

¿SON INAGOTABLES LAS AGUAS TERMALES SURGENTES DE BAHIA BLANCA?

El Instituto Tecnológico del Sur me ha hecho el honor de ofrecerme esta prestigiosa cátedra con el objeto de exponer algunas ideas relacionadas con uno de los más importantes y característicos problemas que están ligados al incremento progresivo de Bahía Blanca y de su zona confluyente inmediata.

Agradezco al benemérito Instituto la propicia oportunidad que me brinda para reunir y sintetizar en mi trabajo, ideas, conceptos e interpretaciones de hechos y fenómenos comprobados, que se relacionan con las aguas surgentes, celosamente encerradas en las profundidades del subsuelo de Bahía Blanca.

Estoy vinculado con el problema de las aguas surgentes de Bahía Blanca desde los tiempos en que tuve la satisfacción de inducir al doctor Juan Antonio Argerich, tan eminente jurisconsulto y legislador nacional, como laborioso agricultor argentino para que, valiéndose de sus vinculaciones, consiguiera una perforadora capaz de buscar aguas subterráneas en la estancia "La Gleba".

Superando todo cálculo previo el 12 de enero de 1912 se produjo el hallazgo de las aguas surgentes que yacían a 711 metros de profundidad. Sorprendente caudal de casi 1.000.000 de litros por hora que surgía a 62°C. con un presión en la boca de los caños de 20 atmósferas, cuarenta años han pasado y recién en esta última década, puedo tener la satisfacción de asistir al comienzo de esa nueva era de prosperidad que desde el libro y el periodismo preconicé, bregando con entusiasmo y sin descanso. Ahora ha llegado el momento de recoger los frutos de tan larga experiencia, porque nunca perdí de vista la importante obra que muchos geólogos han realizado en los campos de la geofísica y de la hidro-geología en nuestro territorio y, he podido finalmente reunir los conocimientos necesarios y suficientes para el desarrollo del presente trabajo.

PRIMERO: Mapa hidrogeológico de la zona de Bahía Blanca, en cuyo subsuelo profundo están encerradas las dos grandes napas de aguas surgentes termales. La gran napa del norte de aguas potables cuyo centro está en la ciudad de Bahía Blanca y la gran napa del sur, de aguas fuertemente mineralizadas, las que se extienden en los partidos de Villarino y Patagones a lo largo de la costa atlántica.

La primera ocupa un área de 4.300 Km². aproximadamente, mientras que la segunda, tal vez supere los 10.000 Km².

SEGUNDO: "Enunciación de mi hipótesis": Seguramente esta teoría encontrará oposición, tal como le acontece a todas las hipótesis. Empero la presento para que los hombres de ciencia, combatiéndola o aceptándola, la estudien y la analicen con el propósito de conseguir la dilucidación de la incógnita de la cual depende conocer al fin si las aguas surgentes de Bahía Blanca son inagotables, o si, fatalmente, algún día los hermosos manantiales dejarán de surtir las aguas bienhechoras.

Como se ve, son de sumo interés para la comunidad los dos objetivos que estoy señalando y tratando de alcanzar porque conociéndose al fin cuál es la verdadera ubicación y extensión de las napas surgentes los propietarios de campos podrán saber si en el subsuelo cuentan con esa riqueza o no y por otra parte se despertará el interés científico por la develación de una incógnita que involucra lo transitorio o lo permanente en la reserva de las aguas que estamos estudiando.

Este importante factor no ha sido, hasta el presente, estudiado como se merece.

Las numerosas y profundas perforaciones llevadas a feliz término por la Dirección de Minas y Geología de la Nación y por empresas privadas, tales como la CEPA, que ya tiene bien arraigado su prestigio en Bahía Blanca, así como las investigaciones del Departamento de Geofísica de Y. P. F. que utiliza modernos métodos de gravimetría y de resonancia con ondas sísmicas artificiales, nos dan un riguroso caudal de elementos capaces de orientarnos en el estudio en que estamos empeñados. Acerquémonos al tema principal, rechazando "a priori" las primeras hipótesis que trataban de explicar la existencia de estas aguas como originadas en las vertientes montañas ya sea de las sierras vecinas, ya sea de la cordillera de los Andes. En el transcurso del presente trabajo quedarán debidamente aclaradas estas ideas y suficientemente justificado el rechazo de las mismas.

Corroborando lo expresado anteriormente he logrado delimitar y por lo tanto confinar las napas surgentes dentro de áreas lo bastante aproximadas y correctas a los efectos de su futura explotación racional. Son tan numerosas y las perforaciones comarcanas que ya conocemos el espesor de la napa y las características de temperatura y presión.

Ya se ha dicho que dos son las grandes napas acuíferas, las que he denominado del norte y del sur. Cabe ahora significar que ambos yacimientos, son locales, rodeadas de crestas rocosas que pertenecen al basamento antiguo, que el espesor máximo de la napa del norte y su mayor profundidad se encuentra entre Bahía Blanca y Baterías de Puerto Belgrano y que hacia la periferia la capa de arena contenente las aguas se va adelgazando hasta reducirse a cero. Lo que es de suma importancia para el resultado de nuestra investigación, es que esos depósitos arenosos no aflo-

ran a la superficie y mueren alcanzando el declive abrupto de los arcos rocosos subterráneos que forman parte del sistema de las sierras vecinas.

Descartada la hipótesis de la filtración de las aguas de lluvia o de deshielo veamos en pocas palabras cuáles son las que pretenden explicar el origen de las aguas surgentes de B. Blanca más únicas que raras, bajo el punto de vista geofísico.

En primer término teniendo en cuenta que, sin duda alguna se trata de aguas **confinadas** se nos presenta la interesante hipótesis conocida bajo el nombre de "aguas congénitas" o sea las que, en remotísimos tiempos se han formado conjuntamente con las potentes capas de arena que ahora las retienen.

Podemos aclarar este concepto si pensamos en los depósitos de aguas, que penetran por lluvia en nuestros médanos, los cuales más tarde habrán de quedar cubiertos por acumulación de un material impermeable como nos enseña la geología.

Estos médanos así encerrados formarían un auténtico depósito de aguas congénitas.

Si esta hipótesis prevaleciera, comprobándose que la cuenca es cerrada y limitado su volumen, fatalmente llegará el día del total agotamiento de las aguas (1).

En efecto: un simple cálculo nos dice que 100 pozos, de 150 mil litros horarios de caudal, agotarían la totalidad de la napa en 400 años.

El comentario huelga pero la autoridad competente debería reglamentar la explotación.

Dejemos a un lado por ahora la hipótesis de las aguas congénitas, sin rechazarla definitivamente y acerca de la cual opondremos algunos reparos más adelante.

Pasemos a la hipótesis de las aguas de constitución, enunciada a fines del siglo pasado y principio del actual por Eduardo Suess y Armando Gautier. Se trata de la liberación de las aguas constitutivas propias de las rocas ígneas, como ser granito, pórfido, etc. Aguas por lo tanto de origen muy profundo, cuyos vapores se sirven para ascender las numerosas fisuras, fallas o grietas de las masas rocosas cristalinas hasta encontrar la prisión de un sedimento arenoso donde se condensan.

Las experiencias de laboratorios realizadas por Gautier lo llevaron a calcular que un km³. de granito, en determinadas condiciones de temperatura, a grandes profundidades liberaría de 25 a 30 millones de metros cúbicos de agua, en tanto que si la roca fuera de pórfido esta cantidad sería de unos 50 millones de metros cúbicos. En consecuencia si el volumen de nuestra napa los hemos calculado en 52 km³. de agua, para poder proveerla de esta cantidad será necesario destilar, allá en las profundidades de las rocas ígneas 2.200 km³. de granito (2).

Pero esta teoría hay que descartarla porque existen dudosos aspectos

(1) Véase Apéndice.

geofísicos cuyo estudio nos llevaría lejos del programa que nos hemos trazado.

Hemos expuesto así dos hipótesis, una que nos conduce al agotamiento de la gran napa surgente, y la otra, la de las aguas de constitución que asegurarían su inagotabilidad.

Antes de exponer y presentar los conceptos fundamentales de mi hipótesis quiero señalar las anormales características que acompañan y presiden el fenómeno de la surgencia de nuestras aguas. Me refiero a la presión y temperatura. De esta última algunos autores la explican como efecto de reacciones oxidantes exotérmicas, o de reacciones químicas por las sustancias inorgánicas disueltas en las aguas.

En cuanto a la presión se la interpreta como efecto de la presión tectónica: las estructuras de rocas cristalinas que abrazan las cuencas, tienden a encorvar los estratos sedimentarios, y por lo tanto las aguas al ser alcanzadas por una perforación serán impulsadas con un movimiento ascendente.

Estos conceptos valen y se aplican para napas de aguas clasificadas como congénitas. Para las aguas de origen profundo rigen otros principios que radican en la física del calor.

Finalmente tendría ahora que exponer las líneas generales de mi hipótesis pero es necesario hacer algunas consideraciones generales que condensaré en breves capítulos.

¿A QUE SISTEMA CONTINENTAL PERTENECIO EL ACTUAL SUBSUELO DE BAHIA BLANCA?

Los geólogos se muestran aún perplejos y todavía no se han puesto de acuerdo en lo atinente al proceso generativo y a la acumulación de las aguas termales surgentes de Bahía Blanca.

Para mejor adentrarnos por las sendas, donde de tanto en tanto surge la luz de un conocimiento nuevo, de una interpretación científica feliz o de una simple conjetura lógica y para mejor conocer la morada donde se esconde el incógnito dragón que lanza aguas hirvientes y puja con su indómita fuerza, será menester preocuparnos, siquiera someramente, de cómo se construyó esa casa, quiénes fueron sus modeladores y qué clase de materiales se emplearon.

Retrocedamos por el largo camino de los tiempos, cuando cincuenta millones de años ha, un gigantesco continente ligaba Africa con América del Sur, Antártida y otras tierras que hoy yacen en el fondo del océano Indico y en el Atlántico Sur. Fué el esplendoroso Gondwana, que dejó su sello inconfundible en los restos fósiles de una flora tropical característica, conocida bajo el nombre de flora del Glossoteris, restos que los encontramos en regiones separadas y tan distantes entre sí como la INDIA y el sur de Mendoza y Neuquén, como el altiplano Boliviano, las Malvinas y tierras de Graham...

Nuestras sierras de Ventana y las rocas que forman el basamento profundo de la comarca bahiense son auténticos gondwánides.

Así tenemos descubierto un valioso conocimiento que nos dará de inmediato la explicación de cómo todo el sistema estructural profundo de nuestro suelo es un elemento independiente del que está al oeste de la zona andina. Son dos edificios geológicos distintos e independientes, en lo que se refiere a la reserva de aguas subterráneas. Comenzamos a vislumbrar así que las aguas termales de B. Blanca pertenecen a un viejo sistema atlántico, que las originó y donde las estructuras tectónicas locales la preservaron de una comunicación con lejanas y más modernas estructuras que hoy, por su imponencia podrían interpretarse como las únicas alimentadoras de las aguas continentales.

Sin entrar a discutir aquí las dos grandes teorías, la de la permanencia estática o la del dilatamiento horizontal de los continentes, con el propósito de abreviar diré que, aceptando la doctrina de Wegener, mostraré a vuelo de pájaro la disyunción de América del Sur y el continente Africano Gondwánico.

Previamente conviene darnos una idea de los principios fundamentales que gobiernan la teoría moderna del movimiento de las masas siálicas que flotan encima de las masas simáticas, punto de partida de la moderna geología dinámica.

