

de Astudillo necesario para salvar la depresión formada por el arroyo Polanco, afluente del Pisuega, hasta su desagüe en el de los Pisones.

Con este trazado se dominará toda la zona descrita excepto algunos terrenos de los términos de Requena, Boadilla, Frómista, Cabañas, Osorno y Osornillo, que se regarán con acequias derivadas directamente del Canal de Castilla, una vez que en éste se introduzca el Valdavia, y que ya se han mencionado.

El número de obras necesarias es realmente importante, pero no tan numeroso como corresponde a la longitud del proyecto, a pesar de que habrá que cruzar numerosas vaguadas secundarias y muchas vías de comunicación. Habrán de construirse 141 obras de fábrica, con variadas características que no parece oportuno detallar; se dirá, sin embargo, que será preciso hacer, además de la obra de toma y de la de alimentación del Canal principal, que han de tener

importancia, un gran acueducto sobre el río Valdavia; dos túneles de 500 m y otro de 1 200 m; un sifón de 478 m para pasar el Vallarna; otro de más de 300 m para el cruce del Polanco; otro puente-acueducto sobre el Bodeguillas, y numerosos acueductos y saltos. La fábrica que se ha de emplear en casi todas estas obras, y desde luego en sifones y acueductos, será el hormigón armado, en el que se utilizarán las excelentes gravas y arenas del Pisuega.

Se terminará esta descripción, que no parece lógico hacer más detallada, puesto que se trata aún de un proyecto, expresando que es de esperar que pronto, una vez obtenida su aprobación, se principiarán las obras, cuya ejecución puede realizarse en un plazo no superior a diez años, después de los cuales se habrá convertido la meseta castellana en un vergel que no envidiará nada al que forman las provincias levantinas.

Casimiro JUANES
Ingeniero de Caminos

Geología e impermeabilidad en los embalses de los Saltos del Duero

I
RIO ESLA

Situación de la presa

El río Esla, en su recorrido de NE., al cortar perpendicularmente los pliegues silurianos en los que labra su cuenca con relativa amplitud, sufre un gran estrechamiento al llegar al macizo granítico en Ricobayo, donde esta roca, con su mayor y uniforme dificultad de erosión, obliga a encajonarse a las aguas y ofrece un magnífico sitio para cierre de un embalse, elegido con tal destino desde el principio del proyecto (fig. 1.^a). Las situaciones propuestas son dos, llamadas «Llamas Frías» y «El Pizarro», distanciadas solamente 400 m una de otra y en la misma zona de granito; es decir, que las consideraciones y razonamientos que se hagan sobre una de ellas son aplicables a las dos.

Llaman la atención, la estratificación simulada que en su alteración tiene el granito y las fracturas indicadas por resaltos o depresiones.

Las fracturas acusadas por resaltos están rellenas por filones de cuarzo, los cuales, lejos de constituir un peligro, dan lugar a mayor resistencia, pues es íntima la unión del granito y cuarzo.

Para aclarar la importancia de la estratificación aparente y la de las depresiones aguas arriba y abajo de Pizarro, se hicieron cuatro galerías y varias zanjas en el transcurso de julio de 1921 a septiembre de 1922.

Margen izquierda.—En la galería inferior desde los 6 m, de los 9 que tiene la galería, ya las grietas se cierran, dejando de inspirar cuidado; en la galería alta ha ocurrido lo mismo desde los 6 m, y en las dos transversales de 6 m cada una, que se han practicado en su fondo en forma de martillo, se han cortado las grietas marcadas fuertemente al exterior con dimensiones capilares y rellenas por productos imper-

meables de alteración. Por consecuencia, con marcar 7 m de entrada en cada una de las galerías de esta ladera creemos será suficiente.

Margen derecha.—En la galería inferior hay que tomar por lo menos hasta los 9 m, que es la distancia a que las grietas se bifurcan, haciéndose capilares.



Fig. 1.^a Tramo de estrechamiento de Llamas Frías a El Pizarro

En la parte alta se han practicado dos galerías normales a la dirección del río separadas unos 8 m; la profundidad que alcanzan es de unos 15 m y del reconocimiento resultan grietas, al principio anchas

y de bordes cortantes y que, aunque se van atenuando, no se extinguen a los 15 m investigados, debido sin duda al gran meteorismo sufrido por el



Fig. 2.ª Fractura de aguas abajo de El Pizarro; ladera izquierda

promontorio de rocas cuarteadas, que corona el estribo derecho. En vista de este resultado, habrá que desmontar esos altos trozos de granito muy cuar-

