

Relación entre acuíferos y lagunas del noreste de La Pampa, Argentina, desde una perspectiva hidrológica ambiental

Carla Moscardi⁽¹⁾ y Carlos Schulz⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Unidad Académica San Julián. Colón y Sargento Cabral, Puerto San Julián, provincia de Santa Cruz, Argentina. 02962-452319

⁽²⁾ Universidad Nacional de La Pampa - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Argentina. Avda. Uruguay 151, Santa Rosa, provincia de La Pampa, Argentina. 02954-425166

Mail de contacto: carlamoscardi@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo consiste en un estudio hidrológico, hidroquímico y ambiental de un área de llanura y se explica la relación existente entre las aguas subterráneas y superficiales. Los cambios que sufren las lagunas son del tipo hidrodinámico en relación al intercambio y conexión entre el agua superficial y los acuíferos y a la variación en la superficie cubierta de agua. Los cambios hidroquímicos, analizados a partir de las proporciones de iones mayoritarios y la ubicación en la curva isotópica responden a este fenómeno. La variación extrema de inundación o sequía responde a la combinación de los factores hidrometeorológicos y geomorfológicos. Se obtienen diferentes escenarios de funcionamiento de los cuerpos lagunares con la finalidad de establecer pautas concretas de manejo integral y sustentable. Se recomienda planificar el uso del recurso teniendo en cuenta la dinámica hidrológica de los sistemas ambientales como medio de transporte de posibles impactos negativos sobre el recurso hídrico.

Palabras clave: Relación agua subterránea-superficial, La Pampa.

ABSTRACT

This work is a study hydrological, hydrochemical and environmental plain area and explains the relationship between groundwater and surface waters. The changes experienced by hydrodynamic type gaps are related to the exchange and connection between surface water and groundwater and the variation in the area covered by water. Hydrochemical changes respond to this phenomenon, as well as the contents of major ions and isotope curve location. Extreme variation of drought or flood responds to a combination of factors, geomorphology and hydrology. This gives different operating scenarios lagoon bodies in order to establish specific guidelines for the integrated management and sustainable. It is recommended that resource use planning considering the hydrological dynamics of environmental systems for transportation of potential negative impacts on water resources.

Keywords: relationship groundwater-surface waters, La Pampa.

Introducción

Los ambientes lagunares en áreas de llanura, y particularmente los ubicados en la región noreste de la provincia de La Pampa sufren grandes cambios, dependiendo de la situación meteorológica dominante, desde una situación de mínima pluviosidad a una de máxima. También influye notablemente el rol que cumplen, estos ambientes lagunares en el medio donde se encuentran ubicados. La situación hidrológica en el área es controvertida. Por un lado existe una necesidad de localizar nuevas fuentes de agua potable de buena calidad para abastecer la población habitante de la región y los usos productivos, así como conocer el volumen de explotación correcto a fin

de no agotar o dañar el recurso. Por otro, se presentan periódicamente eventos extremos como sequías o inundaciones donde los déficits o excesos hídricos ocasionan daños de distinta índole, sumados a grandes pérdidas económicas. Para estos casos puntuales se han realizado estudios para mitigar esas situaciones, evaluar los impactos ambientales y lograr un manejo integrado de la cuenca.

El agua de lluvia, la subterránea y la superficial son parte del mismo ciclo hidrológico, por lo tanto, se considera de suma importancia obtener un modelo de funcionamiento de la dinámica del agua superficial y subterránea y la interacción entre ambas a fin de lograr un uso sustentable del recurso hídrico de la región. La

caracterización ambiental que incluye el uso que el hombre ha realizado históricamente y actualmente de estos ambientes, complementará y permitirá inferir sobre diferentes situaciones en el mismo modelo.

Es importante resaltar que, el análisis de la relación entre el agua superficial y subterránea desde una perspectiva hidrológica – ambiental, implica entender el sistema bajo estudio como una unidad integral en la cual las entradas (E) pueden interaccionar con todos los subsistemas presentes y ocurren salidas (S) del mismo, de manera continua y dinámica en el espacio y el tiempo.

El objetivo general de este trabajo ha sido establecer un modelo conceptual de funcionamiento de los cuerpos de agua superficiales de la región noreste de la provincia de La Pampa, en función de su relación con los acuíferos y su caracterización ambiental, a fin de poder establecer pautas de manejo integral y sustentable del recurso hídrico de la región.

