



BIBLIOTECA

CONDICIONES GEOLOGICAS DE LA BOQUILLA DE
DON MARTIN, COAHUILA, Y DE SUS ALREDEDORES

POR EL DR. PAUL WAITZ, M. S. A.

GEOLOGO DE LA COMISION NACIONAL DE IRRIGACION



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO, 1932



CONDICIONES GEOLOGICAS DE LA BOQUILLA DE DON MARTIN, COAHUILA, Y DE SUS ALREDEDORES

Por el Dr. PAUL WAITZ, M. S. A., Geólogo de la Comisión
Nacional de Irrigación

SUMARIO.—Introducción.—Situación geográfica, morfología e hidrografía.—Geología de la Zona.—Elección del lugar más apropiado para la construcción de la cortina.—El problema del vertedor de demasías.—El fracaso de la Presa de Austin, Texas.—Resumen y Conclusiones.

(Láminas I a XIII)

INTRODUCCION

La proyectada presa de la Boquilla de la Casa de Don Martín, tiene el objeto de almacenar en el vaso que proporciona la depresión entre la Sierra de La Laja y la pequeña población de Juárez, las aguas del Río Salado que se forma en dicho vaso por la unión del Río Sabinas y del de los Nadadores. Las aguas de la presa serán utilizadas para regar extensos terrenos de magnífica calidad que existen al Oriente de la boquilla, y que hoy día únicamente en una extensión muy reducida están bajo cultivo, mientras que la mayor porción sólo se aprovecha como agostadero.

La Boquilla de Don Martín es el único punto que, en el curso medio del Río Salado ofrece condiciones favorables para la construcción de una presa, porque sólo en este lugar el río atraviesa una zona de plegamientos por cuya causa estratos más antiguos y más resistentes llegan a formar el núcleo de una sierra que sobresale del nivel general de la región, mientras que tanto río arriba como

aguas abajo en las capas más modernas y poco resistentes que forman la superficie del terreno, el río ha profundizado su lecho encajonándose en ellas.

SITUACION GEOGRAFICA, MORFOLOGIA E HIDROGRAFIA

La Sierra de La Laja, como se llama al conjunto de la Sierra del Caracol, al Sur, y de la de Casa de Don Martín, en el Norte de la boquilla, es una de las últimas y débiles manifestaciones de plegamiento de la Sierra Madre Oriental, por su lado hacia el Golfo. Se extiende en forma de una cordillera, de unos cuarenta kilómetros de largo, desde cerca de la Villa de Juárez (al SE. de la importante población de Sabinas), hasta cerca de la Estación de Rodríguez, sobre el Ferrocarril Nacional, con una dirección NNW.-SSE., característica para todos los plegamientos del sistema de la Sierra Madre en esta región.

La sierrita tiene su mayor desarrollo horizontal y vertical en la parte central donde su base llega a tener unos tres kilómetros de ancho y donde se elevan sus eminencias más altas a unos 350 metros sobre el mar. Desde esta región central la altura de la cresta va disminuyendo hacia el Norte, como hacia el Sur, y conforme va reduciéndose también la anchura de la sierra hasta que sus extremos se sumergen en ambas direcciones con declive suave en la planicie ondulada que la rodea.

Debido a la mayor altura en la parte central, la sierra tiene en esta zona un relieve más inquieto; en su cresta sobresalen aquí algunas eminencias aisladas, mientras que en general el perfil de la sierra es más uniforme; y mientras que en los flancos de la porción media se han desarrollado algunas cañadas de mayores dimensiones, en el resto de la sierra estas son bastante escasas. En toda la parte

al Norte de la boquilla, por ejemplo, sólo se ha formado un pequeño arroyo en el flanco occidental.

Los flancos occidentales de la sierra descienden con un declive, por lo general suave y uniforme, hacia la depresión del vaso y sólo cerca de la boquilla, donde el río llega hasta el pie de la sierra, se observa la forma de una ladera más escarpada. También hacia el Oriente, donde el río sigue a menor o mayor distancia del pie de la sierra hacia el Sureste, los flancos de la sierra son relativamente suaves y uniformes, sin embargo del mayor desarrollo de su relieve, tanto en el sentido horizontal como vertical. Todo esto indica que la estructura interior de la sierra es uniforme también.

La planicie ondulada al Poniente de la Sierra, se extiende en dirección hacia el SW. hasta las elevaciones características de las Mesillas, que, como indica su nombre, se componen de algunos macizos en forma de mesetas alineadas que sobresalen con altura variable de la llanura que los rodea. Una serie de lomas muy poco pronunciadas forma en este llano ondulado una división de aguas que separa el futuro vaso de la presa de Don Martín, de la zona austral que desagua hacia el arroyo de San Juan de la Mucha Agua, afluente del Río de Candela que corre al Sur de la Sierra del Caracol y se junta con el Salado en el Paso de La Laja, ya cerca de Rodríguez.

En dirección hacia el W. y NW., la planicie ondulada se extiende hacia el pie de las cordilleras altas de la Sierra Madre como La Sierra de Los Pájaros Azules, cerca de Progreso, la Sierra Hermosa de Santa Rosa, cerca de Múzquiz y a la Sierra del Burro, más al Norte. En el Norte termina en el lomerío de los Peyotes, perteneciente esta zona ya a los bajíos que desaguan hacia el Río del Camarón, otro afluente del Río Salado que reconoce a él bastantes aguas abajo de Rodríguez.

Hacia el Este, la llanura se extiende con suave declive hacia este rumbo y con ligeras ondulaciones de dirección NNW-SSE., hasta el litoral del Golfo.

El Río Salado se forma en el vaso de la futura presa con la afluencia del Río Salado de los Nadadores al Río de Sabinas que es el más caudaloso de los dos. Ambos ríos vienen de la Sierra Madre, al Poniente, y en su paso por la planicie ondulada, formada por depósitos cuaternarios, su curso méandrico original (así como el del Río Salado hasta la Boquilla), se ha establecido de una forma definitiva a causa del encajonamiento a que ha llegado desde entonces, mientras que la planicie en general ha sido desgastada y rebajada de una manera lenta y uniforme, por lo menos en la región que ocupa el vaso de la presa.

En la Boquilla, el río en sus avenidas periódicas ha destruido la mayor parte de los depósitos cuaternarios que cubrieron en un tiempo el fondo rocalloso, pero hasta ahora todavía no ha tenido tiempo y fuerza suficiente de profundizar su lecho en estas rocas. Río abajo, en cambio, se encajona de nuevo rápidamente y corre actualmente en una barranca abierta en los depósitos cuaternarios que forman en su margen izquierda paredones de doce y más metros de altura, mientras en la orilla derecha éstos que cubrieron aquí en capas más delgadas los flancos de la Sierra de La Laja, en general han sido destruídos. La erosión de la superficie de los depósitos cuaternarios al Este de la sierra difiere en algo de la del vaso de la presa, pues mientras allí, probablemente por la pendiente hidráulica fuerte del río que entre Juárez y Don Martín, es aproximadamente de 1.5 por kilómetro, el desgaste ha sido uniforme en sentido horizontal, río abajo de Don Martín la pendiente suave de 0.50 metros por kilómetro entre Don Martín y Rodríguez, sólo ha originado la formación de una terraza bien marcada que, por el margen izquierdo, con

una anchura relativamente corta acompaña al río hasta la Hacienda de la Reforma. Domina a esta terraza una meseta formada por acarreo fluvial, no consolidado, que en un tiempo formaba la capa superior de los depósitos cuaternarios y la superficie de la llanura, quedando de esta cubierta hoy día, sólo restos aislados al Poniente de la Sierra de La Laja, mientras que al Oriente la meseta constituida por este acarreo incoherente todavía, tiene una extensión muy considerable.

El régimen del Río Salado es como el de todos los ríos de esta región semiárida, de un gasto muy reducido en el estiaje, de crecientes medianas y fuertes durante los meses de verano y de avenidas enormes en esta estación en algunos años excepcionales. En el corto lapso de tiempo durante el cual se han hecho aforos del río (desde 1901 hasta 1913, y desde 1923 hasta la fecha) se han registrado avenidas con un gasto de más de 4,000 metros cúbicos por segundo, pero es seguro que estas no son las máximas a que puede llegar el río. Poco aguas abajo de San Antonio la barranca del río tiene una profundidad de más de quince metros y está bastante abierta. Hace aquí una curva no muy pronunciada, y en el borde de ella se encuentran en la terraza troncos de gigantescos sabinos que el río, no cupiendo en su cauce amplio, ha arrojado a la terraza, lo que da una idea de la cantidad de agua que el Río Salado puede conducir en sus crecientes.

GEOLOGIA DE LA ZONA

Las formaciones que afloran en la Sierra de La Laja y en sus alrededores que abarca el proyecto de la Presa de Don Martín son, sin excepción, de origen sedimentario. Sólo al NW., y ya fuera del vaso de la presa hay unas eminencias que deben su formación al volcanismo, pero su ex-

tensión y elevación son tan reducidas que sus rocas ni figuran en los depósitos fluviales del Río Salado. En cambio, encontramos rocas eruptivas de una proveniencia lejana (Sierra Madre) en estos depósitos mencionados y en otros de origen fluvial antiguo.

La Sierra de La Laja está formada por una serie muy potente de calizas de color gris, y gris azulado, en bancos relativamente delgados cuyo grueso varía entre 20 y 90 centímetros. En la parte superior de la formación calcárea hay una serie de bancos de caliza cuyo color es algo más amarillento, debido a hidróxidos de fierro que provienen de núcleos de hematita que con cierta frecuencia se hallan diseminados en estas capas y que al descomponerse tiñen de colores, de café y rojizo sobre todo, la superficie alterada de las piedras.

Alternan con los bancos de caliza, bastante pura, y de colores claros, de la formación calcárea, otras de calizas apizarradas, más o menos margosas, y de colores más oscuros, habiendo entre estas intercalaciones unas que por contener sólo una cantidad pequeña de carbonato de cal pueden clasificarse de pizarras arcillosas. Su contenido en sustancias orgánicas es por lo general muy grande, lo que les da un color negro, mientras que en otros casos, por cierto raros, cuando falta la substancia orgánica, la pizarra tiene un color amarillo grisáceo claro. A veces el apizarramiento de estas capas es perfecto y fino y la roca demuestra entonces una hojosiidad muy grande.

En la superficie, y al contacto con los agentes atmosféricos, la caliza se cubre de una costra delgada blanca grisácea, donde falta la materia colorante del fierro, y de café oscuro, donde ésta está presente. Las pizarras, al alterarse, pierden su color oscuro a causa de la oxidación de su substancia orgánica y el apizarramiento y la hojosiidad latente de la roca fresca, se hace patente con el pro-

greso de la alteración, resultando de este proceso y de la lexicación del carbonato de cal una marga y, al fin, una arcilla de colores claros y de una pronunciada estructura apizarrada.

Sobre la formación calcárea de la Sierra de La Laja descansa otra de pizarras arcillosas, y a veces algo margosas, con intercalaciones escasas de bancos de caliza en su parte inferior que forma su transición a la formación calcárea en su bajo. Las capas arcillosas inferiores de esta serie, tienen un color azulado obscuro y demuestran todavía cierta dureza y resistencia a la alteración, pero bien pronto pasan hacia arriba, a arcillas y margas de colores pardos oscuros, sumamente suaves, deleznales y propensas a una alteración y desintegración rápida y completa, estando acompañado este proceso de un cambio de los colores oscuros a tintes claros de gris y amarillo. Esta propiedad muy característica de estas arcillas es debida probablemente a su contenido fuerte de sulfato de cal en forma de anhidrita diseminado finamente en la roca y que al contacto con la atmósfera se hidrata y se transforma en yeso que cristaliza, aumentando su volumen, por lo cual desintegra la estructura de las arcillas, de tal manera, que, por ejemplo, de los trozos sacados de las exploraciones que se han practicado últimamente en esta formación, en el transcurso de pocos días quedaron solamente montones de arcilla sin estructura y coherencia.

