

5. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- La salinidad de la zona de Pesquería y Ramones se ha incrementado drásticamente en áreas que antes no estaban afectadas. Pesquería presenta en esta primer etapa de evaluación, afectado un 11.0 % y Ramones un 25.00 %.
- 2.- El ritmo de ensalitramiento se ha estado incrementando muy rápidamente debido a la contaminación de los ríos el Ayancual y el Pesquería, pues se usan estas aguas para el riego parcelario.
- 3.- Una proporción alta de tierras de labor, han sido abandonadas debido a los niveles tan alto de ensalitramiento, en estas tierras solo es posible la siembra de plantas resistentes a la salinidad.
- 4.- Los suelos afectados en su mayoría presentaron sales de calcio magnesio, potasio a las cuales se les llama álcali blanco y las de sodio también se detectaron en ambas zonas pero en menor proporción, considerándose a estas como álcali negros, las cuales son las más difíciles y costosas para su control.
- 5.- Se observo con mayor abundancia las siguientes especies indicadoras de salinidad, entre otras:

Saladilla	<i>Heliotropium curassavicum</i> L.
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i> L.
Zacate pata de gallo	<i>Cynodon dactylon</i> L.
Polocote	<i>Heliantus annuus</i> L.
Rodadora	<i>Salsola kali</i> L.
Trompillo	<i>Solanum eleagnifolium</i> L.
Zacate album	<i>Sorghum</i> sp.
- 6.- Se sugiere desarrollar un programa de siembra de pastos o plantas forrajeras tolerantes a la salinidad, pues son la única alternativa viable para estos suelos. Se observo en suelos afectados que el Zacate Album (*Sorghum* sp.) y algunos especies de Nopales (*Opuntia* sp.) tenían buen crecimiento y solucionaban en forma parcial el problema de forraje para algunos ganaderos, por otra parte, también podrían ser utilizadas la cebada y remolacha forrajera estas especies toleran altos niveles de salinidad.
- 7.- En las zonas de riego donde se usan aguas contaminadas se sugiere el uso de mejoradores del suelo, para neutralizar el efecto perjudicial de las sales a las plantas y al mismo suelo.
- 8.- Se sugiere controlar el uso de los fertilizantes, pues se ha estado usando tradicionalmente la urea como fuente de nitrógeno, lo cual a venido incrementando el problema de salinidad. Una alternativa sería el uso del sulfato de amonio, para los suelos afectados por sales, el cual tiene residualidad ácida y mejorar la absorción de muchos nutrientes para las plantas.
- 9.- El trabajo esta inconcluso, pues las superficies que se reportan con sales en esta primera etapa, serán modificadas en el futuro cuando se alcance a muestrear toda la zona, incluyendo la parte temporalera, pecuaria y forestal.
- 10.- Se sugiere la implementación de trabajos inter-institucionales, que permitan, soluciones más rápidas, acordes a la magnitud del problema. A este nivel el problema del ensalitramiento todavía es controlable.