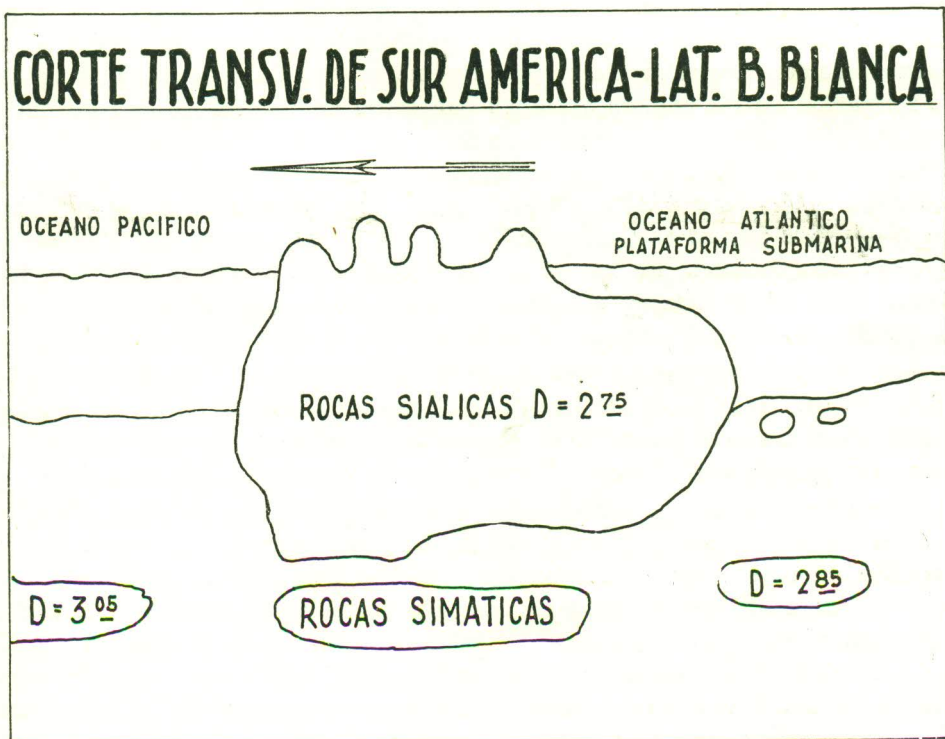


Fig. 1

La figura N° 1, es un perfil esquemático transversal de Sud América correspondiente a la latitud de Bahía Blanca, esquema en el que, por comodidad se ha exagerado la escala vertical.

La mole continental en marcha de este a oeste, según lo indica la flecha se apoya y flota en las rocas profundas del sima (abreviatura silábica de silicato de magnesio (Si-Ma).

Los continentes con preponderancia de silicato de aluminio (Si-Al) tienen un peso específico término medio de 2,75. El sima plástico en cambio, tiene una densidad mayor, en el caso que analizamos es de 2,85 en el fondo del Atlántico y de 3,05 en el Océano Pacífico.

En su movimiento hacia el oeste la masa siálica Sud Americana se encuentra resistencia en el bloque basáltico del sima, se encorva en todo su frente y en la parte interior de la antigua llanura surgen primitivos rodetes, que en nuestra latitud forman de 4 en fondo. El más occidental será la base de la actual cordillera de la costa Pacífica, como la vemos hoy en el golfo de Arauco, Valdivia y el archipiélago que corre desde el seno de Reloncaví hasta el golfo de Penas. En segunda fila está el signo de la sierra Pintada de Mendoza, como exponente del antiguo sistema preandino. En el espacio que media entre estos dos rodetes estaría el Hipotético Geosinclinal Andino, donde se gestó la formación y más tarde el levantamiento de la cordillera real de los Andes.

Lo que mucho importa para nosotros, que estamos tratando de fijar la independencia de la cuenca de Bahía Blanca respecto de aquella otra cuenca occidental que forma el país andino es que todavía en la época de la formación de los mantos arenosos que están en la profundidad de nuestro suelo, la vertiente continental hacia el océano Pacífico, tenía su **Divortium Aquarum** a lo largo de la segunda cresta y en consecuencia los actuales ríos chilenos como el Maule, el Bío-Bío, el Cautín, etc., tenían sus nacientes, donde hoy se extienden las ondulaciones del paisaje Sud Mendocino y Nord Neuquéniano. En consecuencia mientras en la costa Atlántica las formaciones sedimentarias marinas y continentales participan del declive hacia el este, las del sistema preandino se inclinan hacia el Pacífico. La separación de ambas cuencas evidentemente viene de tiempos remotos.

Para finalizar con el análisis de la figura N° 1, señalaré que los rodetes tercero y cuarto en dirección al este quieren señalar respectivamente las sierras pampeanas y el sistema Gondánico del grupo de Ventana.

Muy importante cabe señalar que, como un apéndice se arrastra el zócalo continental submarino, que, arbitrariamente y por comodidad, aparece como hundido, en tanto que en la época que se considera en esta fase del movimiento, esa tabla siálica todavía formaba parte de la meseta superficial pampeano-patagónica.

La figura 2 esquemáticamente interpreta la disyunción de los bloques gondwánicos durante la primera fase en el cretácico medio.

Vemos en este mapa el comienzo de la separación africano-americana, dando lugar al nacimiento del futuro océano Nereis, precursor del Atlántico

meridional, vemos también la antiquísima comunicación entre ese mar y el Pacífico por la depresión de la actual cuenca de Bahía Blanca y de los grandes ríos Colorado y Negro.

He trazado asimismo la urdimbre primaria del preexistente sistema orogénico del Gondwana, mientras la masa antártica todavía está adherida al bloque patagónico.

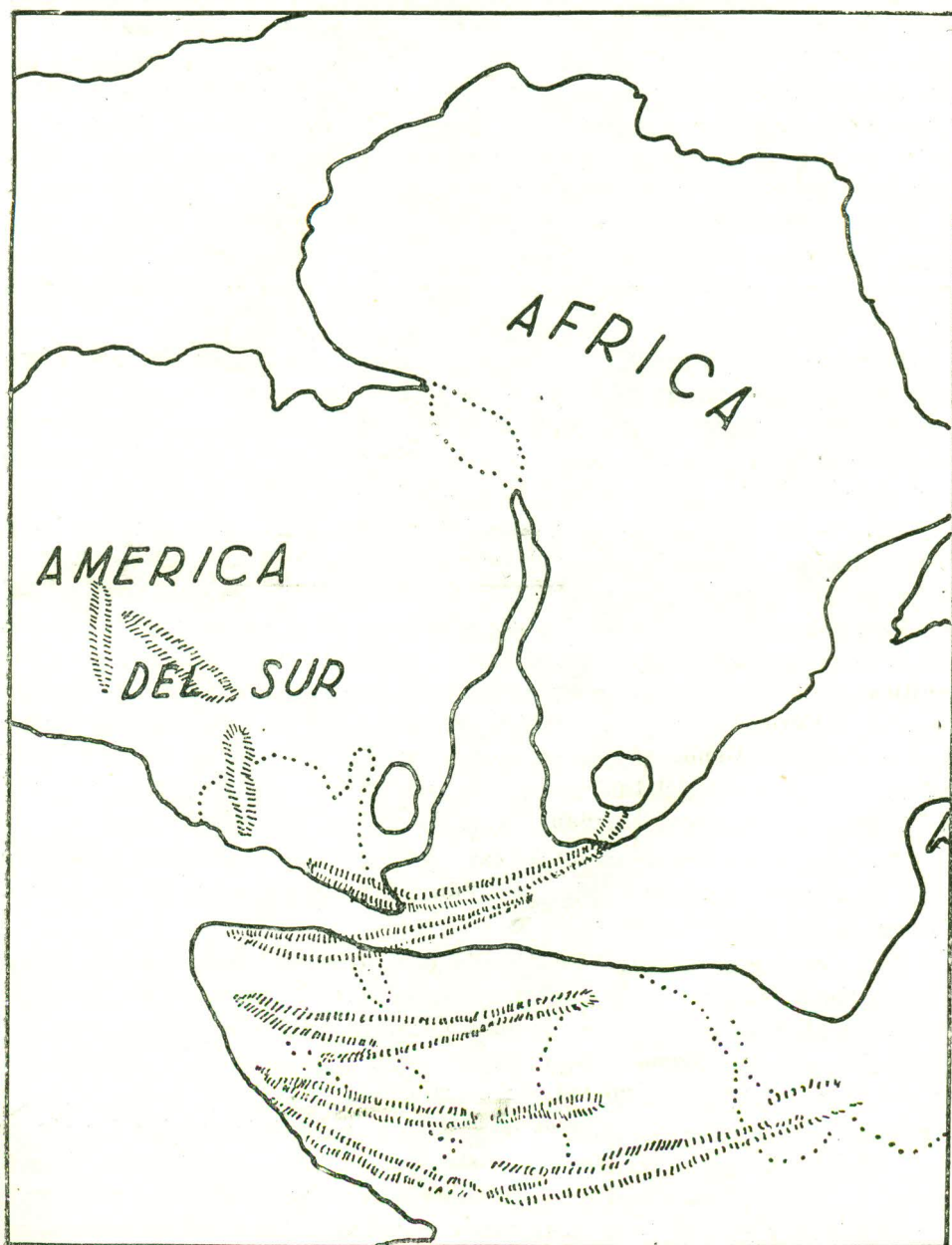


Fig. 2

UN DESPEDAZADO ESQUELETO GONDWANICO

La pampa y la patagonia y por ende la comarca alrededor de Bahía Blanca no son estrictamente una llanura uniforme. Desolado y triste es el paisaje, no sólo por su aridez sino también porque todavía el ojo avizor del geólogo percibe los signos vetustos de un mundo de esplendor, de una vasta estructura telúrica, cuerpo inmenso cuyo esqueleto despedazado y en ruina, está formado por una serie de eslabones que, asumen la forma de arcos semiconcéntricos y nacen en los antiguos rodetes del frente Pacífico y estos arcos, amplias ramificaciones, apuntan hacia el oriente; de tanto en tanto afloran en los inmensos horizontes patagónicos, siguen por debajo del zócalo submarino y se rompen cortados por el abrupto talud del océano Atlántico. Los restos de estas estructuras siálicas yacen en el fondo oceánico, entremezclados con los elementos sismáticos. Esto explica porque las muestras arrancadas de ese fondo acusaron una densidad término medio de 2,85 entre las del sial y del sima.

Empero lo que a nosotros interesa en primer término, es observar cómo esas grandes estructuras en abanico del paleozoico, sobreviven aún hoy, caracterizando y marcando no solamente las líneas tectónicas del subsuelo profundo de B. Blanca, Río Colorado y Río Negro si que también han dejado su rastro visible en la oro-hidrografía comarcana.

Observamos en este mapa, figura N° 3, cómo desde muy remotos tiempos un anchuroso canal, que era un mar playo netamente separaba el septentrión de Sud América y el continente austral Patagónico-Antártico. Así quedaba establecida la que fué siempre la zona de elementos negativos, la tierra hundida, cuya margen del norte era el sistema de Ventana y las islas graníticas de un archipiélago pampeano, continuación austral de las sierras hoy de Córdoba y San Luis. La ribera Sur del brazo de mar la formaban un fragmento Gondwánico de uno de los marcos ya señalados que llegaba desde el alto valle del Limay, pasaba por el bajo del Gualichu y de allí a Valcheta desapareciendo en San Antonio.

La línea norte era la parte más extrema del escudo Brasil-Africano en tanto que en la ribera del sur comenzaban las tierras australes de remota formación de edad paleozoica.

Todo este gran sistema ramificado que, Eduardo Suess en su magna obra, a fines del siglo pasado, afirma tratarse de un fenómeno de Virgación de la cordillera de los Andes, autores como Arltdt y Siemiradzki lo interpretaron como un plegamiento paleozoico con rumbo sudeste, independiente del sistema andino mucho más moderno.

