

GEOHIDROLOGIA DE HUMEDALES PROXIMOS A LA COSTA CON COTA BAJO NIVEL DEL MAR. PENINSULA VALDES, ARGENTINA.

María del Pilar Alvarez ^{(1) (2)}, Nilda Weiler ^{(1) (2)} y Mario Hernández ⁽¹⁾⁽³⁾

(1) CONICET (2) CENPAT (3) Universidad Nacional de La Plata
CENPAT. Boulevard Brown s/n (U9120ACV) Puerto Madryn. Argentina Tel. 54 2965 451024
Email: alvarez@cenpat.edu.ar

Resumen: La Península Valdés con una superficie de 3625 km², situada sobre el Océano Atlántico entre los 42° y 43° de latitud Sur y cuyo istmo separa los golfos Nuevo y San José, en territorio de la Patagonia argentina, se halla bajo un clima árido con un marcado déficit hídrico y la consecuente escasez de recursos hídricos.

Carente de ríos o arroyos, las únicas posibilidades de provisión para la actividad ganadera y uso humano radican en las aguas subterráneas, en su mayor parte con alta salinidad y tipo iónico clorurado-sódico. Los principales registros de aguas menos salinas coinciden con unidades geomórficas de génesis eólica (médanos), y con manantiales asociados a grandes bajos.

Un rasgo geomórfico destacable es la presencia de humedales, algunos litorales de reducidas dimensiones, pero los más significativos son dos grandes cuerpos lacunares salinos yacentes en una depresión de cota 42 m bajo el nivel del mar, la más negativa de América del Sur. Son los denominados Salina Grande (superficie media 35 km²) y Salina Chica (12 km²).

El mecanismo geohidrológico responsable de la alimentación de estos humedales tan particulares es analizado en esta contribución, utilizando elementos de juicio hidrodinámicos (cartografía equipotencial), hidroquímicos e isotópicos (isótopos estables 2H y 18O), y a partir del reconocimiento hidrogeomorfológico basado en interpretación de imágenes satelitales y relevamiento de campo.

Se pretende contrastar los resultados obtenidos con la hipótesis de una fuente marina de sustento para estos humedales

Palabras-claves: Humedales – Geohidrología – Patagonia argentina.

Abstract: The Valdés Peninsula covers an area of 3625 km²; it is located on the Atlantic Ocean between 42° and 43° South latitude in Argentinean Patagonia.

An isthmus separates the Nuevo and San José gulfs. Its climate is arid, with a marked water deficit and scarcity of water resources.

Due to the lack of rivers or streams, groundwater is the only source of water for livestock production and human consumption. Most are high-saline, chloride-sodium waters. The less saline waters are found in eolian landforms (dunes) and springs associated to large depressions.

A remarkable geomorphic feature is the presence of wetlands. Some of them are small littoral areas, but the most important are two saline lakes: Salina Grande (mean area 35 km²) and Salina Chica (12 km²); they are located in a depression at 42 m below sea level, the lowest site in South America.

This contribution describes the geohydrological mechanism responsible for the support of these wetlands. Hydrodynamic (equipotential maps), hydrochemical and isotopic (stable isotopes 2H and 18O) criteria were used, complemented with a hydro-geomorphologic survey based on satellite images and field work. The hypothesis of a marine support source for these wetlands is discussed in the light of the results obtained.

Key Words: Wetlands - Geohydrology – Argentinian Patagonia.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se ubica en el sector centro-sur de la Península Valdés en la Patagonia Argentina, delimitada por las coordenadas 42° 34' y 42° 44' de latitud Sur y 64° 45' y 63° 45' de longitud Oeste (figura 1). En la zona se encuentran dos grandes playas (salinas) ubicadas dentro de una depresión de forma semicircular elongada en sentido Este-Oeste cuya cota mínima es la más profunda de América del Sur, alcanzando los 42 m por debajo del nivel del mar. Son las denominadas Salina Grande (superficie 35 km²) y Salina Chica (12 km²).