Esta formación de pizarras arcillosas y margosas que pertenece a la que en Texas se ha denominado Upson Clay y Taylor Marls, y que son del Santoniano Superior, descansa en concordancia sobre las calizas arriba descritas que por su parte pertenecen al Santoniano Inferior, y que son conocidas en los Estados Unidos, al otro lado del Río Bravo, con el nombre de Austin Chalk. Ambas formacio-

nes forman el Santoniano que pertenece a la parte media del Cretácico Superior.

Las pizarras de los Taylor Marls pasan hacia arriba lentamente, y al parecer en concordancia en areniscas de colores pardos y verdosos, cuarcíticas y calcáreas y otros sedimentos de la parte alta del Cretácico Superior.

Las primeras afloran todavía en el interior del futuro vaso; por ejemplo, en las lomas del Devisadero, en el camino de Don Martín a la Hacienda del Alamo, cerca de ésta última, y en la loma en que está situado el casco de dicha finca. Más al Poniente, más cerca de las Mesillas, en el Arroyo de La Azufrosa, se encuentra en estas areniscas la *Exogyra Costata*, fósil característico que comprueba que las capas pertenecen a los San Miguel Beds del Campaniano del Cretácico Superior. Los sedimentos superiores forman las capas casi planas de las Mesillas, ya afuera del vaso y al SW. de él.

Al Oriente de la Sierra de La Laja, los Taylor Marls afloran en el fondo, y en la parte inferior de las laderas de la barranca del Río Salado, en muchos lugares entre Don Martín y La Reforma. Fuera de la barranca no se asoman en la superficie del terreno. En cambio, llegan a aflorar capas sedimentarias más modernas en algunas lomas, cerca de la Anguila y de la Laguna del Zancudo, pertenecientes estos estratos más consistentes a las areniscas pardas del Campaniano, lo que comprueba la presencia de la *Exogyra Costata* que se encuentra con mucha frecuencia en esos lugares. Más al Este, siguen las capas del Cretácico Superior más alto y encima de ellas las del Terciario que forman el subsuelo de las llanuras que se extienden de allá hasta la costa del Golfo.

Tenemos por lo tanto, en la Sierra de La Laja y en sus alrededores, las formaciones del Cretácico Superior que consta en el cuadro adjunto número 1. *

CUADRO NUM. 1

FORMACIONES GEOLOGICAS DE LOS ALREDEDORES
DE LA CASA DE DON MARTIN

	Al W. de la Sierra de La Laja	Sierra de La Laja	Al E. de la Sierra de La Laja	Fósiles
CRETACICO SUPERIOR	Campaniano: Maestrichtiano: Formación de Eagle Pass Coal Escondido Beds	Mesillas.	Camarón.	Lamelibranquios, Gastrópodos, Amonitas.
	San Miguel Serie Beds	Entre Mesillas y Arroyo de La Asufrosa. Arroyo de La Asufrosa y Hda. del Alamo.	La Anguila. Laguna del Zancudo.	Plantas y mantos de carbón. Exogyra costata y otros. Lamelibranquios, Gastrópodos.
	Emscheriano: Santoniano Inferior: Santoniano Superior: Taylor Marls y Upson Clays	Vaso de la presa.	Barranca del Salado, desde Don Martín hasta cerca de Rodríguez.	Lamelibranquios, Amonitas.
	Austin Chalk	Sierra de La Laja.	Inoceramus Crispi y otros.	

Todas estas capas están en posición concordante, es decir, durante todo el tiempo en el cual fueron depositadas no ha habido movimientos tectónicos intensos que hubieran ocasionado un cambio en la posición horizontal de las capas inferiores, respecto a las superiores de la serie, aunque debe haber habido cambios en su altura relativa y en las condiciones de su sedimentación general, lo que debe deducirse del cambio en el carácter de las rocas de los diferentes sedimentos. El Austin Chalk o las calizas más o menos margosas de Austin son, con toda seguridad, una formación marina, mientras que en los sedimentos superiores su naturaleza de areniscas y la existencia de plantas y de algunos fósiles característicos indica que se deben haber formado en esteros y lagunas cercanas a la costa. Después de la formación del Maestrichtiano, al fin del Cretácico, principió un levantamiento decisivo de la zona y a causa de éste, un período de erosión terrestre acompañado, en tiempos más modernos, de una acumulación de depósitos fluviales y eólicos, sin que desde el fin del Cretácico hasta nuestros días esta parte haya quedado invadida otra vez por el mar del Golfo, cuya extensión fué reducida continuamente, retirándose gradualmente la costa hacia el Este, durante el Terciario y Cuaternario, desde los alrededores de la zona donde se encuentra hoy día la Estación de Camarón hasta su posición actual.

El levantamiento de la región, al finalizar el Cretácico, fué acompañado y seguido por fuertes plegamientos en la zona de la Sierra Madre, y menos fuertes al Este de ella, siendo uno de éstos últimos, el pliegue pequeño de la Sierra de La Laja. El plegamiento de esta sierra y de otras semejantes de la zona, ha sido tan lento, que por lo menos los ríos más importantes del sistema fluvial establecido por el levantamiento de la región tierra adentro, podían vencer sin desviarse estos obstáculos que se opu-

sieran a su curso fijado ya con anterioridad, y así vemos que el Río Salado ha conservado su curso perpendicularmente a través de la Sierra de La Laja, formado por calizas duras y resistentes, sin embargo de que a poca distancia, tanto en el Sur como en el Norte, la caliza de la sierra se sumerge en el plan de la llanura ondulada formada por las margas deleznable de Taylor, que no ofrece ninguna resistencia a la erosión, y en las cuales el Río Salado hubiera encontrado condiciones favorables para abrir su lecho, si el levantamiento del núcleo duro de la Sierra de La Laja hubiera significado un obstáculo para él.

La erosión muy fuerte a que quedó expuesta la superficie en la comarca, en los primeros tiempos, durante y después de su levantamiento (y hemos visto que cuantitativamente dominaron en aquella época los efectos de la erosión sobre los del levantamiento) deslavó con mayor ímpetu en lo alto del pliegue de la Sierra de La Laja la cubierta de las capas supracretácicas que en un principio cubrieron su núcleo de Austin Chalk, dejando a este núcleo completamente desprovisto de las capas superiores.

En los flancos de la sierra, las capas deleznable de las margas de Taylor fueron atacadas, naturalmente, también por la erosión que en ellas formó una llanura ondulada cuya superficie corta en ángulo oblicuo los planos de la estratificación de la formación, de tal manera, que si nos alejamos de la sierra, perpendicularmente, a su eje longitudinal, tanto en dirección hacia el SW., como hacia el NE., encontramos en la llanura (donde hay afloramiento de las rocas sedimentarias) siempre estratos, más y más recientes, mientras más avanzamos en dichos rumbos.

La superficie formada entonces por esta erosión, hoy día está cubierta en grande extensión por depósitos fluviales (y eólicos) que de esta manera descansan en posición discordante sobre las capas más antiguas de edad

variada (en los alrededores de la Sierra de La Laja, sobre las formaciones del Austin Chalk hasta la Coal Serie de la formación de Eagle Pass) y por esta razón las capas del Cretácico Superior, arriba de la caliza de Austin, sólo están visibles en el fondo del Río Salado y en algunas de las lomas que, en los límites del vaso de la presa, sobresalen de los depósitos cuaternarios, o con más precisión, del Pleistoceno o de los Reynoso Beds a que pertenecen.

Estas capas cuaternarias son de origen terrestre en su totalidad, es decir, durante su formación no ha habido ya invasión de mar en esta zona. Pero en cambio, había terminado entonces también ya en esta región la época del fuerte desgaste que tuvo lugar en el Terciario, durante el cual aquella zona, que había resultado tierra, forma causa del levantamiento de fines del Cretácico y principio del Terciario, fué desgastado, mientras que los productos de esta erosión formaron los sedimentos terciarios marinos más al Este. Probablemente a causa de un hundimiento general de la región costera, su declive general y su pendiente hidráulica, habían disminuído, mientras que había quedado ésta última aumentada en la Sierra Madre, al Poniente. Debido a esto, y a un clima más húmedo, la erosión en esta última se había intensificado entonces, pero el poder arrastrante de los ríos de la parte plana al pie de la sierra no era suficiente para transportar los materiales hasta el mar, sino sólo para desparramarlos en el plan de la costa. A estas conclusiones nos llevan la disposición y la naturaleza de los depósitos cuaternarios cuyo origen fluvial está demostrado, tanto por su naturaleza (conglomerados de cantos rodados de proveniencia lejana), como por la irregularidad de la extensión horizontal y vertical y de la estratificación vaga que se observa a veces en ellos.

La base de esos depósitos está a la vista solamente en el corte que ha hecho en ellos el Río Salado y su afluente principal el Río Sabinas, y tanto en el paso de Lugo y en el de La Lajita, ambos arriba de la Boquilla de Don Martín, como río abajo, entre ellas y La Reforma, aflora encima de los sedimentos cretácicos erosionados un conglomerado endurecido, compuesto de cantos rodados, hasta de 10 ó 15 centímetros de diámetro, de caliza del Cretácico medio, de pedernal de la misma formación y de rhyolitas. El cemento del conglomerado es carbonato de cal. Se observa en estos depósitos, que tienen un espesor de uno a tres y más metros, una estratificación muy vaga y una ligera indicación de una separación en bancos. Donde el conglomerado descansa sobre la caliza de Austin, se encuentran todavía manchones de él en su posición original, pero donde yace sobre las pizarras arcillosas y margosas de Taylor que el río y la erosión en general ataca con tanta facilidad, el conglomerado donde está al descubierto, ha experimentado frecuentemente un fraccionamiento fuerte, cambios de posición y derrumbes a causa de la falta de su sostén anterior, ahora deslavado.

Encima de este conglomerado y en transición con él, se encuentran depósitos potentes de material margoso y pulverulento de color gris amarillento, con intercalaciones muy irregulares de lentes y cintas de cantos rodados y de arena sin coherencia y en posición muy variada, desde horizontales, hasta muy inclinadas y torcidas. En los depósitos pulverulentos no se observa ninguna estratificación o separación en distintas capas, de tal manera, que su aspecto parece indicar más bien un origen eólico que fluvial, mientras que sus intercalaciones de capas de arena y grava arredondada, no dejan dudar de su origen fluvial. El espesor de estos depósitos es variable, debido a la irregularidad de la superficie antigua, sobre la cual descansan; la

superficie original de esos depósitos, en cambio, demuestra una constancia y regularidad notable, y tiene sólo una suave inclinación del Poniente hacia el Oriente.

Esta superficie original no coincide, naturalmente, con la superficie actual, pues la erosión ha obrado con energía sobre ella en todas aquellas partes donde han quedado al descubierto, habiendo sucedido esto, sobre todo, cerca del río principal y de sus afluentes, mientras que en lugares más o menos apartados de estas zonas, de una erosión más viva, una capa de cantos rodados sueltos, que en un tiempo parece había cubierto esos depósitos pulverulentos en toda su extensión, ha conservado y protegido con su existencia las capas subyacentes mencionadas.