Las características senosidades de la costa patagónica serían los signos de profundos valles separadores del sistema de ramas montañosas, desplegados en abanico abrazando en el borde meridional del viejo continente Brasil-Africano con el cual se formaba el vasto sistema continental Gondwana, cuyos elementos australes se hundieron, durante el dilatamiento ho-

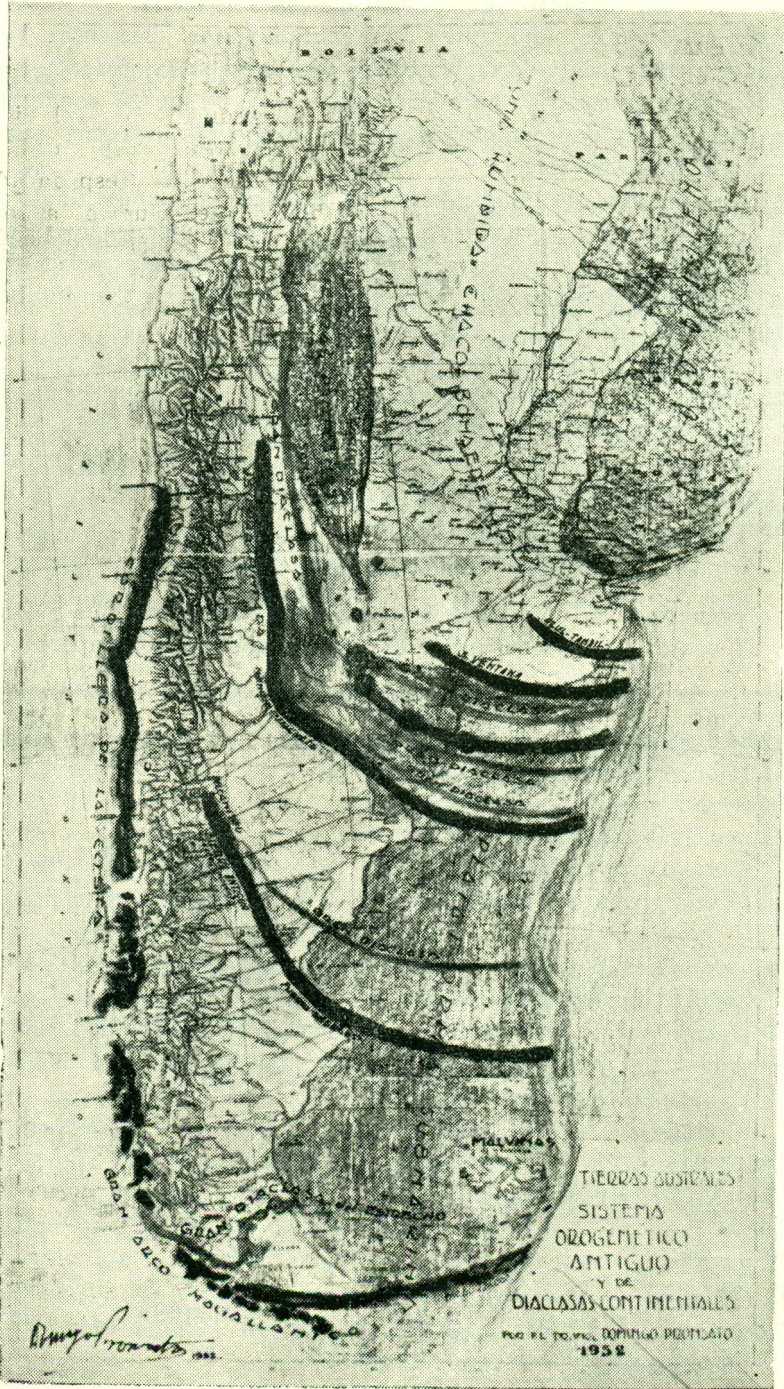


Fig. 3

horizontal sudamericano-antártico dando lugar al nacimiento del océano Ne-reis, precursor del Atlántico del Sur.

Ambos continentes separados representaban los elementos positivos, sede, aún en nuestros días de movimientos osoflatorios de períodos seculares.

En la figura número 4, he representado con un perfil esquemático la zona, de norte a sur que comprende los dos elementos extremos positivos y el elemento central negativo.

Dentro de la zona de hundimiento los geólogos han individualizado tres grandes diaclasas o fracturas profundas y de largo alcance que corren de N. O. a S. E. afectando también a la plataforma continental submarina. Son antiguas cicatrices del planeta pertenecientes a la gran familia de líneas tectónicas del continente Sud Americano.

Son elementos esenciales en el desarrollo de mi trabajo y de los que habré de ocuparme detenidamente más adelante. Por ahora basta destacar como ha sido menester bosquejar, a grandes trazos por cierto, la historia geológica antigua de nuestro suelo para desembocar en esta presentación de tan importantes elementos fundamentales del edificio tectónico de nuestra comarca.

LOS FENOMENOS ISOSTATICOS

La orogénesis y la epírogenesis, o sean los levantamientos y los hundimientos de vastos trozos continentales han jugado un rol importante en el

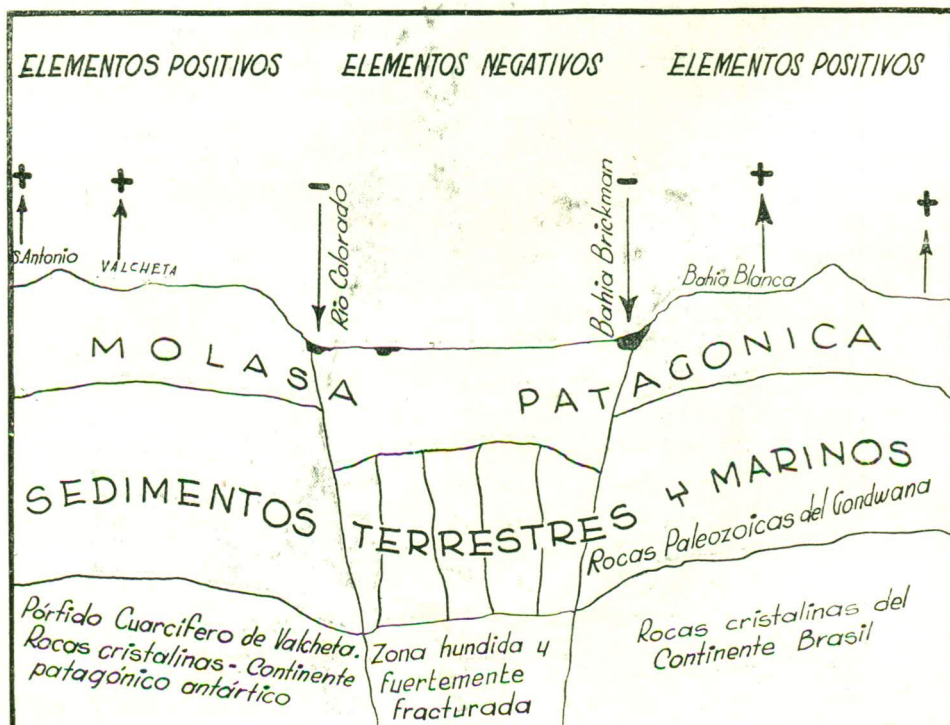


Fig. 4

relieve superficial de nuestra comarca y en el asentamiento de la base profunda tanto en la tierra firme como en el zócalo submarino.

AREA DE HUNDIMIENTO QUE SEPARA LA PAMPA DE LA PATAGONIA

Podemos ahora ampliar la descripción de la zona de hundimiento que tanto interesa en el presente trabajo.

Existe, como hemos visto entre el borde meridional de los elementos positivos de antiguos trozos continentales, hoy representados por el escudo brasileño y las sierras pampeanas por un lado y el borde septentrional de los elementos positivos de la vieja masa continental patagónica por el otro, una vasta zona de elementos negativos, que incluye la cuenca de Bahía Blanca, donde las antiguas Diaclasas se nos presentan como las rectoras de una larga serie de acontecimientos tectónicos que, por lo general terminaban con un proceso de hundimiento de grandes bloques siálicos, dentro del área que he señalado.

El zócalo profundo de la llanura actual, en esa área, se compone de un antiguo basamento cristalino junto con un manto gondwánico.

Todo ese sistema, Roth, Stappembeck, y otros autores lo presentan como masas fuertemente fracturadas y los complejos estratigráficos están encerrados y ceñidos dentro de amplios arcos de viejas estructuras que se encuentran escondidas en la profundidades. Arcos que, rumbo al este afectan también la plataforma submarina.

Por lo tanto y esto nos interesa muy de cerca, la potente pila de sedimentos cretácicos y terciarios que rellenan la vieja cuenca de Bahía Blanca, Río Colorado y Río Negro, está apoyándose en un basamento de rocas primitivas y paleozoicas, complicadamente fracturadas con ramificaciones de todo género que ensamblan en las antiguas Diaclasas, figura N° 5. Todos esos sedimentos, incluyen las poderosas capas de arenas con las aguas termales surgentes que estamos estudiando.

Y esto tiene gran importancia porque para ello está demostrando la absoluta independencia que existe entre estas cuencas de un sistema muy antiguo y las que dependen del sistema andino, que es mucho más moderno. Importancia que viene a decidir para el rechazo de la hipótesis que supone un origen andino para las aguas surgentes de Bahía Blanca.

El rechazo de esta última hipótesis es definitivo, cuando se piensa que aquellos arcos de rocas antiguas se interponen con una triple hilera entre la costa Atlántica y la cordillera de los Andes, siendo el obstáculo más infranqueable la masa precordillerana que baja de Mendoza con la sierra Pintada, que luego aparece en Auca-Mahuída y tuerce hacia el Atlántico como lo indican los afloramientos de rocas antiguas en Mengué, y Nahuel Niyeu, Valcheta y Golfo de San Matías.

DEFINICION DEL COMPLEJO DE FACTORES QUE PROVOCARON EL HUNDIMIENTO DE VASTAS AREAS EN LA ZONA DE BAHIA BLANCA EN EL PERIODO DE LOS MOVIMIENTOS POSTUMOS

Desde los más antiguos tiempos, como lo hemos señalado anteriormente, nuestra comarca participó del proceso que caracteriza a los dilatamientos verticales de los bloques siálicos. Debemos agregar y tener en cuenta hasta los menores detalles de tal proceso, como ser una serie variada de fallas que alcanzan largos considerables y de gran rechazo, siempre asociadas a las antiguas diaclasas.

Todo esto es característico en las estructuras escondidas debajo de los sedimentos modernos en la llanura pampeana, de la cual Bahía Blanca es parte integrante, y está demostrado que existe una vasta red de esta clase de fracturas.

Debemos tener en cuenta que en esta red juegan un rol importante determinadas fallas transversales que complican la posición de algunos sedimentos horizontales, así como nos ha sido revelado por los sondeos profundos en nuestra zona.

Ahora bien, un conjunto de fallas o de fracturas longitudinales, transversales y oblicuas ocasionan la formación de fosas, como aconteció en nuestra cuenca tan visibles en el conjunto de líneas paralelas o razgos topográficos como he señalado en mi mapa de la figura N° . . .

Los movimientos póstumos reabrieron las viejas grietas y las fracturas de posteriores tiempos geológicos, afectando, especialmente, las franjas centrales de la cuenca entre Bahía Blanca y San Antonio Oeste, y su prolongación en la plataforma continental submarina.

Estos hechos debemos tenerlos muy en cuenta para el desarrollo de una hipótesis que considere un proceso circulatorio de aguas y de vapores en la profundidad. No debemos olvidar que la destrucción mecánica de las rocas es favorecida por las condiciones de tales complicados sistemas de fracturas, clivajes, y etc. Las aguas y los vapores tienen así libre circulación, extendiéndose por vastas áreas profundas; dichos elementos aprovechan todos los caminos abiertos, el de los planos de esquistosidad, a los de sedimentación, a las grietas de desecamiento de las arcillas o a los espacios libres en las formas columnares de segregación de algunas rocas efusivas, de las cuales tantos ejemplos tenemos en los mismos alrededores de Bahía Blanca (Pelicurá, Cerro Colorado de Chasicó y cúpulas escondidas debajo de Nueva Roma, Berraondo, Algarrobo, etc.).

A la erosión o destrucción mecánica de las rocas le siguen los procesos químicos, especialmente los de mineralización de las aguas circulatorias. En nuestro estudio tendremos en cuenta estos hechos al presentar y clasificar la gran napa surgente de aguas termales que me he permitido proponer se denomina Del Sur .