El hecho de contar con una cota de lecho por debajo del nivel del mar hizo pensar, muchas veces, en un origen de las salmueras contenidas a partir del acceso de aguas marinas.

Se ha considerado entonces importante que a partir de elementos de juicio de carácter geomorfológico, hidrogeológico, hidrodinámico e hidroquímico, pueda establecerse la real génesis de estos humedales tan particulares.

METODOLOGÍA

El estudio geomorfológico de la zona se basa principalmente en el análisis aerofotográfico (fotografías aéreas escala 1:60.000 del Servicio de Hidrografía Naval S.H.N.), de imágenes satelitales (imagen Landsat 7 227-26-agosto 1999 y 227-89-26 agosto 1999), cartas topográficas a escala 1:100.000 (4363-7-8-13-14), hoja geológica (4363-I, "Península Valdés") y con controles

de campo. El clima se caracterizó a partir de los datos de precipitación provenientes de la Estancia La Adela (42° 33' latitud Sur, 64° 18' longitud Oeste, 80 m s.n.m) y los de temperatura de la estación meteorológica Puerto Madryn (ubicada aproximadamente a 100 km de la zona de estudio).

Los trabajos de campo incluyeron la verificación de las unidades geomórficas y sus límites, mediciones freáticas y muestreo de agua subterránea y superficial con finalidad analítica. En laboratorio se determinaron los cationes Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ y los isótopos estables 18O y 2H.

CLIMA

Los aspectos generales del clima de la Península Valdés son los mismos que caracterizan al de la región Noreste de la Patagonia, modificados localmente por las interacciones entre la atmósfera y los cuerpos de agua adyacentes. La circulación general troposférica que lo determina está influida por dos anticiclones, centrados aproximadamente en 30° S en los océanos Pacífico y Atlántico, y por el cinturón de bajas presiones o vaguada circumpolar, localizado entre 60° y 70° S. Las variaciones en intensidad y posiciones relativas de estos tres sistemas de presión determinan una circulación predominantemente del Oeste (vientos contralios) durante la mayor parte del año.

Desde Octubre a Febrero la velocidad media mensual del viento se halla por encima de la media anual. Un estudio del potencial eólico en Puerto Pirá-

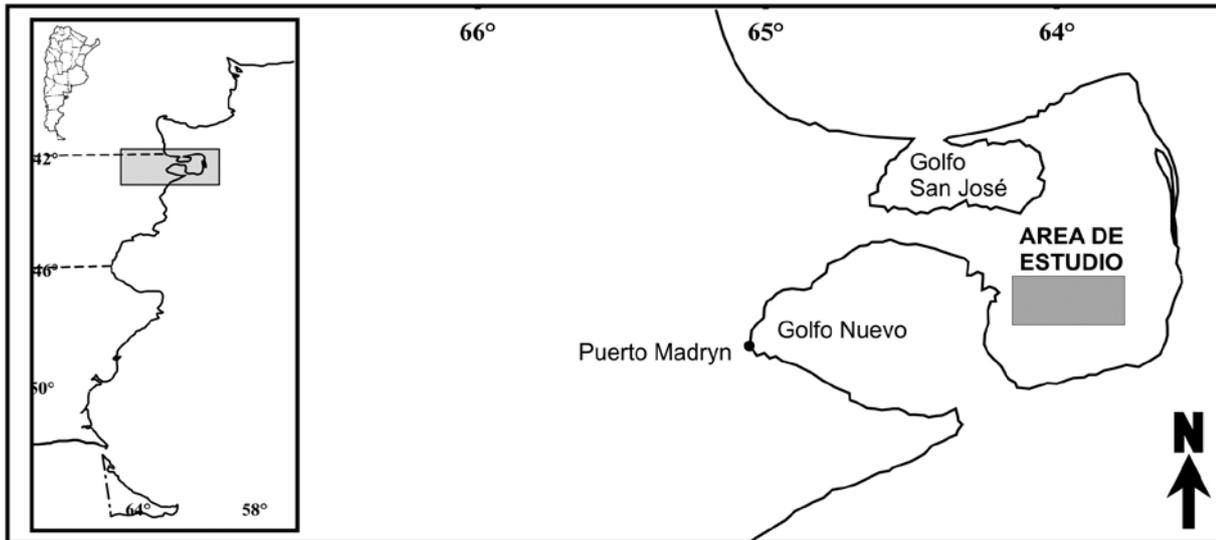


Figura 1. Mapa de ubicación

midas indica que el promedio anual de velocidad es de 25 km/h (Barros y Rodríguez Seró, 1981).

