

# SALINAS DEL BEBEDERO Y YO

## - Una parte de mi historia -

...Estamos construyendo esta página ...

### INTRODUCCIÓN

**A** 30 años de haberme recibido de Geólogo, siento la íntima necesidad de hacer una mirada retrospectiva para contar mucho de lo vivido desde entonces en pos de los objetivos planteados para llevar adelante esta profesión de la que he hecho mi bandera. Y más me siento impulsado a contarlo ahora que el ámbito académico de la Universidad Nacional de San Luis tan generosamente me ha dado cabida. Porque los últimos veinticinco años de mi vida profesional los he desarrollado en esta acogedora provincia, en el ambiente geográfico-geológico de las *Salinas del Bebedero*.

Salinas del Bebedero apareció en mi vida de Geólogo de una manera insospechada, aunque con algo de mágico que me atrapó desde el primer momento. Porque algo de magia motivó su aparición en mi vida. De otro modo, cómo explicar el comienzo de esta historia?

Una mañana como tantas, durante el invierno de 1.978, preparándome para ir a mi trabajo como Geólogo en la sucursal Bahía Blanca del ex-Banco Nacional de Desarrollo (BANADE), en el desayuno con mi esposa América le conté que había soñado con un viejo y querido amigo, también Geólogo, [Arturo Corte](#), quien vivía en Mendoza. Ella, asombrada, me dijo que también había soñado con Arturo, aunque su sueño era mucho más detallado que el mío: en el mismo, Arturo le pedía que como Bióloga, estudiase el significado paleoclimático de unos pequeños moluscos gasterópodos (´caracoles´) que aparecían en cantidad en alguna laguna no bien definida en su sueño.

Para nuestra agradable sorpresa, al medio día cuando regresé a almorzar a casa, había llegado una [carta de Arturo](#). Para completar la sorpresa, Arturo, quien a la sazón dirigía el Instituto Argentino de Nivología y Glaciología (IANIGLA) sito en Mendoza, me invitaba a trabajar con él durante el verano próximo, en distintas tareas de campaña en la Cordillera. Asimismo a América le comentaba que había visitado [Salinas del Bebedero](#), donde había encontrado antiguas líneas de costa (´terrazas´), e infinidad de pequeñas conchillas de moluscos gasterópodos (´caracoles´) en los sedimentos de las mismas. Caracoles que dibujaba en su [carta](#), ofreciéndole a ella que estudiase el significado paleoclimático de la presencia de esos caracoles en el antiguo lago que evidentemente, alguna vez había ocupado la depresión de la actual Salinas del Bebedero. Ni más ni menos, una verdadera materialización de su sueño de la noche anterior.

Así fue como a principios de 1.979 aparecimos ambos en Salinas del Bebedero. América fue a estudiar los caracoles y yo fui a colaborar, buscando evidencias geológicas y geomorfológicas de la evolución del antiguo lago. Ella luego dejó la Biología y se volcó con todo a la Medicina y a la Cardiología, destacándose internacionalmente. Pero yo quedé ´enganchado´ para siempre, sin poder cortar el vínculo con esa salina que me atrapó. Si estuviese en Corrientes, podría decir que esta salina *tiene payé* !!. ´Tiene algún embrujo del cual no pude escapar; o quizá nunca quise hacerlo. A lo mejor el asunto pasa porque, como me escribió una colega y gran amiga, Eva Donnari, Salinas del Bebedero es [´...el corazón de esta tierra!!´](#)

Desde entonces escuché muchas historias lugareñas compartiendo ruedas de fogón y caminatas con la gente de la Salina. También y afortunadamente, pude estudiar mucho sobre los ambientes actuales y los paleoambientes de San Luis, de la Argentina y del mundo. Hice muchas investigaciones de campo y de laboratorio y escribí muchos trabajos científicos sobre Salinas del Bebedero. Trabajos que han aportado su granito de arena al reconocimiento de la evolución del clima y de los ambientes de Argentina y del mundo y que además sirvieron para lustrar mi ego, como cuando me nombraron miembro de la [Asociación Americana para el Avance de las Ciencias](#) o de la [Academia de Ciencias de Nueva York](#).

De los más de cien artículos que he publicado solo o en colaboración, en revistas científicas argentinas y de otros países y como capítulos en libros especializados, más de [una veintena de ellos](#) se ha referido directa o indirectamente a Salinas del Bebedero y es por ello que ésta trascendió las fronteras de nuestro país y tiene reconocimiento internacional, dada la cantidad y la calidad de la información científica referente a la evolución del clima mundial, que guarda en sus registros geológicos.

Vinculado a ese tema y en el contexto de mis investigaciones científicas, fui invitado a participar como miembro de un gran proyecto de alcance mundial para investigar la evolución del clima en el mundo durante el pasado geológico. Proyecto que sirve como base para predecir la evolución natural que tendrán los ambientes de todo el planeta. Este proyecto, denominado *Programa Internacional Geosfera-Biosfera* y patrocinado por las Naciones Unidas, centró sus tareas en seis campos básicos de acción. Uno de éstos, el llamado *Past Global Changes* ([PAGES](#)) se encarga de estudiar las oscilaciones ambientales y climáticas ocurridas en el pasado geológico [\[1\]](#) cercano( ).

Para hacer un estudio comparativo de todos los ambientes del planeta, el PAGES dividió sus tareas de investigaciones de campo en tres transectas que abarcan todo el globo de polo a polo, por lo que se las denominó *Pole-Equator-Pole (PEP) transects*. Así quedaron tres grupos

bien definidos, denominados PEP-1, PEP-2 y PEP-3. El primero, liderado en su momento por la Dra. Vera Markgraf de la Universidad de Colorado (U.S.A.) y en el cual colaboré directamente, desarrollaría sus tareas de polo a polo a lo largo de las tres Américas. El segundo haría lo propio a lo largo de Asia y Oceanía y el tercero lo haría a lo largo de Europa y Africa.

En el PEP-1 participé como miembro del [comité directivo](#). El primer proyecto de investigación que se presentó en el ámbito del PEP-I, fue el estudio comparativo de la evolución experimentada por el clima en cuencas lacustres favorables por la calidad y la cantidad de información paleoclimática ya conocida para ellas. En principio se seleccionaron cuatro cuencas lacustres en el extremo sur sudamericano, bajo el nombre de [Patagonian Lake Drilling Project](#), donde una de esas cuencas fue Salinas del Bebedero, como no podía ser de otro modo. En 1.997, [un grupo de científicos integrantes del PEP-1](#), hizo su primera visita al lugar.

Pocas semanas después, con un equipo de perforación manual provisto por Frank Schaebitz, científico de Alemania, hicimos cuatro perforaciones alcanzando los diez metros de profundidad en cada una, para extracción de muestras de sedimentos con la finalidad de analizar en ellos su contenido de polen, diatomeas, carófitas, ostrácodos, foraminíferos y todo otro

[2]

*microfósil*( ), que pudiese indicar los estadios evolutivos por los cuales pasó el antiguo lago que alguna vez ocupó la depresión de Salinas del Bebedero, hasta llegar a ser una verdadera salina natural. Los resultados preliminares del análisis conjunto de estas perforaciones, fueron presentados en una reunión científica celebrada en U.S.A. durante 1.998.

## LOS 'SECRETOS' DE SALINAS DEL BEBEDERO

**R**ecuerdo nuestro primer viaje desde Mendoza a Salinas del Bebedero por la ruta 7, en un Citroën 3CV. A la distancia en el tiempo, pienso que los viajes en mula de los geólogos pioneros como Wichman, Windhausen, Groeber y tantos otros, no habrán sido mucho más lentos. Con el sol del atardecer a nuestras espaldas, veíamos 'ahí nomás' las suaves elevaciones de la Cerrillada de las Cabras y de Alto Pencoso, aunque parecía que nunca las alcanzaríamos.

Al fin, de noche ya, llegamos al campamento salinero que CIBA y Dos Anclas tienen en la orilla norte de Salinas del Bebedero. Sus jefes, algo asombrados por lo insólito de nuestra llegada a esas horas (no les habíamos informado de nuestro viaje), pero solícitos, como lo fueron siempre en las reiteradas oportunidades en que luego aparecimos por el lugar, nos dieron alojamiento en una casa recién construida, a la cual estrenamos. Y al día siguiente, con el sol implacable que desde tiempos geológicos calcina esos parajes, salimos a recorrer las cercanías.

