

**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

GEOLOGIA AMBIENTAL

1996

NOTAS DE TODOS EL CURSO

COORDINADOR: ING. JUAN SANCHEZ PEREZ



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O

D E

GEOLOGIA AMBIENTAL

1 9 9 6

Coordinador : Ing. Juan Sanchez P.

Profesores :

Ings. J. Sánchez P., J. M. Nieto Calleja

Dr. Jaime Rueda Gaxiola, Dra. Ma. Fda. Campa Uranga

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CURSO : Geología Ambiental * DIVISIÓN DE EDUCACION CONTINUA * Palacio de Minería - Cd. de México

DIA	TEMA	PROFESOR	HORARIO*
MARZO 18	I INTRODUCCION	JSP	9:00 - 9:55
	II RECURSOS GEOLOGICOS	JRG	10:00-12:00
	III EL HOMBRE Y EL MEDIO AMBIENTE		12:10-14:00
	C O M I D A		14:10-15:10
	IV PROCESOS TERRESTRES PELIGROSOS	JRG	15:20-17:00
	Riesgos geológicos y control de los Asentamientos humanos		17:00-19:10
19	V CARTOGRAFIA GEOLOGICO - AMBIENTAL	JSP	9:00-14:00
	C O M I D A		14:05-15:10
	VI GEOLOGÍA AMBIENTAL E INGENIERÍA CIVIL	JMNC	15:15-19:00
20	GEOLOGÍA AMBIENTAL E INGENIERÍA CIVIL (Continuación)	JMNC	9:00-14:00
	C O M I D A		14:05-15:10
	VII EL USO DEL SUELO Y LA TOMA DE DECISIONES	JSP	15:20 - 19:00
21	DESCANSO OBLIGATORIO		FESTIVO
22	VIII LEGISLACIÓN AMBIENTAL (Normas aplicables a los estudios geológico ambientales)	MFC	9.00 - 14:00
	C O M I D A		14:05 - 15:10
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	MFC, JSP	15:20 - 17:30
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	MFC, JRG JMNC, JSP	17:40-18:30
	CLAUSURA DEL CURSO	AUTORIDADES	18:45-19:00

Coordinador: Juan Sánchez P.(JSP)
(*) Tiempo aproximado de exposición

Profesores : : Jaime Rueda Gaxiola (JRG); Ma. Fda. Campa U. (MFCU)., Juan M. Nieto Calleja (JMNC) y JSP

* 18 al 22 de Marzo - 1996

CONTENIDO DEL CURSO

Los temas que se exponen en este curso se estructuraron considerando los comentarios y sugerencias de varios profesionistas interesados en la materia, así como nuestras experiencias previas en la impartición del tema.

En este curso se expondrán casos históricos y temas de importancia general para profesionistas y estudiantes de diversas ramas de la ciencia, tales como ingenieros (civiles, en planeación, municipales, etc.), arquitectos, economistas, geógrafos, químicos, biólogos y por supuesto geólogos.

A continuación se sintetiza el contenido de los diferentes capítulos que dan cuerpo al curso de Geología Ambiental 1996.

CAPÍTULO I - Contiene información referente a los principales aspectos filosóficos y los principios fundamentales de la Geología Ambiental y se involucran los ambientes físicos y culturales; también se introduce al estudiante con algunos de los conceptos geológicos más importantes, así como con la terminología básica para entender esta rama de las Ciencias de la Tierra. En forma muy general se mencionan los ciclos biogeoquímicos y la importante relación que tienen con los ecosistemas humanos.

CAPÍTULO II - En forma breve se proporciona información referente a los principales recursos geológicos y de la importancia que tiene el hacer un uso racional de ellos.

CAPÍTULO III - Se aborda el tema de la interacción del hombre con el medio ambiente, poniendo énfasis en el tema de los riesgos geológicos como control de los asentamientos humanos y en la contaminación del suelo y del agua, así como en las implicaciones de esta última para la salud pública.

CAPÍTULO IV - Como complemento al capítulo anterior, se mencionan inundaciones, deslizamientos, hundimientos, terremotos y procesos costeros, observados en la Península de Baja California y se incluyen algunos casos históricos que han dado pauta al desarrollo de los estudios geológicos aplicados a los asentamientos humanos. También se mencionan algunas de las manifestaciones volcánicas más recientes, a nivel mundial y nacional, como las de los volcanes **Santa Helena**, EUA (1980, etc.), **Etna**, Italia (1992); **El Chichón** o **Chichonal** (1982), de **Fuego de Colima** (1992) y **Popocatepetl** (1994-95 y 96) en México; **Mayón** (1993), Filipinas; **Negro** (1994), Nicaragua, etc.; las cuales han permitido enriquecer el conocimiento respecto a los riesgos volcánicos y sísmicos inducidos por este tipo de actividad.

Respecto a los terremotos y fenómenos asociados se comentarán los que afectaron a las ciudades de México (1985), Los Angeles (1992) y Cove, Japón (1995), entre otros, así como algunas de las medidas implementadas para prevenir o mitigar sus efectos en el caso de futuros movimientos telúricos.

CAPÍTULO V - Proporciona información general de la cartografía geológico-geomorfológica, menciona los principales tipos de cartas geológico-ambientales que se pueden realizar y sus aplicaciones más directas.

CAPÍTULO VI - Trata en forma general la metodología para evaluar el impacto ambiental, aborda lo referente a la estrecha relación que existe entre la Geología Ambiental y la Ingeniería Civil, así como los aspectos básicos del impacto ambiental debido a la construcción de grandes obras de ingeniería (presas, canalización de ríos, control y sitios para el depósito de desechos municipales, etc.), que pueden ser reducidos mediante estudios geológicos realizados con oportunidad.

CAPÍTULO VII - En forma breve se comenta la importancia que tienen los estudios geológico-ambientales que conviene realizar, en forma previa a la toma de decisiones para la programación del uso del suelo y para ello se utiliza parte de la información mencionada en el capítulo de cartografía geológico-ambiental.

En el último capítulo se trata el tema de la Legislación Ambiental, poniendo énfasis en las leyes, reglamentos, normas, procedimientos, acuerdos y convenios relacionadas con los estudios geológico-ambientales y de Ciencias de la Tierra, que se deben considerar para la exploración, extracción y producción, distribución, almacenamiento y localización de sitios para el depósito de desechos; así como para la prevención de posibles fuentes de contaminación.

Al final del curso se discutirá, en forma general, los temas estudiados y se emitirán las conclusiones y recomendaciones que se consideren más apropiadas para los diferentes profesionistas involucrados.

NOTA : La bibliografía proporcionada como soporte, constituye una parte importante del curso, ya que permitirá al estudiante profundizar en los temas de su interés particular.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

CAPITULO I

INTRODUCCION

Juan Sánchez Pérez

GEOLOGIA AMBIENTAL

INTRODUCCION

El significado original de la palabra AMBIENTAL se refería a los componentes naturales - físicos, químicos y biológicos - de un área determinada, lo cual incluía las condiciones geológicas, del suelo, la vida vegetal y animal, los elementos del clima, así como la naturaleza y ocurrencia del agua superficial y del subsuelo.

El ambiente natural tiene un profundo impacto en la vida de las personas y todas sus actividades. En los últimos 100 años, la concentración de gran cantidad de gente en las áreas metropolitanas y el constante incremento de tiempo en muchas de las actividades humanas (mayor producción de bienes materiales) ha ocasionado un efecto notorio en el ambiente. De manera que el HOMO SAPIENS se ha convertido en un factor determinante respecto a la calidad del medio ambiente.

La interacción de los seres humanos con el ambiente, se puede ver de dos maneras:

- 1) El ambiente ejerce su impacto sobre los seres humanos, y
- 2) Los seres humanos ejercen influencia sobre el medio ambiente.

La Geología Ambiental considera ambos aspectos. Por ejemplo, cuando los seres humanos decargan sus desechos - en sitios construidos expresamente para ello, o por accidente - en la tierra, en el mar y en la atmósfera; tales desechos alteran en mayor o menor grado las condiciones ambientales del lugar donde son depositados y en los alrededores. Por otra parte, los eventos geológicos de acción catastrófica tales como inundaciones, erupciones volcánicas, terremotos, deslizamientos y erosión costera, etc., tienen un fuerte impacto en los seres humanos o en las estructuras construidas por ellos.

Debido a lo amplio del tema, en este curso no se estudiarán todos los aspectos que se involucran con la Geología Ambiental; sin embargo, se tratará de orientar al estudiante hacia los temas de su interés o predilección. Además se analizarán algunos ejemplos y se proporcionará una bibliografía básica para documentarse respecto a la geología y los procesos geológicos que son necesarios para entender y solucionar algunos problemas ambientales.

Traducción libre de JSP.

Referencia: ZUMBERGE, J.H.& RUTFORD, R.H. (1979) Laboratory Manual for Physical Geology, WCB, Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa, U.S.A., p. 177-185.

CAPITULO I - FILOSOFIA Y PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las categorías funcionales de la sociedad que son importantes en los estudios ambientales y que constituyen las bases culturales para la degradación ambiental son: éticas, económicas, políticas, estéticas y , tal vez, religiosas.

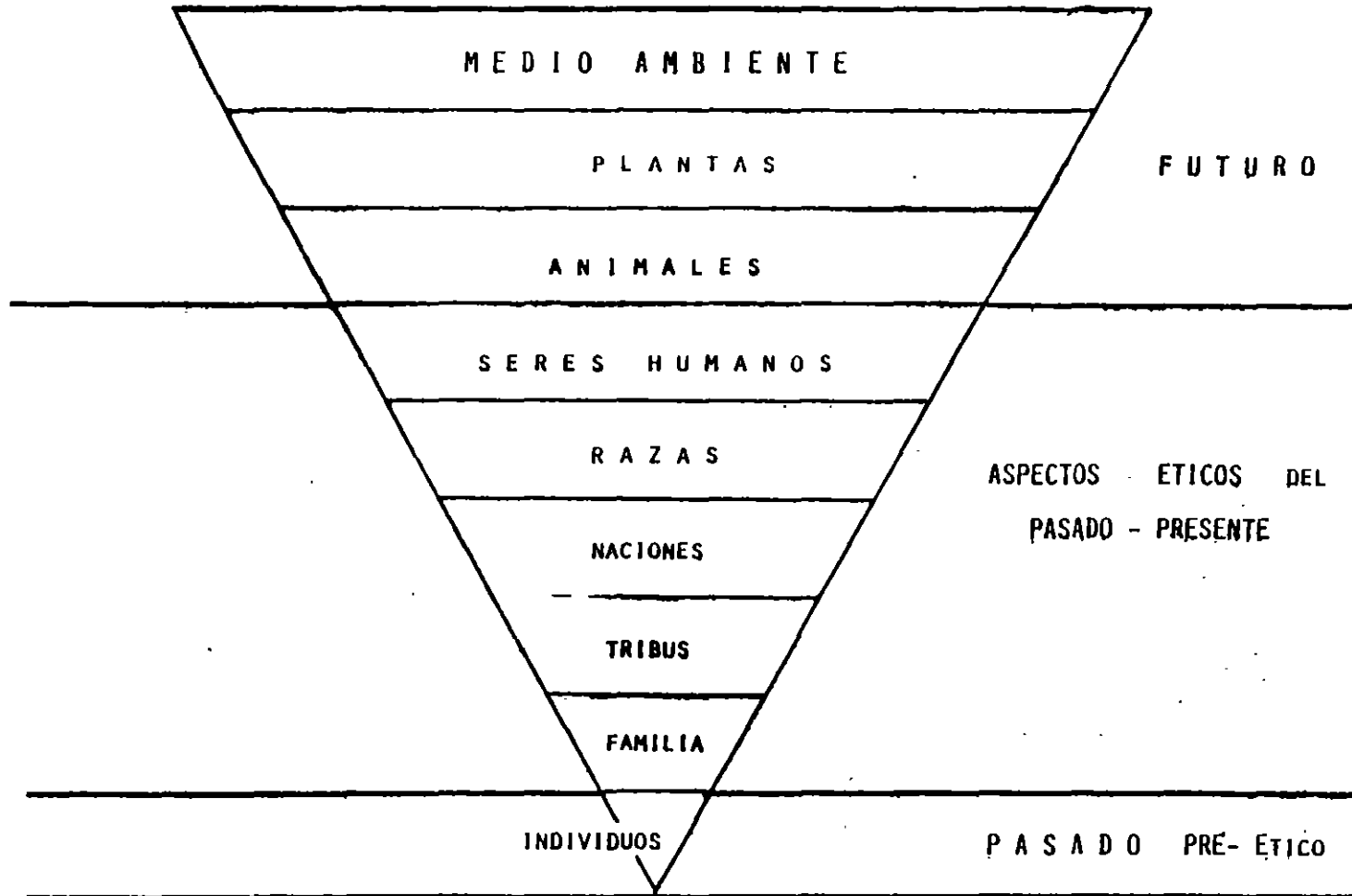
Nuestro marco ético parece que se está expandiendo lentamente y eventualmente incluirá todo el medio ambiente dentro de una tierra ética. Esta ética confirma el derecho de todos los recursos, tales como plantas, animales e inclusive los recursos materiales, de continuar existiendo, y por lo menos en ciertos lugares se mantendrán en su estado natural (2).

Las causas inmediatas de la degradación ambiental es la sobrepoblación, la urbanización y la industrialización, combinadas con la poca consideración ética por nuestra tierra y con instituciones inadecuadas para manejar la "tensión ambiental". Estos problemas no son exclusivos de un sistema político en particular y en consecuencia, podemos concluir que la salvación de las comunidades, en las diferentes regiones del planeta, necesita por fuerza, un cambio social, económico y ético, que trascienda los diferentes sistemas políticos nacionales y mundiales.

Actualmente, en algunos países, los factores estéticos están siendo considerados al planear el uso del suelo tanto a nivel local (municipal), regional (estatal) y nacional, y el panorama se considera como un recurso natural. El problema central que aún existe es que no se tiene todavía un método apropiado para este tipo de evaluaciones, que a la vez sea fácil de entender y que sea relamente cuantitativo, creible y predecible. De manera que hasta que no contemos con una metodología satisfactoria, será difícil realizar un balance apropiado entre lo estético, los costos económicos y los beneficios.

El papel de la religión, causando, perpetuando o condenando la degradación ambiental sigue siendo algo muy discutido . . . Algunos autores argumentan que la herencia Judeo-Cristiana es responsable de la actitud actual del hombre Occidental en su comportamiento respecto al medio ambiente. El argumento principal se basa en que las enseñanzas y prácticas Judeo-Cristianas destruyeron el "animismo pagano" (pagan animism) que anteriormente tendía a unir la humanidad con la naturaleza, y en consecuencia ocasionaron que los sere humanos degradaran el medio ambiente con gran indiferencia. Este punto de vista no puede ser defendido rigurosamente. Tanto el hombre prehistórico como el actual que cree en religiones Orientales u Occidentales han explotado y alterado la tierra en que viven, en mayor o menor grado. En consecuencia se puede concluir que las instituciones religiosas han sido responsables de algunos problemas ambientales, pero que la tendencia general hacia la degradación del medio ambiente es un problema mas universal, que trasciende las enseñanzas religiosas.

FIGURA 1.1 - LA EVOLUCIÓN DE LA ETICA

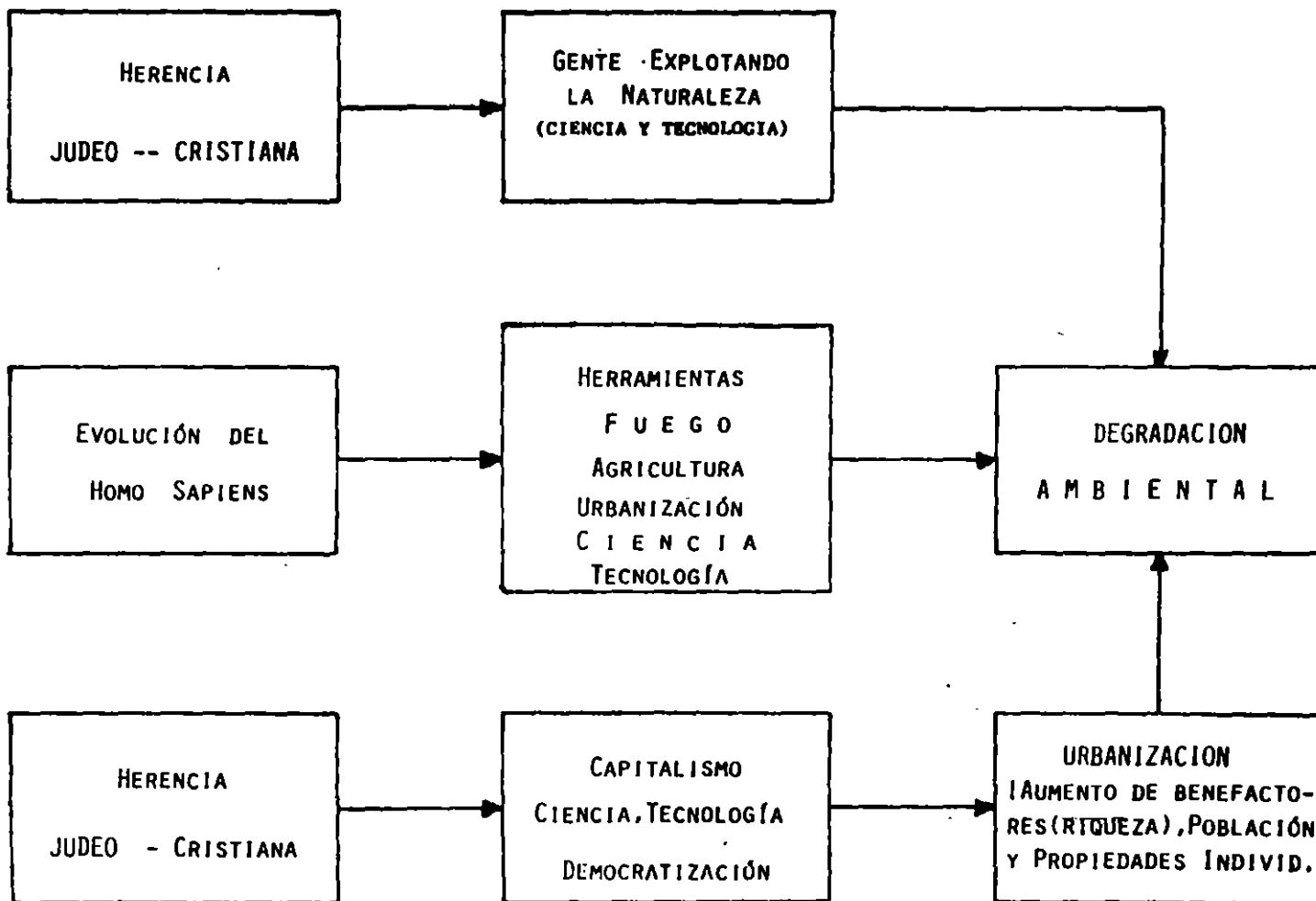


I.3

(*) BASES CULTURALES DE LA CRISIS AMBIENTAL.
Tomado de: RODERICK NASH, "Do Rocks Have Rights?"
The Center Magazine (Nov. - Dec., 1977).

FIGURA 2 - MODELOS QUE MUESTRAN LOS POSIBLES CAMINOS QUE CONDUJERON A LA DEGRADACIÓN DEL AMBIENTE
(Tomado de Keller, 1981; Traducción libre de Sánchez, 1992)

1.4



BIBLIOGRAFIA PARA EL CAPITULO I

FILOSOFIA Y PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA GEOLOGIA AMBIENTAL

I.1) LAS BASES CULTURALES DE LA CRISIS AMBIENTAL.

1. FLORMAN, S.C. (1968). ENGINEERING AND THE LIBERAL ARTS. NEW YORK, N.Y.; MCGRAW-HILL.
2. GOLDMAN, M.I. (1971). ENVIRONMENTAL DISRUPTION IN THE SOVIET UNION IN MAN'S IMPACT ON ENVIRONMENT, ED. T.R. DETWYLER, PP.61-75
3. KELLER, E.A. (1981). ENVIRONMENTAL GEOLOGY. 3RD. ED., CHARLES E. MERRILL PUBLISHING COMPANY, A BELL & HOWELL CO., COLUMBUS.
4. LEOPOLD, A. (1949). A SAND COUNTY ALMANAC. NEW YORK, OXFORD UNIVERSITY PRESS.
5. LITTON, R.B. (1973). AESTHETIC DIMENSIONS OF THE LANDSCAPE. IN NATURAL ENVIRONMENTS, ED. J.V. KANTILLA, PP.262-91. BALTIMORE JOHNS HOPKINS UNIVERSITY PRESS.
6. MONTCRIEF, L.W. (1970). THE CULTURAL BASIS FOR OUR ENVIRONMENTAL CRISIS. SCIENCE 170: 508-12. U.S.A..
7. SEP - SEDUE - SSA. (1987). INTRODUCCIÓN A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LA SALUD AMBIENTAL. PROGRAMA NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL, COMISIÓN NAL. DE LOS LIBROS DE TEXTO GRATUITOS. MÉXICO, D.F..
8. UDALL, S.L. (1963). THE QUIET CRISIS. NEW YORK: AVON BOOKS.
9. VALERI-GULIÁEV (1989). LAS PRIMERAS CIUDADES. ED. PROGRESO, MOSCÚ. TRADUCIDO DEL RUSO POR CLAVIJO, A.
10. WHITE, L., JR. (1967). THE HISTORICAL ROOTS OF OUR ECOLOGICAL CRISIS. SCIENCE 155: 1203-7.
11. YI-FU, T. (1970). OUR TREATMENT OF THE ENVIRONMENT IN IDEAL AND ACTUALITY. AMERICAN SCIENTIST 58: 244-249.
12. ZUBE, E.H. (1973). SCENARY AS A NATURAL RESOURCE. LANDSCAPE ARCHITECTURE 63: 126-32.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

CAPITULO II

RECURSOS

GEOLOGICOS

Jaime Rueda Gaxiola
Juan Sánchez Pérez

CAPÍTULO II - RECURSOS GEOLÓGICOS

RECURSOS MATERIALES DE LA TIERRA Y PROCESOS

Los procesos que crean, mantienen, cambian y destruyen los materiales de la tierra (agua, minerales, rocas, suelos, etc.) son mencionados como el **CICLO GEOLÓGICO**. De forma más apropiada el ciclo geológico está compuesto por un grupo de subciclos, entre los cuales se encuentran el tectónico, el hidrológico, de las rocas y el geoquímico. En varias actividades la gente usa los materiales terrestres que se encuentran en diferentes etapas de estos ciclos. Los materiales pueden encontrarse en forma concentrada o en estado puro, pero después de varios procesos artificiales son regresados a la tierra en forma dispersa o contaminando otras partes de los ciclos geológicos. Una vez dispersos o alterados, estos materiales ya no pueden ser concentrados o utilizados por los seres humanos en ningún período de tiempo razonable.

