que ocultan y tapan el tramo inferior sobre que descansan, siendo esto un inconveniente para la investigación de las aguas subterráneas; resulta, por lo tanto, que para su alumbramiento el valor esencial reside en el tramo tortoniense, y la surgencia de estas aguas está relacionada íntimamente con la inclinación de estos estratos; de otra manera no es posible explicar el artesianismo de este terreno. Nosotros hemos observado que, en general, no sólo no está inclinado fuertemente en los bordes en contacto con los terrenos más antiguos (granito y estrato cristalino paleozoico y secundario), llegando a veces el buzamiento a 30° de inclinación, sino que la red hidrográfica es, en general, debida al plegamiento de los estratos. Veremos luego que esta inclinación se hace al interior de la cuenca y se puede suponer que su perfil dibuja una línea curva que tiene cierta semejanza con una catenaria.

Los movimientos que ha sufrido el tortoniense han sido mayores y de más intensidad que los de los tramos superiores; no han sido una ni dos solamente las épocas donde se han originado estos impulsos tectónicos, sino que ha constituido una serie bascular post-tortoniense y post-pontiense; y una zona de la extensión que nos ocupamos, y que ha sufrido diferentes plegamientos desde la época herciniana, no deja de continuar moviéndose en las sucesivas épocas geológicas. Ahora bien, no deben confundirse las dislocaciones sufridas por la dilatación de los yesos con estos movimientos tectónicos, como ocurre en Baltanás (Palencia) y en otras localidades; y esta sucesión incesante fué la que determinó los pliegues actuales existentes en forma de tapadera.

Vemos, pues, que el Duero marcha por una superficie plana,

ligeramente inclinada y repetidamente plegada, y se debe considerar que su cuenca no ha sido formada por una erosión secular; los ríos al ser arrastrados al oeste, cuyo movimiento se señala perfectamente en el Esla, indican que este traslado ha sido de fecha reciente, puesto que la denudación no ha modelado aún suficientemente sus lechos, debiendo referirse esta posición con posterioridad al pontiense, cerca ya del cuaternario, pues formando parte de la meseta el macizo gallego y teniendo las cuencas de esta región una dirección semejante a la que señalamos, deben ser consideradas como contemporáneas la inclinación del plano de la cuenca del Duero y la formación de las rías de Galicia.

El borde occidental era seguramente en otra época el más bajo de su perímetro y la inclinación sufrida facilitó además la salida de los sedimentos; al mismo tiempo ha contribuído a hacer desaparecer la cuenca cerrada del Duero el aterramiento de su fondo por los ríos aportadores del acarreo; por constituir como un vaso cerrado, donde se van acumulando detritus procedentes de la descomposición de sus paredes y acabando por llenarse, saldrá el líquido por el punto más bajo, el cual se irá agrandando por la acción del tiempo.

Puesto de manifiesto que la hidrografía de la cuenca no es debida a la erosión que ha sufrido el suelo, sino simplemente que se formó a causa del plegamiento general que ha sufrido el terreno terciario, y sabiendo que estas capas están superpuestas de un modo más o menos regular, especialmente las del tortonense, determinando grandes lentejones y teniendo en cuenta que los pliegues fueron adaptándose necesariamente al terreno según los impulsos que ha sufrido en diferentes épocas, y considerando que la acción de la gravedad ha influído también en el modelado de esta masa dominada por las arcillas, y como los levantamientos principales han sido simultáneos a los de la Cordillera Cantábrica, el Sistema Ibérico y el Carpetobetónico, puede suponerse que el corte geológico que se considere aproximadamente de norte a sur, ha de ser una línea próxima a la catenaria; por esta razón encontraremos en las proximidades del contacto de los terrenos antiguos con el terciario las mayores inclinaciones y los buzamientos que a veces

pasan de los 30°; y en las partes centrales los contactos de los estratos nos dan líneas sensiblemente paralelas, o mejor ligeramente radiadas, a fin de explicar la surgencia de las aguas en las partes centrales del territorio.

Teniendo ya la actual red hidrográfica, podremos deducir sensiblemente cuál ha de ser la disposición de los diferentes niveles acuíferos que tendrán en el gran sinclinal de Castilla la Vieja; y para ello bastará ya trazar las proyecciones de la primera en los diferentes estratos arenosos que se encuentran separados por las alternativas de arcillas y margas que en casi su totalidad constituyen el subsuelo; deducimos de aquí que los lugares más apropiados para los sondeos serán las proximidades de los principales ríos y aún mejor las depresiones de los senos que alcancen mayor pendiente en su recorrido; estos lugares serán como las proyecciones cónicas de la red superficial. Ya se había observado este fenómeno y las gentes frecuentemente lo indican al manifestar que las proximidades de los ríos son los sitios más adecuados para tener aguas artesianas abundantes; así vemos que el Orbigo, el Torio, el Bernesga, el Esla y el Pisuerga, así como en las localidades próximas a la capital de León, de igual manera que en Valencia de Don Juan, Valladolid y Medina del Campo, se encuentran pozos que arrojan frecuentemente 1.000 litros por minuto.

