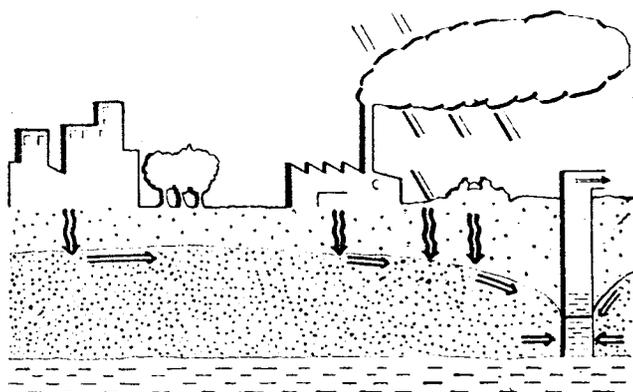

SEGUNDA CONFERENCIA
LATINOAMERICANA DE
HIDROGEOLOGIA URBANA
ACTAS



BUENOS AIRES - ARGENTINA
27 - 29 NOVIEMBRE 1989

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LA RECUPERACIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

EN ÁREAS URBANAS DE ARGENTINA

Mario A. HERNÁNDEZ¹, Jorge FASANO² y Emilia BOCCANEGRA³

1. CONICET. Cátedra de Hidrogeología UNLP. Argentina.
2. CONICET. Centro de Geología de Costas UNMdP. Argentina.
3. Centro de Geología de Costas UNMdP. Argentina.

Palabras clave: Geohidrología - Geohidrología Urbana - Sobreexplotación - Recuperación de acuíferos.

RESUMEN

Las áreas urbanas sometidas a sobreexplotación de acuíferos experimentan efectos mecánicos, traducidos en la excesiva depresión de los niveles hidráulicos, muchas veces potenciada por la interferencia entre conos de depresión puntuales. El crecimiento urbano origina la construcción de obras de infraestructura y de vivienda o servicios en un estado deprimido de los niveles. Cuando por desuso de las obras, importación de aguas o restricciones a la extracción los niveles se recuperan en búsqueda de su equilibrio original, ocasionan graves problemas a las construcciones de sub-superficie (subsuelos, cocheras, calderas, depósitos). Como evidencia de los inconvenientes actuales y potenciales de tal circunstancia, se ofrecen dos casos ejemplo de Argentina: uno representativo del área metropolitana de la ciudad de Buenos Aires, y el otro de la ciudad de Mar del Plata, de disímil marco hidrogeológico, evolución de la extracción y estacionalidad de la demanda.

En base al análisis de las consecuencias, se proponen líneas generales de comportamiento para reducir los efectos negativos a través de medidas preventivas y correctivas.

INTRODUCCIÓN

Amplios sectores urbanos de Argentina, especialmente el área metropolitana que rodea a la ciudad de Buenos Aires (en total, más de 10 millones de habitantes) y otras grandes y medianas ciudades abastecidas por aguas subterráneas, experimentan los efectos de la excesiva extracción del fluido.

La consecuencia elemental es la formación de grandes conos de depresión de niveles hidráulicos, cuyos ápices se sitúan en muchos casos sobre el techo mismo de acuíferos semiconfinados.

Esta excesiva depresión ocasiona otros efectos colaterales: intrusión de aguas salinas, acceso de sustancias contaminantes por filtración vertical a expensas del desequilibrio de cargas hidráulicas, incremento en iones limitantes para el consumo, como el caso de los nitratos (asociado en general al déficit en obras de saneamiento básico), mayores costos de extracción, restricción forzosa a la expansión de servicios, etc.