6. - BIBLIOGRAFIA

- 1.- Barraza, A. 1976. Procedimientos para elaborar mapas estatales de unidades de suelos. Guanos y Fertilizantes México, D.F.
- 2.- Brady, N. C. 1974. The nature and properties of soils. 8 Ed. Macmillan Publishing Co., Inc.
- 3.- Cervantes R., M. 1983. La lixiviación de sales en suelos salinos y salinos sódicos del Valle de Mexicali, durante un proceso de lavado. Tesis de Maestría en ciencias Colegio de postgraduados, Chapingo, México.
- 4.- Díaz J., A., y F. Ramírez. 1977. Un nuevo sistema de determinación salina en los distritos de riego, mediante imágenes de satélite LANDSAT. Seminario internacional sobre el uso de los Sensores Remotos en el desarrollo de los países. Mayo 1977.
- 5.- Estrada B., W. J y H. Cuanalo de la C. 1974. VII Congreso de la caracterización y cartografía del suelo con problema de sales y sodio mediante el uso de metodologías estadísticas y fotointerpretativas, México D.F.
- 6.- Estrada B., W. J. 1978. Cartografía y caracterización de suelos sódicos y salinos mediante fotointerpretación. Colegio de postgraduados Chapingo, estado de México.
- 7.- Israelsen, O. W. y V. E. Hansen. 1962. Principios Y Prácticas del Riego. Tercera Edición. John Wiley and Son, Inc.
- 8.- Jackson, M. L. 1965. Soil Chemical Analysis. Advanced Cours Department of Soils. Univ. Wisconsin, Madison, Wisc.
- 9.- Llerena B., F. A. 1977. Definición óptima económica del tamaño de la muestra e intensidad de lavado para la recuperación de suelos con problemas de sales. Tesis de Maestría. Chapingo. Estado de México.
- 10.- Morales M., A. 1986. Mapeo de salinidad de la parte suroeste de Galeana N. L. usando la técnica de sensores remotos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía de la U. A. N. L.
- 11.- Ortiz V., B. 1973. Edafología. Edit. Chapingo. Escuela Nacional de Agricultura. Texcoco. México.
- 12.- Ramírez, F., L. Sandoval y J. Villa. 1979. Detección de salinidad en los distritos de riego, mediante interpretación automática. Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. Sep. 1979. No. 21. pp 29.
- 13.- Richards, L. A. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Editorial LIMUSA. Sexta edición y cuarta reimpresión. México.
- 14.- Russell, E. J. y E. W. Russell. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Cuarta Edición. Editorial Aguilar. p 693.
- 15.- Palacios, P. O. (1974). Sobre el desarrollo de una metodología de muestreo de suelos salinos. Revista Agropecuaria No. 14 E.N.A. México, D. F. pp. 3-20.
- 16.- Palacios V., O., M. Escamilla, y A. Reyes. 1982. Recopilación de artículos publicados en diferentes revistas técnicas. Centro de Hidrociencia. Colegio de Postgraduados. p. 31-33 y 54.

17. - S.R.H. 1974 . Datos estadísticos para el control de la salinidad y/o drenaje en los distritos de riego No. 41 , Río Yaqui , Sonora . Gerencia General del Estado de Sonora Zona Sur.
18. - Tisdale , S. L. y W. L. Nelson . 1987 . Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes . Edit. UTEHA
19. - Torres R. , E. 1986. Agrometeorología. Editorial Diana. , México pp. 67-85 y 140.
20. - Uvalle G. , R. 1983. Evaluación del uso actual del suelo en el Estado de Sinaloa por medio de imágenes de satélite LANDSAT . Tesis de licenciatura FAUANL
21. - Wilcox , L. V. 1963 . Salt balance and leaching requirement in irrigated lands . Technical bulletin 1920 . U. S. D. A. Washington , U. S. A.
22. - Yaron , D. 1981 . Salinity in irrigation and water resources Marcel Dekker , Inc. New York .

Contaminaciones del agua subterránea por

hidrocarburos clorados

Por: Dr. Michael Hofmann, U.A.N.L., Fac. de Ciencias de la Tierra, Linares

Resumen: Al principio del trabajo son presentados los hidrocarburos clorados más importantes, así como sus propiedades físicas y químicas, luego son comparados con las del agua. Para la determinación de eventos de contaminación con hidrocarburos clorados es importante conocer las posibles causas y fuentes de contaminación. El comportamiento de los h.c.c. en el suelo (zona de aeración) y en el acuífero (zona de saturación) se explica con ejemplos de modelos teóricos. Se muestran también los procesos de purificación y descomposición bacteriológica en la naturaleza.

Como ejemplo de un evento de contaminación se presenta la situación geológica, el programa de investigación y el inventario de la contaminación en una cuenca urbana de una ciudad grande e industrializada. En dicho programa de investigación se encuentra la toma de muestras de agua subterránea y el análisis de gases en el suelo mostrando los resultados. Además se hacen conclusiones sobre la causa de la polución.

1. Introducción

El uso de h.c.c. en todo el mundo ha conseguido que también los eventos de contaminación estén aumentando. Se dice que las contaminaciones del subsuelo y del agua están aumentando en todo el mundo al igual que el número de consumidores de h.c.c..