Los elementos detríticos que forman las capas miocenas están en relación con los lugares que les han dado origen; no es igual la abundancia de arcilla que se encuentra en la zona norte, producida por la descomposición de las pizarras del cambriano, siluriano y carbonífero, así como los detritos de los elementos blandos del cretáceo, especialmente del wealdense y del aptense en su facies urgoniana, que tienen potencias tan enormes, que la de los elementos arenosos que se encuentran en las proximidades de Segovia y Avila y en zonas del mismo Valladolid, originados por el macizo granítico del Guadarrama y de la Sierra de Gredos. Igualmente el tamaño de estos elementos depende de la distancia del lugar de donde proceden; de esta manera se encontrarán pudingas en los bordes de la cuenca y elementos finos en lugares más alejados, y en el centro aparecían con más frecuencia las arcillas finas; y este ta-

maño de los elementos, así como su agrupación, tienen gran importancia para las aguas artesianas, pues de la variedad en el coeficiente de permeabilidad encontraremos la mayor o menor cantidad de agua alojada entre sus intersticios.

El conocimiento que se tiene actualmente del artesianismo en esta región se refiere a los estratos más superficiales, limitados a las capas altas del piso tortoniense, pues aún no se ha pensado en perforar grupos de estratos con 600 ó 700 metros de potencia, debido sin duda a razones económicas, aunque la sonda profunda pudiera proporcionar otros datos interesantes para la prospección, que acaso fueran útiles en la investigación de la hulla, de las sales potásicas, etc.

Para expresar gráficamente algunas de estas consideraciones hemos hecho dos cortes geológicos a través del territorio que comprende la 2.^a División de Aguas Subterráneas: uno, desde el mar Cantábrico hasta el Guadarrama, pasando por Oviedo, León, Valladolid y Segovia en la dirección herciniana norte 35° oeste a sur 35° este, paralela al Sistema Ibérico, a través de la gran fosa paleozoica rellena posteriormente por el secundario y más tarde por el oligoceno y mioceno. El otro corte, aproximadamente en la dirección del Duero, parte de los montes ibéricos de la provincia de Soria, continúa por Aranda de Duero, Valladolid y Zamora, hasta el límite con tierras portuguesas; en él se ve claramente la inclinación de la superficie del Duero hacia occidente; no es de presumir que el fondo de la cuenca tenga una regularidad tan perfecta como la que se ha dibujado, pero a falta de datos para trazarla la hemos supuesto uniforme.

Como la cuenca terciaria está encajada en otra secundaria y ésta a su vez en una más antigua, paleozoica, parecería que debiéramos ocuparnos también de estas diferentes cuencas; pero las condiciones físicas para que se verifique la surgencia del agua no son las mismas, debido a las grandes fallas existentes en los estratos, independiente de la continuidad y cerramiento de los sinclinales profundos; al mismo tiempo la longitud grande de las perforaciones sería un grave inconveniente para encontrar soluciones prácticas, además de la probabilidad de que

sus aguas resultaran cargadas de substancias minerales y, por lo tanto, poco apropiadas para poder ser utilizadas como potables y para el riego.

LA ALIMENTACIÓN DE LA CUENCA.

Si tratamos de determinar ahora cómo se hace la alimentación del agua que pasa a los diferentes niveles, debemos considerar cómo se encuentran las diversas capas de los tramos del mioceno y la disposición relativa que tienen sobre los terrenos más antiguos en que descansan; así veremos que, a causa de los levantamientos que han sufrido los bordes de la cuenca, los estratos inferiores del tortoniense y los del oligoceno, más o menos concordantes entre sí, se apoyan sobre los terrenos paleozoicos y mesozoicos, de manera que los bordes que aparecen inclinados son los que en la parte central ocupan la posición más profunda; en cambio, los estratos miocenos próximos a las capitales de Valladolid y Palencia no continuarán hasta los límites de la mancha terciaria, no sólo por no existir una continuidad indefinida hasta aquellos lugares, sino que, por encontrarse más levantados, han sido arrasados por la erosión. Resulta, por lo tanto, que la mayor parte de la cuenca estará alimentada directamente por el agua de lluvia que cae sobre los estratos arenosos y también, en gran parte, por los ríos al pasar por estas zonas, así como por la que se recoge en las lagunas. El agua de los bordes, en contacto con los terrenos antiguos y en las proximidades de las cabeceras de las montañas, alimentará las zonas profundas, pudiendo decirse que en los sondeos que existen actualmente el agua que se recoge de este origen será realmente muy escasa.

