

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco teórico

A nivel internacional, las regiones costeras son zonas de vital relevancia tanto por la población que albergan como por las actividades económicas que en ellas se desarrollan (European Commission, 2001). La concentración humana en una estrecha franja costera genera una fuerte modificación en el funcionamiento tanto del sistema aguas subterráneas como superficiales.

El hombre ha vivido en las costas por milenios utilizando sus principales recursos para su supervivencia y beneficio socio-económico. La región costera es el área donde se desarrolla el 25 % de la producción global y provee al 70% de la industria pesquera. Alrededor del 50% de la población mundial vive en este dominio relativamente pequeño, pero altamente productivo, que ocupa el 12% de la superficie de la Tierra (Crossland, et al., 2005). La densidad de la población costera varía dramáticamente a lo largo de las diferentes regiones, y existe una tendencia general de la población a trasladarse desde el continente hacia la costa. La riqueza y diversidad de los recursos encontrados en las áreas costeras han sido reconocidas por el hombre durante mucho tiempo y en consecuencia ha existido una alta concentración de las actividades humanas y asentamientos en las líneas de costa y estuarios de todo el mundo a lo largo de la historia. Queda claro que esta región continuará siendo el sustento de una gran proporción de la población, tanto para los que viven ahí, como para los del interior del continente (Satkunas, 2008). La zona costera es, por lo tanto, un activo valioso para la población mundial. El uso sustentable y la protección de las áreas costeras de la Tierra son un ítem importante en todas las agendas internacionales. La aparición de organismos internacionales como la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho del mar (CNUDM), la Agenda 21 de Río, la Convención sobre los humedales, biodiversidad y desertificación, etc., proveen un importante mecanismo para el manejo costero.

Los acuíferos costeros tienen ciertas características que los hacen especialmente relevantes desde el punto de vista de la génesis y el funcionamiento de los espacios naturales litorales relacionados con ellos. Son la principal, y muchas veces única, fuente de agua dulce para abastecimiento a poblaciones, industrias y áreas agrícolas. Originan, y mantienen, medios naturales donde abundan los

humedales o formaciones palustres. Suelen ser medios de elevado dinamismo morfológico, especialmente las franjas costeras donde es frecuente encontrar formaciones tales como cordones litorales, trenes de dunas activas, médanos y acantilados, áreas de marisma mareal o fluvial, lagunas salobres y dulces, etc. en permanente evolución. Ello ocasiona cambios morfológicos (los de menor escala, perceptibles a escala temporal humana) que generalmente inducen cambios en la configuración de las redes de flujo hídrico superficial y subterránea: ubicación y/o extensión de las zonas de recarga y descarga del acuífero, cuantía de ambos términos, trazado y caudales de los cauces, etc. (Manzano, 2002)

Los cambios hidrológicos naturales o inducidos por la acción del hombre y sus variaciones han comenzado a tener una alta significación en la disponibilidad de los recursos hídricos (Sivapalan, 2003), siendo ello de una gran importancia en las regiones costeras.

En ocasiones no resulta muy claro cuál será el alcance de los cambios recientes (antropogénicos) sobre los acuíferos costeros en los efectos a largo plazo debido a que la distribución actual del agua dulce y salada subterránea muchas veces refleja las condiciones ambientales iniciales de formación (Post, 2005).

El recurso aguas subterráneas es utilizado para el abastecimiento de agua potable debido a muchas de sus ventajas, como presentar generalmente una alta calidad, pequeñas variaciones estacionales, bajos costos en el almacenamiento y su fácil explotación

El desarrollo sustentable en el uso de los recursos subterráneos requiere que la extracción no supere a la recarga. La sobreexplotación del agua subterránea se ha estudiado, por ejemplo, en China, Oriente Medio, norte de África, Arabia Saudita y USA donde el nivel estático se ha deprimido de una manera alarmante (Backman et al., 2007). A pesar de la creciente demanda de agua potable, su explotación debe enfrentar ciertas dificultades. Las zonas costeras tienen una distribución natural con interfases de agua dulce, salobre y salada que es el resultado de una historia geológica reciente (Cuaternario), que permanece en un equilibrio dinámico. Las altas tasas de extracción tienden a reducir el potencial piezométrico, influenciando el patrón general del flujo subterráneo y el balance hídrico del área. La distribución entre la calidad del agua dulce y salada y el potencial hidráulico son particularmente importantes en estos ambientes. En las peores circunstancias, la extracción debe ser suspendida cuando un fenómeno de intrusión salina ha ocurrido y alcanzado la zona de explotación (Vandenbohede et al., 2008).