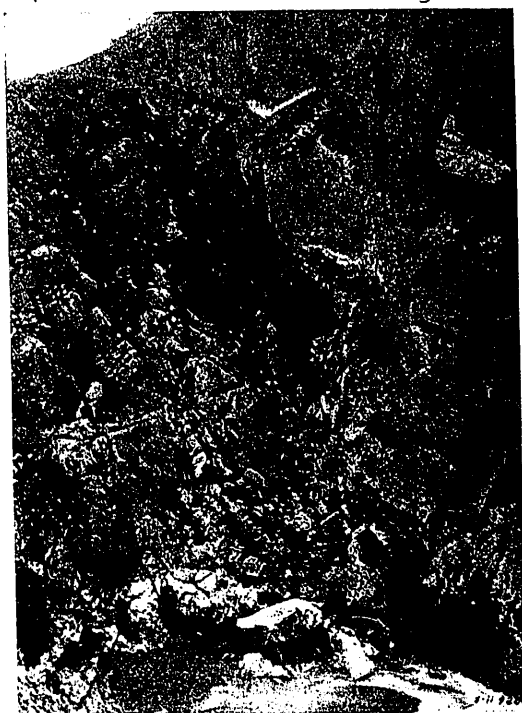


Fig. 3.ª Fractura de aguas arriba de El Pizarro; ladera derecha

teado y luego doblar la línea, hasta adaptarse paralelamente a la superficie del lado contrario al río, suponiendo suficiente una distancia de 8 m, pues en este lado ya es muy sana la roca.

Dados los resultados de las pequeñas grietas cortadas por los sondeos, no se precisa la construcción de un muro de guarda, siendo suficiente encajar la presa hasta la profundidad de la roca acusada como blanda en los sondeos. El volumen de la roca a desmontar es independiente del muro de guarda, y no se aminoraría por su construcción.

El cierre de «Llamas Frías», cuyo cubo de presa, después de los desmontes aconsejados, no variaría mucho con el acusado por El Pizarro, tiene, dentro de ser bueno, como menos favorable, la mayor proximidad de su estribo izquierdo a la curva que hace el río hacia el E.; pero ya hemos visto, con las galerías, que las fisuras a que dan lugar la estratificación y división en grandes bloques se reducen y anulan a poca distancia de la superficie; en cambio, el de El Pizarro tiene de peor efecto las dos depresiones acusadas en las figuras 2.ª y 3.ª

Sin embargo, recorrida con atención, en particular la de aguas arriba, hemos comprobado que el granito es compacto por debajo de ella en varios sitios, y desde luego, en la parte alta, por lo que las suponemos producidas por erosión de las aguas superficiales sobre un granito algo alterado, y el cual,



Fig. 4.ª Sitio de El Pizarro (Esta vista y el perfil de la figura 5.ª se corresponden)

como roca blanda, deberá desaparecer rafeándole hasta el granito sano, y al igual que en la parte inferior del cauce (fig. 4.ª).

Pantano en el río Esla

El río Esla, afluente de la margen derecha del Duero, ha sido uno de los elegidos para contener en su cuenca un embalse que regularizase el salto de agua en él proyectado.

En conjunto, la dirección de este río es rectilínea, con un rumbo de N. 30-40 E., y según el cual, corta normalmente a las capas paleozoicas; su red subsecuente se completa con los afluentes encajados en la dirección casi constante de sus estratos.

Geológicamente los pliegues que constituyen el fondo de esta cuenca tienen una dirección general de N. 40-60 O. y buzamiento al SO. de los ejes de los pliegues; vienen a ser la prolongación meridional de los grandes arcos de plegamiento herciniano que, arrancando en la costa gallega con rumbo NE. y presentándose de N. a S. en el centro de Lugo, se disponen de NO. a SE. en casi toda la España occidental.

La cuenca viene a señalar los dos movimientos orogénicos que han afectado la comarca. Queda descu-

bierto el primero por la norma constante de rumbo al NO. y buzamiento al S., en pliegues isoclinales, que ofrecen su tendido hacia el borde resistente del geosinclinal herciniano; estas ideas, en nuestro caso, parecen tener amplia confirmación por la presencia del macizo granítico de Bermillo y Miranda de Dueño, que representa una porción de la región zaguera,

Arretuertas y Torbiscal, en unos 2 km, continúa la presentación del granito de aguas abajo del cierre, con su disposición en grandes bolsas y tendencia a la estratificación confusas; las consideraciones respecto a impermeabilidad serían las mismas hechas al hablar del cierre. Ya en el arroyo enfrente al del Torbiscal, en la margen derecha, empiezan los es-