De acuerdo a la estación meteorológica de CENPAT, la temperatura media anual es de 13,4 °C con mínima de 6,4 °C en Julio y máxima de 20,4 °C en Enero.

Para caracterizar la precipitación pluvial se recurrió por su extensión a los registros de Ea. La Adela (1912-1999), que muestran una media anual de 232 mm, con un período más lluvioso en el trimestre Mayo - Julio con 81 mm y el de menores lluvias en el trimestre Noviembre-Enero con 40 mm. Esta radicación invernal de las precipitaciones es típica del régimen Pacífico.

El balance hídrico de la región según la metodología de Thornthwaite y Mather (1957) para capacidades de campo de 50 mm y 25 mm, muestra la existencia de déficit en todos los meses excepto los de Junio y Julio. La relación de la precipitación con la evapotranspiración potencial (704 mm/año) determina un déficit hídrico anual de 472 mm.

Según la difundida clasificación de Thornthwaite (Burgos y Vidal, 1951), el clima es de tipo Árido, mesotermal con nulo exceso de agua y concentración estival de la eficiencia térmica < 48% : (E B2'd a').

GEOLOGÍA

Caracterización Estratigráfica

La estratigrafía en la comarca que incluye a los bajos, de acuerdo con Haller et al (2001), está representada por los siguientes estratos cenozoicos (cuadro 1).

En cuanto al basamento rocoso de la cubeta, estaría compuesto por ignimbritas de la Formación Marifil y sedimentitas paleozoicas de la Formación Sierra Grande (Kostadinoff, 1992).

Caracterización estructural

La formación de los bajos ha sido atribuida a un origen tectónico tanto por Roveretto (1921) como

por Kostadinoff (1992).

Roveretto describe para la cuenca que involucra ambos bajos una serie de fallas. De acuerdo a este autor, se encuentra en la margen Norte una falla de característica rectilínea y dirección E-O, una falla en la margen Este con rumbo NNO-SSE, una al Oeste también rectilínea, otra al Sur de morfología semicircular, y por último dos fallas secundarias entre las dos salinas, que generan la divisoria de sus cuencas dentro de la gran depresión. Las fallas están evidenciadas por paredes abruptas que dejan al descubierto los sedimentos cenozoicos.

Kostadinoff (1992), mediante un estudio geofísico del área, determinó la presencia de un pilar tectónico en el centro de la península, cuya falla Sur coincide con la margen Norte de la gran depresión. Menciona asimismo la importancia de las fallas menores (no más de 70 m) en la generación de los bajos de la península y remarca que su desarrollo solo afecta hasta los sedimentos terciarios, no así a los cuaternarios, por lo que se deduce que el origen de los bajos es pre-Cuaternario

GEOMORFOLOGÍA

Los bajos que contienen a las salinas Grande y Chica se ubican en una gran depresión elongada en sentido Este-Oeste y están separados por un alto topográfico constituido por sedimentos del Terciario y rodados patagónicos. Son dos cuencas endorreicas independientes, con una red de drenaje típicamente centripeta conformada por numerosos cursos transitorios de distinto orden.

La cota topográfica a la cual se encuentra la Salina Grande es de 42 m bnm y la de Salina Chica 12 m bnm. El borde de la depresión que las engloba a ambas, se ubica a +/- 70 m sobre el nivel del mar, generándose así un desnivel entre el borde de la depresión y el fondo de la misma de 112 m.