La aplicación de la información geológica a los problemas ambientales requiere de un entendimiento de las propiedades geológicas e ingenieriles de los materiales terrestres. Los diferentes materiales (rocas y suelos) se comportan de una manera más o menos predecible, pero su comportamiento es diferente, para diferentes usos del suelo. Por ejemplo, los suelos arcillosos y las arcillas compactadas presentan condiciones pobres para la cimentación de grandes obras de ingeniería civil; por el contrario, los granitos con pocas fracturas son apropiados para mayor cantidad de propósitos. Además, los esfuerzos de las rocas están muy influenciados por sistemas de fallas o fracturas activas o por viejas fracturas que han sido intemperizadas y alteradas.

La mayor parte de las geformas continentales son el resultado de los escurrimientos de agua, de manera que el entendimiento de los procesos hidrológicos superficiales y subterráneos es necesario para poder realizar trabajos apropiados en muchos problemas ambientales. Los sistemas de los escurrimientos superficiales y subterráneos son básicamente sistemas abiertos, en los cuales se establece un equilibrio dinámico entre varias partes del sistema. Cualquier cambio, artificial o natural, ocasionará que las otras partes se reajusten para compensar y dar origen a un nuevo equilibrio.

Las tormentas de arena, arcilla y polvo, pueden cubrir muchos miles de kilómetros cuadrados. Los principales depósitos de arena se concentran a lo largo de la costa o en algunas áreas continentales interiores, por otra parte las arcillas eólicas y los depósitos de tipo loess se encuentran concentrados a lo largo de los principales ríos que acarrear las aguas del deshielo de los glaciares continentales que existieron durante las glaciaciones pleistocénicas. Los problemas ingenieriles originados por la migración de las dunas de arena requiere de soluciones ingenieriles, tales como la

construcción de carreteras, edificios y estructuras hidráulicas (puentes, etc.) y mantenimientos caros.

Los depósitos de tipo loess representan lugares peligrosos para efectuar la cimentación de grandes obras de ingeniería civil, ya que si se humedecen se pueden asentar, a menos que sean compactados apropiadamente.

Desde un punto de vista geológico las glaciaciones continentales recientes han originado diferentes tipos de materiales, tales como tillitas, suelos muy orgánicos y sedimentos transportados por agua, los cuales pueden encontrarse en grandes áreas (como en el Estado de Minesota, EUA) y, como consecuencia de ello, estos depósitos deben ser evaluados cuidadosamente en superficie y en el subsuelo, antes de programar, diseñar y construir alguna estructura sobre ellos.

Actualmente las tierras congeladas en el planeta cubren aproximadamente un 20% del planeta, lo cual ocasiona que se tengan ambientes frágiles y sensibles. Para reducir los efectos adversos de este tipo de terrenos, se requiere de procedimientos ingenieriles especiales, cuya función es poder extraer materiales finos, poco drenables, de las tierras congeladas.

CAPITULO II - PRINCIPALES RECURSOS GEOLOGICOS

1. LONGWELL, C. L.; FLINT, R. F.; and SANDERS, J. E. 1969. *Physical geology*. New York: John Wiley & Sons.
2. LE PICHON, X. 1968. Sea-floor spreading and continental drift. *Journal of Geophysical Research* 73: 3661-97.
3. ISACKS, B.; OLIVER, J.; and SYKES, L. 1968. Seismology and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research* 73: 5855-99.
4. DEWEY, J. F. 1972. Plate tectonics. *Scientific American* 22: 56-68.
5. Committee on Geological Sciences. 1972. *The earth and human affairs*. San Francisco: Canfield Press.
6. BILLINGS, M. P. 1954. *Structural geology*. 2nd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
7. JESSUP, W. E. 1964. Baldwin Hills dam failure. *Civil Engineering* 34: 62-64.
8. KRYNINE, D. P., and JUDD, W. R. 1957. *Principles of engineering geology and geotechnics*. New York: McGraw-Hill.
9. SCHULTZ, J. R., and CLEAVES, A. B. 1955. *Geology in engineering*. New York: John Wiley & Sons.
10. HOLDEN, C. 1971. Nuclear waste: Kansas riled by AEC plans for atom dump. *Science* 172: 249-50.
11. DASMANN, R. F. 1972. *Environmental conservation*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.
12. HUNT, C. B. 1972. *Geology of soils*. San Francisco: W. H. Freeman.
13. PESTRONG, R. 1974. *Slope stability*. American Geological Institute. New York: McGraw-Hill.
14. FLAWN, P. T. 1970. *Environmental Geology*. New York: Harper & Row.
15. HART, S. S. 1974. Potentially swelling soil and rock in the Front Range Urban Corridor. *Environmental Geology* 7. Colorado Geological Survey.
16. MATHEWSON, C. C.; CASTLEBERRY, J. P., II; and LYTTON, R. L. 1975. Analysis and modeling of the performance of home foundations on expansive soils in central Texas. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* 17, no. 4: 275-302.
17. JONES D. E., JR., and HOLTZ, W. G. 1973. Expansive soils—the hidden disaster. *Civil Engineering*, August: 49-51.
18. LEOPOLD, L. B., and MADDOCK, T., JR. 1953. *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. U.S. Geological Professional Paper 252.
19. MACKIN, J. H. 1948. Concept of the graded river. *Geological Society of America Bulletin* 59: 463-512.
20. DOLAN R., HOWARD, A., and GALLENSON, A., 1974. Man's impact on the Colorado River and the Grand Canyon. *American Scientist*, V. 62. 392-401.
21. WAY, D. S. 1973. *Terrain analysis* Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden Hutchinson & Ross.
22. FERRIANS, O. J., JR.; KACHADOORIAN, R.; and GREENE, G. W. 1969. *Permafrost and related engineering problems in Alaska*. U.S. Geological Survey Professional Paper 678.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

CAPITULO III

EL HOMBRE Y EL MEDIO AMBIENTE

Riesgos geológicos y control de los asentamientos humanos

CAPITULO IV

PROCESOS TERRESTRES PELIGROSOS

**Jaime Rueda Gaxiola
Juan Sánchez Pérez**

NOTAS :

=====

=====

LOS RIESGOS GEOLOGICOS COMO CONTROL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

DR. JAIME RUEDA GAXIOLA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

"La forma incompleta,
fragmentada y políticamente
manipulada en que el Hombre
hace frente actualmente a las
catástrofes naturales es uno
de los más claros exponentes
de la estupidez colectiva de
la Humanidad".

BASIL BOOTH y FRANK FITCH,
1986

INTRODUCCIÓN.

A.-ADAPTARSE O MORIR.

Para sobrevivir, el Hombre ha tenido que adaptar su modo de vida a las condiciones del medio que lo rodea. Los cambios evolutivos de los organismos son resultado de los cambios evolutivos de nuestro planeta. El Hombre no es la excepción; su evolución es el resultado de su poder de adaptación a las variaciones del medio ambiente. Como es un organismo cosmopolita, su alto **poder de adaptación** le ha permitido vivir en los medios más variados:

- 1.-Montañoso
- 2.-Selvático
- 3.-Pantanosos
- 4.-Estepario
- 5.-Desértico
- 6.-Glacial

Sin embargo, el Hombre es el único organismo que ha logrado modificar el medio ambiente buscando su beneficio. ¿Hasta donde, la búsqueda de su bienestar, le permitirá vivir en armonía con la Naturaleza?

LOS RIESGOS GEOLÓGICOS Y LA GEOLOGÍA AMBIENTAL

Los **desastres de origen geológico** siempre han existido desde que el hombre está en la Tierra (terremotos, maremotos, inundaciones, tornados, huracanes, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierras, hundimientos, etc.). Muchos de estos desastres han sido favorecidos por el mismo Hombre. Millones de personas han perecido por causa de estos **fenómenos naturales**, se han tenido grandes pérdidas económicas y se han originado perturbaciones sociales.

Las **pérdidas por desastres naturales** son cada vez mayores porque:

- 1.-El **crecimiento demográfico** aumenta la cantidad de personas expuestas,
- 2.-La **urbanización** incrementa las posibilidades de pérdidas mayores de vidas y de bienes en un determinado lugar y,
- 3.-El **desarrollo económico** aumenta el volumen y valor de los bienes que pueden destruirse.

La **Geología** es la ciencia que estudia la Tierra y la **Geología Ambiental** es una de las partes de la Geología que relaciona a esta ciencia con las actividades humanas, de tal manera que, para su estudio, requiere de una gran cantidad de conocimientos propios de otras disciplinas científicas y técnicas y del comportamiento social, cultural y humano (Biología, Meteorología, Oceanografía, Ingeniería Civil, Arquitectura, Historia, Economía, Sociología, Psicología, Administración, etc.). El **objetivo de la Geología Ambiental** es entender y encontrar soluciones a problemas ambientales naturales o resultado de la actividad humana, pues la civilización depende de los recursos naturales y de la energía derivada de la tierra y del agua. Así, la Geología Ambiental es la aplicación práctica de las Ciencias Geológicas al Servicio de la Sociedad. Como consecuencia, toda programación relacionada con la planificación de la ubicación de los centros de desarrollo urbano o rural debe considerar los resultados de los estudios de la Geología Ambiental, con el objetivo de prever y solucionar problemas que afectan o afectarán los **asentamientos humanos**. En esta disciplina, como en las ciencias sociales, también es aplicable el concepto de que quien no conoce o no entiende la historia está destinado a cometer sus errores. Así, la degradación del medio ambiente no es sólo producto del Hombre Moderno, pues la humanidad siempre ha cambiado su hábitat; por lo que es importante ahora tomar conciencia de los hechos históricos y tomar las medidas necesarias para evitar catástrofes. Los planes, programas, políticas y decisiones que se tomen dentro de la planificación urbana y rural, deben de considerar las **catástrofes históricas** para evitar que puedan suceder otras por fenómenos geológicos semejantes. De ahí se deriva la importancia de saber cómo, cuándo y dónde se efectúan esos fenómenos para evaluar los **riesgos geológicos** a los que está sometida la población de una determinada región de la Tierra.

De manera convencional, entendemos por **RIESGO** al conjunto de variables interdependientes que consignan conceptos tales como: peligrosidad, vulnerabilidad, costo económico. Es decir:

RIESGO = peligrosidad + vulnerabilidad + costo económico

Los medios de comunicación masiva (periódicos, televisión, radio) informan todos los días que muere gente a causa de **desastres naturales**. Estos originan la muerte anual de al menos 20 000 personas. Más de **160 000 muertos en 1991** (140 000 personas ahogadas en abril, a causa de un ciclón en Bangladesh). Algunas de estas catástrofes naturales han alcanzado proporciones gigantescas. En los últimos años han sobresalido las noticias de desastres debidos a **sismos** en E.U.A., Yugoslavia, Alaska, Argelia, Colombia, Japón, Guatemala, Nicaragua, Chile, Perú, Italia, Turquía, México, El Salvador, U.R.S.S., China; debidos a **maremotos** en Japón, Francia, Nicaragua; debidos a **inundaciones, huracanes, tornados** en el Caribe, E.U.A., Argentina, Filipinas, Brasil, México; rupturas de presas en Italia y la India, etc. Entonces, la Geología Ambiental requiere del conocimiento específico de disciplinas geológicas relacionadas con los orígenes de estos desastres, convirtiéndose en una rama interdisciplinaria de la Geología relacionada con las ciencias económicas y sociales.

Con base en las **catástrofes de origen volcánico** en 1982 (Volcán Chichón) y sísmico en 1985 (Cuenca de México), el Gobierno y el Pueblo de México pudimos apreciar los efectos de los fenómenos geológicos y nos hicimos partícipes de las necesidades impostergables de tomar medidas para evitarlas, a pesar de saber que nuestro país, desde hace siglos, ha sido considerado como básicamente volcánico y sísmico. Estas catástrofes son sólo dos ejemplos de los riesgos geológicos más importantes del país, sin menospreciar las inundaciones, los derrumbes y otros fenómenos originados por agentes hidrometeorológicos que, año tras año, afectan a la Ciudad de México y las demás regiones pobladas de la Cuenca de México. A nivel nacional, los fenómenos geológicos afectan de diferente manera en las regiones del territorio, dependiendo de sus características geológicas y geográficas; así, existen algunas de alto riesgo sísmico, otras de alto riesgo volcánico, otras con alto riesgo debido a los efectos de inundaciones, de huracanes, de tornados, de derrumbes, de tsunamis, de avance de dunas, etc. Por lo tanto, es necesario que a nivel nacional y regional se cuente con **mapas de riesgos** que permitan a la población saber donde asentarse con el menor riesgo geológico. Por lo tanto, la debida y adecuada **utilización del suelo** debe basarse en estudios de Geología Ambiental.

La **Geología ambiental** se aplica de manera general en:

- 1.-La **adecuada explotación de los recursos naturales** para evitar efectos secundarios en el medio ambiente (hundimientos, deslizamientos de tierras),
- 2.-La **evaluación de los cambios físicos en el ecosistema tierra-agua**, cuando el Hombre rearregla o interfiere los procesos naturales,
- 3.-La **evaluación de los fenómenos geológicos** que pueden ser de riesgo para la salud y la seguridad del Hombre en sus asentamientos,
- 4.-La **ubicación de sistemas energéticos** para su uso y almacenamiento,
- 5.-La **ubicación de los lugares más adecuados para la eliminación y/o almacenamiento** de los productos de desecho de la actividad humana,
- 6.-La **conservación de materiales y procesos** que favorecen la buena utilización de los suelos,

- 7.-La ayuda en estudios y en la toma de decisiones para minimizar el impacto humano en el ambiente y
- 8.-La ubicación adecuada de los asentamiento humanos.

La Humanidad, históricamente, ha construido sus casas o edificios sin haber pensado prioritariamente en los riesgos geológicos. Así, los asentamientos se han efectuado en lugares en donde ha habido material disponible o en lugares donde ha encontrado protección. En otros casos, ha tomado el riesgo de asentarse en lugares obviamente peligrosos, pensando en que la catástrofe puede presentarse a largo plazo o bien considerando la conveniencia económica. Por esta razón se tienen asentamientos humanos en las faldas de los volcanes, ya que el suelo es muy fértil, en las llanura aluviales donde la pendiente es suave, los costos de construcción son bajos y las tierras son aptas para el cultivo, aunque estén expuestos a inundaciones; otros se han asentado en lugares de frecuente actividad sísmica o en zonas de frecuentes derrumbes y deslizamientos de tierras porque la vista es bella, etc. Sin embargo, **una de las funciones de las autoridades de un país es impedir que se efectúen asentamientos en los lugares de alto riesgo geológico, demostrando a la gente las razones por las que el lugar es inseguro y evitando, de esta manera, la inestabilidad social que redundaría en una paz precaria, no sólo para las personas de esa región en particular, sino también para toda la población circundante cuando los fenómenos geológicos producen catástrofes.**

LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

En cualquier lugar en que se asiente, **el Hombre está sujeto a riesgos** que tienen origen en fenómenos:

- 1.-Exógenos
- 2.-Endógenos
- 3.-Antropógenos

Los **agentes exógenos** son el resultado de **fenómenos extraterrestres** que afectan las condiciones del medio ambiente. Los **agentes endógenos** son el resultado de fenómenos **originados en la Tierra misma**; incluyen los originados en la atmósfera (**hidrometeorológicos**) y los originados en la corteza terrestre (**corticales**). Los **agentes antropógenos** tienen su origen en la actividad humana (químicos, incendios, explosiones, sanitarios). Los dos primeros originan los **RIESGOS GEOLÓGICOS** que constituyen el tema principal de esta publicación que tiene como objetivo explicar brevemente, cómo, cuándo y dónde se originan los fenómenos geológicos que pueden producir desastres naturales y hacer conciencia de su impacto social para que se puedan predecir, evaluar, controlar y mitigar sus efectos en las diferentes regiones de asentamientos humanos dependiendo del tipo y grado de riesgo geológico. **El Hombre no puede evitar o dominar completamente los fenómenos que originan las catástrofes naturales; sin embargo, sí puede tratar de evitarlas preparando a la gente para que seleccione los lugares de menor riesgo geológico para asentarse, para que construya en los lugares más adecuados con los materiales y las técnicas que les proporcionen mayor seguridad.**

La República Mexicana se encuentra situada geográfica y geológicamente en condiciones muy particulares que permiten que los agentes endógenos y exógenos actúen frecuentemente sobre ella, alterando constantemente las condiciones del medio ambiente, por lo que debe de considerarse como una región de alto riesgo geológico. Sin embargo, **la evaluación del factor de riesgo, deriva del conocimiento científico de los procesos naturales que han producido a lo largo de la Historia Terrestre catástrofes naturales.**

A.-AGENTES EXOGENOS

Como se indicó antes, tienen su origen en objetos extraterrestres que caen sobre la Tierra:

1.-Meteoritos

2.-Cometas

Todos los días caen sobre la Tierra **meteoritos** inofensivos de tamaño muy pequeño. Sin embargo, también todos los días estamos expuestos a morir por causa del choque de un cuerpo extraterrestre de grandes dimensiones sobre la Tierra. Evidencias directas de que este fenómeno ha sucedido en muchas ocasiones, las tenemos registradas en la Historia de la Tierra por medio de los **astroblemas** (como el de Vredefort, en Surafrica, de 80 Km de diámetro, formado hace 2 100 m.a.) que son estructuras dejadas en la corteza por antiguos impactos de meteoritos de muy grandes dimensiones. La caída de cuerpos tan grandes sobre la Tierra deben de haber causado enormes catástrofes, que posiblemente sean las causas de grandes transformaciones de la atmósfera y de la corteza terrestres que ocasionaron **extinciones masivas** de organismos; tal es el caso del Cráter Meteorico de Chicxulub, Yucatán, que se considera originado hace 64.5 millones de años por el impacto de un meteorito de 10 Km. de diámetro cuyos efectos motivaron la extinción de los dinosaurios. También existen cráteres originados por el impacto reciente de meteoritos más pequeños, como el de 180 metros de profundidad y 1 200 de diámetro que produjo al chocar en Arizona, hace 25 000 años, uno pequeño que se ha calculado que pesaba 1 500 000 toneladas. Se considera que nuestro planeta está expuesto al choque de meteoritos de kilómetros de diámetro al menos una vez cada 50 millones de años. Otros cuerpos celestes que pueden chocar sobre la Tierra son los **cometas**, tal como se ha supuesto que sucedió a principios de este siglo (1908) en la Región de Tunguska, en la U.R.S.S., cuando al chocar produjo una explosión equivalente a la de una bomba atómica de 30 megatones. Los espectaculares efectos del choque de 21 fragmentos del Cometa Shoemaker-Levy, durante la semana del 16 al 22 de julio de 1994, sobre la superficie de Júpiter, son un ejemplo de lo que puede suceder en la Tierra por un fenómeno semejante. Recordemos simplemente que el fragmento más grande de este cometa afectó profundamente una superficie de la atmósfera de Júpiter con un diámetro de dos veces el de la Tierra.

El 28 de Enero de 1996, surcó el cielo de varios estados (Michoacán, Guerrero, Morelos, Estado de México) de la República Mexicana un meteorito que causó gran expectación de los habitantes de la Cuenca de México. No se sabe con precisión donde cayeron los fragmentos ya que las personas que lo vieron han citado que algunos lugares de impacto fueron Tláhuac, Juchitepec, Amecameca y Ocotitlán en el Estado de México, y otras a tres zonas del Estado de Morelos, aunque, por la trayectoria, se considera que estalló en el aire cerca de las costas del Estado de Veracruz.

B.-AGENTES ENDOGENOS

Se originan por fenómenos terrestres. Son de dos tipos:

- 1.-**Atmosféricos** (hidrometeorológicos)
- 2.-**Corticales**

Estos fenómenos terrestres son los que han hecho que la imagen de la Tierra nunca se repita y que muestren que es un planeta vivo, un planeta cambiante. Son el resultado de procesos geológicos que cambian la faz de la Tierra, a veces rápidamente (procesos sísmicos, volcánicos), aunque la mayoría de las veces muy lentamente pues no son susceptibles de reconocerse a la escala de años, sino de millones de años (formación de montañas, desgaste de las mismas).

1.-ATMOSFERICOS

Estos agentes son el resultado de fenómenos originados en la atmósfera que actúan directamente sobre la superficie terrestre o bien de fenómenos originados indirectamente como resultado de los anteriores. Así, pueden ser originados por fenómenos:

DIRECTOS

- 1.-**Tormentas**
- 2.-**Tormentas eléctricas**
- 3.-**Granizadas y nevadas**
- 4.-**Tornados**
- 5.-**Ciclones**
- 6.-**Sequías y glaciaciones**
- 7.-**Avance de dunas**

INDIRECTOS

- 1.-**Inundaciones**
- 2.-**Aludes**
- 3.-**Deslizamientos**
- 4.-**Derrumbes**

Los **fenómenos atmosféricos** tienen su origen en la transferencia de calor entre las masas de aire a diferentes latitudes y altitudes; son los causantes de la alteración de las rocas superficiales, de la formación, transporte y depósito de los sedimentos que representan la erosión de las regiones expuestas.

