

R 6901

GEOLOGIA , MINERALOGIA Y ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA GOAJIRA

Tesis presentada por José Ma. Castro Monsalvo para optar el título de Ingeniero de Minas .-

Presidente de tesis : Dr. Mariano Ospina Perez

Medellín, Noviembre de 1.929



ESTATUTOS UNIVERSIDAD NACIONAL

"Art. 200-El Presidente de Tesis, el Consejo de Jueces de Tesis y el Consejo Examinador NO serán responsables de las ideas emitidas por el Candidato."

T  
558.611  
[17

Dedicada al Dr. Roberto Wokittel y  
a mis hermanos .-

6901

La península de la Goagira , con razón llamada la " Arabia Colombiana " por sus pampas estériles y monótonas en algunos lugares, limita por el N y por el W con el Océano Atlántico , por el S y por el SW con el Departamento del Magdalena , y por el E y por el SE con el Golfo de Maracaibo .- Su extensión territorial , que para algunos no es sino de 11.875 kilómetros cuadrados asciende para otros a 12.400 .-

Siendo , como es, la región más al N del país y trayendo los Conquistadores una dirección de penetración hacia el S Alonso de Ojeda tocó sus costas en 1.499 y por el parecido del ~~lxk~~ punto de desembarque a una vela de navío le asignó el nombre de Cabo de la Vela .- Más tarde , Alonso Luis de Lugo desembarcó en 1.542 con perros , caballos y ganado vacuno , y con ellos empezóse la formación de las enormes dehesas que hoy pastan en la Península y en las llanuras ubérrimas del Valle de Upar .-

El litoral en la península de la Goagira comienza en Ríoacha a los  $11^{\circ} 33' 25''$  de latitud N y a los  $1^{\circ} 10' 04''$  de longitud E , y sigue hacia el NE hasta llegar al Cabo de la Vela a los  $12^{\circ} 12' 34''$  de latitud N y a los  $1^{\circ} 52' 30''$  de longitud E del meridiano de Bogotá .- Dem este punto, hacia el E , la costa que venía sin ondulaciones apreciables del suelo se hace abrupta .- Se abre primero en arco para formar las bahías de Portete y Bahía Honda , y forma luego los Cabos de Chichivacos y Punta Espada, este último, el punto más al E de la Goagira .- La Costa toma luego la dirección SW para formar las ensenadas de Tucacas y Cocineta .- En ésta desemboca un pequeño río que limita al N una lengua de tierra llamada Punta de los Castilletes, de donde parte la frontera con Venezuela .-

Al S del riachuelo ultimamente mencionado se encuentra la Punta de Perret, y de allí el litoral toma la dirección SW .- De la Punta de Perret la costa solo deja ver irregularidades de la rada de Secheps que es poco profunda .- Enfrente de de la costa y paralelos a élla se notan muchos arrecifes que según Lleras Codazzi son restos de la Punta de la Teta y de los Médanos , y constituyen los mogotes de Los Frailes .-

Casi perpendicularmente a la dirección que traía continúa el litoral hasta la desembocadura del caño Paijama, y tuerce en la dirección de los paralelos hasta el Castillog de San Carlos .- Al S de la isla de Zapara y de la Punta del Castillo de San Carlos se hallan las islas de Toas y Pescadores .-

Por lo que respecta al resto de la Península el límite con el Departamento del Magdalena hacia el W lo forma el río Ranchería , y hacia el S W un territorio que corre a lo largo de la pendiente septentrional de la Cordillera Oriental .- Este último es el único límite terrestre que tiene la Goagira .-

### Orografía

Orográficamente , la Goagira no presenta ningún sistema de montañas .- Las que se encuentran en élla están rodeadas totalmente de planicies y formaron islas en el mar en un tiempo tal vez no muy lejano.- Hacia el E se encuentra la Serranía de Macuire con las alturas de Itujaro y Caciapatore , y al W de la Macuire , separada por una planicie, se encuentra la montaña de Harara que queda cerca a Punta Espada , y terminando en este lugar todas las dependencias de la Serranía de Macuire .-

Al NW de la montaña de Harara se encuentra la estribación llamada Palash que se alcanza a ver desde Portete y Bahíahonda , y a la cual le asignó Simons una altura de 650 metros sobre el nivel del mar, en su parte más alta .-

En el SW de la Harara se consiguen las montañas de Cocina , Cojoro y Teta .- Esta última se encuentra frente a la ensenada de Calabozo, muy cerca de la costa , y mide 420 metros de altura .- Su pico principal "Ipirs" ( nombre indígena) sobresale de las pocas eminencias que forman como escalones en la falda de la Teta .- La pendiente septentrional de la serranía de Cojofó es suave hasta perderse en la llanura al W de la Península , y la meridional es corta y abrupta, formando un pequeño semicírculo con la concavidad hacia el S y cuyos últimos estribos de la extremidad oriental llegan casi a la orilla del mar .-

Al S de la Harara y al NW del cerro de la Teta está la Sierra de Irúa con la montaña alta de forma triangular llamada Guayarepa , con una altura de 700 metros .- A ésta le dieron los españoles el nombre de Cerro de Aceite , y creyeron que era el punto más alto de la Goagira .-

En el N de la Península , ya en la costa, se encuentra la montaña del Cabo de la Vela que puede considerarse como una estribación de la montaña de Irúa , y al S de aquella se encuentra el cerro de Carpintero con 230 metros sobre el nivel del mar .-

Son, pues, 5 los grupos de montañas que existen en la Goagira : en el E la Macuire con la Harara al W ; la Cocina , Cojoro y Teta al SW de la Harara ; en el N la montaña del Cabo de la Vela ; y el Carpintero al S de ésta .-

Los montes de Oca , que se encuentran al S de la Goagira pueden considerarse como parte terminal de la Sierra de Motilones y Perijá ramal de la Cordillera Oriental .- Sin embargo, algunos autores la incluyen en los grupos de montañas de la Goagira .-

La montaña más importante es la Macuire, y su punto más alto (860 metros ) se encuentra al SW de la Goagira .- La planicie que separa la Macuire de la Harara y que tiene muchos kilómetros de anchura posee una inclinación de N hacia el S .- La planicie que se extiende al N de los Montes de Oca es a veces ligeramente ondulada , formando especie de dunas .- La llanura que se extiende al W de los montes de Oca con dirección hacia el N es completamente pareja y el curso de los ríos Parhuechón y Majayure , lo mismo que el de las aguas lluvias muestran una inclinación de la planicie de W a E .- En Carazúa hay una pequeña eminencia que determina una inclinación de NE SW hacia el cauce del Ranchería .-

#### Formaciones geológicas

En la Goagira se encuentran las formaciones del precretáceo , del cretáceo , del terciario y del cuaternario .- Aún cuando algunos autores diferencian las dos últimas creemos con Stutzer que en el país no se han hecho todavía estudios profundos de la paleontología de aquella región , y por este motivo abarcamos en el capítulo "estratos terciarios y de menor edad " los estratos terciarios y los que puedan pertenecer al cuaternario .-

#### Rocas precretáceas

En la parte montañosa del E de la Goagira se consiguen las ro-

cas más antiguas del cretáceo .- Estas son los esquistos cristalinos.- En la Macuire existe un granito que atraviesa los esquistos y por esta razón es de una edad menor que éstos .- También están allí atravesados los esquistos cristalinos por aplitas, pegmatitas y cuarcitas eruptivas .-

Granito .- De las rocas eruptivas es esta la principal que se encuentra en la Goagira .- En la montaña de Macuire el granito forma el núcleo de la montaña levantado en forma de casquete esférico.- Este núcleo se compone de un granito fresco de biotita y cuarzo que en el S de la montaña es estriado y bastante ácido .- Los feldespatos blancos del granito se ponen rojizos por una insolación fuerte .- En la montaña de Cocina se encuentra aplita y pegmatita en lugares en donde debería estar el granito pero en donde no se observa éste .- Al S de Bahía Honda se encuentran pedazos de aplita que se componen de cuarcita con granates y mica clara .- Al S de la montaña de Macuire las aplitas son estriadas .-

Gneis .- Se encuentra en el S de la montaña de Macuire , en la de Harara y en la de Cocina .- Gneis de inyección formado por la introducción de materias graníticas en esquistos micáceos se encuentra en el N de la Macuire y en el S de la Harara.- En el pozo de agua de Urari , en el S de la montaña de Macuire , hay un gneis fresco , y en el cerro de Carpintero se encuentran esquistos micáceos con gneis y gneis cuarcítico .-

Esquistos hornbléndicos , micáceos , dioríticos y cloríticos .- Se encuentran en

las montañas de Macuire, Harara y Cocina .- En el S de la Harara se encuentran esquistos dioríticos y gneis hornbléndicos con granates.-En el S de la Macuire se consiguen esquistos cloríticos con actinolitas.- En la montaña de Cocina hay esquistos hornbléndicos atravesados por pegmatitas y cuarzo eruptivo.- Estos esquistos hornbléndicos pertenecen a las piedras más viejas de la Goagira y se formaron : en parte de diorita granulada y en parte de diabasa .- También pueden tener otra formación que no se puede determinar satisfactoriamente .-

Esquistos micáceos compuestos de cuarzo y mica se encuentran en la vertiente septentrional de la montaña de Macuire y al SW de la Harara .- En el N de estas montañas se encuentran pedazos de esquistos micáceos erodados ; tal vez están en sitio en este lado de las montañas .-