Al realizarse la alimentación de la cuenca artesiana de esta manera se tiene la ventaja de que los niveles acuíferos que puedan irse agotando por el gran número de perforaciones hechas y por el consumo de caudales elevados, quizá puedan en el porvenir satisfacerse estas crecientes necesidades haciendo sondeos más profundos; o bien podría ser solución el colocar en lugares apropiados por donde pasan las capas arenosas em-

balses de los ríos más caudalosos, construyendo presas de poca profundidad y gran longitud para que los lechos arenosos se embeban el agua y pase a la profundidad el líquido que se habrá de utilizar a varios kilómetros aguas abajo y en muy diferentes localidades.

LOS DEPÓSITOS SUBTERRÁNEOS.

Los ríos de la región del Duero tienen una gran variación en sus caudales, siendo la relación entre el estiaje y las aguas medias frecuentemente menor de 1 : 10, y a veces esta relación entre el estiaje y las crecidas pasa de 1 : 2.000; y al pensar en la regularización del curso de los ríos a fin de evitar estas grandes variaciones, que se traducen en pérdidas del agua que pueda ser aplicada posteriormente y en los grandes daños que pueden ocasionar a los poblados y a la agricultura, uno de los medios que podría emplearse para llegar a esta regularización es la construcción de grandes pantanos; pero esto no es posible hacerlo en todos los lugares, ya por lo antieconómico, ya también por las situaciones topográficas de diferentes zonas; desde este punto de vista existirá una gran ventaja en la utilización de las aguas que puedan almacenarse en un estrato permeable que descanse sobre una capa arcillosa, porque constituye un verdadero acumulador de agua que puede ser alumbrado en muy diferentes lugares.

Al mismo tiempo es el modo más conveniente de tener agua en cualquier momento determinado, ya que los canales de riego están sujetos a las alternativas de los cursos de los ríos, y siendo más necesario el riego en los meses secos, puesto que la época donde se precisa el agua está invertida con la de las lluvias y con el régimen medio de los ríos, en cambio el caudal de los depósitos subterráneos es constante a causa de la cantidad grande que absorbe el gran volumen de estratos arenosos, debido a las dimensiones indefinidas que se les puede suponer, tanto en su longitud como en su latitud, y como la velocidad del agua dentro de la capa es muy lenta, queda regularizado el gasto de un modo notable; de esta manera un nivel permeable

alimentado de agua queda convertido en un verdadero depósito subterráneo de agua, que para utilizarle sólo es preciso hacer una pequeña obra.

Esta capa será, en general, en la cuenca del Duero, un nivel artesiano o simplemente un terreno diluvial que descansa sobre un fondo impermeable. Pueden existir mantos, estratos o terrenos que apenas tengan agua por no estar situados en condiciones apropiadas, y si se conduce a ellos las aguas de las crecidas de los ríos, se cargarán dichas zonas con una cantidad de líquido que puede más tarde ser empleada.

Este depósito subterráneo no está expuesto a la evaporación, ni al colmado del vaso, ni inundará las mejores tierras de las vegas, sino que se depositará en el subsuelo, con lo cual las aguas superficiales pasarán a ser subterráneas, de donde saldrán al exterior en el lugar apropiado y en el momento oportuno por medio de un sondeo, con una galería o por un pozo ordinario.

La resolución de esta cuestión en una zona determinada requiere un estudio detallado de la estratigrafía situada aguas arriba de la zona donde ha de aplicarse, además del conocimiento del detalle de los pozos artesianos y de los pozos ordinarios; pero el planteamiento del problema puede llegar a soluciones satisfactorias, no sólo para la aplicación del riego, sino aun en el caso de abastecimiento de poblaciones, donde generalmente las conducciones son muy costosas, tanto por la distancia que es preciso recorrer como por los gastos empleados en los depósitos de aguas; de esta manera el nivel acuífero, verdadero depósito subterráneo, de donde se tomaría el agua, ya filtrada de un modo natural, reemplazaría a la conducción y a los depósitos superficiales de que se compone el abastecimiento. Consideramos que la importancia del problema es grande y merecería aplicarla en un lugar determinado y hacer estudios prácticos sobre el terreno acerca de esta cuestión.