América no tuvo problemas en identificar sus 'caracoles', los que abundaban en los sedimentos de las antiguas playas lacustres, en el borde norte de la depresión y a unos veinticinco metros por

sobre el fondo actual de la salina. Problema serio era el mío, para ubicarme e interpretar las geoformas locales en el contexto regional. Sin antecedentes bibliográficos a mano, sin cartografía de ninguna especie, sin fotografías aéreas o imágenes satelitales (las que por otra parte en ese entonces eran una novedad muy cara) y con una vegetación arbustiva que me ocultaba el horizonte al separarme a poca distancia de las orillas de la salina, no era 'moco de pavo', como le gustaba decir a Arturo, saber donde estaba parado, geomorfológicamente hablando.

En casi dos semanas, a veces solos con América y a veces acompañados, rodeamos toda la salina por senderos insospechados, algunos intransitados por años, a juzgar por los alpatacos crecidos en medio de las huellas (alpatacos que motivaron más de un rezongo durante las mañanas, cuando al levantarme encontraba uno o más neumáticos del 3CV desinflados por la pinchadura de sus espinas). Hice numerosas calicatas a pala y tomamos cantidades de muestras de sedimentos y de caracoles. Muestras que al regresar al IANIGLA y ser analizadas, dieron motivo para el asombro y para largas discusiones científicas durante mucho tiempo, como ya les contaré.

En poco más de un mes regresamos a Salinas del Bebedero con una puntita del ovillo en nuestras manos: habíamos conseguido una vieja plancheta (mapa) regional levantada por la Dirección Nacional de Minería; habíamos conseguido las fotografías aéreas del lugar, gracias a la colaboración de la Dirección de Catastro y Geodesia de San Luis. Y oh! asombro para aquél entonces: habíamos conseguido una imagen satelital LANDSAT a escala 1:500.000! Aunque eso no era lo más importante. Lo más importante era que volvíamos con una **hipótesis de trabajo** basada en el análisis de las muestras previamente tomadas y en el intento de correlación de los perfiles observados en las distintas calicatas hechas en toda la periferia de la salina.

Esa hipótesis de trabajo se convirtió en el '**gran secreto**' que debíamos intentar sacarle a la salina: Era evidente que la depresión había sido ocupada por un gran lago. Ahora bien, el 'gran secreto' estaba integrado por la respuesta a dos preguntas. La primera de ellas, era: ¿Cuántas veces la depresión fue ocupada por ese gran lago y cuándo ocurrió cada episodio lacustre?

Las antiguas playas a más de veinticinco metros por encima de su fondo actual, indicaban a las claras la existencia de varios episodios lacustres elevados. Y los caracoles más abundantes, que resultaron ser de la especie *Chilina parchappi* (D'Orbigny), nos decían que el agua debió ser clara y muy oxigenada, probablemente bien ventilada por oleaje generado ante vientos importantes. Y aquí aparece la segunda pregunta: ¿Cuándo había llegado tanta agua a esta depresión, como para albergar un gran lago y cuál era la procedencia de la misma?

Algunos habían mencionado que la salina tuvo mucha agua en tiempos pasados no muy lejanos. Santiago Avendaño contó (y su relato nos llegó en los escritos que hizo Estanislao Zevallos en 1.878), que al huir de los indios allá por 1.847, la laguna del Bebedero tenía mucha agua, aunque muy salobre. Algo parecido había dicho el naturalista francés Martín De Moussy, poco más de

una década antes.

Hacia 1.914, Gerth, Geólogo de la Dirección Nacional de Geología, Minas e Hidrogeología, supuso que antiguamente el arroyo Bebedero era efluente desde el lago del Bebedero hacia el río Desaguadero. Según su hipótesis, una posterior aridización del clima habría permitido que por un lado se secase el lago y que por otro lado el cauce del arroyo Bebedero se cegase con sedimentos eólicos, invirtiéndose luego el flujo del mismo desde el río Desaguadero hacia la salina.

Posteriormente Luis Delétang, también investigador de la Dirección Nacional de Geología, Minas e Hidrogeología, en aquél que quizá fue el primer trabajo científico serio dedicado al reconocimiento de las sales de esta salina, allá por 1.929 compartió la hipótesis de Gerth. Además de señalar que el complejo de lagunas de Guanacache solo tenía apreciable cantidad de agua en años de deshielos extraordinarios, remarcó que el río Desaguadero solo salía de Guanacache con apreciable caudal de agua en años de crecientes que catalogó como "anormales" por su gran magnitud.

El mismo Delétang encontró tan árida la región de Salinas del Bebedero y tan carente de agua a la depresión, que descreyó de lo apuntado por aquellos naturalistas como De Moussy, respecto a que la misma hubiese tenido una cantidad apreciable de agua durante el siglo anterior. Al respecto, Delétang (1.929. p. 4) escribió: *"...autores hay que, al hablar de la 'Salina del Bebedero', - constituida por extractos (sic) salinos acumulados por fenómenos de arrastre - consideran a ésta como siendo un verdadero 'lago' sometido a un régimen de grandes crecientes. Este concepto erróneo debe responder a que muy pocos son los descriptores que se aproximaron a la región, concretándose a describirla con solo datos ajenos o desde las alturas de la Sierra de Chorrillos..."*

## Primer Secreto

**Y** desde aquél entonces, qué nos fue contando poco a poco la salina? En primer lugar y cubriendo un amplio sector al sudoeste de la salina, observamos un extenso campo de dunas longitudinales, cuyo rumbo Sudoeste-Noreste indica la dirección de los vientos dominantes durante su formación. Podemos además observar que ese campo de dunas termina abruptamente hacia el noreste, en coincidencia con las costas más elevadas del antiguo lago que ocupó la salina.

Alguien podría argumentar que quizá las dunas fuesen anteriores al lago y que al crecer éste, dejó marcadas sus costas sobre las dunas. Pero el hecho de que sobre el borde norte de la depresión se encuentren antiguas crestas de playa portadoras de los sedimentos más gruesos y representando los niveles más elevados del paleolago, también coincide en indicar que la dirección dominante de los vientos cuando se formaron las mismas, era de Sudoeste a Noreste. Esto nos develó

entonces el **primer secreto** respecto a la hidrología local: **cuanto más agua existió en esta depresión, las evidencias locales indicaban la existencia de mayor aridez en la periferia de la salina**. Esto, que pareciera sonar paradójico, se nos hizo perfectamente explicable a la luz de otras investigaciones que fuimos haciendo en todo el extremo sur sudamericano y que luego mencionaremos.

## Segundo Secreto

**A**l ´revolver´ insistentemente los sedimentos (arenas de distinta granulometría y gravas finas) de las antiguas playas del sector norte, encontramos fragmentos rodados de piedra pómez (pumicita) de color blanco. Estos eran similares a los que abundan en algunos lugares de la cordillera mendocina([3]) y a los que las crecientes extraordinarias del río Desaguadero suelen transportar flotando hasta el mar, a través de los ríos Cura-có y Colorado. Esos fragmentos aparecen profusamente a lo largo de las riberas actuales del río Desaguadero y por la misma causa también aparecen en abundancia en las antiguas crestas de playa de algunas costas atlánticas bonaerenses como las del interior del estuario de Bahía Blanca([4]).

Estos fragmentos rodados de pumicita nos dieron un primer indicio de que el agua que se había acumulado en esta depresión para formar ese antiguo, enorme lago, podía ser de procedencia lejana: habría llegado desde los Andes, tal como lo postulara en su trabajo el mencionado Delétang, penetrando a la salina por el arroyo Bebedero, quien habría captado el agua de ocasionales derrames del río Desaguadero. Y esto se constituyó en el **segundo secreto hidrológico**, en principio planteado como hipótesis: **al menos una gran parte del agua que llenó la depresión actualmente ocupada por Salinas del Bebedero, pudo provenir de la Cordillera de los Andes**.