Para lograr este objetivo se caracterizaron desde el punto de vista hidrológico, hidroquímico y ambiental los cuerpos de agua superficial presentes. Se estudiaron los acuíferos, sus variaciones y fluctuaciones freáticas en el área de estudio y se integraron en un modelo conceptual de funcionamiento.

Los modelos logrados permitirán establecer pautas de manejo integral y sustentable de los recursos hídricos presentes en la región noreste de la provincia de La Pampa.

Región bajo estudio

La zona bajo estudio comprende el noreste de la provincia de La Pampa, limitando al norte con la provincia de Córdoba y al este con la provincia de Buenos Aires, ambos límites políticos (Figura 1) Los límites sur y oeste se corresponden con el paralelo 36°50' y el meridiano de 64°00', respectivamente. Estos últimos, son límites arbitrarios establecidos en estudios previos (Mariño 2003; Schulz y Castro, 2005), los cuales se toman como referencia, para el desarrollo de este trabajo. En total, el área tiene una longitud norte-sur de aproximadamente 100 Km., y un ancho medio de 40 Km., lo que hace una superficie de unos 4000 km². Las ciudades con mayor densidad poblacional situadas dentro del área de norte a sur son: Intendente Alvear, General Pico y Quemú Quemú, coincidentes con los sitios de muestreo considerados en este trabajo.

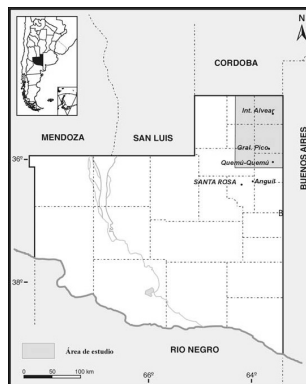


Figura 1. Región bajo estudio

Metodología

Los pasos metodológicos generales han sido los siguientes:

- Recopilación de antecedentes y bibliografía general y específica de la temática, tanto de la región como de otros ambientes de similares características.
- Interpretación de imágenes satelitales del área bajo estudio, realizando un análisis temporal, de estimación de cambios en el uso del suelo y de cambios de la superficie cubierta de agua.
- Análisis climático de la región. Estudio de las series de datos climáticos.
- Descripción de los factores físicos: geología, geomorfología y edafología; factores biológicos: región biogeográfica, flora, fauna, biodiversidad; factores antrópicos: sociedad, población, uso del suelo, actividades económicas, agua potable, entre otros.
- Toma de muestras en los sitios seleccionados como de referencia y envío a laboratorios para la determinación de los parámetros físico-químicos e isotópicos, se detalla la metodología de los análisis en el capítulo correspondiente.
- Interpretación de los datos de calidad físico-química de las aguas e isótopos ambientales.
- Análisis de los datos, interpretación de los resultados y diseño del modelo de funcionamiento.

Resultados

Clima

Se tomaron las series de datos climáticos que se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 1. Variables y series climatológicas

Localidad	Serie	Variables	Fuente
Quemú Quemú	1914 – 2009	Precipitación Temperatura Viento	Estación meteorológica a cargo UNLPam - INTA Anguil
General Pico	1911 – 2009	Precipitación Temperatura Viento	Estación meteorológica del SMN
Intendente Alvear	1956 – 2009	Precipitación	Registro Pluviométrico (Policía de la provincia LP)

A partir de estos datos se graficó la distribución anual de las lluvias a los largo de toda la serie y para cada una de las localidades arriba mencionadas. En el gráfico 1 se puede observar el tratamiento realizado para la localidad de Intendente Alvear. A partir de esta distribución se identificaron los años extremadamente húmedos aquellos que superan la media anual más un desvío estándar y años húmedos los que superan la media. También se consideran años extremadamente secos los que presentan valores menores a la media anual menos un desvío estándar y años secos los que se encuentran por debajo de la media. Mientras que se consideran años medios los que se aproximan al promedio total anual de la serie de datos.

A partir de la interpretación de los gráficos mencionados, se obtuvo el régimen pluviométrico para cada una de las localidades. La distribución estacional de las lluvias, según año hidrológico, es similar en las tres localidades consideradas, corroborando de esta manera la homogeneidad en la estacionalidad de las precipitaciones a nivel regional. Los promedios mensuales mayores ocurren en el período estival y los mínimos en el invernal.