El problema es particularmente serio donde el rápido crecimiento de la población y las actividades económicas incrementan la necesidad de un mayor abastecimiento de agua dulce proveniente de la extracción de agua subterránea. (Trabelsi et al., 2007). Esta tendencia, junto con una disminución en la recarga, aumento de la extracción y la consecuente contaminación del agua dulce con la salada es un tema preocupante en las áreas de costa. (Appleyard, 1995; Lambrakis, 1998; Cox, 1996, Lerner y Barrett, 1996; Calvache y Pulido-Bosh, 1997; Yang et al., 1999; Batrak, 2008; Eiswirth y Hötzl, 2004; Kruse et al., 2004; Drangert y Cronin, 2004; Lerner, 2002; Deluchi et al., 2006; Seiler y Gat, 2007; Belyaev, 2007; Choi et al., 2005; García-Soldado et al., 2008; Jiao y Ding, 2008; Meeroff et al., 2008)

La intrusión salina es un problema ambiental ampliamente extendido en muchos acuíferos costeros del mundo (Panagopoulos et al., 2004; Kallioras et al., 2006; Lee y Song, 2007; Abou Zakhem y Hafez, 2007; Barazzuoli, et al., 2008; El Yaouti et al., 2009)

En Sudamérica existe un grado variable en cuanto al conocimiento y manejo práctico de los acuíferos costeros cuya problemática está relacionada en calidad y cantidad con áreas densamente pobladas que apuntan a un desarrollo no sustentable del recurso (Bocanegra et al., 2010).

En Argentina, el caso más conocido es el de Mar del Plata, donde la sobreexplotación se ha manifestado con pozos salinizados desde 1971 (Ruíz Huidobro y Tofalo, 1975, Bocanegra et al., 1993; Martínez y Bocanegra, 2002; Martínez et al., 2005), especialmente en la zona céntrica. (Mérida, 2002)

En la actualidad, la intrusión salina es producto de una sobreexplotación y mal manejo del recurso, pero existe un riesgo potencial, a escala global, debido al aumento generalizado del nivel del mar consecuencia del cambio climático. Procesos de erosión costera, inundaciones, tormentas, y alteración en los rangos de marea, producirían intrusión salina en estuarios y acuíferos costeros, afectando su morfología y calidad. (Syvitski et al., 2005). Asimismo las variaciones meteorológicas asociadas afectarían la dinámica litoral, modificando las precipitaciones y la evapotranspiración por efecto de la temperatura, en consecuencia cambiarían los valores de recarga de los acuíferos y con ellos la distribución de la piezometría en la zona litoral y la posición de la cuña salina (Kruse y Mas-Pla, 2009)

1.2. Área de estudio

La zona a estudiar se ubica en la costa oriental de la Provincia de Buenos Aires, específicamente abarca a la localidad de San Clemente del Tuyú, en el Partido de la Costa, provincia de Buenos Aires, (36° 22' Lat S, 56° 44' Long O) localizada en la punta norte del Cabo de San Antonio (Figura 1.1). Esta región está constituida por dunas o médanos * que conforman un cordón paralelo a la costa donde se acumulan lentes de agua dulce limitados hacia el oeste por el agua salobre de la llanura continental y hacia el este por el agua de mar.