Otro efecto no menos preocupante, asociado a los anteriores, es el originado en la recuperación de los niveles hidráulicos del acuífero involucrado. Este efecto trae aparejados varios inconvenientes, desde el momento en que muchas construcciones modernas han sido realizadas en el estado deprimido de los niveles. Su recuperación tanto por el abandono progresivo de perforaciones en razón de las causas

mencionadas, por el empleo alternativo de otras fuentes subterráneas más lejanas, o por uso de aguas superficiales importadas, desencadena en graves inconvenientes como el anegamiento de construcciones sub-superficiales, subpresión sobre estructuras de las construcciones, agresión de aguas salinas sobre las fundaciones y deterioro de obras de infraestructura (pavimentos, colectores pluviales, ductos en general).

La posibilidad de que emprendimientos de recarga artificial sobre acuíferos deprimidos obre de manera similar a la comentada, llama a prever la necesidad de fijar límites críticos de operación, dados unicamente por el conocimiento geohidrológico de los acuíferos y el pronóstico consecuente de su evolución dinámica.

Para ejemplificar este razonamiento, se presentan a continuación dos casos / ejemplo.

Uno de ellos resulta representativo de la situación en el área metropolitana de Buenos Aires, y ha sido seleccionado por padecer en la actualidad de graves problemas en el sentido anticipado, con la concurrencia de otra causa como es la importación de agua.

El otro corresponde a la ciudad de Mar del Plata, donde el efecto deviene de la recuperación de niveles por el abandono de pozos a causa de intrusión salina, y el aporte de aguas subterráneas distantes.

CASO EJEMPLO I: LANUS

Con una población actual del orden de los 450.000 pobladores, en una conurbación que supera los 7.000.000, Lanús está situada a unos 8 km al Sudeste del centro de la ciudad de Buenos Aires. La provisión pública fue originalmente en forma exclusiva por aguas subterráneas, incorporándose en la década de los '70 agua superficial tratada por las plantas Gral. Belgrano (Bernal) y Gral. San Martín (Palermo, Buenos Aires).

Marco hidrogeológico

Está dado por una secuencia sedimentaria, apoyada en un basamento cristalino yacente a - 330 m b.n.m. (bajo nivel del mar, valor próximo al referido al cero nacional IGM). Entre los - 330 m y los - 88 m, se sitúa un conjunto geológico terciario correspondiente a sedimentos continentales (arcillas y arenas - hasta gravas - intercaladas) denominado Fm. Olivos, portador de aguas de alta salinidad.

Entre - 88 m y - 45 m se ubica la Fm. Paraná, arenas basales y arcillas producto de una ingesión marina terciaria, con aguas de alta salinidad.

Por encima y con un espesor del orden de 20-25 m, se localiza el acuífero // principalmente explotado en la zona, denominado "Puelche" y ubicado en la Fm. arenas puelches, eocuaternaria, contenedor de aguas de buen caudal y calidad, excepto en posiciones topográficamente bajas (valles aluviales de los ríos y arroyos, y // del Río de La Plata) o donde ha sido intruído por aguas salinas.

La secuencia continúa, en los sectores altos, con sedimentos "pampeanos", li

mos loessicos portadores de otro acuífero semiconfinado de menor rendimiento (Pampeano), y la capa freática. En localizaciones topográficamente bajas (cotas entre 0 y 10 m s.n.m.), la parte superior está ocupada por depósitos de origen marino / (Fm. Querandí) o fluvial (Fm. Luján) que yacen en las dilatadas planicies de inundación del Río de La Plata y cursos tributarios.

Desde el punto de vista hidrolitológico, se trata de una intercalación de elementos acuíferos, con otros acuitardos o acuícludos, sobre una base de carácter acuífugo. El acuífero "Puelche" posee un coeficiente de Trasmisividad del orden / de 700-1000 m³/d.m; de almacenamiento de 5.10^{-3} - 3.10^{-4} ; de permeabilidad de 30-50 m/d y de Trasmisividad vertical del techo acuitardo de 3.10^{-3} dia⁻¹.

Marco hidrodinámico y utilitario

De los acuíferos mencionados, el "Puelche" es utilizado para el servicio público, provisión de agua industrial y riego en los sectores periféricos de carácter hortícola. Su recarga en autóctona indirecta a través de los superpuestos /// ("Pampeano" y "Freático"). Su sentido de escurrimiento era hacia la zona de descarga original, el Río de La Plata, ahora modificado por la existencia de extensos conos de depresión regionales (fig. 1).