Las principales unidades geomorfológicas reconocidas en ambas salinas (Figura 2) son pedimentos convergentes, bajadas y playas. Cabe aclarar que

Cuadro 1. Estratigrafía (modificado de Haller, et al., 2001)

Período	Época	Unidad Geológica	Litología
Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales y coluviales	Arenas, gravas y arcillas
		Depósitos eólicos	Arenas y limos
		Sedimentos finos de bajos y lagunas	Limos, arcillas, evaporitas (halita, glauberita y yeso)
	Pleistoceno Superior Pleistoceno Inferior	Rodados patagónicos	Gravas
Neógeno	Mioceno	Formación Puerto Madryn	Areniscas, pelitas y coquinas
	Oligoceno superior	Formación Gaiman	Limos, cineríticos, arcilitas y areniscas

de acuerdo con González Díaz y Malagnino (1984) y González Díaz (2004), se denominan pedimentos convergentes a aquellas superficies de erosión que marginan bajos o depresiones endorreicas

a. Salina Grande

Superficie de pedimentación convergente I: Es la pedimentación más antigua, topográficamente ocupa la posición más elevada y se encuentra labrada sobre sedimentos terciarios. Forma parte de la barranca Norte como una faja de 10,3 km de largo en dirección Este-Oeste y bordeando el extremo sur-suroeste con una longitud de 15,8km. Se habría desarrollado con un nivel de base superior al actual.

Superficie de pedimentación convergente II: Se halla topográficamente por debajo de la anterior y fue labrada a partir de sedimentos aluvionales. Por sectores, este nivel alcanza a descubrir los estratos terciarios. Se manifiesta en todo el contorno de la Salina Grande con pendiente variable y su mayor desarrollo areal es en el sector Oeste, donde tiene la mínima pendiente.

Superficie de pedimentación convergente III: Desarrollada sobre sedimentos aluvionales, su distribución es discontinua apareciendo al Oeste, Noroeste y Sudoeste de la Salina Grande. No alcanza a exponer en ningún sector de la pendiente a los sedimentos del Terciario.

Superficie de pedimentación IV. Está completamente tendida sobre sedimentos aluvionales, es la superficie de pedimentación más moderna y su ubicación topográfica la más baja. Tiene una distribución prácticamente continua interrumpida en sectores por la bajada actual y en forma de estrecha faja alrededor de la playa.

Bajadas

La estructura litológica facilita el desarrollo de material aluvional depositado al pie de las superficies de pedimentación, dando origen a bajadas. Los sucesivos cambios, del nivel de base provocaron el desplazamiento de las superficies de erosión causando que antiguas bajadas hayan sido erosionadas constituyendo así nuevas superficies de pedimentación. Esto se observa en las superficies de pedimentación II, III y IV, las cuales se formaron a partir de sucesivas bajadas.

La bajada actual está compuesta por materiales detríticos (arena, rodados y limos) y se ubica entre la superficie de pedimentación IV y la playa. Tiene distribución uniforme en la margen Oeste y Norte de la salina, muy reducida en el sector Sur.

b. Salina Chica

La superficie de pedimentación convergente I está labrada sobre terrenos terciarios y cuaternarios, con relictos de sedimentos terciarios intercalados y pedimentación secundaria superpuesta, no mapeables a la escala de trabajo. Se extiende desde el borde superior del bajo de la salina hasta la superficie de pedimentación convergente II. En el Sur está parcialmente cubierta por médanos longitudinales y mantos arenosos.

La superficie de pedimentación II se desarrolla sobre los sedimentos aluviales y coluviales posiblemente de la bajada de la superficie de pedimentación I, con escasa expansión areal. Se dispone como una faja angosta rodeando la bajada actual de la salina y en parte se interdigita con esta geoforma.

