

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

DIRECTOR: JOSÉ G. AGUILERA

ESTUDIO GEOLOGICO

DE LOS

ALREDEDORES DE UNA PARTE DEL RIO NAZAS

EN RELACION CON EL PROYECTO

DE UNA PRESA EN EL CAÑON DE FERNANDEZ

POR EL

DR. CARLOS BURCKHARDT E ING. J. D. VILLARELLO



MEXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Callejón de Betlemitas número 8

1909

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1900

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1900

ESTUDIO GEOLOGICO
DE LOS
ALREDEDORES DE UNA PARTE DEL RIO NAZAS
EN RELACION CON EL PROYECTO
DE UNA PRESA EN EL CAÑON DE FERNANDEZ

I

Bosquejo geológico de la región

POR EL DR. CARLOS BURCKHARDT

(Láminas XXVIII-XXXVI)

La región de que se ocupa este estudio, está situada á orillas del río Nazas, entre el lugar denominado Tetillas, al Este de la Hacienda "El Sobaco" y la Presa del Refugio, á la entrada del Cañón de Fernández.

No me es posible presentar un plano geológico detallado de la región citada, pues para ello necesitaría disponer de una base topográfica más extensa que la ofrecida por el plano de la Comisión Inspectorá del Río Nazas; sin embargo, puedo desde luego presentar una reseña acerca de la geología de la región, acompañada de un perfil geológico bastante detallado.

La región montañosa antes citada demuestra ya en sus rasgos orográficos principales la estructura geológica. Una serie de cadenas ó cordilleras con dirección N.N.W.-S.S.E. ó Norte-Sur, se observan en ella, separadas entre sí por valles ó cañones en lo general bastante anchos.

Estas cordilleras están cortadas en ángulo casi recto por el río Nazas, en el tramo situado entre las Tetillas y el Cañón del Borrego, siendo el valle del Nazas en esta parte un valle transversal, mientras que el mismo río corre desde el Cañón del Borrego hasta la Presa del Refugio en un valle longitudinal, situado entre dos cordilleras distintas.

Los elementos orográficos de la región son la expresión fiel de la tectónica; correspondiendo cada cordillera á un anticlinal ó á varios anticlinales, mientras que los valles y cañones coinciden con los sinclinales.

Después de esta breve ojeada sobre la configuración general de la región en estudio, entraremos en consideraciones sobre las rocas que se observan en la región y sobre la tectónica de ellas.

A. Parte estratigráfica

Las rocas que se observan en la región estudiada pertenecen casi exclusivamente á las formaciones sedimentarias del *Cretáceo inferior y medio*, presentándose rocas *neovolcánicas*, sobre todo Rhyolitas, solamente encima de ellas, en una extensión muy reducida. Hablaré aquí solamente de las formaciones cretácicas, que pueden dividirse de abajo á arriba en cuatro pisos diferentes, de los cuales daremos á continuación una descripción sumaria.

1.—Caliza gris con Caprotina

Los sedimentos más antiguos de la región, perteneciendo al *Cretáceo inferior*, forman la parte central de los anticlinales. Son calizas grises, compactas, en ban-

cos gruesos, muy agrietadas y por esto permeables, que se presentan con un espesor considerable. Entre las calizas se observan á veces intercalaciones margosas de poco espesor, que contienen muchas Ostreas y Exogyras. La caliza misma también es muy rica en fósiles y por doquiera se ven cortes de Rivalvos y otros restos en la superficie de la roca. Sin embargo, es muy difícil sacar estos restos de la caliza y sólo en un lugar del Cerro de los Tablones encontré un block lleno de Caprotinas, que pudieron separarse con facilidad de la roca que las envolvía.

Tanto por estas Caprotinas como por el carácter petrográfico de la roca y su tendencia á formar "Karren" en la superficie, esta división recuerda la caliza con Caprotinas ó el "Schrattenkalk" de los Alpes, el cual, como es sabido, forma una facies especial de la parte superior del Cretáceo inferior alpino, llamada generalmente "Urgoniano."

2.—Caliza con Rudistas

Los últimos lechos de la caliza gris, arriba descrita, se reconocen fácilmente en toda la región por los numerosos restos de fósiles que los rellenan. A pesar de que estos restos, por lo general, no se pueden separar de la roca y sólo se observan bajo la forma de innumerables cortes, se ve que pertenecen sobre todo á Rudistas de la familia de los Caprínidos, y en segundo lugar á Corales, Nerineas y Bivalvos.

Estos lechos con Rudistas tienen poco espesor y están formados por la misma caliza gris como la división anterior. A pesar de esto, tienen gran importancia es-

tratigráfica por la facilidad con que, debido á sus fósiles característicos, se reconocen en toda la región.

3.—Capas con Douvilleiceras

En las Sierras de Mazapil observé hace poco un piso muy característico, que según sus fósiles debe considerarse como limítrofe entre el Cretáceo inferior y medio y que llamé "Capas con Parahoplites."¹

En la región del Nazas hay capas que se parecen mucho al piso con Parahoplites de Mazapil por sus caracteres litológicos. Son estas las "capas con Douvilleiceras," formadas por calizas margosas grises ó amarillentas, por calizas grises ó azules y por pizarras ó capas apizarradas grises y azules.

Estas capas, cuyo espesor es de 30 metros más ó menos, se desagregan fácilmente por descomposición, formando así depresiones en el terreno. Son fáciles de reconocer, no solamente por su carácter petrográfico sino principalmente por su riqueza en Amonitas y otros fósiles.

Por el examen paleontológico preliminar de las Amonitas, llegué á la conclusión de que las "capas con Douvilleiceras" del Nazas pertenecen al *Aptiano superior* (Gargasiano), siendo probablemente un poco más antiguas que las "capas con Parahoplites" de Mazapil. Numerosas especies de *Douvilleiceras* se parecen mucho á las descritas del Cretáceo inferior ruso por *Sinzow* (J. Sinzow: Die Beschreibung einiger Douvilleiceras-Arten aus dem obern Neocom Russlands. Vhdl. K. russ.

¹ Burckhardt: Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa. Livret-guide des excursions du X^e. Congrès Géologique International. Núm. XXVI. 1906.

mineral. Ges. Bd. XLIV. Lief. 1, St. Petersburg 1906), y á las últimamente publicadas por *Jacob* del Aptiano superior de los Alpes suizos (C. Jacob et A. Tobler: Etude stratigraphique et paléontologique du Gault de la vallée de l'Engelberger Aa. Mém. Soc. pal. Suisse, vol. XXXIII, 1906, p. 7-20, Faune du "Luitere Zug."), presentando relaciones íntimas con *D. clansayense* *Jacob*, *D. Buxtorfi* *Jacob*, *D. subnodocostatum* *Sinzow* y otras especies.

Entre los *Hoplites* mencionaré una especie característica y común, que es indudablemente muy vecina del *Hoplites furcatus* *Sow.*—*Dufrenoyi* *D'Orb.*, entre los *Parahoplites* citaré una forma que se parece mucho al *Parahoplites crassicostatus* *D'Orb. sp.* y otra emparentada con *P. gargasensis* *D'Orb. sp.*

Los equinoideos son representados en la fauna por numerosos individuos de varias especies pertenecientes á un género que se acerca á *Toxaster* ó *Hemiaster*; los Braquiópodos por *Terebratula*, los Nautiloidea por *Nautilus*. Los puntos más ricos en fósiles de este piso se hallan en la parte oriental de la región, en donde pueden colectarse en gran cantidad en varias localidades (Loma Verde; Cañón al Este del Mulato; al Norte del Patrón, en la orilla septentrional del río Nazas; varios lugares en las dos faldas del Cañón de Fernández).

Debo mencionar aquí especialmente las calizas apizarradas y pizarras de los alrededores del Rancho de los Colorines. Por su posición estratigráfica entre los lechos con Rudistas y el Cretáceo medio, creo poderlas considerar como representantes de las "capas con Douvilleiceras" y las indiqué como tales en el plano y el perfil, pero debo hacer constar que esta determinación queda

algo dudosa por no haber podido encontrar fósiles característicos. Citaré aquí, además, capas apizarradas, que se observan entre las calizas del Cretáceo medio, en el tramo entre Tetillas y los Colorines. Sólo disponiendo de un plano topográfico más extenso, que el de la Comisión del Nazas, será posible decidir la cuestión, si dichas pizarras son intercalaciones en el Cretáceo medio, ó bien si representan al piso más antiguo, que aparecería repetidas veces á consecuencia de plegamientos intensos. Este último caso me parece más probable.

4.—Cretáceo medio

Los depósitos del Cretáceo medio tienen en la región un espesor considerable y se caracterizan por su variabilidad petrográfica.

En otras partes de la República, por ejemplo en las Sierras de Mazapil, no hay cosa más uniforme que los sedimentos mesocretácicos: Calizas grises con intercalaciones de bancos de pedernal negro, forman toda la serie del Cretáceo medio.

En la región estudiada la serie se muestra mucho más variada; empieza por lo general con algunos bancos de: 1) *caliza y caliza margosa gris clara ó de color café con leche, que alterna con bancos de pedernal negro*. También se observan calizas grises ó azuladas con el mismo pedernal. En varios lugares contienen estas capas iniciales del Cretáceo medio, fósiles, sobre todo Amonitas. Estos restos, destruyéndose más difícilmente por la descomposición que la roca misma, sobresalen de la superficie de los estratos y se destacan además de ella por su color amarillento. Al Noreste del Rancho de Los Colorines pude recoger en estos ban-

cos algunos fósiles, entre ellos un *Douvilleiceras del grupo del D. mamillatum*. También en el Cañón de Fernández, al Norte del Cañón del Borrego, se encuentran muchos restos de Amonitas en estas capas.

Encima de las rocas descritas yace en la mayor parte de la región una serie muy potente de: 2) *caliza gris con pedernal grueso*. Este pedernal no forma nunca bancos, sino que se presenta en formas muy irregulares, es siempre grueso y por lo general amarillento en la superficie. En algunas partes se observan también intercalaciones de calizas grises con bancos de pedernal negro, entre las calizas con pedernal grueso. Todas estas calizas son muy agrietadas y por esto permeables.

Debo advertir que en otras regiones del Norte de la República se observan las mismas calizas con pedernal grueso, pero que son en ellas, por lo general, un poco más antiguas, formando la parte superior del Cretáceo inferior y correspondiendo, por lo tanto, más ó menos á las calizas grises con Caprotina de nuestra región. Al efecto, también en los alrededores del Nazas se observan á veces bancos de caliza gris con pedernal grueso, que alternan con la caliza gris compacta con Caprotinas, pero la mayor parte de esta roca es aquí más moderna y pertenece ya al Cretáceo medio.

La serie mesocretácica que se observa entre Los Colorines y Las Tetillas, al Oeste de nuestra región, es bastante distinta de la ya descrita por sus caracteres petrográficos: allí casi no se ven bancos ó intercalaciones de pedernal y toda la división está formada por calizas azules y calizas apizarradas que contienen á veces trazas de pequeñas Amonitas.

* * *

Para dar una idea de la sucesión detallada de las capas cretácicas de la región, daré á continuación un perfil estratigráfico, levantado á la entrada del cañón al Noreste del Rancho del Mulato. En dicho lugar se observan de arriba á abajo los pisos siguientes:

- 1) Bancos de caliza gris con pedernal grueso (espesor considerable).
- 2) Calizas azules (unos cuantos metros).
- 3) Calizas grises margosas alternando con bancos de pedernal negro. (En este piso se observaron Amonitas en otros lugares).
- 4) Capas con Douvilleiceras. Calizas margosas azules ó amarillentas, calizas azules, pizarras azuladas con muchos fósiles. Encontré varias especies de Douvilleiceras, Parahoplites, Hoplites, Desmoceras, Nautilus, etc. (espesor más ó menos 20 metros).
- 5) Caliza gris con Nerineas y Corales (de poco espesor).
- 6) Caliza gris con Rudistas (Caprínidos).
- 7) Caliza gris compacta; en la parte superior se observan á veces calizas con pedernal grueso negro ó amarillento; además hay intercalaciones margosas con Ostreas.