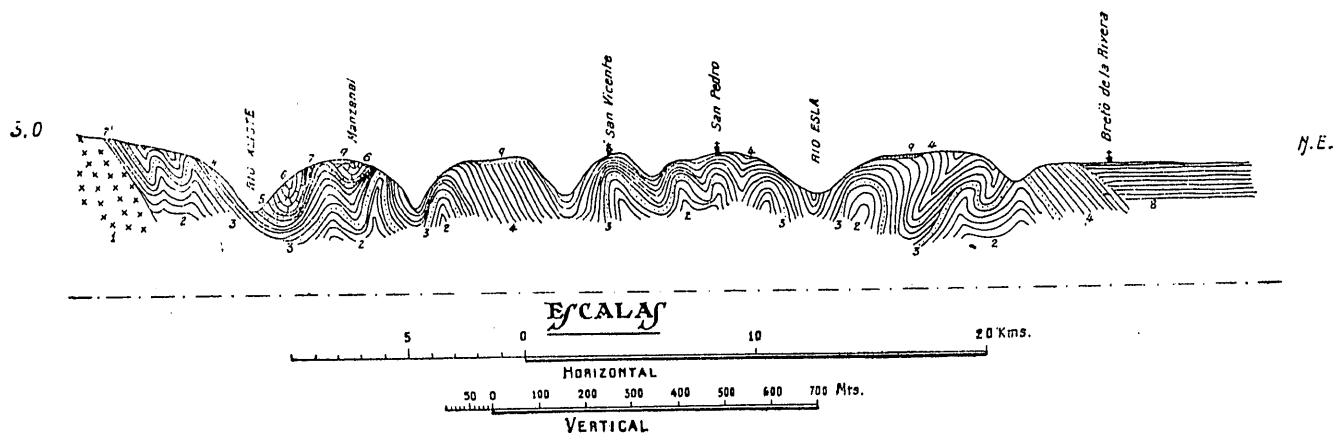


Fig. 5.ª Corte longitudinal del pantano del Esla

1, Granito (*Estrato cristalino*); 2, Rizamas cambrianas, y 3, Cuarcitas silurianas (*Siluriano inferior*); 4, Rizamas ordovicienses (*Siluriano medio*); 5, Rizamas gotlandienses (*Siluriano superior*); 6, Calizas (*Devoniano*); 7, Minerales de manganeso; 8, *Mioceno*; 9, *Aluvión cuaternario*

resistente durante el esfuerzo de plegamiento. El segundo movimiento orogénico, descubierto por la cuenca, se refiere al pirenaico o alpino de los tiempos modernos y se descompone en dos fases: está dada la primera por el hundimiento hacia el SE. de los ejes de los pliegues, lo que demuestra un movimiento bascular en los primeros tiempos pirenaicos hundiéndose la zona hacia Zamora, y emergiendo al NO. en Ga-

tratos paleozoicos, la mayoría con el mismo aspecto que en las vueltas de la carretera, donde hacen también contacto con el granito (figuras 6.ª, 7.ª y 8.ª).

Los estratos de ambos sitios están, como es natural, muy metamorfizados y son pizarras con silicatos de alúmina diminutos; también los hay cuarcitosos delgados, muy parecidos a los del postadaniense (cambriano superior), y aunque la facies en conjunto



Fig. 6.ª Zona de contacto entre el granito y el paleozoico. Zig-zag de la carretera y puente que serán anegados en el embalse



Fig. 7.ª Contacto del granito y las pizarras. Molins que se anegarán aguas arriba del puente

licia y Portugal, movimiento en báscula que explica la acumulación de estratos terciarios en la margen izquierda del Esla. Por fin, otra fase alpina está indicada por la dirección general del río, pues al quedar emergida la cordillera pirenaica, todos los ríos se dispusieron hacia el S., al hilo de los estratos paleozoicos o perpendicularmente a ellos, según el esfuerzo que hubiesen de vencer, y así ocurre con el Esla que, como curso más importante, corta de un modo normal el grupo de estratos primarios.

Daremos un itinerario que, partiendo del cierre, permita apreciar la estructura del vaso (fig 5.ª).

