



INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE RESPALDO PARA “REGLAMENTO DE SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN”

Los acuíferos costeros son naturalmente frágiles y susceptibles a los efectos de la intervención humana, por tanto el modo de explotación y los riesgos potenciales de contaminación, tienen una notable incidencia en su régimen hidrodinámico, por lo que estos aspectos deben ser debidamente analizados para su protección:

- a) Generalmente son del tipo libre o confinado y se desarrollan en aluviones y/o rocas fracturadas del basamento.
- b) Poseen recarga lateral y directa
- c) La descarga se dirige hacia a la línea de costa
- d) De forma natural, se crea un estado de equilibrio entre el flujo de agua dulce y el flujo de agua salada, que sólo sufre modificaciones naturales a muy largo plazo debidas a cambios climáticos o movimientos relativos de la tierra y el mar.

Tomando en cuenta que en las zonas costeras la demanda hídrica, suele ser elevada debido al desarrollo de diferentes sectores productivos. La explotación descontrolada de los acuíferos suele provocar descensos de los niveles de agua subterránea bajo el nivel del mar, desarrollando el riesgo por intrusión salina.

La intrusión salina se conoce como el proceso de contaminación por salinización del agua de un acuífero costero, debido al avance del agua de mar tierra adentro; y es causada por la modificación de las condiciones naturales mediante el incremento o disminución del flujo de agua dulce, generando que el equilibrio agua dulce-agua salada, se desplace en sentido tierra adentro y los niveles (dinámicos y/o estáticos) del agua subterránea, en el interior del continente, se sitúen por debajo del nivel del mar.

La experiencia demuestra que una vez que se produce el aumento de la salinidad, el proceso evoluciona con extrema rapidez y su vuelta al estado de equilibrio puede requerir mucho tiempo y es de muy difícil recuperación, por lo que se considera irreversible. Cuando este proceso es consecuencia de la intervención humana, es muy contaminante y afecta grandes volúmenes de agua.

Se le denomina Interfase al límite de separación entre el agua dulce y el agua salada, si bien la miscibilidad entre el agua dulce y el agua salada no permite que esta interfase sea neta, realmente es una zona de mezcla, difusión o de transición, cuyo ancho es variable y depende esencialmente de las variaciones del nivel de agua subterránea, del espesor del acuífero y de la permeabilidad del entorno costero.

Con la premisa anterior y en situaciones estacionarias normales, la masa de agua salada adquiere una forma de cuña, apoyada en la base del acuífero y con el vértice dirigido tierra adentro (Fig. 1).

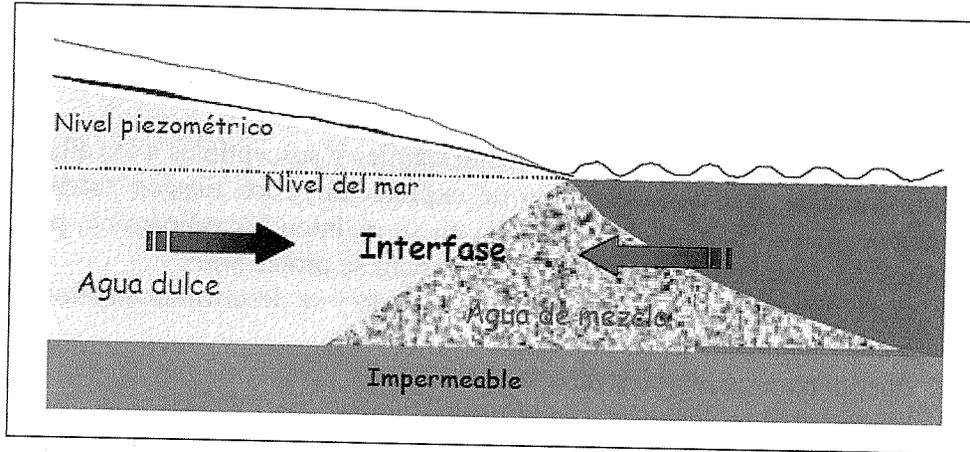


Figura 1. Representación de las condiciones normales de un acuífero costero libre, homogéneo e isótropo.

Cuando se modifican las condiciones naturales del sistema hidrogeológico costero por aspectos como la intervención humana debido a una extracción no controlada y aumento de la impermeabilización, así como una disminución de la recarga y descarga hacia el mar, se desarrolla el proceso de movimiento del agua salada tierra adentro, desplazando al agua dulce (Fig. 2).

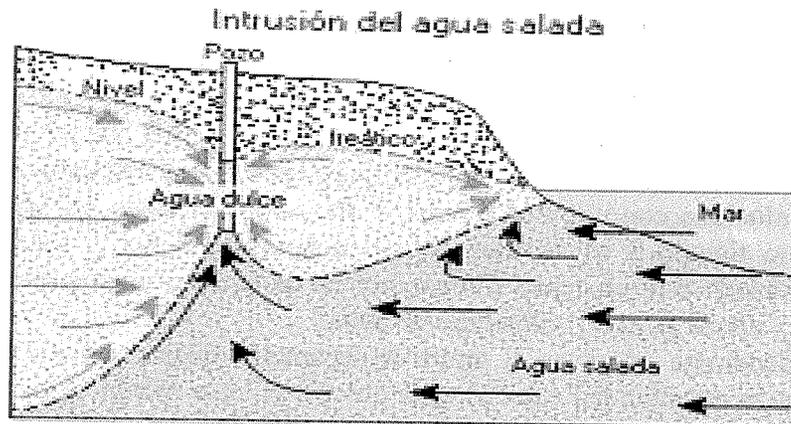


Figura 2. Representación de las líneas de flujo bajo el efecto de la extracción, generando intrusión salina en un acuífero costero libre, homogéneo e isótropo.

