LOS LAGOS ALCALINOS DE NORTEAMERICA Y SUS DEPOSITOS SALINOS

Por W. F. Forshag. (1)

En las regiones semiáridas de Norte América, hay numerosas areas con valles interiores o entre montañas y con amplias depresiones en las que se acumulan sales solubles. Estas son generalmente de cloruros, carbonatos y sulfatos de sodio, de potasio, de calcio y de magnesio. También suelen encontrarse en estas cuencas algunos boratos, fluoruros y nitratos. Parecidas cuencas han existido desde mediados o fines del Terciario, y en algunas de las cuales predominaron las sales solubles. Estas concentraciones salinas no solamente tienen un interés científico sino también a menudo una importancia comercial, en la producción industrial de sales de sosa, de borax, de sal de glauber, de epsom y de algunas otras.

En los Estados Unidos, la región salífera principal existe en la región Occidental, particularmente en los Estados de California y Nevada y también hay algunas cuencas conteniendo estas sales en los Estados de Utah, Oregón, Washington, Wyoming y Nebraska. La topografía y clima de partes de México también se ha prestado para la formación de depósitos salinos pero no con tanta profusión, encontrándose algunos en los Estados de Chihuahua, Coahuila y particularmente en el Valle de México. En menor número estas cuencas salinas se encuentran en el Canadá.

La acumulación típica de estos materiales salinos tiene

(1) Conservador del Departamento de Mineralogía y Petrografía del Museo Nacional de los Estados Unidos de Norte América, Washington. Este estudio fué presentado a nombre del autor en una de las sesiones del VII Congreso Científico Americano que se celebró en la ciudad de México en el mes de septiembre de 1935.

lugar en las llamadas "playas" que no son sino superficies desnudas, tostadas por el sol, o pantanos arcillosos, o fondos de charcos, o lagos efímeros que desaparecen durante los largos períodos de sequía. En raros casos, estas áreas son lagos permanentes en los que sus aguas contienen una alta salinidad. La "playa" típica ocupa siempre el lugar más bajo de una cuenca, la cual se ve rodeada de superficies aluviales, de suave pendiente y estas a su vez limitadas por altas colinas, por cerros o por sierras.

La playa, en suma, es una superficie plana, uniforme, cubierta de arcillas o de barros, cuarteados por el desecamiento al calor del sol, con eflorescencias salinas; otras veces consisten de lodos impregnados de sales o bien hasta con costras de sales.

De las llamadas playas se pueden distinguir dos tipos: las playas húmedas y las playas secas. Estas últimas consisten de superficies planas sin ninguna acumulación visible de estas sales y en las que la cantidad raras veces excede del 2%. Por las cuencas de estas playas no escurren aguas con frecuencia y el nivel de las aguas freáticas se mantiene abajo de donde pueden llegar los efectos de la capilaridad. En las playas húmedas, por el contrario, la superficie se ve cubierta de lodos blandos salados cuando están húmedos, o bien se ven estos barros cubiertos de una eflorescencia salina cuando están secos. Durante las temporadas en que llueve y a menudo por largos períodos, los lodos se mantienen húmedos y a veces cubiertos de una capa delgada de agua como charcos o bien como lagos semi-permanentes. En las cuencas conteniendo playas húmedas, el nivel de las aguas freáticas es poco profundo o se mantiene en la superficie, así que el consumo de agua procedente de la cuenca es continuo, moviéndose por capilaridad a la superficie y gastándose por evaporación. Debido a la acción continua de la capilaridad y la evaporación, el contenido de sales en estas playas húmedas se concentra cerca o en la superficie; por lo tanto las playas húmedas son las que producen sales en cantidad comercial.

Las playas salíferas pueden clasificarse químicamente en playas de cloruros, de carbonatos o de sulfatos, según es la

naturaleza de la sal que predomina. En muy raras playas se encuentra material salino conteniendo una sola clase de sal, pues que generalmente son mezclas de diversas sales. Aun en distintos lugares de una misma playa se encuentran contenidos salinos diferentes. Como existen compuestos salinos que son mútuamente incompatibles, la clasificación química de estos compuestos salinos es de alguna significación.