Los numerosos cortes de Bivalvos, que se observan con frecuencia en estas calizas, provienen probablemente en mayor parte de Caprotinas (Requienias), por ser en esta caliza en la cual encontré en el Cerro Tablones restos determinables de este género.

B. Parte tectónica

(Véase el plano y perfiles de la lámina XXVIII)

La tectónica de la región es relativamente sencilla. En efecto, puede compararse al plegamiento que nos ofrece el clásico monte Jura. Como en muchas partes de aquella montaña, observamos una serie de pliegues anticlinales y sinclinales, más ó menos paralelos entre sí, y como allí, la coincidencia entre la estructura geológica y los elementos orográficos es manifiesta, correspondiendo cada cadena ó cordillera á un anticlinal principal, cada valle ó cañón á un sinclinal.

Podemos distinguir seis anticlinales principales, cuya dirección varía entre Norte-Sur y Nordnoroeste-Sursureste.

Empezando en la parte occidental de la región, encontramos primero el 1) *Anticlinal de Los Colorines* (I en plano y perfil). El centro de este anticlinal está perfectamente bien visible al Oeste del Rancho de Los Colorines, en donde calizas grises á veces con pedernal grueso forman un magnífico anticlinal. Mientras que el flanco oriental, sobrepuesto al centro del anticlinal, es sencillo, el flanco occidental, al contrario, se muestra sumamente plegado y ofrece toda una serie de pliegues secundarios, casi verticales y visibles en la falda de los cerros al Norte del Nazas, entre el cañón situado al Oeste de Colorines y Tetillas.

2) *El Anticlinal de Los Tablones* (II en plano y perfil) alcanza un desarrollo mayor que el de Los Colorines. Su estructura se revela con claridad en el Cañón del Río Nazas, en donde se puede ver que el anticlinal,

formado por caliza gris con Caprotina y por caliza con Rudistas, no tiene la forma de una simple bóveda sino que está dividido por un pequeño sinclinal en dos anticlinales.

El *Cerro de La Espuelita* y las lomas que forman su continuación al Norte del Nazas, corresponden á una zona sinclinal entre los anticlinales de Los Tablones y de la Loma Verde. Pero esta zona no se presenta bajo la forma de un sinclinal simple, sino que está fuertemente plegada mostrando varios anticlinales y sinclinales secundarios (véase lám. XXIX).

3) *El Anticlinal de la Loma Verde* (III en plano y perfil) es admirablemente visible en el cañón del Nazas, por el cual está cortado en ángulo recto. Tanto en la falda Norte (Loma Verde) como en la del Sur (Cerro Braseros), se observa el centro del anticlinal. La caliza gris compacta con Caprotinas, cuyas capas gruesas están netamente plegadas, forma una bóveda con un flanco oriental casi vertical y mucho más inclinado que el occidental. Las calizas están cubiertas por las capas con Douvilleiceras, reveladas en el terreno por una depresión marcada, y estas últimas están á su vez coronadas en el techo del anticlinal, por las calizas del Cretáceo medio. (Véanse láms. XXX y XXXI.)

4) Separado de la Loma Verde por el ancho valle del arroyo de Cuencamé, se levanta una nueva cordillera bastante alta, al Este del Mulato. En el cañón del Nazas, que corta dicha montaña entre El Mulato y El Patrón, podemos ver con suma facilidad que la cadena está formada por un nuevo anticlinal, que llamaremos el *Anticlinal del Mulato* (IV en plano y perfil). La estructura de este nuevo anticlinal se revela con

claridad y podemos ver, que á semejanza del anticlinal de Los Tablones, también él presenta la tendencia de subdividirse en dos anticlinales secundarios. El oriental de estos dos anticlinales es perfectamente visible al Norte del Nazas, en donde lo admiramos bajo la forma de un anticlinal modelo (véase lám. XXXII). Al Sur del río, dicho anticlinal se modifica un poco, estando atravesado en su parte baja por una falla bien visible, que separa capas casi horizontales del techo del anticlinal, de otras casi verticales, que pertenecen á su flanco oriental. (Véase lám. XXXIII).

Si consideramos el anticlinal del Mulato en su totalidad, vemos que presenta la misma estructura asimétrica que el de la Loma Verde, estando su flanco oriental mucho más inclinado que el occidental.

5) Una nueva cadena, de una altura considerable, se levanta entre los cañones del Patrón y del Sacramento al Oeste y los del Borrego y de Fernández al Este y Noroeste. Como las otras cadenas, está formada por un anticlinal, que designaremos bajo el nombre de *Anticlinal del Patrón* (V en plano y perfil). La estructura de la cadena se observa de la manera más clara en el cañón del Nazas, que la atraviesa casi en ángulo recto. Allí, en la falda meridional de dicho cañón, vemos que las capas forman un magnífico pliegue, que se parece á una "S" acostada. (Véase lám. XXXIV). Hacia el Norte, el rumbo general del anticlinal cambia un poco, pues mientras al Suroeste del cañón del Borrego las capas tienen una dirección Sureste-Noroeste, se observa en la falda occidental del cañón de Fernández, un rumbo más ó menos Norte-Sur. En dicha falda observamos hasta la Presa del Refugio el flanco orien-

tal del anticlinal V, con una inclinación marcada de las capas hacia el Oriente.

En la falda oriental del mismo cañón se observa lo contrario: allí nos encontramos en el flanco de un nuevo anticlinal (anticlinal VI) y en consecuencia las capas están allí fuertemente inclinadas hacia el Occidente, excepto en algunos lugares en los cuales el flanco está recostado é inverso, presentándose entonces las capas con inclinación hacia el Oriente.

6) La disposición anterior de las capas en las dos faldas del cañón de Fernández, y el hecho que el piso más antiguo (caliza gris compacta) forma las dos crestas, mientras que las capas más modernas (capas con Douvilleiceras y Cretáceo medio) se observan en la parte baja de las faldas ó en el fondo del valle, hace ya presumir que el cañón de Fernández coincide con un sinclinal.

Esta conclusión está completamente comprobada por las observaciones que se pueden hacer al Oeste de los Jacales de la Presa del Jacinto é inmediatamente al Norte de la Presa del Refugio. Como lo demuestran los perfiles 1 y 2 (P. 1 y 2 de la lám. XXVIII), se pueden ver, en las localidades citadas, sinclinales muy claros. Cerca de San Jacinto se observan capas del Cretáceo medio en posición netamente sinclinal (perfil 2) y al Norte de la Presa del Refugio se ve ya desde lejos una magnífica curvatura sinclinal de las calizas grises compactas. (Véase lám. XXXVI). El cañón de Fernández corresponde, por lo tanto, á un sinclinal que tiene un rumbo más ó menos Norte-Sur. Llamaremos, pues, este sinclinal "*Sinclinal de Fernández.*"

II

**El proyecto de una presa en el cañón de Fernández
considerado
desde el punto de vista geológico**

POR EL ING. DE MINAS JUAN D. VILLARELLO

Las rocas constitutivas del extenso valle que se inundaría al levantar una presa en el cañón Fernández, son todas de naturaleza impermeable por no ser porosas. En efecto, tanto las calizas compactas cretácicas que se encuentran desde el cañón Fernández hasta el Rancho Los Colorines, como las areniscas de cemento silizoso, que se hallan desde Tetillas para Nazas, y que en ciertos lugares están coronadas por corrientes de rhyolitas y en otros están cortadas por intrusiones de diorita, son rocas clasificadas como impermeables, por ser casi nula su porosidad.

En cuanto á la permeabilidad localizada, "permeabilidad en grande," debida á las grietas ó fracturas, que regular ó irregularmente corten á las rocas mencionadas, puede decirse también que es casi nula en la región del Nazas, por los motivos que paso á exponer.

Las calizas y areniscas de la región en estudio son muy compactas, y se encuentran en estratos más ó menos gruesos, que sólo en algunos lugares están cortados por pequeñas grietas capilares ó subcapilares.

En los planos de estratificación se encuentra un depósito calizo-arcilloso que rellena las pequeñas cavidades existentes entre los referidos estratos; y por lo

tanto puede decirse que: sólo existen conductos ó espacios vacíos capilares ó subcapilares entre las caras de contacto de los estratos en esa región.

La pequeña anchura de las grietas irregulares que se observan en las rocas sedimentarias de los alrededores del río Nazas se explica fácilmente, pues el plegamiento fué bastante enérgico en esa región, y tanto los pliegues anticlinales como los sinclinales son por lo general muy cerrados, es decir, que es una zona fuertemente comprimida y por lo tanto en condiciones muy poco favorables para que al plegarse las capas se hubieran formado amplias fracturas ó espacios vacíos supercapilares.

Siendo capilares ó subcapilares las grietas, y en general los espacios vacíos que se encuentran en las rocas de los alrededores del río Nazas, la circulación subterránea del agua en esas rocas tiene que verificarse de acuerdo con las leyes de la capilaridad; y por lo mismo puede decirse que: la infiltración de las aguas es insignificante en esa región, y aun cuando se aumente la carga al represar el agua en la zona estudiada.

Podría decirse que cuando se represara el agua, esas fracturas ó conductos capilares se ensancharían por disolución, se transformarían en cavidades supercapilares por las cuales el agua podría descender fácilmente, y, por lo mismo, la infiltración sería entonces considerable, y el agua de la presa desaparecería con rapidez. Esto, por fortuna, no sucederá, pues lo más probable es que se verifiquen los hechos contrarios, es decir, que en vez de ampliarse las fracturas se cerrarán aún más, se obstruirán casi por completo, debido esto á un depósito mecánico; y entonces la infiltración será más lenta, in-

significante ó nula. En efecto, la caliza es soluble en el agua que contiene bióxido de carbono (ácido carbónico), pero es insoluble en el agua que no contiene este compuesto. El agua de lluvia en su paso por la atmósfera, disuelve una cierta cantidad del bióxido de carbono contenido en el aire; y después, en su circulación superficial, pierde á este compuesto, entre otras causas por evaporación. Indicado lo anterior puede decirse que: si en la presa proyectada se tratara de recoger el agua precipitada en las cercanías de la región, podría disolverse alguna cantidad de caliza en esa agua represada; pero no se trata de almacenar en esa presa el agua de las escasas precipitaciones atmosféricas cercanas, sino la gran cantidad de agua caída á centenares de kilómetros de distancia, el agua que proviene de las lluvias en Cuencamé, Santiago Papasquiaro, Indé y Guanaceví. Durante este largo trayecto superficial, el bióxido de carbono se evapora del agua, y cuando ésta llega al lugar en que se proyecta la presa, ya no contiene al referido compuesto. Como prueba clara de esto último pueden citarse los siguientes hechos: En las calizas que forman el cauce del río Nazas en la zona estudiada, y no obstante la gran cantidad de agua que por allí pasa anualmente, no se encuentran las superficies corroídas que presenta la caliza cuando ha estado sometida á la acción de algún disolvente; y no se encuentra tampoco el precipitado de carbonato de cal, "caliches" que deposita el agua que contiene en disolución bicarbonato de cal, cuando se evapora el bióxido de carbono. Estos hechos prueban claramente que el agua que llega por el río Nazas al lugar en que se proyecta la presa, no contiene ya bióxi-

do de carbono; y por lo tanto, ni produce precipitados de carbonato de cal, ni puede disolver á la caliza.

Si el agua que se almacene en la presa proyectada no puede disolver á la caliza por los motivos ya expuestos, tampoco podrá ensanchar á las fracturas de esta roca. En cambio, como las aguas del río Nazas acarrean gran cantidad de limo, al depositarse este material arcilloso obstruye los espacios vacíos, grietas, fracturas, etc., que pudieran existir en el cauce del río, el cual se ha hecho impermeable por esta razón; y de igual manera, al depositarse ese limo en el fondo y paredes de la presa, obstruirá los espacios vacíos que en ellos se encuentren ahora, y la impermeabilidad del terreno será entonces aún mayor de lo que es actualmente.