Desde el sitio de la presa hasta los arroyos de las

podría suponerse siluriana metamorfizada, los referimos al cambriano, puesto que son los que con más frecuencia hacen contacto con el granito, y, por otra parte, se cumple con la costumbre de hacerlo así en las capas dudosas que, en el primario, forman aureola con el macizo eruptivo; por lo demás, sería muy difícil aclarar la cuestión por la calcinación que necesariamente ha sufrido la materia orgánica, no conservándose residuos fósiles. Además, en nuestro caso, no es preciso tal aclaración, pues en cuanto a impermeabilidad es indiferente, siendo la unión de los estratos primarios perfectamente íntima con el macizo granítico, y aun cuando las capas cuarcitosas

estén en algún sitio cuarteadas, como su dirección es igual que la de las pizarras arcillosas (N. 40 O. buzando al NE.), o sea, en sentido transversal al río, y adelgazándose van a morir dentro del paquete de pizarras arcillosas, al fin que perseguimos resulta perfecta su impermeabilidad.

Desde el arroyo Torbiscal las pizarras, que eran claras y vinosas con cristallitos de metamorfismo, se van haciendo más azules, al principio, con una pequeña vibración (1), que más al N. pierden, alisándose en su tendencia a filadíos; es decir, van perdiendo metamorfismo a medida que se alejan del batolito del granito; fenómeno perfectamente natural que se cumple paulatinamente, según marchamos al N. Sin embargo, no es sin que tenga, al principio, sus alternativas, y así vemos cómo en las Arretuertas, que es el arroyo siguiente en el itinerario que llevamos, contiene en su fondo estratos de la misma presentación isoclinal, que son losas azules metamorfizadas con chialstolitas pequeñas, recordando los filadíos bastos que coronan el cambriano en Galicia; su rumbo es el mismo que antes, N. 40 O., buzando al NE.



Fig. 8. Estrechamiento granítico. Puente de Ricobayo, que será anegado en el embalse

Estas capas, al subir por el arroyo Codeso, se hacen lustrosas como las cristalofilianas del estrato cristalino, facies que, por otra parte, es frecuente en las aureolas que las rocas sedimentarias hacen a los asomos eruptivos; pronto encontramos, en algunos lechos de psamitas, delgadas señales de *tigilites perforantes*, con lo cual queda desechada la presencia del estrato cristalino. En todo el tramo atravesado hay frecuentes filones de cuarzo a lo largo de los estratos, dato empírico a favor igualmente del cambriano, así como el tramo de cuarcitas delgadas y sueltas que cruzamos después.

La primer aparición del ordoviciense clásico que se nos ofrece, está dada por los pliegues comprendidos entre los arroyos de Val de la Nave y el Valcobo, y consiste en la rama de un anticlinal de cuarcita seguido de un sinclinal de la misma roca. Estos dos pliegues, bien marcados, van seguidos al S. de otro anticlinal, que tiene bastantes fracturas en sentido perpendicular al eje del pliegue, y esto puede apreciarse porque al doblar el río hacia el E., hasta el arroyo de Valcobo, queda este segundo anticlinal de cuarcita formando el armazón de la margen izquierda mostrando las numerosas fracturas en sentido perpendicular al

eje, o sea a la dirección del río en este caso. El tamaño y disposición de estas fracturas, y más teniendo en cuenta la clase de roca cuyos bordes cortantes hacen improbables, tanto el aumento de sus grietas como la colmatación, producirían temor respecto a la permeabilidad de la pared si no fuese porque todo el haz de la cuarcita está comprendido, en resultado final, entre los filadíos arcillosos impermeables.

El vaso ensancha desde los arroyos del Monte y Campillo, continuando como paredes las cuarcitas y

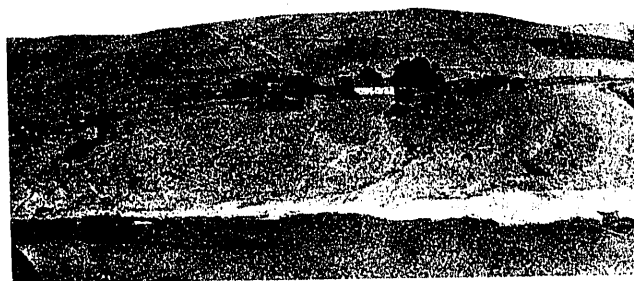


Fig. 9. San Pedro de la Nave, aldea que desaparecerá

pizarras superiores a ellas, entre las cuales se encajona en sentido longitudinal, según muestra el corte.

Los filadíos superpuestos a las cuarcitas son algo silíceos y se arrumban con el diastrofismo general de EO., buzamiento al N. Toda esta disposición se puede considerar corrida hacia el N., hasta cerca de



Fig. 10. Confluencia del Aliste con el Esla y aldea de la Pubblica, que se anegará

Río Malo, o sea en el trozo que hace frente a San Pedro (fig. 9.), que es aldea que tiene que desaparecer anegada, trasladándose una interesante iglesia visigoda, fotografiada cuidadosamente por el ingeniero Sr. Ríos.