## Tercer Secreto

**P**ara reafirmar la veracidad de ese segundo secreto, se nos hizo imprescindible analizar la zona de eventuales derrames del río Desaguadero, a fin de evaluar bien esa posibilidad y entre otras cosas, definir porqué en el presente el único aporte de agua del arroyo Bebedero a la salina procede de la efluencia de aguas subterráneas de acuíferos de su cuenca local (= cuenca de San Luis). El área a recorrer era inmensa, aunque ya el 3CV había pasado a ser historia casi reciente. Para esta nueva contingencia contábamos con una rural Renault 12 Break facilitada por el mismo IANIGLA. Con ésta pudimos transitar por toda la zona casi como si lo hubiésemos hecho a caballo, aunque en forma menos ´heroica´.

En primer lugar comprobamos que los movimientos recientes de la corteza terrestre en toda la

región involucrada, son muy activos. Tan activos como los que señaló en su oportunidad el Dr. Jorge Polanski (1.963) para la región extra andina de la provincia de Mendoza. Baste decir por ejemplo, que la depresión ocupada por la actual Salinas del Bebedero fue formada por un bloque de la corteza terrestre que paulatinamente se hundió a lo largo de varias fracturas corticales.

Asimismo han sido tan activos como para que sobre el tramo inferior del río Tunuyán, como se observa en las imágenes satelitales de la región, se haya formado una secuencia de abanicos aluviales, los cuales han motivado que el Tunuyán migrase muchas decenas de kilómetros hacia el sur, confluyendo actualmente en el río Desaguadero al sur de Mosmota y cerca de la desembocadura del río Diamante, cuando no hace mucho tiempo, hablando en términos geológicos, desembocaba en el mismo al norte de la laguna de Silverio.

Inclusive geólogos que estudiaron el comportamiento tectónico en escala regional, como Criado Roque, Mombrú y Ramos (1.981), coincidieron en indicar que el desarrollo del cauce del río Desaguadero está controlado por una mega fractura geológica que siguiendo con rumbo nor-noroeste, pasa por el Valle Fértil en la provincia de San Juan y continua su desarrollo penetrando en el territorio de Chile. Por lo tanto puede concluirse en que no fue casual que el violento sismo ocurrido en Caucete (San Juan) durante 1.977, se sintiese con tal intensidad en Salinas del Bebedero; tanta como para producir daños estructurales en algunas construcciones de la empresa salinera local.

Por otra parte comprobamos que el transporte de arenas y otros sedimentos finos por parte del viento también fue y es muy activo, dada la extrema aridez de toda la zona, la cual atenta contra la protección vegetal de los suelos (hecho a su vez agravado recurrentemente por incendios de diferente magnitud). Estos sedimentos son tomados por el viento desde las playas fluviales y desde los numerosos cauces inactivos sobre los cuales no crece vegetación alguna y son transportados hasta ser depositados formando dunas de diversos tamaños.

Estas dunas frecuentemente cubren los cauces temporariamente abandonados y dificultan el posterior flujo de agua por ellos. Aunque es bueno aclarar que con esto no descubrimos nada nuevo, porque ya lo había señalado J. W. Gez en su clásica *Geografía de San Luis* del año 1.939. Vemos así que en la zona coexisten dos procesos morfogenéticos origen muy diferente: uno de origen endógeno, como el tectónico y otro de origen exógeno, como el eólico.

Y ambos son potencialmente capaces de cambiar la configuración del relieve en muy poco tiempo, como para aislar una cuenca de otra, o como para unificar cuencas que pudieron estar separadas recientemente. Esto se constituyó entonces en el **tercer secreto hidrológico: la configuración de las cuencas hídricas regionales puede cambiar notablemente en corto tiempo; aún en el corto tiempo involucrado en las vidas humanas.**

## Cuarto Secreto

**A**hora bien, luego de todo este análisis, ¿cuál fue la otra condición fundamental para que desde el río Desaguadero pudiese llegar agua por el arroyo Bebedero hasta la salina homónima? Esta, por obvia, no es menos importante: para que a la Salina del Bebedero llegue agua desde el río Desaguadero, es imprescindible que por este río circule un caudal de agua que exceda las posibilidades de su cauce, inundando su extensa llanura aluvial, desarrollada sobre los abanicos aluviales que formó ese río.

Ya en 1.929, el mismo Delétang había señalado que los ríos Mendoza y San Juan aportaban mucho menos caudal que en otras épocas, a las lagunas de Guanacache. Asimismo había señalado que el río Desaguadero pudo tener significativo caudal efluente desde esas lagunas, *“...solo en épocas de crecientes anormales.”* Esto nos permitió descubrir **el cuarto secreto hidrológico: el agua del río Desaguadero solo pudo encauzarse por sus propios medios hacia Salinas del Bebedero, en años de crecientes extraordinarias.**

## Quinto Secreto

**N**os dábamos cuenta de que ya estábamos más cerca de la solución; solo nos restaba conocer realmente **CUÁNDO** habían ocurrido tales crecientes extraordinarias. Esta pregunta en sí misma, aunque era parte de nuestra hipótesis de trabajo inicial, parecía encerrar más misterios que todos los demás secretos de la salina, juntos. Para buscarle respuesta, formulamos una nueva **hipótesis de trabajo** surgida del segundo secreto de la salina: si tales crecientes extraordinarias provinieron de la Cordillera de los Andes, las mismas podrían haber estado vinculadas a importantes episodios de desarrollo de glaciares en aquellas montañas.

Mientras tanto seguíamos estudiando todos los elementos de juicio que nos brindaba la salina. Merced a los buenos oficios del Dr. Rosendo Pascual, a quien dedicaremos una parte importante de este escrito, los primeros ‘caracoles’ que habíamos coleccionado fueron a parar al Laboratorio de Tritio y Radiocarbono de la Universidad de La Plata (LATYR). Este laboratorio se dedica a analizar la edad de restos fósiles adecuados, mediante el método geocronológico del Carbono-14. Hacia la misma época y por esos avatares del destino en los cuales también fue decisivo mi contacto con Salinas del Bebedero, ingresé a la Carrera del Investigador Científico del CONICET, como contaré poco más adelante.

Y por una razón que ahora considero que no fue casual, comencé a actuar como Investigador Científico precisamente en el otro laboratorio de Carbono-14 existente en Argentina: el perteneciente al Instituto de Geología y Geocronología Isotópica (INGEIS), sito en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Allí pude seguir reconociendo

las edades de cada una de las muestras de 'caracoles' obtenidas en diferentes niveles estratigráficos reconocidos en Salinas del Bebedero. Y a medida en que íbamos obteniendo edades isotópicas para los distintos sedimentos portadores de esos 'caracoles', el rompecabezas iba tomando forma.

Hasta que un día quedaron reconocidas las edades de cada uno de los más importantes momentos en que el lago del Bebedero estuvo lleno de agua; momentos representados por crestas de playa y sus sedimentos, portadores de los 'caracoles' que empleamos para el estudio de las edades. Para sorpresa de muchos y para mi satisfacción por la confirmación de la hipótesis, las edades isotópicas indicadas por el Carbono-14, coincidían con una gran cantidad de edades similares obtenidas en todo el mundo para los momentos en los cuales ocurrieron los episodios de desarrollo más importantes de la última gran glaciación del Pleistoceno. En la Tabla 1 se muestran las edades obtenidas para los mayores estadios lacustres de Salinas del Bebedero, comparados a modo de ejemplo, con los estadios glaciares reconocidos en la Cordillera del sur de Chile.

Aunque esos no fueron todos los secretos hídricos que nos contó la salina. Hubo uno que nos costó sacarle, pero al final nos lo dijo con ese lenguaje tan suyo, solo apto para iniciados. En principio fuimos afianzando la confirmación de la última hipótesis, porque las evidencias seguían indicando que **cada vez que la depresión estuvo llena de agua, alcanzando ésta a tener muchos metros de profundidad, el planeta estaba soportando un gran enfriamiento:** durante esos momentos, en la Tierra estaba ocurriendo una glaciación!

Pero un día encontramos evidencias de campo que nos decían que en una oportunidad también existió un lago bastante grande, aunque no hallamos evidencias regionales que indicasen para ese momento, la ocurrencia de un enfriamiento importante ni de un episodio importante de aridez. Ese momento ocurrió hace unos 11.600 años atrás, de acuerdo a las edades que el Carbono-14 nos indicó a través del análisis isotópico de los caracoles que vivieron en esa oportunidad.