Por otra parte, la estructura del terreno es bastante favorable para impedir la infiltración del agua almacenada en la presa que se proyecta construir. En efecto, tanto el cañón Fernández, como los llamados el Patrón, el Mulato, el Ohicural y los Colorines, es decir, la mayor parte del terreno que ocupará el agua represada, están situados en pliegues sinclinales. Estos pliegues con flancos bastante inclinados y con sección transversal semejante á una V, constituyen, por decirlo así, el revestimiento del fondo y paredes de la presa; revestimiento formado por capas paralelas, superpuestas, de caliza compacta y dura. El agua que pudiera infiltrarse por la primera capa, que forma el fondo y paredes de la presa, encontraría abajo á un segundo estrato con sección transversal en forma de V, capa que impediría continuara la fácil infiltración del agua; pues por lo general, en esa región las grietas de un estrato no corresponden con las grietas de los estratos

laterales. Debajo de esa segunda capa continúa otra multitud de capas semejantes, sin duda menos agrietadas al ser más profundas, y por lo tanto más impermeables. Según esto, ese conjunto de estratos de caliza compacta, constituye el fondo casi impermeable de aquella parte del valle del río Nazas.

Como prueba de la casi impermeabilidad del terreno, en la parte del río Nazas que se inundaría al construirse la presa en proyecto, puedo citar desde luego los siguientes hechos:

Una gran parte del cañón Fernández está ocupada actualmente por el agua que almacenan las presas de San Jacinto y el Refugio, agua recogida desde Diciembre del año anterior, y que en Mayo del siguiente año aún no ha desaparecido por completo, no obstante que son de poca altura las presas mencionadas. Esta es una prueba evidente de que en el cañón de Fernández no existen grietas supercapilares, pues por éstas, la infiltración es muy rápida aun cuando sea pequeña la altura del agua sobre las referidas grietas; y por lo tanto, el agua no podría permanecer almacenada durante varios meses en las presas de San Jacinto y el Refugio. Además, en todo el resto del cañón del Nazas, desde Fernández hasta Tetillas, á fines de Mayo está corriendo todavía una pequeña cantidad de agua. Esta agua sigue en parte un trayecto subterráneo en la zona de contacto entre el azolve depositado por el río, y el fondo de este último constituido por las calizas ya mencionadas. En las partes bajas del río, ó en donde la pendiente de este último es casi nula, el agua sale de la zona de contacto antes indicada, y su trayecto subterráneo se cambia de nuevo en superficial.

Esto permite que se vea correr el agua en esa parte del río Nazas, muchos meses después de las crecientes; y que esa agua que todavía en los meses de Mayo y Junio corre superficialmente por el río, sea en cantidad tanto mayor cuanto más bajo es el lugar en que se observa el río dentro de la zona ya indicada, es decir, desde Tetillas hasta el cañón Fernández.

Los hechos anteriores no se observarían si existieran fracturas supercapilares en esa región; pues en ese caso, el agua al caminar entre el azolve y el fondo calizo del río, se infiltraría al encontrar á esas grietas; y siendo, como es en Mayo y Junio muy pequeña la cantidad de agua que pasa por el río, esta agua no volvería á seguir un trayecto superficial, sino que el río se encontraría seco durante esos meses. Además, á medida que el trayecto del agua es más largo, encontraría mayor número de las supuestas fracturas supercapilares, y por lo tanto, sería menor la cantidad de agua que corriera por el río á medida que este último fuera descendiendo; pero esto no sucede, sino que como dije antes, se observa el hecho enteramente contrario, es decir, el agua que corre por el río en los meses de Mayo y Junio, aumenta á medida que el río desciende de Tetillas para el cañón de Fernández.

En algunas partes, los cañones que mencioné antes, están limitados por muros acantilados, en los cuales se encuentran casi verticales los estratos de caliza. La posición de estos estratos, y la erosión que se verifica de preferencia entre las caras de contacto de las referidas capas, facilitan la separación de los estratos entre sí, y el que éstos caigan en grandes blocks hacia el fondo del valle. Esta separación de los estratos en las

paredes de los cañones hace que se observen en algunos lugares hendiduras, más ó menos anchas, en los planos de estratificación de las capas de caliza. Sin embargo, estas hendiduras no son nocivas: en primer lugar, porque sólo se encuentran en la parte superficial sometida á la erosión; y en segundo lugar, porque el agua que se infiltre por esas hendiduras llegará sólo al fondo del pliegue sinclinal, fondo casi impermeable por las razones ya indicadas; y por lo tanto, después de haberse llenado de agua esos espacios vacíos, la infiltración será insignificante.

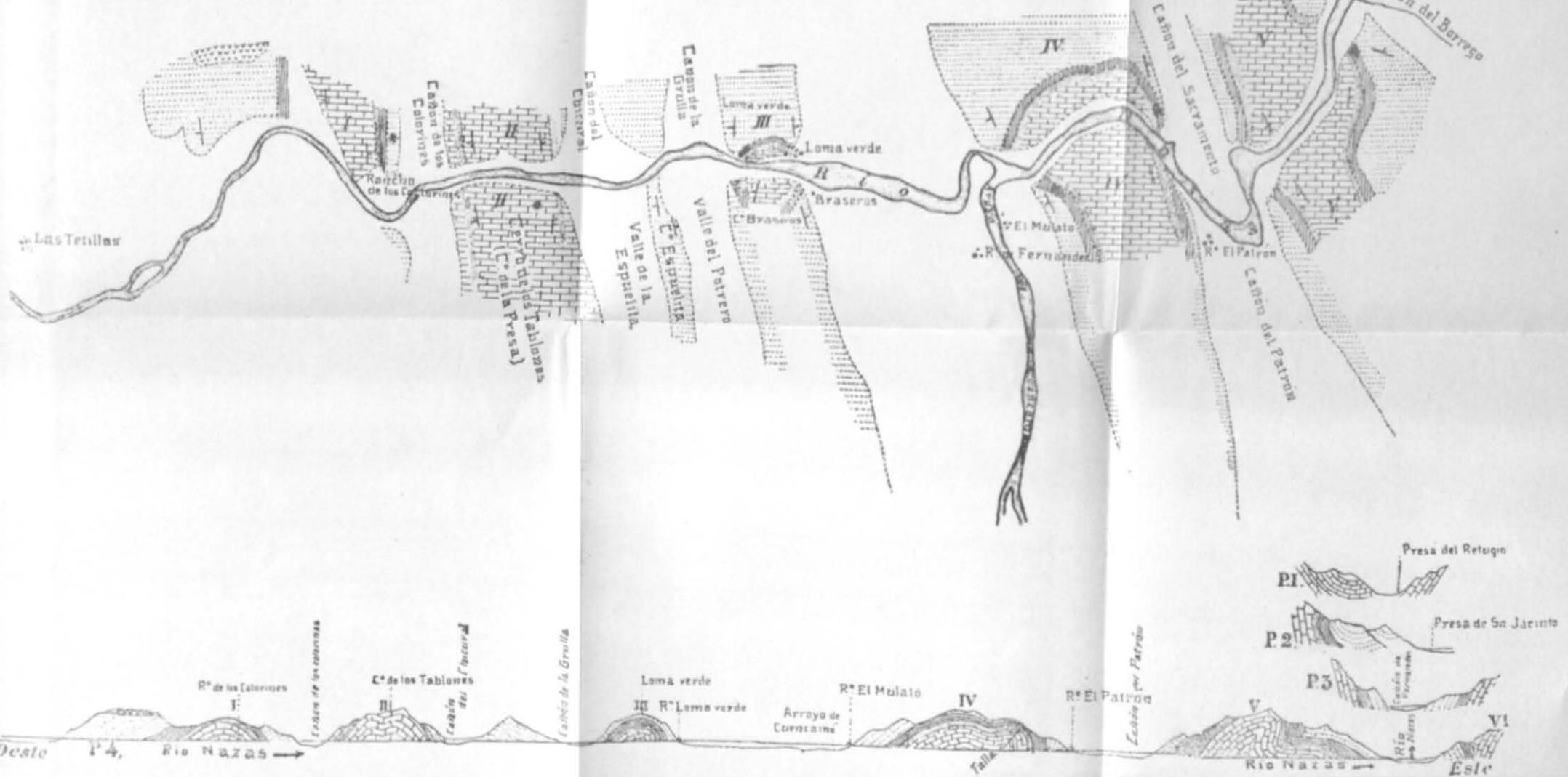
Teniendo en cuenta todo lo anterior, puede concluirse diciendo que: al construir una presa en el cañón Fernández, para almacenar gran cantidad de agua del río Nazas, no hay probabilidades de que esta agua se infiltre con rapidez; sino que, por el contrario, lo probable es que la infiltración sea insignificante desde luego, y después nula ó casi nula, cuando hayan pasado por la presa algunas crecientes del río mencionado.

Por último, como el terreno en que se proyecta construir la presa, así como todo el cañón Fernández, está constituido por capas de caliza compacta y dura, estratos que forman un pliegue sinclinal; y esto permite observar en su afloramiento las capas más profundas, puede decirse que: no hay necesidad de hacer grandes perforaciones para reconocer el subsuelo en el lugar en que se vaya á cimentar la presa. Pero sí deben hacerse perforaciones poco profundas, con objeto de conocer el espesor que tenga el azolve del río y los derrumbes de las paredes del cañón Fernández, lo cual permitirá hacer una buena elección del lugar en que deba construirse la presa proyectada.

PROQUIS GEOLOGICO
 DE LOS
ALREDEDORES DEL RÍO NAZAS
 ENTRE LAS TETILLAS Y LA PRESA DEL REFUGIO

ESCALA - 1:80.000

- * Localidades fosilíferas principales
- X / Y Rumbo e inclinación de las capas
- [Dotted pattern] Rocas neovolcánicas
- [White box] Depósitos modernos, aluviones
- [Horizontal lines] Cretáceo medio
- [Vertical lines] Capas con *Dozvilleiceras*
- [Cross-hatch] Caliza con *Rudistas*
- [Brick pattern] Caliza gris con *Caprotina*
- I-VI Reticulizales principales