Año tras año, nuestro país es sometido a la acción de estos fenómenos que originan las mayores calamidades. De 1950 a 1988 fueron registradas más de 100 inundaciones. Sólo en 1986 las inundaciones provocaron daños por más de 150 000 millones de pesos y afectaron a cerca de 57 000 personas. Otras consecuencias de esos fenómenos son los derrumbes de casas y edificios, así como los frecuentes aludes y deslizamientos de tierras que han destruido y sepultado habitaciones y habitantes de regiones de topografía abrupta.

Las tormentas o trombas de poca intensidad pueden ser sumamente dañinas si se efectúan sobre regiones muy pobladas de topografía muy abrupta que favorece la formación de **aludes, deslizamientos de tierras y derrumbes**. Tal fue el caso de la tormenta que en junio de 1987 se abatió sobre el Cerro del Chiquihuite, al Norte de la Ciudad de México, originando derrumbes de bloques de rocas y aludes que derrumbaron y afectaron muchas viviendas. Al año siguiente, un tromba en Acapulco originó aludes que llevaron automóviles, estacionados en las partes altas, hasta las playas.

Los **huracanes o ciclones** son los fenómenos más destructivos anualmente. Todavía son patentes los efectos del Ciclón Gilberto de septiembre de 1988 sobre la Península de Yucatán, que causó un oleaje tan fuerte que llevó a un barco cubano sobre la playa de Cozumel y causó una gran destrucción en Nicaragua. Los **tornados** son fenómenos que desarrollan una alta energía en un lugar muy restringido de la superficie de la tierra; causan una grande y frecuente destrucción. Los tornados de Kansas, en 1974 (con vientos de 159 millas/hora) y de Osnabrock, Dakota del Norte, en E.U.A. son ejemplos de esa alta destrucción.

Los vientos dominantes sobre regiones terrestres de ciertas latitudes originan la formación de **medios desérticos** en donde se forman dunas de arenas que migran lenta pero constantemente en una dirección preferencial. Estas dunas migrantes han sepultado y están sepultando asentamientos humanos en regiones desérticas de nuestro país y de otras partes del mundo. Recientemente se han descubierto restos arqueológicos sepultados en el Norte de África desde el Siglo XIV antes de Cristo y la Ciudad de Ubar en el Sur de Oman, por medio de imágenes espaciales.

2.-CORTICALES

El calor interno de la Tierra es el causante de fenómenos geológicos que afectan la corteza terrestre de manera directa o indirecta. Estos fenómenos son:

DIRECTOS

- 1 -Volcánicos
- 2 -Sísmicos
- 3.-Hundimientos
- 4.-Levantamientos

INDIRECTOS

- 1 -Aludes
- 2.-Deslizamientos
- 3.-Tsunamis
- 4.-Formación de acantilados
- 5 -Degradacion costera
- 6.-Colapso de suelos y agrietamiento

El calor interno de la Tierra es el origen de procesos que se agrupan dentro de la Teoría de la **Tectónica de Placas** que es de una gran simplicidad y que permite saber cómo, cuándo y dónde se generan los sismos, los volcanes y otros fenómenos asociados,

así como deducir los riesgos geológicos derivados. Esta Teoría se basa en que el fondo oceánico no es estático sino móvil, con procesos de generación y expansión permanente en lugares denominados dorsales oceánicas. La movilidad involucra toda la corteza oceánica que es desplazada por corrientes de convección que actúan bajo ella. Al desplazarse, la corteza oceánica desciende bajo la corteza continental de menor densidad, originando el proceso de subducción en los bordes continentales donde se encuentran las fosas oceánicas. Las zonas de las dorsales y las de subducción del mundo presentan una gran actividad sísmica y volcánica que ha permitido dividir la corteza terrestre en placas denominadas tectónicas que se desplazan originando choques entre ellas, uniéndose para formar placas más grandes o bien originando su rompimiento. Los procesos de choque de placas dan origen a las grandes cadenas montañosas de la Tierra que actualmente están en formación y levantamiento como Los Himalayas, Los Alpes, Los Sagros, asociadas a una gran actividad tectónica, o como la de Los Andes asociada además a una abundante actividad volcánica. **El volcanismo no es un fenómeno exclusivo de la Tierra, sino común en el Sistema Solar** ya que se ha detectado el Mercurio, Venus y Marte, así como en el satélite Io de Júpiter, indicando que en estos cuerpos existe y/o existió energía calorífica interna.

Los sismos matan y destruyen muy rápidamente. Históricamente, los terremotos han ocasionado la muerte de millones de personas, originándose varios de ellos, de gran magnitud, cada año. Los sismos más catastróficos mundialmente conocidos son los de Hsian, China, en 1556 (830 000 muertos); de Lisboa en 1775 (45 000 muertos); de San Francisco en 1906 (700 víctimas); de Yungai, Perú, en 1971 (50 000 muertos); de Alaska en 1964 (114 personas muertas); de Tientsin, China, en 1976 (650 000 muertos); el de La Ciudad de México, en 1985 (3050 muertos). La muerte de las 50 000 personas de Yungai no fue debida directamente al fenómeno sísmico sino a un **enorme alud de hielo y rocas** que se desprendió del volcán Huascarán que se encuentra en la cordillera de los Andes. Estos fenómenos son frecuentes en esta región de los Andes donde en 1962 y en 1941 murieron 4 000 y 5 000 personas respectivamente, a causa de aludes de nieve (**avalanchas**). A causa del sismo de 1964 en Alaska, se originaron un tsumani, hundimientos de terreno, desplazamiento de tierras y aludes. Un espectacular **hundimiento de terreno** se efectuó durante el sismo de Chile de 1960, cuando una zona de 30 por 500 Km. se hundió bajo las aguas hasta una profundidad de 2-3 metros en 10 segundos; este fenómeno fue acompañado por derrumbes, corrimientos de tierra y aludes de origen sísmico.

Los recientes sismos efectuados en el Estado de California, E.U.A durante 1994 y en Kobe, Japón, en 1995, han demostrado que las catástrofes también se presentan en los países desarrollados aun en donde se han tomado las mayores precauciones para evitarlas. Estas catástrofes permiten saber que es necesario seguir investigando e implantando normas de seguridad que permitan minimizar los riesgos al máximo. Además, el sismo de Hyderabad, India, en Octubre de 1993, nos demuestra que aun las **regiones consideradas como asísmicas** y, como consecuencia de muy bajo riesgo, se pueden convertir en regiones de alto riesgo donde pueden perecer 30 000 personas en unos cuantos minutos. Lo anterior debe de advertirnos de que no existe en nuestro país ningún lugar estrictamente asísmico pues, en septiembre de 1995, tembló en la región entre Zacatecas y Durango considerada como de bajo riesgo sísmico.

En nuestro país la sismicidad y el volcanismo adquieren gran importancia ya que la constitución geológica del territorio nacional lo hace vulnerable a estos fenómenos geológicos. Los sismos más destructivos de este siglo, registrados en los estados de México, Puebla, Veracruz, Jalisco, Colima, Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Morelos y en el Distrito Federal, han dejado cerca de 5 000 muertos, sin contar los 3 050 reportados oficialmente para el Sismo del 1985 en la Zona Conurbada de la Cuenca de México.

Las **erupciones volcánicas** han sido contempladas con admiración, con superstición y miedo, aunque de los fenómenos endógenos sean posiblemente los más benéficos, al dar origen a los suelos de cultivo más fértiles. El volcanismo más frecuente se efectúa en los fondos oceánicos; sin embargo, el conocido normalmente es el continental que ha afectado a los asentamientos humanos desde hace muchos miles de años y de los antecesores del hombre desde hace aproximadamente 3.5 millones de años en Tanzania. Ha habido erupciones que han hecho desaparecer civilizaciones. Tal es el caso de la erupción de la isla griega de Santorini, aproximadamente en el año 1500 antes de Cristo, que hizo desaparecer la Civilización Minoica, relacionada directamente con la Leyenda de la Atlántida. Otras erupciones, famosas por la cantidad de víctimas y por la destrucción que han efectuado son las de los volcanes: Vesubio en el año 79 de nuestra Era, que sepultó las ciudades italianas de Pompeya y Herculano y causó la muerte bajo sus cenizas de 2 000 personas; Etna en 1669, en la isla de Sicilia, que originó la muerte de 100 000 personas (en sus múltiples erupciones desde el año 500 antes de Cristo ha causado entre 1 y 2 millones de víctimas); Krakatoa en 1883, situado entre las islas de Sumatra y Java, cuya explosión fue escuchada hasta en el Noroeste de Australia; Mont Pelée en 1902, en la Martinica, que causó la destrucción de la Ciudad de San Pierre y 30 000 muertos y las erupciones recientes del Monte Santa Helena en 1980 en el estado de Washington, E.U.A. y del Nevado del Ruiz en 1985, que originó un alud de lodo y detritos rocosos que sepultó a la Ciudad de Armero en Colombia, matando a 23 000 residentes.

La **Catástrofe de Armero** debe citarse con mayor amplitud, ya que ejemplifica lo que puede suceder en regiones circundantes a la Sierra Nevada (Popocatepetl e Iztaccihuatl) si no se toman medidas para controlar los asentamientos humanos en la Cuenca de México. El día 13 de Noviembre de 1985, 23 000 personas de las 25 000 de la Ciudad de Armero perecieron en unos cuantos minutos. Las 2 000 personas restantes se salvaron porque evacuaron sus casas a tiempo, o vivían en las partes altas de ciudad o fueron rescatadas. La catástrofe fue originada por la actividad volcánica del Nevado del Ruiz, un volcán de 5 389 m de altura considerado como extinguido ya que había tenido alta actividad en 1595 y a principios del Siglo XIX. La actividad que originó la catástrofe se inició desde 1984 con sismos de baja intensidad que se incrementaron en frecuencia y en intensidad durante 1985, hasta que el volcanismo se hizo presente el 11 de Septiembre con una explosión y fumarolas que produjeron azufre. El 13 de Noviembre se efectuó una explosión a las 15 horas y se inició a las 21 horas una fuerte erupción de piedra pómez y cenizas volcánicas que poco a poco licuaron las nieves y hielos del volcán, formando un **flujo de agua, con cenizas y detritos rocosos** que descendió 4 000 m en 60 Km. de distancia hacia el Valle del Río Magdalena, encañonándose antes de la Ciudad de Armero a la que cubrió en oleadas de 30 m de espesor, depositando un volumen de lodo frío, primero, caliente, después, de 47 000 metros cúbicos por segundo (aproximadamente 1/5 del flujo del Río

Amazonas). La ciudad quedó sepultada por 1-1.5 m de espesor de lodo que se extendió en 33 Km. cuadrados y que contenía bloques de roca de hasta 10 metros cúbicos. Este ejemplo nos indica que deben de reglamentarse los asentamientos humanos en las regiones circundantes a la Sierra Nevada, ya que se trata de zonas de alto riesgo volcánico, para evitar catástrofes semejantes o peores aun si el vulcanismo alcanza proporciones mayores a las del Nevado del Ruiz.

El vulcanismo no ha causado en México tantas muertes como la sismicidad; sin embargo, nuestro país es característicamente volcánico y cuenta con algunos de los volcanes activos de alto riesgo a nivel mundial, así como regiones volcánicas de alto riesgo. El vulcanismo ha originado en este siglo más de 2 000 víctimas, incluyendo los 1770 muertos reportados oficialmente durante la erupción del Volcán El Chichón en 1982. Afortunadamente, las manifestaciones eruptivas del Volcán Popocatepetl, desde finales de 1994 hasta principios de 1996, no han sido de gran magnitud, ya que sólo se limitaron a escasas efusiones de materiales piroclásticos que fueron dispersadas por los vientos predominantemente hacia los estados de Puebla y Tlaxcala; sin embargo, son una advertencia de que este volcán es activo y que debe ser objeto de una permanente vigilancia que permita evitar catástrofes.

La sismicidad y el vulcanismo son las manifestaciones más rápidas de la liberación de la energía interna de la Tierra, manifestada por medio de vibraciones o de calor. Sin embargo, existen otras manifestaciones mucho más lentas que a veces pasan desapercibidas por la gente pero que a largo plazo modifican la topografía de regiones muy grandes. Así, se detectan **hundimientos o levantamientos** de zonas de la corteza, manifestados por el descubrimiento de ciudades sumergidas bajo el mar o por la presencia de acantilados o terrazas marinas por arriba del nivel del mar. Cerca de Pozzuoli, en la Bahía de Nápoles, se descubrió en 1830 que la plataforma del Templo de Júpiter había estado bajo el nivel del mar, ya que las columnas están perforadas por organismos marinos hasta una altura de 7 m. Como actualmente se encuentra sobre el nivel del mar, se deduce que esta región ha estado sujeta a hundimientos y levantamientos lentos debidos a la actividad del volcán Vesubio. Otra región mediterránea que ha sufrido hundimiento es la de Cesárea Marítima, en la costa de Israel, donde se ha descubierto la ciudad romana bajo el mar, correspondiente al puerto de Julius, del tiempo del Emperador Claudius (año 10 antes de Cristo a 54 después de Cristo).

Los **hundimientos paulatinos** originados por efectos de calentamiento de la corteza terrestre, así como los originados por otros procesos geológicos, pueden modificar los sistemas hidrológicos superficiales, transformando áreas secas en áreas húmedas y de **pantanos** que pueden o no favorecer a los asentamientos humanos. Por el contrario, los levantamientos de zonas costeras originan que el oleaje marino erosione progresivamente las rocas que se levantan y se formen **acantilados** que avanzan hacia el continente donde se encuentran asentamientos humanos.

Consecuencia de la sismicidad y del vulcanismo son los fenómenos catastróficos que han ocasionado miles de muertos a causa de **aludes y deslizamientos** de tierras. También los **tsunamis o maremotos** son producto de esos fenómenos y han destruido regiones costeras y causado la muerte de miles de personas. En la Mitología Griega se reportan

grandes inundaciones y en la Biblia el Diluvio que probablemente corresponden a maremotos que afectaron la región del Mar Mediterráneo. Uno de origen volcánico es el que debió producir la erupción del volcán de la Isla de Santorini, hace 34 siglos, que se considera produjo olas más altas que las del Tsunami originado por la erupción del Volcán Krakatoa, en 1883, que alcanzaron 310 m. Otro, de origen sísmico, fue el que destruyó al puerto de Alejandria en el año 365 de nuestra Era. Uno de los más recientes fue el originado por el sismo de Alaska en 1964, cuyas olas, en el lugar de origen de más de 8 metros, recorrieron todo el Océano Pacífico.

Otro fenómeno cortical importante, en regiones donde las rocas de la corteza son calcáreas, es el relacionado con la formación de **cavernas** por efectos de la disolución del carbonato de calcio por las aguas meteóricas. Esta disolución subterránea origina cavidades que pueden ser de kilómetros de longitud y de decenas a cientos de metros de altura que, cuando la cubierta se adelgaza demasiado, pierden por colapso los techos y se originan depresiones superficiales de grandes dimensiones. La construcción de casas, edificios y obras civiles sobre superficies aparentemente sólidas pero con cavernas incrementa el proceso de colapso que destruye las construcciones.

RESUMEN:

FENÓMENO	ORIGEN:		CATÁSTROFES:		
	EXÓGENO	ENDÓGENO ATM. CORT.	LENTAS	RÁPIDAS	REPENTINAS
METEORITOS	X				X
COMETAS	X				X
TORRENTAS		X		X	
HURACANES		X		X	
TORNADOS		X		X	
GRANIZADAS		X		X	
SISMOS			X		X
VOLCANES		X	X		
HUNDIMIENTOS		X	X	X	
LEVANTAMIENTOS		X	X	X	
ALUDES		X	X	X	
DESLIZAMIENTOS		X	X	X	
TSUNAMIS		X	X	X	
SEQUIAS		X	X		
AVANCE DE DUNAS		X	X		

Con la excepción de los fenómenos de origen extraterrestre, los demás fenómenos no se distribuyen en la tierra al azar. Como consecuencia, es posible establecer **mapas** de distribución de las Zonas Sísmicas, de las Zonas Volcánicas, de las Zonas de Huracanes, de las Zonas de Aludes, Zonas de Cavernas, etc. y determinar las **Regiones de Mayor o Menor Riesgo**. Estos mapas deben de ser accesibles para el público con el objetivo de que los asentamientos humanos se efectúen tomando como base la información acerca del riesgo existente. Debemos tomar en consideración que el riesgo depende de la frecuencia de repetición del fenómeno, de la cercanía a su lugar de origen, de la cantidad de gente en la región y de la vulnerabilidad de la población y de las construcciones a los efectos del fenómeno en cuestión.

C.-AGENTES ANTROPOGENOS

Las etapas del desarrollo de la Humanidad se han determinado con base en la utilización de los recursos naturales como **satisfactores de las necesidades primarias y secundarias del Hombre**. Así, se relacionan las etapas Paleolítica y Neolítica, de nómadas recolectores y de sedentarios agricultores, con la utilización del Fuego y que dan paso a las etapas del uso del Cobre, del Bronce, del Hierro, etc. que llevan en su evolución a la etapas modernas de la utilización de la energía nuclear.

La explotación de los **recursos naturales, minerales y orgánicos**, como satisfactores de las necesidades crecientes de la Humanidad, ha originado un desequilibrio en la Naturaleza que se manifiesta de diferentes maneras dentro del sistema ecológico.

Las necesidades de **energía calorífica** y la utilización de la madera con objetivos diferentes a su uso como energético, ha originado una creciente e irracional utilización de los recursos forestales que ha incrementado las regiones desforestadas y las zonas desérticas, al modificarse las condiciones de evapotranspiración de las regiones originalmente cubiertas por árboles. Un ejemplo notable de esta situación es la desforestación gradual de las sierras circundantes a la Cuenca de México desde tiempos precolombinos cuando, inicialmente, con el objetivo de efectuar los asentamientos humanos dentro del lago se utilizó el sistema de pilotear, usando troncos de árboles que se clavaban en los sedimentos marginales y que permitían asentar las viviendas en medios lodosos. Por otra parte, la necesidad de contar con terrenos para asentamientos humanos o con tierras de cultivo y de agostadero ha motivado la desforestación de grandes extensiones de terreno en todos los continentes, alterando las condiciones naturales y favoreciendo los procesos de intemperismo y erosión de las zonas desforestadas, sobre todo de aquellas de topografía más abrupta.

La explotación de los **recursos minerales metálicos y no metálicos** utilizados como satisfactores de la necesidad de vivienda y de materia prima para los procesos industriales ha originado la alteración de las condiciones superficiales y del subsuelo en la corteza terrestre. En efecto, la explotación superficial y subterránea de los yacimientos origina la formación de enormes cavidades que modifican las condiciones naturales de la corteza. Las cavidades superficiales cambian el paisaje y modifican las condiciones naturales de escurrimiento e infiltración de las aguas meteóricas. Las cavidades subterráneas debilitan la corteza y frecuentemente llevan al colapso de sus techos que se manifiesta como zonas de hundimiento superficial que convierte las regiones otrora firmes en regiones inestables que impiden la cimentación adecuada de viviendas. Ejemplos cotidianos de esa inestabilidad los tenemos en Pachuca, en Taxco y otras regiones mineras del país, así como en las zonas minadas de la Cuenca de México. Además, en el caso de las zonas mineras, las regiones de depósito de los residuos de los procesos de beneficio de los metales se han convertido en zonas de contaminación de aguas superficiales que, al escurrir o infiltrarse, concentran sustancias tóxicas que las convierten en aguas no potables.

Las necesidades crecientes de energía han motivado la explotación de los recursos de **carbón, de petróleo, gas** y de minerales de **uranio** de manera creciente desde el siglo XIX. Su explotación ha motivado alteraciones de la corteza como las citadas en el párrafo anterior. Sin embargo, posiblemente ha afectado más a las condiciones ecológicas relacionadas con la atmósfera que con las de la corteza. En efecto, la combustión del carbón y del petróleo origina productos que contaminan la atmósfera y que, al reaccionar con sus componentes, producen sustancias que favorecen la formación de lluvia ácida que tiene efectos muy dañinos sobre los organismos y los materiales inorgánicos de suelos, de rocas y otros materiales de construcción. Además, son fuente de la generación del ozono superficial al reaccionar con la luz del sol. La utilización de la energía nuclear para la generación de energía eléctrica se ha incrementado en los últimos años, como fuente energética alterna más limpia que el carbón y el petróleo. Sin embargo, si la contaminación atmosférica no es visible, las plantas nucleoelectricas producen sustancias de desecho que son altamente radioactivas que son muy dañinas a los seres vivos y que, por lo tanto, deben ser colocadas en recintos que impidan que la radioactividad afecte al Hombre. Los sitios de estos recintos deben ser establecidos en lugares de la corteza terrestre donde las condiciones geológicas sean las adecuadas.

Las necesidades crecientes de **agua** para producir corriente eléctrica o agua potable para satisfacer las necesidades de riego agrícola o de la industria han hecho necesario crear obras civiles (presas, canales, acueductos, etc.) que modifican drásticamente las condiciones ecológicas y geológicas regionales. Estas modificaciones son fuente de sismos, de hundimientos de terrenos que, aunados a las posibles rupturas de las cortinas y de otras obras civiles, hacen que se incremente el riesgo para los asentamientos humanos.

Las **obras civiles** construidas para satisfacer las necesidades de transporte son también causa de alteración de los sistemas ecológicos que propicia la generación de zonas de derrumbes, aludes y deslizamientos de suelos, al modificarse las condiciones de flujo e infiltración de las aguas superficiales.

La **basura industrial** y la producida por las comunidades urbanas representa un serio riesgo de contaminación atmosférica y de contaminación del agua superficial y del subsuelo de los asentamientos humanos. Las zonas de disposición de la basura deben ser perfectamente bien seleccionadas desde el punto de vista de las condiciones geológicas superficiales y del subsuelo, con el objetivo de eliminar cualquier riesgo de contaminación de las aguas citadas y de la atmósfera que puedan ser focos de enfermedades de la población.