¿Y qué había ocurrido con el clima mundial en ese entonces? Los estudios realizados por distintos investigadores de múltiples disciplinas alrededor del planeta, coincidían en indicar que para ese entonces hacía unos cuantos siglos que la última glaciación del Pleistoceno, o sea el último gran enfriamiento del planeta, había terminado. Con ello había terminado también la aridez generalizada que había dado lugar a la formación de las dunas longitudinales actualmente fosilizadas, presentes al sudoeste de la salina, a las cuales habíamos mostrado en la lámina 12.

En ese entonces el planeta había comenzado a transitar por una especie de bonanza climática con mayores temperaturas y precipitaciones, que algún investigador como Richard F. Flint en U.S.A., bautizó con el nombre de *Optimum Climaticum*. Sudamérica no había sido excepción a ello. En estas latitudes, como hemos demostrado hace más de una década con el climatólogo y amigo Juan

Minetti, al calentarse el planeta cedió la influencia del Anticiclón del Pacífico y cobró importancia el Anticiclón del Atlántico.

Ambos anticiclones dominan la circulación atmosférica sobre el extremo sur sudamericano. El Anticiclón del Atlántico emite vientos húmedos sobre nuestro continente y, a diferencia con los vientos que provienen del Pacífico, aquéllos no chocan con ninguna cadena montañosa (como los Andes, en el caso de los vientos provenientes del Pacífico) y recorren el continente con toda su humedad.

De ese modo, cada vez que encuentran condiciones atmosféricas favorables para ello, condensan su humedad y generan precipitaciones. Por tal razón y debido a esas lluvias, es que en aquella oportunidad y puede decirse que como una excepción a la norma, **hace unos 11.600 años atrás, el lago del Bebedero creció de modo importante con el aporte de aguas de lluvias caídas en su cuenca de San Luis.**

Este fue el **quinto secreto hídrico** que nos contó la salina. Secreto cuya verdad se fue afirmando cuando el estudio de otras localidades de Argentina como *Empalme Querandíes* (Olavarría, provincia de Buenos Aires) nos mostró evidencias similares, ocurridas durante el mismo momento.

## Sexto Secreto

**E**s altamente probable que en aquél entonces y debido a un probable incremento relativo en las precipitaciones de la cuenca local, haya llegado agua por la Cañada de Balde hasta la depresión de 'El Barreal', ubicada inmediatamente al norte de Salinas del Bebedero.

También es probable que desde El Barreal existiese infiltración y flujo subterráneo hacia aquélla. También es altamente probable que el río Chorrillos (o Seco; o San Luis, como se ha dado en llamarlo últimamente) y los demás cauces que desde Sierra de los Padres, Sierra del Tala y Sierra Charlone, se desarrollan hacia el oeste, hacia Salinas del Bebedero (lámina 15), hayan tenido caudales apreciables, aunque sin llegar a la salina por la superficie. Todos esos cauces en su marcha hacia el oeste, han formado abanicos aluviales más o menos notables, a lo largo de cuyos

[5]

cauces distributarios se infiltró( ) su caudal superficial, alimentando acuíferos subterráneos que fluyeron y aún fluyen hacia la salina.

También es más que probable que por el arroyo Bebedero haya llegado a la salina una cantidad importante de agua subterránea efluente de los acuíferos cuya recarga se efectuó en las zonas arenosas ubicadas hacia el sur y el sudeste, desde Sierra de Varela hacia Zanjitas.

Quien haya recorrido la salina durante los meses en que naturalmente permanece seca, o con poca

agua, habrá observado que en algunos lugares la capa de sal no existe, o es muy delgada. Esos lugares, llamados ´volcanes´ por los lugareños, tienen desde pocos cm. hasta algunos metros de diámetro y por ellos asciende el agua subterránea disolviendo la capa de sal (fotografías 1, 2 y 3) y generando condiciones altamente peligrosas para el tránsito sin baqueanos.

Así, casi sin darnos cuenta, la salina nos contó su **sexto secreto hídrico**: el agua subterránea que llega desde el este, al surgir en la salina forma los ´volcanes´ que existen en interior de ésta. Eso significa que **en algunos episodios ambientales favorables, el agua subterránea tiene un rol de alguna significación en la formación del lago del Bebedero**, aunque a ese rol todavía no lo hemos podido dimensionar.

A propósito, aún no he hallado quien me explique el origen del nombre de ´volcanes´ para estos verdaderos manantiales internos que en otras salinas son llamados ´lloraderos´. Pero recordando que en la zona hay importantes fracturas geológicas regionales y recordando también que los sismos suelen repercutir localmente con intensidad, me animo a postular una hipótesis basada en la observación que una vez me contó el Sr. Jerónimo Rosales, luego del ya mencionado terremoto de Caucete.

Este lugareño, a quien conocí durante alguna de mis tantas andanzas por la zona y de quien aprendí interesantes cosas que ya contaré, recorrió la salina inmediatamente después de ocurrir ese terremoto. Allí observó que por cada ´volcán´ había salido a la superficie una notable cantidad de barro, del mismo que aparece normalmente estratificado debajo de la capa de sal. En algunos casos este barro cubrió un diámetro de metros alrededor del respectivo ´volcán´.

Ese barro está formado por limos, arcillas y materia orgánica, saturados en agua y con apreciable

[6]

tixotropía( ). Es probable que al ser agitados por el sismo, esos sedimentos hayan alcanzado el estado líquido, siendo expulsados hacia la superficie a modo de lava, durante la compresión generada por el pasaje de cada una de las ondas sísmicas. Quizá algún viejo lugareño observase lo mismo que Jerónimo durante algún sismo anterior y así, por analogía, bautizara a los ´volcanes´ con ese nombre.

Llegados a este punto, si hacemos un repaso de los seis secretos hídricos que hasta ahora nos contó la salina, podemos concluir que durante los últimos diez o doce mil años, lo más natural en ella ha sido estar seca, o con muy poca agua. Esto no podría ser de otro modo. Si observamos un mapa de la Argentina, veremos que Salinas del Bebedero junto a las demás salinas y sulfateras de las provincias de La Pampa y Buenos Aires, se encuentran rodeando a la región conocida con el nombre de ´Pampa Húmeda´ y formando un semicírculo que se desarrolla desde nuestra salina hasta el Atlántico, al sur de Bahía Blanca.

Todas esas salinas y sulfateras, desde la salina Cardenal Cagliero casi sobre el Atlántico, hasta nuestra salina y pasando por Anzoategui, Salitral Negro, El Chanco, Callaqueo, Salinas Chicas, Colorada Chica, Colorada Grande, San Máximo, Bernasconi, Mari Mamuel y Salinas Grandes de Hidalgo, se encuentran sobre una franja que hace ya mucho tiempo denominé *‘franja de alta sensibilidad climática’*.

Definé esta *‘franja...’* hace quince años, cuando fui invitado a dictar un seminario en la Universidad de Columbia (Nueva York, U.S.A.). Precisamente fui invitado allí para hablar sobre la evolución que tuvieron los lagos argentinos durante las últimas decenas de miles de años, pues ese fue uno de mis campos principales de investigaciones en el CONICET durante los veintiún años y escasos días que pude soportar como investigador científico en esa institución.

Como puede verse y sin temor a equivocarme, también puedo decir que mi primer viaje al exterior *‘en serio’*, estuvo relacionado con Salinas del Bebedero, al igual que algún otro viaje posterior, también vinculado al estudio de lagos. Aunque en este caso no pueda dejar de mencionar alguna visita previa al Uruguay para colaborar con arqueólogos de la Universidad de la República, estudiando la evolución de los lagos litorales y litoral atlántico, desde San José por el sur hasta Laguna Negra por el norte. Pero viajar al Uruguay fue siempre *‘como estar en casa’*.

También puedo afirmar que desde aquella primera carta de Arturo, la Salina del Bebedero siempre estuvo al lado mío hasta en los lugares más insospechados. Porque recuerdo que cuando estábamos desarrollando los prolegómenos del PAGES sobre el cual les hablé previamente, a la Dra. Vera Markgraf, líder del PAGES y de la transecta de estudios paleoambientales PEP-1, le escribí una carta a bordo de un avión ruso Tupolev TU-154, en vuelo regular de Aeroflot desde Varsovia hacia Moscú, siempre por estudios ambientales y paleoambientales. En esa carta ajustaba los detalles para incluir a Salinas del Bebedero como pieza clave a estudiar en el marco del PAGES, a fin de comprender la evolución del clima en estas latitudes.