La bajada actual está conformada por materiales sedimentológicamente similares a los de la Salina

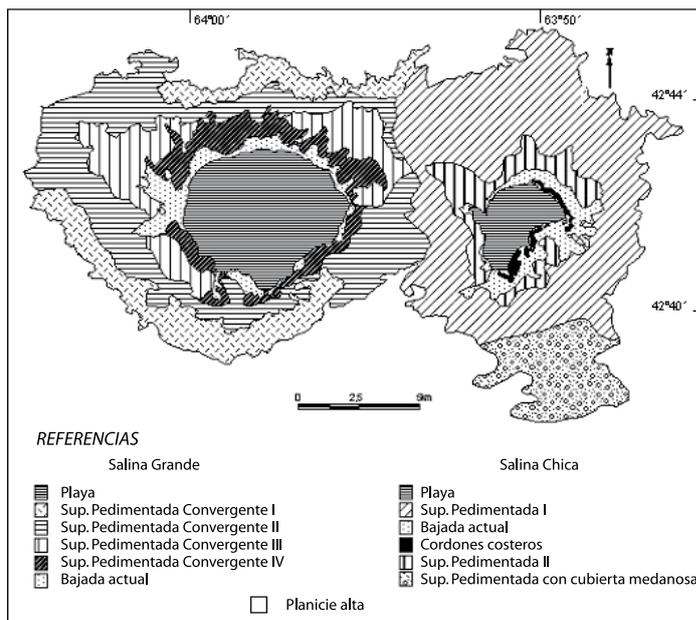


Figura 2. Mapa geomorfológico

Grande (arena, limo y rodados), dispuesto de forma irregular rodeando la salina.

Playas

En la zona más deprimida de ambos bajos existen sendos cuerpos de agua con elevado contenido de sales, provenientes del recorrido y del lavado superficial y subterráneo de sedimentos marinos terciarios. Son lagunas transitorias cubiertas por una delgada capa salina de espesor variable, por debajo de la cual se ha desarrollado un ambiente anóxico fangoso con fuertes emanaciones mal olientes (Brodtkorb, 1999)

La variación temporal del nivel de las salinas se refleja en la presencia de cordones costeros claramente visibles en la salina Chica. Están compuestos por sedimentos arenosos (Súnico, 1996) y se ubican en las márgenes NE, E y SE de la playa.

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El límite de la cuenca "sensu strictu" definido a partir del mapa topográfico, coincide con la línea imaginaria que bordea el bajo que contiene a ambas salinas, respecto a la planicie circundante. En el mapa geomorfológico (Figura 2) se insinúan las vías de drenaje que conforman un avenamiento centrípeto de carácter transitorio efímero, activado en ocasión de precipitaciones extraordinarias dado el exiguo régimen pluvial imperante. En la figura 4 se marcan los cursos de tal carácter.

Según Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli (2002), las Salinas Grande y Chica se clasifican dentro de la unidad de paisaje endorreica, en el subsistema de cuencas áridas a hiperáridas donde $P < ETP$. Los cuerpos de agua dentro de estas cuencas son inherentemente inestables, hipersalinos y están sujetos a desecación completa o se encuentran secos la mayor parte del tiempo.

Atendiendo a la clasificación de humedales propuesta por Manzano (2005) desde el punto de vista

hidrológico, se los pueden clasificar como de descarga, recarga o de flujo a través de ellos.

Los de descarga son aquellos en los que la fuente de aporte principal es el agua subterránea y la pérdida se da por evaporación o flujo superficial. Si la evaporación es el flujo de salida dominante, el humedal puede evolucionar a un salar o lago playa. Los de recarga, son aquellos en los que el flujo de salida principal es la infiltración. En los de flujo a través la recarga de agua subterránea es la principal fuente de aporte y la infiltración el principal proceso de pérdida.