Frente a la aldea llamada Pubblica (fig. 10), entre los afluentes Río Malo y el Aliste, encuentro un asomo de caliza sobre el que se asienta la ermita de Villafior, y que supongo devoniano, sin que en su masa oscura, veteada irregularmente, de aspecto calizo, haya podido encontrar más que confusas señales al parecer de *pólipos*. Desde aquí, hasta unos 600 m al N., los estratos cambian de facies y se hacen ampolíticos y carbonosos, con filones de cuarzo lechoso, que resalta sobre el fondo casi negro del terreno; en diferentes sitios vemos grandes manchas de sulfato de alúmina, que demuestran un horizonte piritoso entre

(1) Siluriano inferior.

las pizarras; en una palabra, la facies que, con un examen rápido, ofrecen estos estratos, es la del goxlandiense; pero como a los 600 m al N., y también entre las pizarras oscuras vuelven a asomar capas de caliza casi negra con vetas de calcita, conteniendo una estrecha capa de carbón en disposición nodular, como



Fig. 11. Estrechamiento del vaso al cruzar las cuarcitas de Cabriles

suele ocurrir en algunos asomos de la caliza de montaña, nos decidimos por considerar como más moderno todo este haz de capas, interpretándolo como un isleo carbonífero entre calizas devonianas. La dirección es de EO., con buzamiento primero al N., y al S. a la salida del isleo.

Estos grupos de los sistemas superiores del primario deben correrse de un modo algo irregular, por la cuenca del Aliste, y a su existencia parecen referirse los asomos de caliza de que hemos tenido noticias, por ejemplo, en Los Carbajales, y más al NO., en Vegalatrave, ambos orientados en la misma dirección de todos los plegamientos hercinianos de la zona.

Desde la Puebla, subiendo por sus lomas en dirección a Manzanal, encontramos losas arcillosas con los mismos rumbo y buzamiento, y los cuales, con frecuencia, tienen tonos amarillentos en su facies de alteración, con manchas negras de óxido de manganeso. En estas capas, que son silurianas sin duda por su colocación estratigráfica entre el isleo devoniano y los pliegues cuarcitosos que vuelven al N., es donde se concentra el manganeso en depósitos nodulares que han llegado a producir pequeñas explotaciones. En los casos que hemos tenido ocasión de examinar no pasaría el contenido de estos depósitos de unos cientos de toneladas, o sea un valor escaso si se tiene en cuenta la distancia y dificultades de conducción al ferrocarril. Genéticamente se trata de una concentración, probablemente moderna, a lo largo de los estratos y acusada exteriormente por una ligera montera ferruginosa; se dan todos los tránsitos desde la pirolusita cristalina, sin trazas pizarrosas, hasta la pizarra ligeramente teñida al exterior y amarillenta alterada en su fractura.

Estas capas arcillosas son más deleznales que las silurianas vistas hasta ahora, y esta facilidad a la erosión debe ser causa del desarrollo de un manto cuaternario que, como *diluvium rojo*, cubre todos los altozanos de esta topografía suave hasta Manzanal, sin dejar otras salidas de estratos silurianos que las de los fondos de los barrancos profundizados por las aguas o algunas crestas de cuarcita, que sobresalen por su dureza; hasta Manzanal parecen asomar dos

corridas de cuarcita que marcarían otros tantos pliegues. En Manzanal (710) vuelve a asomar la caliza devoniana, y termina aquí la presentación de estas losas arcillosas, que todavía en este pueblo contienen algún yacimiento de óxidos de manganeso. Dirección de NO.-SE. a EO., y buzamiento al NE. y N.

A partir de las calizas de Manzanal del Barco, las pizarras se hacen más satinadas y suaves, de tonos algo azules y verdosos, con filoncillos de cuarzo al hilo, hasta llegar cerca del Esla, a un aspecto típico de las llamadas de Calymene (N. 30 O. = SO. y verticales). Al descender al río hasta la Aceña de los Cabriles, se aprecia cómo esas pizarras pertenecían realmente al siluriano medio, pues inmediatamente y aguas abajo del molino hay un magnífico anticlinal de cuarcita (fig. 11) en pliegue doble con un rápido sinclinal intercalado, con el conjunto en forma de M, según indica el corte.

Esta cuarcita que, como obstáculo de gran dureza está cortada por el río perpendicularmente, tendrá unos 80 m de potencia, y en sus lisis de medio o varios metros de espesor, con psamitas intercaladas, encontramos *tigilites* y *algas nodulares* indeterminadas, *lingulas*, una *cruziana jurcifera* y algún *vexillum*; es decir, una representación característica de la fauna ordoviciense.