CONCLUSIÓN:

Si queremos dejar a nuestras próximas generaciones un mundo adecuado para su subsistencia, es necesario que conozcamos, desde ahora, la realidad tal cual es referente a los lugares de asentamientos humanos en nuestro país, procurando que el punto de vista oficial no minimice las consecuencias de falta de previsión de problemas que el mismo Gobierno tiene y debe de resolver para salvaguardar la salud y la paz sociales. En muchos casos se llega al extremo de considerar que se vive una situación de estabilidad política y de paz social, cuando las fuentes de la violencia se han originado dentro de las mismas políticas gubernamentales al confundirlas con los objetivos de los planes de desarrollo nacional. Es más, como indica Samuel Saynes Puente, al referirse en 1987 a la responsabilidad de los funcionarios, el mejor problema es el ignorado y la mejor solución es dar largas hasta triunfar por agotamiento y negligencia, a sabiendas que los mejores funcionarios son los que adoban bien su porvenir y no incomodan al Sistema porque no afrontan los conflictos y no defienden con hombría el cumplimiento de las leyes y reglamentos.

BIBLIOGRAFÍA:**LIBROS:**

- BOOTH, B. & FITCH, F., 1986.-LA INESTABLE TIERRA. Salvat Editores, S.A.
- SAGAN, C., 1980.-COSMOS. Random House, Inc.
- CARTWRIGHT, M. & DOWLEY, T., 1980.-SPACESHIP EARTH. Diagram Visual Information, Ltd.
- RUDOFKY, B., 1964.-ARCHITECTURE WITHOUT ARCHITECTS. Doubleday & Company, Inc.
- MELHAM, T., 1978.-EARTHQUAKES (In POWERS OF NATURE). National Geographic Society: 6-47.
- BALLARD, R.D., 1983.-EXPLORING OUR LIVING PLANET. National Geographic Society.
- COATES, D.R., 1981.-ENVIRONMENTAL GEOLOGY. John Wiley and Sons, Inc.
- OAKESHOTT, G. B., 1976.-VOLCANOES & EARTHQUAKES. GEOLOGICAL VIOLENCE. McGraw-Hill Book Co.
- SULLIVAN, W., 1974.-CONTINENTS IN MOTION. THE NEW EARTH DEBATE. McGraw-Hill Book Co.
- GALLANOPOULOS, A.G. & BACON, E., 1969.-ATLANTIS. The Bobbs-Merrill Co.
- SCHILLER, R., 1972.-LA EXPLOSION QUE TRANSFORMO UN MUNDO. (In MARAVILLAS Y MISTERIOS DEL MUNDO QUE NOS RODEA). Selecciones del Reader's Digests: 64-68.
- BOLT, H., & MACDONALD, S., 1977.-GEOLOGICAL HAZARDS. Springer-Verlag.
- THE DAILY NEWS & THE JOURNAL-AMERICAN, 1980.-VOLCANO. THE ERUPTION OF MOUNT ST. HELENS. Longview Publishing Co.
- DE FRANCISCIS, A., 1974.-THE BURIED CITIES, POMPEII & HERCULANUM. Crescent Books.
- SIMKIN, T. & FISKE, R.S., 1983.-KRAKATAU 1983. THE ERUPTION AND ITS EFFECTS. Smithsonian Institution Press.
- ALATORRE, S., GIAMBRUNO, S., LOPEZ ANDRADE, J., MENDOZA DELGADO, M., PAIZ, I. y RAMOS PLUMA, A., 1990.-GRANDES DESASTRES. HISTORIAS VERIDICAS PROTAGONIZADAS POR LA NATURALEZA. Selecciones del Reader's Digest.
- KELLER, E.A., 1992.-ENVIRONMENTAL GEOLOGY. Macmillan Publishing Company.
- MONTGOMERY, A.W., 1992.-ENVIRONMENTAL GEOLOGY. Wm. C. Brown Publishers.
- ANDREWS, M., 1992.-EL NACIMIENTO DE EUROPA. RTVE y Editorial Planeta, S.A.
- ERICKSON, J., 1992.-OBJETIVO LA TIERRA. COLISIONES CON ASTEROIDES: PASADO Y FUTURO. Serie McGraw-Hill de Divulgacion Cientifica.
- ALATORRE, S., GIAMBRUNO, S., LOPEZ ANDRADE, J., MENDOZA DELGADO, M., PAIZ, I. RAMOS PLUMA, A., RUDOFKY, M. y VAZQUEZ, I., 1992.-MARAVILLAS Y MISTERIOS DEL MUNDO QUE NOS RODEA. Selecciones del Reader's Digest.
- MARTIN, L.G., CASTRO, I., LUCIA, L. y ELMSON, D., 1993.-LA FORMACION DE LA TIERRA. VOL.I. Debate Ediciones del Prado.
- MARTIN, L.G., CASTRO, I., LUCIA, L. y ELMSON, D., 1993.-LA FORMACION DE LA TIERRA. VOL.II. Debate Ediciones del Prado.
- ROBINSON, A., 1993.-EARTH SHOK. CLIMATE, COMPLEXITY AND THE FORCES OF NATURE. Thames and Hudson Ltd. London.
- PIPKIN, B.W., 1994.-GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT. West Publishing Company
- VAN ROSE, S.- 1992.- VOLCANES. Biblioteca Visual ALTEA.
- CEFARIELO, C., 1992.- VESUVIUS, HISTORY AND IMAGES. S.G.M.-CERCOLA.

SANTINI, L., 1994. - POMPEII, VESUVIUS, HERCULANEUM. Plurigraf.
ROJAS RABIELA, T., PEREZ ZEVALLOS, J.M. y GARCIA ACOSTA, V., 1987. - "Y VOLVIO A
TEMBLAR", CRONOLOGIA DE LOS SISMOS EN MEXICO (DE 1 PEDERNAL, A
1821). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Antropología Social. Cuadernos
de la Casa Chica. No. 135.

REVISTAS:

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY:

MARZO 1981
FEBRERO 1982
JUNIO 1982
NOVIEMBRE 1982
SEPTIEMBRE 1983
MAYO 1984
AGOSTO 1985
FEBRERO 1986
MAYO 1986
FEBRERO 1987
ABRIL 1987
JUNIO 1987
JULIO 1988
OCTUBRE 1988
ABRIL 1995
SEPTIEMBRE 1995
NOVIEMBRE 1995
DICIEMBRE 1995
ENERO 1996
FEBRERO 1996

SIEMPRE, JUNIO 1987

PARIS-MATCH, NOVIEMBRE 1985

SELECCIONES, FEBRERO 1996

LIFE, ENERO 1988
FEBRERO 1989

TIME, OCTUBRE 1989
ENERO 1996

INFORMACION (CONACYT), JULIO 1985

LA RECHERCHE, MAYO 1989
DICIEMBRE 1994
ENERO 1995
ABRIL 1995
JUNIO 1995
SEPTIEMBRE 1995
NOVIEMBRE 1995

GACETA I.M.P., OCTUBRE 1985

MUY INTERESANTE, FEBRERO 1987

SCIENTIFIC AMERICAN:
NOVIEMBRE 1976
ABRIL 1977
MARZO 1981
MAYO 1995
NOVIEMBRE 1995

EARTH:
AGOSTO 1995
DICIEMBRE 1995

DISCOVER:
ENERO 1995

PERIÓDICOS:
LA PRENSA
EXCELSIOR
UNO MAS UNO
REFORMA

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 1985.-BOOK OF THE YEAR.

ATLAS OF NORTHAMERICA

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA PARA EL CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL

BIBLIOGRAFIA PARA EL CAPITULO IV

Tema: Grandes escurrimientos de agua en los ríos.

1. BAKER, V.R., 1976. Hydrogeomorphic methods for the regional evaluation of flood hazards. **Environmental Geology** 1: 261-181.
2. BEYER, J.L., 1974. Global response to natural hazards: floods. In **Natural hazards**, ed. G.F. White, pp. 265-74. New York: Oxford University Press.
3. BRADLEY, W.C. and MEARS, A.I., 1980. Calculations of flows needed to transport coarse fraction of Boulder Creek alluvium at Boulder, Colorado. **Geol. Soc. Amer. Bull. Part II**, v. 91: 1057-1090.
4. BUE, C.D., 1967. Flood information for flood plain planning. U.S. Geological Survey Circular 539.
5. DAVIES, W.E.; BAILEY, J.F.; and KELLY, D.B., 1972. West Virginia's Buffalo Creek flood: a study of the hydrology and engineering geology. U. S. Geological Survey Circular 667.
6. DOLAN, R., HOWARD, A., and GALLENSON, A., 1974. Man's impact on the Colorado River and the Grand Canyon. **American Scientist**, V. 62: 392-401.
7. LEOPOLD, L.B., 1968. Hydrology for urban land planning. U.S. Geological Survey Circular 559.
8. -----, and MADDOCK, T., Jr., 1953. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. U. S. Geological Survey Professional Paper 252.
9. LINSLEY, R.K., Jr.; KOHLER, M.A.; and PAULHUS, J.L., 1958. Hydrology for engineers. New York: MacGraw Hill.
10. McCAIN, J.F., HOXIT, L.R., MADDOX, R.A., CHAPPELL, C.F. and CARACENA, F., 1979. Storm and flood of July 31-August 1, 1976, in the Big Thompson River and Cache la Poudre River Basin, Larimer and Weld Counties. Colorado. U. S. Geological Survey Professional Paper 1115B.
11. SEABURN, G.E., 1969. Effects of urban development on direct runoff to East Meadow Brook, Nassau County, Long Island, New York. U.S.G.S. Professional Paper 627B.

12. SHAEFFER, J.R.; ELLIS, D.W.; and SPIEKER, A.M., 1970. Flood-hazard mapping in metropolitan Chicago. U.S.G.S. Circular 601C.
13. SLOSSON, J.E., HAVENS, G.W., SHURMAN, G., AND SLOSSON, T.L., 1991. Harrison Canyon Debris Flows of 1980. Environ. Geol. Water Sci., Vol. 18, No. 1, 27-38. Springer-Verlag, New York.
14. STRAHLER, A.N., and STRAHLER, A.H., 1973. Environmental geoscience. Santa Barbara, California: Hamilton Publishing.
15. TERSTRIEP, M.L.; VOORHEES, M.L.; and BENDER, G.M., 1976. Conventional urbanization and its effect on storm runoff. Illinois State Water Survey Publication.
16. WAY, D.S., 1973. Terrain analysis. Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden Hutchinson & Ross.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA PARA EL CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL

BIBLIOGRAFIA PARA EL CAPITULO IV

TEMA: PROCESOS TERRESTRES PELIGROSOS (ACTIVIDAD VOLCÁNICA).

II.4) ACTIVIDAD VOLCÁNICA.

1. ARAÑA, S. A. Y LOPEZ, R. J. (1974). VULCANISMO, DINÁMICA Y PETROLOGÍA DE SUS PRODUCTOS. ED. ISTMO, MADRID ESPAÑA. 481P.
2. CRANDELL, D.R. AND WALDRON, H.H. (1969). VOLCANIC HAZARDS IN THE CASCADE RANGE. IN GEOLOGIC HAZARDS AND PUBLIC PROBLEMS, CONFERENCE PROCEEDINGS, EDS. R. OLSEN AND M. WALLACE, PP.5-18 OFFICE OF EMERGENCY PREPAREDNESS REGION 7.
3. FRANCIS, P. (1976). VOLCANOES. ENGLAND. PELICAN BOOKS.
4. HAMMOND, P.E. (1980). MT. ST. HELEN BLAST 400 METERS OFF ITS PEAK. GEOTIMES 25: 14-15.
5. MASON, A.C., AND FOSTER, H.L. (1953). DIVERSION OF LAVA FLOWS AT OSHIMA, JAPAN. AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE 251: 249-58.
6. MILLER, C.D.; MULLINEAUX, D.R. AND CRAUDEL, D.R. (1981). -HAZARDS ASSESSMENTS AT MOUNT ST. HELENS. IN "THE 1980 ERUPTIONS OF MOUNT ST. HELENS, WASHINGTON". EDS. PETER W. LIPMAN AND DONALD R. MULLINEAUX, 789-813.
7. RICHTER, D.H.; EATON, J.P.; MURATA, K.J.; AULT, W.U.; AND KRIVOVY, H.L. (1970). CHRONOLOGICAL NARRATIVE OF THE 1959-60 ERUPTION OF KILAUEA VOLCANO, HAWAII, U.S.. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 537E.
8. ROSSI, P.L. (1984). CONTRIBUTI AL RILEVAMENTO GEOLOGICO IN AREE VULCANICHE. PITAGORA EDITRICE, BOLOGNA, ITALIA.
9. UNAM (1983). EL VOLCÁN CHICHONAL. PONENCIAS PRESENTADAS EN EL SIMPOSIO SOBRE EL VOLCÁN CHICHONAL, DURANTE LA VI, CONVENCIÓN GEOL. NAL. DE LA S.G.M.. INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM, MÉXICO, D.F..

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA PARA EL CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL

CAPITULO IV (COMPLEMENTO).

TEMA : PROCESOS TERRESTRES PELIGROSOS (ACTIVIDAD VOLCÁNICA).

10. SHOREY, E. F. & ROTH, L. H. (1983). MOUNT ST. HELENS ASH :
SUITABILITY FOR USE AS ENGINEERED FILL. BULLETIN OF THE
ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGISTS, VOL. XX, No. 2 ;
PP. 151-160.
11. SCHUSTER, R. L. (1983). ENGINEERING ASPECTS OF THE 1980 MOUNT ST.
HELENS ERUPTIONS. BULLETIN OF THE ASSOC. OF ENGINEERING
GEOLOGISTS, VOL. XX, No. 2; PP. 125-143.
12. SWEET, H. R. & EDWARDS, J. E. (1983). MOUNT ST. HELEN ERUPTIVE
IMPACT TO THE TOUTLE COMMUNITY GROUND-WATER SUPPLY. BULL.
OF THE A.E.G., VOL. XX, No. 2; PP. 145-150.
13. GLASS, C. E. & SCHOWENGERDT, R. E. (1983). HAZARD & RISK MAPPING
OF MINED LANDS USING SATELLITE IMAGERY & COLLATERAL DATA.
BULL. OF THE A. E. G., VOL. XX, No.2; PP. 205-218.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

CAPITULO V
CARTOGRAFIA
GEOLOGICO-AMBIENTAL

Juan Sánchez Pérez

GEOAMB96

Marzo 19 de 1996

TIPOS DE CARTAS GEOLÓGICO - AMBIENTALES

Los estudios geológicos que se realicen con enfoques ambientales, deben quedar contenidos en varias cartas que sisteticen la información obtenida para su fácil consulta y aplicación.

Entre las principales cartas de este tipo, se pueden mencionar las siguientes :

- 1) De Pendientes**
- 2) De Riesgos Geológicos (en general).**
 - Deslizamientos y hundimientos
 - Inundaciones
 - Volcánico
 - Sísmico
 - Zoneamiento general
 - Zoneamiento específico
- 3) De Recursos Materiales**
- 4) Condiciones del terreno para realizar excavaciones**
- 5) Zoneamiento para la construcción**
- 6) Vocación del terreno para localizar sitios para el depósito de desechos municipales sólidos (o líquidos).**

Unidades Litológicas

TABLA A

Unidad

Geoformas

Grado de Percolación

Profundidad

Unified Soil Classification

UNIDAD	GEOFORMAS	UNIDADES LITOLÓGICAS	GRADO DE PERCOLACIÓN		PROFUNDIDAD A LA ZONA CALIENTE Zona caliente	TIPO DE SUELO USPED SOE CLASE (USC) USC	CAPACIDAD DEL TIERRA PARA LOCALIZAR			
			SCSD ¹	MCHD ²			POZAS SÉPTICAS	LASIRAS <i>Estabilizadora</i>	DEPÓSITOS SANEADOS PARA BASURA	COBERTURA RECOMENDADA
I										
II										
III										
IV										
V										
VI										
VII										

NOTA - Valores de percolación, ejemplos: 1) Soil Conservation Service Data, USA; 2) Maricopa County Health Department (cm/hr), etc.

**INFORMACION QUE DEBE CONTENER UNA CARTA GEOLÓGICO-AMBIENTAL
PARA LA DISPOSICIÓN DE DESECHOS MUNICIPALES**
Modificado de Christenson y Páwé, 1979

TABLA 4

UNIDAD	GEOFORMAS	UNIDADES LITOLÓGICAS	GRADO DE PERCOLACION		PROFUNDIDAD A LA ZONA CALICHORA	TIPO DE SUELO UNITED SOIL CLASS (USC)	CAPACIDAD DEL TERRENO PARA LOCALIZAR			
			SCSD ¹	MCHD ²			FOSAS SEPTICAS	LAGUNAS ESTABILIZADORAS	DEPOSITOS SANITARIOS PARA BASURA	COBERTURA RECOMENDADA
II										
III										
IV										
V										
VI										
VII										

NOTA Valores de percolación, ejemplos Soil Conservation Service Data, USA 2) Marcopa County Health Department (cm /hr), etc.

INFORMACION QUE SE DEBE CONTENER UNA CARTA GEOLOGICO-AMBIENTAL
 PARA DISPOSICION DE DESECHOS MUNICIPALES
 Modificado de Christenson y Péwé, 1979

ESTUDIOS GEOLOGICO AMBIENTALES

Cartografía regional básica que es necesario realizar.

- A) Para realizar el estudio de una región se recomienda partir de los levantamientos geológicos regionales elaborados en mapas a escala 1:50,000, o en escala 1:100,000 de no existir los anteriores. En la mayoría de los casos es conveniente abarcar regionalmente la cuenca o cuencas hidrológicas en las que se encuentren las ciudades o zonas de interés.

Los trabajos que se consulten, deben ser debidamente referenciados, para preservar los derechos de autor; ya que ésto resulta de importancia para el soporte técnico de los estudios y para reducir, en lo posible, el costo de los proyectos geológico ambientales que se planea realizar en el país, los estados o municipios.

En muchas ocasiones diversas dependencias o entidades realizan los mismos estudios en una determinada región y es común que los conserven en archivos a los que no se tiene fácil acceso.

Debido al sustancial ahorro de tiempo y dinero que se puede lograr al efectuar una consulta de bancos de información o archivos gubernamentales, se recomienda agotar todas las posibilidades de conseguir oficialmente, todo tipo de material cartográfico y bibliográfico pre-existente.

Es importante contar con una campaña inicial de recopilación y otra de elaboración de mapas regionales confiables, que aporten beneficios claros y transparentes a los objetivos técnicos de las entidades interesadas en preservar el medio ambiente, mediante estudios geológicos, y de ahí partir para los estudios semiregionales o locales enfocados a la construcción de plantas de tratamiento de aguas negras, para el depósito de desechos sólidos peligrosos y/o no peligrosos, etc..

La creación de políticas federales, estatales y municipales apropiadas redundará en la optimización de los recursos, para que de la información geológica se logre una adecuada aplicación práctica y técnica, que sirva, a su vez, para reducir la inversión del capital de riesgo, al evitar los gastos que se generan al repetir estudios y exploraciones.

- B) En la cartografía regional se deben resaltar los riesgos geológicos existentes, tales como: 1) temblores, que puedan ser inducidos en fallas locales o por actividad tectónica

regional; 2) presencia de volcanes activos o inactivos; 3) zonas de deslizamientos de taludes; 4) zonas con riesgos de hundimientos, ya sea por la presencia de minas subterráneas o por la extracción inmoderada de agua, y 5) presencia de áreas sujetas a inundaciones.

Respecto al riesgo sísmico, es necesario señalar que se requieren cartas regionales, que incluyan los rasgos estructurales mayores (fallas y fracturas), para afinar las teorías tectónicas, que están estrechamente relacionadas con los sismos. Actualmente en México son los centros de investigación los que más estudios realizan al respecto, pero están enfocados principalmente a las zonas de subducción de la mitad sureste de la costa del Pacífico y a la distensión del Golfo de California. En otras regiones no se cuentan con instrumentación y estudios sismotectónicos confiables. Por esto conviene analizar la posible instalación de redes de monitoreo sismológico y programas de cooperación con los gobiernos de los estados vecinos, para estudiar una mayor superficie del país que permita mejorar el conocimiento de la respuesta del terreno a la actividad sísmica y con ello actualizar los reglamentos de construcción en varias entidades.

En los estudios de riesgo volcánico es conveniente aprovechar la infraestructura de algunas instituciones dedicadas a las ciencias de la tierra que realizan investigaciones en varias regiones del país y tienen equipos, con los cuales se podrían realizar programas de instrumentación (como redes de monitoreo microgeodésico, etc.), que permitirá realizar estudios más completos en las zonas de interés; ésto además de contar con el apoyo del monitoreo sismológico.

Para los deslizamientos de laderas, que en general se consideran puntuales o ligeramente áreales, conviene señalar que dentro de las medidas de prevención se requiere el conocimiento confiable de la geología regional, que se recomienda analizar en cartas a escala 1:50,000, así como la identificación fotogeológica de zonas donde se produjeron antiguos deslizamientos, con dicha información se podrá proceder al análisis local, de este tipo de riesgo, y en base a ello, recomendar medidas de protección en vías de comunicación o poblaciones.

C) Utilización de Sensores Remotos

La utilización de sensores remotos permite avanzar más rápidamente; por ejemplo, al realizar interpretaciones de rasgos geológicos con falso color, ya que con ello se obtienen resultados más rápidos en los estudios de gabinete y ayudan en la obtención de mayor precisión, ahorro de tiempo y amortización rápida en los trabajos regionales, si se compara

con los procedimientos convencionales de fotogrametría, topografía, cartografía de suelos, etc..

Los sensores remotos resultan muy útiles si se aplican en estudios de geotecnia, ingeniería hidráulica, selección de sitios para carreteras, obras hidráulicas y, en general, para estudios de infraestructura de desarrollo de varias regiones del país; por lo tanto, se propone la utilización de este tipo de técnicas para la obtención de mejores resultados.