Puede pensarse también en la posibilidad de establecer comunicaciones dentro de diversos niveles acuíferos, a fin de enriquecer de agua las zonas que resultan más estériles y que se encuentran a niveles superiores de ella; bastaría para ello establecer pozos de comunicación con longitudes y diámetros

apropiados, y de esta manera los sondeos que se hicieran desde la superficie serían más cortos, más económicos y de caudales más abundantes.

EL CAUDAL UTILIZADO.

Si consideramos los coeficientes de escorrentia de diversos lugares de la cuenca del Duero, veremos que la cantidad de agua que pasa al interior del suelo es grande, y dado el conocimiento que se tiene de los sondeos existentes en el mismo, unidos a los que se registran de nuevas localidades donde aparecen aguas que antes se desconocían, encontraremos que el caudal que puede alumbrarse es grande. Para ello basta tener en cuenta el número de pozos que aproximadamente existen en la actualidad, unos realizados con subvención del Estado y otros construídos por los particulares, no existiendo aún estadística de estos últimos; pero se puede calcular que su número no pasa de 2.000; y teniendo en cuenta que el caudal medio de cada uno de estos pozos es aproximadamente de 20 litros por minuto, resulta que el número total de metros cúbicos de agua que se aprovecha es de 21.024.000 anuales. Se estima que el Duero lleva a Portugal 11.000 millones de metros cúbicos, o sea 350 metros cúbicos por segundo; de estos 11.000 ya regularizados, podrán destinarse sólo unos 2.500 millones a la agricultura, porque, dada la topografía de la cuenca, no permite regar una extensión capaz de absorber mayor cantidad de agua, ya que las zonas alejadas de los ríos forman elevadas mesetas; y dada la superficie de la zona artesiana con relación a la cuenca total del Duero, se puede calcular que el agua existente no es inferior a 4.400 millones de metros cúbicos, con lo que resultaría que la cantidad de agua utilizada actualmente es inferior a media centésima de la que se encuentra en el subsuelo.

Debe observarse que la mayor parte de las aguas alumbradas son todavía relativamente superficiales con relación a la que pueden almacenar los estratos profundos, y es probable que estos niveles tengan mayor cantidad de líquido que las zonas superficiales, puesto que en la base se encuentran lechos más siliciosos y más aptos para contener el agua. En las provincias

de Zamora y Valladolid aparece el agua a menos profundidad que en la provincia de León; lo contrario ocurre con la presión, que es más elevada en esta provincia, en el caso de igual profundidad del sondeo; en cambio, la parte de la cuenca correspondiente a León se caracteriza por una mayor regularidad respecto a profundidad que en otras zonas, especialmente en Valladolid.

LA PROSPECCIÓN EN LA 2.^a DIVISIÓN.

Como la 2.^a División de Aguas Subterráneas está formada de provincias tan diversas como son Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Oviedo, León, Burgos, Segovia, Palencia, Valladolid, Zamora, Salamanca y Soria, en las que se encuentran terrenos tan variados y de tectónica tan diferente, claro es que el estudio de las aguas subterráneas de una zona u otra tiene que ser también muy variado; resulta de este modo que en las cuatro provincias de Galicia poco ha de hacer la sonda exploradora, porque formado el subsuelo por terrenos arcaicos, cambrianos y silurianos y encontrándose éstos tan plegados y levantados hasta la vertical, no aparecen zonas donde las aguas lleguen a almacenarse, y pasando éstas a las profundidades de los estratos, rotos y fracturados, no es posible encontrar agua más que en pequeña cantidad con transversales y galerías en los contactos de diferentes estratos o en las rocas de variada dureza o alteradas por la descomposición, pudiendo proporcionar, por lo tanto, solamente aguas poco abundantes.

Lo mismo podemos decir de la mitad occidental de Asturias, constituida por completo por sedimentos paleozoicos que casi en absoluto inclinan con buzamientos superiores a los 60°; pero desde el momento en que aparecen los terrenos secundarios existe la posibilidad de encontrar lugares apropiados para la investigación de aguas artesianas; el cretáceo más occidental de la zona norte de España aparece a 32 kilómetros al oeste de Oviedo; 6 kilómetros antes de penetrar en esta localidad, se encuentra cubierto por sedimentos pertenecientes al eoceno y oligoceno; la tectónica de esta cuenca terciaria y mesozoica del río Nora señala una fosa que por estar formada por elementos

que determinan un sinclinal, es digna de ser estudiada. Si pasamos de la provincia de Oviedo a las provincias de Castilla la Vieja, encontraremos en ellas la región más apropiada en la cuestión que debatimos, y no sólo en nuestra 2.^a División, sino en toda España. Pero, a pesar de la gran desproporción de la pequeña cuenca del río Nora en Asturias y la del Duero en Castilla, podemos señalar ciertas semejanzas entre las dos, formadas a un lado y a otro de la Cordillera Cantábrica; las dos están labradas en fosas hercinianas, ambas están cubiertas por elementos mesozoicos (trías y cretáceo) y terminan con estratos terciarios y en las dos estos estratos se encuentran fuertemente inclinados en las proximidades del paleozoico.