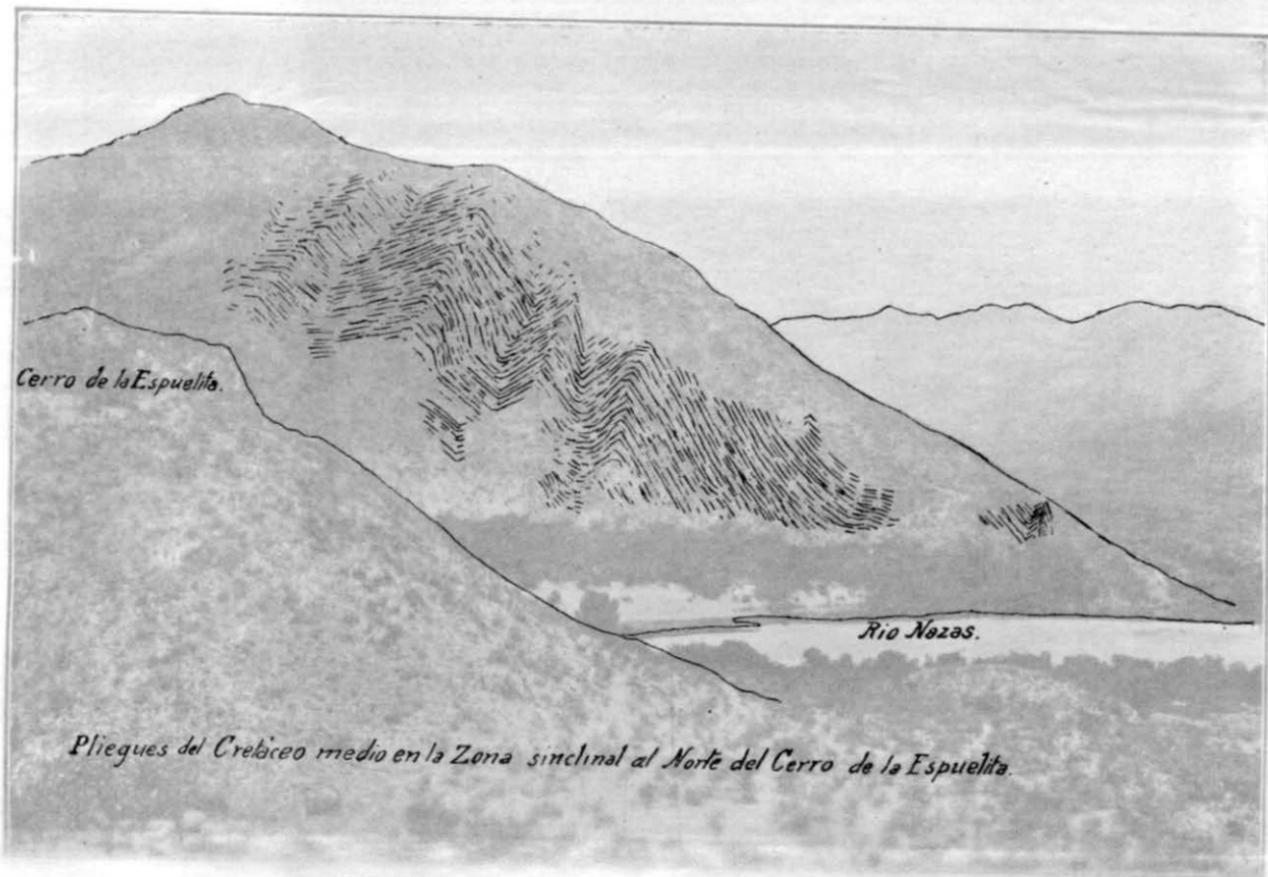
El Estado de San Luis Potosí
de los

Alrededores del Río Naya

Entre las Tetillas y la Presa del Estero

ESCALA - 1:50,000





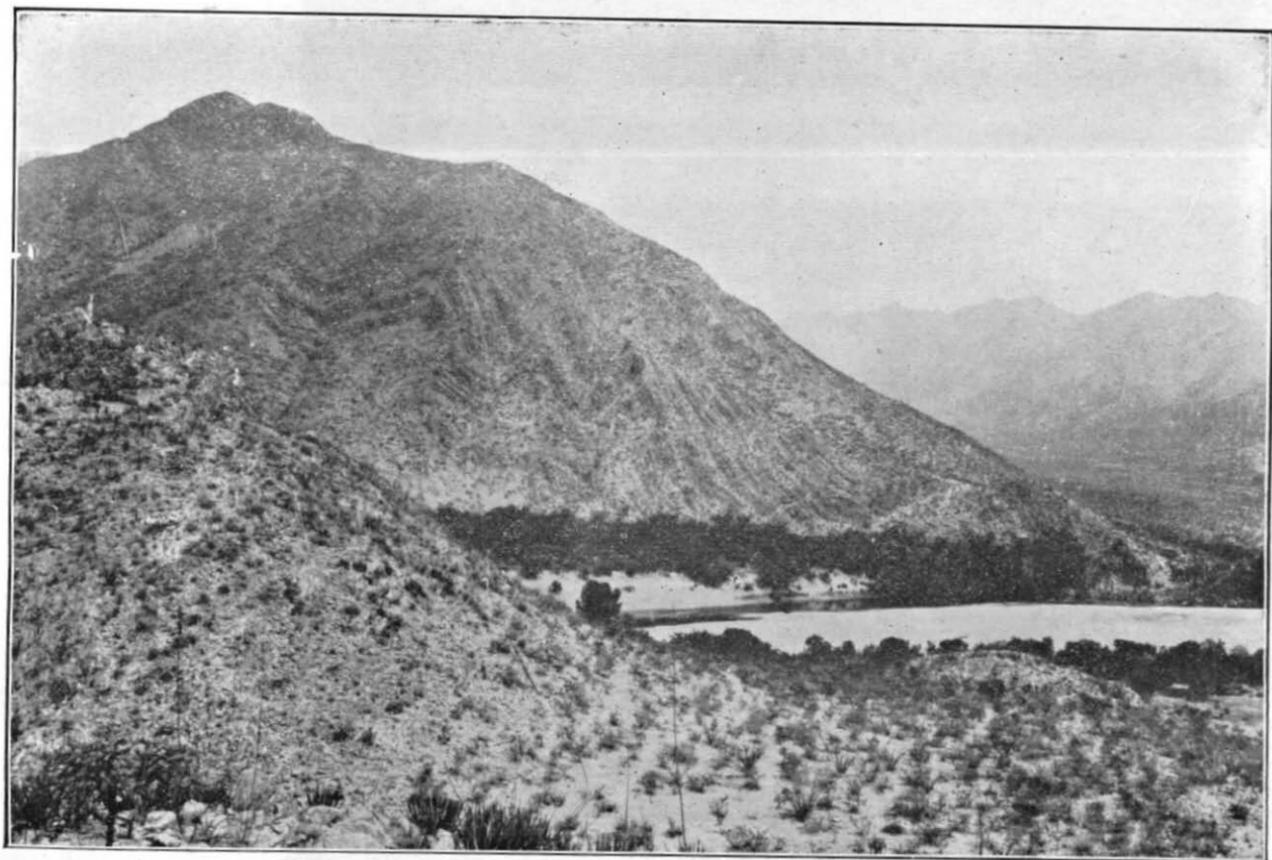
Pliegues del Cretáceo medio en la Zona sinclinal al Norte del Cerro de la Espuelita.

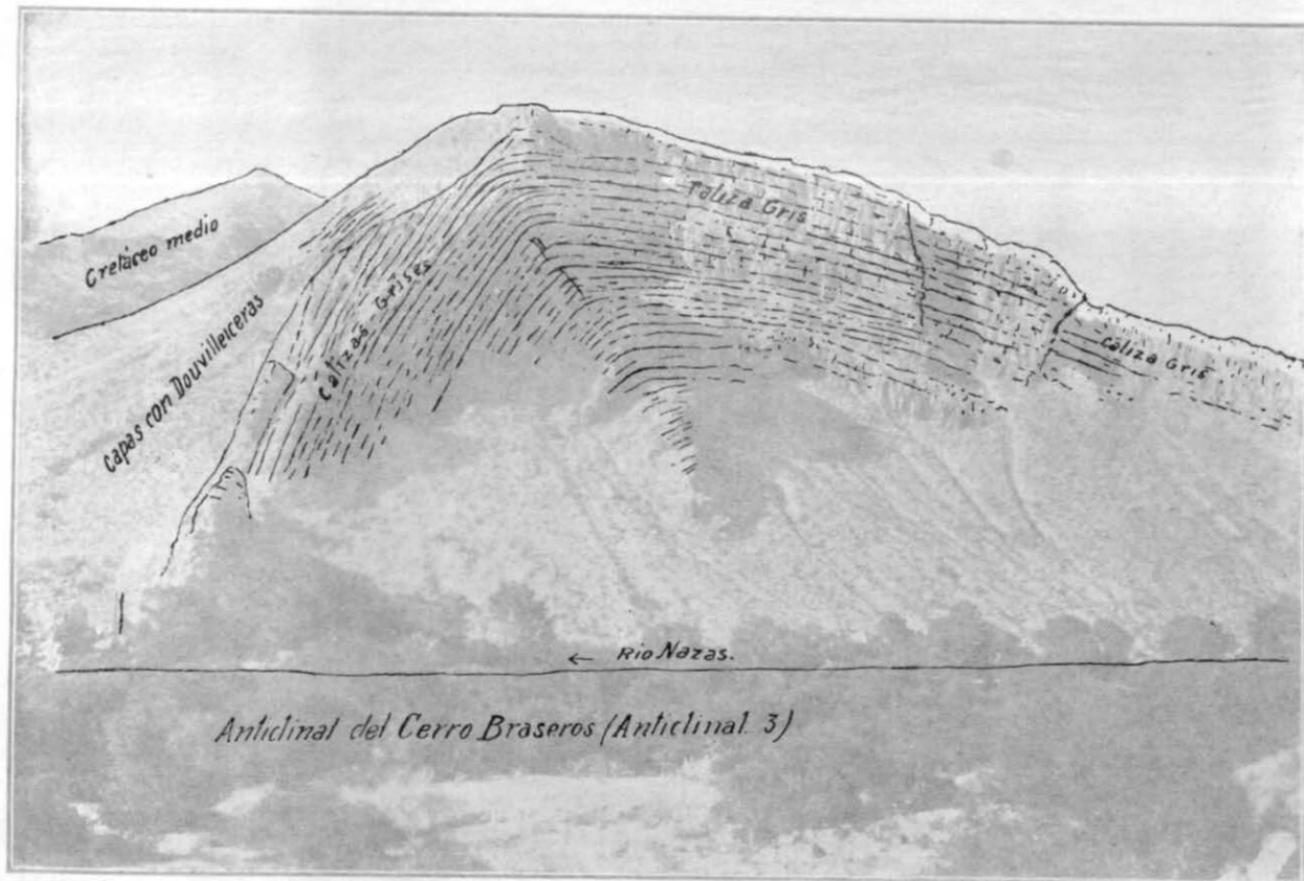
Elleques I el ab ortas Job shok la lenlsmis enaΣ el na abortm osridaΣ ab sapeidΣ P