Esquistos cloríticos existen en una extensión bastante grande cerca de Punta Espada .-

Actinolita.- Se encuentra de un color verde esmeralda muy característico en el S de la montaña de Macuire .-

Cuarcitas.- Son en general filones ácidos de un magma granítico de color blanco lechoso, gris, pardo, negro o gris azulado, y se encuentran en bloques o en filones en muchas partes de la Península oriental.- En el S de la Macuire se ven , por ejemplo, las transiciones entre pegmatitas y cuarcitas de una manera casi perfecta .-

Las cuarcitas brechosas son en extremo curiosas, y se componen de muchos pedazos oscuros o gris-azulosos del tamaño de un grande maíz , que están rodeados de una masa lechosa .-

En el cerro de Carpintero existen cuarcitas compactas se-



mejantes a pedernales que tienen un color obscuro debido tal vez a inyecciones de polvo de carbón .- Otras cuarcitas densas se encuentran hacia el S de Bahía Honda, pero nó en sito .-

Serpentinas y rocas de gabro .- El promontorio del Cabo de la Vela se compone de rocas cristalino granulares del grupo de gabro , conteniendo plagioclasas y piroxenos .- De estas rocas se formaron serpentinas que contienen serpentinas puras con piroxeno y magnetita .- En el Pan de Azúcar la serpentina está atravesada por plagioclasa y anfívolos .- También se encuentran serpentinas en el S de la montaña de Macuire y hacia el S de Bahía Honda , éstas últimas provenientes tal vez del Palash , y en la montaña de Carpintero.-

Cuarzos pórfiros y semejantes.- Se encuentran en la montaña de Cocina y en el cerro de la Teta .- Este último es de pórfiro felsítico con cristales de cuarzos muy claros .-

Andesitas y dasitas .- Se encuentran cantos rodados de estas rocas en el S de Bahía Honda y provienen tal vez del Palash .- Las andesitas frescas son de un color gris o verde obscuro .-

Pizarras y calizas precretáceas .- Pizarras filíticas con intercalaciones de bancos estrechos de cal se encuentran al N de la montaña de Macuire y al N de la Harara .- Encima de gneis las fíldes contienen bancos delgados de caliza que están metamorfosados a mármosl cerca de Nazaret y se explotan por los Padres Capuchinos .- La cal es de un color negruzco y a veces de color blanco cristalino de mármosl .- Pizarras verdosas de un espesor considerable se encuentran al S de la Harara y Cocina y contienen también calizas .-

--- Rocas cretáceas ---

Como las rocas del cretáceo son de mucha ocurrencia en la Cordillera Oriental , y como ésta termina en los montes de Oca hacia el S de la Goagira , se explica que en la Península se encuentren formaciones del período cretáceo .-

Las rocas cretáceas se caracterizan en la Goagira por un conglomerado , por calizas y por areniscas .-

El conglomerado es una piedra dura y resistente semejante a la grawaca en la montaña de Harara , por lo cual la denomina Stutzer "conglomerado de grawaca" ; contiene pedazos de cuarcita de color gris-azuloso , esquisto micáceo, gneis hornblédico, granito y mucho cuarzo blanco .- Esta afluencia de granito, cuarcita y esquistos micáceos hacen pensar en que estas piedras (no el conglomerado) son de una formación anterior al cretáceo .-

El conglomerado se nota en el S de la montaña de Harara, en el camino entre Nazaret y Punta Espada, y en la montaña de Macuire.- En esta última el conglomerado es discordante ya que en una parte está sobre fílates y en otra sobre gneis .- El conglomerado parece pertenecer al piso de Girón del cretáceo inferior .-

Cerca de Punta Espada se encuentran calizas sobre areniscas; estas últimas están superpuestas al conglomerado de que se ha venido hablando.- Las calizas forman allí paredes verticales muy pintorescas y son de un color gris azulado , muy duras y cristalinas .- Se caracterizan también estas calizas por el sonido agudo que dan al ser golpeadas con el martillo .- En el pie del NE de estas paredes hay pizarra calcárea que se inclina hacia arriba y tiene una dirección N 85 E .-Esta

pizarra está atravesada por muchas venas de cuarzo y encima se encuentran las calizas .- Estas parece que pertenecen al piso de Villeta del cretáceo inferior .-

También al S de la Harara se encuentran calizas y areniscas con el conglomerado .- En la montaña de la feta y en la de Cocina existen : arenisca encima de cuarzo pórfiro , encima de aquella cal margosa con algunos fósiles , encima caliza y encima de ésta arenisca túfica de color verde grisáceo .-

En la vertiente septentrional de los montes de Oca y cerca de Punta Espada se encuentran una arenisca de color rojo, del cretáceo, sobre pórfiro y debajo de caliza .- Como arenisca túfica se puede clasificar una arenisca gris verde que se encuentra debajo de la caliza cretácea en la montaña de Cocina .- Estas areniscas presentan a veces manchas de color azul oscuro que provienen tal vez de minerales cloríticos .-

Como pertenecientes a la formación cretácea , piso de Villeta, se pueden colocar las areniscas que se encuentran en el cabo de la Vela con una inclinación hacia el W .-

#### Estratos terciarios y de menor edad

Se tienen arcillas, areniscas, arenas, calizas, sedimentos marinos y depósitos más recientes .-

Cerca a Punta Espada, en la montaña de Macuire, en el S de la Harara y en el cabo de la Vela, se encuentran superpuestos a las rocas del cretáceo estratos marinos formados principalmente de arcillas y areniscas .- Estos estratos parece que tuvieran distintas edades pero no

se saben cuales sean ellas debido a la falta de concienzudas investigaciones fósilográficas .-

En la parte plana del W de la Goagira se encuentran muy raras veces estratos marinos y la superficie del terreno está cubierta principalmente con depósitos de ríos y con dunas .- En cambio se encuentran en grandes cantidades hacia el S de Ríohacha especialmente en las pequeñas eminencias que quedan a unos dos kilómetros de aquella ciudad .- También se encuentran en la costa del mar bajo la forma de cales de corales en las salinas de Mansure y hacia el E cerca del punto llamado Ahuyama .-

Donde parece que tienen mayor extensión los estratos marinos es en la parte oriental de la Goagira , en el S de la montaña de Macuire , en la región comprendida entre la montaña de Harara y Macuire , en el N de estas montañas , y en el S de la Harara , en el punto llamado Guipa .-

De la montaña de Macuire se contempla muy bien la inmensa planicie y los estratos del pie de esta planicie , con una inclinación hacia el SE, se componen de arcillas cuyas distintas durezas dan una superficie ondulada .- Los sedimentos marinos que afloran cerca de la montaña son de mayor edad , según parece, que los que afloran a los lejos de ella .-

En Castilletes se encuentran arcillas y arenas , éstas últimas con conchas y caracoles , principalmente pernas .- Las conchas son muy deleznable y las arenas que las contienen son muy flojas .- Otras capas de arenas , cerca de Castilletes, contienen cemento de cal y se encuentran transformadas a areniscas calcáreas .- Estas últimas dan lugar a la formación de morros de unos 30 metros de altura al pie de los

cuales se encuentra la población de Castilletes .-

Hacia el centro de la Goagira hay arcillas que contienen pocos fósiles marinos y yeso que se recoge a veces para exportarlo.-

Al pie de la montaña de Macuire se extiende una dislocación que separa los sedimentos recientes marinos de las rocas cristalinas.- En esta zona de dislocación brotan fuentes calientes de las cuales se precipita toba calcárea .- Por lo que parece , en un tiempo no demasiado remoto la montaña de Macuire era una isla sobre el mar.-En la planicie , al pie de la montaña se encuentran bloques grandes de granito con formas curiosas que indican el efecto de la acción de las olas del mar .-

La Macuire está rodeada de sedimentos marinos por todas partes: al S , al E extremo en Punta Espada, en el N y hacia el W en la planicie que queda entre Harara y Macuire .- En todas estas partes hay buena cantidad de arcillas y a veces bancos de calizas o calcáreo-areniscos que contienen fósiles .- Las arcillas prevalecen y contienen en muchos puntos cristales brillantes de yeso .- En el N de la Macuire los estratos son horizontales e inclinados en el S .-

En el Cabo de la Vela se encuentran areniscas y calcáreos sobreserpentinas en estratos horizontales .-

En los valles de la Macuire se encuentran grandes acumulaciones de arenas .- Cerca de Nazaret , a la orilla de un riachuelo existe un banco de arena como de unos 30 metros de altura .- Según parece antes existía un valle de arena de 30 metros de espesor que fue erodado más y más por el riachuelo .- De idéntica manera parece que sucedió cerca de Amstuaio junto a Punta Espada con un valle de varios kilómetros , de arena blanca muy fina, cruzado hoy por un riachuelo llamado

Guarorpos .-

Entre los depósitos recientes se cuentan también las dunas y los depósitos del río Ranchería .- Las dunas se encuentran en la orilla del mar y en algunos puntos del centro de la Península.-En la parte occidental hay también depósitos fluviales en las cercanías del curso actual del Ranchería .- La arcilla que en esos depósitos se encuentran sobre cascajos y lodos proviene de la sedimentación de las aguas durante inundaciones y <sup>en</sup> su superficie se forman grietas hasta de varios metros de luz .- En los sitios en donde hay dunas de arena ésta se mezcla con la arcilla en el invierno para formar un cemento que da extremada solidez al suelo .-