D) Recursos de agua y contaminación de acuíferos

Regionalmente se deben analizar las posibles fuentes de agua subterránea y de los escurrimientos superficiales para abastecimientos y se deben tomar todas las medidas tendientes a su conservación y protección.

En la cartografía geológico ambiental se deben considerar todos los aspectos que pueden producir el deterioro y la contaminación de los cuerpos de agua, así como la disposición de los efluentes, que necesariamente requieren estudios técnicos de conducción o tratamiento.

En relación a este aspecto es de gran importancia establecer políticas de explotación regional mediante el control y monitoreo, y contar con la infraestructura hidráulica adecuada a fin de optimizar el uso y desecho de aguas negras e industriales.

En relación a esto no se han tomado las medidas adecuadas y los resultados alcanzados a la fecha, distan mucho de ser de calidad a nivel nacional, teniéndose problemas por contaminación citadina, industrial, agrícola y minera.

Es necesario realizar a nivel regional y local estudios específicos que tomen en cuenta la explotación de los acuíferos, la disposición de efluentes y su tratamiento.

Creación de Bancos de Información, Bibliotecas especializadas y Publicaciones periódicas.

Es necesario crear (o actualizar) los bancos computarizados de datos sobre estudios geológico ambientales existentes a nivel nacional e internacional así como de temas selectos de ciencias de la tierra, en diversas instituciones públicas e incrementar los centros de información.

La difusión de sus servicios debe ser ágil y precisa, para

reducir el tiempo de espera para la obtención de información. Los centros de información con que actualmente se cuenta no tienen capacidad para dar apoyo a nivel nacional y menos sobre información específica.

Este tipo de acciones permitirá obtener todos los datos geológicos previos a los estudios que se desea realizar y permite que éstos tengan el alcance suficiente para cubrir todos los aspectos que se requieran y ayudará a no cancelar los programas de estudio por la carencia de presupuestos suficientes para ello.

Se recomienda realizar intercambios de información con instituciones y países que estén a la vanguardia en la materia y obtener propuestas de apoyo en la organización y manejo de información, para mejorar la infraestructura básica en los estudios geológico ambientales.

Es necesario recomendar a nivel nacional, que se creen nuevas políticas para la publicación de trabajos inéditos, en particular los generados por para-estatales, para que los profesionistas interesados publiquen con mayor entusiasmo y frecuencia los resultados de sus trabajos exploratorios.

De lograrse lo anterior se tendrán grandes beneficios a nivel nacional.

Mantener informada a la comunidad de los programas de protección geológico ambiental, así como de los avances y castigos aplicados a los que no respetan los lineamientos establecidos al respecto (o los que se establezcan para tal fin), resulta muy útil, para crear una conciencia cívica adecuada; de manera que es recomendable crear una publicación mensual que permita a los habitantes del país, conocer los avances de los trabajos geológico ambientales en particular y de protección al medio ambiente en general.

JSP-eri*

LEYENDA QUE DEBE CONTENER LA CARTA PARA LA DISPOSICION DE DESECHOS MUNICIPALES (Sólidos y Líquidos)

I. INTRODUCCION

II. PLANTEMIENTOS GENERALES

Capacidad del terreno para construir :

1. FOSAS SEPTICAS

2. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

- Grises
- Negras

3. DEPOSITOS SANITARIOS PARA BASURA

III. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

IV. EXPLICACION

La explicación deberá indicar las áreas más favorables (I) y las menos favorables (VII), conteniendo tantas subdivisiones como sea necesario.

A continuación se indican algunas de las divisiones usadas con más frecuencia.

UNIDAD	COLORES	GEOFORMA	LITOLOGIA
I	Verde claro	Abanico aluvial activo	Qal - finos a muy finos
II	Azul	" o inactivo	Qal - de grano medio
III	Amarillo	" o inactivo	Qal - gruesos o muy gr
IV	Amarillo oscuro		
V	Carne		
VI	Rosa		
VII	Café		

**BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA
PARA EL CAPÍTULO V - CARTOGRAFÍA GEOLÓGICO-AMBIENTAL**

- Cristenson, Gary E. y Péwé, Troy L. (1979). ENVIRONMENTAL GEOLOGY OF THE MC DOWELL MOUNTAINS AREA, MARICOPA COUNTY, ARIZONA (WASTE DISPOSAL MAP). Geologic Investigation Series. Folio of the Mc Dowell Mountain Area, Arizona. MAP GI-1-I. State of Arizona - Bureau of Geology and Mineral Technology.
- Cristenson, Gary E. y Péwé, Troy L. (1979). ENVIRONMENTAL GEOLOGY OF THE MC DOWELL MOUNTAINS AREA, MARICOPA COUNTY, ARIZONA (CONSTRUCTION CONDITIONS MAP). Geologic Investigation Series. Folio of the Mc Dowell Mountain Area, Arizona. MAP GI-1-J. State of Arizona - Bureau of Geology and Mineral Technology.
- Langer, M. (1995). **Special purpose mapping. ENGINEERING GEOLOGY AND WASTE DISPOSAL.** Scientific Report and Recommendations of the IAEG; Commision No. 14. Bulletin if the Int. Association of Engineering Geology, Paris No. 51. Avril 1995.
- Lugo-Hubp, J. (1988). ELEMENTOS DE GEOMORFOLOGÍA APLICADA (MÉTODOS CARTOGRÁFICOS). Instituto de Geografía - UNAM, México, D. F.. 128 p..
- Martín del Pozzo, A. L.; Sheridan, M; Barrera, D.; Lugo, J. y Vázquez-Selem, L. (1995). MAPA DE PELIGROS, VOLCÁN DE COLIMA. Escala 1:70,000. Instituto de Geofísica, UNAM, México.
- Proske v. Vlcko (1994). **ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING** (for waste disposal purposes). IAEG, Communication No. 1.
- Van der Wall, R. *et al.* (1992). **SITE SELECTION FOR DOMESTIC WASTE DISPOSAL SITES IN THE HILL SURROUNDINGS OF THE BATUJAJAR AND BANDING PLAINS.** Proj. Rep. No. 24. Dir. Environm. Geology, Bandung.
- Varios autores - - - - - (1979). Serie de cartas Geológico Ambientales de las Montañas Mc Dowell, Condado de Maricopa, Arizona.
- Welsch Dennis G. y Péwé, Troy L. (1979). ENVIRONMENTAL GEOLOGY OF THE MC DOWELL MOUNTAINS AREA, MARICOPA COUNTY, ARIZONA (GEOLOGIC HAZARDS MAP). Geologic Investigation Series. Folio of the Mc Dowell Mountain Area, Arizona. MAP GI-1-G. State of Arizona - Bureau of Geology and Mineral Technology. A Division of the U. of Arizona, Tucson, Arizona.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

CAPITULO VI
GEOLOGIA AMBIENTAL
E INGENIERIA CIVIL

Juan Manuel Nieto Callejas
J. Sánchez Pérez

GEOAMB96

Marzo 19-20,1996

CONTENIDO PARA LA PRESENTACIÓN DEL TEMA
GEOLOGÍA AMBIENTAL E INGENIERÍA CIVIL

1.- Metodología para la evaluación del impacto ambiental

Tipos de impacto
Evaluación de impacto ambiental
Técnicas para identificación de impactos
Procedimiento para la manifestación de impacto ambiental

2.- Estudio de impacto ambiental

Detección de la presencia de arsénico en la subcuenca de Villa Juárez
Edo. de Durango.

3.- Impacto producido por la construcción de canales

Derivación del Río Balsas
Conducción de aguas residuales
- Domésticas, con incidencia industrial
- Industriales

4.- Impactos por el almacenamiento de presas.

5.- Impacto por la disposición de residuos sólidos

- Normatividad
- Obras para la disposición segura de residuos peligrosos.
- Disposición de residuos radiactivos de mediano y bajo nivel

6.- Estudio para la selección de un sitio de disposición de residuos peligrosos

7.- Estudios de detección de hidrocarburos en el subsuelo

8.- Estudios para selección de sitios de una termoeléctrica

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

FACTORES

CONSECUENCIAS

ECOLÓGICO

Cambios en las características estructurales del ambiente, como factor equilibrador de la estabilidad ecológica

Reducción en la capacidad productora y protectora del ecosistema

IMPACTO AMBIENTAL

Alteración estructural y funcional del medio ambiente, debido a la actividad del hombre o la naturaleza

SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

Reducción de la calidad de vida y desarrollo económico y cultural

TIPOS DE IMPACTOS

	TIPOS	DESCRIPCIÓN
TIPOS DE IMPACTOS	PRIMARIO	Relación directa de un proyecto específico
	SECUNDARIO	Relación indirecta de un proyecto específico
	TEMPORAL	Que puede ocurrir a corto o largo plazo
	REVERSIBLE O IRREVERSIBLE	Desestabilidad de ecosistemas
	PERSISTENTE	Perdurables aun después de la aplicación de un estímulo
	ACUMULATIVO	Conglomeración de efectos

TÉCNICAS PARA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

OBJETIVO:

Predicción del estado futuro de los parámetros analizados.

INTERNACIONAL

1.- Juicio de los expertos

2.- Uso de listas

3.- Uso de matrices

4.- Uso de redes

5.- Uso de diagramas

6.- Superposición de mapas

7.- Modelos matemáticos

NACIONAL

1.- Juicio de los expertos

2.- Uso de listas

3.- Uso de Matrices

4.- Uso de redes

5.- Técnicas Ad - hoc

6.- Superposición de mapas

7.- Análisis costo beneficio

8.- Medición directa

9.- Análisis de índices e indicadores

GRUPO MULTIDICIPLINARIO QUE DEBE PARTICIPAR

1.- Biólogos

Especialista en flora y fauna

2.- Agrónomos

3.- Meteorólogos

4.- Geólogos

5.- Geohidrólogos

6.- Economistas

PROCESO DE ESTUDIO

1.- ANTECEDENTES

-Recopilación y análisis de información

2.- TRABAJO DE CAMPO

- Muestreos, encuestas, etc.

3.- ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN

- Evaluación del impacto

4.- DEFINICIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL IMPACTO

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Estimación de todos los efectos, ambientales y sociales, importantes que resultarían de cualquier proyecto.

Evaluación de las consecuencias ambientales probables derivadas de programas, proyectos y políticas.

Su aplicación inicia en 1970 en USA y en 1988 en México

METODOLOGÍA

- 1.- DEFINICIÓN DE OBJETIVOS
- 2.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES
- 3.- MEDICIÓN DE CONDICIONES DE BASE Y PREDICCIÓN
 - EVALUACIÓN POSTIMPACTO
 - ESTIMACIÓN DE LAS POSIBLES PREDICCIONES
- 4.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS
- 5.- CONSIDERACIÓN DE ACCIONES ALTERNAS
- 6.- TOMA DE DECISIÓN EN BASE AL MONITOREO POSTIMPACTO

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO PARA LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA)

1.- DATOS GENERALES

2.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

- Descripción general
- Selección del sitio
- Preparación y construcción del sitio
- Operación y mantenimiento

3.- ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

- Rasgos físicos

Clima, suelo, agua, geología y geomorfología

- Rasgos biológicos

Flora, fauna, ecosistemas y paisajes

- Medio socioeconómico

Población, servicios, tipo de economía y cambios socioeconómicos

4.- VINCULACIÓN CON NORMAS Y REGLAMENTOS

5.- IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

6.- MEDIDAS PAR MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS IMPACTOS

7.- RECOMENDACIONES

COSTO MARGINAL DE OPORTUNIDAD (CMO)

Costo de la mejor alternativa de uso del recurso, basado en la identificación y medición de los costos socioeconómicos del hombre, que implica la degradación o destrucción de recursos naturales.

Depende de:

- Tamaño del recurso en función de su uso
- Especulación sobre la demanda del recurso a futuro, con relación a la actual
- Sustitutos del recurso y costo a futuro
- Tasa de interés.

COSTO USUARIO (CU)

Costo del uso del recurso a largo plazo, tomando en cuenta el impacto sobre el agotamiento del recurso a lo largo del tiempo

COSTO DIRECTO (CD)

Costo de los insumos (servicios, maquinaria, combustibles, mano de obra, etc.) normalmente se toma como el costo aparente del uso del recurso

COSTO EXTERNO (CE)

Costo del cambio de dotación y productividad del recurso, como resultado de la actividad proyectada (erosión, deterioro del clima, cambio en la diversidad, estabilidad, y productividad de la biota etc.)

EJEMPLO

Un recurso no renovable " X " tiene un costo actual de \$ 1.00, es decir su $CD + CE = \$ 1.00$

Si suponemos que el recurso " X " se agotara en 20 años y será sustituido por el recurso " Y " , el cual tiene un costo actual de \$ 1.90 y tendrá un costo de \$ 3.00, a una tasa promedio anual de 4 % en los 20 años, el Costo Marginal de Oportunidad se calcula de la siguiente manera.

$$CMO = 3 / (1 + 0.04)^{20} = \$ 1.37$$

Por lo que \$ 1.37 es el costo total del recurso " Y " en la actualidad, por lo que el Costo Usuario (CU) = \$ 0.37, este costo puede variar por la incertidumbre del costo del recurso en el mercado.

LA GEOLOGÍA EN LA SELECCIÓN DE SITIOS PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

La disposición de residuos, reviste una importancia muy grande en la actualidad, debido a los volúmenes generados y su impacto significativo al entorno ecológico, principalmente a la afectación potencial de los recursos hídricos subterráneos, los cuales por su naturaleza, no se aprecia su deterioro inmediato, razón por la cual es necesario protegerlos de una posible migración de contaminantes.

La presente plática aplica para todos los residuos sólidos generados, tanto municipales como peligrosos, esto conforme a lo tipificado por SEDESOL.

RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

MARCO LEGAL QUE APLICA

CNA	1994	Ley de Aguas Nacionales
SEDESOL	1993	Ley General del Equilibrio Ecológico y La protección al Ambiente
SEDESOL	1993	Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, que establece las condiciones que debe reunir el sitio destinado a relleno sanitario, para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

OBJETIVO

Recomendar, desde el punto de vista geológico, la alternativa para la disposición de residuos sólidos, provenientes de las actividades de la sociedad. Con el fin que la obra de disposición no impacte de forma negativa a los recursos acuíferos del área seleccionada.

REQUISITOS

Es necesario que previo al inicio del estudio se cuente con la suficiente información del tipo y cantidad de residuo a depositar, restricciones generales que deben de aplicar para el manejo y disposición del residuo, área requerida y anteproyecto de obra.

EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los sitios alternativos para disposición de residuos se evalúan conforme la aplicación de los criterios de selección, eliminando los que no reúnan las requisitos marcados por el anteproyecto de NOM. En caso que no exista alternativa que reúna todas las criterios, se realiza el informe correspondiente, en caso contrario, prosigue el estudio geohidrológico en el (los) sitio (sitios) seleccionados y se jerarquiza cada uno para sus estudios.

RESIDUOS SOLIDOS PELIGROSOS

MARCO LEGAL QUE APLICA

NOM-CRP-001-ECOL/1993	Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-CRP-002/ECOL/1993	Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción, para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-CRP-003/ECOL/1993	Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial CRP-001-ECOL/1993.
NOM-CRP-004-ECOL/1993	Requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos NOM-CRP-001-ECOL/1993

Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

OBJETIVO

Recomendar, desde el punto de vista geológico, la alternativa viable para la disposición segura de residuos sólidos peligrosos. Con la finalidad que la obra de disposición no impacte de forma negativa a los recursos acuíferos del área seleccionada.

REQUISITOS

Es necesario que previo al inicio del estudio, se cuente con la suficiente información del tipo y cantidad de residuo a depositar, restricciones generales que deben aplicar para el manejo y disposición del residuo, área requerida para la disposición y anteproyecto de obra para la disposición.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE ESTUDIO

Con base en la información recopilada, se seleccionan los sitios potenciales para la disposición del residuo, las cuales se jerarquizan en función de los requerimientos del estudio.

APLICACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de selección del sitio de disposición, son los que recomienda la SEDESOL en la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-004, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos, los cuales son:

Geohidrológicos

1. Ubicarse preferentemente en zonas que no tengan conexión con acuíferos.
2. De no cumplirse la condición anterior, el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 m.
3. En caso de no cumplirse las condiciones anteriores, el acuífero subyacente debe ser un acuífero confinado y las características del material entre este y la superficie, deben ser tales que cualquier elemento contaminante quede retenido en él, antes de llegar al acuífero. El tiempo de flujo de la superficie al manto freático debe ser mayor de 300 años.

Hidrológicos

1. Ubicarse fuera de llanuras de inundación, con un período de retorno de 10 000 años, delimitado con un ajuste tipo Gumbell (Springall, 1980).
2. Estar alejado en desnivel 20 m, a partir del fondo del cauce de corrientes con un escurrimiento medio anual mayor de 100 m³.
3. Estar alejado 500 m a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial, ya sea permanente o intermitente, sin importar su magnitud.
4. De no cumplirse la condición anterior, debe ubicarse dentro de la cuenca hidrológica, aguas abajo de asentamientos humanos mayores de 10 000 habitantes y de zonas con densidad industrial mayor de 50 industrias.

Ecológicos

1. Ubicarse fuera de zonas que comprenden el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de las zonas del patrimonio cultural.
2. Ubicarse en áreas en donde no represente peligro para las especies protegidas o en peligro de extinción, o en aquellas en las que el impacto ambiental sea mínimo para los recursos naturales.

Climatológicos

1. Ubicarse en zonas en donde se evite que los vientos dominantes transporten las posibles emanaciones a los centros de población y sus asentamientos humanos.
2. La porción de la lluvia promedio diaria susceptible de infiltrarse, calculada a partir del coeficiente de escurrimiento diario, debe ser menor que la capacidad de campo del terreno.
3. Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2 000 mm.
4. La evaporación promedio mensual, debe ser menos del doble de la lluvia promedio mensual.

Demográficos

1. La distancia del límite del centro de población, debe ser como mínimo de 25 km, para poblaciones mayores de 10,000 habitantes con proyección al año 2010.
2. La distancia del límite del centro de población, debe ser como mínimo de 15 km, para poblaciones entre 5 000 y 10 000 habitantes, con proyección al año 2010.

Sísmicos

1. Ubicarse preferentemente en zona asísmica.
2. De no cumplirse la condición anterior, el riesgo sísmico debe de ser mínimo, por lo que no debe haberse registrado más de cuatro sismos de magnitud mayor de 7 grados en la escala de Richter en los últimos 100 años.

Topográficos

1. El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo el tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad. El sitio debe localizarse a no menos de 500 m de vías de comunicación federal o estatal.

EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los sitios alternativos para disposición de residuos peligrosos se evalúan conforme a la aplicación de los criterios de selección, eliminando los que no reúnan los requisitos marcados en la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-04-ECOL/1993. En caso que no exista alternativa que reúna todos los criterios, se realiza el informe correspondiente, en caso contrario se prosigue el estudio geohidrológico en el (los) sitio (s) seleccionados y se jerarquiza cada uno para su estudio.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE ESTUDIO.

Con base en la información recopilada, se seleccionan alternativas para la disposición del residuo, las cuales se jerarquizan en función de los requerimientos del estudio.

Aplicación de criterios de selección.

Los criterios de selección del sitio de disposición, son los que recomienda la SEDESOL en su anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, referente a las condiciones que debe reunir el sitio destinado a relleno sanitario, para la disposición final de residuos sólidos municipales, los cuales son:

- 1.- Nivel estático localizado a una profundidad superior a 10 m.
- 2.- Debe estar a más de 1 Km de distancia de las áreas de recarga de los acuíferos de la zona de estudio.
- 3.- Debe estar localizado a una distancia superior a 1 Km de fuentes de abastecimiento de agua.
- 4.- En caso que existan fallas o fracturas geológicas importantes, éstas deben de localizarse a una distancia superior a 100 m.
- 5.- La pendiente del terreno debe ser inferior al 3%.
- 6.- El sitio debe estar localizado a una distancia superior de 500 m de la mancha urbana.
- 7.- En caso que existan oleoductos o líneas de transmisión de energía eléctrica, éstas deben de estar a una distancia superior de 150 m.
- 8.- El coeficiente de permeabilidad del suelo debe ser de 10^{-5} cm/s.
- 9.- La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo debe ser mayor o igual a 30 meq/100 mg.
- 10.- La capacidad del sitio debe asegurar un vida útil de cuando menos 7 años.
- 11.- La distancia a los bancos de préstamo debe ser menor a 10 Km.
- 12.- Estar localizado a más de 1 Km, aguas arriba, de áreas inundables o cuerpos de aguas superficiales.
- 13.- Localizado a más de 70 m de vías de comunicación.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA PARA EL CAPITULO VI :

GEOLOGIA AMBIENTAL E INGENIERIA

AEG (1965). **Geology and Urban Development**. Special Publication, Assoc. of Engineering Geologists, Building Codes and Related Matters Committee - Los Angeles Section. October, 1965.

AMSCRESPAC (1990). **Los residuos sólidos y peligrosos, presente y futuro de un problema Nacional**. Memoria del Primer Simposio Nacional. Asoc. Mex. para el control de los residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.. México, D.F..

ASCE (1973). **Environmental Impact, Specialty Conference**. Proceedings of the ASCE Urban Transportation Division. Published by the American Society of Civil Engineers, New York, NY.

ASCE (1980). **1980 National Conference on Environmental Engineering**. Published by the American Society of Civil Engineers, New York, NY.

ASTM (1986). **Hazardous and Industrial Solid Waste Testing and Disposal**. Lorenzen, Conway, Jackson, Hamza, Perket y Lacy Editors. Am. Soc. of Tech. Mats., Vol. 6. Philadelphia, Pa.. 471 p.

COATES, D. R. (1971). **Legal and Environmental Case Studies in Applied Geomorphology**. Environmental Geomorphology, State University of New York, Binghamton, N.Y., p. 223-242.

_____ (1972). **Environmental Geomorphology and Landscape Conservation: prior to 1900**, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 485 p.