## El Secreto Pionero

**E**n tren de hilvanar más recuerdos, llega a mi memoria cómo obtuvimos otro secreto de la salina, el cual en realidad fue el primero y al que hice referencia de pasada, cuando dije que el análisis de las muestras obtenidas en nuestra primera visita a la salina, había generado largas discusiones científicas.

Cuando regresamos a Mendoza luego de nuestra primera incursión por la salina, 3CV mediante, tengo presente el calor del Parque San Martín de Mendoza, donde estaba el viejo edificio ocupado por el IANIGLA y donde nos alojábamos América y yo. Recuerdo que por provenir nosotros de Bahía Blanca, la falta absoluta de viento en ese parque llegaba a fastidiarnos.

Yo me aboqué a conseguir alguna cartografía y posibles fotografías aéreas. Mientras tanto América comenzó a estudiar las muestras de sedimentos con lupa binocular, en busca de microfósiles cuyo posterior estudio detallado sirviese para determinar con mayor precisión la evolución del antiguo lago y por ende, la evolución del clima local. De ese análisis quedó muy en

[7]

claro que los microfósiles dominantes eran frústulos de diatomeas( ), oogonios de Characeas

[8]

[9]

[10]

( ), valvas de ostrácodos( ) y conchillas de **foraminíferos**( )

- *“¿Foraminíferos en Salinas del Bebedero? No puede ser!! Tiene que ser un error!!”*, se sobresaltó varios meses después el Dr. Rosendo Pascual, paleontólogo del CONICET y de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, cuando de pasada por el IANIGLA en busca de eventuales informes geológicos sobre la provincia de San Luis, Arturo le dio a leer el informe que habíamos preparado con América.

Rosendo, quien a la postre pasó a ser otro gran amigo y el ‘factotum’ de mi ingreso a la Carrera del Investigador Científico del CONICET, en ese entonces estaba preparando una síntesis de la paleontología y de la evolución del clima de la provincia de San Luis. Esta síntesis sería presentada en el Octavo Congreso Geológico que se desarrollaría en la universidad de esa provincia, durante 1.981.

Para ese entonces yo había regresado a mi rutina de trabajo en la sucursal Bahía Blanca del Banco Nacional de Desarrollo, donde, ahora no sé si casualmente, como Geólogo me correspondía evaluar las solicitudes de financiación para la explotación de sal en salinas (!) de la zona. Al regresar a casa un día de fines de Diciembre del ´79, encontré otra carta de Arturo, cosa habitual. En ella, Arturo me comentaba del reciente asombro y descreimiento de Rosendo respecto a la presencia de foraminíferos en Salinas del Bebedero. Asimismo me remarcaba que el tema podría tener una trascendencia científica insospechada y me sugería avanzar en su estudio.

Escribí a Pascual enseguida, expresando mi certeza de que se trataba de foraminíferos. Yo había

[11]

conservado las muestras, no por casualidad, sino porque las muestras, las ‘buenas muestras’( ) son la base de cualquier investigación científica. Por ello puse las mismas a disposición de Rosendo. Pero éste, de puro entusiasta me había escrito antes de recibir mi carta y su entusiasmo se manifiesta en las especulaciones que hilvanó en su misiva. Misiva que de todos modos no recibí directamente, por lo que luego Rosendo me envió copia de ella junto con su segunda carta sobre el tema.

De tal modo, hacia fines de Abril de 1.980, literalmente me escapé un par de días del BANADE y

llevé las muestras al Museo de La Plata, donde conocí personalmente a Rosendo. Este le alcanzó las muestras al Dr. Eduardo Mussachio, especialista en foraminíferos, quien casi de inmediato confirmó no solo que eran tales, sino que determinó a que especies correspondían. Pero...

- *“¿Cómo pudieron llegar a vivir en una cuenca continental desvinculada del mar, si los foraminíferos SOLO VIVEN en aguas que están o que estuvieron recientemente en contacto con el mar?”* Fue la primera pregunta de Mussachio.

Presentamos esos foraminíferos ‘en sociedad’, exponiendo un trabajo en un simposio realizado un par de semanas después en Mar del Plata. Así las cosas, pronto me las ingenié para regresar a Salinas del Bebedero con Mussachio, a fin de tomar más muestras. Producto de ello fueron dos trabajos que expusimos en el Octavo Congreso Geológico realizado en 1.981, en la Universidad de San Luis.

A todo esto y gracias al empuje de Rosendo, yo había ingresado a la Carrera del Investigador Científico del CONICET, como ya les conté. En aquél simposio de Mar Del Plata, Rosendo (‘Viejo Vizcacha’, según sus propias palabras recordando el caso) se las había ingeniado para que yo estuviese casi siempre cerca del Dr. Enrique Linares, en ese entonces Director del Instituto de Geología Isotópica (INGEIS), dependiente del CONICET. En un momento y mediante una hábil maniobra verbal, Rosendo fue orientando la conversación de modo tal que el pobre Linares casi no tuvo más escapatoria que invitarme a trabajar con él en el INGEIS.

Así fue como en Mayo de 1.981 dejé el BANADE y entré a trabajar en el INGEIS como Investigador del CONICET, en el ámbito del laboratorio de Carbono-14. Obviamente, bajo el brazo llevé todas las muestras de ‘caracoles’ correspondientes a los distintos episodios lacustres elevados encontrados en Salinas del Bebedero. Fue casi como poner un zorro a cuidar gallinas.

Recuerdo que ese mismo año, cuando fuimos con Linares al ya mencionado Octavo Congreso Geológico en San Luis, algunos viejos geólogos como el recordado Pedro Criado Roque, le decían a Linares, en sarcástica referencia a mí y a los foraminíferos:

- *“Así que éste es el loco que dice que el mar llegó a Salinas del Bebedero?”*

Y es válido remarcar esa frase, porque resume el estado de situación casi diría que mundial, respecto al conocimiento del hábitat de los foraminíferos. Si bien yo jamás había abierto juicio sobre el porqué de la presencia de foraminíferos en esta cuenca continental tan alejada de los océanos, para la mayoría era más fácil suponer que el mar pudiese haber llegado a la salina trayendo los foraminíferos, que suponer una llegada de los mismos por otros medios de transporte.

Ahora bien, cómo llegaron los foraminíferos no se pudo saber a ciencia cierta, si bien hay varias

hipótesis al respecto, las que no vienen al caso. Lo cierto es que en tareas posteriores, la Dra. Adriana García, en aquél entonces colaboradora de Mussachio, refirió el hallazgo de las mismas especies de foraminíferos en los sedimentos de todas las lagunas saladas que aparecen a lo largo del sistema fluvial formado por los ríos Colorado/Curacó/Desaguadero. Además, la misma investigadora refirió que en la laguna La Salada de Pedro Luro (provincia de Buenos Aires), a pocos Km del Atlántico, las mismas especies de foraminíferos fueron halladas vivas.

Lo cierto es que desde entonces, cada vez que en el registro geológico de algún lugar del mundo aparecieron foraminíferos fósiles, dejó de ser tan rotunda la afirmación de que el ambiente donde vivieron, obligatoriamente debió ser marino, o con comunicación directa con el mar. O sea que la divulgación de este secreto pionero de la salina, sirvió para desvirtuar lo que prácticamente había sido un paradigma científico hasta ese entonces: La salina 'sabía' que los foraminíferos podían vivir fuera del mar y a nosotros nos tocó en suerte ser confidentes de ese primer secreto.

## PIONEROS DE LA SALINA

**P**ero ¿fuimos nosotros los primeros confidentes de los secretos de la salina? Uno se sentiría deseoso de que así fuera; pero fuerza es decir que en este mundo, por allí donde creemos ser los primeros en transitar, generalmente ya pasaron otros. Quizá no otros que hayan tenido la posibilidad de indagar cuantitativamente los fenómenos de la naturaleza a los cuales me he referido someramente aquí. Pero sí testigos que además de la intuición innata de quien debe observar atentamente los procesos naturales para sobrevivir a sus inclemencias, han tenido el tiempo suficiente como para presenciar esos procesos durante su ocurrencia.