Merecen mencionarse los detritos que se encuentran al pie de las montañas y en los valles .- A veces contienen agua, como sucede en el cerro del Carpintero .- En la pendiente meridional de la Macuire se encuentran escombros de masas detriticas de cuarzo .-

En el S de la montaña de Macuire se pueden ver fácilmente las precipitaciones de las aguas termales.- Esas precipitaciones son de cal y contienen caracoles y pedazos de esquistos micáceos.- Los depósitos de cal tienen una extensión mayor de las aguas termales de hoy .- Por lo tanto es de suponer que las fuentes tenían antes una extensión mayor .-

#### ----- Tectonía -----

La dirección de los estratos en la Gogira es, por regla general, NE .- Esta es la misma dirección del eje central de la Península en el mapa de Colombia .- Sin embargo, cerca de Punta Espada los estratos tienen una dirección hacia el E y hasta una ESE , y allí existen varias dislocaciones .-

La inclinación de los estratos viejos es hacia el N en la vertiente septentrional de la Macuire, de la Cocina y de la Harara, y hacia el S en la pendiente meridional de la Macuire y en el cerro de Carpintero .- Como se comprende la Macuire forma en parte un anticlínico .-

En la Goagira se conocen tres líneas de dislocación : la primera corre del Cabo de la Vela hacia el S y a ella se debe la configuración de la costa en esta parte .- La dislocación pasa hacia el W del cerro de la Tetta y a todo lo largo de su longitud bajó la parte occidental de la Península.- En el oriente se encuentran rocas cristalinas y montañas ; en el W no se encuentran ni unas ni otras .-

La segunda dislocación se extiende en el S de la Goagira y allí termina la Cordillera Oriental.- Las rocas de las montañas tienen en esta parte la dirección EW y la inclinación hacia el N .-

La tercera dislocación se encuentra en la parte meridional de la montaña de Macuire, y separa la montaña de la planicie .- En ella hay fuentes calientes y en su prolongación se encuentran las montañas de la Harara y Cojoro .-

Los levantamientos y hundimientos de la Goagira parecen ser indicados por las variaciones del nivel de las aguas subterráneas.-Según cuentan , en un punto cerca de Carraipía había hace unos 20 años pastos verdes y húmedos .- Hoy sólo se ve allí un suelo de pantano seco con rastros .- Esto se puede explicar por un hundimiento del nivel de agua subterránea que corresponde a un levantamiento del terreno .-

----- Yacimientos de minerales de la Goagira -----

Oro .- Se encuentra en piritas auríferas en las pegmatitas y aplitas de la Macuire .- En 1.924 encontraron , según cuentan en la región , 3 libras de oro cerca de Nazaret , en la Sierra de Macuire .- En las investigaciones del terreno se encontró un filón muy delgado con pirita en gneis.- El oro probablemente proviene del granito de la Macuire como lo prueba el hecho de encontrarse allí en pegmatitas y aplitas .- Los yac. de oro no parece que tuvieran explotación comercial.

Cobre .- La coloración verde de malaquita de las areniscas túficas que se encuentran en la región del E del cerro de la Teta proviene un silicato verde pero no de cobre .- Este se encuentra en pequeñas cantidades en los montes de Oca en conglomerados que están debajo de los calcareos cretáceos y bajo la forma de malaquita y azurita .- El hallazgo de cobre no es una cosa extraordinaria porque en la Sierra de Perijá se encuentran muchas minas de cobre según afirman muchas personas autorizadas .- Los minerales se encuentran aquí en conglomerados en areniscas y pórfiros .- También se encuentran minerales de cobre en masas acarreadas cerca de Castilletes .- El acarreo proviene tal vez de la Sierra de Macuire .-

Cromita .- Se encuentra contenido en las serpentinas de la montaña de Macuire y del Cabo de la Vela .- No parece que hubieran yacimientos explotables .-

~~РАЩЕЛКАХ~~--Carbón -- Se encuentra en el Cerrajón situado en el valle del río Ranchería cerca del límite de la Goagira .-

En unas colinas que forman los estribos occidenta-



les de las serranías de Cojoro y Macuire, próximamente a la latitud de Bahía Honda, aflora la formación cretaterciaria con sus vetas de carbón características, que en esta región adquieren un desarrollo considerable.- No sería difícil la explotación de estas vetas y sería poco costoso el acarreo del carbón a Bahía Honda donde encontraría un mercado favorable.- Esta región carbonífera fue descubierta por Jorge Isaacs.-

En las cercanías de Mécora, a corta distancia de Juyachi, hay yacimientos de lignita a poca profundidad y de un espesor explotable.-

Yeso.- Se encuentra en arcillas marinas de las planicies bajas de la Goagira y allí se le confunde y se le llama talco.- En las cercanías de Castilletes es en donde se encuentran las mayores cantidades de yeso que se recolecta y se vende en una mínima parte en Puerto Cabello y Venezuela.- Parece que los yacimientos no tienen mayor importancia comercial.-

Fosfatos.- Las calizas recientes de la Goagira contienen pequeñas cantidades de ácido fósforico por lo cual no parece ser explotables.- Todas las rocas calcáreas que forman los picos terciarios en Tucacas, los Castilletes, Mécora, Secheps, etc contienen bancos de fosfatos de cal en extensiones de muchas leguas cuadradas y de un espesor considerable.- La proporción de fosfato de cal obtenida en los análisis hechos por el Dr. Ricardo Lleras Codazzi no dan margen para una conveniente explotación comercial.-

Los análisis mencionados han dado los resultados siguientes

Calcárea rosada de Juyachi

Carbonato de cal ..... 480

Calcárea rosada de Juyachi

Carbonato de cal .....	480
Carbonato de Magnesia .....	140
Alúmina e hierro .....	2
Fosfato de cal .....	58
Afena silícea .....	<u>320</u>
	1.000

Calcárea rosada de Mécoro

Carbonato de cal .....	505
Carbonato de magnesia .....	115
Alúmina e hierro .....	5
Fosfato de cal .....	50
Arena silícea .....	320
Agua y pérdida .....	<u>5</u>
	1.000

--- Productos naturales ---

No se mencionan aquí el ganado vacuno y caballo y el dividivi que constituyen la mayor entrada de la Coagira .-

Perlas .- A lo largo de la costa occidental de la península y en lugares donde el mar no es muy profundo , se extiende una zona compuesta de bancos de conchas, entre las cuales predominan las de los géneros avícula y pentadina que producen no solamente perlas sino también nácar de calidad superior .- Estos bancos parecen ser mas ricos que los de la isla de Margarita según informes de buzos venezolanos .-

El valor de las perlas depende del tamaño, de la forma y del brillo peculiar .- Las más apreciadas son las de color blanco opalino

y de intenso brillo , aunque a veces presenten reflejos azules ; las de un brillo débil y reflejos amarillos se consideran de segunda clase.- En cuanto a la forma son más valiosas las esféricas , luego las ovaladas y por último las en forma de peras.- En nuestras costas de la Guagira predominan las de primera clase aun cuando siempre se encuentran de las otras .-

Desde que comenzó la pesca en grande escala la carencia de capital de parte de los pescadores nacionales los obligaba a acudir a ricos usureros extranjeros que facilitaban dinero pero obteniendo en cambio las ventajas anticipadas y absorbiendo casi la totalidad de las ganancias de los industriales .-

Solo se explica que habiendo pescado perlas desde el año de 1.922 por valor de millón y medio de pesos, no se halla sentido en la Península y en especial en Ríohacha la influencia de esa gran riqueza, y que unos pescadores ~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~ colombianos apenas hayan ganado para sostener el negocio, mientras otros obtuvieran pérdidas , y algunos contemplaran su quiebra completa .- Las mismas seguras garantías que les daban los prestamistas , equivalente en un lote de perlas para obtener en efectivo parte del avalúo podrían otorgarlas el Banco Agrícola Hipotecario de Colombia sin la obligación de sacrificar anticipadamente el producto de sus muchas faenas .-

Bien organizada la pesca , haciendo de la zona perlífera un solo sector y reduciendo el permiso para el uso de las escafrandas a un número prudencial , la temporada podrá extenderse cuando menos a sei meses .- Con esa garantía se podrá conseguir capital , libre de tener que ocurrir a los grandes compradores , y se le dará muerte a la usurería que se ejerce con los pescadores colombianos convirtiéndose en

rico el mercado de perlas en la Goagira .-

El decreto # 1.078 de 1.927 y la ley 88 del mismo año organizan la pesca de perlas en la Península de la Goagira .- De la memoria del Sr. Ministro de Hacienda presentada al Congreso en este año ~~max~~ se toman los siguientes apartes : " El sistema empleado para la pesca de perlas en la Goagira es el de patente mensual, fijado por la ley mencionada en la cantidad de \$ 350.00 para cada aparato escafandra, dejando libre la pesca de los indios buzos de cabeza, cuyos productos en el momento de exportarlos sí están grabados con el cinco por ciento liquidable por la aduana respectiva sobre el valor declarado por el exportador ante la administración de pesca al expedirle la guía de amparo y procedencia .-