El conglomerado endurecido inferior se encuentra al parecer únicamente en el fondo de las depresiones originales; los depósitos pulverulentos tienen una extensión horizontal más grande y rellenan dichas depresiones hasta cierta altura, dejando descubiertas sólo las lomas que se elevan a mayor altura. Las capas de cantos rodados sueltos, por fin, habían estado extendidas también sobre parte de esas lomas, en cuanto éstas no pasaban de 260 metros de altura, aproximadamente.

Como el material de esta capa superior es completamente incoherente en su estado original, y sólo posteriormente y de una manera local ha sido endurecida algo por la formación de caliche, los límites de los restos de ella, en tanto que se hayan conservado, son sumamente borrados por haberse desparramado el material suelto alrededor del punto de su origen. En la orilla del vaso de la proyectada presa encontramos restos de estos depósitos, más recientes del cuaternario en el Sur y el Norte, formando algunas eminencias poco marcadas de la división de aguas. En el vaso mismo componen la Loma de Todos Santos, de Tlaxcala y algunas otras de poca elevación. Los depó-

sitos de la parte aguas del Norte, rodea allí el pie de la Sierra de La Laja, que se sumerge debajo de ellas, y se prolonga y se ensancha de aquí hacia el Oriente, donde, entre la parte superior del Bajío del Camarón y el Río Salado (entre Don Martín y La Reforma) tiene su mayor desarrollo, no sin que lengüetas de ellas se extiendan más hacia el Este.

Ya en las páginas anteriores se ha advertido que los sedimentos supracretácicos de la zona de la Sierra de La Laja han sido levantados por el plegamiento posteretácico. En las laderas que forman la Boquilla de Don Martín se observa el anticlinal de este pliegue perfectamente en las calizas de Austin, que al Oriente bajan con una inclinación de 5 á 10° hacia esta dirección, mientras que por el Poniente su echado, algo más pronunciado es hacia el Oeste. El apex o sea la cresta del anticlinal, por su parte, tiene una ligera inclinación hacia el NNW.

En el fondo de la boquilla las capas de la caliza de Austin, en parte están cubiertas por los depósitos cuaternarios y los recientes del río; pero en el cauce del río y sobre todo en un brazo que éste ocupa sólo en sus crecientes, quedan al descubierto y se puede observar la inclinación SSW. de ellas en la entrada; y su echado hacia NNE., en la salida de la boquilla, mientras que en el centro de ella, precisamente donde la atraviesa la línea original de la cortina la erosión del río ha cavado en las capas calcáreas una profunda depresión o poza en la cual forma un remanso de unos 800 metros de largo, de más de 100 metros de ancho en algunas partes y de unos 6 metros de hondo en tiempo de estiaje, en su parte más profunda.

Al SE. de la línea central (que corre N. 45° W.), a unos 100 metros de ella, y a unos 400 metros al NW, del río, afloran en el fondo de la boquilla las capas calcáreas de Austin, formando la pequeña loma que de aquí hacia el

SE. separa por un buen tramo una depresión secundaria excavada al pie de la ladera Norte de la cañada, del bajío del río. Las capas que afloran en la superficie de la loma, naturalmente están bastante desintegradas, sin embargo, el alineamiento de sus cabezas es bastante marcado y demuestra la continuidad de la dirección y de los buzamientos visibles en la sierra.

Por su lado Norte, es decir, hacia la depresión secundaria, la loma tiene un bordo bien marcado en el cual están cortadas las capas de una manera brusca y escarpada. En la depresión entre la loma y la sierra, la roca calcárea maciza está a menos de $3\frac{1}{2}$ metros de profundidad. Hacia el S., o sea hacia la depresión principal del río, el flanco rocalloso de la loma se pierde con declive suave debajo de los depósitos cuaternarios, pero en todo el tramo, desde la loma hasta el brazo seco del río, la roca se encuentra a menos de $5\frac{1}{2}$ metros de la superficie.

El brazo seco o "bayou," como se designa con ese nombre indio, proveniente del SE. de los Estados Unidos, esas ramificaciones secas de los ríos, tienen su entrada en los alrededores del Paso de La Lajita, a unos $2\frac{1}{2}$ kilómetros al SSW. de la Casa de Don Martín, y recorta en línea recta la curva que hace el cauce principal del río antes de llegar a la boquilla. El bayou tiene un ancho variable, y queda separado del río por una faja de terreno algo elevado de depósitos fluviales que han resistido la erosión del río durante sus crecientes a causa de la tupida vegetación que se ha desarrollado en ella, favorecida por la humedad que le proporcionan a esta faja las aguas permanentes del río. Precisamente por la falta de protección proporcionada por una vegetación arborescente e intensa, en los depósitos que están lejos del curso perenne del río, las crecientes han podido abrir el brazo del bayou, allí donde el golpe de las aguas es más intenso y limpiarlo de todos los depósitos sueltos que cubrían en tiempos anteriores

las capas desgastadas de la caliza de Austin y de las margas de Taylor, dejando sólo restos del conglomerado duro de Reynoso, en algunos tramos.

El golpe del agua de las crecientes que pasan con mayor ímpetu por la línea recta y abierta del bayou, ha causado en el lugar donde éste se une de nuevo con el río, la poza profunda de que hemos hablado arriba. La erosión hacia la profundidad es probablemente causada y aumentada por los movimientos turbulentos que resultan por la unión de las dos corrientes de diferente dirección, como la llevan el río principal y el agua que viene por el bayou. Los movimientos turbulentos de la corriente encontraron además en el lugar que ocupa la poza, las cabezas de las calizas al descubierto y en una posición que favorece grandemente el ataque destructivo de las aguas, mientras que en el bayou y en el lecho del río, arriba de la poza, el afloramiento de las capas con el leve echado de su superficie en contra de la dirección de la corriente, amortigua su fuerza destructora que sólo queda reducida en esta parte al arranque de bloques sobresalientes de las cabezas de las capas, como lo explica el dibujo esquemático adjunto, número 1. Como se ha advertido arriba, el eje del anticlinal en esta parte de la sierra tiene una inclinación ligera hacia el NW. (es decir, en su dirección N. 30° W. magnético, aproximadamente), y como el bayou y el río lo cortan en la zona de su apex, se puede observar en las capas que en ambos afloran, el cambio lento de su dirección y echado. (Véase figura número 2): de la dirección N. 30° W. y echado hacia el WSW, en la entrada de la boquilla, cambia la dirección, poco a poco, a N. 60° E. en el apex, para volver al rumbo N. 30° W. en la salida de la boquilla; conforme a este cambio de dirección también el rumbo del echado cambia gradualmente de WSW. a NNW., para presentarse río abajo, inverso a la primera, en ENE.

Como se dijo arriba, el río, antes de llegar a la boquilla, se desvía al Sur. Al llegar a la sierra, torna hacia el Norte, y, siguiendo por el pie de la cordillera, entra a la boquilla donde se le junta el bayou que viene en línea recta del Paso de La Lajita. Conforme a la dirección de sus cursos, el bayou corta las capas de los sedimentos en ángulo obtuso, mientras que el río, en la parte donde sigue el pie de la sierra corre en dirección de esas capas; al entrar a la boquilla también el río en un tramo corto cruza las capas, pero más adelante, en la zona del apex del anticlinal, ambos brazos corren por corta distancia, más o menos paralelamente con los sedimentos. Aguas abajo de la poza, el río atraviesa las capas del alero oriental del anticlinal casi en ángulo recto, pero ya afuera de la boquilla, torna su barranca hacia el SE., y corre, por lo menos en ciertos tramos, paralelamente a los estratos. (Véase figura esquemática número 2.)

Estos cambios de dirección de los sedimentos en la boquilla, debidos a su disposición en el anticlinal y a la dirección respectiva del río y del bayou, originan las formas topográficas pequeñas muy interesantes que se observan en los cursos de ambos lechos, como, por ejemplo: la divergencia de las direcciones que tienen las barras formadas por las cabezas de los estratos que atraviesan el río, y sobre todo la estructura escamosa y la formación de depresiones en forma de media luna en el bayou. Por mala suerte el mapa de esta parte de la boquilla no es exacto, por lo que ninguna de estas formas especiales aparecen en él.

ELECCION DEL LUGAR MAS APROPIADO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CORTINA

Según lo que se explicó en detalle, arriba, en la Boquilla de Don Martín, el río corta un pliegue formado por bancos delgados de calizas, alternando con bancos de pi-

zarras margosas y arcillosas de un apizarramiento latente en la profundidad hasta donde la alteración superficial no llega. El apex del anticlinal no se encuentra en el centro de la boquilla, sino tiene una posición lateral a unos 300 metros, río arriba de este centro, que corresponde a la parte más angosta del estrechamiento, habiéndose elegido esta línea media precisamente por su mayor angostura para el sitio de la cortina en el proyecto original.

La localización de la cortina en la parte más angosta central de la boquilla resultaría peligrosa porque quedaría situada la construcción en aquella parte del anticlinal donde su alero oriental tiene una marcada inclinación hacia la misma dirección, es decir, hacia el lado seco de la cortina proyectada. La inclinación de estas capas es de 10° y 15° y, aunque no sería de temerse que se efectuara un resbalamiento de una de ellas (sobre la cual quedaría sentada la construcción) en toda la extensión de la boquilla, siempre quedará expuesta a un movimiento de esta naturaleza, una u otra parte, sobre todo cerca de la excavación profunda que ha hecho en ellas el río en la poza. El resbalamiento de trozos de los bancos calcáreos sería favorecido por la oportunidad que con esta localización de la cortina se daría al agua de la presa con su alta presión de infiltrarse en las intercalaciones de pizarras margosas que quedan al descubierto arriba de la construcción, en la zona del apex del anticlinal.

La localización de la cortina en este lugar tiene, además, el inconveniente que, aunque es la parte más estrecha de la boquilla, es también aquella donde la roca maciza se encuentra a mayor profundidad, pues en esta línea se halla la excavación honda que ha hecho el río en la poza y en la parte al Norte del curso del río, la roca queda entre 3 y 7.5 metros debajo de la superficie formada por el acarreo, de tal manera, que, para sentar el revestimiento

impermeable del lado mojado de la cortina, en roca maciza, hay que excavar por lo menos hasta dicha profundidad.

Debe advertirse también lo siguiente: las intercalaciones de margas apizarradas que hay entre los bancos de la caliza pura, garantizan la impermeabilidad del conjunto de las capas, en dirección perpendicular a su superficie, aunque los bancos calcáreos de por sí, por su agrietamiento, no impiden la circulación del agua por sus fisuras. De esta manera no hay que temer una infiltración de agua a través de la serie de capas de caliza de Austin en el caso de que solamente la superficie de su capa superior esté en contacto con el agua; pero en cambio, el agua puede infiltrarse en cada banco calcáreo que aflora con sus cabezas, lo que sucede en las boquillas a ambos lados del apex del anticlinal, sólo con la diferencia que por el alero Poniente las capas buzan hacia el interior del vaso de la proyectada presa, por lo que por este lado el agua no puede encontrar salida, mientras que por el alero oriental el echado es favorable para un escape del agua hacia el corte de la cañada del río, aunque este escape será difícil y remoto.

Por otro lado, afloran las cabezas de los bancos calcáreos, también en las laderas escarpadas de la boquilla y por la inclinación que tienen ambas laderas del anticlinal, los bancos que forman la parte alta de éste, vienen a salir en la ladera oriental de la sierra, es decir, afuera de la presa, como lo demuestra el perfil esquemático número 3.

Sin embargo de que en esta parte superior la presión del agua retenida por la cortina ya no tendrá una presión muy grande, la filtración por ambos lados de la construcción a través de la sierra podría efectuarse, y, aun si esto no fuera de gran importancia por la pérdida de agua que se

experimentaría por estas fugas, siempre sería peligroso por los efectos que podrían tener en la construcción misma, sobre todo si ésta es de tierra como se proyecta.