Los puntos más frecuentes del consumo de h.c.c. se encuentran en las siguientes áreas de uso comercial e industrial:

- empresas de limpieza en seco
- fábricas de química
- empresas que trabajan metales
- industria textil
- industria electrónica
- fábricas de pinturas y barnices

Eventos de contaminaciones pueden presentarse en las fábricas durante la producción, el almacenamiento, el transporte al consumidor o durante la eliminación de desechos.

Una otra fuente muy importante de una contaminación difusa se forma por los sistemas de canalización de aguas negras que son muy frecuentemente permeables y son también a veces inestables por la influencia de los h.c.c.

Como causas de accidentes de h.c.c. que aumentan sus concentraciones locales se pueden contar:

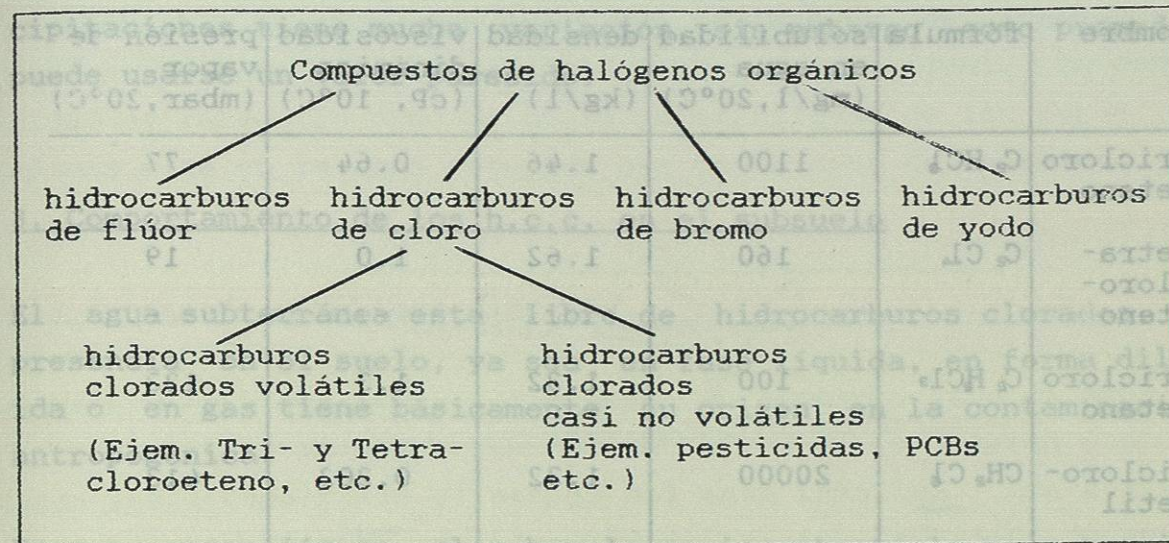
- sobrellenado de tanques
- dilatación de disolventes en tanques llenos debido al calentamiento (Ejm. por radiación solar)
- tuberías dañadas
- derrames frecuentes de restos pequeños
- fugas en canalizaciones (por disolución de empaques de goma)
- accidentes de trabajo de camiones-tanque y de vagones de ferrocarril
- depósitos de basuras clandestinos

Por eso la mayoría de las contaminaciones de aguas subterráneas por h.c.c. se pueden encontrar en manejos desordenados a causa del desconocimiento de los efectos tóxicos o por errores humanos. Evitar estos errores es en parte la tarea del hidrogeólogo. Desde el conocimiento de estas tipos de contaminaciones en el agua subterránea y en parte por las grandes masas de polución debido a h.c.c., ha causado una onda de investigaciones en Alemania durante los años 80. Hasta hoy es necesario continuar con las investigaciones.

2. Propiedades físicas y químicas de los h.c.c.

Al principio es necesario aclarar que todos los h.c.c. no son iguales, es decir que los compuestos de halógenos orgánicos difieren mucho, clara y especialmente, en sus propiedades físicas, químicas y a veces en su toxicidad.