Desde 1907, se instala la explotación para servicio público, en expansión / acorde con el gran incremento poblacional y auge de la radicación industrial, actividad también provista por el acuífero.

Los niveles potenciométricos, originalmente en + 0,50 a 3,50 m s.n.m., se / situaban para 1924 próximos a 0 m y en 1941 entre - 17,0m y - 22 m s.n.m., es decir sobre el techo del acuífero (Artaza, 1943). A partir de allí y hasta la década del '70, la profundización de los conos está contenida por haber alcanzado el techo del "Puelche", pero no así su expansión areal, incrementada por la incorporación de nuevos pozos (Hernández, 1975), (fig.1).

Desde 1970, muchas perforaciones salen de servicio por salinización y posteriormente se incorpora dotación de aguas superficiales del Río de La Plata procedente (por el acueducto Paitoví) de la Planta Gral. San Martín y de la Planta /// Gral. Belgrano, luego interconectadas a un sistema de distribución.

Consecuencias

Desde 1930 aproximadamente, es decir en pleno estado de profundización de niveles, la zona experimenta un progresivo incremento poblacional y desarrollo industrial, ambos realmente desordenados. Los requerimientos de agua se multiplican y, paralelamente, se comienza la construcción de grandes edificios y plantas industriales, cuya fundación se ubica a profundidades donde se encontraba el nivel freático. Este, como consecuencia de su permanente depresión del acuífero semiconfinado "Puelche", también sufrió abatimiento de niveles e incluso su agotamiento. El "Pampeano" interpuesto obró a modo de trasmisor en el proceso de filtración vertical.

Cuando se abandonan las perforaciones de servicio y, además, se incorpora un caudal de agua ajena (agua importada, procedente del Río de La Plata), la recuperación de niveles potenciométricos del "Puelche" induce a la recuperación de los superiores. Por lo tanto, el nivel freático comienza a experimentar un lento pero // progresivo ascenso, tropezando en su camino con construcciones subsuperficiales y fundaciones. De esta manera, las primeras empiezan a anegarse, forzando a evacuar las aguas por bombeo de achique, frecuente en edificios del sector Este de la ciudad.

También, en los casos de aguas agresivas (salinas, clorudadas sódicas), puede originarse un ataque químico sobre los materiales de fundación que no han tenido en cuenta este fenómeno.

Existen múltiples casos de anegamiento de instalaciones y bombeo de achique, pero afortunadamente, aún no ha sucedido ningún episodio generado por colapso en la fundación de alguna obra.

Este ejemplo es solamente una muestra de lo que ocurriría en el área metropolitana de Buenos Aires; es tomado como tal por ser la primer ciudad en manifestar problemas ostensibles, derivados de la recuperación de niveles hidráulicos. La expansión del servicio público a expensas de aguas superficiales y la progresiva / desactivación de pozos de explotación van a provocar indudablemente fenómenos similares en sectores del conurbano, comenzando por aquellos de posición topográfica / más deprimida.

Los costos paliativos son importantes, ya que implican un bombeo continuo / para mantener el nivel freático por debajo del piso de las instalaciones, independientemente de los riesgos de estabilidad para los edificios, muchos de ellos de / considerable porte.

CASO EJEMPLO II: MAR DEL PLATA

Es la ciudad turística más importante del país, incluso el principal puerto pesquero, con una población estable de 500.000 habitantes y una carga estival de / 2.000.000 de personas durante Enero y Febrero. El servicio público es atendido exclusivamente con aguas subterráneas, yacentes en acuíferos de edad cuaternaria.