En relación a la variable temperatura, se resaltan los datos de los meses representativos de las estaciones extremas, verano e invierno: La media de enero de la zona en estudio no presenta diferencias marcadas de norte a sur y sus valores oscilan alrededor de 24°C. En cambio, la temperatura media del mes de julio tiene un gradiente decreciente en sentido norte a sur con valores de 8,1°C para General Pico y 7,4°C para Quemú Quemú.

Del análisis del balance hídrico anual y seriado, surgen dos momentos bien diferenciados, casi coincidentes con la distribución de las precipitaciones. Ellos son abril/septiembre y octubre/marzo. Para las series climatológicas disponibles y en las tres localidades analizadas y las dos capacidades de campo consideradas (100 y 200 mm.) no hubo excesos de agua, en cambio se encontraron valores de deficiencia hídrica para los dos momentos, siendo muy importantes durante los meses estivales (octubre/marzo).

Geomorfología

Geomorfológicamente el área que se estudia corresponde a la subregión “Planicies Medanosas” (Cano *et al*, 1980) o a la unidad “Llanura Pampeana de Modelado Eólico Superimpuesto (Calmels, 1996) y desde el punto de vista fisiográfico y en sentido regional, puede considerarse como una extensa llanura con suave pendiente hacia el este, con un gradiente del orden de 0,4 m/km.

Los procesos morfogenéticos que actuaron fundamentalmente en esta área fueron eólicos (de acumulación y deflación) produciendo una capa arenosa de espesor variable. Las geoformas mayores lucen como dorsales de significativa extensión longitudinal, las cuales limitan por el oeste con amplias depresiones subparalelas y de carácter endorreico y hacia el este se enlazan paulatinamente con el ambiente de llanura. (Schulz y Castro, 2005).

Edafología

Los suelos dominantes en la región son los del tipo Hapludol éntico, familia franca gruesa, mixta térmica y el asociado es de reacción ácida y moderadamente bien drenado (Cano *et al*, 1980). Este suelo presenta incipiente evolución genética con un sencillo perfil del tipo A-AC-C y la tosca se encuentra cercana a los 2 m. El suelo es profundo con un contenido de materia orgánica, cercano al 2%, reuniendo las exigencias de un epipedón mólico (Cano *et al*, 1980). El drenaje es algo excesivo, con una permeabilidad rápida, un escurrimiento nulo y capa freática algo profunda (7 a 8 m), aunque en algunos sectores puede tener menos de cinco metros, un régimen de humedad údico, marginal al ústico, temperatura térmica y su clase granulométrica es franco gruesa. Sus limitaciones son las características para suelos de áreas semiáridas, es decir regular capacidad de retención de la humedad, erosión eólica ligera y sequías estacionales.

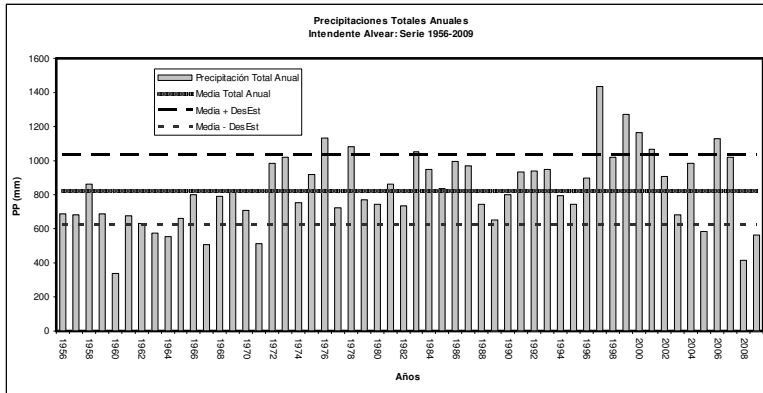


Gráfico 1. Precipitaciones Totales Anuales. Int. Alvear.

Geología e hidrogeología

Desde el punto de vista geológico-estratigráfico, se reconocen en el área las siguientes unidades, descriptas de lo más antiguo a lo más reciente:

Formación Paraná: se atribuyen a las capas de origen marino que aparecen por debajo de 191 m.b.b.p.. Está compuesta por arcillas verdes, a veces con restos de pelecipodos, con cristales tabulares de yeso y capitas intercaladas de limos castaños. La edad de esta unidad es miocena. La separación, entre las distintas formaciones, está representada en cada caso, por una discordancia de erosión.