[12]

Porque la presencia humana en Salinas del Bebedero data de principios del Holoceno(     ), como pudimos comprobarlo con nuestros hallazgos. Sobre el arroyo Bebedero, a menos de dos kilómetros de su desembocadura en la Salina y en una de nuestras tantas andanzas por allí, hallamos material arqueológico cuyo estudio fue por demás interesante.

En una extensión de por lo menos 50 metros sobre las barrancas del arroyo, apareció profusión de material lítico rudimentario, junto con restos de alimentación. En 1.983 regresé con José Luis 'Margarito' Balbuena, Arqueólogo correntino que en ese entonces también trabajaba en INGEIS. Con él hicimos una prospección de solamente dos metros cuadrados de superficie, la cual arrojó algunos resultados asombrosos.

Hallamos restos de ocupación humana depositados en capa sobre sedimentos lacustres y a su vez cubiertos también por sedimentos lacustres. Esa capa de ocupación humana está fundamentalmente compuesta por fragmentos de cáscaras de huevo de ñandú, quemadas y sin

[13]

quemar( ). Además aparecieron fragmentos de cáscaras de huevos de perdices de las llamadas 'copetonas', con su característico color verde satinado y fragmentos de cáscaras de huevos de perdices de las llamadas 'chicas', con su color 'borra de vino', también característico. Abundaban también huesos de pequeños roedores como *Ctenomys* y placas dérmicas de armadillos.

Dos cosas fueron las más llamativas para este yacimiento arqueológico. La primera fue su antigüedad: su base fue fechada en 9.070 años antes del presente y su techo fue fechado en 8.570 años antes del presente. La segunda fue que en ese yacimiento encontramos fragmentos de cáscaras de huevo de ñandú con tallados ornamentales geométricos. Esto indicaría que estos antiguos habitantes de la salina ya tenían necesidad de expresarse de modo abstracto y además demuestra que tenían tiempo para hacerlo.

La notable abundancia de restos de cáscaras de huevos de ñandú indicaría que este sería un campamento de recolectores de primavera y verano; estaciones durante las cuales estos habitantes pioneros tendrían su economía resuelta, con agua en el arroyo, comida al alcance de la mano y tiempo para expresarse del modo en que lo hicieron. Dimos parte del hallazgo a las autoridades puntanas en la materia, aunque pese a su importancia científica, hasta el presente (y de esto hace ya algo más de veinte años) nadie se hizo eco del mismo y este yacimiento aún sigue sin ser estudiado.

## LOS SECRETOS POSTREROS

**U**n día, recorriendo la periferia de la salina con Jerónimo Rosales, para ver si ésta nos contaba algún otro secreto, cruzamos un rebaño de chivos que andaba ramoneando en el monte.

- *“Cuando hay viento fuerte, los chivos caminan mucho contra el viento y a veces cuesta encontrarlos, porque se van muy lejos”*, me dijo Jerónimo. Y agregó enseguida:

- *“Sabe que el jote es muy buen pastor de chivos?”*

Yo no solo no lo sabía, sino que lo creí nada más porque Jerónimo no es de las personas que hablan de gusto. Es más, si tuviese que definirlo por su manera de hablar, casi diría que es parco. Aunque pensar que un ave como el 'jote', un buitre, puede caracterizarse por sus dotes de buen pastor, debe ser bien explicado para ser creído.

- *“Usted agarra un pichón de jote en el nido – prosiguió Jerónimo – lo lleva y lo alimenta con leche de chiva en el mismo corral, hasta que sea grande. Cuando sea grande el*

*jote, se va a pasar todo el día con los chivos, vayan donde vayan. Entonces, cuando los chivos se van lejos por el monte, basta con mirar por donde anda volando el jote, para encontrarlos.´´*

Este, si bien no es un secreto de la salina, vale ser contado por toda la magia que suele poner la naturaleza en sus seres vivos. Perdónenme la digresión y retomemos el tema de la evolución de la salina. Ya les conté que la condición más natural que caracterizó la evolución de la salina durante los últimos diez a doce mil años, fue la falta de agua. Falta de agua debida a que al terminar la gran glaciación de fines del Pleistoceno, disminuyeron notablemente los deshielos estacionales que aportaban excesos de agua al río Desaguadero.

De todos modos, en tiempos históricos el planeta se vio también involucrado en por lo menos dos enfriamientos importantes, con avance de glaciares. En Europa existen no solo evidencias de campo, sino referencias históricas para ambos enfriamientos. Al más antiguo de ellos se lo conoce con el nombre de *Edad de Hielo Medieval* y al segundo se lo ha denominado *Pequeña Edad de Hielo*.

El primero de ellos comenzó alrededor del siglo 14 y es más que probable que el mismo haya sido la causa del abandono de las colonias vikingas que Leif Eriksson había fundado en Groenlandia hacia fines del siglo 10. Los vikingos de esas colonias, por su parentesco directo con antiguos católicos británicos, también eran extremadamente católicos y durante siglos pagaron su diezmo a la iglesia ´en especias´, mediante marfil de colmillos de morsa, abundante por aquél entonces en Groenlandia.

Precisamente hacia principios del siglo 15, en la contabilidad de la Iglesia aparece el último registro de ingresos de marfil de tal origen. Algunos historiadores como Donald Culross Peattie, relacionan ese hecho, que coincide con el despoblamiento de Groenlandia, con lo inhóspito que se había tornado el clima debido a ese enfriamiento global y además y por la misma causa, con lo difícil que se había tornado la navegación sobre esas latitudes.

Vale decir de pasada, que el hoy famoso viaje del vikingo Leif Eriksson desde Islandia hasta Groenlandia primero y luego hasta las costas de América del Norte, fue facilitado porque en aquél entonces el planeta estaba atravesando un episodio de bonanza climática con mayores temperaturas. Este episodio climático, retomando el nombre de *Optimum Climaticum* que Flint empleara para bautizar la bonanza climática que prosiguió a la última gran glaciación, fue llamado *Optimum Climaticum Medieval*. Hasta el mismo nombre de *Groenlandia* sugiere la existencia de un ´país verde´ en aquél entonces. Aunque no faltó quien dijese que los primeros vikingos le llamaron así, para conseguir suficiente cantidad de voluntarios que accediesen a secundarlos en tamaña aventura.

Retomo el tema de los enfriamientos globales para recordar que el último que experimentó el planeta fue llamado *Pequeña Edad de Hielo* y se desarrolló entre los siglos 17, 18 y primera mitad del siglo 19. Como no podía ser de otro modo, también sobre estos enfriamientos nos habló la salina. Tanto durante el enfriamiento conocido como Edad de Hielo Medieval, como durante la Pequeña Edad de Hielo, a la salina entró importante cantidad de agua desde el río Desaguadero.

Ahora bien, ¿Cómo nos lo contó? De modo similar a como nos contó sus secretos anteriores. En nuestra búsqueda encontramos evidencias de dos antiguas playas correspondientes a sendos episodios lacustres elevados vinculados a esos enfriamientos. Los restos de ambas, bastante próximas entre sí, se encuentran a la altura de la Hostería del campamento salinero, e indican que en los momentos de su formación, el nivel del lago estaba a unos diez metros por encima del nivel actual de la salina.

Por fortuna, en los sedimentos de ambas playas abundaban las valvas de otro pequeño molusco gasterópodo; otro 'caracolito' de uno a dos milímetros de largo, al cual, de acuerdo a los biólogos, le ha tocado en suerte llamarse *Littoridina australis* (D'Orbigny). Como antes nos habían servido las valvas de *Chilina parchappi*, esta especie de caracolito que vive en aguas salobres nos sirvió para hacer análisis de Carbono-14 y conocer cuándo se habían formado ambas playas.

Para seguir afirmando la ya certeza de que el lago crecía durante los episodios de enfriamientos mundiales, las edades para ambas playas oscilaron en alrededor de 630 años y 325 años antes del presente, respectivamente, para ambos episodios lacustres. Dicho de otro modo, en ambos casos la depresión de Salinas del Bebedero estuvo llena de agua alrededor de los siglos 14 y 18, respectivamente. Por lo tanto uno de esos episodios lacustres coincidió con la Edad de Hielo Medieval y el otro coincidió con la Pequeña Edad de Hielo.