EL SISTEMA DE DIACLASAS Y FRACTURAS DE LA CUENCA DE BAHÍA BLANCA, RIO COLORADO Y RIO NEGRO

Fueron Windhausen y Keidel, entre otros geólogos, los que señalaron la existencia de importantes fallas antiguas, en esta cuenca y que forman parte del sistema tectónico general de la cubeta sud atlántica.

La primera que paso a describir forma el borde meridional del zócalo de las sierras de la Ventana, en tanto que la segunda limita la franja septentrional de las estructuras antiguas Chubutianas.

La primera falla fué reconocida por Wudhansen, en parte, entre los años 1916 y 1917 y yo mismo tuve oportunidad de acompañarle en la visita que hiciera a la perforación de Argerich y en el viaje de reconocimientos a Salinas Chicas y laguna de Chasicó. Wudhansen señaló estas dos depresiones como hundimiento de la fase póstuma del Pleistoceno. Y puesto en este camino, en años posteriores personalmente pude comprobar que estas depresiones tenían una continuación hacia el oeste siguiendo una línea de hondos cañadones que contenían los lagos de Callaqueo, Blanca Grande, Colorada Grande, Bajo de los Guanacos y valle Truvulusí, al sur de las sierras de Lihuel-Calel. Asimismo, durante otras excursiones pude revelar que la línea del hundimiento continuaba desde Salinas Chicas rumbo al mar siendo sus visibles rastros los bajos de Santa Blanca, el profundo cañadón que corre al sur de Teniente Origone, orillando el cordón de Médanos y desembocando en la bahía de Brighman y desde donde sigue cortando el piso de la plataforma continental submarina. Esta gigantesca línea de fractura mide desde el valle de Truvulusí hasta el talud del océano Atlántico más de 700 kilómetros de longitud; mitad en el continente y mitad en la plataforma submarina.

Como un apéndice que se conecta en el cañadón de Teniente Origone se reconoce en el terreno una línea hundida que se desprende del valle del Río Colorado en paraje de Buena Parada formando el profundo cañadón de los Baguales donde existe una gran salina y de allí empalma con la fractura principal al oeste de Teniente Origone. Probablemente por este hondo cauce corrió, en tiempos remotos el Río Colorado.

Una fractura secundaria acompaña a la principal y probablemente es la que sigue de este a oeste la costa atlántica del sur de Buenos Aires y penetra tierra adentro dando lugar al profundo y largo estuario de Bahía Blanca que mantiene rumbo al oeste hasta el paraje de Aguará donde, bruscamente el canal y por ende la fractura tuercen rumbo al sur y mientras el estuario se disuelve en las marismas de la laguna de Eufrasia, al pie de los médanos, probablemente la fractura sigue el nuevo rumbo para empalmar con la diaclasa principal en la depresión de Santa Blanca. Por lo tanto la diaclasa que nos ocupa se presenta bifurcada mucho antes de llegar al mar.

La segunda falla continental, la del sur tiene sus rastros superficiales perfectamente visibles en la comarca meridional del partido de Patagones

donde dos principales líneas con hondos cañadones, salinas y salitrales corren paralelas al amplio valle del Río Negro. El complejo sistema se ha originado por tres fracturas profundas y en este caso la diaclasa que probablemente nace en la depresión neuquina del Añelo desemboca en el mar con tres ramificaciones; el valle del Río Negro, más al norte las depresiones que contienen el lago del Abra, los salitrales que le siguen, la gran salina del Inglés que es cruzada por el ferrocarril a Patagones y otros bajos hasta Punta Rubia y finalmente algo más al norte donde una larga zona de terrenos hundidos revela la probable línea de una fractura que desde el oeste muy lejos penetra en el mar dando lugar al laberinto de los arroyos del Jabalí y Walker y de la amplia bahía de San Blas. De oeste a este la zona hundida contiene la salina del Algarrobo, la Cañada de la Querencia, la salina de la Piedra, Bajo del Arroyo Barrancoso, y arroyo de Walker con desembocadura al sur de Punta Rubia.

Esta información la recogí reconociendo los parajes nombrados durante una mensura por aquellos campos y estimo de suma interés consignarla en el presente trabajo para que sirva de orientación más adelante.

ORIGEN DE LAS DIACLASAS (1)

La formación de las diaclasas, en las antiguas épocas del paleozoico y del mesozoico inferior y medio se puede considerar como la causa y el comienzo del largo proceso de hundimiento, progresivo y total del continente Gondwana, proceso que termina en la aurora de los tiempos modernos.

La cuestión de la inmovilidad de los continentes actuales o la de su movimiento horizontal, según la moderna teoría de Wegener, no puede ni debe ser tratada en este lugar, por su magnitud y complejos argumentos que nos sumarían muchas horas en su desarrollo. Sin embargo tanto que consideremos a las diaclasas y a la fracturación de grandes áreas de hundimiento, dentro del marco del estatismo o de la movilidad de las masas síálicas, lo cierto es que de acuerdo con los conceptos fundamentales de Suess y de Richthofen los grandiosos acontecimientos geológicos que dieron lugar al relieve actual de la costa patagónica se debieron a especiales condiciones de las masas simáticas que forman la base profunda de las tablas continentales y de las fosas oceánicas.

En su translación la América del Sur hacia el sur oeste, iba arrastrando un gigantesco elemento continental antártico patagónico y la plataforma submarina, actualmente hundida. Este enorme apéndice estaba unido por elementos tectónicos, cuyos rastros hoy están visibles en una mínima parte, porque lo demás yace en el fondo del océano Atlántico, o en la plataforma submarina o en la Pampa o en la Patagonia, cubiertos por los sedimentos de las épocas posteriores y modernas.

(1) Los autores llaman "diaclasa" a una fractura profunda de largo alcance y a veces tortuosa. En la clasificación de las litoclasas hecha por Deubree estas grandes fracturas, el célebre autor las denomina "paraclasas" o falla de largo alcance.

Reconocemos como tales elementos o estructuras de rocas antiguas (Figura N° . .), que se presentan, como ya dijimos, cuales gigantescos arcos ramificados y que originándose desde el Nord Oeste con rumbo inicial sur, tuercen luego hacia el oriente para desgajarse y hundirse en los abismos atlánticos.

En la retaguardia los elementos de la tabla continental se iban estirando favorecidos por la fragmentación de las 6 cadenas de montañas y por las fracturas o diaclasas intercaladas.

A título ilustrativo podemos enumerar como sigue, de N. a S. los sucesivos encadenamientos: 1º, Sierras de Olavarría, Azul, Tandil, Lobería y Cabo Corrientes. 2º, Sierras meridionales de Buenos Aires (grupo de la Ventana). 3º, La prolongación de las Sierras Pampeanas, o sea una guirnalda de cerros aislados o escondidas debajo de la llanura de la Pampa: Sierras de Lihuel-Calel, Carapachá Grande, Choiqué y Pichi-Mahuída, Codo Chiclana del Colorado, Lomas Azules, Punta Rubia e Isla de la Gama frente a la bahía de San Blas. La dirección sureste de la línea basal pampeana nos lleva exactamente a Lomas Azules y luego a la Bahía San Blas, donde muy cerca de allí debe existir sumergida una importante cresta de rocas antiguas, como lo deduzco del hallazgo que en 1916 hizo el doctor Lutz Witte, entre el pedregullo de la costa de algunos cantos toscamente rodados o apenas octagonados de granito y cuarcita. 4º, El arco de rocas primitivas

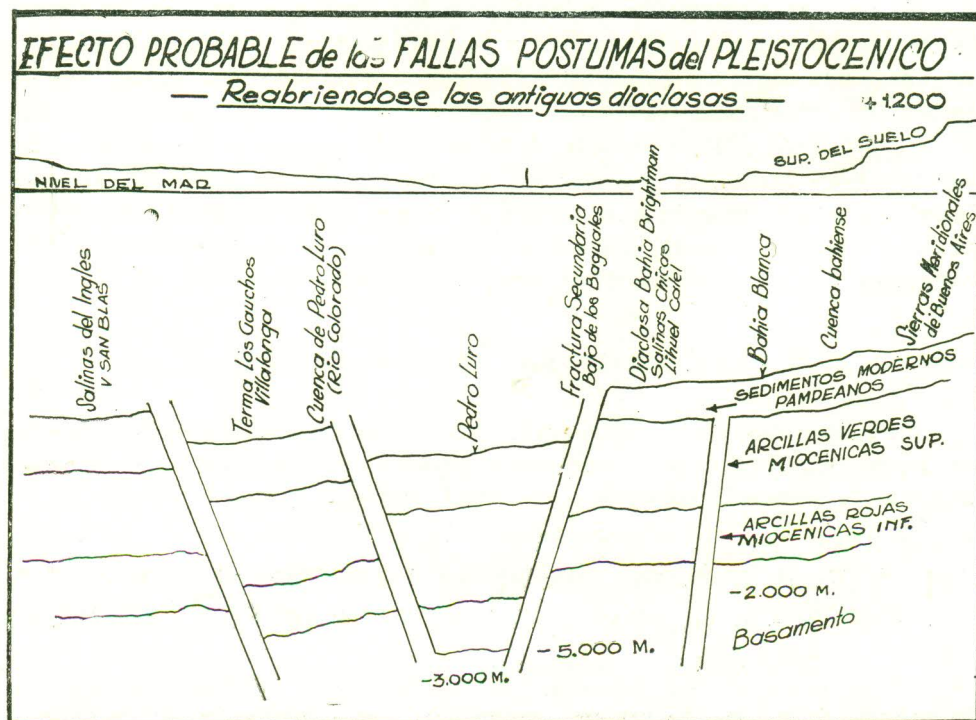


Fig. 5

que comprende: el llamado cordón Sierra Pintada de Mendoza, la solitaria sierra de Auca-Mahuída (Neuquén), Mengué, desde donde toma rumbo al sureste para aflorar en el borde sur del Cañadón Gualichu, Paja Alta, Nahuel Niyeu, Valcheta y San Antonio. 5º, Otro gran arco que aparece en la contraveta de granito en la Angostura del arroyo Pilcaniyeu sigue con rumbo sur apareciendo en la antigua sierra descubierta por el perito Moreno en la comarca del lago Munster y luego rumbo al sureste se hunde en el Atlántico en Puerto Deseado. 6º, El grandioso sistema del arco andino-magallánico cuyo apéndice visible oriental es la Isla de los Estados y más allá invisible el gran Banco Burdwood.

Esta descripción nos conduce por un luminoso camino hacia el mejor conocimiento del subsuelo profundo de Bahía Blanca, exactamente engranado en la cuenca limitada al N. Por el segundo arco del viejo sistema orogénico y al O. y al S. por la línea basal que define la guirnalda del eslabón pampeano. Cuenca que participa de los elementos negativos y cuyo hundimiento fué provocado por la formación de dos importantes diaclasas.

EL CONCEPTO DE ISOSTASIS

Con las modernas ideas en que se fundan la geología dinámica y la geofísica se destaca el concepto de Isóstasis:

Un proceso Isostático y el análisis de las leyes que rigen en la distribución de las masas continentales y las del profundo basamento plástico del sima, nos conducen hacia un mejor conocimiento de la evolución de la corteza terrestre y sus relieves.

La Isóstasis, que es un estado de equilibrio de masas, puede ser rota por las crisis orogénicas o por las que obedecen a los movimientos oscilatorios y es así entonces que cuando un bloque es levantado en una determinada área, otro bloque, adyacente es hundido y los movimientos se apaciguan cuando el equilibrio Isostático se restablece.

CONTINENTES Y CUENCAS OCEANICAS

En lo que atañe a nuestra región los fenómenos Isostáticos han tenido un juego importante en el progresivo proceso de hundimiento y levantamientos de bloques incluyendo a la plataforma submarina.