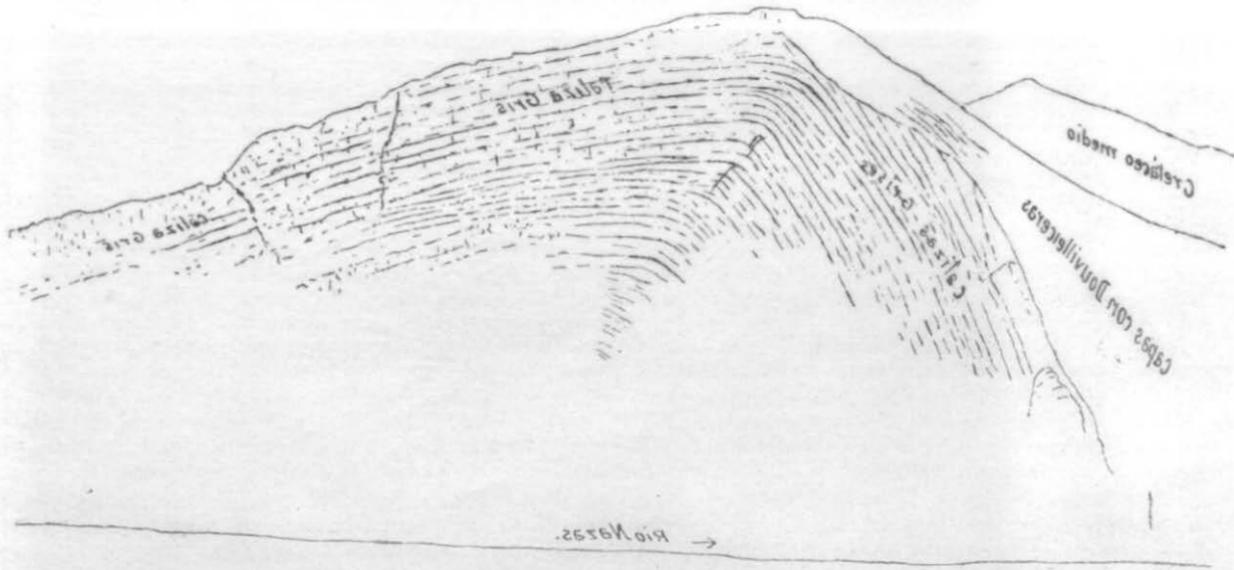


Rio Negro

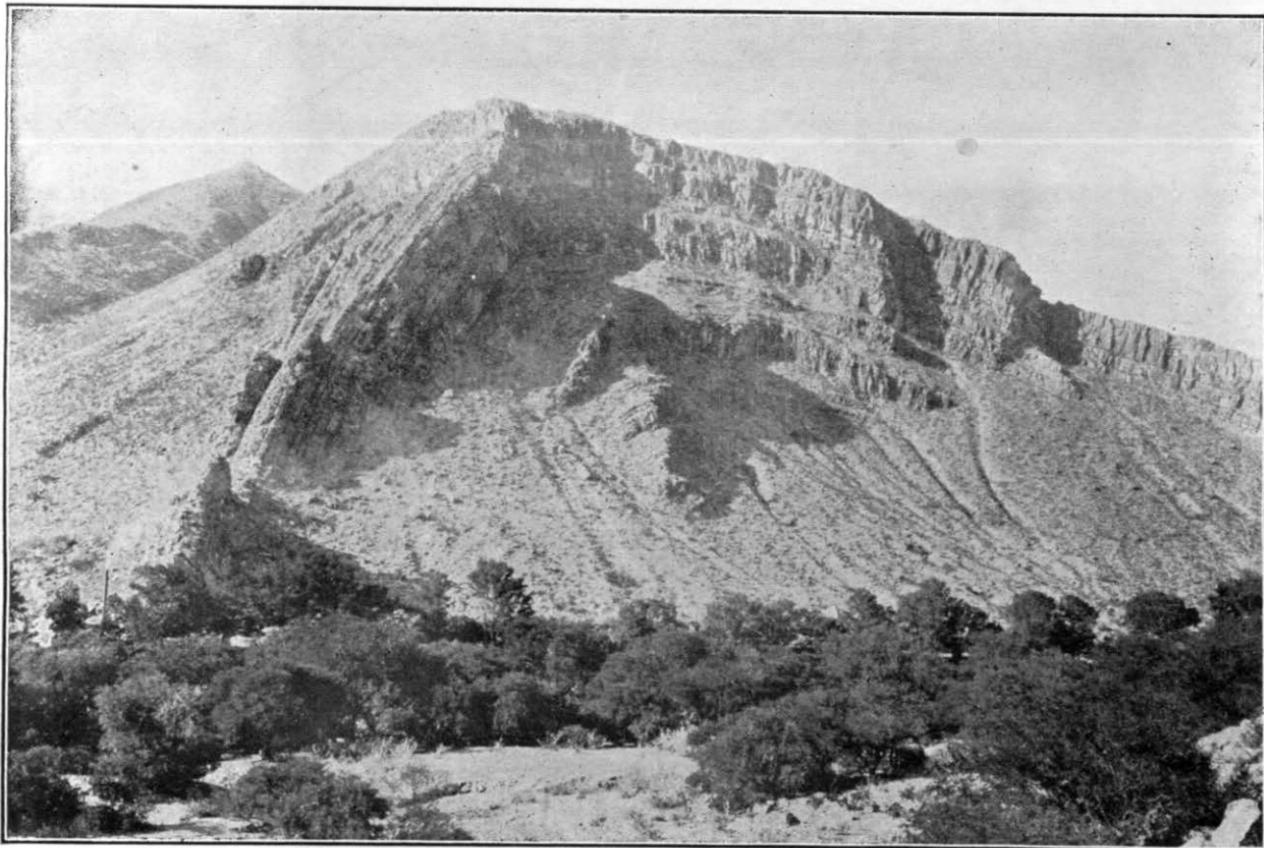
Elleques I el ab ortas

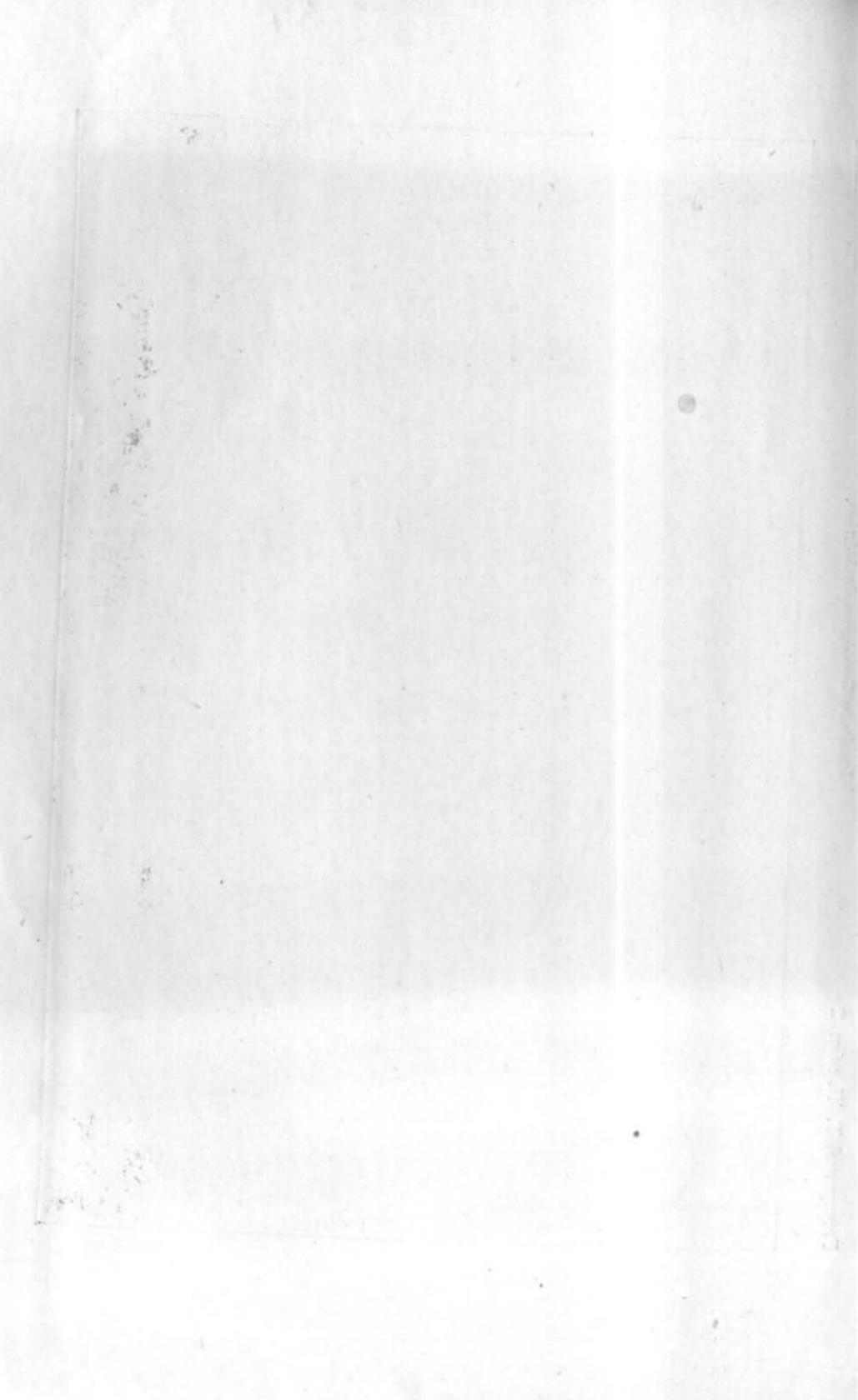






Anticlinal del Cerro Braseros (Anticlinal 3)