En el contexto geológico regional, se corresponde con el flanco sur de la provincia geológica Cuenca del Salado, cuya evolución en la región costera durante el Pleistoceno-Holoceno estuvo vinculada a las oscilaciones glacioeustáticas. La alternancia de períodos glaciales e interglaciales produjo las regresiones-transgresiones que modelaron el sustrato por erosión y superpuso nuevos sedimentos litorales (Violante y Parker, 2000). Este ambiente estudiado, desde un punto de vista hidrogeológico corresponde a la Región Costera (González, 2005).

La población permanente es del orden de 15.000 habitantes, presentando la región un importante desarrollo turístico, con una alta actividad en la época estival que puede multiplicar por 5 dicha cantidad. La aparición de nuevas ofertas de turismo en la zona, produce un aporte constante en el resto del año pero por cortos periodos de estadía.

La región se caracteriza por su crecimiento poblacional en general y por un significativo aumento turístico que da lugar a modificaciones en el ciclo hidrológico, particularmente en el comportamiento de las aguas subterráneas. Entre los efectos de las actividades antrópicas se destacan la sobreexplotación de los acuíferos y el peligro de contaminación que significan riesgos generalizados en toda el área con un serio compromiso del recurso agua.

En las zonas urbanizadas se pueden observar fenómenos deplesivos por sobrebombeo con avance del frente salino. Otros elementos que afectan el esquema hidrológico son la urbanización, el arrasamiento de médanos y la práctica frecuente de forestación (CFI, 1990b; González Arzac et al., 1992).

* Los términos duna y médano se consideran sinónimos

Además debe tenerse en cuenta que la vulnerabilidad de las lentes de agua dulce a la contaminación es muy alta, y las reservas aprovechables para el abastecimiento a la población pueden verse disminuidas debido al riesgo de contaminación especialmente relacionado con los aportes de nitratos en los sitios urbanizados. (Hernández, 2005; Pousa et al., 2007)

Los problemas descriptos y la necesidad de una gestión sustentable de los recursos hídricos, llevan a reconocer la necesidad de avanzar en el conocimiento científico de aspectos hidrológicos globales, con una visión interactiva entre las distintas variables intervinientes en el recurso agua. Para ello resulta imprescindible un conocimiento global a escala regional del ciclo hidrológico, para posteriormente efectuar estudios a escala de mayor detalle con el fin de desarrollar y mejorar la generación de información, que permita validar modelos de funcionamiento más completos y desarrollar nuevas hipótesis (Dozier, 1992).

Existen estudios de carácter regional en el área, que tienen más de 20 años y otros locales con más de 30. El aumento de la población estable, más la producida en época estival demandan un mayor abastecimiento de agua potable y la única fuente disponible en el área es un acuífero freático de escaso espesor. El crecimiento de las ciudades costeras bonaerenses, con todo lo que ello implica, no es ajeno a las problemáticas descritas previamente. En vistas de la presente situación, resulta de gran importancia llevar a cabo un estudio hidrogeológico actualizado que incluya los desafíos a los que se enfrenta la región en el siglo XXI.

1.3. Objetivos e hipótesis

El objetivo general es reconocer los factores hidrológicos que influyen en el comportamiento de las aguas subterráneas en la costa arenosa oriental de la Provincia de Buenos Aires. Ello resulta básico para fijar criterios de manejo sustentable del recurso agua.

Para cumplir con el objetivo general se presentan los siguientes objetivos específicos:

- Definir las características hidrodinámicas e hidroquímicas de las aguas subterráneas, en condiciones naturales y antrópicas.

Se postula que en general en condiciones naturales, las dunas costeras constituyen reservorios lentiformes de agua dulce cuyo volumen está fuertemente influenciado por las posibilidades de infiltración de los excesos de agua del balance hidrológico. La

actividad antrópica puede modificar esta situación a través de la urbanización, sobreexplotación o de la descarga de efluentes, vertidos, etc. Ello puede provocar una disminución en las magnitudes de las reservas y el deterioro de la calidad química del agua subterránea por la influencia de agua salinizada o contaminada.

- Reconocer la evolución de las aguas subterráneas de acuerdo al crecimiento socio – económico de la zona y a su variabilidad climática.