Con condiciones mucho más favorables se cuenta en cambio aguas arriba del apex del anticlinal, aunque naturalmente la longitud de la cortina aumenta en este lugar, lo que queda comprendido con la menor altura que tendrá que tener. Un cálculo comparativo de los volúmenes en ambos lugares, no es posible actualmente, porque la localización de la cortina en la línea que propone el que suscribe, todavía no se cuenta con un levantamiento topográfico aceptable.

La cortina en esta línea nueva quedaría sentada encima de la superficie de las capas de los sedimentos calcáreos, cuya inclinación hacía el interior del vaso da una garantía que no se efectuará un deslizamiento de los superiores sobre los inferiores. La infiltración en el fondo de la boquilla, a través de estas capas puede reducirse a un mínimo si se liga el revestimiento impermeabilizante del lado mojado de la presa con una de las capas de estos sedimentos, lo que es factible si la dirección del pie de este lado coincide con la de las capas que aquí afloran en la superficie o en una profundidad muy corta.

En las laderas, esta liga con una capa natural sólo será factible en la parte inferior de la cortina por ser la inclinación natural de los sedimentos (10 y 15°) menor que la del talud de la presa, sobre todo en su parte alta. Pero será aquí más fácil proteger la cortina y evitar fugas de agua por las capas calcáreas, más o menos permeables de las laderas, por la posición ascendente que tienen las capas hacia el apex del anticlinal que de por sí forma una cortina en el interior de la sierra.

El trazo definitivo de la cortina se debe elegir con las dos miras siguientes: 1° que la construcción en su tota-

lidad quede situada sobre el alero Poniente del anticlinal, y 2º que el eje de la cortina tenga la dirección de los estratos, con lo que se conseguirá que el revestimiento que ligue la construcción con el suelo, fácilmente se pueda juntar con los bancos y capas de éste último.

En la brecha que con estas miras se abrió últimamente en el terreno, y que tiene una dirección magnética Norte 30° W.-S. 30° E., es decir; igual a la de los estratos cretácicos, se hicieron once pozos de investigación y se encontraron las capas donde estos no afloran en la superficie, a una profundidad muy corta, por lo regular de cuatro y cinco metros, y sólo junto al pie de la ladera Norte de la boquilla, la roca maciza se halló a la profundidad de siete metros por estar formado allí el pie de la ladera por escombros de ella.

La línea de la brecha conduce en el SSE. a la ladera de la sierra en un punto donde ésta está surcada por una pequeña barranca de fondo muy empinado. Al conducir la construcción de la cortina a esta incisión, debidamente acondicionada, quedará perfectamente embutida en el cuerpo de la sierra y ligada con ella.

Para poderse dar cuenta hasta qué profundidad se extiende la zona de desintegración superficial en las laderas, se está haciendo una limpia de estas cerca del centro de la línea nueva de la cortina, trazada según las ideas anteriores, y en el río mismo se está llevando a cabo una exploración con la máquina perforadora Calix, con el objeto de saber hasta qué profundidad la formación de la calaza de Austin se extiende.

EL PROBLEMA DEL VERTEDOR DE DEMASIAS

El problema más serio del proyecto de la Presa de Don Martín, es la localización y construcción del o de los vertedores de demasias.

Por un lado, el problema es de una trascendencia muy grande por el régimen hidrográfico del río, pues aunque tenemos registros de crecientes sumamente grandes que demuestran que ha habido avenidas de gastos mayores de 4,000 metros cúbicos por segundo, no tenemos suficientes datos para decir cuál puede ser el máximo, con el que debería contarse. Aunque naturalmente el vaso de la presa tendrá un efecto regulador muy eficiente, siempre hay que prever que periódicamente saldrán de la presa llenas enormes cantidades de agua.

En el proyecto original se localiza el vertedor de demasías en aquella parte Sur-Poniente del vaso, en donde un lomerío bajo forma la división de aguas entre la cuenca del vaso y el bajío de San Juan de la Mucha Agua. Este lomerío que se extiende entre la Sierra de La Laja y el macizo de las Mesillas, está formado por las capas de margas y arcillas de Taylor, que, como hemos visto arriba, son sumamente propensas a la alteración y al desgaste. Se han hecho sobre el puerto donde se trazó el vertedor, excavaciones a cielo abierto que hasta la profundidad de 10 y 12 metros encontraron sólo las mismas margas desmoronables (impregnadas de yeso), lo que es natural, pues el espesor de esta formación se calcula que tiene de 100 a 150 metros. El lomerío en cuestión sólo se ha conservado hasta la fecha, porque en él no existe ninguna corriente de agua, pero es indiscutible que, al establecerse allí un vertedor de demasías, la acción del agua será desastrosa, desde el primer momento en que entrara el vertedor en funcionamiento.

Hay que prescindir, por lo tanto, de este proyecto y no solamente esto, sino es preciso que se preste especial atención a la defensa de este lugar, que por su poca altura debe ser cerrado con bordo ancho y resistente de tierra, pues no se cuenta con otro material cerca y la cimentación de

una construcción de mampostería sería difícil por no encontrarse roca resistente en el subsuelo.

En la última modificación del proyecto preliminar se ha previsto un túnel de 12 metros de diámetro, cortado en la roca maciza al Sur de la cortina, debiendo servir este túnel tanto para el desagüe y el desvío del río durante la construcción, como para vertedor de demasías normales una vez concluída la obra. Como la base de este túnel, según el proyecto, queda a la altura de 225 metros, se tendrá en su fondo una presión de 39 metros y en su techo de 27 metros de agua, y dada la constitución de la sierra que atraviesa el túnel y la posición de sus capas calcáreas, es de temerse que con todo el revestimiento que se ha previsto para él la roca no sea lo suficientemente resistente, cerrada e impermeable para que no se efectúen a través de ella fugas de agua que podrían resultar desastrosas, tanto para el túnel como para la cortina.

En la línea propuesta por el que subscribe, el túnel construído de manera análoga a través de la sierra, al lado de la cortina, por la topografía del terreno, probablemente tendrá menor longitud que la que tiene el del proyecto original, y además, podría ser recto, pues se podría trazar aprovechando las dos barrancas que hay en esta parte de la sierra. Pero si de esta manera saldría menos costosa esta obra, también en este lugar las condiciones y la posición de los estratos probablemente no resistirían la presión enorme que aun en este punto más alto (unos seis metros arriba del proyecto de abajo), quedarán expuestos techo y paredes del túnel.

Es por lo tanto, de aconsejarse que se estudie la construcción de este desagüe de fondo, provisional, durante la obra y vertedor de demasías para después de concluída

la presa, en forma de uno o dos tubos artificiales, prescindiendo de la cavación de un túnel a través de la roca de la sierra que no ofrece bastante seguridad.

Como dijimos arriba, este vertedor será suficiente para años normales, pero para años de grandes avenidas debe procurarse otro vertedor de mayor capacidad y el lugar más a propósito para su construcción se considera el primer puerto de la Sierra de La Laja, al Sur de la boquilla. Por mala suerte, no hay un levantamiento topográfico de esta zona y sólo existe una nivelación por la cual se sabe que el punto más bajo del puerto indicado tiene una altura de 274 metros. Las condiciones geológicas del puerto son favorables para la construcción del vertedor en este punto, pues en el lado oriental, que es el de descarga, las capas calcáreas buzan ligeramente en esta dirección, de tal manera, que el agua, al resbalarse sobre la superficie inclinada de los bancos (que deben protegerse naturalmente con un revestimiento adecuado), no encontrará condiciones favorables para una erosión rápida y profunda.

El material de roca calcárea que resultará de la excavación de este vertedor en los bancos de los estratos cretácicos, puede utilizarse con ventaja en la construcción de la cortina de la presa, sea que esta se haga por el sistema de enrocamiento, sea de que se mezcle la roca con la tierra, si la cortina se construye de este material y de todas maneras en las obras de arte que tienen que hacerse, pues el material en cuestión es bueno, tanto por su naturaleza como por la forma en que se rompe y su transporte al lugar de la construcción se facilita porque el puerto lo domina en altura y queda a menos de un kilómetro distante de él.

EL FRACASO DE LA PRESA DE AUSTIN, TEXAS (1)

La destrucción de la presa de Austin, Texas, tiene para el proyecto de la presa de Don Martín un interés especial porque ambas boquillas se encuentran en la misma formación del Austin Chalk del Cretácico Superior.

También en Austin, Texas, esta formación se compone de bancos delgados de calizas con intercalaciones de capas de calizas apizarradas y de pizarras margosas y arcillosas, pero su posición es menos ventajosa porque en el monoclinal en que está cavada aquella boquilla, el echado de las capas es hacia río abajo, lo que ha causado y facilitado el resbalamiento de trozos de la presa una vez que ésta se había roto.

La rotura de una parte de la cortina empero era debido a la existencia de una fractura en el fondo del río donde una falla de 75 pies de ancho, rellena con material suelto corre a lo largo de su eje. Esta falla, que corresponde a la línea de fracturamiento y dislocación de los balcones, no había sido explorada a mayores profundidades ni se había tenido la precaución de reforzar esta parte del subsuelo.

En la Boquilla de Don Martín, hasta la fecha no hemos encontrado indicios de un fracturamiento, y aun en el caso de que existiesen en la sierra fracturas o dislocaciones, estas correrían en la dirección del plegamiento y de esta manera perpendicularmente a la dirección de la boquilla y paralelamente a la cortina en proyecto, por lo cual la construcción sólo peligraría en el caso de que fuera levan-

(1) El "Water Supply Paper" N° 40, en el cual describe Taylor las condiciones geológicas de la Boquilla de Austin sobre el río Colorado y las causas de la destrucción de la presa, está agotado y no lo pude encontrar en ninguna biblioteca en México.

tada sobre una de estas fallas hipotéticas cuya existencia no es probable.

La inclinación de los bancos de la caliza de Austin en la Boquilla de Don Martín, es, como hemos visto, desfavorable en el alero oriental del anticlinal, pero favorable al Poniente del apex del pliegue donde el buzamiento en dirección hacia el vaso de la presa impide un resbalamiento de la cortina hacia afuera.

En cambio, hemos visto también que el río, en el alero oriental del anticlinal, ha podido excavar los bancos calcáreos formando la poza profunda en el centro de la boquilla y en vista de esto y de lo que se ha observado en la rotura de la Presa de Austin, donde las aguas broncas de una gran avenida, han tenido efectos semejantes al pie de la presa en su lado seco, debe procurarse que el agua de los vertedores nunca lleve una velocidad y presión demasiado altas y conviene localizar los vertedores lo suficientemente lejos de la cortina para que la construcción y las capas del subsuelo sobre el cual quede construída, no queden expuestas a la acción cavadora de las aguas.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La Sierra de La Laja está formada por un anticlinal asimétrico de la formación del Austin Chalk, que constituye el núcleo descubierta de un pliegue posteretácico, encontrándose a ambos lados de la cordillera las capas superiores, desgastadas en la sierra y que son representadas por pizarras arcillosas y margosas, muy deleznable, correspondientes a la formación de los Upson Clays y Taylor Marls de Texas.

El apex del anticlinal se encuentra a un lado del centro de la sierra y en la boquilla, abierta por el Salado, desde el tiempo en que principió el plegamiento, su línea no

coincide con la del proyecto original que está trazada en la zona donde la boquilla tiene su mayor estrechamiento, sino pasa al Poniente de ella con una dirección de Norte 30° W. a S. 30° E., mientras que la línea original corre N. 45° a S. 45° E. (magnético).