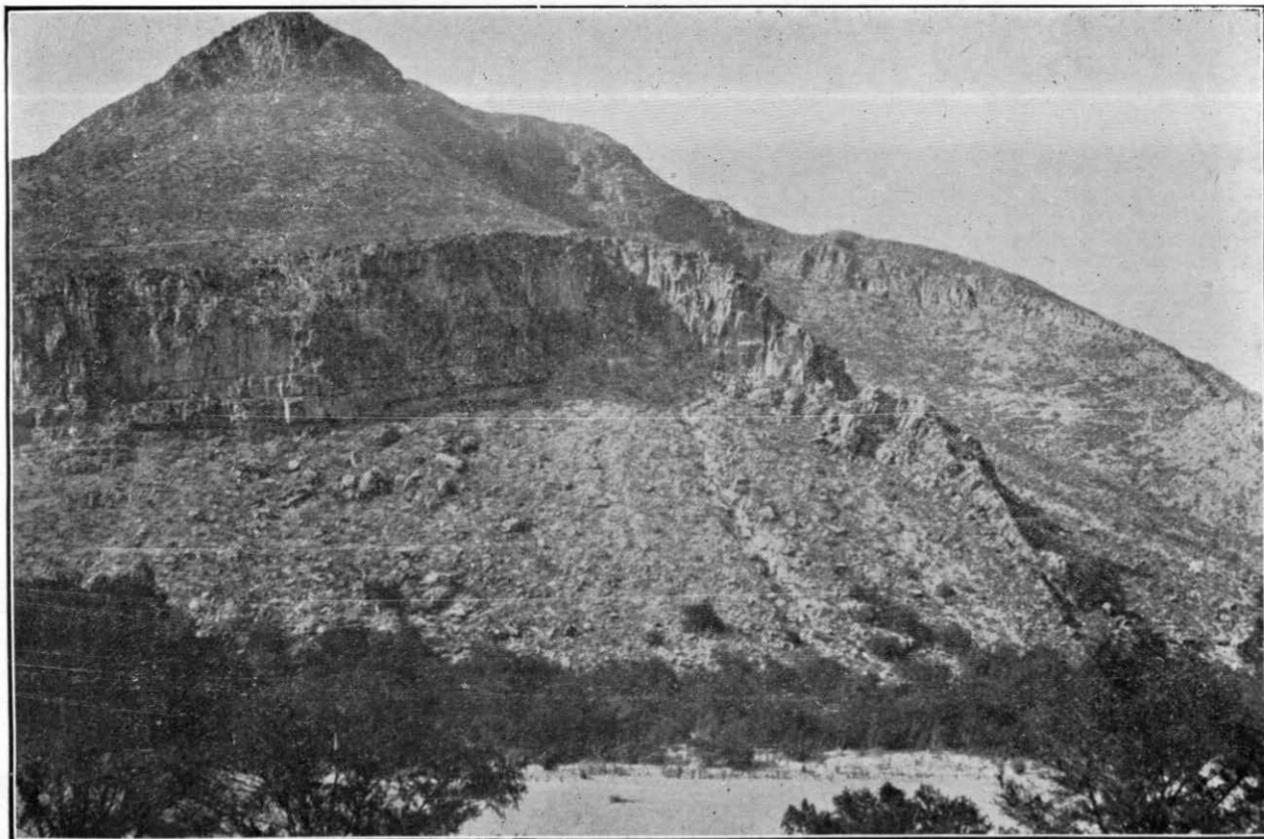


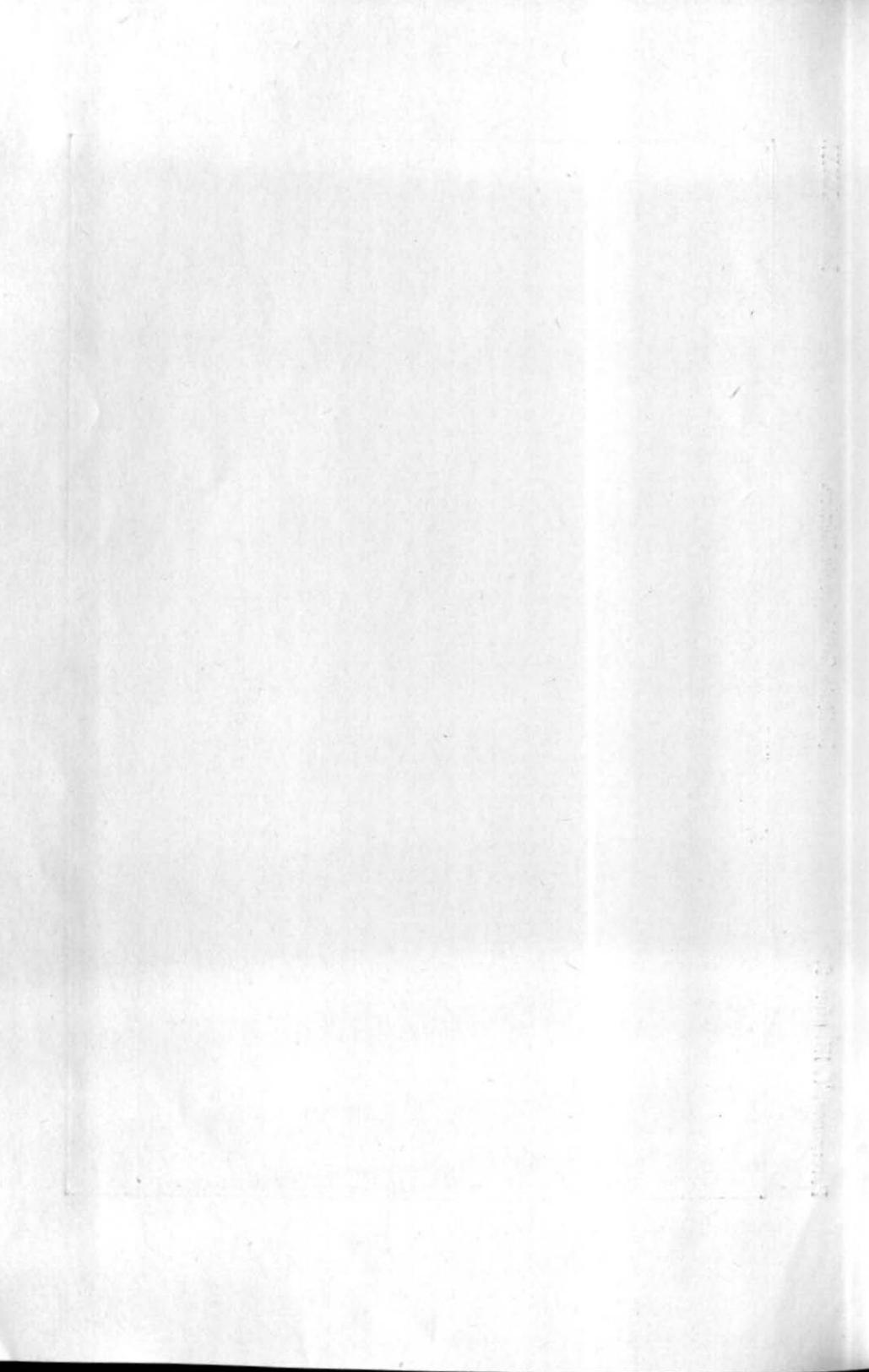


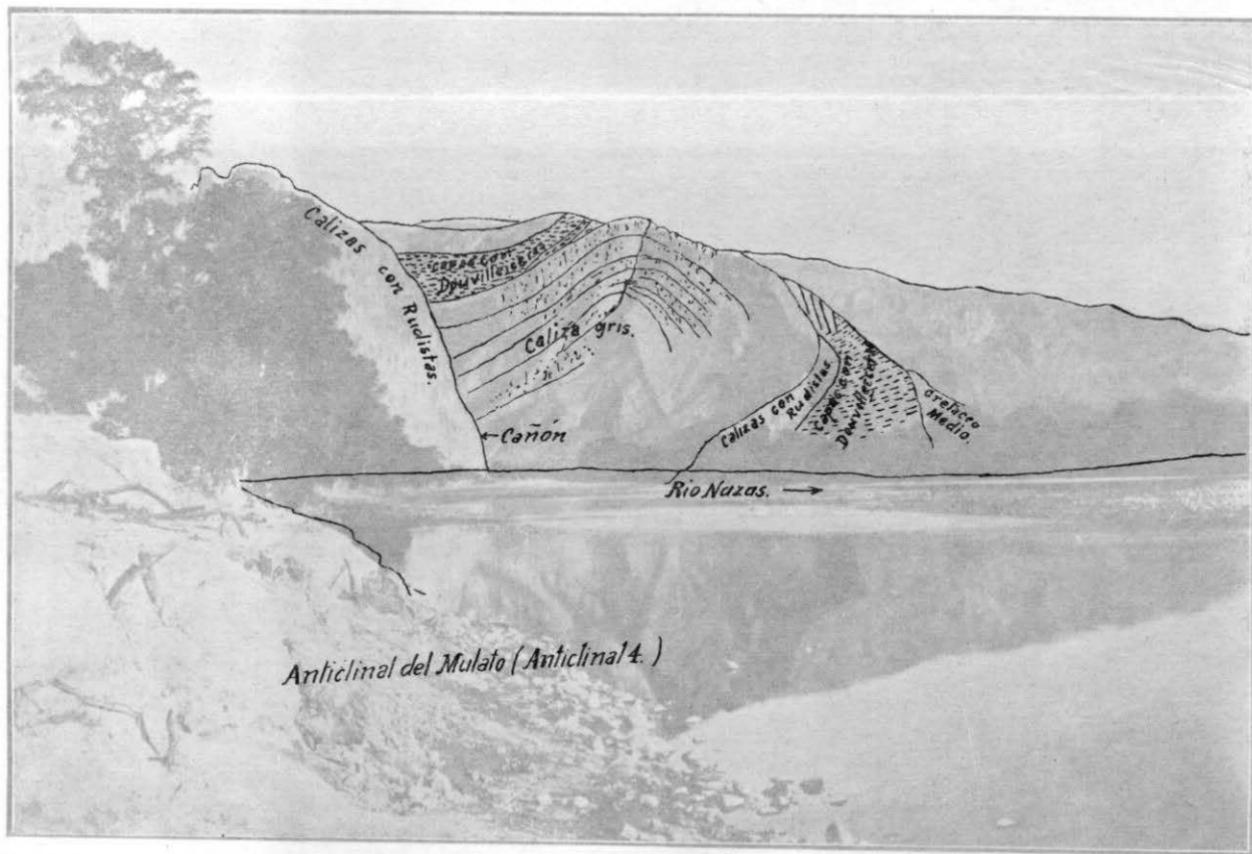


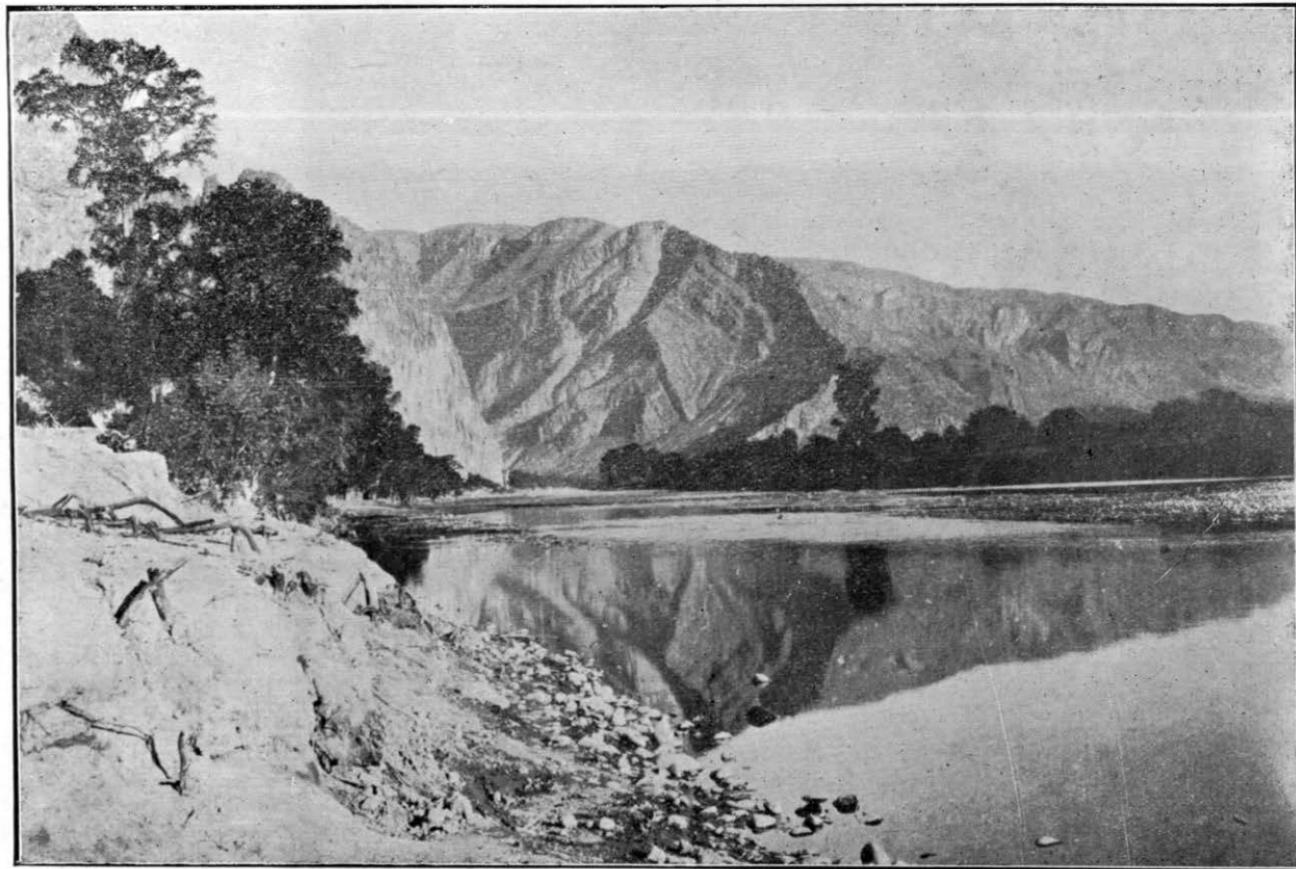
Rio Naranjo

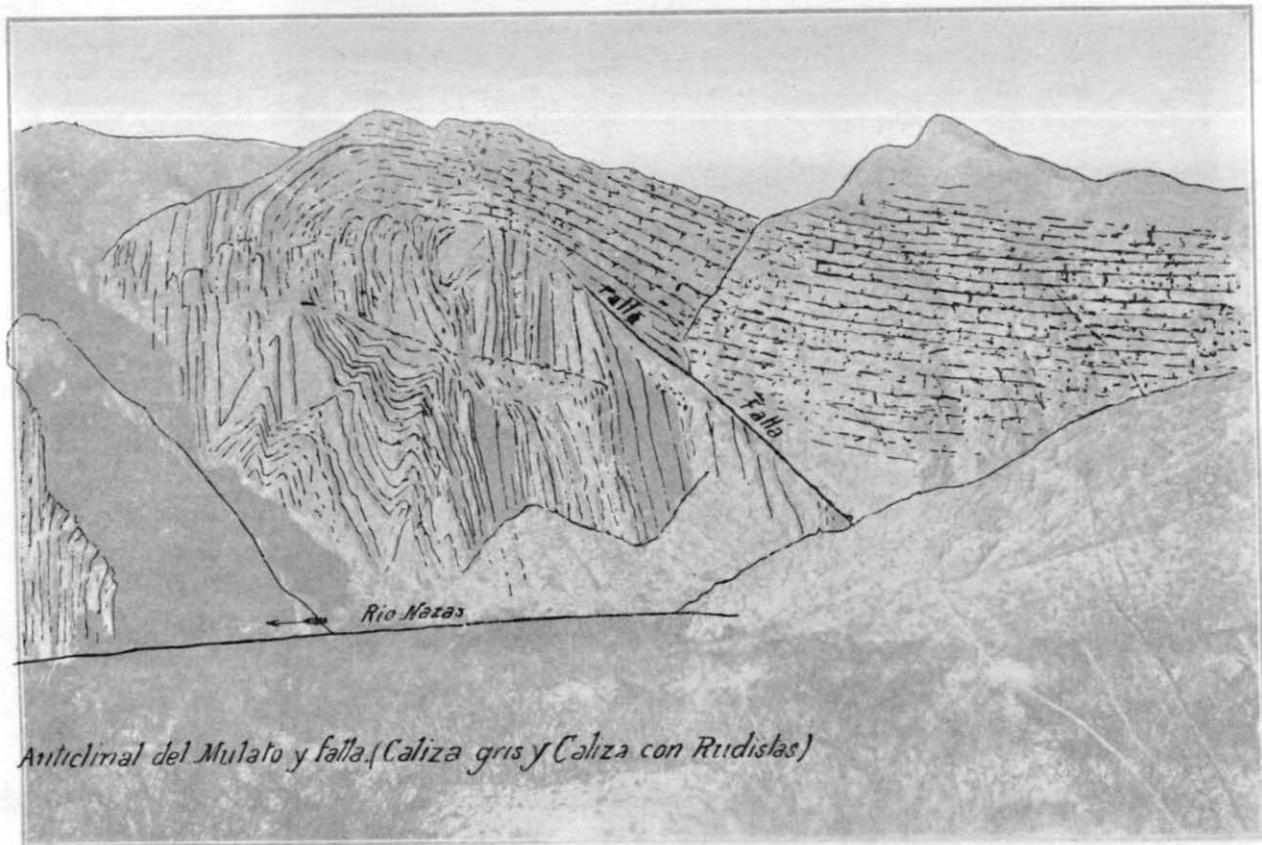
Anticlinal de la Loma Verde (Anticlinal)