Debe indicarse, en general, el rumbo León-Valladolid como los lugares de zonas del mayor interés para el artesianismo, esto es, la dirección herciniana de la gran fosa paleozoica; como hemos dicho, los estratos, al oscilar y levantarse en los bordes de la cuenca por los movimientos tectónicos, sufrieron una adaptación especial, según sea la elasticidad de los elementos que lo forman y la profundidad de los elementos sobre que descansan, resultando que los limitados por los bordes se inclinan a veces hasta la vertical y, en cambio, los del centro permanecen horizontales o formando parte de arcos de muchos kilómetros de radio; empleando un símil, es el caso de lo que ocurre simplemente en un saco lleno de diversos objetos y se desea que vayan penetrando por la acción de la gravedad con diferentes sacudidas; los situados en los bordes se inclinarán más y, en cambio, los del centro bajan, colocándose horizontales. De esta manera encontraremos el tramo tortoniense, cerca de Boñar, a la altitud de 1.000 metros, con 40° de buzamiento; en León, a 825 metros, ligeramente inclinado, y en Palencia, a 740 metros; la caliza pontiense de los páramos aparece horizontal.

CALIDAD Y PRESIÓN DEL AGUA.

Si nos ocupamos ahora de las propiedades químicas del agua existente en la mayor parte de la región, sólo será para hacer un elogio de las buenas condiciones de potabilidad, tanto por

su composición como por lo bajo de su grado hidrotimétrico; desde luego se puede decir que las gentes la prefieren a la de los abastecimientos de las grandes poblaciones, aunque éstas hayan sido llevadas de lugares alejados y se hayan hecho las conducciones con grandes sacrificios económicos; son más puras y no existe, en general, el temor de encontrarlas contaminadas, al mismo tiempo resultan agradables en el invierno y frescas en el verano a causa de su temperatura constante.

La presión del líquido, en general, no es muy elevada, pero en algunos pozos artesianos de la provincia de León llega el agua a cerca de 20 metros de altura. Es sabido que el agua artesiana posee en cada punto una presión determinada, y estos planos de presión quedarán bajo la superficie del suelo si el agua ascendente no llega hasta él, y estarán situados por encima, si el agua sale al exterior; así resultará que en un valle profundo excavado en el terreno, un sondeo puede suministrar agua en abundancia, mientras ésta puede quedar por debajo del suelo en una perforación próxima, situada en un lugar elevado; esto debe tenerse muy en cuenta en nuestra región, puesto que, frecuentemente, las aguas no salen al exterior sólo por faltarles un metro o dos de altura, siendo abandonados muchas veces estos pozos, a pesar de ser verdaderos pozos artesianos, porque la gente todavía no utiliza bombas elevadoras. La altura a que llega el agua suele presentar grandes diferencias, especialmente cuando ésta es cortada en zonas alejadas por manantiales naturales; vemos, por lo tanto, que en la naturaleza las condiciones son más complicadas que lo que ocurre en el laboratorio con los aparatos hidrostáticos; porque el agua no corre por un canal limitado por paredes lisas, sino dentro de una capa de anchura variable, de inclinaciones irregulares, unas veces ascendiendo y otras permaneciendo horizontal; debe considerarse también el rozamiento al moverse el agua; debido a esto las superficies de presión de una corriente artesiana son alabeadas con marcha bastante complicada; sin embargo, existen algunas zonas donde no es difícil representar estas superficies, pero actualmente estamos muy distantes de poder hacer levantamientos de planos en que se puedan señalar las superficies de presión del conjunto, pues las mismas hojas topo-

gráficas a la escala 1 : 50.000 no han sido publicadas en más de las tres cuartas partes de nuestra cuenca.