En orden de conocer un poco más la dinámica natural de los ambientes de Salinas del Bebedero, ya habíamos comparado la evolución que tuvo el cuerpo de agua que la ocupó reiteradamente, con la evolución del clima mundial y como vimos, hubo buena coincidencia de ambas. Cuando el planeta se enfrió, el lago tuvo entrada de agua desde el río Desaguadero; paralelamente el enfriamiento del planeta condujo a que gran parte de Sudamérica al este de los Andes, tuviese los climas más áridos de toda su historia geológica.

Tratemos entonces de imaginarnos lo que fue en repetidas oportunidades el lago del Bebedero: un gran lago en medio de un desierto de arena y de grava, con mucha menos vegetación aún que la existente hoy en la periferia de la salina. Ahora bien, ¿Cuál pudo ser el 'mecanismo', por definirlo de alguna forma, que sincronizó la ocurrencia de los mencionados episodios climáticos alrededor de todo el mundo?

## EL SOL Y EL CLIMA TERRESTRE

Cualesquiera hayan sido los factores que causaron semejante sincronismo alrededor del mundo, tienen que haber manejado poderosas energías como para calentar y enfriar alternativamente los ambientes superficiales del planeta. Hacia eso orientamos posteriormente nuestra atención, para conocer mejor el origen de las oscilaciones ambientales y climáticas observadas por nosotros no solo en Salinas del Bebedero.

Vale al respecto mechar un poco de ‘otra historia’, dentro de esta historia tan particular y ‘tan mía.’ Hace cuarenta y dos años el Dr. Rhodes W. Fairbridge, eminente Geólogo australiano, desde hace décadas Profesor de la Universidad de Columbia (Nueva York) e Investigador Científico de la NASA, pionero en el estudio de la evolución climática del planeta y a quien no solo tuve la satisfacción de conocer, sino la de ser orientado por él en mis investigaciones, organizó en la Academia de Ciencias de Nueva York un simposio denominado: *"Solar Variations, Climatic Change, and Related Geophysical Problems"* (“Variaciones solares, cambios climáticos y problemas geofísicos relacionados”).

En el mismo participó un gran número de investigadores de todo el mundo, cubriendo un espectro no menos amplio de disciplinas científicas. Allí se mostraron relaciones de causa / efecto existentes entre numerosas evidencias geológicas, climáticas y paleoclimáticas, con cambios de la actividad solar, de la órbita lunar y de la órbita terrestre, entre otros factores astronómicos. Recientemente y a modo general, esas relaciones fueron explicadas por el mismo Fairbridge (1.995) como:

*"...an astronomically forced regular input of energy: a sort of regularity that controls the daily and annual motions of the Earth, the lunar orbit and the tides."* (“...una introducción regular de energía [a la Tierra] forzada astronómicamente: un tipo de regularidad que controla los movimientos diarios y anuales de la Tierra, la órbita lunar y las mareas.”)

Pero en la historia de la humanidad, cada vez que alguna persona señaló hacia el sol con un dedo, fue demasiado frecuente que muchos otros solo fuesen capaces para ver ese dedo y nada más. **Aquél simposio de 1.961 podría ser considerado como un dedo señalando hacia el sol** y seguramente puede ser tomado como un límite entre el ‘antes’ y el ‘después’ de las investigaciones climáticas y ambientales.

A partir del mismo, numerosos investigadores comenzaron a interesarse y a investigar con mayor profundidad las evidencias de las relaciones existentes entre el clima terrestre y el sol; pero muchos otros directamente no las aceptaron. Tal divergencia de ideas aún es evidente. Por un lado los primeros siguieron encontrando cada vez más evidencias de las conexiones entre los

ambientes terrestres y el sol y reforzaron la idea de que este último ejerce un rol líder sobre el clima terrestre. Pero al mismo tiempo los segundos directamente rechazaron esas evidencias y apostaron todas su fichas a la existencia de otros posibles factores controlando el clima terrestre.

Quienes rechazaban la idea de que la actividad solar pudiera controlar el clima terrestre, se basaban en que era muy pequeña la variación en la emisión de radiación desde el sol entre sus episodios de máxima y de mínima actividad, conocidos como ‘ciclo de manchas solares’. En principio esa variación parecía insuficiente como para explicar la influencia solar sobre el clima del planeta. Además argumentaban en contra de la influencia del sol sobre el clima terrestre, debido a que no se conocía un mecanismo eficiente como para que esa pequeña variación en la emisión energética solar pudiese influir sobre el clima.

Pero como al respecto bien lo remarcó en 1.993 el Dr. Roederer, científico argentino de primer nivel mundial en el estudio de las relaciones Tierra-Sol, quien trabaja en la Universidad de Fairbanks (Alaska, U.S.A.):

*– “...el desconocimiento de un mecanismo viable no es un argumento científico válido; de hecho, la mayoría de las investigaciones en ciencias naturales comienzan sin un conocimiento de los mecanismos actuantes.”*

Del análisis de las series climáticas instrumentales más extensas registradas en el Hemisferio Norte (como por ejemplo, la correspondiente a Londres), surgió la evidencia de que desde mediados del siglo pasado se registraba la ocurrencia de un sostenido calentamiento. Ese calentamiento, que en promedio era del orden de  $0,6^{\circ}\text{C}$ , parecía muy importante como para no ser investigado en busca de sus causas.

Descartada a priori y de modo poco científico, la posible influencia del sol para explicar el calentamiento real medido en el Hemisferio Norte desde mediados del siglo pasado, aquellos investigadores comenzaron a buscar otras posibles causas de tal calentamiento. De ese modo se llegó a reflatar el ‘efecto de invernadero’, tan mentado en la última década y media, aunque conocido desde hace más de cien años.

En definitiva, ¿qué podría estar ocurriendo con el clima global? Cualquier intento en pos de comprender como se calienta una casa sin prestar atención al rol que juegan las estufas que existan en ella, puede convertirse en una tarea infructuosa, cuando no, en tarea de resultados equívocos. Pese a ello y como les conté previamente, numerosos científicos preocupados por el clima de la Tierra descartaron el efecto del sol sobre el mismo, pese a ser prácticamente la única “estufa” de la superficie del planeta. Porque recordemos que el sol entrega más del 99 % de la energía utilizada en todos los procesos que ocurren en la porción exterior de la Tierra, incluyendo en ello a gran parte de la corteza terrestre sólida. La energía solar inclusive moviliza muchos procesos geológicos desarrollados hasta una profundidad importante dentro de la corteza

terrestre, vinculados a procesos biogeoquímicos superficiales y sub superficiales.

En primer lugar y en contra de lo hasta ahora supuesto respecto a que las variaciones en la emisión energética del sol no alcanzarían para modular el clima terrestre, Hansen y Lacis (1.990) demostraron que a un 0,1% de variación en la emisión de radiación solar, el clima terrestre responde con una variación media del orden de 0.2° C. Por lo tanto y aquí viene lo interesante, **una disminución de la emisión energética solar oscilante entre 0.2% y 0.5%, sería más que suficiente como para producir un enfriamiento planetario similar al ocurrido durante los siglos pasados: la ya mencionada *Pequeña Edad de Hielo***. Esto fue reafirmado por otros científicos como Foukal, 1.990; Reid, 1.991 y Landscheidt, 1.995.

Asimismo existe una estrecha conexión entre los ya comentados registros instrumentales del clima del Hemisferio Norte y el ciclo secular de manchas solares conocido como *Ciclo de Gleissberg*. Este tema está cobrando creciente importancia en los últimos años. A tal punto por ejemplo, que Richard Kerr, divulgador científico de la revista Science, una de las revistas

[14]

científicas más prestigiosas y difundidas del mundo( ) y hasta 1.995 frecuente difusor del calentamiento futuro debido al ‘efecto de invernadero’, en 1.996 comenzó a “mirar hacia el sol”. En un artículo de 1.996, éste hizo referencia a la posible conexión entre el sol y el clima terrestre, indicando que hay una estrecha correspondencia entre el ciclo de 11 años de actividad solar y:

a) La temperatura medida durante los últimos 50 años en los océanos de todas las latitudes:

[15]

éstos varían hasta 0,1° C ante el ciclo de 11 años de actividad solar( ).

b) Las distintas señales climáticas registradas en los hielos de los Andes depositados en las últimas décadas.

c) La temperatura atmosférica superficial del Hemisferio Norte.