La formación del Austin Chalk se compone de una serie bastante potente de bancos de calizas claras de grueso mediano (entre 20 y 90 centímetros), entre los cuales se intercalan capas de calizas apizarradas y de pizarras margosas y arcillosas de colores oscuros que provienen de su contenido en substancia orgánica. Esta combinación de estratos calizos, más o menos permeables a causa de su agrietamiento local, con pizarras arcillosas y margosas y por lo tanto impermeables, garantiza una impermeabilización completa de la serie en dirección perpendicular a la superficie de las capas, mientras que en los bancos calcáreos puede establecerse una circulación local que pueda ocasionar, por ejemplo, fugas del agua de la presa en el caso de que las cabezas descubiertas de uno de estos bancos quede en el vaso al mismo o a un nivel más alto que afuera del almacenamiento, o con otras palabras, que en el banco pueda establecerse con cierta carga en la presa, una pendiente hidráulica hacia fuera del vaso.

En vista de esta circunstancia y para evitar un deslizamiento del cuerpo de la cortina, sólo o con una de las capas del subsuelo sobre otra formada por las pizarras arcillosas en que, al humedecerse la arcilla pueda formar una especie de lubricante, debe elegirse para la construcción de la cortina aquel alero del anticlinal donde el echado de las capas, con referencia a la dirección de la presión del agua, esté de subida.

Además, debe procurarse que tenga el eje de la cortina la misma dirección que tienen los sedimentos de su base, con el objeto de evitar en lo posible filtraciones a través de los estratos, debajo de los cimientos de la cons-

trucción que, con un rumbo oblicuo de la cortina quedarían al descubierto, tanto adentro como afuera de la presa.

Las dos condiciones no estarían satisfechas si se construye la cortina en la línea del proyecto original, pues ésta quedaría sentada sobre capas que en esta línea tienen un echado hacia el lado seco de ella, y además no coincidiría la dirección de su eje con la de los estratos del subsuelo.

En vista de estos inconvenientes se ha buscado una localización mejor que se ha encontrado a unos 400 metros río arriba de la original en el alero Poniente del anticlinal y con una dirección paralela a la dirección de las capas. La línea provisional que se eligió, quedó marcada con una brecha que no representa el eje de la cortina, sino aproximadamente la dirección del pie de su lado mojado. En esta línea se han hecho exploraciones a cielo abierto en las cuales se ha encontrado la roca a poca profundidad donde ésta no aflora ya en la superficie, como en la parte central y en un gran tramo en la parte Sur donde las planchas de capas calcáreas forman el cauce del río y el de un ramal que sólo queda inundado por las aguas en tiempo de crecientes. Se puede decir que la formación calcárea queda a la vista en esta línea (hasta una línea de nivel de 242 metros) en un 45% de su trazo, mientras que en la línea original sólo en un 25% la roca aflora en la superficie.

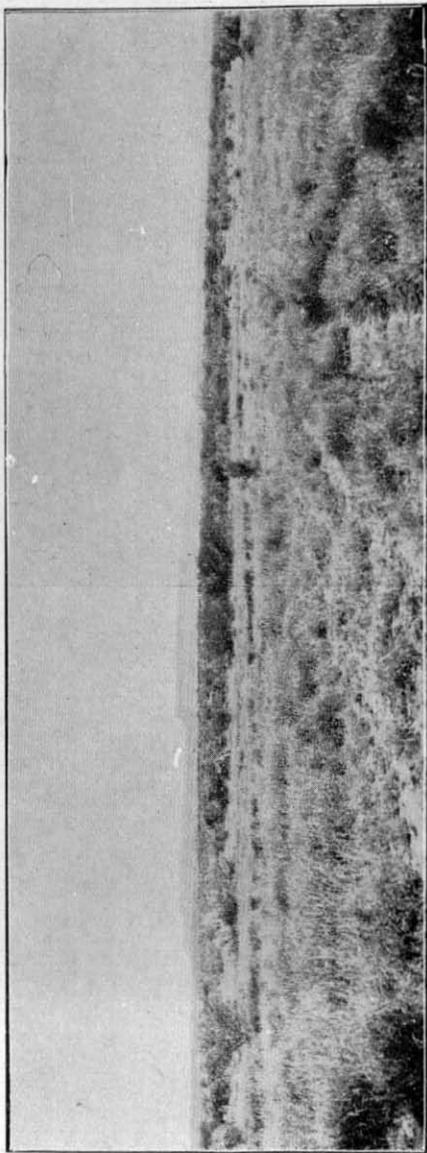
La línea nueva será aproximadamente una tercera parte más larga que la original, pero el volumen de la cortina no aumentará en la misma proporción, porque, en general, el fondo de la boquilla en la nueva línea es unos cuatro o seis metros más alto que la otra, que en la zona del río atraviesa la depresión honda de la poza. Una comparación exacta del volumen de las cortinas en las dos líneas no puede hacerse todavía, como tampoco se puede fijar con exactitud la línea nueva por no estar satisfacto-

rio el levantamiento topográfico preliminar de la zona en que tiene que trazarse esa. Desde ahora ya debe advertirse que en su extremo Sur convendrá dar a la cortina una ligera curva que la lleve al corte profundo de una pequeña barranca que existe al lado Poniente del último espolón de la sierra y en la cual quedará embutida la construcción ventajosamente.

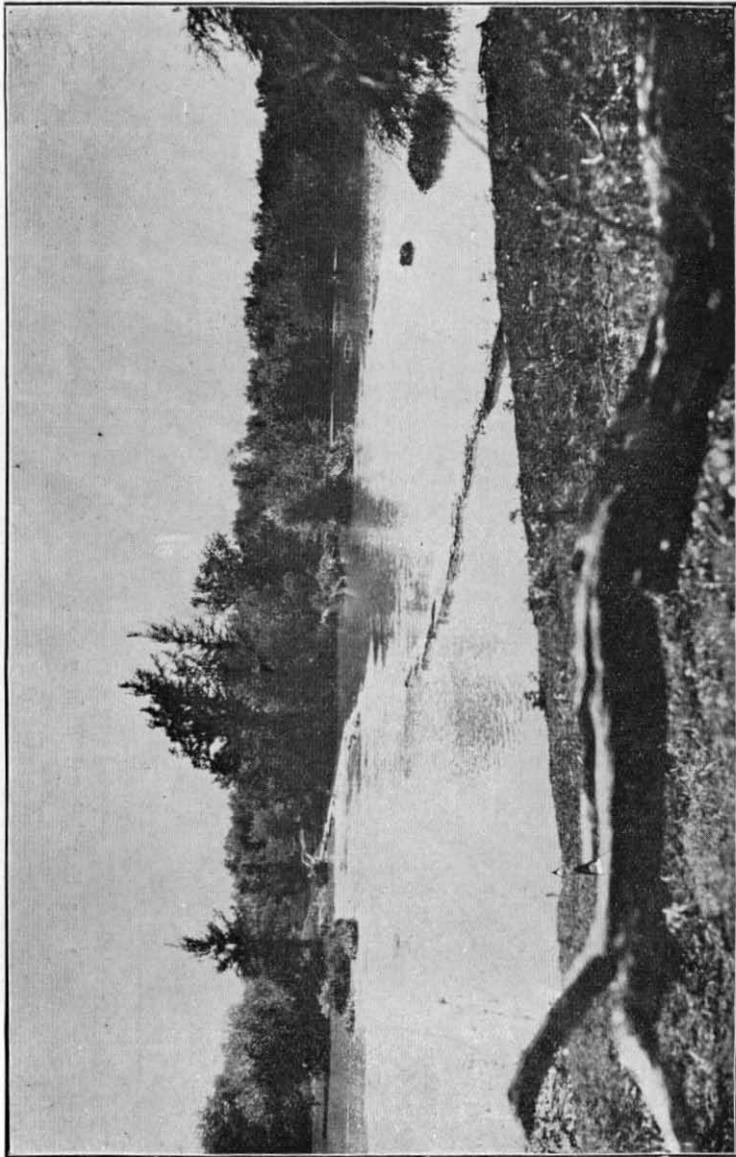
En el proyecto original se ha previsto la apertura de un túnel de doce metros de diámetro, que durante la construcción de la presa debería servir de conducto para el río, y después de concluida la presa, como vertedor. Ese túnel se ha trazado al lado Sur de la cortina y al nivel de su base, atravesando por el macizo de la ladera de la boquilla. En vista de la fuerte presión que lados y techo de ese túnel deberán resistir, a causa de la carga de agua que sobre ellas pesará cuando la presa esté llena y este vertedor estará en función, es de temerse que los bancos horizontales de la caliza de Austin que constituyen dicho macizo, no presten suficiente resistencia e impermeabilidad.

Sería de aconsejarse que se prescindiera del cuele de un túnel en ese terreno y se dé preferencia a la construcción de uno o dos tubos artificiales también, en el caso de que la cortina se levante sobre la línea nueva propuesta por el suscrito.

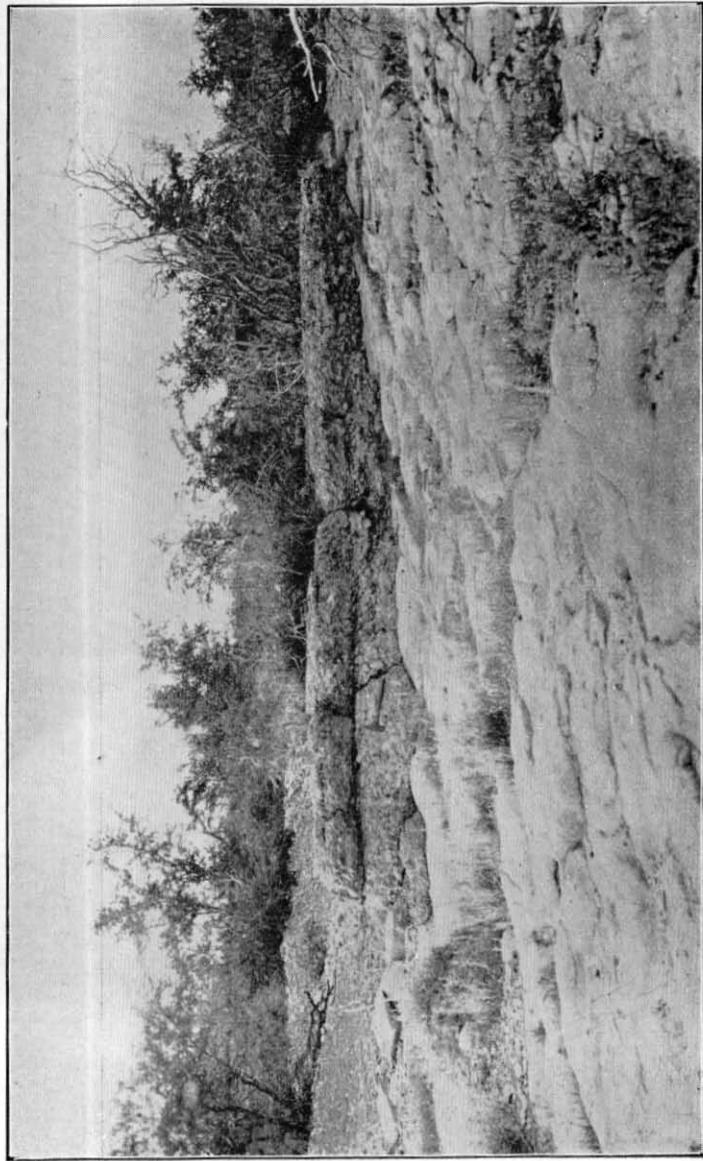
El proyecto de construir un vertedor de demasías eventuales (para cuando el túnel, estando la presa llena, ya no diera abasto, en caso de crecientes anormales) que se ha trazado en el lomerío bajo, que a unos 20 kilómetros al Sur de la Casa de Don Martín, forma la división de aguas entre el vaso de la presa y la región de San Juan de la Mucha Agua, es de desecharse en lo absoluto porque las pizarras margosas y arcillosas de Taylor que forman el suelo y subsuelo de dicho lomerío hasta una profundidad de 100 a 150 metros, son sumamente deleznable y de fácil destrucción, de tal manera, que cualquier corriente de