" Es un hecho evidente que los resultados obtenidos por concepto de pesca de perlas son poco halagadores, principalmente a causa de la falta de empresas interesadas en la explotación de este negocio al cual le tienen temor o desconfianza por la incertidumbre e inseguridad en las utilidades que se obtengan .- Pero a pesar de esto la práctica ha venido a demostrar que el sistema de patentes adoptado es el mejor para los intereses de la nación, pues aparte de que garantiza una determinada entrada , se pueden apreciar también los gastos mensuales y por tanto saber qué saldo le queda a favor , para así resolver lo que más convenga en defensa de tales intereses, ventajas estas que no se pudieron obtener con el sistema de explotación directa por cuenta del gobierno puesto que ese sistema causaba continuamente erogaciones fuertes, sin saberse previamente cuál habría de ser el resultado que se obtuviera en la pesca, ni mucho menos el que diera la venta de especies .- "

Sal común o NaCl .- Se encuentra en la porción de la costa comprendida entre Ríohacha y Bahíahonda en terrenos bajos en los cuales se ha evaporado el agua del mar ; allí queda una costra blanca que se recoge y se vende .-

Entre Mécoro y los Castilletes , y entre este último lugar y la ensenada de Tucacas, se extienden inmensas sabanas cubiertas de una costra de sal cristalizada que sin duda ha sido formada en épocas remotas por la evaporación de las aguas del mar.- Esta sal se explota actualmente y se vende en Maracibo y en la Vela del Corro .-

También se explotan las salinas de Manaure y Bahíahonda ; la primera puede producir 150.000 y la segunda 200.000 sacos anuales .- La producción es barata pero el transporte es aunamente caro .- Se cree que las salinas de la Goagira contribuyen con el 80% de la sal que se consume en la Nación .-

Como se sabe , todas las salinas que se encuentran en el territorio colombiano son de propiedad de la Nación .-

Aguas termales .- Brotan de una grieta de dislocación al pie de la montaña de Macuire y se emplean para uso de hombres y ganados .- Contienen gases no inflamables que parecen CO<sub>2</sub> y las aguas contienen poca sal y son algo tibias .- Se precipita toba de cal .-

La cantidad de las aguas explotables de las fuentes se podría aumentar si se hicieran construcciones adecuadas que permitieran una mayor recolección de ellas y que evitaran las pérdidas que hoy ocurren .-

Condiciones de agua en la Goagira

Son tres los cursos de agua corriente que se encuentran en el gran territorio de la Península durante todo el año .- El del río Ranchería, el del Parhuachón y el curso del Majayure .-

El Ranchería como se ha dicho, forma el límite con el Departamento del Magdalena.- En épocas de exagerado verano se seca en el curso bajo debido a las capas porosas que encuentra la poca cantidad de agua que le dejan los reguños de la población de Fonseca .- Como todos los ríos de la costa en el Ranchería suben las aguas en el verano por varios kilómetros de su curso .-

El Parhuachón o Parguachón y el Majayure nacen en la parte septentrional de los montes de Oca y reciben la afluencia de muchas quebradas que nacen en aquella montaña .- Corren hacia el E y se pierden luego en los arenales de la planicie .-

Fuera de estos tres ríos que propiamente no atraviesan la llanura se conoce el caño de Neima que nace en la serranía de Cojoro pero que tampoco lleva agua en los tiempos de verano .-

En el centro de la Goagira , en la sierra de Macuire hay quebradas pequeñas que contienen agua durante todo el año pero que también se pierde en los arenales .-

Durando el verano en la Goagira unos 10 meses pues el invierno ocurre en los dos meses de Octubre y Noviembre se comprenden las dificultades con tropiezan los naturales que se ven obligados a emigrar a Venezuela o a llevar una vida de nómadas .-

Sin embargo, en algunos lugares los indios han construido represas rudimentarias mediante las cuales se recogen las aguas lluvias.-

Estas aguas estancadas se vuelven insalubres pero de los males el menos y además sirven perfectamente para los ganados .- Existiendo arcillas por todas partes se podrían aprovechar las cuencas de los arroyos para construir por medios más científicos represas más eficientes .-

A las llanuras próximas a Carazúa podría suministrárseles agua del Ranchería ; las comprendidas entre Amaiseo y el Salado podrían regarse desviando el río Parhuachón hacia el NW e impidiendo con revestimientos y otras obras análogas las infiltraciones a través de los estratos permeables .-

Ciertos estanques que se encuentran entre Carraipía y el cerro de la Teta prueban la existencia de aguas subterráneas en la Goagira.- Las aguas que se encuentran en aquellos puntos son de naturaleza freática .- El Dr. Lleras Codazzi opina que la única localidad favorable a las aguas artesianas es la región comprendida entre la costa occidental y las serranías centrales por presentarse allí la estratificación de las capas en condiciones convenientes .-

El Dr. Otto Stutzer se expresa así en un estudio que hizo en la Península por orden del Gobierno Nacional :

" En la Goagira las aguas subterráneas se explotan por los indios por métodos muy rudimentarios .- La planicie del W está cubierta con aluviones que son depósitos de ríos .- Las arenas y gravas de estos aluviones contienen agua en una profundidad de 5 metros y más .- Otra parte distinta de la planicie se compone de estratos marinos recientes y el agua que se encuentra en estos estratos muchas veces es salobre e impotable .- En la costa el agua salada del mar se mezcla con las aguas subterráneas .- Por esta razón los pozos en las cercanías de la Costa dan en general aguas salobres .- Pero hay también excepciones .-

Se conocen puntos donde corre agua dulce subterránea en la costa .-En el transcurso de los tiempos el agua ha diluido las sales de los estratos y hoy es dulce .- Cerca de Castilletes donde hay una escasez grande de agua se encuentra un manantial de agua dulce directamente en la costa en terreno venezolano ; a poca distancia de este manantial hay un manantial de agua salobre .-

" Condiciones semejantes se encuentran cerca de Bahía Honda; allí hay en el punto llamado Motchimarú pozos de aguas de los cuales uno contiene agua dulce y salobre el otro .-

" Ríos de agua subterránea con aguas pocos salobres o dulce hay en la Goagira más de lo que hasta ahora se conoce .- Cuando no corren muy profundos están indicados en la superficie del terreno por una vegetación verde aún en épocas de verano .- Del alto de la Macuire se ven en la planicie varias fajas verdes que son indicios de ríos subterráneos.- En algunos puntos los indios sacan agua del subsuelo por pozos o "cazimbas" .-

" En las montañas hay aguas subterráneas en algunas quebradas.- Las quebradas están rellenas con arenas y cascajos y algunos bloques. En las rocas sólidas de las montañas el agua circula en grietas .-

" En la Goagira encontré un pozo en gneis .- En una montaña de sedimentos el cambio de estratos permeables e impermeables es francamente favorable .- En la montaña de Cocina hay areniscas y calcáreos encima de margas impermeables .- En el límite de estas dos clases de estratos hay algunas veces agua .- En el cabo de la Vela una caliza areniscosa y porosa yace sobre serpentina .- En esta roca se forma agua por condensación y aparece en forma de fuente .- En muchos puntos hay agua debajo de calizas marinas y encima de arcilla marina que se



extras al S de Harara y en el cabo de la Vela .-

" También las dunas contienen agua .- Esta se forma en las dunas por la condensación de la humedad del aire .- Se encuentran dunas acuíferas en muchas partes de la costa pero también en el centro y hasta en terrenos altos .- Puntos en donde se encuentra agua en dunas son : en el N de Carraipía ; cerca de Punta Estrella; cerca de Chimare; y cerca de Paraguaipoa , en terreno venezolano .- La existencia de agua en las dunas de Paraguaipoa ha dado lugar a la fundación de este pueblecito .- La duna está sobre arcilla y el agua corre del terreno algo elevado hacia la planicie donde se pierde .- Agua de duna es la mejor agua potable de la Goagira " .-

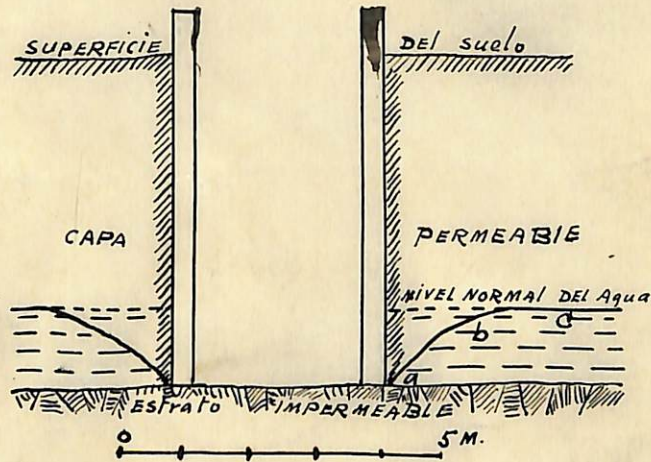
Por nuestra parte hemos aprovechado las conclusiones a que llegó el Dr. Sturzer para proponer un sistema de abastecimiento de aguas en la Goagira que creemos daría mejores resultados que el de los pozos .- Este es el sistema de las

#### Cámaras o galerías de infiltración

Si el espesor de la capa de agua dulce no es considerable como parece que es el caso en la Goagira según Stutzer, el reducido peso de la columna del fluido no alcanzará a contrarrestar fácilmente la resistencia que encuentra el paso del líquido en el subsuelo a través de los intersticios del estrato poroso , el agua fluye con lentitud en ese medio y al fin se agota con el bombear continuo .- Este fenómeno físico lo demuestra gráficamente la figura # 1 que se acompaña .-