ORIGEN, EDAD Y FORMACION DE LA POTENTE CAPA DE ARENA QUE CONTIENE LA GRAN NAPA SURGENTE DE BAHIA BLANCA

En este capítulo voy a explicar mis ideas acerca del origen y edad de la potente formación de material permeable que constituyen el yacimiento de la gran napa de agua surgente de Bahía Blanca.

Primer tiempo en la figura Nro. 6 y en las tres siguientes he dibujado esquemas especiales demostrativos del lento proceso que originó la acumulación de las arenas y cantos rodados de esas capas. En una época premiocénica las sierras del grupo de Ventana estaban sometidas a un recio proceso de denudación y los cursos de agua, en un trayecto corto, no superior de 80 Kms. arrastraban a la costa de un brazo de mar, todo el material de cuarcitas formando bancos y anchurosas playas.

Las arenas que arrojaron las perforaciones del centro y del O. de Bahía Blanca incluso Argerich son muy finas y de color, coincidiendo con el mismo material de las cadenas occidentales de las sierras, desde Curumalal hasta el cerro de Tres Picos. Las perforaciones hacia el este, incluso la recientísima de Baterías de Puerto Belgrano, nos mostraron material cuarcítico rojizo, marrón y oscuro, coincidiendo con el mismo material rocoso de las faldas serranas que forman el anfiteatro imbriferro del Sauce Grande.

Esta separación de las arenas de la antigua playa es tan evidente como su procedencia.

La muestra de los cantos, groseramente octogonados explican claramente qué corto era el recorrido de los ríos.

De más está recordar que esta clase de acumulaciones se cumplían durante tiempos cuya duración era de centenares de siglos, tan lentamente como hoy podemos constatarlo en las costas oceánicas.

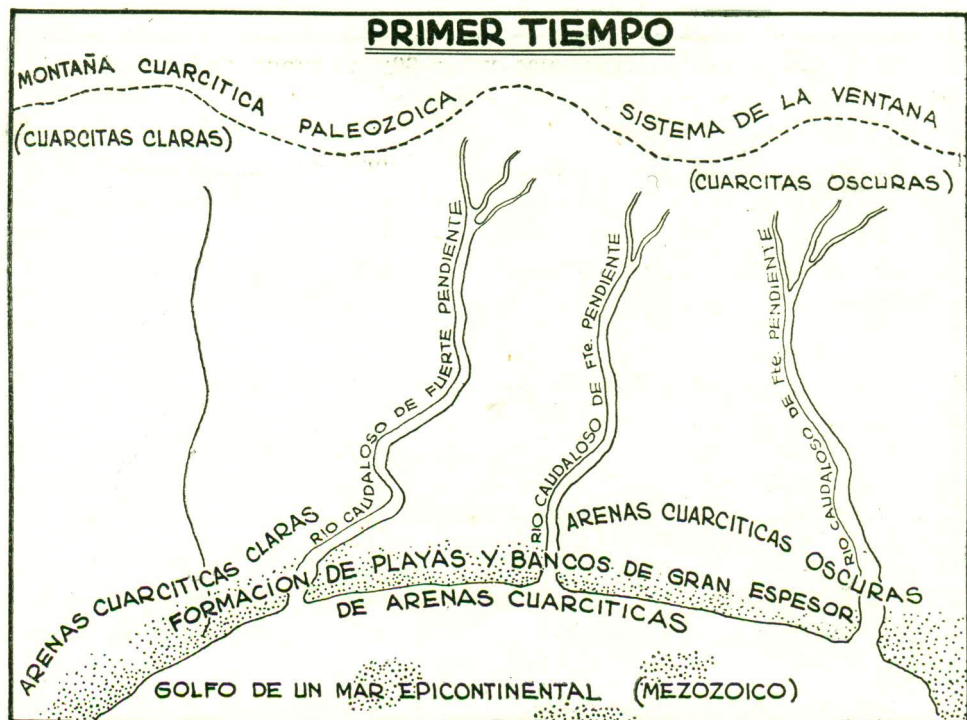


Fig. 6

Segundo tiempo. — Fig. N° 7. En esta segunda etapa, en tanto que no se interrumpe la lenta y persistente acumulación de materiales, los vientos del sur arrastran las arenas de la playa hacia el anfiteatro costanero y forman un cordón de médanos de un ancho aproximado de 35 kms. y cuya altura va aumentando hasta unos 40 metros porque el amontonamiento es incesante: las marejadas vuelcan en la orilla las arenas de los bancos y los vientos implacables encuentran siempre el manso material para la elevación de las dunas. Es el análogo proceso al que asistimos hoy en nuestras playas atlánticas.

Así como en los médanos actuales, las aguas de lluvia durante milenios y largos centenares de siglos van acumulando las aguas de lluvia, podemos pensar en la formación de aguas congénitas en aquellos primitivos médanos de los tiempos post cretácicos.

Tercer tiempo. — En la figura N° 8, he representado la acumulación de arcillas, margas areniscas, elementos todos de típico color rojo, referidos al mioceno inferior que, también tras un largo proceso acumulativo terrestre terminaron por cubrir y aplastar totalmente la cordillera de médanos encerrando para siempre las arenas y las aguas. Así hasta ahora, los sostenedores de la hipótesis de las aguas congénitas llevan victoriosamente la palma.

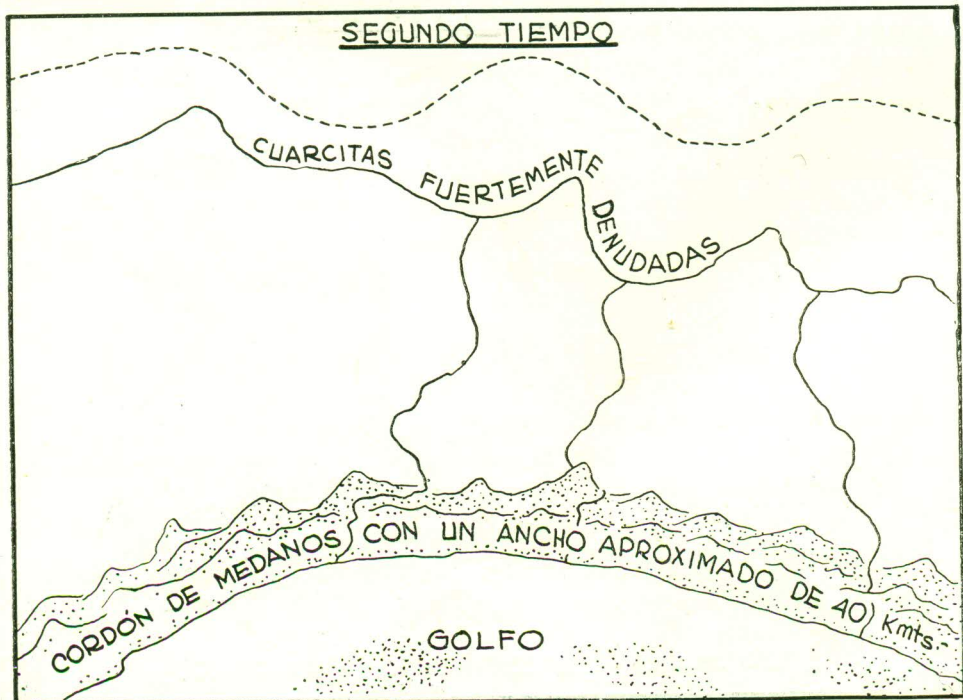


Fig. 7

Cuarto tiempo. — Figura N° 9. Grandiosos e imponentes acontecimientos combinados de la orogénesis llamada de la segunda fase terciaria, estaban levantando una nueva montaña andina mientras que en la costa nuevos movimientos descendentes, ampliaban el ya complicado sistema de fracturas, afectando también a nuestra comarca. La consecuencia fué una repetida invasión del mar cuyas pruebas en esta comarca nos la ofrecen los espesos sedimentos marinos de la molasa patagónica, de típico color gris verdoso cuyo espesor en Bahía Blanca las perforaciones revelaron ser de unos doscientos metros, mientras que en Pedro Luro y Villalonga el espesor, que pasó los mil metros, está indicando el efecto de los hundimientos a lo largo de las fracturas continentales y submarinas.

Los geólogos refieren esta formación al finalizar el mioceno, e intercalanse en la misma algunas capas de arena y material cuarcítico que los ríos y arroyos, acortados sus cursos, todavía siguen bajando de las sierras cuyo declive abrupto favorece la continuada erosión de las rocas.

Posteriormente y sucesivamente hasta los tiempos actuales se acumulan los estratos terrestres y marinos alternados del plioceno, del cuaternario inferior, (pleistoceno) los depósitos post-pampeanos y los aluviones actuales.

Hemos integrado la potente serie de setecientos y más metros de sedimentos terrestres y marinos que cubren la gran napa surgente de Bahía

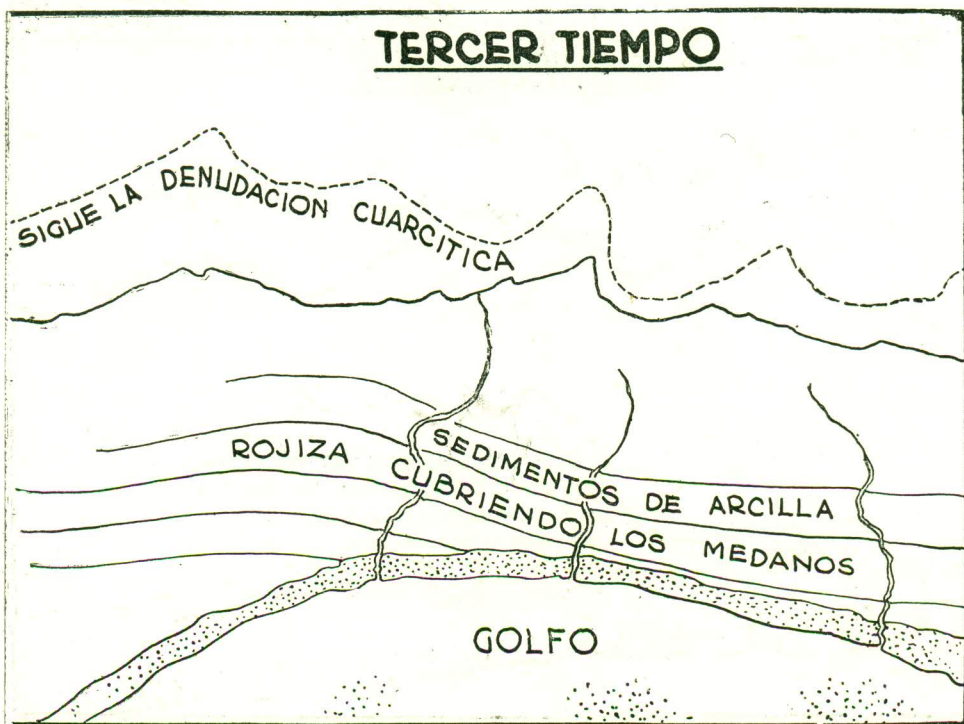


Fig. 8

Blanca cuya edad de unos 20 millones de años puede ser establecida por el tiempo que debió necesitar esa grandiosa acumulación de materiales de tan distintas épocas geológicas.

Como nos lo habíamos propuesto hemos logrado reconstruir, etapa por etapa, piso por piso la enorme arquitectura que se levanta sobre el yacimiento acuífero, materia de nuestros estudios.

OBJECIONES A LA HIPOTESIS DE LAS AGUAS CONGENITAS

En el nuevo mapa hidrogeológico he podido limitar las áreas que ocupan las dos grandes napas surgentes de la zona y si nos limitamos a la de Bahía Blanca, puesto que conocemos el espesor de la capa arenosa y por ende la reducción en altura del agua, será muy fácil calcular el volumen total de la reserva acuífera, de origen congénito. La hipótesis sostiene que siendo aguas que se acumularon al mismo tiempo que se formó su cuenca arenosa, no tienen fuente alimentadora de la superficie porque la cantidad de las lluvias no justifica el volumen.