Como ejemplos de playas de cloruros se pueden citar la del Lago Bristol; la mayor parte de las del Death Valley y de Saline Valley, de California y la laguna de las Palomas, en Coahuila, México. Como ejemplos de playas de sulfatos, se citan las de Carrizo Plains, en California; Rhodes Marsh, en Nevada y Spotted Lake, en Washington. De playas de carbonatos, citaremos Owens Lake, en California; los lagos potásicos de Nebraska y el lago de Texcoco, en México.

En las playas de Norte América se han reconocido hasta treinta especies minerales, con un amplio margen de tipos químicos. Estas especies de sales minerales se pueden clasificar como sigue:

Cloruros:

Halita..... $NaCl$
Cloruro de Calcio..... $CaCl_2.4H_2O$
Cloruro de Magnesio.. $MgCl$

Carbonatos:

Calcita..... $CaCO_3$
Pirssonita..... $Na_2CO_3.CaCO_3.2H_2O$
Gaylussita..... $Na_2CO_3.CaCO_35H_2O$
Natron..... $NaCO_3.10H_2O$
Trona..... $HNaCO_2.Na_2CO_3.2H_2O$

Carbonato-Cloruro:

Nortupita..... $Na_2CO_3.MgCO_3.NaCl$

Carbonato-sulfatos:

Burkeita..... $Na_2CO_2 . 2Na_2SO_4$
Tiquita (Tychite)..... $Na_2CO_3 . MgCO_3 . Na_2SO_4$

Boratos:

Borax..... $Na_2B_4O_7 . 10H_2O$
Tincalconita..... $Na_2B_4O_7 . 5H_2O$
Colemanita..... $Ca_2B_6O_{11} . 5H_2O$
Meyerhoferita..... $Ca_2B_6O_{11} . 7H_2O$
Ulexita..... $NaCaB_5O_9 . 8H_2O$

Silico-borato:

Searlesita:..... $NaB\ SiO_6 . H_2O$

Sulfatos:

Tenardita..... Na_2SO_4.
Aptitalita..... $(K, Na)_2SO_4$
Celestita..... $SrSO_4$
Clauberita..... $Na_2SO_4 . CaSO_4$.
Mirabilita..... $Na_2SO_4 . 10H_2O$
Yeso..... $CaSO_4 . 2H_2O$
Bloedita..... $Na_2SO_4 . MgSO_4 . 4H_2O$
Epsomita..... $MgSO_4 . 7H_2O$

Sulfato-halidos:

Schairerita..... $Na_2SO_4 . Na\ (F,Cl)$
Sulfohalita..... $2Na_2SO_4 . NaCl . NaF$

Sulfato-carbonato-cloruros:

Hanksita..... $9Na_2SO_4 . 2Na_2CO_3 . KCl$

Sulfuros:

Rejalgar..... AsS
Hidrotroilita..... $FeS . XH_2O$

Muchas de estas especies minerales pueden ser consideradas como raras pero un examen cuidadoso de los residuos y lodos salinos puede probar que dichos compuestos son más frecuentes que lo que generalmente se supone.

La cantidad de productos salinos en cada lugar varía mucho y no depende tanto de la amplitud de la cuenca como de otros factores, tales como de la proximidad a la superficie de las capas Terciarias salinas, del drenaje de extensas redes fluviales y de una posible merma de las aguas por drenaje exterior o hacia afuera de la cuenca.

Los depósitos salinos de que hablamos pueden consistir desde simples eflorescencias en la superficie de los lodos, hasta masas de sales que tengan más de 30 metros de espesor, como en el caso del lago Searles.

La procedencia ú origen de los materiales salinos de las playas, es un problema interesante. Naturalmente que hay varios orígenes para cierta clase de sales. Se sabe que los siguientes seis diversos orígenes han desempeñado una parte más o menos activa en la formación de las acumulaciones salinas de las playas, a saber:

1.—Desecación de antiguos lagos. Ejemplos: el gran Lago Salado de Utah; el lago de Searles; el lago de Texcoco, de México.