La complejidad de los mecanismos involucrados, escapa a los efectos de estas notas y a los interesados los remito a las publicaciones mencionadas. De todas esas investigaciones es importante rescatar un elemento fundamental: el movimiento inercial del sol y de todo el sistema solar es tan preciso, que puede ser modelado matemáticamente a lo largo de miles de años, tanto hacia el pasado como hacia el futuro. Ello permitió comparar el movimiento solar pasado con datos precisos provenientes de:

- Actividad solar (los llamados números de Wolf, en relación directa con la emisión energética solar y bien medidos desde 1.700 hasta el presente).
- Mediciones precisas de auroras polares y actividad magnética terrestre, ambas en relación directa con la actividad solar.
- Datos precisos de actividad volcánica, en estrecha relación con la influencia gravitatoria de

los planetas ‘gigantes’.

- Largas series de registros climáticos instrumentales obtenidas para el Hemisferio Norte.
- ‘*Proxy records*’, o registros climáticos indirectos tales como el estudio de anillos de crecimiento anual de árboles, las capas anuales de depositación de hielo en Groenlandia y Antártida y todos los registros geológicos que venimos estudiando nosotros, por ejemplo, en Salinas del Bebedero.

Esas comparaciones evidenciaron que durante los episodios en los cuales el sol transitó a lo largo de órbitas ordenadas (o en forma de ‘trébol’) alrededor del baricentro del sistema solar, su emisión energética fue máxima y el clima terrestre tendió hacia el calentamiento. Asimismo esas comparaciones pusieron en evidencia que durante los episodios durante los cuales el sol se movió de modo caótico alrededor del baricentro del sistema solar, su emisión energética fue mínima y estos últimos episodios coincidieron con las mínimas temperaturas conocidas en el planeta para el último milenio como lo demostró Charvátová (1.995). Tales son los casos de las mencionadas *Edad de Hielo Medieval* y la *Pequeña Edad de Hielo*, esta última finalizada a mediados del siglo pasado.

Como anécdota ilustrativa, es interesante recordar que Napoleón invadió Rusia en plena culminación de la Pequeña Edad de Hielo. En 1812, cuando sus tropas debieron retirarse de Moscú, entre otras cosas a causa del frío, el sol estaba transitando por un episodio de órbitas caóticas (mínimo Dalton) y justo ese año pasó exactamente por el centro de masas de su sistema planetario. Precisamente por eso en ese momento ocurrió el episodio de menor emisión de energía solar de toda la Pequeña Edad de Hielo y quizá ese y los dos o tres inviernos siguientes, hayan sido los inviernos más fríos de la segunda mitad del milenio.

Lo más importante de todo ésto es que de las investigaciones de Charvátová (1.995) surgió la

[16]

información de que alrededor de 1.990( ) el sol comenzó a transitar por un nuevo episodio durante el cual predominará su recorrido por órbitas caóticas alrededor del baricentro del sistema solar. Esta situación durará hasta alrededor del año 2.040. De acuerdo a todo lo expresado, es posible entonces que durante las próximas décadas el sol experimente prolongados episodios de baja emisión energética.

Ello podría generar un apreciable enfriamiento en el clima del planeta, en contra de lo postulado por los defensores de la hipótesis según la cual el clima del planeta se está calentando en virtud

[17]

del ‘efecto de invernadero’ motivado por las actividades humanas( ). Tal posible enfriamiento ya había sido pronosticado en 1.990 por Fairbridge (comunicación epistolar) y en 1.995 también fue pronosticado por Landscheidt, en ambos casos basados en la variación futura de la actividad solar.

## El romance del Sol y la Salina

**E**n estos casi veinticinco años de compartir horas amenas con la salina, hemos logrado comprender que el sol es quien rige los destinos de Salinas del Bebedero. Hemos visto como el sol calcina sus playas salitrosas y hemos palpado como el sol caldea sus salmueras, concentrándolas junto al efecto del viento, para apurar la precipitación de la sal. También hemos aprendido que es el sol quien origina los vientos lejanos que todos los años traen agua desde el Atlántico; agua que produce las lluvias de primavera y de verano, para que luego pueda cristalizar la sal que en las cosechas de invierno y de primavera da trabajo a tanta gente.

Pero hemos comprendido algo más: a lo largo de los últimos miles de años, cada vez que el sol se ´enfrió´, cada vez que el sol pareció ´alejarse´, la salina reaccionó desapareciendo, como extrañando su calor. Como narré a lo largo de esta historia que es un poco mi historia, durante cada uno de esos momentos en el lugar de la salina apareció un lago. Un lago de aguas frías, rodeado de un desierto probablemente frío, también extrañando al sol en su esplendor.

Si realmente ocurre lo que vaticinan los pronósticos de actividad solar que he comentado, con un sol cada vez menos activo, más ´frío´, probablemente la salina vuelva a ocultarse, dando lugar al surgimiento de un nuevo lago formado con aguas frías que lleguen desde la Cordillera de los Andes. Pero éste será siempre un lago en cuyo seno las sales disueltas mantendrán latente el espíritu de Salinas del Bebedero, hasta que un nuevo sol espléndido lo resucite.

**A mis amigos, con todo cariño va este recuerdo de una parte de mis andanzas como Geólogo. Miguel A. González.**

----- 0 -----

[1] Como pasado geológico cercano se considera al lapso comprendido en el último millón ochocientos mil años, conocido con el nombre de *Cuaternario* y dividido en *Pleistoceno* y *Holoceno*; este último abarcando los últimos diez mil años.

[2] Restos de pequeños seres que vivieron en el pasado geológico.

[3] En particular son semejantes a las pumicitas mendocinas que Polanski (1.963) denominó *Asociación Piroclástica Pumícea*.

([4]) A esto lo mencionamos en varios trabajos destinados a comprender las oscilaciones experimentadas por el nivel oceánico en el litoral atlántico comprendido entre los paralelos 33° y 41° Sur.

(<sup>[5]</sup>) Y aún se infiltra actualmente, en años de lluvias extraordinarias como las de los últimos años, anteriores al 2.003.

(<sup>[6]</sup>) La tixotropía es la propiedad que tienen algunos sedimentos saturados de agua, para tornarse líquidos al ser agitados de algún modo. Hago esta aclaración y quizá haga alguna otra por el estilo, porque no todos mis amigos, a quienes va destinado este escrito, son geólogos.

([7]) Valvas silíceas microscópicas de algas unicelulares.

([8]) Fructificaciones de una familia de algas, caracterizadas por estar constituidas de carbonato de calcio, pudiendo preservarse muy bien en ambientes alcalinos.

([9]) Pequeños crustáceos que proliferan en aguas de distintas salinidades.

([10]) Animales unicelulares que viven en aguas dentro de un amplio rango de salinidades.

([11]) ‘*mala muestra, mala ciencia!!*’, reza un lema tan viejo como la ciencia.

([12]) Con el nombre de *Holoceno* se denomina al último período geológico, el cual comprende los últimos diez mil años.

(<sup>[13]</sup>) En este yacimiento es tal la abundancia de fragmentos de cáscaras de huevos de ñandú, que en los dos metros cuadrados que sondeamos, obtuvimos material para realizar una docena de dataciones mediante Carbono-14. Además esas cáscaras nos sirvieron para hacer pruebas de laboratorio con los fechados, ya que comprobamos las edades indicadas por las cáscaras quemadas, confrontándolas con las edades obtenidas de cáscaras sin quemar procedentes de los mismos niveles estratigráficos.

([14]) Editada por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia. Aquélla que durante 1.993, me nombró [miembro](#).

([15]) Recordar dos párrafos antes: a un 0,1% de variación en la emisión de radiación solar, el clima terrestre responde con una variación media del orden de 0.2° C.

(<sup>[16]</sup>) o de 1.985, según el trabajo publicado por Windelius y Carlborg durante 1.995.

([17]) Día a día surge más argumentación en contra de la hipótesis de que las actividades humanas están calentando el planeta. Al quien le interese especialmente el tema, le puedo enviar las publicaciones que menciono acá y lo que he publicado al respecto en varias revistas y libros.