A grandes rasgos, la invasión continental del agua de mar tiene lugar por dos mecanismos distintos (Fig. 4):

- Avance horizontal de la interfase: se presenta cuando la explotación cubre una amplia área, se puede establecer una relación entre el agua bombeada en el acuífero y el avance tierra adentro del frente salino.
- Ascenso vertical (up-coning) de la interfase bajo puntos de bombeo intensivos, generada por la explotación puntual e intensiva, de manera que se provoca la inflexión de la interfase hacia este punto de bombeo, llegando a invertir el flujo del agua de mezcla de la interfase, que normalmente se dirige hacia el mar. Generando el rápido ascenso de agua salina hacia la captación

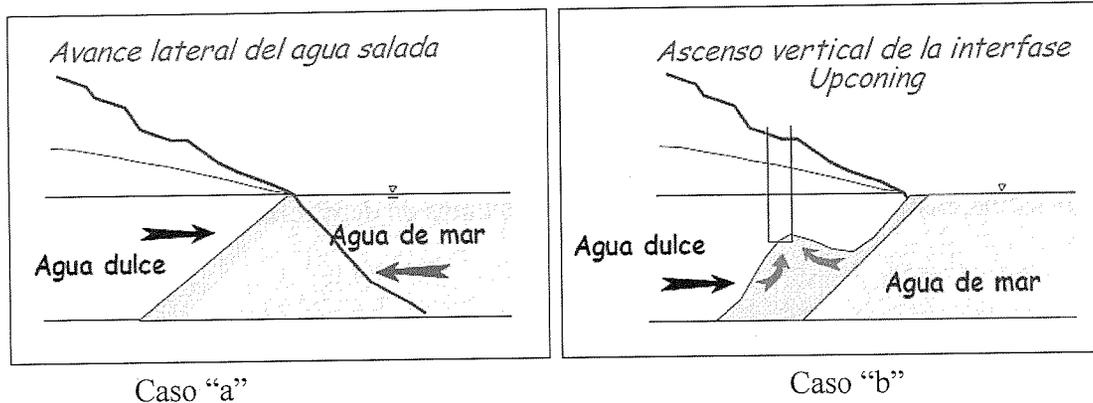


Figura 4. Representación del efecto de la extracción generando intrusión salina

En un caso u otro (fig. 4), el resultado es la afectación de un área del acuífero, donde resultará la extracción de agua salina, en pozos que anteriormente extraían agua dulce. De mantenerse las condiciones de explotación en las áreas afectadas no solamente se contaminara una fuente (pozo) sino más bien el sistema acuífero, mediante un avance continuo e invasivo, cuyo extenso efecto conlleva una difícil regresión de la intrusión salina y de la consecuente recuperación del acuífero. Es importante además indicar que como efecto colateral son las afectaciones a ecosistemas costeros asociados.

En todo acuífero que se encuentren evidencias de intrusión salina deben implementarse medidas de monitoreo, manejo y control que permita detener el avance de la intrusión salina y de ser posible la recuperación del sistema.

En sitios donde la contaminación por intrusión salina esté ocurriendo, debemos tomar las siguientes medidas:

1. *Disminución de bombeos*
2. *Reubicación de captaciones*
3. *Recarga artificial de agua de buena calidad*
4. *Detener y/o reducir la intrusión salina y la formación de conos de ascenso salino.*
5. *Uso eficiente del agua – cambio en la cultura del agua.*
6. *Promover el reuso*



RECOMENDACIÓN:

Conforme lo descrito anteriormente y ante la fragilidad natural de los acuíferos costeros y la dificultad para revertir los efectos de la intrusión salina, técnicamente no se recomienda la autorización de perforaciones y/o la concesión de aprovechamientos de agua subterránea de los pozos existentes, cuyo propósito de uso sea el abastecimiento de agua salina, marina o salobre como fuente de sistemas de desalinización.

Andrea Barrantes Acuña
Gestión de Acuíferos
Dirección de Agua-MINAE

Syra Carrillo Carrillo
Gestión de Acuíferos
Dirección de Agua-MINAE

Víctor Hugo Vargas López
Gestión de Acuíferos
Dirección de Agua-MINAE

Viviana Ramos Sánchez
Directora Hidrogeología
UEN Gestión-Ambiental AyA

Clara Agudelo Arango
Jefe Unidad Gestión Hídrica
Dir. Investigación y Gestión Hídrica
SENARA

Roberto Ramírez Chavarría
Jefe Unidad de Investigación
Dir. Investigación y Gestión Hídrica
SENARA