Formación Cerro Azul: Con este nombre se designa un conjunto de capas alternantes limo-arenosas y arenas muy finas limosas de color castaño rojizo. Arcillosas mezcladas de color pardo amarillento a pardo rosado de origen continental. Normalmente están

consolidadas con presencia variable de carbonato de calcio, desde el estado pulverulento al de cemento. Materiales de origen principalmente eólico, finos tipo loess, con paleosuelos intercalados. Su potencia alcanza hasta los 190 mts y se le asigna edad miocena superior o mioceno tardío.

Formación Pampeano / Arenosa / Loess: Manto delgado de limos arenosos eólicos con potencias máximas de hasta 2 m, acumulados durante el Pleistoceno tardío – Holoceno.

Formación Junín, que presenta dos miembros: Miembro basal y Miembro superior.

Cada una de las formaciones geológicas descriptas se comporta de manera diferente en relación al almacenamiento de agua. En la tabla 2 se integra la información teniendo en cuenta las diferentes fuentes bibliográficas.

Tabla 2. Perfil hidroestratigráfico

Prof. (mbbp)	Material	Formación	Edad	Autorías Año	Carácter hidrogeológico
3	Arenas de tamaño variable, a veces limosas, no consolidadas, sin contenido cálcico. Compuestas por cuarzo, feldespatos, máficos y vidrio.	Miembro Superior - Formación Junín	Holoceno	CFI 1975 / Gjai y Gatto Cáceres 1996 / Mariño 2003	Acuífero
6	Arenas gruesas a finas y limosas o limos-arenosas, son cuarzosas, tienen vidrio y en menor cantidad máficos y feldespatos. Carbonato de calcio en estado pulverulento.	Formación Arenosa (Maján 1983)			
15	Limos arenosos	Formación Pampeano (Sainfo 1996; Maján 1983)	Pleistoceno Tardío	Mariño 2003 / Zárate (Com. Pers.)	Acuífero
	Arenas gruesas a medianas en la base y arenas finas con vidrio volcánico en la parte superior.		Plioceno tardío		
100	Arenas finas a limosas cementadas por material calcáreo, intercalaciones limo-arcillosas. Capas y nódulos de tosca	Formación Cerro Azul	Mioceno Superior	Linares y Llamboyas 1980 / Mariño 2003 / Folguera y Zárate 2009	Acuitardo
165	Arcillas verdes y castañas, arenas gruesas y medianas con arcillas grises	Formación Paraná	Mioceno	Ingoyen 1975 / Gjai 1972 / Mariño 2003	Acuífero a acuitado en algunos niveles
250	Areniscas Cuarzosas		Triásico	Mariño 2003	Acuífero

Piezometría

La superficie piezométrica de la región se encuentra a una profundidad variable en un rango de 0 y 10 metros, dependiendo de los factores enunciados: clima, geomorfología, perfil estratigráfico, entre otros. En rasgos generales la superficie freática acompaña, de manera atenuada, a la topográfica, con niveles estáticos más profundos en las partes elevadas, hasta aflorar en los bajos, que actúan como áreas de descarga local.

Las variaciones freáticas para cada uno de los sitios de referencia, de Norte a Sur, Intendente Alvear (Serie 1993-2007), General Pico (Serie 1978-2007) y Quemú Quemú (Serie 1986-2007), permitieron ver la dinámica del agua en el espacio y en el tiempo. La descarga y conexión con el agua superficial se identifica claramente, aunque no se logró determinar con esta variable la desconexión de ambos sistemas o el cambio de la relación hidráulica de descarga o recarga que puntualmente pueda ocurrir.

Los niveles piezométricos se confrontaron con las precipitaciones para las tres localidades, tomando las series coincidentes de datos. Se corrobora una directa relación de los niveles freáticos menores con los períodos húmedos y extremadamente húmedos considerados. Así mismo, en los años determinados como secos y extremadamente secos el sistema acuífero parece desconectarse.

A nivel regional se dificulta establecer la piezometría de manera gráfica, ya que la misma se ha comprobado se comporta de manera puntual y localizada.

Hidrología superficial

El trabajo basado en la interpretación y comparación espacio-temporal de imágenes satelitales permitió la corroboración de épocas de máxima y mínima situación hidrológica y el cálculo de las superficies de las lagunas en diferentes situaciones.