Sabemos que por encima de esos sedimentos arenosos están las pilas de otros sedimentos terrestres y marinos presentando todo un sistema de fracturas, huecos de desecación, planos verticales en las paredes de rocas efusivas de cúpulas que en Algarrobo por ejemplo y Alférez San Martín



Fig. 9

al Oeste de Bahía Blanca están demostrando la existencia de estructuras que cortan verticalmente las pilas sedimentarias, aparte de las viejas diaclases reabiertas durante el pleistoceno. Es toda una red de caminos que favorecen la emigración de las aguas de la gran napa hacia zonas superiores, donde se alojan y llenan varias capas arenosas que están en la molasa patagónica y más arriba de los sedimentos pampeanos y post-pampeanos. La fuga ascensional de las aguas se produce debido a la presión tectónica a que está sometida la napa principal. Todas las napas alimentadas más arriba no pierden esa presión y las características de temperatura son las mismas, hechas las debidas reducciones.

Las aguas congénitas se originaron y acumularon en su yacimiento hace muchos millones de años, como acabamos de señalar y si en tanto tiempo, sin interrupción, la presión tectónica empujó las viejas aguas congénitas hasta regiones más altas, no habría llegado el momento del agotamiento?

He calculado la capacidad del yacimiento de la gran napa surgente, así como el volumen de las otras cuatro napas superiores y la suma de éstas puede igualar al volumen de la napa de las supuestas aguas congénitas, las que de haber emigrado ya no estarían ocupando el yacimiento primitivo y las actuales perforaciones de 700 metros hubieran sido estériles.

Sin embargo, felizmente esto no ocurre porque los caudales son imponentes y con apariencia de inagctables. En consecuencia debemos buscar por otro lado la misteriosa fuente alimentadora de nuestras aguas surgentes.

CONSTRUCCION DE UN NUEVO MAPA HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA DE BAHIA BLANCA

Sintetizando todos los hechos y fenómenos comprobados hasta el presente que se relacionan con la geología, hidrología y elementos orográficos e hidrográficos, me ha sido posible construir un mapa hidrogeológico de la zona sur pampeana y norte patagónica, comprendiendo las terrazas submarinas costeras desde Bahía Blanca hasta más allá de Patagones.

Aparecen en este mapa los principales elementos de la antigua montaña, tanto los visibles como los escondidos bajo los sedimentos modernos; siguen los razgos también visibles y subterráneos de las importantes fracturas continentales y submarinas que ya conocemos así como los valles de la red fluvial, lagos, salinas, cañadones, bajos y depresiones, vestigios todos de pretéritos movimientos descendentes que caracterizaron los hundimientos de bloques siálicos en contrabalanceo con el levantamiento de otros bloques del sistema pampeano y sur bonaerense.

Se consignan en esta plancheta las perforaciones que afloran las aguas de las dos grandes napas surgentes; llevan la indicación de G. N. S. N. o sea "gran napa surgente del norte" y G. N. S. S., para la del sur. En cada nombre de localidad con el signo positivo se indica la altura del terreno sobre el nivel del mar mientras que la profundidad del pozo indica-

da en metros incluye esa altura. En consecuencia todas las profundidades de la napa pueden relacionarse al horizonte del mar.

También he consignado algunas profundidades del basamento de rocas antiguas las que llevan el signo negativo.

Los ejes del grupo montañoso de Ventana los he deducido del plano topográfico que me pertenece (1) y que en el año 1930 acompañó las investigaciones de Reidel Schiller, en tanto que los ejes de las crestas tectónicas subterráneas se han deducido de las investigaciones de autores que figuran en la página bibliográfica de este trabajo y de algunas observaciones gravimétricas o de ondas sísmicas artificiales aparecidas en los boletines de Y.P.F., como asimismo de los sondages estériles que tocaron el basamento.

Con el precioso acopio documental e informativo he podido circunscribir

- (1) Anales del Museo de La Plata, Tomo IV-1ª parte (segunda serie) 1930.
Ultimamente el Dr. Horacio Harrington hizo una topografía con base de triangulación de precisión.

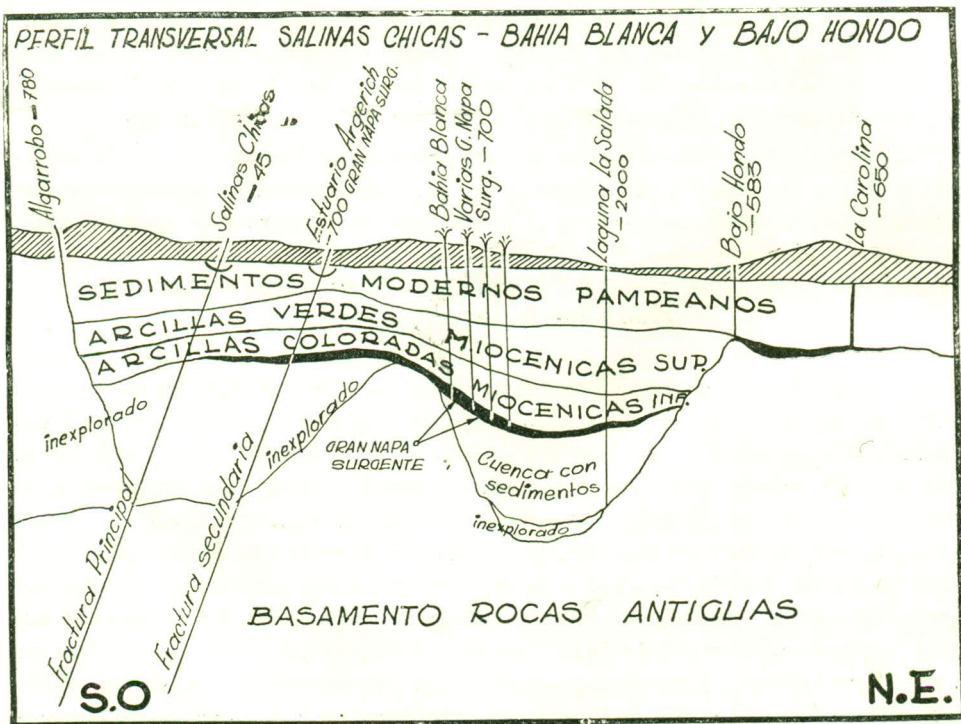


FIGURA Nº 11

En este perfil se muestra esquemáticamente la ubicación de la Gran Napa surgente del Norte. Se advierte el gran sinclinal entre el Río Sauce Grande y B. Blanca. Más al sur paralelamente a este perfil el punto más bajo de este sinclinal corresponde a Bateria P. Belgrano donde la napa se halla a 1182 ms. Los acantilados de las Rocas de M. Hermoso representan la cresta oriental. Del anticlinal, la cresta occidental yo creo hacerla ubicado en la Loma Negra de Grnbein y en este paraje indico a los geólogos confirmen la congruencia u homología de los sedimentos con algunos de los tres horizontes de Monte Hermoso.

dentro de límites con suficiente aproximación, las áreas de los yacimientos de ambas napas surgentes.

Estas áreas están suficientemente referidas en el mapa para no detenerme en detallar su topografía. La napa del norte abarca una superficie aproximada de 4.300 Km.² de superficie. Más allá del Sauce Grande, en el partido de Coronel Dorrego he señalado una pequeña zona de 800 Kms.² donde solamente es probable que exista la napa surgente. Al Oeste del Sauce Chico he marcado otra zona más pequeña, de 450 Kms.² donde asimismo pudiera existir la napa.

Debo hacer notar que en un radio de 4 o 5 leguas alrededor de Pelicurá el basamento de rocas cristalinas está tan cerca de la superficie, que sería peligroso hacer perforaciones en busca de agua.

El área de la gran napa surgente del sur comprende unos 10.000 Kms.² en los partidos de Villarino y Patagones, quedando inexplorada la zona al sur de Villalonga y todo el oeste de ambos partidos.

Otro elemento novedoso y original lo constituye la señalación de la plataforma continental submarina frente a la costa.

HIPOTESIS DE LAS AGUAS FILTRADAS DEL MAR Y DE SU VAPORIZACION Y CONDENSACION EN LA PROFUNDIDAD DE LA LITOSFERA

A título de curiosidad, y rindiendo homenaje al talento filosófico de Platón, me place recordar cómo este hombre superior, que vivió cuatrocientos años antes de J.C. dice, en su diálogo "Fédon", que hay un gran abismo, el Tártaro, que se encuentra en el fondo de los mares al que van a parar todas las aguas. Por este abismo pasan al interior de la Tierra, de donde salen luego por las fuentes para alimentar los ríos y lagos. Le sugiere esta idea el ver que el mar no crece a pesar de la gran cantidad de agua que constantemente entra en él.

En forma absoluta esta concepción es errónea, porque el ciclo de las aguas es bien conocido y tiene en cuenta el enorme volumen de aguas oceánicas que se evaporan formando nubes, las que producen lluvias, alimentadoras de los lagos y de los ríos. Sin embargo, en lo relativo, una cierta cantidad de agua marina invade las grietas del fondo y pueden filtrar hasta cierta profundidad de la litósfera.

Algunos autores estiman en doce o quince mil ms. de profundidad el límite inferior de filtración.

Puestos en este camino podemos establecer ese límite inferior teniendo en cuenta el estado físico que el agua debe tener a las diversas profundidades, por consecuencia de la presión y temperatura a que se encuentra sometida. Por de pronto, con el grado geotérmico normal (33 ms.) el agua filtrada alcanzaría su punto crítico 374° antes de los 12 Kms., **y por consiguiente no puede permanecer líquida a ninguna presión.** El límite por este lado coincide próximamente con el que se señalara anteriormente.

Falta saber si las presiones a que está sometida antes de llegar a esta profundidad le permitirán permanecer en estado líquido. La presión del agua en columna de 10 Kms. de altura es de 1000 kilogramos por centímetro cuadrado; o sea de 1000 atmósfera, mientras la de las rocas, supuesta una densidad media de 2,7 sería de 2700 atmósfera para la misma profundidad. Y como basta una presión de 90 atmósfera para mantener líquida el agua a 300° C., se deduce que en la corteza terrestre lo estará a todas las temperaturas **hasta alcanzar próximamente el punto crítico**, en que su estado pasará indefectiblemente al de vapor.

Todas estas consideraciones previas se tornan más favorables para el caso del subsuelo de la zona de Bahía Blanca donde se ha comprobado una notabilísima anomalía geotérmica por la cual la temperatura de la tierra aumenta entre 60 y 80° C. cada mil metros de profundidad. En consecuencia las aguas filtradas del mar serán elevadas a la temperatura crítica antes de llegar a los 5.000 metros de profundidad. Esto representa una nota ventajosa para la teoría que, de lleno pasaremos a examinar.

Existe, una feliz y peculiar combinación de elementos geológicos en la comarca de B. Blanca; elementos continentales y submarinos de la plataforma continental, son la sede no solamente de potentes capas arenosas, portadoras de las aguas, sí que también se producen aquí fenómenos físicos y químicos que darían lugar a un proceso basado en el cambio de estado de aguas marinas que, por especiales conductos de la plataforma se infiltraría hasta alcanzar grandes profundidades, finalizándose el ciclo con la condensación de los vapores.

Este concepto implicaría la existencia de un basamento único para el continente y el zócalo submarino, constituido por rocas fuertemente fracturadas y capaces así de permitir la circulación de aguas y vapores. También deberíamos admitir que las diaclasas y fracturas que afectan la plataforma submarina no están del todo selladas sino que, por efectos especiales, durante las reaperturas póstumas, en la tardía fase de los movimientos, se rellenaron de un material de acarreo formándose brechas permeables o verdaderos filtros por donde bajan las aguas del mar.

Ya he ilustrado debidamente cómo sobre la urdimbre fuertemente fracturada se han asentado las potentes capas sedimentarias de la cuenca de B. Blanco-Río Colorado-Río Negro. También hemos visto cómo estos sedimentos sufrieron las fracturas verticales, durante el terciario tardío y el pleistoceno, con el reabrirse de las viejas fallas del basamento.