2.—Alteración o descomposición de las rocas (también los resumideros de los ríos). Ejemplos: los lagos Soda y Owens en California; la laguna de las Palomas, en México y muchas otras.

3.—Deslaves (leaching) ó acción de las aguas en capas preexistentes. Ejemplos: playas con boratos en algunas partes de California, Nevada y Oregón; los lagos de Epsomita de Wyoming.

4.—Aguas calientes volcánicas y sublimados. Ejemplos: Borax Lake y Bristol Lake, de California y varias otras en parte.

5.—Oxidación de masas de sulfuros, como por ejemplo, los Spotted Lakes de Washington y de la Colombia Británica.

6.—Incendios, como los lagos con carbonatos, de Nebraska.

Con la desecación de antiguos lagos interiores, como los de Bonneville y Lahontan, en el oeste de los Estados Unidos, se han acumulado los residuos salinos, consistentes principalmente de cloruros de sodio, de sulfato y carbonatos sódicos con cantidades menores de sales de potasa y frecuentemente con la formación simultánea de depósitos calcáreos, ya sea del carácter de tobas tinolíticas, de calizas oolíticas ó de otras formas de masas de calizas semejantes a los precipitados calcáreos que producen las aguas potables. La procedencia original de estas sales puede ser parecida a la que resulta principalmente de la alteración ó descomposición de las rocas. Debe de llamarse la atención sobre el hecho natural, de que el carácter químico general de los depósitos salinos de las playas, está poderosamente influenciado por el carácter y naturaleza de las rocas predominantes de la región. Los depósitos salinos de la cuenca del lago Bonneville, en Utah, proceden de aguas que circularon al través de formaciones sedimentarias, completamente diferentes de las que existen en la cuenca del lago Lahontan, en Nevada, que proceden de rocas ígneas.

Las sales que resultan de la descomposición de las rocas, son principalmente carbonatos de sodio, con más ó menos cantidad de sulfatos y cloruros (Texcoco). Si una playa ha resultado del resumidero de un importante sistema fluvial, habrá casi siempre formaciones salinas en dicha playa. En este caso hay ciertos factores que tienden a producir también residuos insolubles como carbonatos de calcio y de magnesio y sílice, quedando solamente como residuos salinos solubles, cloruros, carbonatos y sulfatos de sodio. Es muy significativo el hecho de que las aguas de los ríos no contengan boratos aún cuando circulen por áreas cubiertas de granitos los que no dejan de contener siempre algunos borosilicatos.

El deslavado (leaching) de capas preexistentes es una fuente de producción de sales muy importante, en regiones de California y Nevada. En lugares donde las playas están contiguas a capas sedimentarias Terciarias conteniendo capas con boratos, sulfatos, carbonatos y cloruros, estas sales llegan a las playas disueltas en las aguas de lluvia ó drenaje.

Los boratos de las playas actuales de esas regiones, son precisamente de este origen. Como un ejemplo de áreas boratadas, se puede citar la playa del Death Valley, California, en la que las sales proceden de los cerros o de las lomas de las cercanías, formadas de capas Terciarias conteniendo boro. Con la terminación del volcanismo Terciario y la cesación de emanaciones volcánicas y de fuentes ó manantiales termales, los depósitos salinos de esta procedencia son ahora de muy pequeña importancia, aunque su formación actual sea todavía evidente, como en Saratoga Springs y Death Valley, California; en Soda Springs, cerca de Rhodes Marsh, Nevada y en otros lugares.

El extraordinario alto contenido de cloruro de calcio en las playas de Bristol Lake, es probablemente debido á esta causa. Son también bien conocidos y referidos a este mismo origen, los boratos y otras sales de las playas de Borax Lake en Lake County, California. En estos casos los boratos y los sulfatos son los principales productos salinos además de cantidades menores de cloruros y carbonatos. Importantes playas que producen boratos en Argentina y Chile tienen este mismo origen, derivando sus materiales de volcanes, situados en la Cordillera.