Este caso y por su conformación fisiográfica endorreica, se trata de un tipo distinto, con un ingreso mixto de amplio predominio subterráneo y pérdidas exclusivamente consuntivas.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Sobre la base del mapa equipotencial mostrado en la Figura 3, construido con información procedente del relevamiento realizado en Diciembre 2005, pueden reconstruirse los mecanismos hidrodinámicos para el acuífero freático

Puede reconocerse una morfología freática de tipo radial, con marcada tendencia a cilíndrica convergente en especial en torno a la Salina Grande. La cubeta que encierra a ambos humedales está contenida dentro de la curva isofreática 10 m snm, con una divisoria subterránea local que las separa. Los ápices de ambas hidroformas se hallan por debajo de los -20 m snm y -10 m snm en las salinas Grande y Chica respectivamente. La primera de ellas presenta los mayores gradientes hídricos, del orden de 0.016 en la margen Sur y 0.007 en la Norte, mientras que en la restante alcanza a 0.0075 y 0.005 respectivamente.

Constituyen estos cuerpos la zona de descarga local del sistema, al menos de su componente freática, mientras que la regional está representada por el Océano Atlántico incluyendo los golfos Nuevo y San José

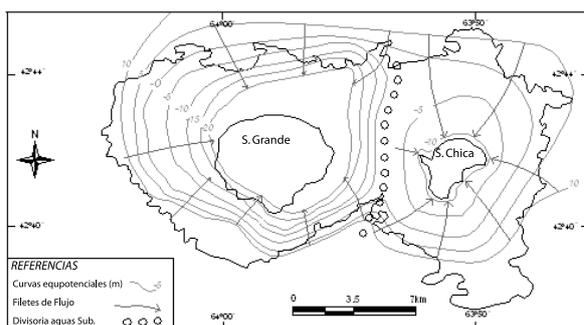


Figura 3. Mapa equipotencial

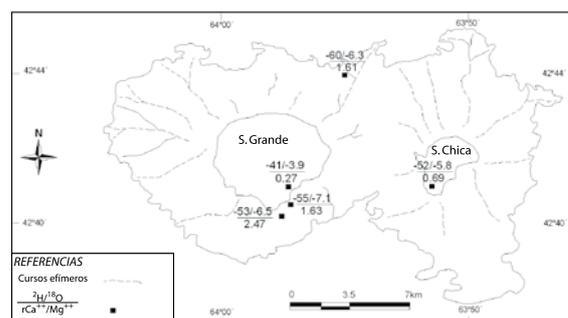


Figura 4. Mapa con valores 2H/18O y rCa++/Mg++

(Figura 1). Existe por lo tanto una divisoria subterránea regional que acompaña el contorno de la península, separando el flujo local centrípeto del regional centrífugo.

La recarga ocurre arealmente pese al ya mencionado importante déficit hídrico, por medio de diversos mecanismos descritos en Hernández (2005), uno de los cuales es el de infiltración rápida en médanos, que en este caso se encuentran en el ámbito de la Península Valdés predominantemente al Sur de estos humedales.

Queda evidenciada la descarga subterránea como fuente indiscutible de aporte a las salinas, además del más reducido provisto por el escurrimiento superficial. Inclusive fueron reconocidos manantiales en los bordes de la cubeta con aguas de baja salinidad, suelos con rasgos de hidromorfismo por debajo de la costra salina y/o con humedad aún en la época estival.

Desde el punto de vista hidroquímico surgen otros elementos de juicio que avalan la alimentación de los humedales salinos por medio de aguas continentales (subterráneas y superficiales) y no por aguas marinas.

El marco regional muestra un predominio de aguas de elevada salinidad (13800mg/l) y tipo iónico cloruradas sódicas, sobre otras más restringidas de 1000 mg/l y cloruradas bicarbonatadas sódicas.

En las aguas locales y a fin de establecer el origen de las influentes sobre los cuerpos salinos, se recurrió a la relación iónica rCa⁺⁺/Mg⁺⁺ (calculada partir de las concentraciones en miliequivalentes por litro) que en el caso de un origen continental toma valores mayores a 0.2 (Custodio y Llamas 1983), producto de la precipitación del carbonato de Calcio en el medio marino y el consecuente predominio del otro catión alcalino-térreo.