Se plantea que en esta región costera, con excesos de agua en el balance hídrico, los procesos de recarga, explotación y riesgos de contaminación de las aguas subterráneas son factores condicionantes para definir las posibilidades futuras de abastecimiento de agua.

- Identificar factores hidrológicos que proporcionen una información simplificada acerca del estado actual y tendencias futuras del sistema de aguas subterráneas,

Se postula que, dada la complejidad de la información que es necesario manejar, la definición y valoración de procesos hidrológicos en un área costera facilita la planificación y gestión del recurso agua.

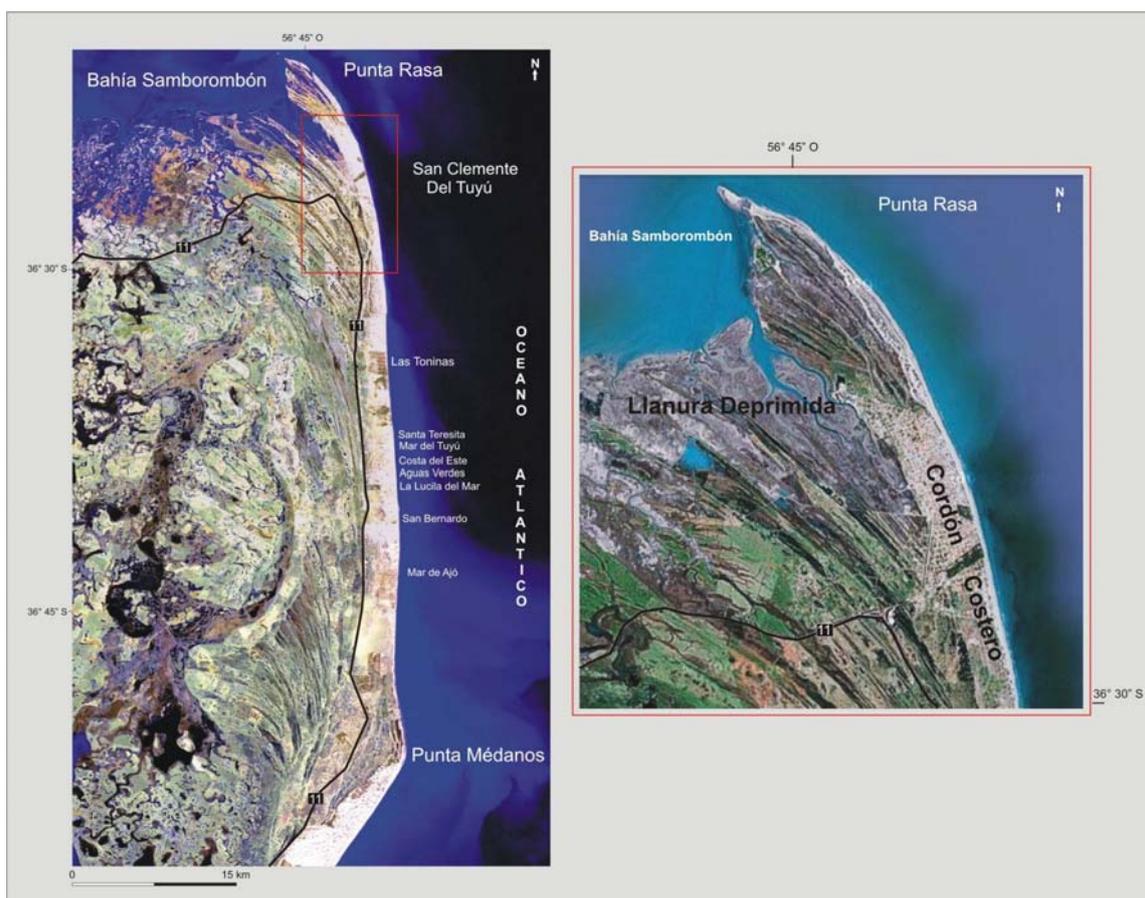


Figura 1.1. Mapa de ubicación