Mi hipótesis considera que las aguas marinas pudieron haber aprovechado en tiempos del pleistoceno o cuaternario inferior, las brechas de las fracturas que ya he dicho cortan la tabla submarina hasta más allá de los cinco mil metros de profundidad: las aguas han encontrado propicias condiciones de temperatura para su transformación en vapores.

A esa profundidad, las aguas de filtración marina alcanzarían la temperatura crítica (374 G° C.). Los vapores sobrecalentados inmediatamente comenzarían a subir por el intrincado complejo de grietas, hasta alcanzar

zonas de temperatura más baja donde se condensarían acumulándose, manteniendo una presión y una temperatura como las que se observan en el afloramiento de las aguas.

Un rol importante en el mantenimiento de la temperatura dentro de la capa acuífera deben jugarlo los fenómenos radiactivos propios de los elementos potásicos de los feldespatos y las arcillas que forman el techo y el piso de los yacimientos acuíferos de nuestro subsuelo. Así se explicaría porque las aguas acumuladas en la napa no se enfrían como lo establecieron los cálculos matemáticos de la física del calor.

La vecindad del basamento rocoso subyacente a la napa acuífera de B. Blanca que acorta el camino de los vapores y aguas condensadas para llegar a las arenas, explica su potabilidad.

La fuerte mineralización en cambio acusan las aguas surgentes termales del sur, aguas que tendrían el mismo proceso de generación que las del norte, o sea de las de B. Blanca tienen su explicación. En este sentido hemos de observar cómo la napa de Pedro Luro y Villalonga está encerrada dentro de potentes capas de sedimentos marinos, pertenecientes a la molasa Patagónica.

Sumariamente he bosquejado mi hipótesis que en homenaje al ilustrísimo señor Obispo de B. Blanca Mons. Dr. G. Esorto denominaré, de aguas neptúnicas. Tales las definió este distinguido prelado durante la ansiosa espera frente a la perforación en terrenos del seminario.

Empero, antes de terminar, he de analizar brevemente las tres principales objeciones que me fueron planteadas en círculos científicos de la capital federal.

1ra. objeción: las aguas marinas no pueden filtrar por las diaclasas o fallas por estar selladas.

Contesto: No todos los geólogos me opusieron este reparo y algunos de ellos admitieron la existencia de una brecha porosa, tal como lo expuse en el capítulo correspondiente. Agregaré ahora que el Dr. Lucas Fernández Navarro, catedrático de la Universidad de Madrid, abonando los conceptos de Daubrée y otros autores europeos no sólo admite la filtración de aguas superficiales de los continentes, circulando por las grietas profundas, sino que también ha fijado científicamente el límite inferior de filtración próximamente a los 15.000 metros de hondura. El detalle de todo esto está en mi anterior exposición.

2a. objeción: producido el cambio de estado del agua líquida próximamente a los 5.000 metros de profundidad, el vapor buscaría subir por el mismo camino de las aguas filtradas y no muy lejos de allí, enfriado, se condensaría volviendo a caer en la zona de ebullición.

Contesto: El complicado sistema de fracturas de las rocas cristalinas que forman el basamento a cinco mil metros afecta no solamente la zona filtrante de la plataforma submarina sino también la zona del mismo nivel,

y en comunicación del continente. En consecuencia las grandes masas de aguas que bajan hasta aquella profundidad invaden también las rocas agrietadas del basamento continental y por lo tanto un importante flujo de vapores ascenderán por los conductos de la masa continental por donde no bajan las aguas filtrantes.

3a. objeción: los vapores, necesitarán para su expansión un volumen mayor que el primitivo del agua líquida y podrían producirse fenómenos violentos.

Contesto: La acción telúrica violenta, a mi juicio quedaría descartada por la resistencia que opondría la presión de roca. Tal vez en tiempos remotos al iniciarse el ciclo pudieron haberse producido esas violencias que se habrían sumado a la acción tectónica que, durante el plioceno y el pleistoceno contribuyeron a los hundimientos póstumos y al mayor reabrirse de las viejas grietas. Empero, normalizándose el ciclo y cuando todos los caminos de la complicada red fisurada quedaron expeditos, la vaporización tiene que haberse llevado a cabo, como sería al presente en forma tranquila y permanente, como un flujo fijo, 2 steady flow por lo que se refiere a magnitudes cinéticas y de calor. Concepto este último que me fué proporcionado por el Ing. Víctor Bonavera, del cuerpo docente del Instituto Tecnológico del Sur, a quien agradezco la valiosa sugerencia.

Con el agregado de algunas informaciones importantes y sugerencias de proyectos para ser realizados en un futuro próximo, conjunto que he reunido en un Apéndice, doy por finalizado mi trabajo, abrigando la esperanza de haber contribuído, en mi modesta esfera a un mejor conocimiento del gran problema que interesa a Bahía Blanca.

APENDICE

Podemos calcular el volumen de agua que empapa las arenas de la gran napa surgente de B. Blanca, valiéndonos de la tabla de porosidad de las arenas, calculada por Buckley que le asigna un 30 o 40 por ciento. Ateniéndonos al mínimo y considerando el espesor de la napa en un término medio de 40 ms., la cantidad de agua concentrada en una sola altura nos daría la cifra de doce metros. En consecuencia el volumen total de nuestra napa surgente sería de $4300 \text{ Km.}^2 \times 0,012$ que es igual aproximadamente a 52 kilómetros cúbicos de agua o sea 52.000.000.000 de metros cúbicos.

Por otra parte cien pozos de 150 mil litros horarios de caudal, producen en un año alrededor de 130 millones de metros cúbicos.

Estos cien pozos agotarían por lo tanto la entera napa en 400 años.

Cada Km.^3 de granito desecado completamente a 200° C. y luego calentado al rojo dá de 25 a 30 millones de metros cúbicos de agua de constitución.

El volumen de la napa de agua de B. Blanca es de 52 mil millones de ms.³. Por lo tanto para llenar este volumen se necesitaría destilar alrededor de 2.200 kilómetros cúbicos de granito.

En consecuencia siendo la superficie de la napa de 4.300 Km.², se necesitará un espesor de 500 metros de granito sometido a la destilación, profundidad adecuada, distribuído en todo su basamento.

INDICIOS DE CARACTER QUIMICO QUE HABLAN EN FAVOR DE LA CIRCULACION PROFUNDA DE LAS AGUAS SURGENTES DE B. BLANCA

Los ensayos practicados muy seriamente por los Dres. Mauricio de Thierry y Pablo Lavenir, directamente a la salida de las aguas del primer pozo de Argerich en 1912 permitieron a estos sabios descubrir la presencia de gases raros cuales helio, argo, neo, xenon, cripto, que frecuentemente acompañan al nitrógeno. No siendo los gases raros otra cosa que productos de la emanación, se comprende que ha de haber relaciones estrechas entre su presencia y la radioactividad. A este propósito diré que más tarde el propio doctor de Thierry pudo comprobar emanaciones de torio en las aguas de Argerich.

La precaución de estos químicos al practicar los análisis en muestras recién recogidas del pozo se explica porque muy rápidamente las aguas termales pierden la característica de radioactividad y al cuarto día la muestra ya no tiene siquiera vestigios.

Lamento no reproducir en este trabajo el análisis y el comentario de estos químicos, por haberseme traspapelado la monografía. Ella puede consultarse en el tomo 8 N^o 1 año 1912 de los Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería —años 1904 a 1923—, porque es muy interesante señalar cómo desde hace cuarenta años estos trabajos científicos sobre las aguas surgentes de la gran napa le atribuían a las mismas una circulación muy profunda y en las condiciones que yo considero en mi hipótesis.

EXPLOTACION INDUSTRIAL DE LAS AGUAS MINERALIZADAS DE LA GRAN NAPA DEL SUR

Del análisis anterior se deduce que 150 metros cúbicos ⁽¹⁾ de estas aguas contienen disueltos la extraordinaria cantidad de 136 kilogramos de diversas sales en número de 21 distintos. El bromo se presenta como uno de los elementos que en mayor cantidad puede apreciarse disuelto en un agua mineral de las otras muy conocidas de otros países. Este hecho me induce a señalarlo a los efectos de que se estudie la fácil extracción de este preciado Halógeno con fines de aplicación industrial muy especialmente para el tratamiento de la nafta para aviación.

(1) La producción diaria del pozo de "Los Gauchos" es de 150 m³.

RIEGO PARA UNA GRANJA CON UN POZO SURGENTE DE 150.000 LITROS POR HORA

**Nota Ingeniero Agrónomo Sergio Carlos
Garrán, especial para la presente obra.**

El Ing. Carlos Wauters en su proyecto de irrigación de 300.000 Has. fiscales en el Partido de Patagones, tomando como base la información de la Chacra Experimental de Patagones (hoy Escuela Agrícola Provincial "Carlos Spegazzini") fijaba la dotación de riego en 0,25 litro por segundo y hectárea. Para el Alto Valle del Río Negro el Ingeniero Cipolletti consideraba suficiente una dotación de 0,30 litro por segundo y hectárea.

Teniendo en cuenta que en la latitud de esas zonas de riego del Río Negro el promedio de las lluvias anuales es de 250 mm., podemos considerar que esas dotaciones fijadas por Cipolletti y Wauters podrían ser la base para el cálculo que nos proponemos desarrollar, máxime si se piensa que el término medio de lluvia en Bahía Blanca es de 500 mm. Sin embargo, para mayor seguridad y abundancia estaremos en buen terreno si adoptamos la cantidad de 1 litro por segundo y hectárea, recordando asimismo la composición semiarenosa de los terrenos de esta zona. Con este punto de partida un surgente de 150.000 litros horarios podrá regar $\frac{150.000}{3.600} = 41,66$ Hs., redondeando 40 hectáreas.

Una granja de 40 Has. puede explotarse en forma mixta y con distintos tipos de explotación. Pongamos un tipo adecuado a los cultivos regiones.

Superficie	Especie	Produc. Ha.	Produc. total	Valor
20 Has.	Alfalfa . . .	20.000 Kgs.	400.000 Kgs.	\$ 120.000.—
5 „	Papa	15.000 „	75.000 „	„ 67.500.—
3 „	Maíz	2.300 „	69.000 „	„ 3.105.—
3 „	Vid	10.000 „	30.000 „	„ 30.000.—
2 „	Tomate	50.000 „	100.000 „	„ 135.000.—
2 „	Manzana . . .	22.000 „	44.000 „	„ 60.000.—
				\$ 415.605.—
5 „	Casa-habitación, caminos, corrales, avicultura, apicultura, etc.			
<hr/>				
40 Has.				

Los precios son actualizados y aproximados de acuerdo con la oferta y demanda de los mercados de consumo.

Sin contar los beneficios obtenibles de la avicultura, cunicultura, forestales, etcétera.

Resulta un promedio de \$ 10.000.— por hectárea y como entrada bruta.