La oxidación de los sulfuros diseminados en pequeñas cantidades en las rocas, da lugar a la producción de sulfatos. Sin embargo, en los Spotted Lakes de Washington y de la Colombia Británica, la oxidación de grandes masas de pirrotita en calizas ha dado lugar a la producción de cantidades importantes de yeso y también la Epsomita ha determinado la formación de sales magnésicas en estos lagos.

Las sales en las playas, producidas por incendios, son de muy poca importancia. Sin embargo, los lagos carbonatados

de Nebraska, aparentemente deben su contenido de carbonato a los incendios que por siglos se han provocado en los terrenos pastales de esta región.

Probablemente no hay un solo caso en que el contenido salino de una playa sea debido a un solo origen sino que todos tienen diversas procedencias. Los depósitos salinos del lago de Searles, en California, por ejemplo, su más grande producción salina ha provenido de la desecación de los lagos, pero importantes contenidos de boratos proceden del deslave por las aguas, de los sedimentos Terciarios boracíferos y de la alteración o descomposición de las rocas de las sierras circundantes; también manantiales de aguas calientes han contribuído a la producción de estos materiales salinos.

En algunas áreas del Oeste de los Estados Unidos, particularmente en el oeste de los Estados de Nevada y California, se encuentran antiguas playas sobre las que se formaron capas sedimentarias Terciarias y en muchas de estas cuencas o playas hay antiguos depósitos salinos. Estos depósitos salinos difieren de los depósitos de playas recientes en que los materiales salinos están acompañados de materiales de naturaleza más o menos insoluble. Estos son en realidad residuos, pues gran parte de los materiales solubles han sido ya acarreados por los continuos deslaves. Dichos residuos son en su mayor parte carbonatos de calcio y de magnesio, boratos de sodio y de calcio, sulfatos de calcio, de estroncio y de sodio con cloruro de sodio.

Estos depósitos de materiales salinos se encuentran ahora en lechos intercalados entre capas de areniscas, de margas o bien entre capas de calizas oolíticas de grano fino.

Una gran variedad de minerales de excepcional interés se encuentra en estos depósitos antiguos. La siguiente es una lista completa de estos minerales, conocidos hasta ahora:

Cloruros:

Halita..... NaCl

Carbonatos:

Calcita	$CaCO_3$
Aragonita	$CaCO_3$
Magnesita	$MgCO_3$

Boratos:

Kernita	$Na_2B_4O_7 . 4H_2O$
Borax	$Na_2B_4O_7 . 10H_2O$
Colemanita	$Ca_2B_6O_{11} . 5H_2O$
Meyerhoferita	$Ca_2B_6O_{11} . 7H_2O$
Inyoita	$Ca_2B_6O_{11} . 13H_2O$
Priceita	$Ca_5B_{12}O_{23} . 9H_2O$
Hidroboracita	$CaMgB_6O_{11} . 6H_2O$
Ulexita	$NaCaB_5O_9 . 8H_2O$
Probertita	$Na_2CaB_5O_9 . 5H_2O$

Silico-boratos:

Searlesita	$NaBSi_2O_6 . H_2O$
Howlita	$H_5Ca_{25}BSiO_{14}$
Bakerita	$H_6Ca_8B_{10}Si_6O_{47}$

Sulaftos:

Tenardita	Na_2SO_4
Anidrita	$CaSO_4$
Celestita	$SrSO_4$
Yeso	$CaSO_4 . 2H_2O$
Glauberita	$Na_2SO_4 . CaSO_4$
Mirabilita	$Na_2SO_4 . 10H_2O$

Nitratos:

Sosa-nitro	$NaNO_3$

Silicatos:

Montmorilonita	$(Mg,Ca)\ Al_2Si_5O_{14} . n\ H_2O$
Saponita (?)	$H_4Mg_2Si_3O_{10}$

Oxidos:

Cuarzo..... SiO_2

Sulfuros:

Rejalgar..... AsS
Estibnita..... Sb_2S_3

El examen cuidadoso de esta lista prueba que las playas antiguas cubiertas de capas Terciarias tienen considerable interés comercial. Son en efecto las principales productoras de bórax, así como de yeso, de sales de Glauber y de arcillas bentoníticas. Contienen también depósitos de sal gema y de celestita, ésta última no teniendo por ahora gran mercado. En cuanto a las cantidades de nitratos en estas playas antiguas, no son de mayor importancia. En cambio los depósitos de boratos de este origen son los más importantes del mundo. Los que existen en el Kremer, en California, contienen reservas tan grandes de puro borato de sodio, que pueden abastecer los mercados del mundo por varias centurias, en el estado actual del consumo. En el Death Valley de California, hay enormes reservas de boratos de calcio, enteramente intocadas, teniendo probablemente como origen, las intensas acciones volcánicas que tuvieron lugar durante el Terciario De igual manera se consideran los boratos de playas actuales de algunas regiones de Chile: por acciones volcánicas recientes, en regiones adyacentes de la Cordillera de los Andes.

En las playas que contienen boratos, de California y Nevada, algunas proceden de manantiales actuales de aguas boratadas, como las de Sulphur Banks, de Steamboat. Es de interés llamar la atención acerca de que estos manantiales también contienen sulfuros de arsénico y de antimonio y que estos sulfuros se han depositado en pequeñas cantidades juntamente con los depósitos de bórax.

Con el estudio de las playas antiguas y actuales se pueden reconstruir los cambios que han tenido lugar en dichas playas durante su historia fisiográfica. El interés principal, por otra parte, está en las playas húmedas, porque estas son

las que contienen las concentraciones importantes de materiales salinos y ya hemos dicho que las playas húmedas son las que mantienen las aguas sin resumirse y que por lo tanto no tienen escurrimiento o drenaje, ni por la superficie ni por el subsuelo. Las sales producidas por deslaves de las rocas de los alrededores de las cuencas se acumulan en las partes más bajas de esas cuencas o por decirlo mejor, en las playas. Con estos materiales solubles, son arrastrados también materiales detríticos finos, tales como arcillas y arenas finas y también resultan algunos precipitados químicos, tales como caliza, yeso, etc. mientras que hacia los bordes de las cuencas, en los conos de deyección, se acumulan arenas gruesas y aluviones medianos y gruesos. En tiempo de crecientes, especialmente en las pequeñas cuencas, algunos de los materiales gruesos suelen llegar hasta las playas.

Esta acumulación de materiales, gradualmente rellena las cuencas con sedimentos, lo que trae consigo una alza de nivel de las aguas freáticas, hasta que llega un momento en que dicho nivel alcanza la orilla o borde de la cuenca y entonces sobrepasa este nivel. En este momento de la historia de la playa, la cuenca adquiere un drenaje exterior, superficial o subterráneo y la playa húmeda se convierte entonces en playa seca.

En la mayor parte de los casos, las sales acumuladas se encuentran en o cerca de la superficie de la playa por la acción de la capilaridad y en solución en las aguas, las que desaparecen después por evaporación. Sin embargo, cuando el nivel freático ha sobrepasado el borde de la cuenca de la playa, el material salino que contiene se disuelve y es llevado por las aguas a otras cuencas o se disipa enteramente. Solamente el material salino insoluble puede quedar sepultado en su punto original de depósito. Todo este proceso es de gran importancia pues que explica la ausencia frecuente de depósitos de sales solubles en éstas cuencas y también explica por qué en muchas de las playas Terciarias antiguas no se encuentran más que los residuos salinos insolubles.

Como el progreso de erosión en las montañas circundantes de una cuenca, continua, los conos de deyección se extienden más y más, tanto en altura como en longitud hasta que se alcanza lo que se llama el estado de "**pan-fan**" con el resultado de que la cuenca ya no tiene playa sino que se ve bordeada de largas bajas y continuas pendientes aluviales con intercalaciones de capas de aluviones gruesos y menudos. En este estado la historia de una playa termina, perdiendo así su interés como un depósito salino.