Pasada esta fuerte barrera de cuarcitas el río forma un meandro hacia el E. y se coloca casi al hilo de la corrida de los estratos, de un modo parecido a como ocurrió en San Pedro de la Nave; en la margen izquierda va el pliegue anticlinal de cuarcitas con cortaduras transversales hasta de medio metro y bordes aristados, el peligro de las cuales se anula por la envolvente arcillosa que, en todos sentidos y en más o menos distancia, proporcionan a las cuarcitas los filadíos y pizarras del tramo medio del siluriano, rocas que, a su vez, son las que constituyen en este trayecto la pared de la margen derecha del vaso. Además, y para absoluta tranquilidad, hay que tener en cuenta que los arroyos que puedan estar dispuestos en el mismo sentido longitudinal de los pliegues o pa-



Fig. 12. Forma del vaso frente a Montamarta. Ladera izquierda aplanada

redes, y por detrás de ellos, pertenecen a la misma cuenca y se anegarian con ellos hasta la misma curva.

Vuelve a ponerse el río al NE., sesgando algo los filadíos ordovicienses mientras sigue dominando el pliegue cuarcitoso en la ladera izquierda, aunque con franca tendencia al buzamiento de su eje hacia el SE., y esto coincide con el ensanche que ofrece el río y el gran aplanamiento de la ladera izquierda, con-

trastando la derecha acantilada, con sus dehesas en arbolado sobre el paleozoico, y la opuesta, con los cultivos cereales, del término de Montamarta, sobre las llanuras terciarias. En nuestro concepto existe una relación indudable entre el hundimiento de los pliegues primarios hacia el SE. y la transgresión del terciario hasta cerca del borde de la margen izquierda (figura 12). La posibilidad de que estos depósitos terciarios, casi horizontales, queden mojados por el embalse nos da fundamento para consideraciones que vamos a retrasar, por favorecer la disciplina de la exposición, hasta dar a conocer todos los datos sobre esta posible pared moderna de estratos horizontales en la margen oriental, y continuaremos, hasta terminar, reseñando el fondo y las paredes paleozoicas, de garantía absoluta en cuanto a impermeabilidad.

Hasta San Vicente del Barco dominan las pizarras arcillosas de tono vinoso, que supongo del horizonte de *calimene* alteradas, lo que queda comprobado en el pliegue de un gran anticlinal de la cuarcita de entrada del siluriano, a unos 400 m al N. de San Vicente y que, como todos los estratos en este trozo, corta casi perpendicularmente el cauce (N. 30-40 O.). Desde San Vicente hasta San Pedro de las Cuevas no se distinguen los estratos antiguos más que en parte en las orillas y fondo del cauce, pues todas las lomas y laderas quedan casi totalmente ofuscadas por un manto de *diluvium* rojo, sobre el que asientan los cultivos. En el trayecto entre ambos pueblos parecen predominar las pizarras arcillosas con rumbo N. 30-40 O. y buzamiento algo variable, apreciándose tres pasos de la cuarcita, aunque con el enmascaramiento del depósito cuaternario, que cubre casi todas las lomas. La cuarcita es roca que resalta siempre por su dureza, se refiere siempre a la entrada del tramo siluriano, y, como toda la masa de pizarras, corta transversalmente al río.

En San Pedro de las Cuevas acusa el barranco 720 m, es decir, que este pueblo no sufriría, en su caso, los efectos de la inundación, pero quedará convertido en puerto del gran embalse, de un modo parecido a como ocurrirá con Manzanal y San Vicente del Barco.

En San Pedro los estratos son arcillosos claros de N. a O., y buzando al S.; al N., vemos pasar un anticlinal de cuarcita que, unido a un segundo pliegue, parece haber sido la causa determinante de la clasificación de siluriano que se asigna a la margen derecha en los antiguos mapas geológicos, y cambriano a la izquierda, pues en el trayecto de San Pedro al puente de la Estrella el río corre paralelamente a los estratos ajustándose en cierto modo a ellos. Este pliegue de la cuarcita se ofrece en un anticlinal clásico, unos 300 m aguas arriba del puente, en un meandro sumamente pintoresco; sobre él descansa un templo visigodo (fig. 13).

El eje de este anticlinal, que desde su paso al N. de San Pedro viene acusando su buzamiento al SE., se hunde definitivamente al Oriente de la gran curva del río, desapareciendo bajo los estratos modernos del término de San Cebrián, contribuyendo al aplanamiento de la margen izquierda, ya iniciado por la misma causa, desde la Dehesa de Mazares, frente a Montemarta.