APENDICE N° 2

EXPLICACION DEL ESQUEMA

Este esquema representa un corte vertical de Este a Oeste aproximadamente en la latitud de la isla del Monte Salinas Chicas. En costa marítima hasta Pedro Luro la explotación geofísica por gravimetría, acusó la presencia de una considerable

ESQUEMA DE UNA HIPOTETICA FILTRACION DE AGUAS SUBMARI-
NAS POR UNA FRACTURA CON BRECHAS HASTA 4 Y 5 MIL MTS.
SU VAPORIZACION, SU CONDENSACION EN CAPAS SUPERIO-
RES. GRADO GEOTERMICO 14 MTS. IGUAL 70°. DE AUMEN-
TO CADA MIL MTS. DE PROFUNDIDAD.-(62° EN B. BLANCA-
80° EN VILLALONGA).-

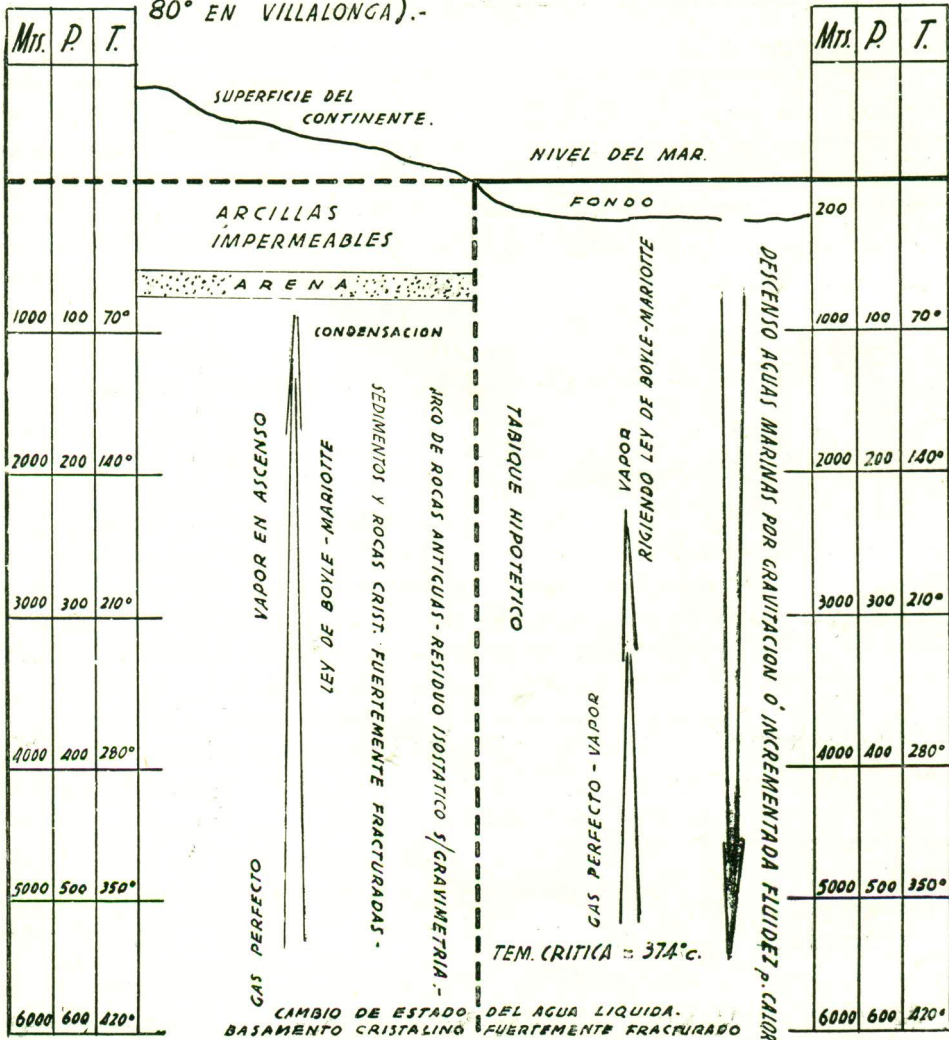


Fig. 12

masa de rocas antiguas sumergidas en el mar. Sería un arco siálico, residuo isostático en el conjunto tectónico de la zona de hundimiento.

Lógicamente podríamos referir este arco como un apéndice del que, escondido debajo de los sedimentos, viene desde Cabildo, Bajo Hondo y Las Rocas de Monte Hermoso, punto costero donde la restinga señala claramente el rumbo del arco subyacente cuya continuación puede conjeturarse en la sierra sumergida en la isla de la Gama y Punta Rubia, en la Bahía de San Blas. Yo me permito señalar nuevamente la probable existencia de esta sierra submarina, preconizada por el Dr. Lutz Witte, tal como lo he dicho en otro lugar.

Este arco, que cerraría por el Este la gran cuenca acuífera, podría funcionar cual tabique separador entre la zona de filtración de las aguas marinas y la masa profunda del subsuelo continental, por cuyas complicadas litoclasas ascenderían los vapores. Estos serían generados en el basamento cristalino profundo también fuertemente fracturado y que es común a la zona de filtración y a la región de ascensión.

Armonizando estos hechos y comprobaciones no sería difícil imaginar un esquema como el de la figura 12, del probable mecanismo que utilizarían las aguas marinas en su complicado recorrido por conductos que aparentan ser como gigantescos sifones sin que, naturalmente, se establezcan las corrientes propias de esta clase de aparatos: Las leyes físicas de los gases y del vapor serían las que regirían para el proceso hipotético, especialmente la de Boyle-Mariotte.

Durante el mes de junio y últimamente en el de setiembre del corriente año, tuve oportunidad de entrevistarme en la Capital Federal, con algunos geólogos y geofísicos, entre ellos los Dres. H. Harrington, Carlos de Ferraris y al Ing. Rodolfo Martín y con algunos químicos, muy especialmente con los Dres. Juan L. Landaburu y Juan Favelukes. Con estos últimos y con el Ing. Martín mantuve muy largas conversaciones las que provocaron discusiones no siempre concordantes en algunos aspectos del complicado e hipotético proceso que comporta mi teoría, concordando sin embargo en el concepto, de que esta iniciativa teórica tendría la virtud de provocar un debate provechoso sobre un asunto que, al parecer resolvería la cuestión de la inagotabilidad o no de las aguas surgentes de Bahía Blanca.

APENDICE N° 3

NOTA ESPECIAL DEL PROF. ING. CONSTANTINO MOSCU

1) — El estudio de las napas acuíferas mencionadas, según los conceptos y la técnica actuales, aparece como insuficiente.

Tanto desde el punto de vista geológico como hidrológico, hacen falta: una prospección geofísica adecuada, completada con perfilajes eléctricos; medición continua de las temperaturas en los pozos hasta las profundidades máximas alcanzadas, por lo menos en algunos; trazado de curvas isofreáticas, de la variación del buzamiento de las napas y del gradiente de presión; mapas de la permeabilidad de las rocas; etcétera.

En la boca de los pozos debería registrarse la variación de la temperatura (con termógrafos eléctricos, por ejm.), de la presión y del caudal (caudalímetros registradores).

Sobre las aguas se suele hacer también, además de la determinación cuidadosa de la composición química, la determinación de la densidad, de la presión osmótica, del punto de congelación, de la conductibilidad eléctrica, de la viscosidad y de la radioactividad, de una manera sistemática, por lo menos durante un cierto período de estudio.

El resultado de tales mediciones y determinaciones daría respuesta a muchos puntos imprecisos, oscuros o contradictorios que aparecen en las publicaciones que se han hecho sobre las napas acuíferas de Bahía Blanca.

Así, por cálculo resulta, para el grado geotérmico relacionado con las napas de 711 m. y 200-230 m. de profundidad un valor que varía de 13 a 15 m., mientras que por la napa de 560 m. de profundidad resultaría de 31,14 m. (véase R. Wichmann, op. cit. pág. 28). Lo mismo podría constatarse si se tratara de una corriente freática, como pretenden algunos autores o de un depósito freático, de aguas homotermales o heterotermales, si hay caudales de aflujo adicionales o perdidos en la napa, variaciones cíclicas ligadas a varios factores (lluvias, mareas, etc.).

En cuanto a la profundidad de proveniencia de las aguas, hago mención de la afirmación de Suess, comprobada en buen número de casos, de que las aguas juveniles están caracterizadas por la presencia de fluor (F') o del ácido metabórico (HBO_2). En los análisis de las aguas de Bahía Blanca, se indica a veces el F' en proporciones relativamente elevadas, lo que podría ser una base para considerar estas aguas como "juveniles", según la definición de Suess. No he encontrado ácido bórico en los análisis que han llegado a mi conocimiento.

A. Desio da una fórmula (Geología applicata all'ingegneria. Hoepli-1949-pág. 293):

$$P = P_v + (t - t_v)g_t$$

en la cual: P=profundidad mínima de la cual pueden provenir las aguas termales; aguas geotermales vadasas;

P_v = profundidad de la napa a temperatura variable;
 t = temperatura media del agua termal;
 t_v = temperatura media externa; y
 g_t = grado geotérmico.

2) — La observación de los caudales de los pozos perforados está estrechamente ligada al concepto de agotabilidad o inagotabilidad de la napa, y en este sentido cabe señalar dos puntos importantes:

- a) El pozo recién terminado en "Normandie" a pesar de tener el mismo diámetro que los anteriores (5 pulgadas), no da sino un caudal de 30 m³/hora, en lugar de los 150 m³/hora, que se esperaban (115 m³/hora por ejemplo en la "Lanera San Blas").
- b) Se habrá notado —según varias personas calificadas— una disminución de caudal aproximadamente 10 % en el último año en todos los pozos de Bahía Blanca.

Asimismo, teniendo en cuenta la afirmación de Kampe (Handbuch der Hydrologie - Bd. II - 1934) sobre la inexistencia de caudales constantes, estas constataciones constituyen una grave advertencia para el futuro de las napas que nos preocupan.

Claro es todavía que sobre el caudal de los pozos y su duración, influye considerablemente la existencia o no de un plan racional de conjunto de explotación: ubicación y densidad óptima de los pozos, control artificial del

caudal (1), métodos técnicos perfeccionados de perforación, terminación como pozos permanentes y aumento de caudal, con máxima recuperación (véase por ejemplo, *Ground Water* by E. W. Benninson Pub. E. E. Johnson - 1947).

El caso del pozo perforado en la fábrica "Manera", cuyo caudal ha caído bruscamente a sólo 50 m³/hora como consecuencia de algunos incidentes de naturaleza técnica, es concluyente en este sentido.

Los resultados que se obtendrán en el pozo B. Blanca N° 5, cuya perforación debía iniciarse el 10 de noviembre de 1952, serán nuevos elementos de juicio respecto a la potencialidad de la napa.

Los estudios sugeridos, perfeccionados y detallados, implicarán naturalmente gastos, concentración y organización de esfuerzos y de conocimientos, pero visto la importancia capital de la cuestión para la existencia misma de la ciudad y su zona, me parecen que deben ser ejecutados con toda prioridad y con el concurso, en cuanto sea necesario, de todas las fuerzas de esta zona.

3) — A título puramente informativo y con relación a la hipótesis del Ing. D. Pronsato, sobre la formación de las aguas en las napas profundas, diré que algunos trabajos modernos explican ciertos casos de circulación de materia con conceptos nuevos.

Así, el aporte de elementos químicos desde grandes profundidades estaba anteriormente atribuido a la acción de los gases o "fumarolas", término inspirado en el vulcanismo. Pierre Termier había creado la expresión sugestiva de "columnas filtrantes" para interpretar el metamorfismo de las rocas acompañado de "aportes de elementos" que interesa a veces, masas inmensas de terrenos sedimentarios.

Actualmente se ha comprobado que hay substituciones en fase sólida (teorías de Raoul Perrin, experiencia de Albert Michel-Lévy y Jean Wyart), pero además se han emitido hipótesis diversas para tales fenómenos: soluciones circulando a través de los orificios capilares (pore solution de Haker), o a lo largo de las juntas de los cristales, películas intergranulares de Wegmann, o, en fin, difusión de iones en las mismas redes cristalinas. Bahía Blanca, noviembre de 1952.

Ing. CONSTANTINO MOSCU

Profesor de Mineralogía y Geología en la Escuela de Química Industrial y de Industrias Extractivas en la Escuela de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico del Sur.

(1) A. Desio, en el capítulo sobre "Napas acuíferas ultraprofundas o geotermales" (op. cit. - pág. 229), dice textualmente: "En la práctica estas napas pueden ser consideradas como semejantes a depósitos hídricos subterráneos y su explotación debe ser por lo tanto circundada de mucho cuidado para evitar su rápido agotamiento. Los pozos, por lo menos en un primer tiempo, deben ser muy distanciadados los unos de los otros, especialmente en la dirección presumida del movimiento de las aguas y la surgencia contenida entre límites modestos. Deben ser mantenidos bajo control los caudales a fin de establecer la influencia recíproca de los pozos y las eventuales disminuciones de la presión."