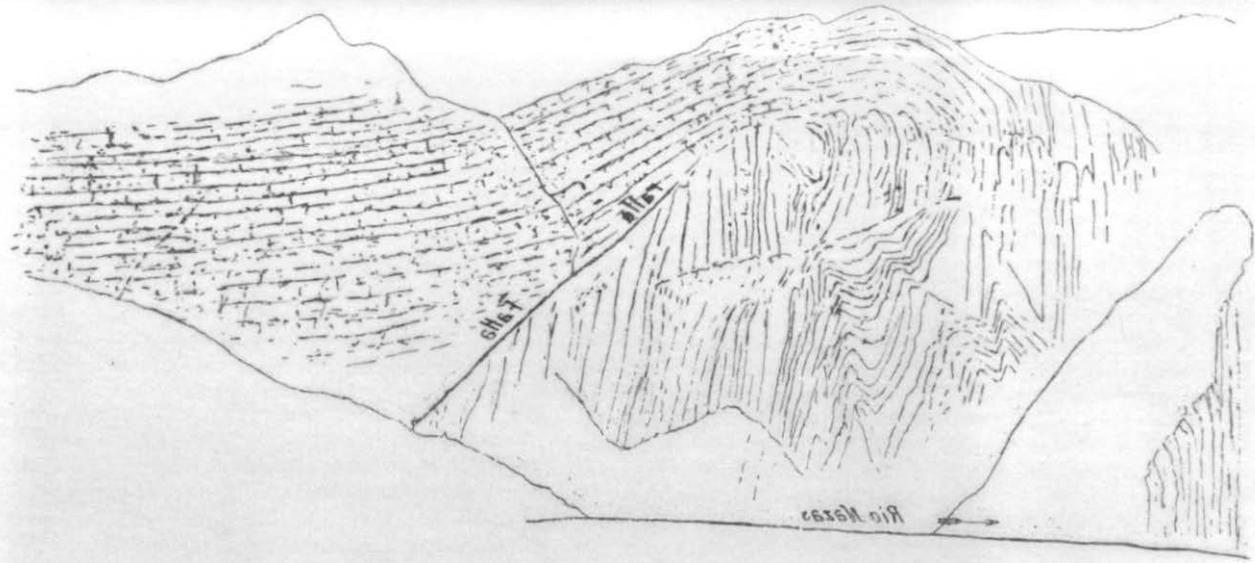




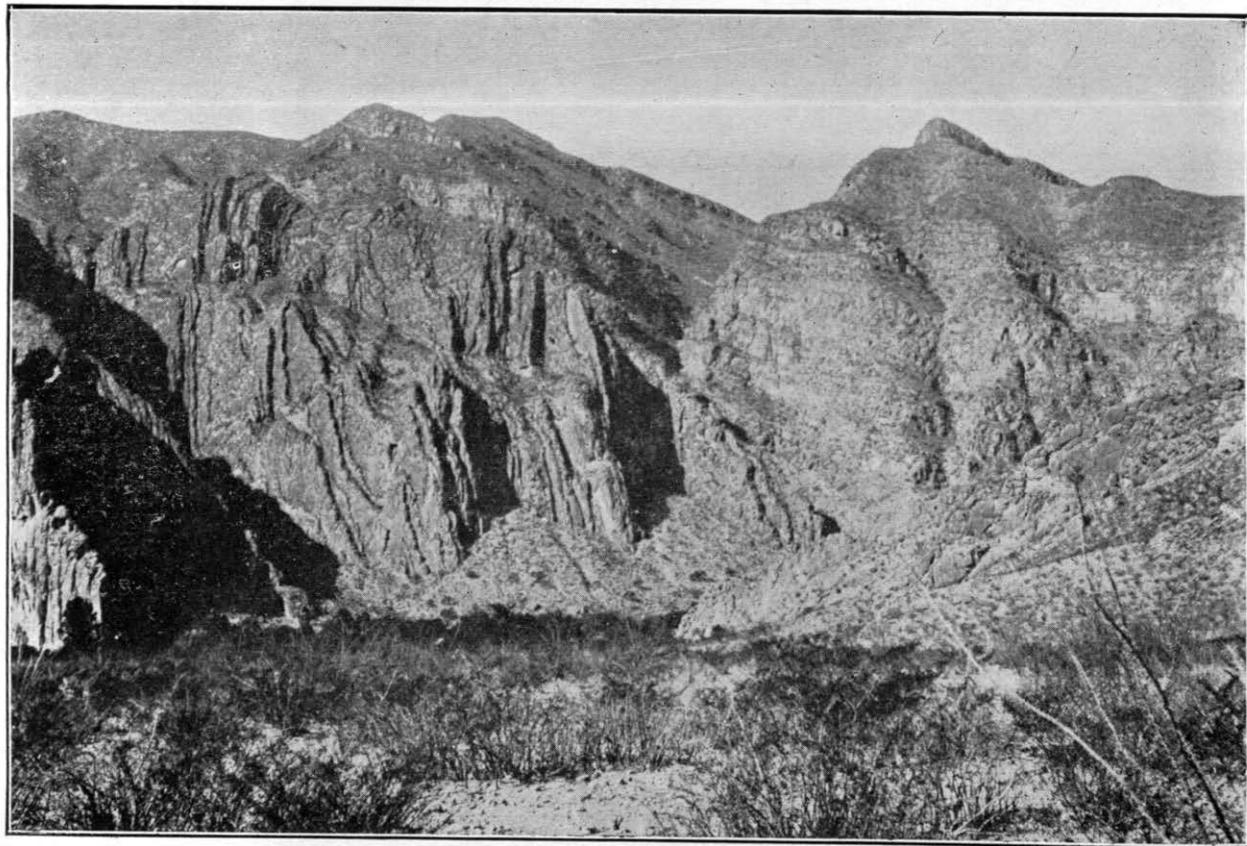


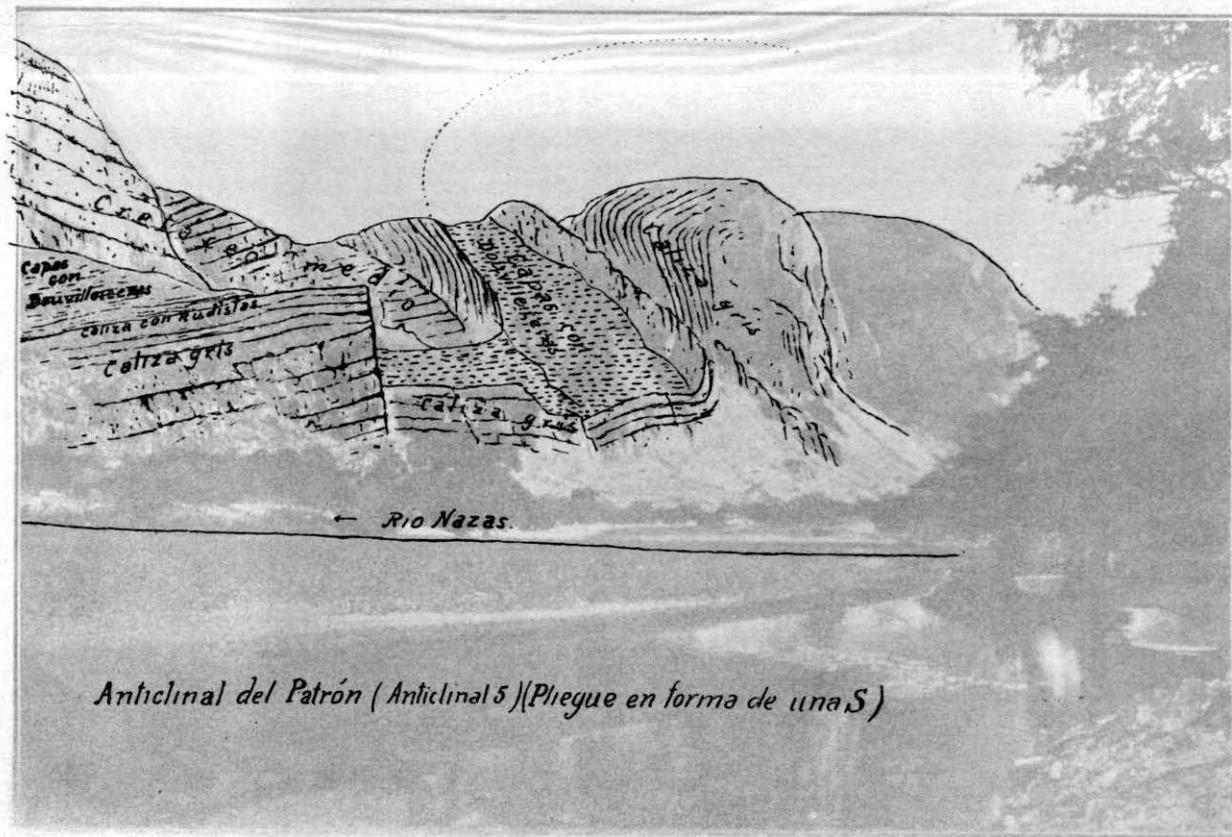


Anticlinal del Mulato y falla. (Caliza gris y Caliza con Rudistas)



Anticlinal del Mirato y falla (Caliza pura y Caliza con Roidales)