_____ (1976). **Geomorphology and Engineering**. Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. 360 p.

COOKE, R. U. and DOORNKAMP, J. C. (1977). **Geomorphology in Environmental Management, an introduction**. Clarendon Press.. Oxford, Great Britain. 413 p.

DE LA TORRE-BORBON, E. (1980). **Estudio geológico integral de las cuencas de Tula y Zumpango, orientado al almacenamiento de aguas negras y pluviales**. Tesis, FI - UNAM, México, D. F..

KOSTENKO, N. P. (1975). **Geomorfología Estructural Aplicada**. Inst. de Geografía - UNAM, México. 113 p.

continua

- KRYNINE, D. P. and JUDD, W. R. (1957). Principles of Engineering Geology and Geotechnics. Mc-Graw-Hill Book Co., New York. 729 p.**
- LUGO-HUBP, J. I. (1978). La Geomorfología y sus Aplicaciones a la Ingeniería Civil. FI - UNAM, Centro de Educación Continua. 19 p.**
- _____ (1988). Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos). Instituto de Geografía - UNAM, México D. F.. 128 p..**
- NOBLE, G. P. E. (1976). Sanitary Landfill Design Handbook - The Science and Art of Site Selection. Investigations and Design. Technomic Publishing Co., Inc.. Westport, CT.**
- PARIZEK, R. R. (1971). Impact of Highways on the hydrogeologic environment, in D. R. Coates Ed., Environmental Geomorphology. State University of New York. Binghamton, N. Y., p. 151-199.**
- STRAHLER, A. N. and STRAHLER, A. H. (1973). Environmental Geoscience: Interaction between Natural Systems and Man. Hamilton Pub. Co., Santa Barbara, CA. 511p.**

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

CAPITULO VII
EL USO DEL SUELO
Y LA TOMA DE DECISIONES

CAPITULO VII - EL USO DEL SUELO Y LA TOMA DE DECISIONES

EVALUACION DEL RELIEVE

La evaluación del relieve, incluyendo la planeación del uso del suelo, la selección de sitios (para obras de ingeniería civil), la evaluación de factores "intangibles" y el análisis del impacto ambiental, son de los aspectos más controvertidos de nuestro tiempo. Antes de que estos aspectos se puedan resolver satisfactoriamente, es necesario desarrollar una buena metodología que permita asegurar que los recursos (como el suelo y el agua), sean utilizados y conservados en forma apropiada, conforme a la naciente ética del uso del suelo.

El papel de los geólogos en la evaluación del relieve es, el de proporcionar información geológica completa, así como su análisis apropiado, antes de proceder a la planeación, diseño y construcción de proyectos, tales como: 1) vasos de almacenamiento para agua; 2) carreteras y túneles; 3) tuberías de conducción; 4) grandes edificios; 5) desarrollos habitacionales y parques, etc.. A este respecto, es la obligación de los estudiosos de las Ciencias de la Tierra el enfatizar que no toda la tierra es igual y que existen características físicas y químicas del relieve que pueden resultar más importantes para la sociedad que su localización geográfica.

En un futuro no lejano la necesidad del uso apropiado del suelo aumentará y tendrá que incluir conceptos de uso secuencial o de uso múltiple, más que para usos exclusivos. Esto se debe a que se tiene un límite respecto a la disponibilidad del suelo para fines específicos y en consecuencia, debemos luchar por planear su uso, de tal manera que quede terreno disponible, para que las futuras generaciones lo puedan aprovechar y disfrutar en la forma que ellos lo necesiten.

Los elementos básicos para la planeación del uso del suelo están siendo desarrollados tomando en cuenta:

- a) objetivos,
- b) planteamientos y metas futuras,
- c) el análisis y resumen de la información apropiada,
- d) planos con la clasificación de uso del suelo, y
- e) un reporte claro, que describa apropiadamente todo lo estudiado.

El tipo de suelo y los trabajos de Ingeniería Geológica son significativos para determinar las posibles limitaciones que se tendrán en el desarrollo del uso del suelo.

La información que se obtenga será más útil si se presenta en una serie de planos que sintetizen los riesgos geológicos existentes, las limitaciones del uso del suelo y de los aspectos ingenieriles que se tendrán para algunos usos específicos.

La selección de sitios y su evaluación, se obtiene mediante el proceso de estudiar el ambiente físico, que servirá para determinar la capacidad de soportar las actividades humanas y en consecuencia los posibles efectos de éstas sobre el ambiente. La filosofía que se debe considerar en la evaluación de un sitio se basa en el "determinismo fisiográfico" o "diseñar con la naturaleza" y ha emergido como un marco filosófico necesario para balancear parcialmente los aspectos económicos tradicionales de la evaluación de sitios. Desde un punto de vista geológico, esta filosofía requiere esencialmente de la evaluación de la magnitud e importancia de las limitaciones geológicas, que puede tener un sitio en particular, para un uso específico del suelo.

La evaluación de un sitio para fines geológicos, tales como la construcción de: a) presas, b) autopistas, c) aeropuertos, d) túneles, y e) grandes edificios; entre otros, requiere en cada caso de una evaluación geológica detallada, antes de planear y diseñar el proyecto. El papel del geólogo consiste en trabajar coordinadamente con los ingenieros civiles, e indicarles las posibles ventajas o desventajas de las características geológicas del terreno y la forma en que estas pueden beneficiar o afectar al proyecto.

La evaluación de los recursos escénicos (visuales) y de otros aspectos ambientales (intangibles), se han convertido en factores muy importantes para la evaluación del relieve.

Lo importante está en balancear de manera apropiada los factores intangibles con los aspectos económicos, que son más fácilmente analizables, ya que con ello se logrará una evaluación ambiental apropiada.

Como objetivo, que debemos tener en mente al realizar este tipo de estudios, está el de ser capaces de cuantificar y graduar las alternativas, tal como se hace en la evaluación de los elementos más tangibles del relieve (como la susceptibilidad de utilizar o no, terrenos que tengan relieve abrupto en lugar de aquellos de relieve plano).

Todos los métodos que intentan evaluar los factores ambientales intangibles, tales como el panorama, dependen del análisis de las características del terreno o de sus siguientes variables:

- 1) el relieve topográfico,
- 2) presencia de cuerpos superficiales o subterráneos de agua,
- 3) flora y fauna existente (cantidad y diversidad, etc.).

De manera que, todos los métodos son subjetivos; sin embargo, en este caso, la subjetividad, no necesariamente es un mal atributo, de hecho, es probable que hoy en día no exista una técnica completamente objetiva, para este fin, dado nuestro conocimiento actual de la percepción que, en forma individual, se tiene acerca del paisaje (panorama). Lo que es importante considerar es que la evaluación se efectúa por medio de juicios unipersonales en la mayoría de los casos y que, de alguna manera, es necesario establecer algunos aspectos que puedan ser analizados de forma común.

Actualmente, la evaluación del impacto ambiental se requiere por ley para todas las actividades federales que posiblemente puedan afectar la calidad del medio ambiente.

El resultado de la evaluación del relieve es un dictamen de impacto ambiental, que describe:

- 1) los propósitos y las necesidades del proyecto,
- 2) discute varias alternativas razonables,
- 3) describe el medio ambiente que será afectado, y
- 4) plantea las consecuencias ambientales que se producirán;

Además considera los efectos directos e indirectos, así como los requerimientos de energía y el potencial de conservación, el abatimiento de recursos, el impacto de los sistemas urbanos sociales y el posible conflicto con el Estado, o con los planes locales del uso del suelo.

No es factible un método único para determinar el impacto ambiental para un amplio campo de acciones posibles o de proyectos, que puedan afectar al ambiente y, además, un sólo método puede resultar inapropiado o poco práctico.

El objetivo del proceso del análisis, antes de diseñar y construir, es el reducir al máximo la posibilidad de causar una degradación ambiental externa.

En el pasado, en muchos proyectos se han tenido problemas de contaminación realmente serios, pérdida de recursos o la creación de riesgos por inestabilidad del terreno. Esto ha conducido al cierre desafortunado de industrias y ha forzado a que la gente se ajuste a ciertos riesgos y pérdidas económicas. Algunos ejemplos importantes a nivel internacional, del análisis de impacto ambiental, son el del **Oleoducto trans-Alaska** y el de la presa de Aswan, Egipto, ya que fué muy significativa la forma en que fueron evaluados algunos de los posibles impactos y sus alternativas de solución; además, en ellos se enfatiza la importancia de los aspectos geológicos en el análisis de los proyectos. A nivel nacional, se tienen varios ejemplos, siendo los principales aquellos referentes a la construcción de grandes presas, como las de Chicoasén y Aguamilpa, por mencionar algunas de las más recientes.

CAPÍTULO : EL USO DEL SUELO Y LA TOMA DE DECISIONES

EJERCICIO No.

OBJETIVO: Proporcionar al estudiante información referente a las diferentes profesiones que deben participar en los estudios de planeación del uso del suelo.

DESARROLLO :

1. El estudiante deberá revisar la tabla anexa, con el fin de analizar las diferentes disciplinas profesionales que intervienen en diferentes tipos de estudio, tal como lo plantea Turner y Cofman (1973).
2. Emitir comentarios por escrito respecto a la información proporcionada y explicar si las interrelaciones planteadas obedecen a las necesidades actuales de nuestro país o del extranjero (en caso de conocer información de otros países al respecto).
3. Modificar la porción izquierda de la tabla mencionada, conforme a los puntos de vista del estudiante.
 - En el caso de considerarlo necesario, se podrá modificar la porción izquierda de la tabla, añadiendo alguna profesión que usted considere necesario incluir.
 - Si alguna de las profesiones mencionadas no existe en su país de origen, se recomienda sustituirla por la de los profesionistas cuya actividad este lo más estrechamente relacionado a las indicadas en este ejercicio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES :

A.

B.

C.

CAPITULO VIII

LEGISLACION AMBIENTAL

Leyes para la protección ambiental
Leyes aplicables a los estudios
geológico ambientales

Dra. Maria Fernanda Campa Uranga

VIII. LEYES PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

1. Los procesos productivos de uso y manejo de recursos naturales.

- A. Prevención y estudio en la localización de sitios fuente de contaminación, vida útil y abandono.
 - a) Exploración de recursos, extracción, distribución-transporte y almacenamiento, hacia su transformación manufacturera.
 - b) Procesos industriales con tecnologías contaminantes.
 - c) Producción, transporte, almacenamiento y ventas comerciales.
 - d) Desechos municipales y peligrosos.
- B. Remediación de sitios contaminados y control de los medios físicos de dispersión de contaminantes.
 - a) Exploración.
 - b) Extracción y producción.
 - c) Distribución, transporte y almacenamiento.
 - d) Desechos concomitantes.
- C. Transferencia tecnológica. Procesos obsoletos y limpios. (contaminación cero).
- D. Costos ambientales (directos e indirectos).

2. Evaluación del impacto ambiental predecible (MIA-EIA).

- A. Manifestación del Impacto Ambiental obligatorio en proyectos de obras y operación tecnológica.
- B. Monitoreo obligatorio e información de indicadores de contaminación. Equipos y mantenimiento.

3. Leyes, Reglamentos, Normas, Procedimientos, Acuerdos y Convenios.

- A. La ONU, de Estocolmo a Río. Nuestro futuro común.
- B. Ley General del Equilibrio Económico y Protección Ambiental (LGEEPA).
- C. TLC (NAFTA), Artículo 104.
- D. Acuerdo Paralelo en Materia Ambiental, Artículo 1114.
- E. Comisión Norteamericana de Cooperación Ambiental (CNCA).
- F. Normas para solucionar controversias.
- G. Procedimientos para la práctica internacional de la ingeniería (Foro y Consejo para la acreditación de los ingenieros en Norteamérica).

- 4. Administración y gestión ambiental obligatorias por ley.**
 - A. Autoridades diversas, contradicciones y omisiones.
 - B. Empresas, obligaciones para protección del ambiente y salud laboral.
 - C. Academia, investigaciones y su aplicación.
El caso Molina (Premio Nobel, 1995).
 - D. La ética profesional y los intereses de las comunidades urbanas y rurales, asociaciones e institutos de interés público.

- 5. Auditorias y Consultas Ambientales.**
 - A. Reclamos y denuncias legítimos.
 - B. Delitos ecológicos y procesos jurídicos, administrativos y penales.
 - C. Prevenir para evitar controversias o, en situaciones de facto, realizar actividades estipuladas en acuerdos legales, para mitigar y minimizar la contaminación hasta erradicarla.

- 6. Educación global, ante procesos contaminantes globales y complejos.**

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA PARA EL CAPITULO VIII

Tema : LEYES PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

Gore Al (1993). EARTH IN THE BALANCE, Ecology and the Human Spirit. Plume - Penguin Books, USA.

Legget Jeremy (1990). GLOBAL WARMING. The Greenpace Report. Oxford University Press, New York.

ONU (1980). UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Guidelines for assesing environmental impact and environmental criteria for the siting of industry. Paris, UNEP Industry and Environment Guidelines Series, V.1.

Alanis Gustavo, et al. (1995). COMISION NORTEAMERICANA DE COOPERACION AMBIENTAL. Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. (CEMDA), México, D.F..

Wiemman, E. K. et al. (1991). POLITICA AMBIENTAL EN MEXICO. Instituto Alemán de Desarrollo y Friedrich Ebert. México, D. F..

Leff, Enrique (1986). LOS PROBLEMAS DEL CONOCIMIENTO Y LA PERSPECTIVA AMBIENTAL DEL DESARROLLO. Siglo XXI, UNAM.

- - - - - (1986). ECOLOGIA Y CAPITAL. Hacia una perspectiva ambiental del desarrollo. UNAM, México.

Tudela Fernando (1990). DIEZ TESIS SOBRE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. El Colegio de México, México.

BID (1991). NUESTRA PROPIA AGENDA SOBRE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Fondo de Cultura Económica, México.

Weitzenfeld Henyk (1990). EVALUACION DEL IMPACTO EN EL AMBIENTE Y LA SALUD. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Metepec, Pue. México.

- L G E E P A** (1988). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE. Publicada en el Diario Oficial, 28 de Enero 1988, para entrar en vigor el 1º de Marzo de 1988.
- Cunningham, P. W. and Woodworth, B.S.** (1990). ENVIRONMENTAL SCIENCE, A Global Concern. WC Brown Publishers, USA.
- Meadows, D. H.** (1972). THE LIMITS TO GROWTH. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of the Mankind. Potomac Associates. A Signet Book, New American Library, USA.
- Sevilla M. L.; Bassols, B. I., et al.** (1980). MEMORIAS DEL SIMPOSIO SOBRE PROBLEMAS AMBIENTALES EN MEXICO. IPN-ENCB, COPEA, Dirección de Publicaciones IPN, México.
- Campa-Uranga, M. F.** (1995). DICTAMEN GEOLOGICO AMBIENTAL SOBRE EL CONFINAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS EN LA PEDRERA, GUADALCAZAR, S.L.P.. ERCITI-UAGro.-Greenpeace. México.
- (1994). LA MINERODIVERSIDAD Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE. Memorias de la XII Convención Geológica Nacional. Soc. Geol. Mex. y CIGM. Toluca, Edo. de México, Mex..
- (1993). LA ATMOSFERA Y EL VOLCANISMO EN LATIERRA. Memorias de la Primera Reunión Internacional sobre Vulcanología Ambiental. UMSnN, Morelia Michoacán, México.
- Campa-Uranga, M. F. et al.** (1992). ECOLOGIA Y AMBIENTALISMO. Memorias del Seminario. Ediciones SA-CEN-PR .
- O N U** (1992). CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Declaración de Río - 27 Principios. Convención General sobre Cambios Climáticos. Convenio sobre la Biodiversidad y la Agenda Programática 21.
- Brundtland, G. H.** (1987). NUESTRO FUTURO COMUN. Informe aprobado en la Asamblea General de la ONU. Fundación Friedrich Ebert. México.
- Macías, M. T. et al.** (1992). ENERGIA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. Memorias del Seminario ENEP-Acatlán, UNAM - Fundación Friedrich Ebert, México.

Cortéz, M. y Boccock, P. (1988). TRANSFERENCIA TECNOLOGICA NORTE-SUR.
Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento - Banco Mundial.
Ediciones Prisma, S.A., México.

SECOFI (1994). TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMERICA DEL NORTE
(NAFTA). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.

MacCaugham, E. J. (1995). GLOBAL CHANGE AND PARADIGM CRISIS. Ph. D.
Thesis, Univ. of. California at Santa Cruz, CA., USA.

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

Profesores del Curso

GEOAMB96

Marzo 22, 1996

CURSO DE GEOLOGIA AMBIENTAL 1996

**BIBLIOGRAFIA
S E L E C T A**

NOTA: Este material debera utilizarse únicamente con fines educativos



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS
GEOLOGIA AMBIENTAL
1996**

**TEMA: SELECCION DE SITIO PARA EL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE
LOS LODOS GENERADOS POR LA C.T. LERDO**

EXPOSITOR: ING. JUAN M. NIETO CALLEJA

SELECCION DEL SITIO PARA EL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE LOS LODOS GENERADOS POR LA C.T. LERDO

Ing. Juan M. Nieto Calleja*Francisco Morales M. **
 * CFE/Departamento de Geohidrología
 ** Disciplina de Protección Ambiental/CPT/CFE.

RESUMEN

La generación de energía eléctrica requiere de agua para la obtención de vapor y con ella mover las turbinas que generaran el fluido eléctrico, de igual forma juega un papel fundamental en el sistema de enfriamiento del proceso de generación. El uso racional del agua es de vital importancia, por tal motivo la Central Termoeléctrica Lerdo, cuenta con un sistema de reuso para el tratamiento de las purgas del sistema de enfriamiento, el cual tiene como objeto optimizar el consumo de agua durante varios ciclos de utilización. Producto de este reuso es el incremento de sólidos totales disueltos, los cuales son removidos en el sistema de tratamiento lateral.

La presencia de arsénico en el agua de los pozos de abastecimiento, en concentraciones aproximadas al 50 % de las permisibles para consumo humano, hace probable la ocurrencia de este. Aunado a esto, la calidad físico-química separada de los lodos provenientes del sistema de tratamiento lateral, permite inferir que estos se encuentran dentro del ámbito de los residuos peligrosos.

Dentro de este contexto, la selección del sitio para el confinamiento de estos residuos, se apogó a los estipulado en las normas técnicas ecológicas NTE-CRP-001/88 y NTE-CRP-008/88, que establecen los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos. Para la selección del sitio se conjuntaron las siguientes disciplinas: Geohidrología (Fisiografía, geomorfología y geología general), hidrología superficial y subterránea, geología superficial y del subsuelo del sitio, geofísica, hidrogeología y tectónica, y estudios de Impacto Ambiental y Socioeconómicos.

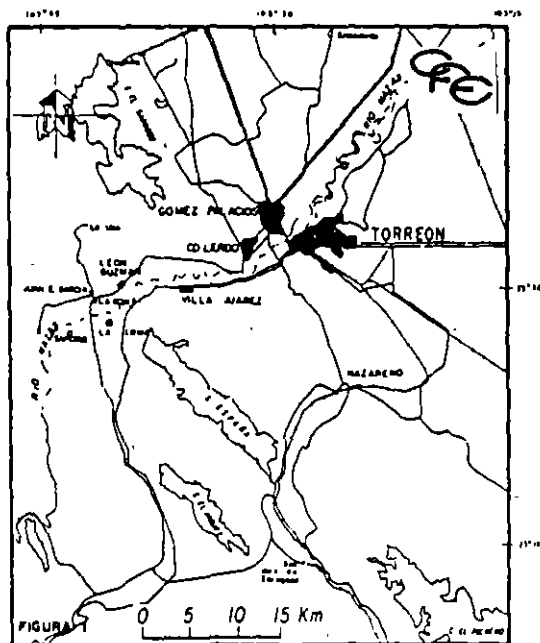
INTRODUCCION

La futura operación de la central termoeléctrica requerirá del abastecimiento de 280 l/s de agua para su operación. Con el objeto de abastir el consumo de agua se plantea la instalación de un sistema de reuso, denominado sistema de tratamiento lateral, el cual tiene como finalidad reducir el contenido de sales disueltas y concentradas en el agua de circulación del sistema de enfriamiento, permitiendo un número mayor de ciclos de operación. La remoción de sales disueltas genera un residuo sólido, el cual tendrá que ser dispuesto de manera segura.

La selección del sitio para el confinamiento de los residuos (lodos), se realizó de acuerdo a las normas técnicas ecológicas, que establecen los requisitos que deben cumplir los sitios destinados para el confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos, emitidas por SEDUE en 1988 y 1989.

LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

El área de estudio se localiza al extremo sur-este de las ciudades de Lerdo y Gomez Palacio, Dgo., está comunicada por 2 carreteras pavimentadas, una que comunica a Lerdo y Gomez Palacio con Leon Guzmán y otra que une a tales ciudades y además a Torreón con el poblado de Villa Juárez, existe además una vía férrea que comunica a Torreón con Durango (Figura 1).



MARCO GEOLOGICO

FISIOGRAFIA

El área en estudio se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Land forms of Mexico by Erwin Reisz, 1964); extremo occidental de la subprovincia de las sierras atravesadas, cuyas características son: presentar una tendencia E-W de Saltillo a Naes. (Figura 2).