Seguramente la erosión ha cortado en algunos lugares las capas acuíferas y, sin embargo, es raro encontrar en la superficie del terreno verdaderas fuentes a presión por donde se desangren las capas artesianas; quizá pueda explicarse este hecho por el entarquinamiento que tienen estos lugares a causa de las arenas y demás sedimentos que son arrastrados por la corriente y cierran los intersticios de las rocas con el paso del líquido; algo parecido a lo que sucede con los pozos artesianos, que después de varios años de trabajo tienen tendencia a agotarse a causa de la pérdida de permeabilidad por los lugares donde sale el agua.

EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL CUATERNARIO.

Después de las consideraciones que hemos hecho sobre las aguas existentes en el terreno terciario, vamos a decir algunas palabras referentes a las que existen en los mantos diluviales que cubren el mioceno; en las regiones leonesas, vallisoletanas y zamoranas, donde existen diferentes terrenos, en general, tanto más antiguos cuanto más altos se encuentran topográficamente, pueden tener gran importancia las aguas freáticas, situadas unas en las proximidades de las vegas de los ríos y otras a grandes distancias en las soledades de los páramos. Los habitantes de esta región conocen su gran valor y empiezan a alumbrarlas, ya con simples norias movidas por caballerías o, menos frecuentemente, con bombas eléctricas.

En el cuaternario se presenta el agua sobre la arcilla miocena, formando niveles acuíferos en los conglomerados, arenas y tierras que constituyen este terreno; el agua freática ocupa grandes extensiones a distancias no superiores a 6 ú 8 metros de la superficie. Su importancia hidrológica es muy grande por ser aprovechada por gran número de pozos existentes en la mayoría de los pueblos, ya que carecen de otros alumbramientos naturales y siendo además utilizadas para la agricultura, pues con la extensión que llegarán a tener las aplicaciones de

*

la electricidad se regarán grandes extensiones con agua procedente del diluvial, alcanzando así el beneficio a las regiones que por su situación topográfica no era posible llegar con el agua procedente de los ríos.

Al tratar de los sedimentos del cuaternario debemos indicar también las terrazas que forman niveles antiguos del fondo de los valles y que corresponden a períodos donde la erosión se interrumpe para convertirse en sedimentación; el número de estas terrazas en la parte norte es de cuatro, siendo las más antiguas las que se encuentran a mayor altura; la diferencia de nivel con los valles actuales es aproximadamente de 18, 25, 60 y 90 metros; estas terrazas, que deben considerarse de origen glaciario, ocupan grandes extensiones y algunas veces tienen elevadas potencias. Las terrazas escalonadas del cuaternario forman también excelentes yacimientos acuíferos, que pueden ser beneficiados con provecho, puesto que las acumulaciones en las partes cóncavas son grandes, almacenando el líquido, que fácilmente puede ser elevado al exterior.

El terreno cuaternario está formado principalmente por cuarcitas silurianas y otras rocas silíceas; presentan, en general, poco espesor, siendo frecuentemente de tres y cuatro metros su potencia; a veces cubren los terrenos como si fueran simplemente de tierra vegetal; por esta razón grandes extensiones que se señalan en los mapas geológicos como cuaternarias debieran pasar francamente al terciario; sin embargo, la acumulación del diluvial se hace en algunas cuencas de ríos con grandes espesores, como sucede en el Orbigo y en el Bernesga, que alcanzan frecuentemente hasta 100 metros de potencia.