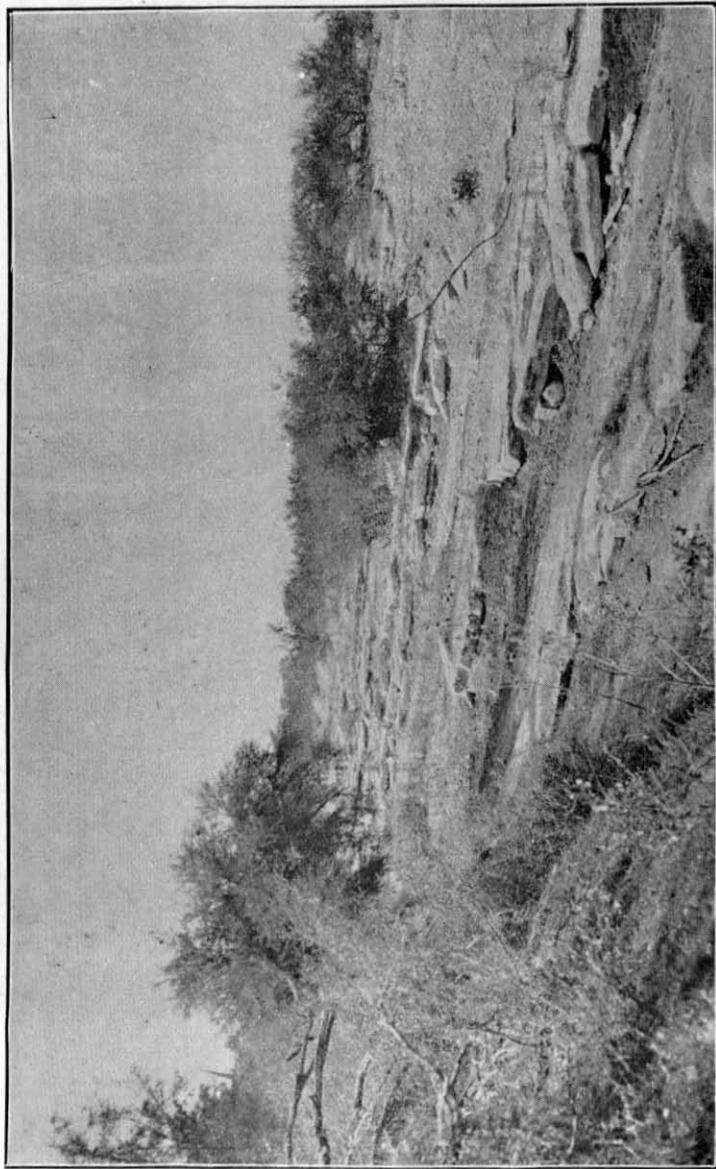
Las Mesillas, vistas desde el Este. El terreno del primer término está formado por las areniscas de las San Miguel Beds y será inundado por las aguas de la presa.



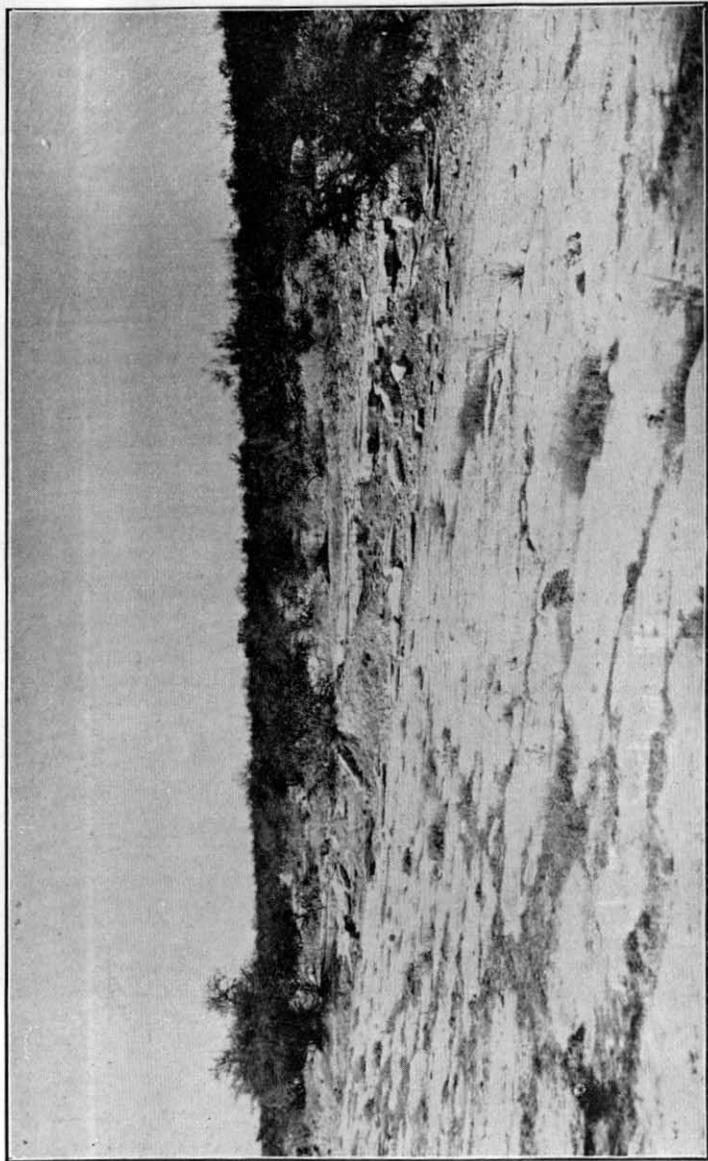
El Paso de La Lajita, aguas arriba de la Boquilla. La capa que forma la barra que atraviesa el río, es una intercalación de un banco de caliza en las margas de Taylor.



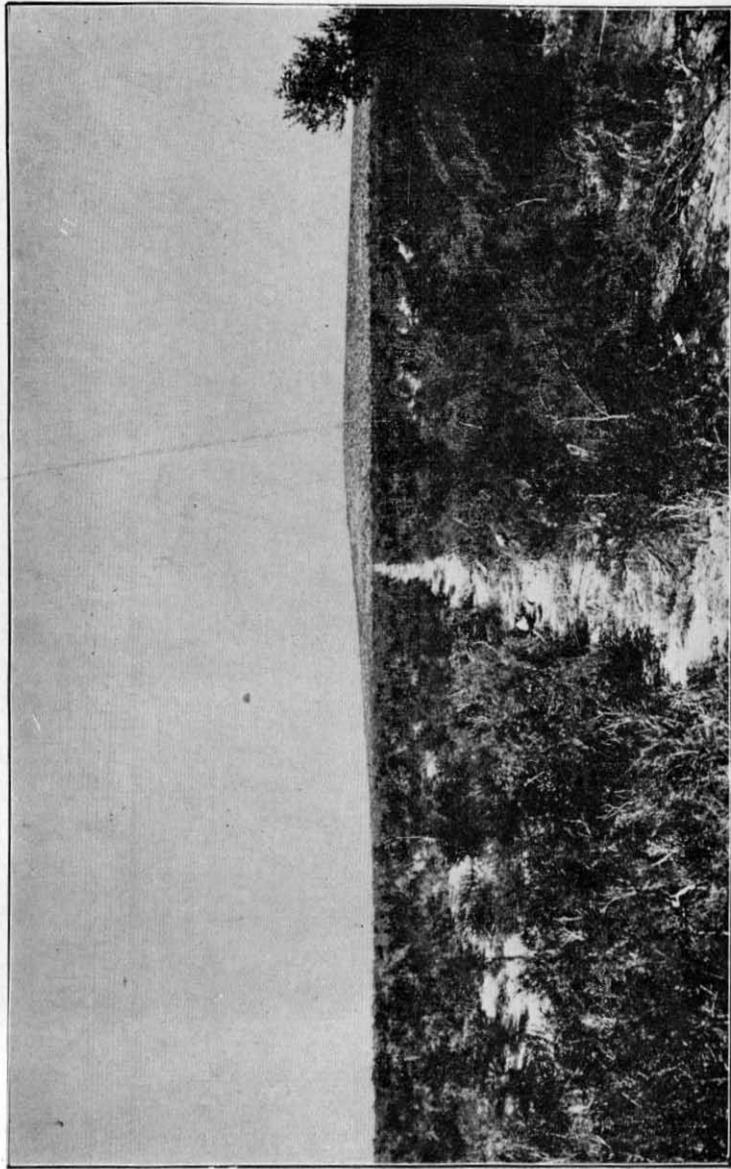
En el Bayou, más aguas abajo. El conglomerado duro de Reynosa, descansando en discordancia sobre los planos erosionados del Austin Chalk. La erosión moderna sólo ha deslavado el conglomerado, dejando únicamente restos aislados de él, pero no ha podido atacar todavía de una manera notable la superficie de los bancos del Chalk.



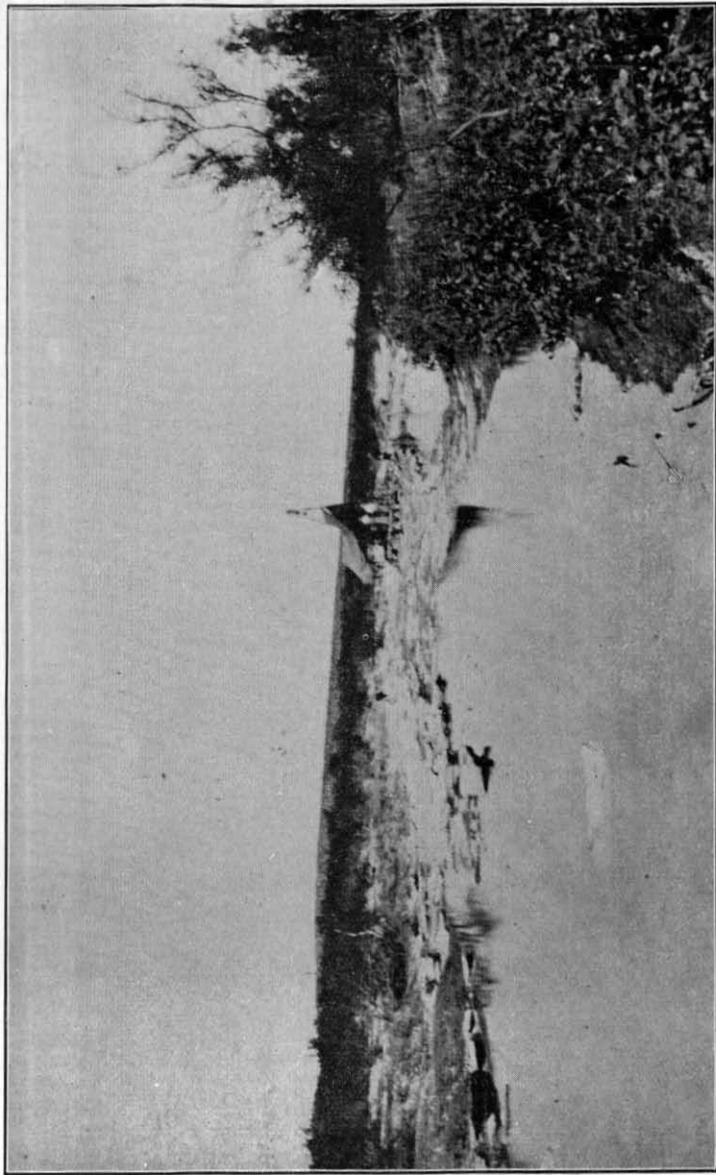
En el Bayou, las mismas capas de la caliza de Austin, desintegradas en bloques donde salen a la superficie.