La extracción no interrumpida del agua reduce el nivel de ésta alrededor del pozo, la superficie del líquido asume la posición que indica la curva abc en el corte de la figura citada .- El agua corre con tanta lentitud, que el manantial prácticamente se seca, el abasto del

líquido se interrumpe por un tiempo más o menos prolongado , que puede



ser hasta de veinticuatro horas .- Por supuesto se entiende que se trata de una abundante provisión de agua, como lo exigen las necesidades de la Goajira, y como dice Stutzer , para los habitantes, el ganado y la agricultura .-

Las galerías de infiltración consisten en un conducto más o menos prolongado a través de la capa impregnada que constituye la water table ; las perforaciones en los costados de esas cámaras permiten un flujo abundante de agua filtrada que se recoge en un receptáculo adecuado al extremo inferior del caño , de donde se distribuye por medio de una bomba mecánica o por molinos de viento .- Es muy fácil construir esas galerías en profundidades no mayores de cinco metros.- Cuando se trata de una abundante provisión de agua, en los Estados Unidos por lo general las arman con piezas de madera, según el método que se muestra en las figuras números 2 y 3 ; los costados del conducto son verdaderos enrejados de alfajías de 2 x 4 pulgadas , superpuestos los listones y separados por una pieza de tres octavos de pulgada de espesor .- Alrededor de la galería , a los lados y en la parte su-

perior , se coloca cascajo o piedra triturada de media a cuatro pulgadas de diámetro , en un espesor de tres a cuatro pies, que facilita la infiltración e impide que la arena obstruya el enrejado ; si la arena

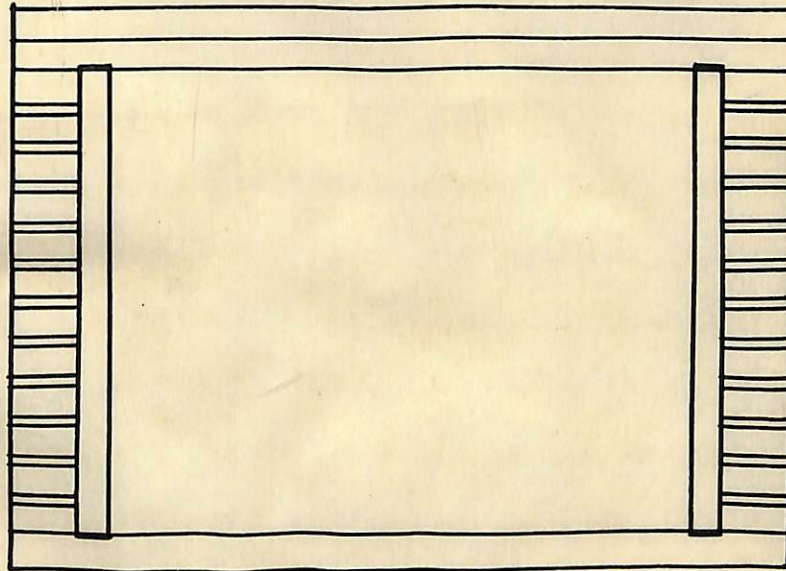


Fig. # 2

del subsuelo es muy gruesa , se puede prescindir del cascajo o piedra triturada .- En los Estados Unidos construyen también largos túneles

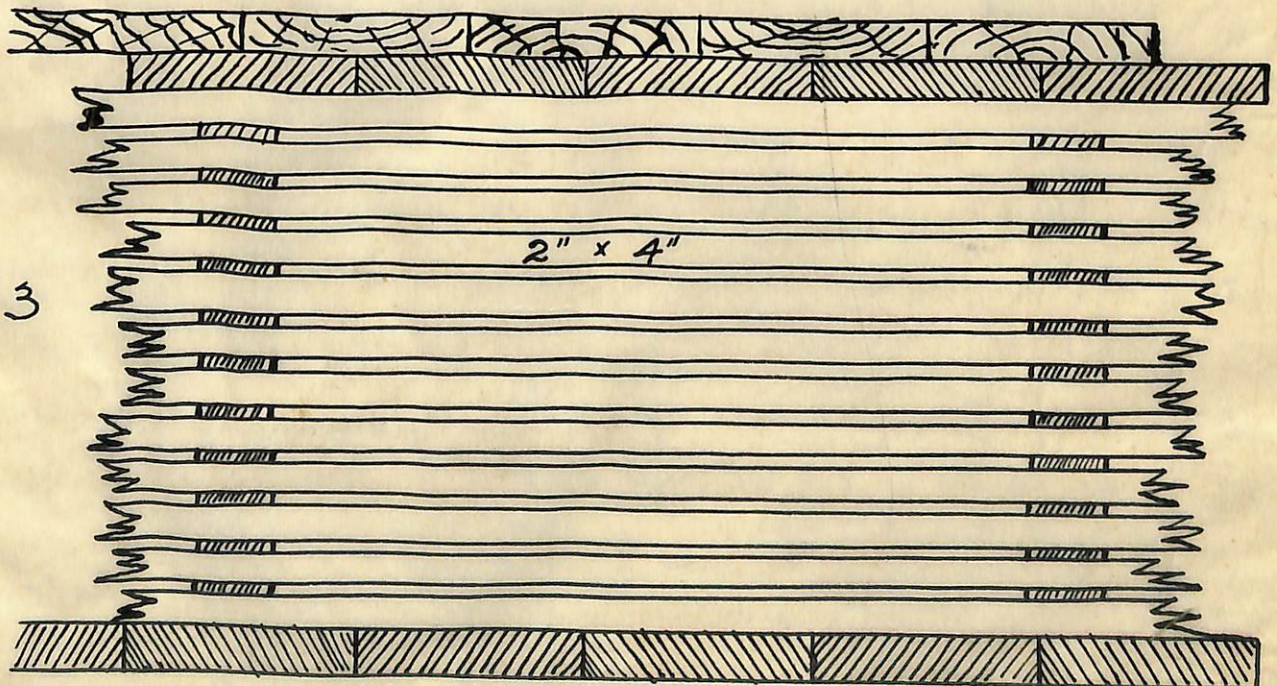


Fig # 3

de concreto en el estrato poroso , con ramificaciones o bifurcaciones que a veces alcanzan varios kilómetros de longitud total ; estas lar-

gas cámaras subterráneas se utilizan con gran ventaja y economía en el riego de extensos cultivos y para el abastecimiento de agua potable de poblaciones importantes .- Centenares de instalaciones de esta clase se han llevado a cabo con buen éxito para riegos de grande extensión y aún para el abasto de agua de poblaciones de 30.000 habitantes .-

La galería de infiltración equivale a un pozo muy alargado y protegido , que resulta una fuente inagotable por razón de la vasta superficie porosa en contacto con los costados, por donde destila o escurre el agua en abundancia hacia el conducto receptor .- Una mera zanja produciría el mismo resultado en lo que respecta a la capacidad del manantial, pero tiene el inconveniente de que, expuesta al aire y a la luz, el agua semiestancada favorece la reproducción en enormes cantidades de algas microcópicas é infusorios ; también recoge insectos y toda suerte de inmundicia que al fin torna el agua impotable .- En la zanja abierta la materia orgánica putrefacta que se acumula en el fondo hace dispendiosa su conservación en condiciones higiénicas.

El sistema de galería de infiltración ha dado muy buenos resultados en la única parte tal vez que se ha usado en nuestro país.- Nos referimos a la población de Sabanilla en el Atlántico .- En este lugar 8 pozos abiertos en ~~xxxx~~ 1.912 no bastaron a suministrar 250.000 galones por semana, y en cambio una sola zanja no muy profunda de 250 metros de longitud produjo un manantial en exceso de aquella cantidad .- En ese playón de Sabanilla el agua del subsuelo impregna una capa de arcilla fina de cuatro metros de espesor sobre un estrato de arcilla y el agua subterránea se encuentra a ochenta centímetros de la superficie general del suelo .-

Las galerías de infiltración deben instalarse en la Goajira en lugares adecuados, no sólo para el abastecimiento del agua para usos domésticos , sino también para los ganados, en abrevaderos higiénicos para el cultivo del maíz , que constituye el principal artículo alimenticio de los indígenas , y para otras aplicaciones agrícolas .-

Para comunidades o tribus relativamente numerosas , las galerías pueden construirse de acuerdo con el modelo que indican las figuras números 2 y 3 de la página 25 , haciendo uso de maderas de buena calidad , como la ceiba colorada .- También pueden emplearse con ventaja piezas de concreto perforadas o enrejados de concreto, que se fabrican cómodamente en el mismo sitio donde se han de emplar.-

En los casos en que no sea indispensable una abundante provisión de agua, se podrán instalar cañerías de hierro corrugado , galvanizado marca " Armco Ingot" , en la forma en que se emplean en los Estados Unidos para el drenaje de aguas subterráneas .- Una sección transversal de 18 pulgadas de diámetro sería apropiada, en algunas partes bastarían canales de 12 pulgadas de diámetro .- Esos conductos metálicos vienen en secciones semicilíndricas ; la mitad de esas secciones deben pedirse perforadas .- Al instalarlas se colocan las secciones perforadas hacia arriba; conviene fijar las secciones inferiores sobre un lecho o capa de arcilla o de concreto, a manera de cimiento, a fin de asegurar la estabilidad de la rasante en el declive adoptado.- Las cañerías metálicas deben rodearse en algo más de la mitad superior , de una zona de cascajo o de piedra triturada; la zona, de tres o cuatro pies de espesor , según se ha explicado arriba .-