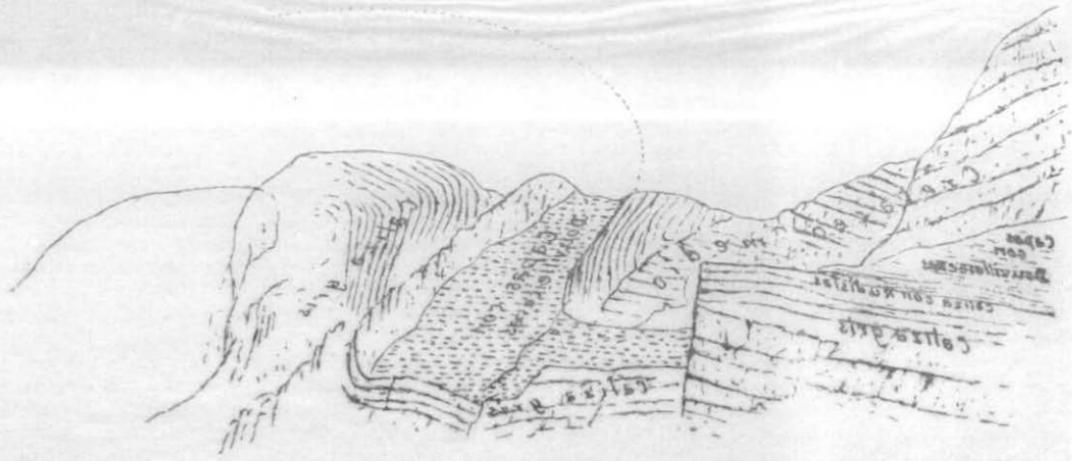


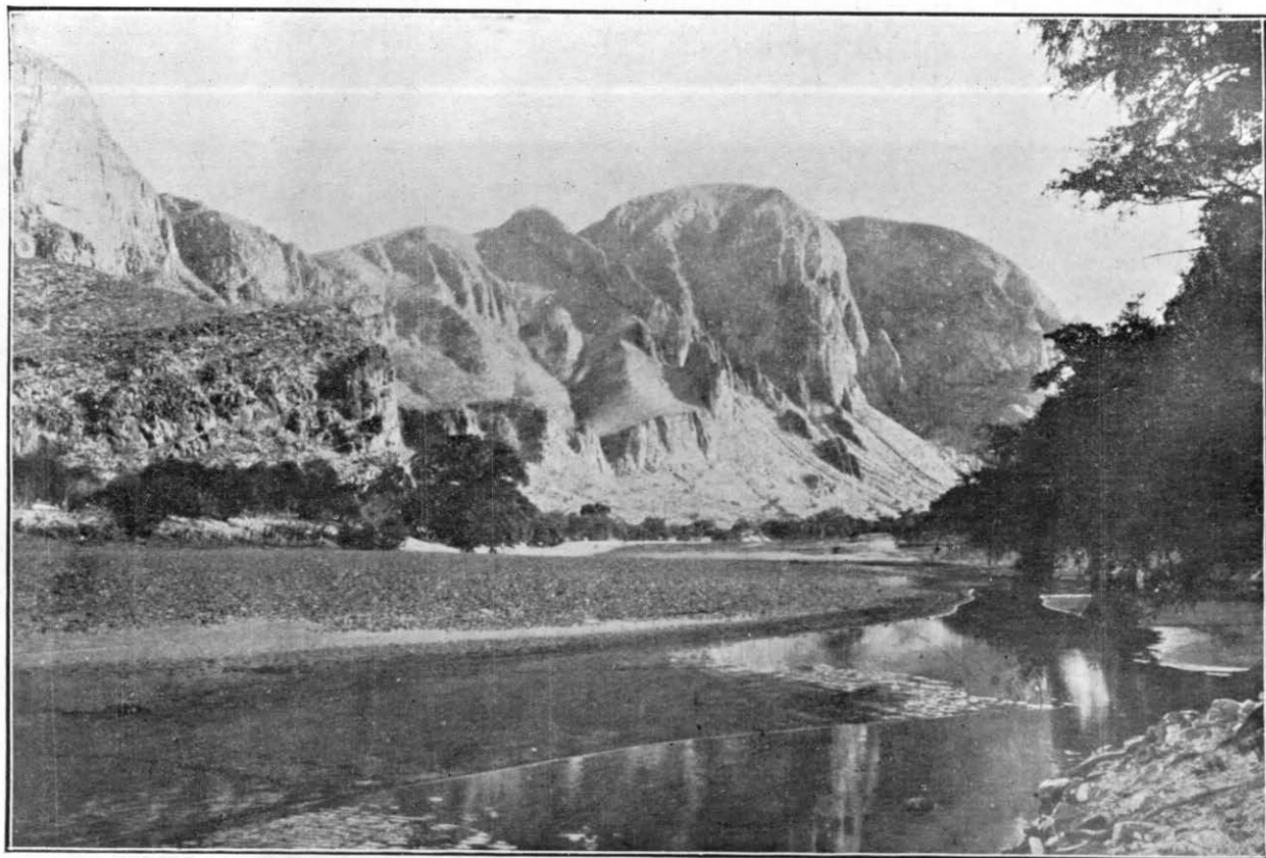


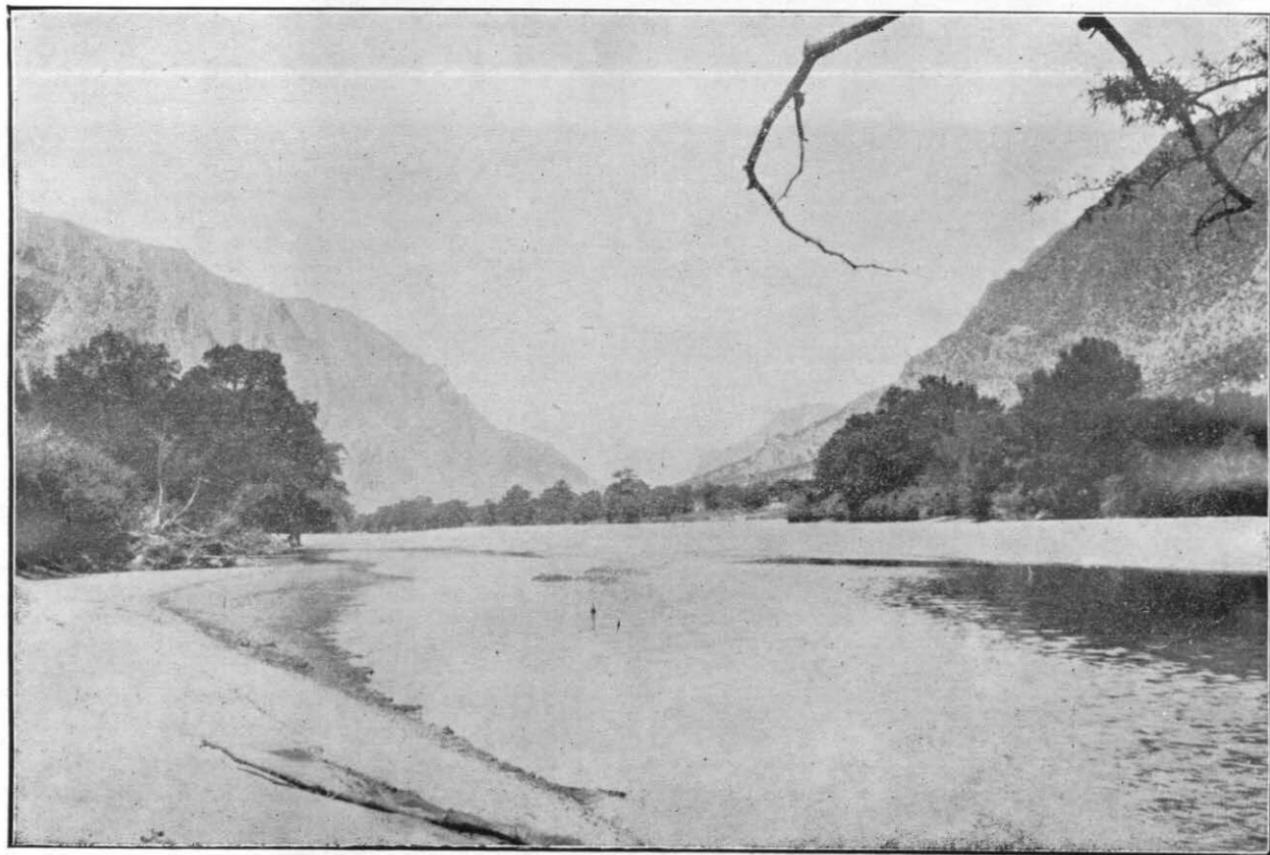
Anticlinal del Patrón (Anticlinal S) (Pliegue en forma de una S)

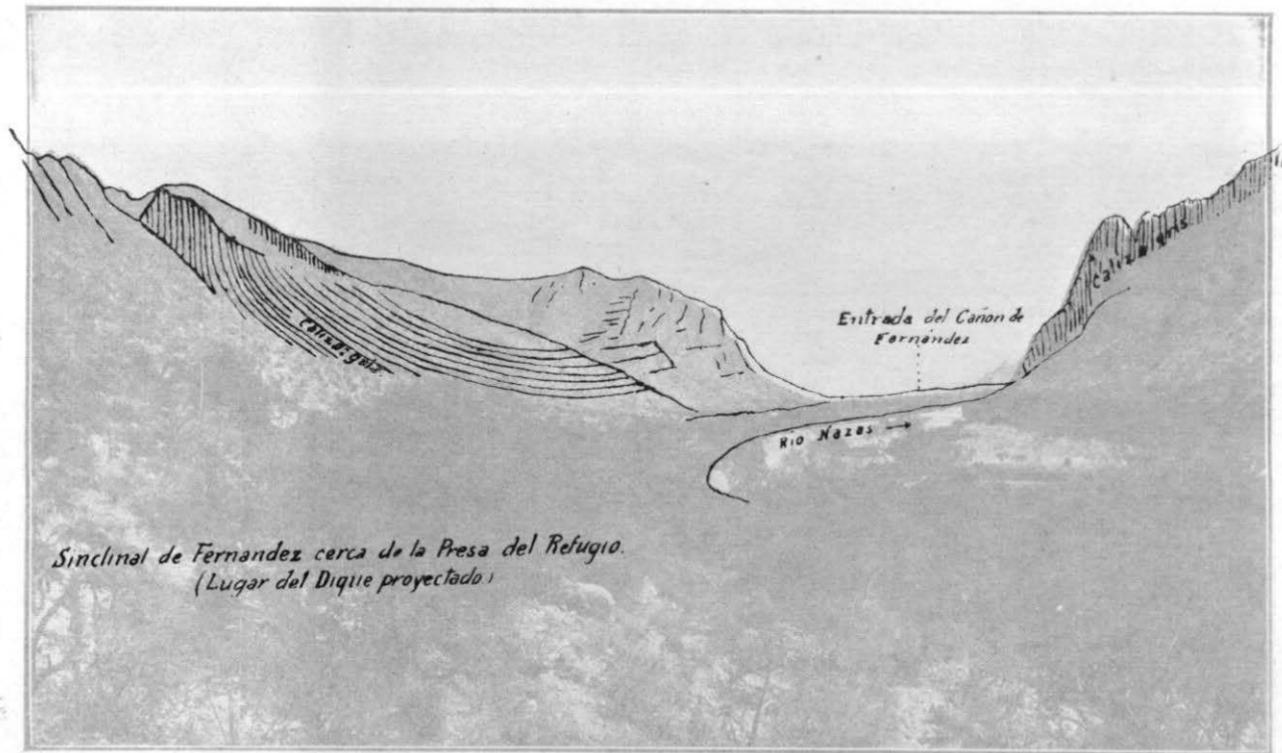
Anticlinal del Patrón (Anticlinal 2) (Piedras en forma de U)

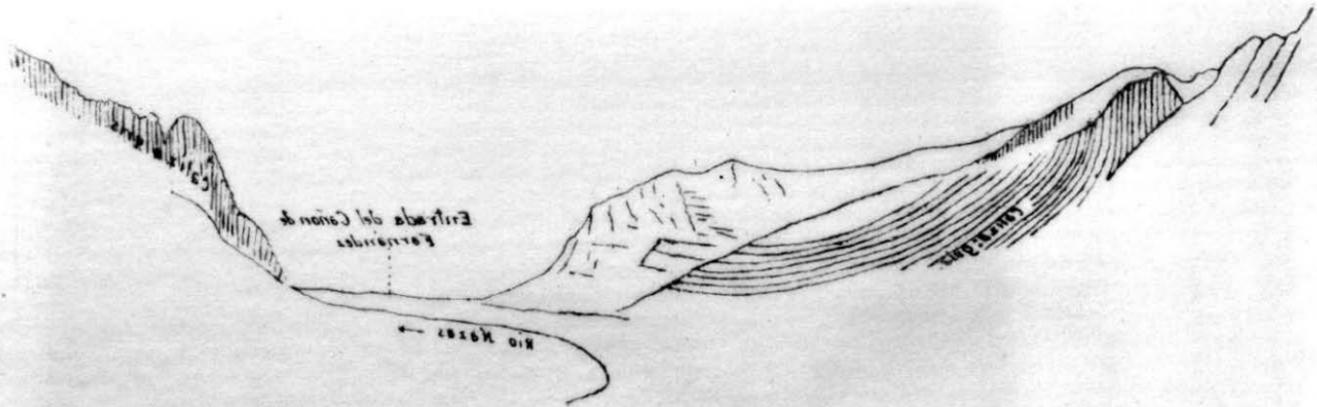
→ Rio Nasser











Sección de terreno cerca de la presa del Rincón.
(Lugar del Dique proyectado)