Sueltos encontramos varios fósiles de las cuarcitas (*cruziana goldfussi*), en la margen izquierda, que parecen comprobación del paso de las cuarcitas prolongadas al N.

El tramo pizarroso que contiene a estas corridas de cuarcitas y a otra que, antes del puente, cruza el río en un molino, es potente y tiene un arrumbamiento uniforme que varía poco del N. 40 O. a EO., con buzamiento hacia el SO. o S.; los estratos son muy arcillosos y apretados en hojas finas, variando en su aspecto, según el grado de alteración, desde el aspecto de las pizarras de *calymene* azulado verdosas, hasta las claras y vinosas, conteniendo mucho cuarzo en vetas longitudinales con aspecto cambriano.

Con la misma apariencia de seguridad que hasta aquí, siguen presentándose los estratos silurianos en el fondo y escarpes del cauce, hasta el final del vaso. La disposición sigue siendo transversal al río hasta salir fuera de las paredes, y el dominio es siempre de las pizarras arcillosas más o menos alteradas y muy apretadas en sus pliegues; es decir, un conjunto de las máximas garantías de impermeabilidad. La presentación en la parte alta de las laderas está siempre ofuscada respecto a estas capas pizarrosas, pues, además de permitir el arraigo de arbustos y vegetación de monte bajo, se alteran en tierras arcillosas que dan



Fig. 13. Curva del río al cruzar la cuarcita del Puente de la Estrella

lugar al monte cuaternario, adaptado sobre todos los terrenos con espesores de 1 a 4 m, y siendo base de las llanuras de cereales de la margen izquierda.

Dentro de cada macizo pizarroso, arrumbado como siempre de NO. a EO., destacan siempre más por su tono y esterilidad de vegetación las cuarcitas plegadas en anticlinales más o menos amplias, pero siempre comprendidas y limitadas transversalmente por las pizarras que neutralizarían su posible permeabilidad. Estas cuarcitas son siempre del siluriano inferior, y en consecuencia puede decirse que, hasta Bretó, aguas arriba de la cola del pantano, no hay más expresión geológica que la de pliegues repetidos del ordoviciense cuarcitoso alojando sinclinales de la pizarra del siluriano medio.

Un ejemplo típico se puede citar en el puente de la carretera en construcción que ha de unir Tabara con la estación de Tabla. Los lisos de esta roca, enhiestos y con algún buzamiento hacia el S. apenas permiten ver su dobladura por el rápido y uniforme isoclinal con que se pliegan; su potencia total será de más de 100 m, y presta, en los dos bordes en que corta ortogonalmente al río, apoyo firme para los estribos del puente. En sus lienzos hemos visto muchas yacijas psamíticas con *tigilites* y *algas*, entre las cuales merece citarse una *penescorsea*. Desde esta potente cuarcita se descubren otras dos: una, al S.,

en anticlinal bastante tendido y distante 2 km escasos que, como la del N., cruza al río de E. a O. Por completar la disposición clásica del ordoviciense encontramos algunos pequeños horizontes algo ferruginosos, con concentraciones de buena limonita, dentro de las pizarras que corren unos 200 m al S. de las cuarcitas del puente y antes de llegar a la que forma anticlinal. Estos lechos ferruginosos hacen que este tramo de pizarras se destaque por su mayor dureza formando pequeños montículos. A pesar de su colocación geológica, su valor industrial sería absolutamente nulo.

Los estratos silurianos siguen hasta el final del vaso, viéndose otra corrida de cuarcitas unos 3 km más al N. de la del puente. Las últimas capas vistas han sido las del anclaje de la estación de aforos más alta, cerca del pueblo de Bretó, enclavada sobre psamitas inferiores a la cuarcita de entrada del siluriano inferior; son muy fosilíferas y sobre ellas hemos visto *crúzianas goldjussi* y *jurcífere*, alguna *nucula* mal conservada y *tigilites* y *algas planas*, con ondulaciones rítmicas, acusando el origen litoral de los depósitos.



Fig. 14. Granja Moreruela. Montículos mostrando la disposición y el espesor del terciario

Debajo de estas psamitas hay pizarras que parece deben referirse a la parte alta del cambriano conteniendo lechos arenosos, con facies algo distinta a la vista; están casi en contacto con los sedimentos arenosos terciarios y, como ellos, con buzamiento al S., por lo cual de lejos cabe alguna confusión.