Puede notarse en la Figura 4 que en las tres muestras de aguas subterráneas y una de cada salina se obtuvieron valores por encima de 0,2 (0,27 a 2,47), mientras que el análisis de agua de mar practicado arrojó un resultado de 0,22. La conductividad eléctrica en el caso de Salina Grande fue de 13.1300 μS/cm y en Salina Chica de 19.500 μS/cm, contra 60.400μS/cm del agua marina.

Habiéndose probado con argumentos hidrogeológicos, hidrodinámicos e hidroquímicos la procedencia continental y predominantemente subterránea del fluido contenido en los humedales salinos, se creyó conveniente utilizar también como indicador diagnóstico de alto valor a los isótopos ambientales Deuterio (2H) y Oxígeno 18 (18O), analizados sobre muestras

recogidas en los mismos puntos, en los laboratorios del Instituto Nacional de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS).

La distribución espacial de la relación isotópica se muestra en la Figura 4 junto a la relación catiónica. En la Figura 5 por su parte, se presenta el diagrama 2H y 18O (expresados en desviaciones por mil) con relación a la recta mundial de aguas meteóricas, representándose los valores de aguas subterráneas (dos vertientes y un pozo), ambas salinas, agua de mar y promedios ponderados de la precipitación.

Queda evidenciado que las aguas analizadas se alinean desde un origen próximo a las aguas pluviales en el dominio subterráneo, hasta de muy alta evaporación en el caso de las salinas, según una recta divergente de la mundial de aguas meteóricas no vinculada con la posición del agua marina.

Es también posible interpretar una mezcla de aguas, pero sin duda se trataría de la componente paleomarina emergente de los depósitos terciarios de tal origen, que pese al prolongado tiempo de lixiviación conservan el sello original del agua.

BALANCE HIDROLOGICO DE LOS HUMEDALES

En el estado actual de la investigación no es posible aún cuantificar un balance hidrológico para los humedales, ya que no se han concretado aún los ensayos hidráulicos para calcular los coeficientes de Permeabilidad y Almacenamiento (porosidad efectiva) para el dimensionamiento fundamental de la componente subterránea.

No obstante pueden anticiparse dentro de un régimen no-permanente los insumos a utilizar. Los ingresos están representados por la precipitación pluvial directa sobre los cuerpos salinos (calculable mediante los registros pluviométricos el área receptora), la afluencia superficial (estimable en función de las lluvias netas, el perímetro de ingreso y las pendientes) y la afluencia subterránea (cuantificable cuando se disponga de los coeficientes a determinar para una aplicación darcyana).

El egreso del sistema, por su conformación endorreica, está dado únicamente por la evaporación directa desde los humedales, que puede estimarse mediante fórmulas semiempíricas como la de Penman y su cotejo con mediciones directas de control, que deberán tener en cuenta la salinidad del agua acumulada.

Desde ya que cuando el sistema está en estado deficitario, como ocurre durante estiajes prolongados

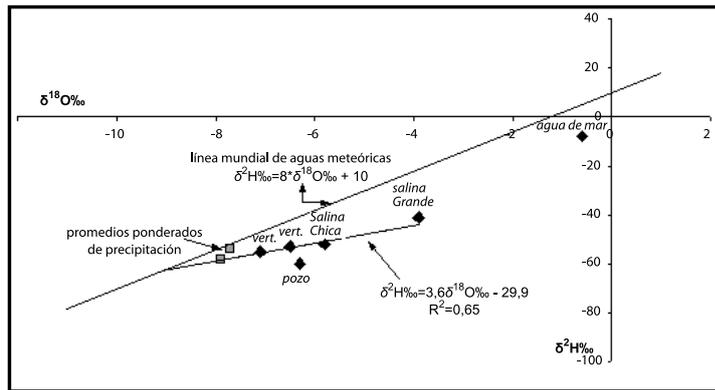


Figura 5. Diagrama de Isótopos Estables.

en la época estival, la superficie de los cuerpos es una costra continua de sal con una salmuera central. Debajo de la costra se reconocen fangos sapropélicos, demostrativos de un lógico estado anóxico. Históricamente coincidió esta situación con la esporádica extracción de sal con fines comerciales.