Como guía de los compuestos de halógenos orgánicos ver la figura 1:



En este lugar se explica sólo los h.c.c. volátiles y dentro de estos sólo los más frecuentes y los más comunes. Dentro de este grupo de los compuestos de halógenos orgánicos se encuentran por Ejem. tricloroetano, tetracloroetano y 1,1,1-tricloroetano. De estas sustancias fueron producidas cerca de 150 000 toneladas en el 1982 en Alemania. El valor límite en Alemania son válidos 25 µg/l como suma total de los hidrocarburos volátiles. Agua con una concentración más alta de este límite no se permite para uso potable.

Para evaluar un evento de contaminación y para determinar la medida de la polución es fundamental conocer las propiedades físicas y químicas de estos compuestos.

Los tri- y tetracloroetanos juegan en este caso un papel muy importante. No son mezclables con el agua, son diluibles en agua y son más pesados que el agua. En un medio seco poroso estos se infiltran rápidamente, en comparación con el agua, hasta alcanzar el límite de solubilidad.

Tabla 1: Propiedades importantes para el comportamiento en el subsuelo de los hidrocarburos clorados los más empleados

Nombre	fórmula	solubilidad en agua (mg/l, 20°C)	densidad (kg/l)	viscosidad dinámica (cP, 10°C)	presión de vapor (mbar, 20°C)
tricloro-eteno	C_2HCl_3	1100	1.46	0.64	77
tetra-cloro-eteno	C_2Cl_4	160	1.62	1.0	19
tricloro-etano	$C_2H_5Cl_3$	100	1.32	1.3	133
dicloro-metil	CH_2Cl_2	20000	1.32	0.202	413
agua	-	-	1.00	1.3097	23

A través de la comparación de las propiedades físicas de estos h.c.c. con las del agua, se puede ver claramente que las densidades de las h.c.c. son más altas que la del agua. Otro aspecto importante para la búsqueda y evaluación de contaminaciones en el subsuelo es la presión de vapor de los h.c.c. Esta permite a los h.c.c. volátiles salir en grandes cantidades de la superficie acuática al aire. Los h.c.c. son solubles en pequeñas cantidades en agua; en general pertenecen a líquidos que no se mezclan con el agua.

Los tri- y tetracloroetenos no adhieren tan bien como el agua a los minerales a causa de su baja tensión superficial, lo que aumenta su velocidad de filtración, los h.c.c. son en general no polares o solo poco polares. Esto tiene como consecuencia que la adsorción de partículas diluidas en el acuífero es muy baja, mientras que en suelos y rocas con compuestos orgánicos aumenta la adsorción de partículas diluidas especialmente en materiales orgánicos con mayor contenido de carbono. Esta propiedad es utilizada técnicamente en la limpieza del agua contaminada con h.c.c. y especialmente, en sus propiedades físicas, químicas y a veces en su toxicidad.

La concentración de tricloroeteno en el agua de precipitación en áreas industriales en la república alemana puede ser de 0.2 µg/l. La concentración de tetracloroeteno presente en las precipitaciones tiene mucha variación, sin embargo como promedio puede usarse un valor parecido.

3. Comportamiento de los h.c.c. en el subsuelo

El agua subterránea está libre de hidrocarburos clorados. Su presencia en el suelo, ya sea en fase líquida, en forma diluida o en gas tiene básicamente su origen en la contaminación antropogénica.

Para su expansión en el subsuelo es importante la poca tensión superficial, se dice en otras palabras que ellos se adhieren menos a la matriz del suelo o subsuelo que el agua.

En la zona de aeración, la expansión de h.c.c. como fase líquida sigue la acción de la gravedad de la tierra. La velocidad de filtración en comparación con la del agua (viscosidad, densidad, tensión superficial) es más alta.

3.1 Expansión como fase líquida

En la zona de aeración, la expansión se lleva a cabo en su fase líquida principalmente en forma vertical hacia abajo por el efecto de gravedad.

La velocidad de filtración aquí observada es claramente mayor que la del agua. Dependiendo de la permeabilidad y del contenido de agua de las capas filtradas se lleva a cabo, en forma local y horizontal, una expansión más o menos fuerte de los cuerpos de infiltración de h.c.c.

El que los h.c.c. lleguen al nivel freático como fase líquida depende de la cantidad de las sustancias, del proceso de in-