El estudio de la hidrología superficial del área bajo estudio se basó en el método inductivo, comparando las variables de la imagen con las variables tomadas a campo, principalmente las de los factores físicos descriptos, el clima, la geología y geomorfología y los suelos. Para evaluar los cuerpos de agua seleccionados se utilizaron las imágenes del satélite Landsat 5 TM y 7/Path and Row 228-084 y 288, correspondientes a los años 2000, 2001, 2006 y 2009.

Los resultados de la digitalización de los perímetros de cada uno de los ambientes estudiados y en cada una de las imágenes,

en período de sequía y de inundación. A partir de los perímetros se calcularon las superficies, conservando la escala de trabajo y para los dos años considerados extremos, el 2000 y 2009.

Se obtuvieron los siguientes datos comparables:

Tabla 3. Superficies de lagunas

Ambiente Superficial	2000	2009
El Cañadón – Quemú Quemú	31.421.648 m ² 3.142,2 has.	446.354 m ² 44,6 has.
La Arocena – General Pico	2.649.263 m ² 264,9 has. (Total inundado) 60,8 has. (Cuenco principal)	493.290 m ² 49,3 has.
Zona Límite La Pampa/Córdoba: Bañado río Quinto	4.883.610 m ² 488,4 has.	200.099 m ² 20,0 has.

Hidroquímica

De cada uno de los sitios seleccionados como de referencia, se extrajeron muestras de agua para la determinación de los parámetros físico-químicos y para isótopos, tanto en el ambiente superficial como de la perforación.

Las aguas se clasificaron según su tipología. Las muestras de agua subterránea, tanto en General Pico como en Quemú Quemú coinciden en su tipología y son del tipo bicarbonatadas sódicas. El Cañadón y el río Quinto llaman la atención por la similitud en la tipología, ambas resultaron Cloruradas y/o sulfatada sódica, aunque parecen no pertenecer a un mismo sistema de funcionamiento, interrogante para profundizar en futuros estudios. Así mismo ambos sistemas pueden estar atravesando una situación hidrodinámica similar (gran pérdida por evaporación y descarga del acuífero).

La Arocena con aguas bicarbonatadas requieren la profundización del análisis, en base a la comparación de las variables: pH, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica a los largo del tiempo, especialmente desde el año 2000 a la actualidad. Los altos valores de Nitrógeno Total en años anteriores se puede atribuir a eventos de desborde de efluentes cloacales sin tratamiento sobre el cuenco. Actualmente el agua aportante es principalmente de los desagües pluviales de la ciudad de General Pico.

En la Tabla 4 se presentan los análisis isotópicos realizados en las 6 muestras de agua superficial y subterránea.

Tabla 4. Análisis isotópicos de las muestras

Sitio de Muestreo	$\delta^2\text{H}\text{‰}$ ± 1	$\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ $\pm 0,2$
Laguna El Cañadon QQ	42	9,1
Perf. Aeródromo QQ	-28	-4,9
Laguna La Arocena GP	26	4,6
Perf. La Pobrecita GP	-28	-4,8
Laguna Límite NW Río V	13	3,6
Perf. Límite NW Río V	-16	-2,0

Los resultados de los análisis isotópicos se han representado en diagramas convencionales $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ conjuntamente con la recta meteórica global *i.e.*: $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10 \text{‰}$, (Gráfico 2.).

El contenido isotópico del agua subterránea de los pozos de Quemú Quemú y General Pico tienen composición isotópica similar consistente con los valores medidos en las precipitaciones de las estaciones Quemú Quemú e Intendente Alvear. El agua de la perforación río Quinto tiene valores más enriquecidos que pueden asignarse a procesos de evaporación previos a la

infiltración o a infiltración selectiva.

Las aguas superficiales tienen valores muy enriquecidos evidenciando procesos de evaporación. Estas aguas y el agua subterránea de la zona del río Quinto se alinean en una recta de evaporación cuyo origen es una composición isotópica compatible con la del agua subterránea de la región. Esta situación señala que probablemente el agua de las lagunas tenga una componente subterránea.

Por otro lado se observa que las aguas superficiales muestran mayor o menor evaporación y los valores más enriquecidos corresponden a la laguna El Cañadón. Este muestreo fue realizado en verano cuando las temperaturas y la evaporación son más altas. Asimismo es importante notar que durante la evaporación desde cuerpos superficiales de agua, el fraccionamiento de los isótopos del hidrógeno y oxígeno depende de la temperatura superficial, la velocidad del viento, la salinidad y fundamentalmente de la humedad.