Marco hidrogeológico

Los sedimentos portadores son de edad cenozoica, ubicados sobre un sustrato de rocas paleozoicas (cuarcitas de la F. Bálcarce) que se apoyan a su vez sobre un zócalo precámbrico. Estas últimas rocas no afloran, pero sí lo hacen las cuarcitas en distintos puntos de la ciudad, merced a una tectónica de bloques. Las líneas estructurales están orientadas con rumbo NW-SE, NE-SW y E-W (fig.2), originando fallas directas con desplazamiento vertical predominante. En los "graben" tectónicos suelen aparecer con espesores reducidos, depósitos marinos terciarios subyaciendo a los sedimentos cenozoicos.

En términos Plio-pleistocenos incluyen al principal acuífero explotado; son limos loessicos, arenas muy finas y arenas limosas, con intercalaciones arcillosas y capas calcáreas, con un espesor de hasta 70 m, que se incrementa hacia el Noroeste (Cuenca del Salado), (Hernández & Ferrante, 1987).

La secuencia productiva es esencialmente acuífera de baja a media permeabilidad, con un coeficiente de transmisividad del orden de $500-700 \text{ m}^3/\text{día.m}$ y coeficiente de almacenamiento del orden de 1.10^{-3} . La recarga es autóctona directa, motivada por excesos hídricos de 80-100 mm/año.

Marco hidrodinámico y utilitario

El sentido de escurrimiento original era prácticamente W-E en busca de la descarga en el Océano Atlántico. Como consecuencia de la explotación concentrada en la ciudad, se generó un amplio cono de depresión que invirtió los gradientes en el sector oriental, provocando la afluencia de aguas marinas.

Para subsanar este problema, se orientó la captación hacia el Oeste, por medio de una batería de pozos desarrollada con sentido SSE-NNW, según la ruta de acceso a la ciudad (Batería Camet).

La intrusión marina comenzó a evidenciarse hacia 1943, y la batería de Camet se puso en operación sobre 1969, ocasionando una migración de la línea isopieza 0 m s.n.m. hacia el Norte y Oeste, (fig.2). Esto es particularmente evidente entre 1979 y 1983, coincidente con la habilitación de 55 perforaciones en la Batería, desplazándose la isopieza de referencia 5.500 m. La profundización de los niveles alcanzó los 20 a 28 m (Fasano et al, 1989).

Como la demanda se multiplica estacionalmente (meses de Enero-Febrero) y la provisión está diseñada para ese pico, durante los meses de abril a noviembre se reduce la extracción en los pozos céntricos, operación que ha logrado contener la intrusión de aguas marinas.

Consecuencias

Los edificios de gran porte construidos en las vecindades de la costa (hoteles, edificios de departamentos, galerías comerciales, etc.) durante la época de explotación de aguas subterráneas en el sector céntrico, comenzaron a experimentar la inundación de sus subsuelos, cuando las perforaciones costeras salieron de servicio, consecuencia de la intrusión salina. Esto motivó la necesidad de achicar // permanentemente las instalaciones con el consiguiente costo, e incluso a tratar // con impermeabilización epoxi las fundaciones en algunos casos.

En la década de los '70 fue planteada la posibilidad de producir recarga artificial en el área de conos de depresión, utilizando los excedentes de invierno, esta posibilidad fue rápidamente desechada por el posible agravamiento del anegamiento en los subsuelos en sectores aún alejados de la costa.

PREVENCION Y CONTROL DE RIESGOS

Este tipo de problemas originados en una restitución de niveles abatidos re

gionalmente durante lapsos considerables, admite dos tipos de acciones.