En resumen, el fondo, la pared de ella y casi toda la izquierda están formadas por el siluriano, que se ofrece en pliegues hercicianos de su piso inferior particularmente, arrumbados uniformemente de NO. a SE., y cuyos ejes buzan en este mismo sentido SE., indicando la depresión de la orilla izquierda.

En cualquiera de los casos examinados es terreno perfectamente impermeable.

Terrenos modernos.—Son el terciario y el *diluvium* cuaternario que sustenta las tierras laborables; ambos se disponen horizontalmente, y con poco espesor se adaptan a los altibajos del fondo paleozoico.

Dispuestos estos terrenos casi horizontalmente sobre los antiguos, depende su importancia de la curva del embalse que se adopte, y así tenemos, que de las tres soluciones estudiadas, la curva de cota 76 m, contados desde el pie de la presa, hace llegar el agua del embalse hasta Palacios del Pan, en terreno siluriano; la solución de cota 78 la lleva hasta Montamarta, pueblo que habría que defender con una presa estribada en terreno siluriano; y, por fin, la curva más alta de las proyectadas, la 81, alcanzaría a San Cebrián.

En realidad, el mioceno que se acantona en la orilla izquierda aplanada apenas se ve más que en algún barranco más erosionado o en algún montículo de más elevación; por lo demás, y en general, no se distingue más que la capa de arcilla con cantos rodados de cuarcita, que alcanzará de 1 a 3 m de potencia y que representa el manto de *diluvium* cuaternario, origen principal de las tierras laborables y más cara tupida del subsuelo en esta suave topografía de la margen oriental. El terciario se sospecha en las suaves ondulaciones, por la forma de los barrancos y lomas, y nos inclinamos a suponer que se parezca su distribución geográfica a la señalada en el actual mapa geológico de España.

La sencilla composición de este mioceno la hemos podido apreciar en San Cebrián, Montamarta y la Granja de Moreruela. El fondo más inferior que hemos visto ha sido de pudinga fina, formada de cuarzo y cemento blanco de caliza; encima descansa otra pudinga, cuyos elementos poligénicos oscilan, por lo general, desde 2 ó 3 cm hasta menudos granos, y siempre en cuarzo, mientras su cemento es silíceo y arcilloso; este horizonte que es el principal y el que llega hasta la parte alta, tendrá su máximo de potencia en la Granja de Moreruela (fig. 14) y en Santa Marta, no excediendo de 15 a 20 m. La composición es parecida al visto en la cuenca del Duero, de Zamora a Toro, salvo la menor consistencia y mayor cantidad de arcilla en los sedimentos que estamos examinando; en ningún sitio hemos visto la caliza de la coronación.

La capa arcilloso-arenosa, que forma la totalidad, es impermeable, pues en ella se practican los pozos para su servicio en los pueblos de San Cebrián y Santa Marta. Por los datos tomados sobre los pocitos de San Cebrián, el manto acuífero se inclinaba hacia el río como nivel hidrostático que pertenece a su cuenca; ahora bien, como dentro de esta pudinga arcillosa hay algunos pequeños lechos de guijo que, por quedar lavados, permiten el paso dentro del agua entre sus intersticios, y como las cuencas del Esla y la más oriental de Valderaduey llegan a aproximarse en pocos kilómetros, pudiera señalarse el remoto caso de comunicación de vasos. La improbabilidad es manifiesta por varias razones: 1.ª, porque es casi segura la incomunicación de las cuencas terciarias de ambos ríos, pues los actuales cauces, salvo la amplitud, coinciden con los antiguos miocenos, y, por consecuencia, cada río tendrá sus depósitos de pudinga independientes e inclinados hacia él, como parece comprobarse por el fondo acuífero de San Cebrián; 2.ª, la presión que alcanzase el agua al tocar los sedimentos terciarios sería escasa, pues no pasaría su altura, dentro de ellos, de 2 a 3 m, y esta presión resulta insignificante, dado el rozamiento por conductos finísimos que tendría el manto acuífero para comunicarse a través de varios kilómetros; y, por fin, esta clase de penosa conducción tendría hundimientos de la parte arcillosa que tenderían a entorpecerla o a colmatarla. Estos argumentos sirven para desechar toda clase de escrúpulos; pero aun queriendo llegar a la curva máxima, y si después de un examen atento se viese algún pequeño lecho que en el terciario de Montamarta (que es el que más avanza) pudiese suponerse poroso, bastaría impermeabilizar su paramento con un pequeño murete fundado en las capas paleozoicas; es decir, que aun en el peor de los casos, la solución es fácil.