Hay que advertir que en casos especiales las arenas pueden ser sobresaturadas, es decir, pueden contener una porosidad mayor de la teórica de 47,64 % , y en este caso los granos de arena están flotando en el agua por la velocidad y presión de ésta .- Estas arenas llamadas flotantes son muy perjudiciales en minería y en construcciones subterráneas .-

La disminución del flujo cuando el tamaño del grano es más pequeño no se debe a la menor sección del desagüe , sino a la disminución de la velocidad , ocasionada por aumentar el rozamiento.-La resistencia al movimiento del agua, debida principalmente a su rozamiento contra las paredes de los intesticios capilares, es proporcional a la superficie total de estas paredes, y como esta superficie se halla en razón inversa del diámetro de las moléculas, cuanto más pequeños sean los granos de arena, la suma total de las superficies de los huecos que presenta será mayor , y, por consiguiente , el rozamiento será más considerable.-

Si los granos no son iguales, los pequeños se alojarán en los huecos de los gruesos, disminuyendo así el espacio libre de desagüe y aumentando las superficies de rozamiento , circunstancias ambas que concurrirán a la disminución del flujo .- De esta manera la porosidad puede descender de 25,95 que da Slichter hasta cerca de 0, índice de la compacidad absoluta .-

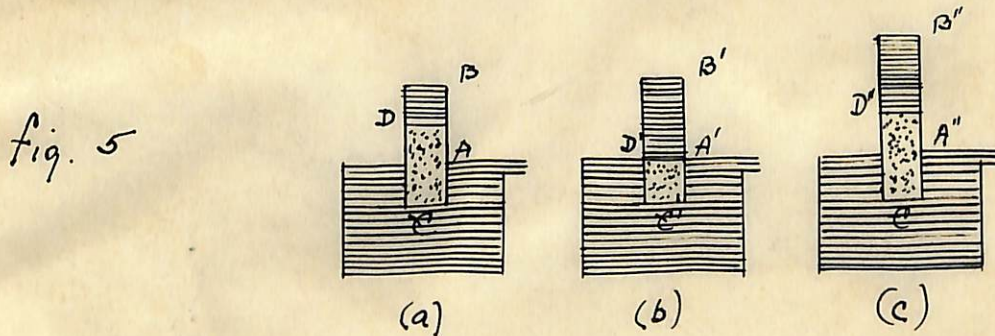
Otro geólogo , también americano, Mr. Buckley , ha determinado las siguientes porosidades :

	<u>Porosidad por 100</u>
Granito .....	0,237 y 0,384
Arenisca .....	5,6 , 20,7 y 28,26
Arena silícea .....	30 a 40
Marga arcillosa .....	40 a 50

Coefficiente de émpereabilidad.- De las experiencias verificadas por Darcy

acerca del movimiento del agua a través de la arena, se deduce que, para un terreno permeable determinado el volumen que pasa por la unidad de sección es proporcional a la cabeza hidrostática, y está en razón inversa de la longitud de la capa atravesada, indicando en cada caso la ley de proporcionalidad una constante, llamada coeficiente de permeabilidad, que depende de la porosidad de la capa permeable .-

En la fig. 5 se ve graficamente representada la ley de Darcy.-



La longitud de la columna de tierra en el caso (a) es CD, y la carga o la diferencia de presión al final de la columna es AB.- En el caso (b) la longitud de la columna de tierra CD es la mitad de CD del caso (a) mientras que la carga AB es igual a la AB de (a) .- Según la ley de Darcy el agua que pasa en (b) es doble que en (a) .- De la misma manera, el gasto en (c) es doble que en (a), porque las longitudes de las columnas de tierra son idénticas, mientras que la diferencia de presión en (c) es doble que en (a) .-

Los volúmenes filtrados en (b) y (c) son iguales porque siendo la longitud de la columna de tierra, y la carga dobles en (c) y obrando ambos elementos en sentido contrario, lo que el uno hace aumentar el gasto, el otro lo hace disminuir, resultando así que éste, en definitiva, es el mismo en ambos casos .-

De varias observaciones hechas por el profesor Mr. Slichter sobre



el movimiento de las aguas subterráneas en diferentes localidades de California, se deduce que la velocidad varía desde 40 metros hasta 5.800 metros por año.- Más adelante daremos otros valores encontrados por algunos geólogos alemanes.-

CUADRO # 1  
Coeficientes de permeabilidad para la temperatura de 15° C

<u>Diámetro de las arenas</u> Milímetros	<u>Porosidad</u>			<u>Clase de terrenos</u>
	30 por 100	36 por 100	40 por 100	
0,01	0,0000033	0,0000060	0,0000085	Fango
0,05	0,0000822	0,0001495	0,0002120	
0,09	0,0002680	0,000845	0,0006860	Arena fina
0,20	0,0013150	0,002390	0,003390	
0,40	0,005270	0,009575	0,01355	Arena regular
0,60	0,01182	0,02150	0,03050	
0,80	0,02105	0,03825	0,05425	Arena gruesa
1,00	0,03282	0,05980	0,08480	
2,00	0,1315	0,2390	0,3390	Gravilla
3,00	0,2960	0,5380	0,7630	
4,00	0,5270	0,9575	1,355	
5,00	0,8220	1,495	2,120	

Este cuadro da el coeficiente de permeabilidad para diferentes dimensiones de las arenas, y porosidades variables entre 30 y 40 por 100. El número que da este cuadro representa la cantidad de agua en litros tratada en un minuto a través de un cilindro de tierra de un decímetro de longitud, y de un decímetro de agua, siendo su temperatura de 15° C.-

Para otras temperaturas se aplican los coeficientes consignados en el cuadro #1 pero multiplicándose por los números correspondientes del cuadro # 2 que se transcribe a continuación.-

CUADRO # 2

Coefficientes de permeabilidad para diferentes temperaturas .-

<u>Temperatura</u> <u>Grados centigrados</u>	<u>Número para multiplicar por los</u> <u>coeficientes del CUADRO # 1</u>
0° .....	0,64
7° .....	0,80
12 .....	0,93
15 .....	1,00
21 .....	1,15
27 .....	1,30
32 .....	1,47
38 .....	1,64

Estudiando el cuadro # 2 se ve que el coeficiente de permeabilidad varía con la temperatura del agua.- Así de 7° a 15° , en idénticas condiciones , aumenta el 20 por 100, y desde la temperatura de 7° hasta la de 38° dicho coeficiente se duplica.- Estas diferencias en la permeabilidad se deben a que el agua se mueve con tanta mayor rapidez o facilidad, cuanto más elevada su temperatura .-

La temperatura de las aguas subterráneas en la Goajira está comprendida entre 27° y 38°.-

Fórmulas para el rendimiento de las aguas subterráneas.-

- a) Llamando : F la sección transversal del perfil de la corriente  
m la porosidad superficial  
c la velocidad del agua , y  
q el flujo total en el perfil F ,

se tendrá según Keilhack

$$q = m.F.c$$

Para esta fórmula se supone que la velocidad del agua es la misma en todo el perfil F.- Este perfil se determina con suficiente exactitud mediante sondeos .- La determinación de c ofrece algunas dificultades.-

Su averiguación directa consiste en procurarse, mediante sondeos a lo largo de la corriente, algunos puntos de observación, y en el más alto de todos ellos verter una sustancia que el agua conduzca como cuerpo no muy extraño; la velocidad resulta del tiempo necesario para que dicha sustancia aparezca en el punto inferior siguiente y de la distancia entre ambos. - Como cuerpos para estas mediciones se emplean sustancias colorantes, o diversas soluciones salinas. - Se ha ensayado también sembrar bacterias inofensivas. -

Thiem practica dos perforaciones en la línea de la corriente, y en la superior vierge sal común; observa luego el momento de llegada al sondeo inferior y deduce la velocidad por la distancia que separa ambos pozos. - Por este procedimiento ha determinado en la arena fina de la ciudad de Stralsund velocidades del agua profunda de ~~3~~ 3,5 metros a 4 mts. en 24 horas y en pendiente del nivel de la corriente profunda del 2% .-

A. Heim ha encontrado las siguientes velocidades en valles de grava: Con 7 por 1.000 de pendiente ..... 8 mt. por día  
" ½ " 1.000 " " ..... 4 a 6 " " "

Slichter encontró para una corriente casi horizontal una velocidad de 1 a 5 mts. en 24 horas usando un procedimiento parecido al de Thiem pero empleando cloruro amónico en vez del sódico. -

La determinación directa de la velocidad adolece del defecto de que la progresión del cuerpo extraño disuelto se modifica por la difusión y por la bomba de extracción de las muestras; y otra fuente de bastantes errores muy considerables existe también en las irregularidades del subsuelo, que no pueden ser conocidas en modo alguno de antemano, por lo que hay que confiarse, en cuanto a ellas, al azar. - De aquí resulta que la determinación directa de la velocidad da solamente valores aproximados,

suficientes nada más para una primera apreciación .-

b) Fórmula de Dupuit .- La fórmula más generalmente usada para calcular el caudal que puede suministrar una galería de infiltración <sup>o</sup> xxam el flujo de agua subterránea, es la de Dupuit, Ingeniero francés de Puentes y Calzadas :

$$Q = k.m. \frac{H^2 - h^2}{2L - R} \cdot l \quad (1)$$

en la que :