Fundamentalmente, las de tipo preventivo son las que pueden posibilitar un / control eficiente de efectos no deseados. Entre ellas pueden sintetizarse las siguientes:

- Consideración del efecto de adición a un medio de aguas importadas. De manera // previa y a modo de evaluación de impacto, es necesario considerar los efectos en los niveles de agua subterránea de un caudal remanente de la importación, que // por pérdidas de la evacuación cloacal o su ausencia, han de ingresar al medio // subterráneo.
- Evaluar la posibilidad de no retirar completamente del servicio perforaciones afectadas por salinización, presencia de elementos en solución de carácter nocivo o abatimiento excesivo del nivel potenciométrico. Debe atenderse la oportunidad de mantener el bombeo en forma restringida, procurando la dilución de las aguas inconvenientes mediante la implementación de la mezcla en red.
- Operación de modelos con capacidad de simulación a fin de prever las consecuencias de cada obra u operación. Para el caso de Mar del Plata, se ha montado un / modelo matemático de elementos finitos (fig.3) uno de cuyos objetivos es la predicción de evolución de los niveles de agua ante diferentes condiciones de explotación (Fasano et al, 1989). Este modelo posee una geometría irregular condicionada por la posición de pozos y en la intención de afectar pequeñas superficies en beneficio de la precisión de los pronósticos. Los insumos principales son el tensor de transmisividad, el coeficiente de almacenamiento en condiciones de capa freática, el caudal afectado a cada elemento geométrico, la infiltración efectiva y las cargas piezométricas puntuales.
- Necesidad de introducir en las ordenanzas que regulan la actividad constructiva, la obligación de incluir un estudio de impacto ambiental de efectos devenidos de la posible elevación de niveles, con la normatización de uso de materiales adecuados a tal eventualidad.

Las medidas de corrección, como sucede en la mayoría de los casos, son menos factibles o más onerosas. Entre las recomendadas se citan:

- Reordenamiento de la explotación, de modo similar a lo propuesto como medida preventiva. Al manifestarse fenómenos que inducen a pensar en efectos negativos, un reordenamiento del bombeo y la extracción armónica pueden desacelerar o desactivar las consecuencias.
- Mantenimiento del bombeo en perforaciones afectadas por salinización o desmejoramiento químico, destinando los caudales a otros fines, como el arrastre cloacal o el barrido ecológico de cursos de agua, conductos pluviales o canales de drenaje.
- Ejecución de obras de drenaje en contorno a las zonas problema, en general condi

cionadas por la topografía y por las características antrópicas del urbanismo /// (trama de servicios, pavimentos, construcciones).

De todas maneras, los efectos ya manifiestos y los potenciales, recomiendan la adopción de alguna de las medidas indicadas dada la magnitud de los daños / previsible o instalados y la necesidad de evitar complicaciones mayores o colapsos de difícil resolución.