Las mismas capas o bancos de la caliza de Austin, con las intercalaciones de calizas apizarradas y pizarras margosas.



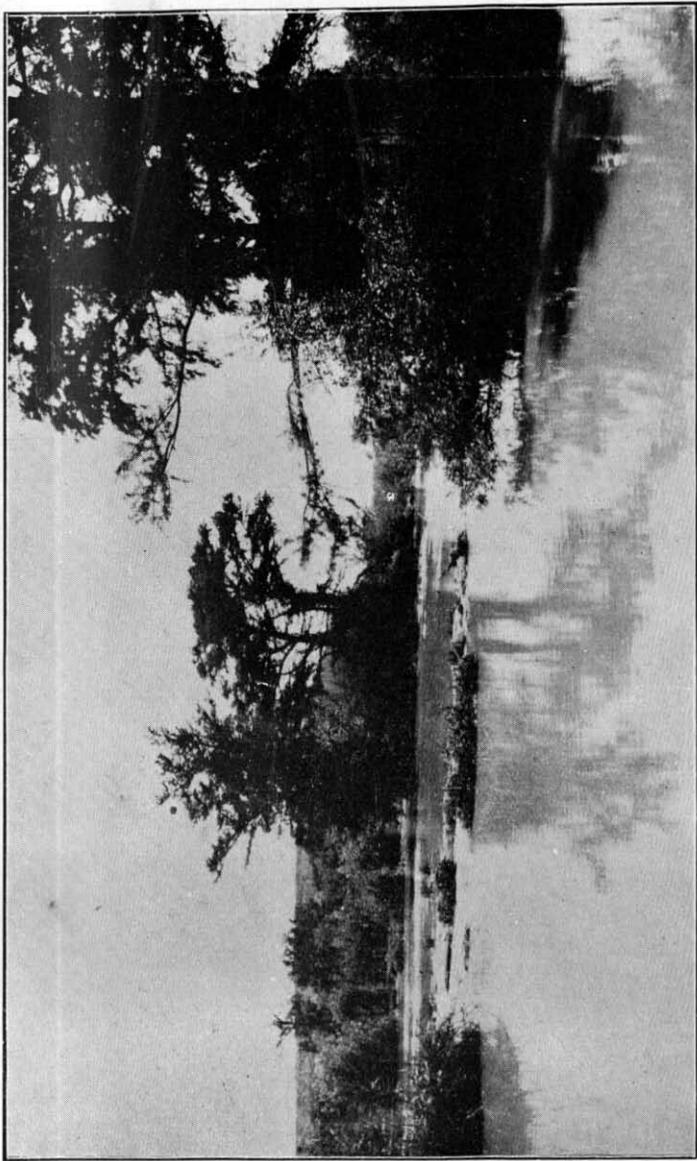
La brecha abierta en la nueva línea de la cortina al W. del apex del anticlinal y en dirección de las capas de la caliza de Austin, N. 30° W. En el fondo, la Sierrita de la Casa de don Martín. Con lente de aumento se ve la disposición de los bancos de la caliza de Austin, en forma de un anticlinal poco pronunciado.



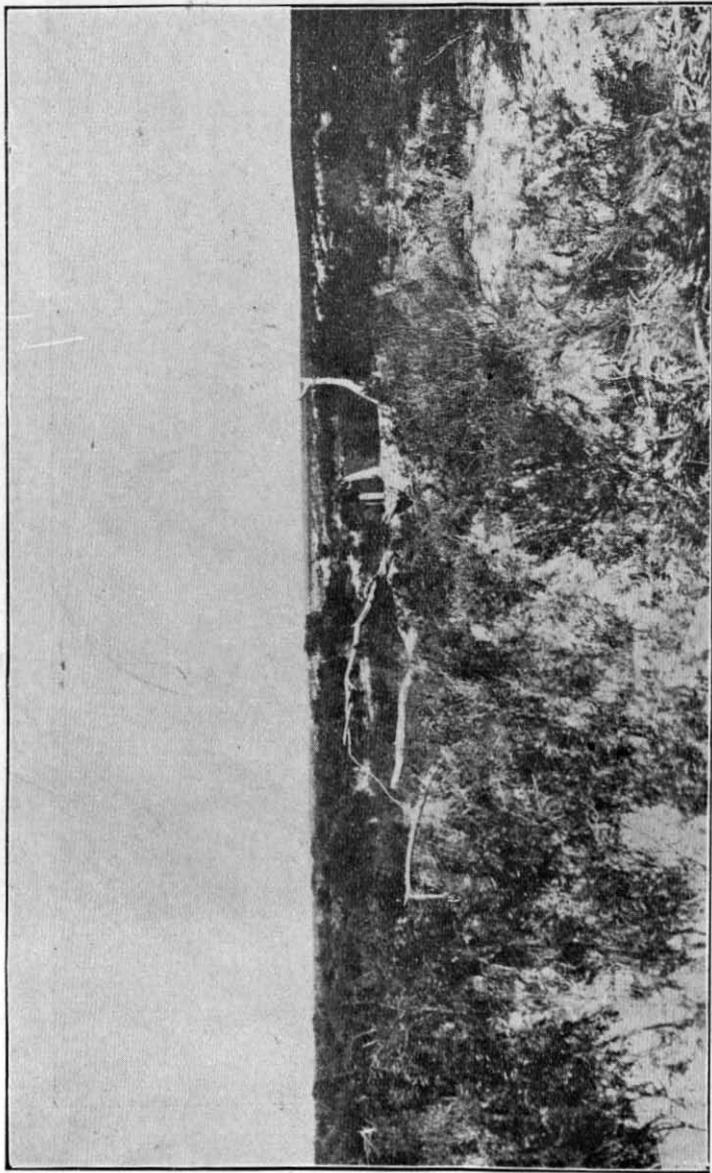
La máquina perforadora Calix, en el bayou, cerca del apex del anticlinal. A ambos lados del banco de caliza en donde está la máquina, se ven los charcos, de los cuales se habla en esta memoria.



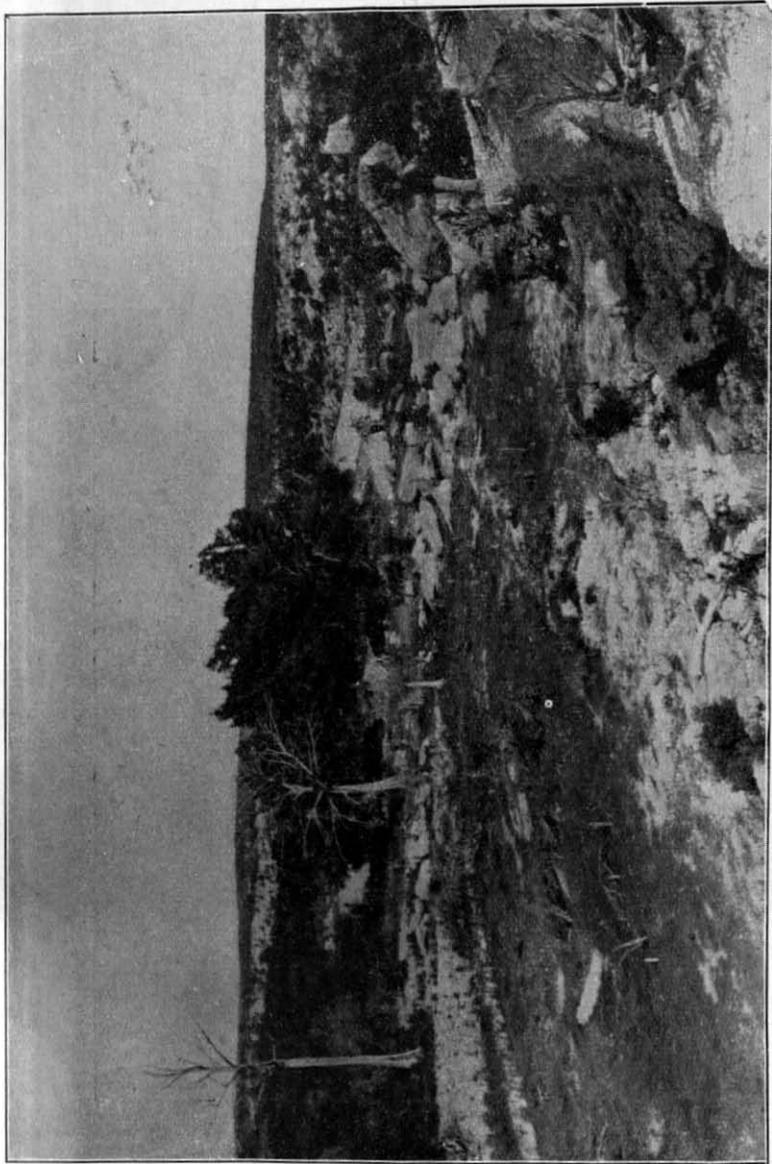
Calizas de Austin, con sus intercalaciones de calizas apizarradas y pizarras margosas. Pie de la Sierrita del Caracol, en el alero Poniente del anticlinal.



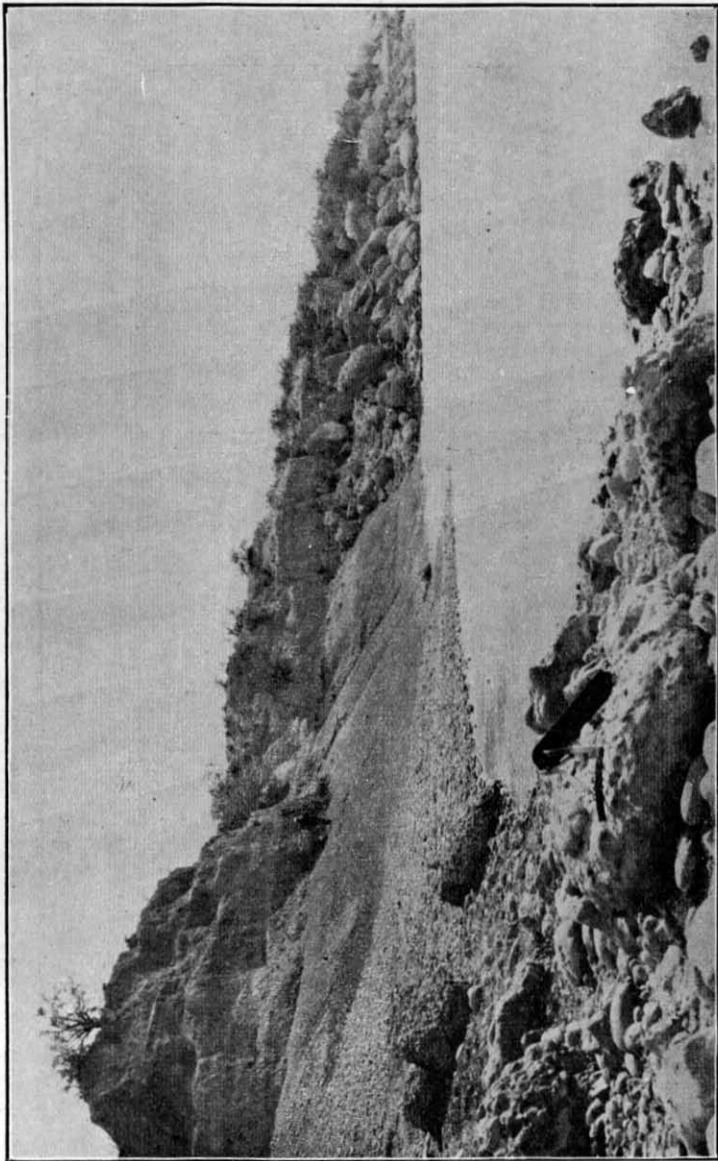
La barra de un banco de Austin Chalk, que causa el remanso.