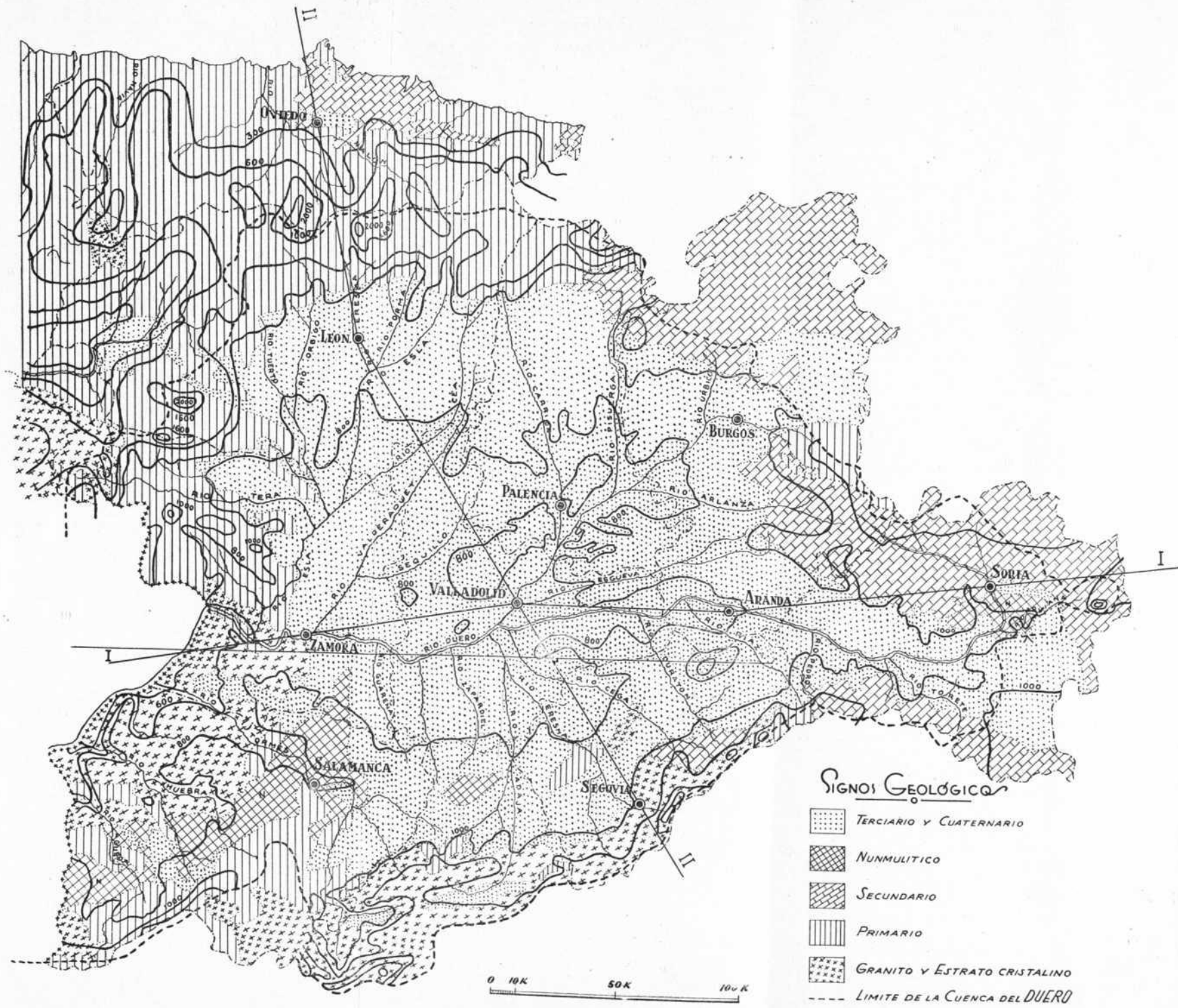
LA INTERVENCIÓN DEL ESTADO.

Los trabajos que se llevan a cabo para el alumbramiento de aguas subterráneas resultan generalmente económicos, pues se puede considerar que el precio medio de un sondeo es de 12.000 pesetas, distando mucho esta cifra de las correspondientes a la mayoría de los abastecimientos a las poblaciones y, sobre todo, los de las grandes obras de los pantanos, con sus cana-

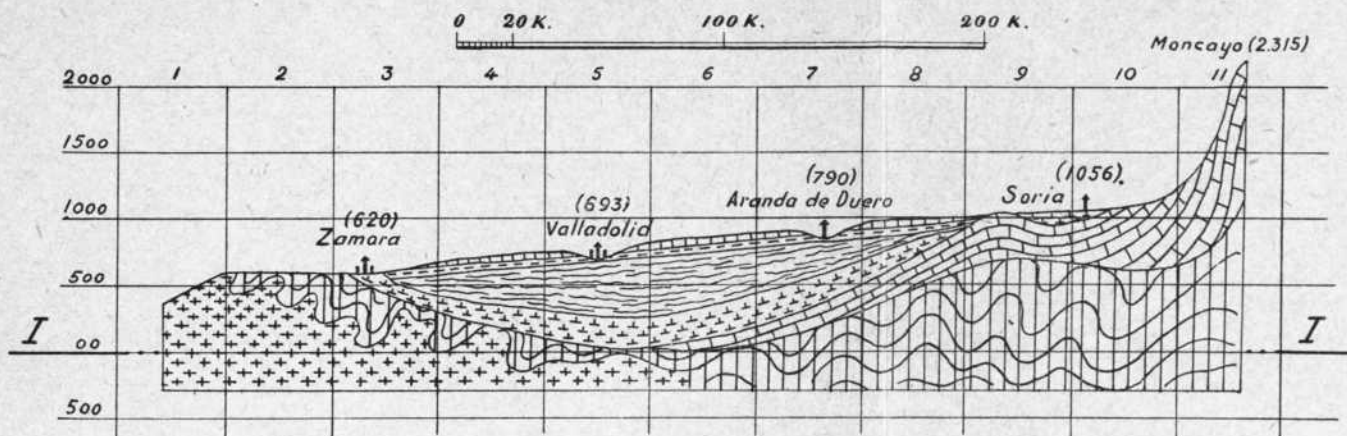
lizaciones, expropiaciones, etc. Por otra parte, los intereses del pequeño capital gastado en estas obras empezarán a percibirse desde el primer momento; estos alumbramientos tienen una forma personal, en armonía con la psicología del pueblo de Castilla, ya que la obra se realiza para el que siente la necesidad inmediata, no para todos los habitantes de una comarca, como ocurre con las grandes empresas de riego; por eso el Estado, además de la subvención que facilita a los Ayuntamientos, debiera auxiliar, a su vez, con un tanto por ciento determinado, al agricultor que acometiera esta clase de obras, o ya eximiéndole de tributos, durante cierto número de años, a las tierras convertidas a este sistema de riego, estudiando e informando gratuitamente las Divisiones de Aguas Subterráneas las condiciones que han de reunir sus terrenos para que existan probabilidades de éxito.