- Q = Caudal por segundo de un metro lineal de galería;
- K = Coeficiente de permeabilidad de la capa acuifera;
- m = Porosidad superficial ;
- H = Altura del agua de en la capa acuifera ;
- h = Altura del agua dentro de la galería en el momento que se considere durante la explotación .-
- L = Longitud de la capa filtrante o alcance de la depresión ; y ,

R = Ancho de la galería -  
*l = longitud de la galería*

Si suponemos que la galería da su rendimiento máximo, que se verificará cuando durante el agotamiento el nivel del agua en su interior llega al fondo , o sea cuando sale todo el líquido que entra, el valor de h se reduce a cero .-

Considerando, además, despreciable el ancho de la galería con relación al alcance de la depresión, el valor de R será también nulo .- La fórmula se transformará en la siguiente :

$$Q = \frac{k.m.H^2}{2L} \cdot l \quad (2)$$

Cuando el terreno tenga una inclinación  $i$  la corriente producida por esta causa dará lugar, para el muro de aguas arriba de una galería, a un aumento de caudal, sobre el que proporciona la fórmula, presentado por la sección longitudinal  $S$  de dicho muro, multiplicada por la porosidad superficial  $m$  de la capa acuifera y por la velocidad  $v$  K.i debida a la inclinación; designándolo por el gasto o caudal definitivo será :

$$Q + Q' = \frac{k.m.H^2}{2L} . l + S.m.v \quad ( 3 )$$

Resumiendo tenemos :

Caudal para estratos horizontales, por cada muro: ,  $Q = \frac{k.m.H^2}{2L} . l$

" " " inclinados , " " " :  $Q + Q' = \frac{k.m.H^2}{2L} . l + S.m.v$

El radio de depresión o alcance , en el caso de una capa horizontal no alimentada subterráneamente, puede crecer hasta el infinito ; si está alimentada subterráneamente , tiene por límite el momento en que el volumen suministrado por la corriente subterránea sea igual al que se extraiga de la galería .-

si la capa acuifera tiene una inclinación  $i$  dicho radio de depresión o alcance no puede pasar de un límite que el Ingeniero de Caminos Moragas , con motivo de su informe en el expediente promovido por la Sociedad general de abastecimiento de aguas de Barcelona, dedujo que está representado por la relación

$$L' = \frac{H}{i}$$

Los ingenieros franceses de Puentes y Calzadas , Debauxe y Ibeaux , en su notable obra titulada "Distributions d'eau . Assainissement de villes" fundándose en operaciones de cálculo efectuadas por Slichter Ingeniero que ya hemos nombrado, advierten que el coeficiente  $m$  , rela-

ción de los huecos de una sección a esta sección, no debe representarse por el mismo número que la porosidad cúbica, o sea relación de los huecos de un volumen a este volumen .-

La observación parece que está justificada, pero al rectificar el valor de  $m$  incurren en otro error , puesto que en los dos casos límites indicados cuando hablamos de porosidad correspondientes a porosidades de 47,64 y 25,95 , deducen para  $m$  los valores de 21,2 y 9,4 respectivamente , lo cual conduce a un absurdo , como lo trataremos de demostrar .-

Teniendo en cuenta los conceptos de porosidad cúbica, superficial <sup>y lineal</sup> que hemos dejado explicado anteriormente se tiene , que una porosidad cúbica de 47,64 por 100 quiere decir que en un volumen de un metro cúbico habrá 476,4 decímetros cúbicos de hueco .- Para este valor deducen una porosidad superficial de 21,2 % , o sea que en los 100 decímetros cuadrados que tiene una de las caras del cubo de un metro de arista habrá 21,2 decímetros cuadrados de hueco .-

El agua, dentro de dicho cubo, en esta hipótesis, ocupará un volumen que tendrá 21,2 decímetros cuadrados de sección y una longitud que no podrá llegar a la del cubo, que es de un metro.- Con esta longitud evidentemente mayor que la verdadera , el volumen del prisma representativo de la suma de los huecos sería de 212 decímetros cúbicos , que como se ve , es mucho más pequeño que el de 476,4 decímetros cúbicos correspondientes a la porosidad citada .-

Por consiguiente , la porosidad superficial no debe representarse por los números que deducen los autores citados, sino por otros muy distintos .- Ella puede determinarse eficientemente de la siguiente manera :

En un depósito de forma cúbica de un metro de arista , o sea con una cabida de un metro cúbico, si lo llenamos de arena y si dentro de él vertemos agua hasta que rebosa , el líquido ocupará los huecos que existan entre las arenas, dando un volumen de 476,4 decímetros cúbicos, en el caso teórico expuesto de la disposición cúbica .-

En la hipótesis admitida de que la arena, dentro del depósito forma una masa homogénea , siendo sus granos del mismo tamaño, teniendo en cuenta esta uniformidad, a cada cubo corresponderá el mismo número de granos de arena y el mismo número de huecos; por lo tanto, siendo el volumen total 476,4 decímetros cúbicos, la longitud de huecos en cada una de las tres aristas será la raíz cúbica de este volumen ; es decir, la porosidad superficial estará representada por el cuadrado de la porosidad lineal .-

Así, llamando  $l$  la longitud de la arista del cubo representativo del volumen del líquido que llena los huecos, y  $s$  la sección correspondiente o superficie de una de las caras del cubo, en el caso que estamos examinando , se tendrá :

$$l = \sqrt[3]{476,4} = 7,808 \text{ dec. lineales} = 0,7808 \text{ metros lineales}$$

$$s = l^2 = 60,96 \text{ dec. cuadrados} = 0,6096 \text{ metros cuadrados .-}$$

Para el caso de máximo apisonamiento, o sea cuando las arenas adoptan la disposición romboédrica , se obtendría para  $m$  el valor de 40,68 decímetros cuadrados, o sea 0,4068 metros cuadrados .-

El valor de  $m$  será, pues, en todos los casos igual al cuadrado de la raíz cúbica del número que represente a la porosidad , o, en otros términos, la porosidad superficial es igual al cuadrado de la porosidad lineal .-

Ejemplo - Averiguar el caudal que puede proporcionar una galería subterránea de infiltración con los siguientes datos :

Porosidad cúbica de la capa acuífera = 0,30 , a la que corresponde una porosidad superficial ,  $m = 0,4481$

Coefficiente de permeabilidad  $K = 0,0008$

Altura de la capa acuífera  $H = 10$  metros

Radio de depresión .....  $L = 1.000$  metros

Longitud del muro o galería  $l = 100$  metros

a) Para estratos horizontales y 2 muros permeables

b) Para estratos con una inclinación del 1 por 1.000 y con el muro permeable de aguas arriba perpendicular a la inclinación de los estratos.

Entonces : a) .- Sustituyendo en la fórmula (2) se tiene :

$$Q = \frac{0,0008 \times 0,4481 \times 100 \times 100}{2.000} = 0,00179 \text{ metros cúbicos}$$

$$= 1,79 \text{ lts. por seg. por cada metro lineal de galería}$$

El flujo será, pues, de 1,79 litros para un muro , y de 3,58 litros para los dos .-

b) .-  $q = S.m.v$  , en la que :  $S = 10 \times 100 = 1.000$

$$m = 0,4481$$

$$v = K.i = 0,0008 \times 0,001 = 0,0000008$$

lo que nos da :  $q = 1.000 \times 0,4481 \times 0,0000008 = 0,0003584$  metros cúbicos  
 $= 0,3584$  litros por segundo

y reemplazando en la fórmula (3) obtenemos :

$$Q + Q' = \frac{0,0008 \times 0,4481 \times 100 \times 100}{2.000} + 0,0003584 = 0,002148 \text{ metros cúbicos por segundo}$$

$$= 2,148 \text{ lts. por seg.}$$

Para evitar las operaciones que requiere la determinación del gas-



to o flujo, presenta el Dr. Mesa y Ramos algunas tablas que van a continuación en las que, para las porosidades y permeabilidades indicadas se han calculado los caudales correspondientes al metro lineal de galería, en la hipótesis de que la altura de la capa acuífera sea de un metro, y que el alumbramiento proporcione el máximo de rendimiento, lo cual se verifica cuando el valor de  $h$  de las fórmulas se anula .-

Aunque la manera de usar estas tablas en los diferentes casos que puedan presentarse se comprende sin explicación ninguna presentamos un ejemplo que facilitará mejor la aplicación de ellas .-

$$\text{Sean : } m = 0,4481$$

$$k = 0,0008$$

$$L = 100 \text{ metros}$$

$$H = 8 \text{ metros}$$

$$\text{Longitud de la galería} = 50 \text{ metros}$$

Entonces : (Veáanse tablas al final de este ejemplo )

El gasto por metro lineal correspondiente al alcance de 100 metros en ~~en~~ la TABLA I nos daría para un metro de altura de agua 0,001792 litros por segundo ; para 8 metros serían  $8 \times 8 \times 0,001792 = 0,114688$  litros en cada muro ; y si los dos son permeables  $2 \times 0,114688 = 0,229376$  litros .-