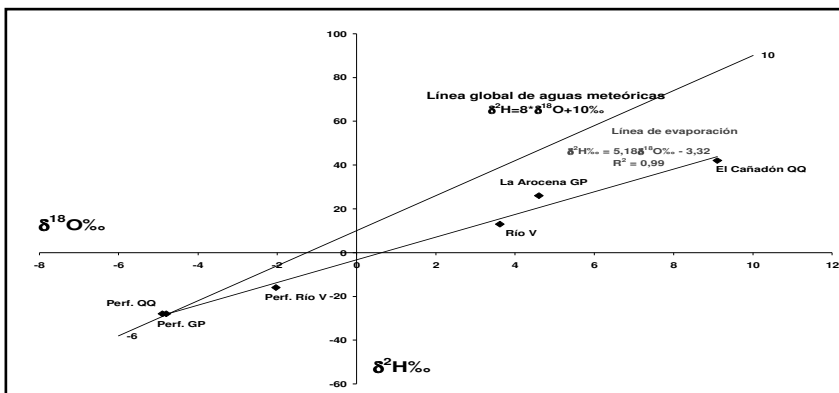


Gráfico 2. $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras y línea global de aguas meteóricas.

Modelo conceptual de funcionamiento

Al superponer los sistemas de flujo local, asociados a los cuerpos de agua superficial de referencia en el área de estudio, a las condiciones regionales, resultan interacciones complejas, y esto ocurre independientemente de su posición topográfica. Los procesos hidrológicos asociados con los propios cuerpos de agua superficial, como los niveles superficiales máximos estacionales y la evapotranspiración/evaporación de agua subterránea en los perímetros de cuerpos superficiales, generan complejidad y variación de la dinámica de las interacciones entre aguas subterráneas y superficiales. A lo largo del análisis se pudieron identificar diferentes situaciones hidrológicas en función de la integración de los fenómenos y las variables consideradas. A continuación se presentan los modelos conceptuales logrados para cada situación hidrológica, las cuales se identifican como distintos escenarios.

Escenario 1

Luego de un período de años húmedos y extremadamente húmedos el sistema de lagunas se encuentra colmatado, los niveles acuíferos poco profundos, el agua superficial y subterránea se conectan entre sí. Los bajos topográficos reciben agua de descarga del acuífero y superficial por el aporte de las precipitaciones. Predominan los movimientos horizontales avanzando el agua por la llanura anárquicamente, sin cauces definidos hacia los bajos topográficos. La figura 2 esquematiza el modelo conceptual de funcionamiento para esta situación hidrológica.

Escenario 2

En época de sequía producto de sucesivos años de precipitaciones menores a la media, años secos y extremadamente secos, el sistema bajo estudio se modifica predominando los

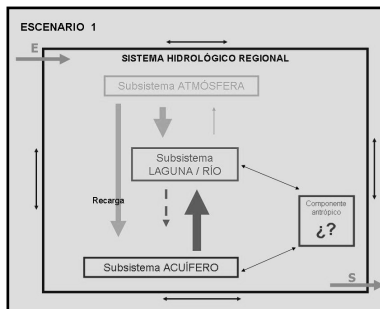


Figura 2. Modelo conceptual. Escenario 1

flujos hidrológicos verticales, de pérdida de agua del sistema. El subsistema de agua superficial parece desconectarse del subsistema acuífero, es decir que se puede invertir la relación hidráulica o anularse. En la figura 3 se observa el modelo que conceptualiza esa dinámica.

Escenario 3

Se plantea un tercer escenario (Figura 4), el cual describe una situación hidrológica media, donde las precipitaciones se ubican alrededor de la media estimada, los acuíferos responden a la dinámica del nivel de explotación, de la alternancia entre aumentos y disminución del nivel freático. En esta situación hidrológica se identifican descargas del acuífero en la superficie e influencia de los ambientes superficiales sobre las aguas subterráneas y son los factores físicos del sistema, los que adquieren mayor protagonismo en la condición hidrodinámica del sistema regional.