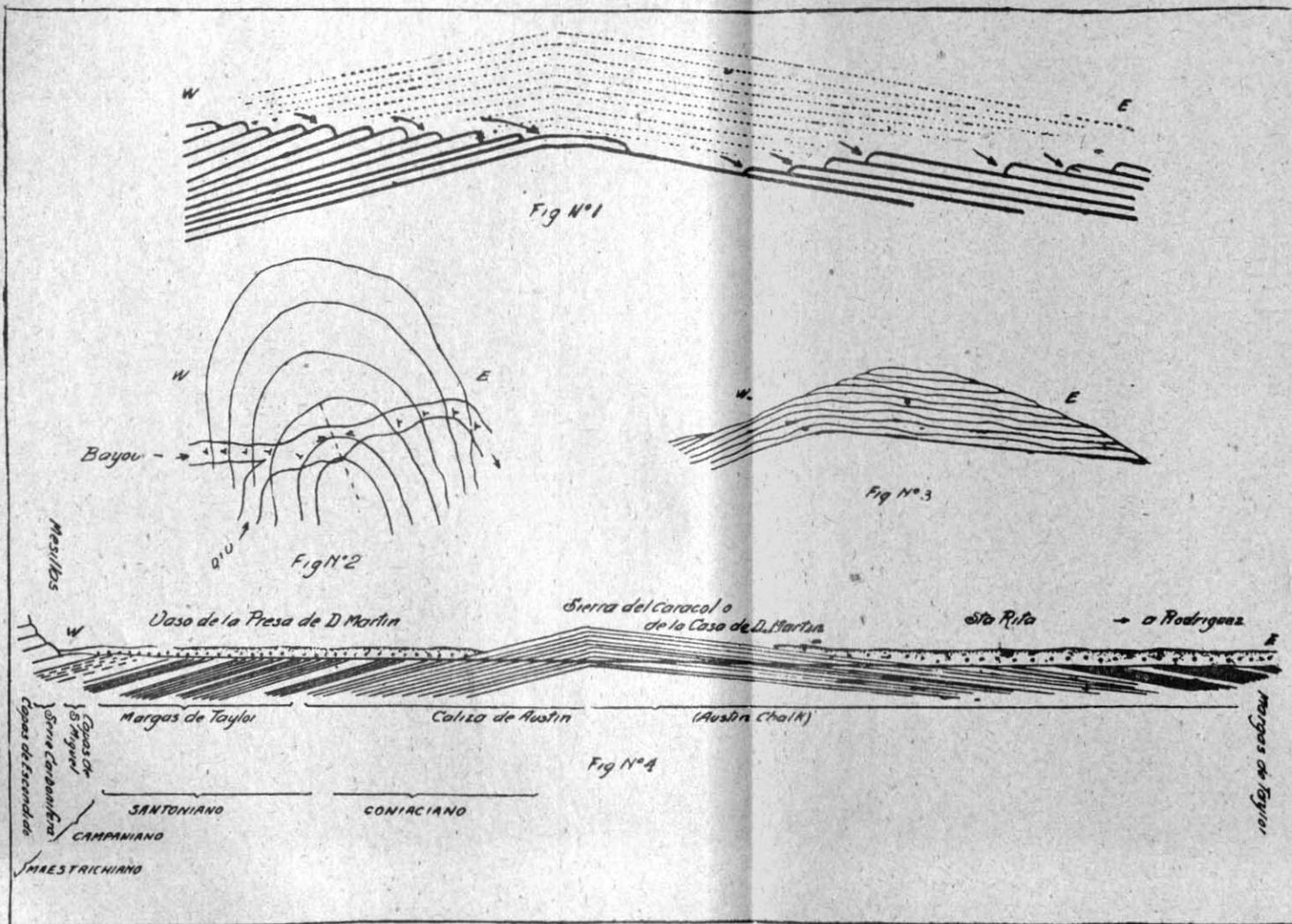
Una vuelta de la barranca del Río Salado, cerca de San Antonio. Sin embargo que la barranca está profunda y amplia, las aguas de una creciente extraordinaria que no cabía en el cauce, se despararon sobre la terraza, dejando allá grandes troncos de gigantescos sabinos arrancados en el curso superior.



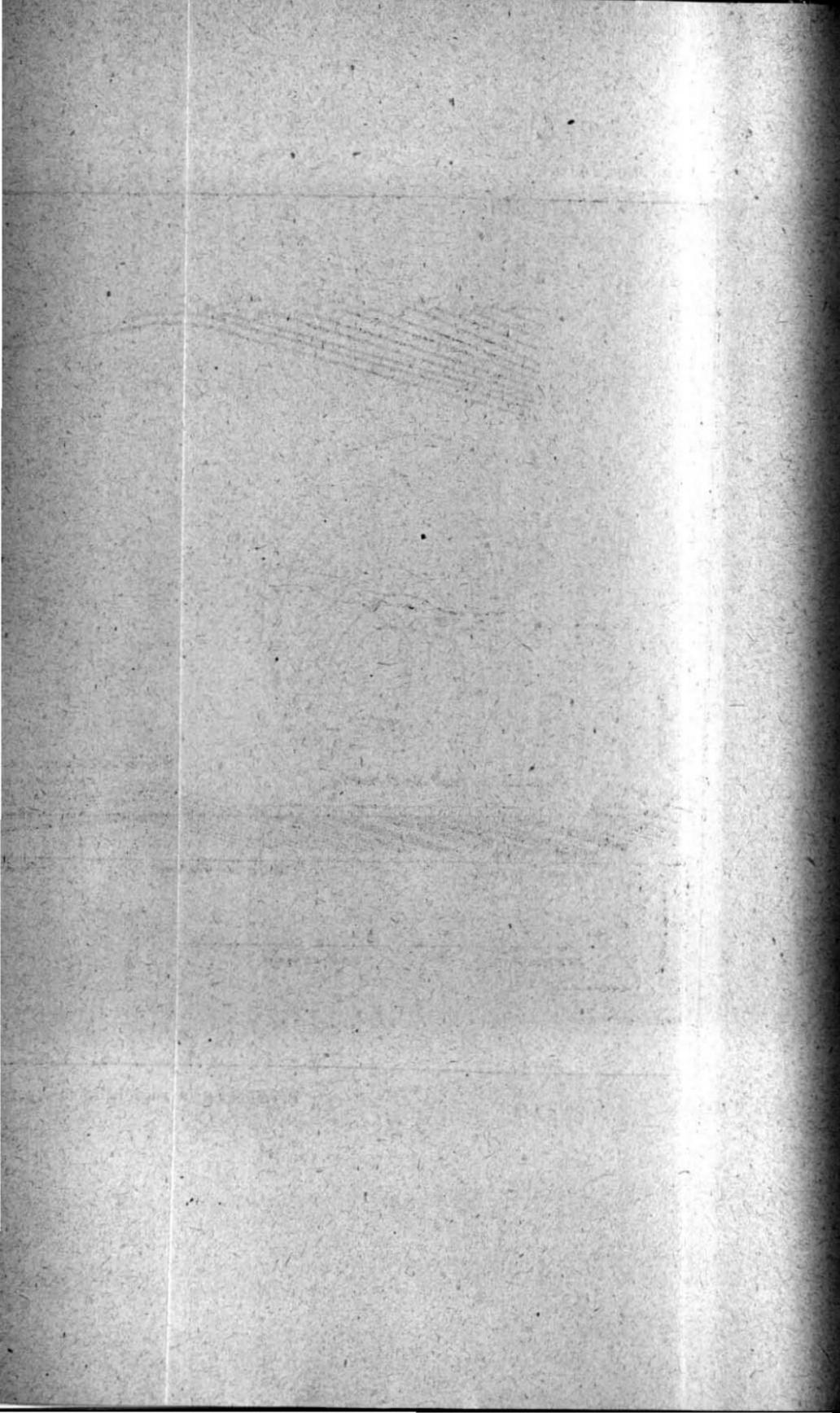
Otra vuelta del Río Salado, cerca del Balseadero. Un lado de la barranca está formado por el conglomerado duro de la base de la formación de Reynosa, caído en grandes bloques por el deslave de su base por las aguas del río.



Aguas abajo del Paso de La Laja. El conglomerado de Reynosa descansando sobre las margas de Taylor. En el fondo, caídos de bloques de este conglomerado formados por la misma causa como los de la vista anterior.



Perfiles en la región de la Presa de Don Martín.



agua que se vierta sobre ellas, causaría una erosión rápida y profunda.

En vista de esto, debe buscarse otro lugar para la construcción de un vertedor de demasías excepcionales, y éste se encontrará en el primer puerto de la Sierra de La Laja, al SE. de la boquilla, La incisión en cuestión tiene en su punto más bajo una altura de 274 metros, y es por lo tanto, 10 metros más alto que la corona de la proyectada cortina y la excavación resultaría, por lo tanto, muy costosa. La posición de las capas calcáreas en este puerto es favorable para la construcción del vertedor, pues los estratos tienen aquí un ligero echado hacia el NE., es decir, en dirección en que descargará el vertedor. La gran cantidad de roca calcárea que saldrá de la excavación de este vertedor, con ventaja podrá emplearse en la construcción de la presa, sea que ésta se haga de tierra mezclada con roca, sea que se aplique el sistema de enrocamiento, o sea, por fin, que se utilice el material en el revestimiento de la cortina y en las obras de arte. El transporte será económico, dado que el puerto se encuentra sólo a unos 800 metros de la boquilla y la domina en altura.

Al fin me permito comunicar la observación siguiente, aunque no tenga conexión directa con la geología, pero sí con la morfología e hidrografía de la zona. El Río Sabinas, afluente principal que con el Río de los Nadadores, forma el Río Salado, pasa a corta distancia de la población de Juárez, en un barranco relativamente angosto y profundo. Ya en tiempo de avenidas fuertes, pero no extraordinarias, las aguas del río no caben en la barranca, sino se extienden fuera de ella en el terreno ondulado e inundan también parte de la loma baja sobre la cual está situada parte de la población: desde el año de 1920 ha sucedido esto dos veces y los habitantes de esta porción de Juárez se han visto obligados a abandonar sus casas y a buscar refugio en puntos

más distantes del río y de mayor elevación, y varias casas han sido destruídas y arrastradas por esas inundaciones. Dada la situación indicada de esta pequeña población, es de suponerse que, al construirse la presa, el peligro de inundaciones destructoras aumentará sobre todo si se registran fuertes avenidas del Sabinas, cuando el remanso de la presa en la barranca llegue cerca de la población, es decir, cuando la presa esté casi llena.

Esta circunstancia y la cuestión del vertedor de demasías para cantidades no calculables de avenidas extraordinarias, aconsejan que desde luego se tome en consideración ya la construcción de otra presa de regularización, sobre el río Sabinas, en su curso superior.

Chapultepec, D. F., 30 de noviembre de 1926.