BIBLIOGRAFIA

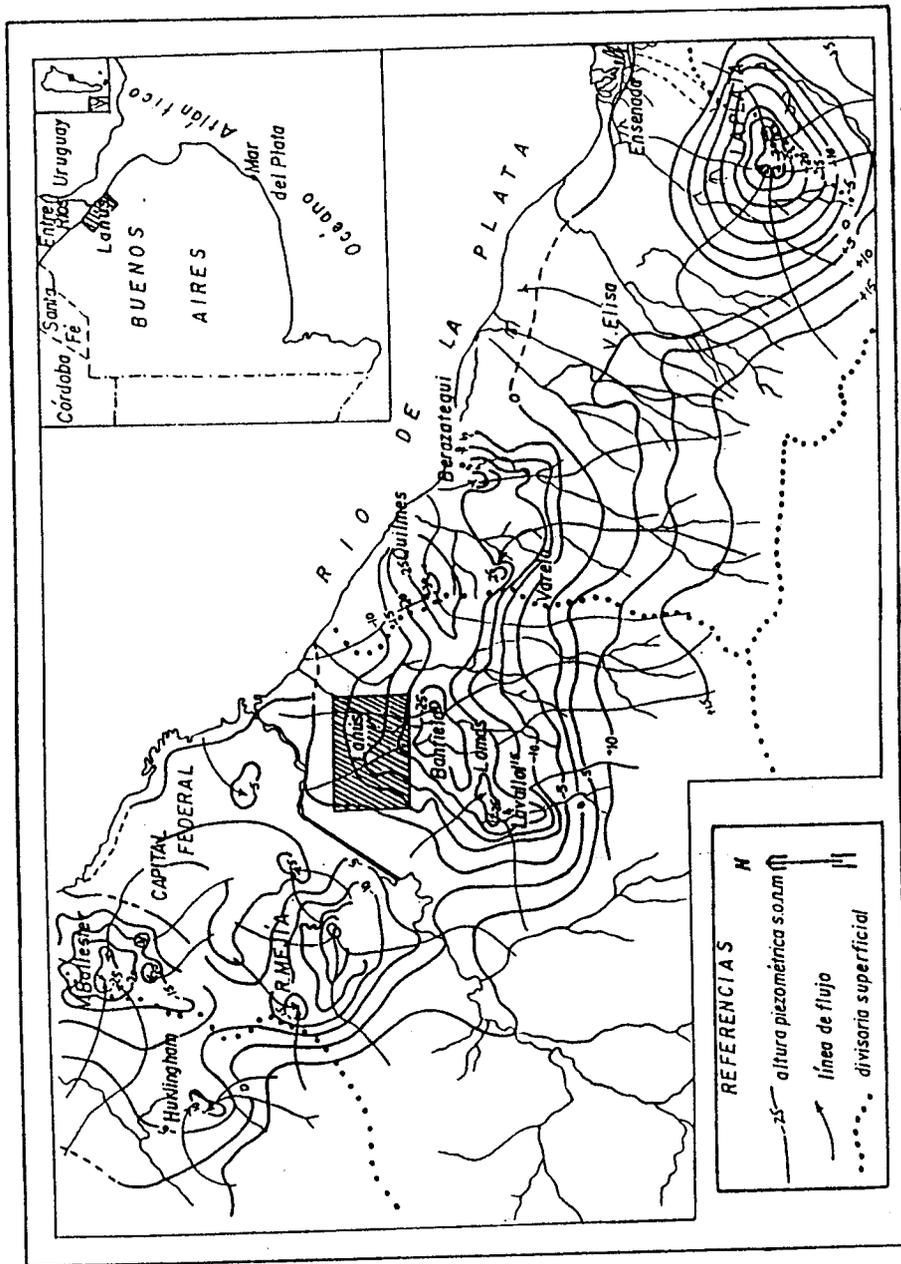
ARTAZA, E. (1943). "Saneamiento urbano en la República Argentina. Provisión de agua y desagües urbanos". Primera parte. Cuad. Nº 6, Fac. Cs. Fisicomat., Serie Tercera, 20. La Plata.

FASANO, J., E.M. BOCANEGRA, C. SUAREZ, M. BENAVENTE y H. HACK (1989). "Simulación numérica por elementos finitos del flujo estacionario del acuífero de Camet, Mar del Plata, Argentina". Seminario Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras, UNESCO Proc., Buenos Aires (En prensa).

HERNANDEZ, M.A. (1975). "Efectos de la sobreexplotación de aguas subterráneas en el Gran Buenos Aires y alrededores, República Argentina". II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, I, 417:450, Buenos Aires.

HERNANDEZ, M.A. (1978). "Reconocimiento hidrodinámico e hidroquímico de la interfase agua dulce-agua salada en las aguas subterráneas del estuario del Plata (Partidos de Quilmes y Berazategui, Buenos Aires)".

HERNANDEZ, M.A. y V. FERRANTE (1987). "Saline intrusion in the Mar del Plata aquifer (Argentina); present day situation. Studies and measures undertaken". Groundwater problems in coastal areas. Studies and Reports in Hydrology. Nº 45, 494:498. UNESCO, París.