La Confederación Sindical del Duero tenía en estos últimos años presupuestos que llegaban a la cantidad de 30.000.000 de pesetas. Pareciéndonos perfectamente bien lo empleado en una obra tan útil y grandiosa, se nos ocurre al mismo tiempo preguntar: ¿qué transformación se podría hacer en Castilla la Vieja empleando solamente una décima parte de esta cantidad cada año en alumbramientos de aguas artesianas, tanto para subvencionar a los Ayuntamientos como para auxiliar a los agricultores? Con tres millones de pesetas se podrían hacer 250 sondeos que darían agua a otros tantos pueblos de las 20.000 localidades secas de la meseta que carecen de agua aun para sus necesidades más elementales; por lo tanto, el Estado debe tener una gran preocupación por esta cuestión, no sólo por el aumento general de riqueza y el mayor valor agrícola, sino por la salud, higiene y cultura que supone tener agua abundante, de buena calidad y económica, ya que el gran sinclinal del Duero, que sostiene a una infinidad de pueblos áridos, descansa, a su vez, sobre una gran base de capas arenosas, saturadas de agua a presión que se esfuerza en salir a la superficie.

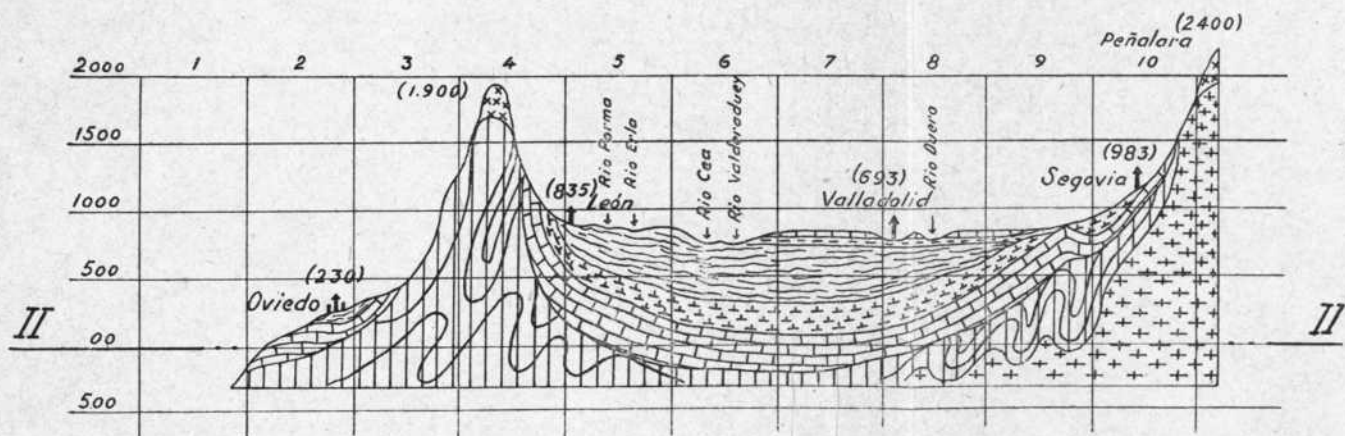
MAPA DE CONJUNTO DE LA CUENCA ARTESIANA DEL DUERO



CORTES GEOLÓGICOS DE LA CUENCA ARTESIANA DEL DUERO



Corte I.



Corte II.

SIGNOS GEOLÓGICOS
DETALLE DEL TERCARIO