En cambio, con estados más generosos en aportes hídricos uno de los manantiales del sistema fue utilizado para la provisión de agua a la localidad de Puerto Pirámides. Inclusive actualmente se recurre a manantiales para la provisión a establecimientos rurales y en algún momento a un comercio hotelero.

CONCLUSIONES

Las salinas ubicadas en la Península Valdés conforman un sistema de humedales hipersalinos, con una conformación endorreica tanto para el régimen superficial como para el subterráneo.

Pese a su proximidad con el mar y a la cota negativa (hasta -42 m) que llevó a pensar generalizadamente en una alimentación de tal procedencia, queda demostrado que estos humedales están soportados por aguas continentales.

Los elementos de juicio convergentes demostrativos proceden del campo de la hidrodinámica subterránea (afluencia verificada por la cartografía equipotencial del acuífero freático), de la hidroquímica (relación iónica $rCa^{++}/Mg^{++} > 0.20$) y de la hidrología isotópica (relación de isótopos estables $2H-18O$), en conocimiento del condicionante físico representado fundamentalmente por las características geomorfológicas.

Se plantean los insumos básicos para la resolución de un balance hidrológico bajo régimen no-permanente, quedando pendiente para concretarlo la realización de ensayos hidráulicos programados, para obtener los parámetros de cálculo de la afluencia subterránea.

REFERENCIAS

Barros, V y Rodríguez Seró, J. A., 1981. Measurements strategies: use of short observations for the annual wind variations. Proceeding of the International Colloquium on Wind and BHRA Fluvial Engineering, 3-28.

Brodtkorb, A., 1999. Salinas grande y Chica de la Península de Valdés. Chubut. En: Recursos Minerales de la República Argentina (ED. E.O. Zappettini). SEGEMAR, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 35. 1971-1976, Buenos Aires.

Burgos, J. J., Vidal A. L., 1951. Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite. Revista Meteoros, Buenos Aires. Año 1, N° 1. 3-32

Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 2002. Documentos del curso-taller "Bases ecológicas para la clasificación de humedales en Argentina". Buenos Aires.

Custodio, E. y M. R. Llamas Madurga, 1983. Tratado de Hidrología subterránea. Omega (2ª. Ed.) Barcelona.

González Díaz, E.F. y Malagnino, E., 1984. Geomorfología de la provincia de Río Negro. Noveno Congreso Geológico Argentino. San Carlos de Bariloche, (con mapa escala 1:1.000.000), 159pp., Buenos Aires.

González Díaz, E.F. 2004 La Extensa zona de deslizamiento de la escarpa oriental de la Pampa de Salamanca, Chubut, entre los 45° Sur y los 45° 45' Sur. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59(4:743-762).

Haller, M., Monti, A. y Meister, C. 2001. Hoja Geológica 4363-I. Península Valdés. Servicio Geológico Mineiro Argentino. Boletín Nro 266. Buenos Aires.

Hernández, M.A. (2005) Mecanismos de recarga de acuíferos en regiones áridas (Síntesis). Actas II Seminario Hispano Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, pp:249-254. ISBN950-665-349-6. Río Cuarto.

Kostadinoff, J. 1992. Estudio geofísico de la Península de Valdés y los golfos nordpatagónicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47(2:229-236).

Manzano, M. (2005). Hidrología de los humedales dependientes del agua subterránea e implicaciones ecológicas. Actas II Seminario Hispano Latinoamericano

sobre temas actuales de hidrología subterránea, pp: 269-290 ISBN950-665-349-6. Río Cuarto.

Roveretto, G., 1921. Studi di geomorfología argentina. V: La Penisola Valdés. Vol. Soc. Geol. Italiana, 30: 1-47. Roma.

Súnico, A. 1996. Geología del cuaternario y ciencia del suelo: relaciones geomórficas-estratigráficas con suelos y paleosuelos Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Buenos Aires.

Thornthwaite C.W. & Mather J.R. 1957) - Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Centerton, pp. 312.