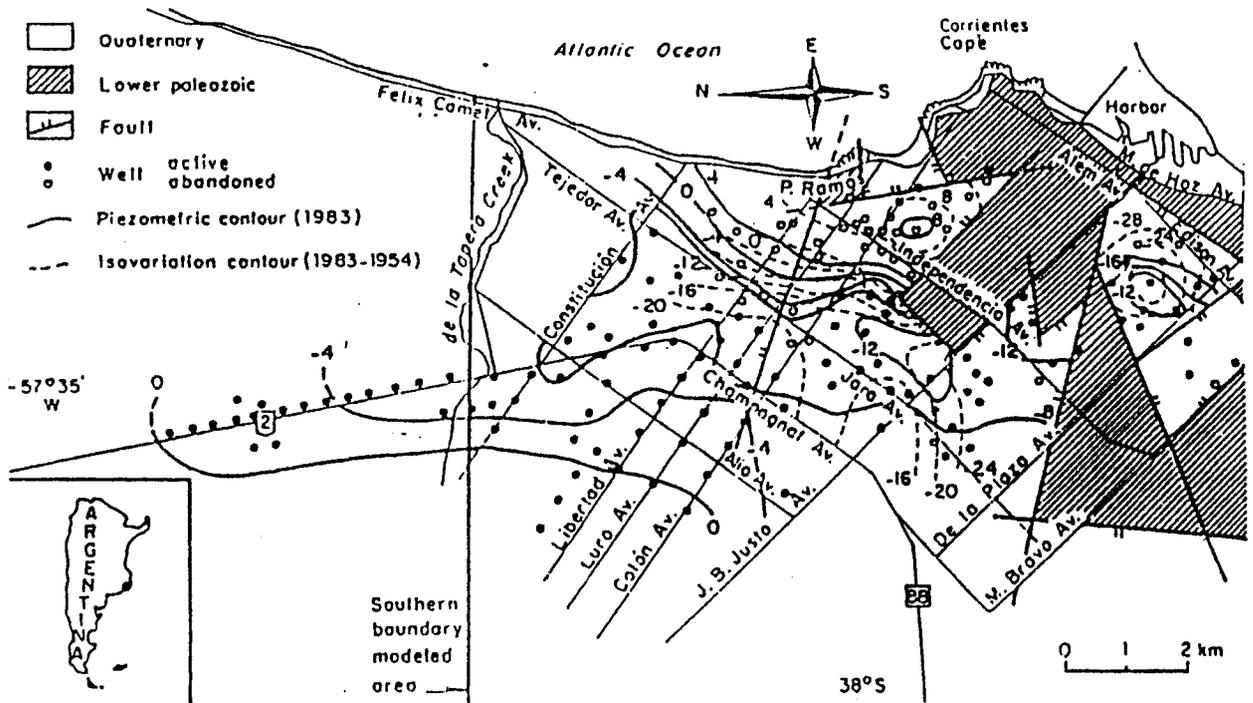


Figura 2

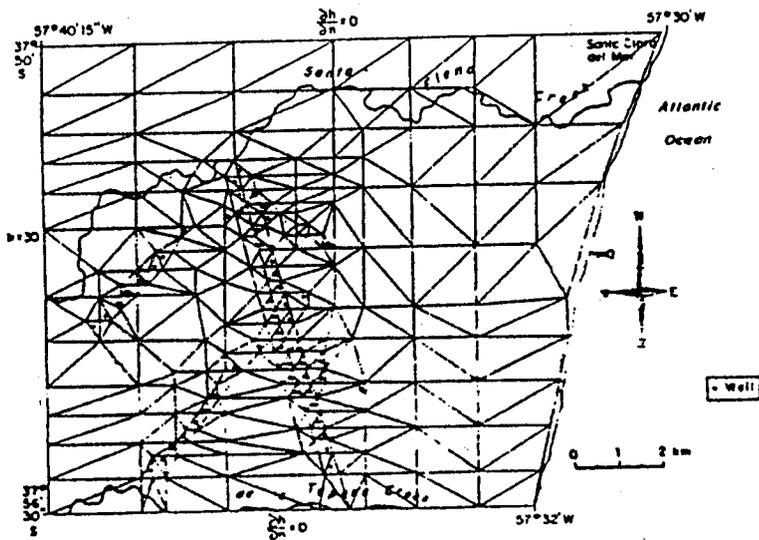


Figura 3