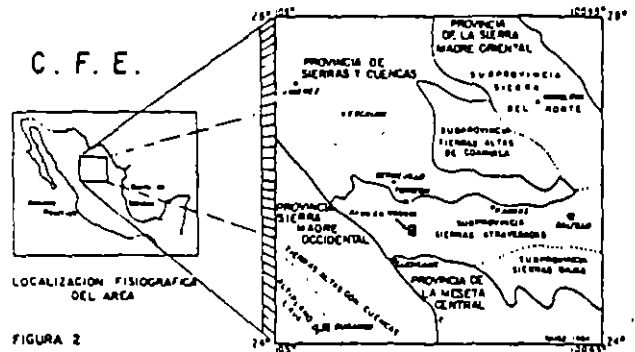


FIGURA 2

En general, el patrón de drenaje está bien integrado y es de tipo dendrítico con variaciones a subparalelo, rectangular y en anejado ("trails"). Los procesos exógenos de erosión y acumulación han actuado desde el Terciario Tardío hasta la actualidad y configuraron el aspecto actual de las sierras y valles del área. Las planicies que rodean las partes bajas de las sierras son drenadas por arroyos que al erosionar han formado numerosas meandros abandonados, formados por el río Aguanavel, el que a través del tiempo ha cambiado de curso. Todos estos corrientes erosionan las partes altas de las sierras y aportan sus sedimentos para formar los abanicos aluviales que se encuentran en todo el frente de las sierras, todo este conjunto de rasgos morfológicos mencionados, así como su drenaje de rejilla integrado a la cuenca del río Aguanavel, indican que esta área está en una etapa geomorfológica de madurez incipiente.

GEOLOGIA GENERAL

La columna estratigráfica del área está compuesta por formaciones de edades que varían del Jurásico Temprano al Plioceno. La Figura 3 ilustra su posición en la secuencia y espesores locales.

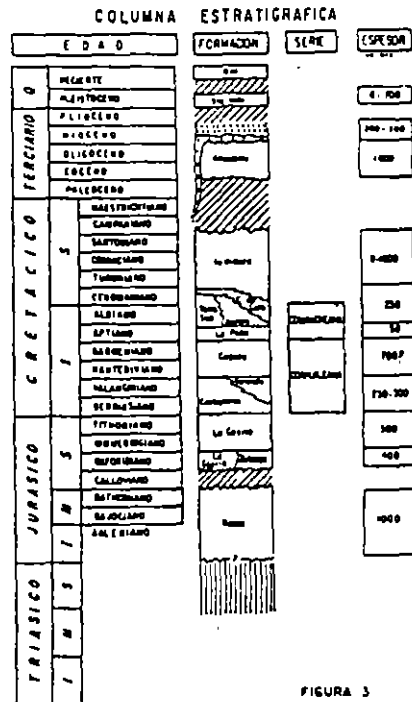


FIGURA 3

JURASICO

Formación Nazca.- Constituida por una alternancia de lutitas, areniscas y sedimentos evaporíticos.

Formación La Gloria (Jlg).- Constituida por areniscas y conglomerados cuersosos, ocasionalmente interestratificados con calizas con abundantes fauna.

Grupo Zuloaga (Jz).- Constituida por calizas y dolomitas con fragmentos biógenos, presenta yeso y sal.

Formación La Casita (Jlc).- Compuesta por tres miembros: el miembro inferior y el superior están constituidos por areniscas interestratificadas con lutitas, su miembro intermedio lo constituyen una secuencia de lutitas con intercalaciones de yeso.

CRETACICO

Serie Coahuilense (Kac).- La serie está constituida por las Formaciones Tarasas y Cuervo, comprende una alternancia de calizas masivas y delgadas con eventos arcillosos y ocasionalmente con intercalaciones de lutitas, su parte superior tiende a ser masiva.

Serie Comancheana.- La serie Comancheana la constituyen las formaciones: La Peña Aurora, Cuesta del Cura y Tamulipas Superior.

Formación la Peña (Kip).- Constituida por calizas arcillosas en capas delgadas a laminaras, alternando con lutitas calcareas, presentando nódulos y lentes de pedernal.

Formación Aurora (Ka).- Constituida por calizas de estratificación mediana a gruesa, ocasionalmente masiva con nódulos de pedernal.

Formación Cuesta del Cura.- Constituida por calizas en capas medianas a delgadas, en ocasiones onduladas y con horizontes arcillosos, presenta nódulos, lentes y bandas de pedernal.

Formación Indidura (Kil).- Está constituida por calizas y lutitas estratificadas.

TERCIARIO

Igneo Extrusivo (Ige).- Constituido por tobas riolíticas y tobas arenosas.

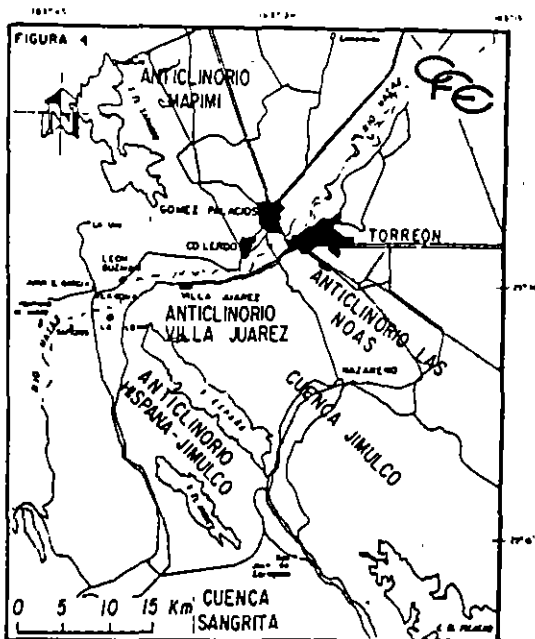
Conglomerado Ahuchila (Ite).- Constituido por fragmentos de areniscas y calizas mal clasificadas, con cementante arcillocalcáreo.

Formación Santa Inés (Tsi).- Constituido por conglomerados y areniscas.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

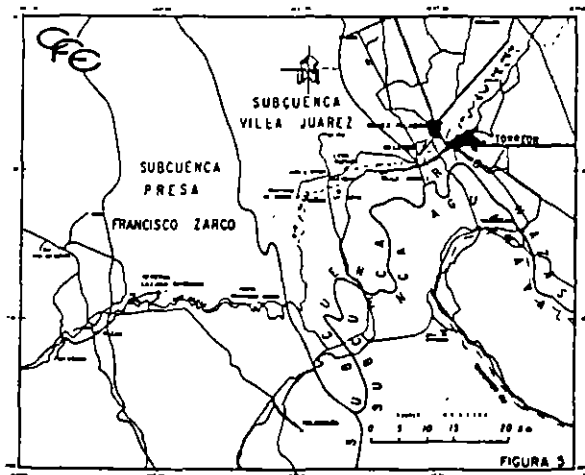
En el area se encuentran los anticlinorios de Mapimi, El Rosario de Villa Juárez, de las Noas, de España, Jimulco y Sangrita.

El límite entre las áreas de plegamiento y las cuencas generalmente corresponde a fallas normales de gran desplazamiento aunque en algunos casos las trazas no son fácilmente reconocibles (Figura 4).



HIROLOGIA SUPERFICIAL Y CLIMATOLOGIA

El sitio Microondas se localiza en la Región Hidrológica No. 35, Cuenca de los Ríos Nazca-Aguanaval. Está ubicado en la cuenca "D" Río Aguanaval, (Figura 5). El río Aguanaval es la principal corriente de la cuenca y se ubica a una distancia aproximada de 10 km del área de estudio. El clima en la zona según la clasificación de Köppen (modificado a las condiciones de la República Mexicana) es de tipo seco-estepario (BSwh).



METEOLOGIA DE TRABAJO

CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL SITIO

Los criterios para la selección del sitio fueron los enmarcados por las Normas Técnicas Ecológicas publicadas por SEDUE, No. NTE-001/88 y NTE-CRP-006/88, las cuales en general marcan los siguientes lineamientos:

CRECIMIENTO DE CENTROS DE POBLACION

La distancia al límite del centro de población al año 2000, para poblaciones mayor de 10,000 habitantes, debe ser como mínimo de 25 kilómetros. La distancia al límite del centro de población al año 2000, para poblaciones entre 5,000 y 10,000 habitantes debe ser como mínimo de 15 kilómetros.

CLIMATICOS

Ubicarse en zonas evitando que los vientos dominantes transporten las posibles emanaciones a los centros de población y sus asentamientos humanos. La porción de la lluvia promedio diaria susceptible de infiltrarse, calculada a partir del coeficiente de escurrimiento promedio diario, debe ser menor que la capacidad de campo del terreno. Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2,000 mm. La evaporación promedio mensual, debe ser al menos el doble de la lluvia promedio mensual.

GEOHIROLOGICOS

Ubicarse preferentemente en una zona que no tenga conexión con acuíferos. De no cumplirse la condición anterior, el acuífero subyacente debe tener una profundidad mínima de 200 m. En caso de no cumplirse las condiciones anteriores, el acuífero subyacente debe ser un acuífero confinado, y las características del material ubicado entre ésta y la superficie, deben ser tales que cualquier elemento contaminante quede retenido en él antes de llegar al acuífero. El tiempo de flujo de la superficie al manto freático debe ser mayor de 300 años.

HIROLOGIA SUPERFICIAL

Ubicarse fuera de llanuras de inundación con un periodo de retorno de 10,000 años, delimitado con un ajuste de tipo Gumbel, estar alejado en desnivel 20 m a partir del fondo del cauce, de corrientes con un escurrimiento medio anual mayor de 100 m³. Estar alejado longitudinalmente 300 m a partir del centro del cauce, de cualquier corriente superficial, ya sea permanente o intermitente sin importar su magnitud. La cuenca de aportación hasta el sitio, debe ser en lo posible pequeña y cerrada. De no cumplirse con la condición anterior, debe ubicarse dentro de la cuenca hidrológica, aguas abajo de asentamientos humanos mayores de 10,000 habitantes y de zonas con una densidad industrial mayor de 50 industrias.

SISMICOS

Ubicarse preferentemente en zona sísmica. De no cumplirse la condición anterior, el riesgo sísmico debe ser mínimo, por lo que no deben haberse registrada más de 4 veces sismos de magnitud mayores de 7 " en la escala de Richter, en los últimos 100 años.

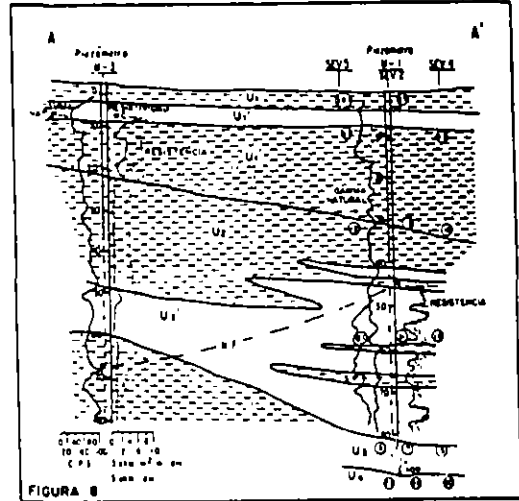
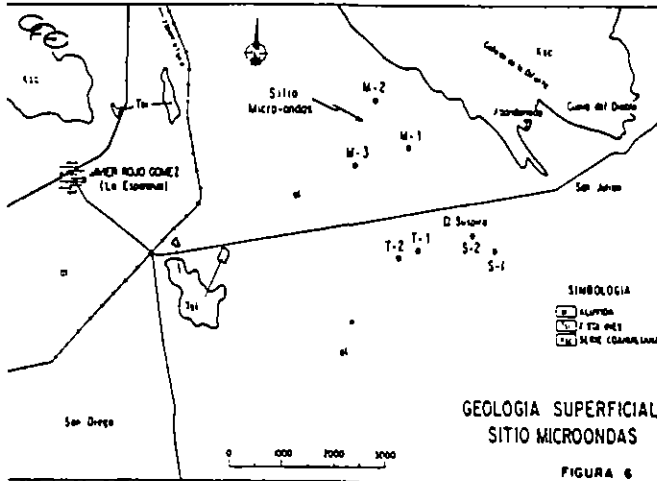
SELECCION DEL SITIO

Se seleccionaron los sitios banco de materiales de la C.T. Lerdo, Valle de Nazarero, Nazarero, Carboneras San Ignacio, Cañón Soldado, San Julián, Chacolata, Microondas y Rojo Gómez, de los cuales los sitios San Julián Chacolata, Microondas y Rojo Gómez fueron los que reunieron mejor las características de las normas técnicas.

De acuerdo a su entorno ecológico se seleccionó la alternativa Microondas para la realización de los trabajos de campo.

GEOLOGIA SUPERFICIAL AREA MICROONDAS

Superficialmente el área de estudio se encuentra cubierta por aluvión distribuido en forma irregular; encontrándose zonas gravosas, limo-arenosas y arcillosas. Este unidad es producto del relleno del valle debido a la erosión de las prominencias orográficas que circundan al área (Figura 6).



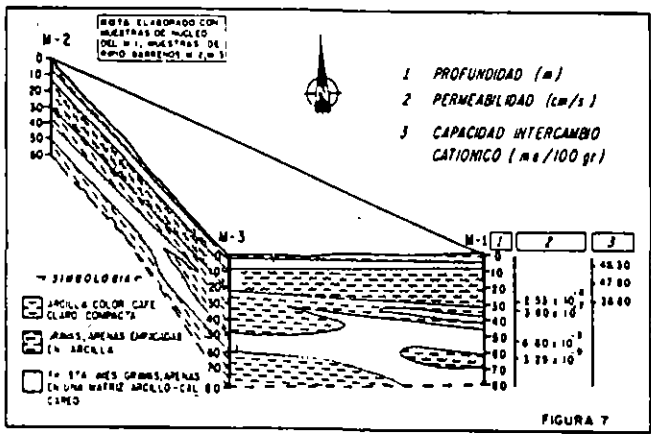
HIDROGEOQUIMICA

Se realizaron siete muestras del agua subterránea en el área, de su análisis y clasificación de acuerdo a A.M. Piper, se concluye que el agua subterránea asociada al área de confinamiento, es una clorurada ácida para el área del rancho Trasco y otra sulfatada clorurada ácida-ácida cálcica para el área del rancho Suspiro.

La concentración de arsénico fluctúa de 0.035 mg/l a 0.089 mg/l y la concentración de ácidos totales disueltos fluctúa de 2000 mg/l a 6000 mg/l. Figuras 9 y 10.

GEOLOGIA DEL SUBSUELO AREA MICROONDAS

Mediante la perforación de tres barrenos exploratorios a 80 m de profundidad, se concluyó que el área estudiada está constituida superficialmente por una capa de arcilla semicompacta de color café claro, con espesor de 2 a 4 m, con intercalaciones de gravas de unos cuantos milímetros hasta 4 cm de diámetro, ampacadas en material arcilloso. Debajo de éstas se detectaron alternancias de conglomerado poligénico cementado en una matriz arcillo-calcárea con espesores de 5 a 10 m y horizontes de arcilla compacta de color café claro, con espesores de 2 a 5 m. Esta continuidad litológica se presenta hasta la profundidad explorada. La secuencia anteriormente descrita probablemente se pueda correlacionar con la Formación Santa Inés, a partir de los 18 m de profundidad. Durante la perforación del barrenos M-1 se obtuvieron muestras de núcleo para pruebas de permeabilidad en laboratorio, los resultados obtenidos fluctúan de 6.8×10^{-3} cm/seg a 3.29×10^{-9} cm/seg (Figura No. 7).



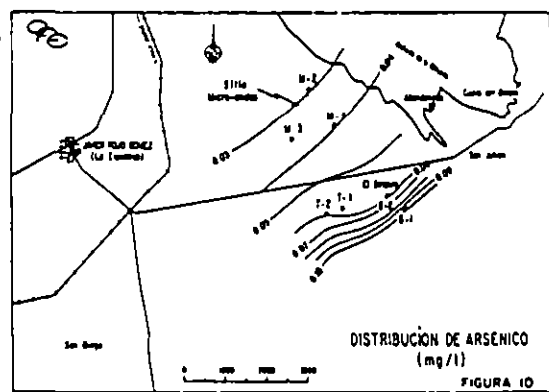
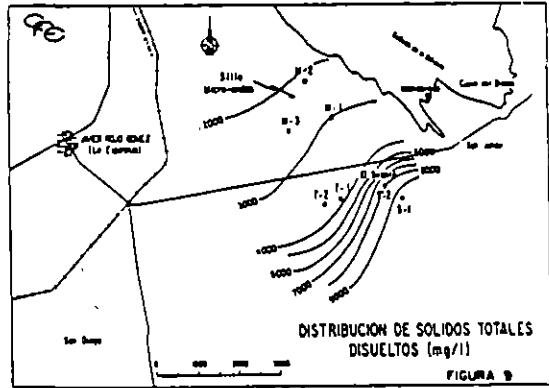
GEOFISICA

El estudio geofísico se realizó aplicando el método de sondajes eléctricos verticales, apoyados con la información de los barrenos, con base en esta información se detectaron las siguientes unidades:

La primera (U1 y U1') se relaciona principalmente con materiales sedimentarios arcillosos de cobertura, su espesor promedio en el sitio es de 3 m y su rango resistivo varía de 10 a 74 ohm.m.

La segunda (U2 y U2') está principalmente constituida por alternancias de gravas compactas y arcillas, sus rangos resistivos determinados son de 27 a 43 ohm.m y su espesor promedio es de 13 m, por sus características litológicas se consideran de baja permeabilidad.

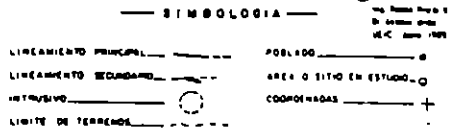
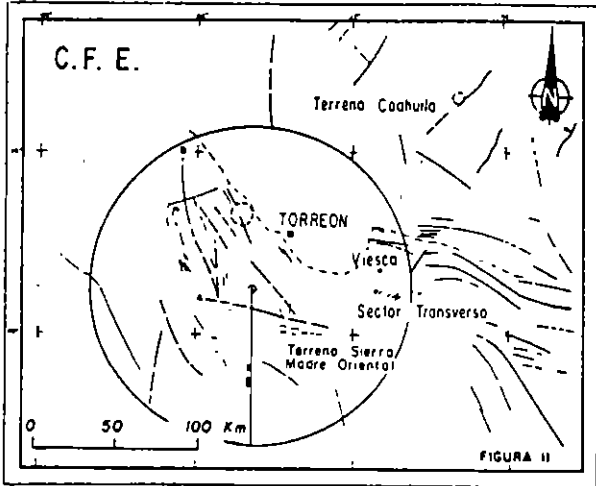
Unidad U3.- Sus rangos resistivos van de 3 a 5 ohm m lo cual indica una dominancia de materiales frios con posible contenido de agua de mala calidad (Figura No. 8).



SISMOTECTONICA

La región de análisis abarca dos zonas o terrenos de diferente historia geológica. Al norte de la ciudad de Torreón (terreno Coahuila), se presentan afloramientos de rocas calcáreas del Cretácico Inferior, suavemente plegadas en dirección NW. Existen algunos intrusivos con edades a 80 millones de años. En esta área los lineamientos principales son el NE principalmente, notándose algunos en dirección NW (Figura 11). El análisis sísmico con base en la consulta de los catálogos nacionales, se obtuvo que dentro de un radio de 250 km alrededor del sitio, solo se localizan 4 epicentros. El catálogo consultado abarca de enero de 1900 a diciembre de 1981. De los 4 sismos compilados, el más cercano se encuentra a una distancia de 195 km y tiene reportada una magnitud de 4.7 grados en la escala de Richter, lo que no representa ningún riesgo en el área.

LINEAMIENTOS GEOLOGICOS

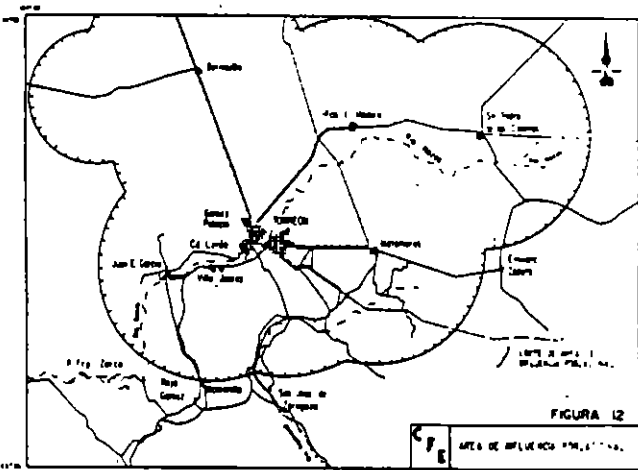


EVALUACION DE RESULTADOS

De acuerdo a los requisitos a cumplir se obtuvieron los siguientes resultados:

CRECIMIENTO DE CENTROS DE POBLACION

De los sitios seleccionados, los únicos que cumplieron con este requisito fueron San Julián, Chocolate, Microondas y Rojo Gómez, en la Figura 12 se muestra los radios de influencia de los centros de población.



GEOHIDROLOGICOS

Los trabajos geohidrológicos se realizaron en la alternativa Microondas, en la cual con la perforación de tres barrenos se pudo conocer la permeabilidad de las unidades del subsuelo y la calidad del agua asociada al sitio.

El área presenta horizontes de arcilla con permeabilidad que fluctúa de 3.8×10^{-9} cm/seg a 3.39×10^{-9} cm/seg, lo que asegura una migración muy lenta de fluidos a través de esta unidad. Aunado a esto, se detectó la presencia de arsénico en el agua subterránea, en concentraciones mayores al límite permisible en agua asociada a las áreas de mayor concentración de sólidos totales disueltos.

CLIMATICOS

Este grupo de sitios reúne con los requisitos de la norma ya que, los vientos dominantes en esa zona tienen una dirección contraria a la ubicación de la Comarca Leguenera -SE- y al igual que el resto de la región, su precipitación media anual es muy por debajo de los 300 mm (Tabla 1).

ESTACION	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)	DIRECCION VIENTOS	ÁREAS CON BAJOS	OTRAS OBSERVACIONES
CAÑON FERNANDEZ	22.28	296.16	SE	2.8	
OLINDO LERDO	21.13	242.88	NE	3.8	
PIESA OLINDALIFE	22.28	216.27	E	3.8	
SAN PEDRO DE LAS COLINAS	21.28	174.27	SE	1.8	
VIESCA	21.79	176.26	E	2.8	
PIESA LA FLOR	22.28	256.16	SE	1.8	
PEDUCIÓN	22.28	256.16	—	2.8	

TABLA 1

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Con relación a la hidrología superficial, la alternativa Microondas se localiza en una amplia planicie; a una distancia aproximada de 10 km de la corriente más importante y con una altura de 70 m con respecto al fondo del cauce del Río Aguanaval, mientras que los sitios San Julián y Chocolate se localizan en pequeños valles que ocasionalmente pudieran servir de drenes en tiempo de lluvias.