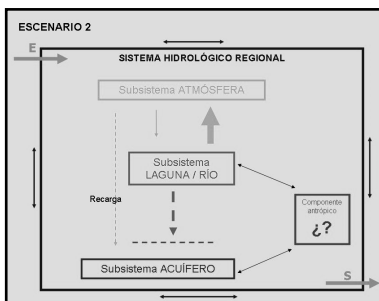


Figura 3. Modelo conceptual. Escenario 2

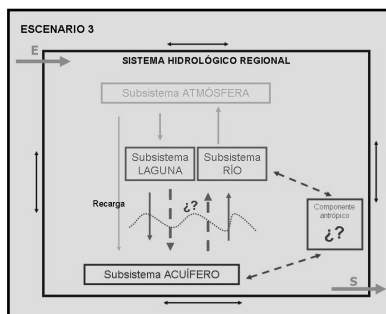


Figura 4. Modelo conceptual. Escenario 3

Es en este escenario 3 dónde se plantean los mayores interrogantes respecto a la presión antrópica sobre los ambientes lagunares de la región. Dejando el interrogante para futuros estudios si las lagunas localizadas en cercanías de centros urbanos, de la región noreste de La Pampa presentan alteraciones de su funcionamiento hidrológico natural esperable.

Conclusiones

En la situación de máxima el acuífero freático trae acumulado los excesos hídricos anuales que la capacidad evapotranspirante de la región no alcanza a compensar dentro del ciclo hidrológico anual, trasladando excedentes de un año a otro. A esta condición hidrometeorológica, se suman las características geológicas y geomorfológicas que mantienen el agua en superficie. En la situación de mínima, momento en el cual se tomaron los datos reales, los diferentes subsistemas superficial/subterráneo se distancian entre sí hasta desconectarse.

En la zona en estudio, la variabilidad climática se asocia con fenómenos con importantes impactos socioeconómicos y ambientales. Dicha variabilidad climática, se relaciona con la ocurrencia de sequías severas o con lluvias intensas. Si los efectos de este extremo climático se incrementan, la zona se verá expuesta a eventos extremos de origen hidrometeorológico, a menos que se corrijan prácticas sociales que incrementan la vulnerabilidad. Bajo este panorama, la planificación, la gestión y la acción frente a los riesgos hidrometeorológicos cobran gran relevancia. Este análisis de la relación agua – clima - sistema productivo - factores

sociodemográficos intenta incidir en el espacio de vinculación entre los actores que generan el conocimiento y quienes diseñan y aplican política pública. Se trata de pensar de una manera distinta los temas de vulnerabilidad hídrica, de los riesgos frente a la variabilidad climática y en particular frente a los eventos hidrometeorológicos extremos, para proponer estrategias de acción que sumen las capacidades del gobierno a la acción de la sociedad.

Referencias

- Calmels, A. P., 1996. Bosquejo Geomorfológico de La Provincia de La Pampa. UNLPam. Santa Rosa. 106 p.
- Cano, E. G., Casagrande, H. A., Conti, B., Fernandez, R., Hevia, J. C., Lea Plaza, D., Maldonado Pinedo, H., Martinez, M. A., Montes y Peña Zubiato, C. A., 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa- Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. INTA-Gobierno de La Pampa- UNLPam . Santa Rosa. 493 p.
- Folguera A. y Zárata M. 2009. La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina central. Revista de la Asociación Geológica Argentina 64 (4): 692-712.
- Giai, S. y R. Gatto Caceres, 1996. Ajuste de un modelo para registros freáticos mensuales en General Pico-La Pampa. IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. Actas 2: 221-227.
- Linares, E, Llambías E .et al.,1980. Geología de la Provincia de La Pampa y Geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. RAGA. Tomo XXXV, N°1. pp.87-146. Buenos Aires.
- Mariño, E. E., 2003. Sistema hidrogeoquímico de un acuífero libre en ambiente medanoso en el área General Pico-Dorila, provincia de La Pampa. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional de Córdoba. 142 p.
- Schulz C. J. y Castro E. C., 2005. Estimación de la infiltración eficaz en el sector medanoso del noreste de La Pampa, mediante distintos métodos. IV Congreso Argentino de Hidrogeología, Tomo II: 105-112, Río Cuarto.
- Varni, M., Rivas, R. y Entraigas, I. 2003. Interacción de un cuerpo de agua superficial con el agua subterránea en la llanura pampeana, Argentina. Información Tecnológica, 14(6):97-104.