Para la longitud de galería de 50 metros, el gasto sería en cada muro  $50 \times 0,114688 = 5,7344$  litros, y en los dos = 11,4688 litros .-

Si la capa permeable tuviese una inclinación de 1. por 1000 agregaríamos el caudal que da la fórmula  $q' = S.m.v$  en la que tendríamos:  
 $S = 50 \times 8 = 400$  ;  $m = 0,4481$  ;  $v = K.i = 0,0008 \times 0,001 = 0,0000008$  metros por segundo .-

$$\begin{aligned} \text{De donde : } q' &= 400 \times 0,4481 \times 0,0000008 = 0,000143392 \text{ mtrs. cúbico} \\ &= 0,1434 \text{ litros} \end{aligned}$$

El caudal total sería :

$$Q+Q' = 0,1434 + 5,7344 = 5,8778 \text{ litros, suponiendo solamente permea}$$

ble el muro de aguas arriba .-

El límite máximo del radio de depresión o del alcance en un terreno de inclinación  $i$  y altura de agua  $H$  estará representado, como hemos dicho , tanto aguas arriba como aguas abajo , por la relación

$$\frac{H}{i}$$

que en el ejemplo acabado de exponer tiene por valor

$$\frac{8}{0,001} = 8.000 \text{ metros}$$

TABLA I

Gasto por metro lineal de galería abierta en una capa permeable horizontal

Porosidad cúbica 0,30 .- Porosidad superficial 0,4481

Alcance o radio de depre- sión, mts.	Coeficientes de permeabilidad				
	<u>0,00008</u> Litros por seg.	<u>0,0008</u> Lits. por seg.	<u>0,0085</u> Lits. por seg.	<u>0,0164</u> Lits. por seg.	<u>0,444</u> Lits. por seg.
10 mts.	0,00179	0,01792	0,19044	0,36744	19,89564
100	0,000179	0,001792	0,019044	0,036744	1,98956
200	0,000090	0,000896	0,009522	0,018372	0,99478
300	0,000060	0,000597	0,006348	0,012248	0,66318
400	0,000045	0,000448	0,004761	0,009186	0,49739
500	0,000036	0,000358	0,003808	0,007348	0,39791
1.000	0,000018	0,000179	0,001904	0,003674	0,19895
2.000	0,000009	0,000089	0,000952	0,001837	0,09947
3.000	0,000006	0,000059	0,000634	0,001224	0,06631
4.000	0,0000045	0,000044	0,000476	0,000918	0,04973
5.000	0,0000036	0,000035	0,000390	0,000738	0,03979
10.000	0,0000018	0,000018	0,000195	0,000369	0,01989

TABLA # 2

Gasto por metro lineal de galería abierta en una capa permeable horizontal

Porosidad cúbica 0,36 .- Porosidad superficial 0,5061

Alcance o radio de depresión. Metros	Coeficientes de permeabilidad				
	0,00015	0,005	0,030	0,050	0,807
	Litros por seg.	Lts. por seg.	Lts. por seg.	Lts. por seg.	Lts. por seg.
10	0,0037957	0,12652	0,75910	1,26520	20,4211
100	0,0003795	0,01265	0,07591	0,12652	2,0421
200	0,0001897	0,00632	0,03795	0,06326	1,0210
300	0,0001265	0,00421	0,02530	0,04217	0,6807
400	0,0000948	0,00316	0,01897	0,03163	0,5105
500	0,0000759	0,00253	0,01518	0,02530	0,4084
1.000	0,0000379	0,00126	0,00759	0,01265	0,2042
2.000	0,0000189	0,00063	0,00379	0,00632	0,1021
3.000	0,0000126	0,00042	0,00253	0,00421	0,0680
4.000	0,0000094	0,00031	0,00189	0,00316	0,0510
5.000	0,0000075	0,00025	0,00151	0,00253	0,0408
10.000	0,0000038	0,00013	0,00076	0,00127	0,0204

TABLA # 3

Gasto por metro lineal de galería abierta en una capa permeable horiz.

Porosidad cúbica 0,40 .- Porosidad superficial 0,5429

Alcance o radio de depresión. Metros	Coeficientes de permeabilidad				
	0,0002	0,008	0,044	0,070	1,144
	Litros por seg.	Lts. por seg.	Litros por seg.	Litros por seg.	Litros por seg.
10	0,005429	0,21716	1,19438	1,9000	31,0538
100	0,0005429	0,021716	0,119438	0,1900	3,10538
200	0,0002714	0,010858	0,059719	0,0950	1,55269
300	0,0001809	0,007238	0,039812	0,0633	1,03512
400	0,0001357	0,005429	0,029859	0,0316	0,77634
500	0,0001085	0,004343	0,023887	0,0380	0,62107
1.000	0,0000542	0,002171	0,011943	0,0190	0,31053
2.000	0,0000271	0,001085	0,005971	0,0095	0,15526
3.000	0,0000180	0,000723	0,003981	0,0063	0,10351
4.000	0,0000135	0,000542	0,002985	0,0047	0,07763
5.000	0,0000108	0,000434	0,002388	0,0038	0,06210
10.000	0,0000054	0,000217	0,001194	0,0019	0,03105

Si la galería de infiltración está acompañada de la construcción de madera que hemos aconsejado en la página 25 para la Goajira el

caudal es el mismo que si no existiera el maderamen y se calcula por la fórmula últimamente expuesta .- Hay que tener ~~en~~ cuidado en que los intersticios deben ser los suficientes para dejar paso a toda el agua y para evitar el acarreo del material de la roca .-

Cuando se usen cañerías Armco Ingot o semejantes , que también hemos aconsejado, el cuadal se calcula lo mismo que antes y las boquillas de salida del líquido deben tener una sección conveniente para que con la cantidad de boquillas que se coloque se obtenga un flujo que corresponda al flujo que pasa a través del muro, y para que por aquella sección no pase el material del estrato .-

#### Consideraciones finales

El Gobierno Nacional preocupado con la escasez de agua de la Goajira y empapado de la necesidad de su contribución al progreso del país, ha propendido intensamente por su mejoramiento integral .- La Comisión a que hemos hecho referencia en la introducción de este trabajo fue creada por el Ministerio de Industrias por el Decreto #1.357 en desarrollo del Artículo 42 de la Ley 74 de 1.926 que dice : " El Gobierno podrá contratar la construcción de pozos artesianos para proveer de aguas en los lugares donde escaseen , y procederá inmediatamente a ejecutar los trabajos indispensables para el suministro de aquel elemento al territorio de la Goajira .-

La Comisión mencionada que estaba encargada de la exploración y determinación de los lugares así como de la construcción de las obras necesarias para el suministro de agua en el territorio de la Goajira principió a llenar su cometido ; pero viendo el Ministerio que eran necesarios los servicios de un técnico especializado en hidrología, contrató con la Casa Siemens Baunion el suministro de un Ingeniero que llena-

ra esas condiciones .- La Casa contratista envió al Dr. Eberlein , que desde su llegada activó e intensificó los trabajos, ha levantado planos y hecho estudios completamente satisfactorios , y gracias a su labor , ya se han provisto de aguas algunas regiones importantes de la Goajira En efecto, desde el ~~may~~ mes de Agosto de este año se está explotando con buenos resultados de calidad y cantidad el pozo de Ipapure construido por Eberlein .-

Convencido el Gobierno de que los solos trabajos e iniciativas del hidrólogo Dr. Eberlein son mas que suficientes para los estudios y obras que se llevan a cabo, por Decreto # 1.089 , de 14 de Julio de 1.928 suspendió la comisión nombrada para las órdenes del Dr. Lacouture que ocasionaba un ~~gran~~ costo mensual de \$ 2.000, y facultó al Ingeniero <sup>Eberlein</sup> para contratar los servicios necesarios para el conveniente cometido de sus labores .-Los trabajos los ha continuado este Ingeniero con la misma intensidad y resultados satisfactorios y con un gasto que no alcanza a la tercera parte de las sumas que gastaba la Comisión .- Sería muy conveniente que el Gobierno hiciera acompañar al Dr. Eberlein de uno o dos de nuestros ingenieros egresados de la Escuela de Minas con el fin de conseguir para el futuro técnicos de nacionalidad colombiana para esta clase de trabajos .-

El pozo de Ipapure, con las dos cisternas construidas por los Padres Capuchinos , y con los pozos cámaras y galerías de infiltración que se construyan en un futuro no lejano cambiarán seguramente la faz económica de la Goajira y harán de esta rica región un venéreo ~~rin~~ de riquezas sin cuento para la Nación .-

Así lo esperamos .-

Obras consultadas

- 1- Notas geográficas y geológicas del Dr. R. Lleras Codazzi .-
- 2- Zur Geologie del Goajira-Halbinsel , por el Dr. Otto Stutzer, traducción del Profesor Dr. Roberto Wokittel
- 3- Pozos artesianos y pozos de petróleo , por el Ing. José Mesa y Ramos
- 4- Geología práctica , por C. Keilhack
- 5- Documentos de la Comisión a cargo del Dr. Carlos H. Lacouture
- 6- Documentos de la Comisión a cargo del Dr. Eberlein
- 7- Algunas revistas y folletos
- 8- Notas personales
- 9- Distributions d'eau - Assainissement de villes. Por Debaux & Heaux