SISMICOS

Potencial sísmico.- Para tener una idea del potencial sísmico en la región del estudio, se evaluó teóricamente, de acuerdo al máximo sismo que pudiera asociarse a los lineamientos A y B mostrados en la Figura 11. En este cálculo se supuso que los lineamientos son fallas activas (sismogénicas). Así mismo se asignó un sismo máximo creíble a cada lineamiento con base en la longitud de falla. Se calculó de manera teórica la aceleración horizontal máxima que éste producirá en el sitio sintomar en cuenta la respuesta del terreno.

La Tabla 2 muestra los valores de aceleración teóricos obtenidos para las estructuras marcadas como A y B en la Figura 11. Así mismo se observa que la aceleración teórica máxima estimada para la zona es de 11% de g, la cual corresponde a un sismo de 5.0 grados y que ocurriría a una distancia de 12 km del sitio sobre el lineamiento A.

ESTRUCTURA	DISTANCIA (km)	MAGNETUD (Grados Richter)	ACELERACION (% de g)
A	12.00	5.00	0.11
B	30.00	6.00	0.08

TABLA 2

CONCLUSIONES

Con base a las normas técnicas ecológicas NTE-CRP-001/88, para la determinación de residuos peligrosos; así como la norma NTE-CRP-008/88, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos excepto los radiactivos y al reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente en materia de residuos peligrosos; se preseleccionaron los sitios Chocolate, San Julián, Javier Rojo Gómez y Microondas.

De acuerdo a los términos de referencia dictados por SEDUE y las investigaciones de crecimiento de centros de población, geohidrológicas, climatológicas, hidrologías superficiales y sísmológicas, se propuso el sitio Microondas para desarrollar estudios de factibilidad con la aprobación de SEDUE.

Del estudio de factibilidad destaca lo siguiente (Sitio Microondas) Tabla 3:

CARACTERÍSTICAS A EVALUAR	ACTIVIDAD	Observación a centros de población	Orografía	Hidrología superficial	Clasificación según riesgo	Hidrología subterránea	Calidad del agua	Uso del suelo	Intensidad de la tierra	Área disponible	Vías de acceso	Clima y clima	Áreas marginales	PESO TOTAL
		1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5		
BANCO DE MATERIALES		3.5	5	1.5	6	7.5	3.5	0.5	8	8	5	4	8	63.5
VALLE NAZARENO		3.5	7	1.5	6	3	0.5	0.5	8	4	4	5	4	44.5
NAZARENO		3.5	6	1	7	6	4	0.5	8.5	5	5	4	4	64
CARBONERAS		3.5	5	1.5	7	5	4	0.5	8.5	6	5	5	5	76.5
SAN IGNACIO		2.5	3	1	6	6	4	0.5	2	8	4	4	8	62
CAÑON SOLDADO		2.5	6	1	7	7	7	0.5	8.5	7	6	0.5	0.5	77.5
SAN JULIAN		0.5	8	0	8	5	0.5	0.5	8.5	6	8	5	8	92.5
CHOCOLATE		0.5	8	0	8	7	6	0.5	8.5	6	8	5	8	92.5
MICROONDAS		0.5	0.5	4	7	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	100
ROJO GOMEZ		0.5	8	0	7	7	8	0.5	8.5	7	7	5	8	94.5

TABLA 3

* No existen poblaciones importantes cercanas, ni áreas de cultivo, y la ganadería es pecuaria. En cuanto a la industria, solamente existe una dedicada al desarrollo pecuario.

* Con las perforaciones se comprobó que en general el subsuelo es predominantemente arcilloso y de baja permeabilidad.

* En el área de influencia del sitio únicamente existen 2 aprovechamientos hidráulicos con caudales máximos estimados de 1 l/s. que son utilizados por la industria pecuaria y con agua de mala calidad.

* Las pruebas realizadas en los barrenos perforados indican bajos rendimientos, con un caudal máximo de explotación de 1 l/s.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Ing. José A. Maza Alvarez por la disposición para la realización y presentación del presente estudio; a los Ings. Gustavo Díaz V., Jesús Soría D. y Sergio A. Flores C. por la motivación para presentar el trabajo; al personal del Laboratorio de Química de la Superintendencia de Estudios Zona Centro por su cooperación; al personal de la Superintendencia de Estudios Zona Noroeste, por su participación en los trabajos de campo. Así mismo se agradece al personal del Departamento de Geohidrología de la Gerencia de Ingeniería Civil por sus atinados comentarios.

BIBLIOGRAFIA

- Comisión Federal de Electricidad. Informe sobre la evaluación sismotectónica en un área para la ubicación del depósito de lodos del tratamiento lateral de la C.T. Lerdo, estado de Durango, Junio, 1989; Francisco Aguilar, Ramón Prieto, Oficina de Estudios Sismotectónicos.
- Comisión Federal de Electricidad. Dictamen de las perforaciones para el confinamiento de lodos de la C.T. Lerdo, Septiembre, 1989, Juan M. Nieto C. Departamento de Geohidrología/CFE.
- Comisión Federal de Electricidad. Proyecto Ejecutivo de un confinamiento controlado para los lodos generados en la planta termoeléctrica Lerdo, Durango, Diciembre, 1989; Juan M. Nieto, Francisco Morales, Miguel Durón, Departamento de Geohidrología/CFE.
- Dirk J.A. et. al., Geotechnical and Geohydrological Aspect of Waste Managment, 1986, Editorial Lewis Publishers Inc, Chelse Michigan.
- Douglas L. et. al., Hazardous and Industrial Solid waste testing in deposital, Six Volume, 1989, ASTM.
- Flores C. Sergio A., 1987; Hydrogeological Conditions; en Hydrogeology and a Quantitative Model to Predict a Safe Yield for the Area of Villa Juárez, Durango; thesis of Master of Science with a Mayor in Watershed Management; University of Arizona, pp 19-33.
- Jezzini G. M; Modelo Matemático del Acuífero Area Villa Juárez, Dgo. Tesis Maestría en Ciencias Especialidad en Hidrología Subterránea, UANL 1989.
- Noble George, Sanitary Landfill design Handbook, 1976, Technomic.
- Organization for economic-operation and development, Hazardous waste problem sites, 1983, OECD.
- Ortiz Monasterio, et. al.; manejo de desechos industriales peligrosos en México, 1987, Univeres Vaintiuno.

DETECCION DE ELEMENTOS TOXICOS EN LA SUBCUENCA DE VILLA JUAREZ, ESTADO DE DURANGO

Juan M. Nieto C. y Sergio A. Flores C.
Comisión Federal de Electricidad/Departamento de Geohidrología

RESUMEN

El "Estudio para la detección de elementos tóxicos en la subcuenca de Villa Juárez, Dgo." tuvo como objeto conocer el grado y origen de la contaminación por arsénico y elementos tóxicos tanto en el agua del subsuelo como superficial de la subcuenca. Fue efectuado de 1986 a 1989 y consistió en el monitoreo sistemático de la calidad del agua del acuífero de Villa Juárez, agua del Río Nazas (tanto aguas arriba de la presa Francisco Zarco como aguas abajo de la misma) y agua de los manantiales localizados al sureste del poblado de Villa Juárez; así mismo se realizaron muestreos de suelos, sedimentos y vegetales característicos de las áreas de Villa Juárez, Velardeña, manantiales, Río Nazas y Presa Francisco Zarco. También se consideró el muestreo de partículas suspendidas en la atmósfera, vísceras de peces de la Presa Francisco Zarco, jales y minerales del área Minera de Velardeña.

Como resultado del estudio se definió el esquema de dispersión de elementos tóxicos. El origen más probable de la presencia de arsénico y elementos tóxicos en el área de Villa Juárez, está asociado a las aportaciones del área de la Mina de Velardeña la cual produce elementos tóxicos hacia la subcuenca hidrográfica de la Presa Francisco Zarco. El agua acumulada en la presa favorece el enriquecimiento de elementos tóxicos durante los períodos de estiaje. En los momentos de desfogue de la presa, se remueven los elementos tóxicos, los cuales fluyen junto con el agua del Río Nazas, hacia la subcuenca de Villa Juárez, permitiendo la recarga al acuífero del área, así como la entrada de elementos tóxicos asociados a ella. De particular importancia son los cambios de velocidad en el río, así como los represamientos, los cuales favorecen a la acumulación de elementos tóxicos y su interacción con el acuífero del área de Villa Juárez. Así mismo la presencia de arsénico en los manantiales localizados al sur de Villa Juárez manifiestan un origen formacional. Las actividades agrícolas también son causa de la presencia de arsénico en el área mediante la aplicación de pesticidas arsenicales.

GENERALIDADES

ANTECEDENTES

La presencia de arsénico en los pozos 1 y 7 de la Comisión Federal de Electricidad, motivo el Estudio para la detección de elementos tóxicos en la subcuenca de Villa Juárez, Dgo., el cual tuvo como objetivo conocer el grado y origen de la contaminación existente, así como definir el esquema de contaminantes que afectan el valle de Villa Juárez, Dgo.

LOCALIZACIÓN Y VIAS DE ACCESO

El área de estudio se localiza al extremo noreste del estado de Durango, en sus límites con el estado de Coahuila. Se encuentra limitada al norte por las ciudades de Lerdo, estado de Durango y Tarrón, estado de Coahuila, así como por las sierras El Rosario, Manzaneras y Arcabas, sus límites al sur son la zona Minera de Velardeña y los cerros Cordon Charrera Blanca y La Vaca, sus límites al extremo oriental son los poblados de Nazareño, La Ventana, San José de Zaragoza y San Antonio de Zaragoza, sus límites a su extremo occidental son el poblado Nazas y los Cerros Reitz Colorado, Casas Coloradas y El Barrado.

Geográficamente se encuentran comprendidas entre los paralelos 25°00' a 25°35' de latitud norte y entre los meridianos 103°15' a 104°00' de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich, cubriendo un área de 3,900 km² aproximadamente. Su comunicación principal se realiza mediante la carretera federal No. 40 (Cd. Gómez Palacio-Cuencame), así mismo por la vía férrea, que comunica a las ciudades de Torón, Coah. con la ciudad de Durango, Dgo. (Fig. No. 1).

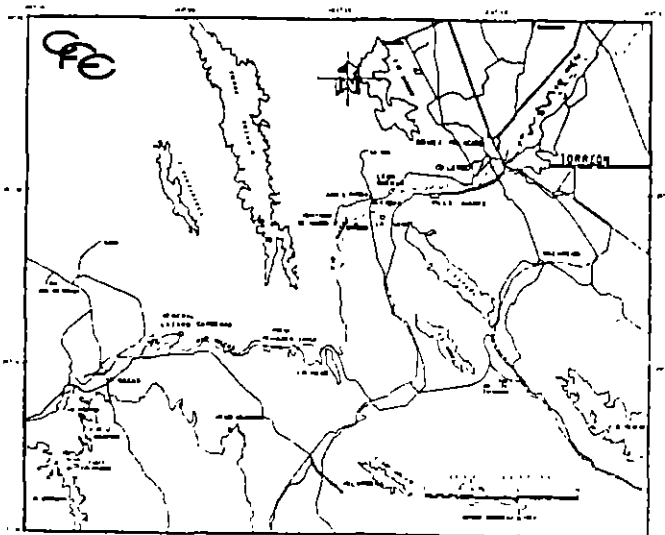
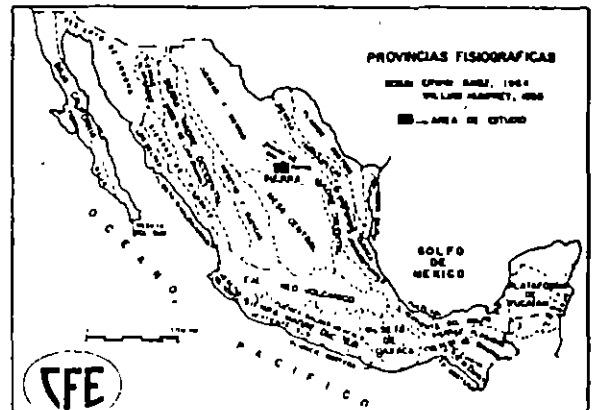


FIGURA 1

MARCO GEOLOGICO

FISIOGRAFIA

La región en estudio se localiza dentro de la provincia fisiográfica denominada Cuenca de Perras, según W. Murphy (1958), modificada por E. Raiz (1984), Figura 2. Su orientación general es este-oeste, se encuentra limitada al norte por las provincias fisiográficas Cuencas y Sierras y Mesete del Norte, al sur por la provincia Sierra Madre Oriental y al este y oeste con las provincias fisiográficas Cuencas y Sierras.



Estratigrafía

Para establecer la columna estratigráfica del área en estudio, se consideraron las unidades litológicas que afloran en las Sierras El Rosario, Manzaneras, San Lorenzo, Espina y Jaquay.

TRIASICO/JURASICO

Formación Nazas (J₁qq). - En el área en estudio aflora al W del poblado de Villa Juárez, esta constituida por una alternancia de lutitas, areniscas y sedimentos evaporíticos, esta formación constituye la parte basal de la subcuenca.

JURASICO

Grupo Zuloaga (J₂). - En el área aflora al sur del poblado de Villa Juárez, estado de Durango, esta constituido por calizas y dolomitas con fragmentos biogénos, presenta yeso y sal.

Formación La Ceja (J₃c). - Su afloramiento se localiza al norte y al sur de Villa Juárez, se encuentra compuesta por tres miembros, el miembro inferior y superior están constituidos por areniscas interestratificadas con lutitas, su miembro intermedio la constituyen una secuencia de lutitas con intercalaciones de yeso. La formación sobreyace concordantemente al Grupo Zuloaga y se encuentra interfrecando a la serie Coahuilana.

CRETACICO

Serie Coahuilana (Kc). - La serie está constituida por las formaciones Tarasas y Cupido, no se definió el contacto entre ambas formaciones, en el área de estudio se presenta al norte de los poblados del Rayo y Seta de Enero, estado de Durango. La serie comprende una alternancia de calizas masivas y delgadas con eventos arcillosos y ocasionalmente con intercalaciones de lutitas, su parte superior tiende a ser masiva, es concordante en su contacto inferior con la Formación La Ceja, su contacto superior es concordante con la Formación La Peña.

Serie Comancheana. - La Serie Comancheana la constituyen las formaciones, La Peña Aurora y Cuesta del Cura.

Formación La Peña (Kp). - Aflora al SE del poblado de San José de Zaragoza, esta constituida por calizas arcillosas en capas delgadas a laminares, alternando con lutitas calcáreas presentando nódulos y lentes de pedernal. Su contacto inferior es concordante con la serie Coahuilana y su contacto superior es concordante y transicional con la Formación Aurora.

Formación Aurora (Ka). - Aflora al flanco oriente de Ciudad Lerdo, esta constituida por calizas de estratificación mediana a gruesa, ocasionalmente masiva con nódulos de pedernal. Sus contactos inferior y superior con la Formación La Peña y la Formación Cuesta del Cura respectivamente son concordantes.

Formación Cuesta del Cura (Kcc). - Aflora el flanco occidental de la Sierra El Rosario, esta constituida por calizas en capas medianas a delgadas en ocasiones unduladas y con horizontes arcillosos presenta nódulos, lentes y bandas de pedernal, su contacto inferior con la Formación Aurora es concordante y el inferior es discordante.

TERCIARIO

Igneos Estruivos (Til)- Afiora el flanco sur de la Presa Francisco Zarco, está constituido por traítas y dacitas que sobreyacen la secuencia sedimentaria, sus contactos son discordantes.

Conglomerado Ahuchilla (Til). Está localizado en la sierra España y el flanco oeste del poblado El Rayo, constituido por fragmentos de areniscas y calizas mal clasificadas, con cementante arcillo-calcareo, sobreyace de manera discordante a las formaciones infrayacentes.

CUATERNARIO

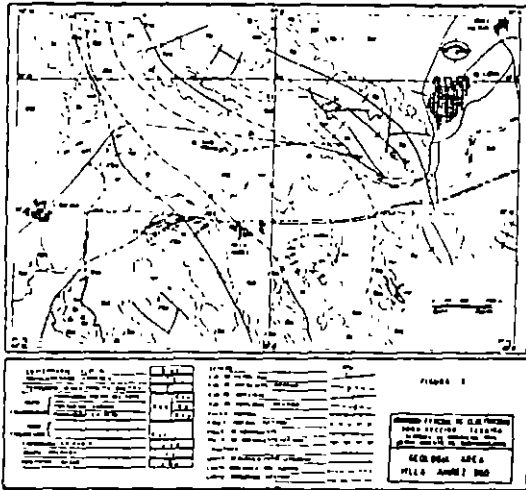
Depósitos Aluviales. Tienen amplia distribución en el área, están asociados principalmente a las márgenes de las sierras y partes bajas de los valles, así como al valle del río Nazca. Está constituido por fragmentos de calizas y areniscas y material arcillo-arenoso, este depósito es en el que actualmente se explota el agua subterránea del área de Villa Juárez.

GEOMORFOLOGIA

Los agentes erosivos del intemperismo han contribuido al modelado del relieve actual, el cual se caracteriza por presentar sierras con pendientes suaves, limitadas por valles, en donde confluyen los arroyos y las corrientes principales la madurez es el estado geomorfológico característico del área, siendo éste más avanzada hacia las ciudades de Lina Ju y Gómez Palacio en donde se caracteriza por un relieve más suave y lomeríos aislados.

GEOLOGIA GENERAL

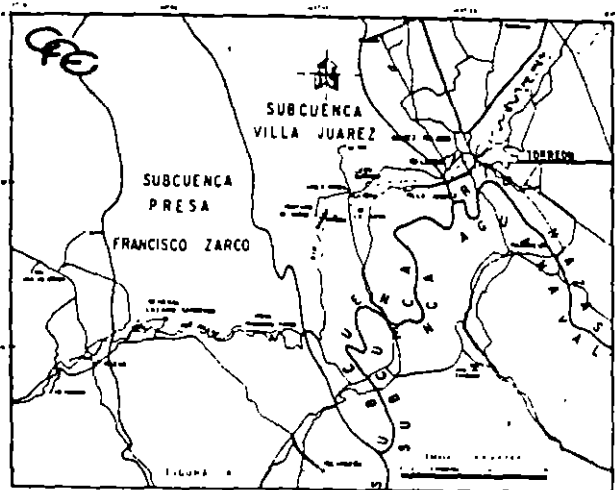
El marco geológico regional está referido a la subcuenca hidrologica denominada para fines del estudio, subcuenca de Villa Juárez. Las unidades estratigráficas existentes están constituidas por rocas sedimentarias e igneas de las Eras Mesozoica y Cenozoica (Figura 3).



— HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y CLIMATOLOGIA

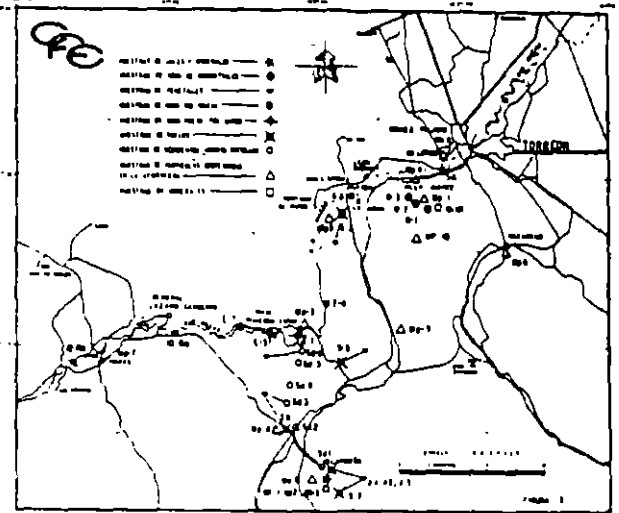
La zona en estudio se localiza dentro de la región hidrologica No. 36, denominada cuenca de los rios Nazca y Aguanaval (SARH, 1979). En el área en estudio los rios Nazca y Aguanaval constituyen las principales corrientes perennes, hacia los cuales confluyen la mayoría de los escurrimientos del área, presenta un drenaje subsuperficial en las sierras del Rosario y Manzaneras, en sus valles el drenaje se encuentra controlado por las corrientes existentes. Figura No. 4.

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Kuppen, modificada por E. García, el clima del área se clasifica como muy seco a desértico semicálido con invierno seco, régimen de lluvias en verano, muy estremo Bwh (w1) (1), clasificación tomada del barem climatológico No. 4, Región Hidrológica No. 36, rios Nazca y Aguanaval, 1900).



METODOLOGIA DE TRABAJO

Con el objeto de detectar la presencia de elementos tóxicos, se realizó el muestreo del agua superficial y subterránea, suelo, sedimentos, vegetales, jales, minerales, partículas suspendidas en la atmósfera y visceras de peces del área de estudio (Figura 5). El número total de muestras fue de 1805. (Tabla No. 1) las cuales fueron analizadas físico-químicamente, por dirección de Rayos X y por cromatografía de gases, los análisis realizados por el laboratorio de CFE, fueron corroborados por un laboratorio externo, como resultado de esto se obtuvo una diferencia del 4 % entre ambos resultados. Los elementos tóxicos analizados fueron: Arsenico, Mercurio, Plomo, Cinc, Cobre, Plomo, Cadmio y Cromo.



MUESTRAS ANALIZADAS

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS	NO. DE MUESTRAS
AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRANEA	SUELO	SEDIMENTOS	VEGETALES	JALES	MINERALES	PARTICULAS SUSPENDIDAS	VISCERAS DE PECES	TOTAL
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

TABLA No. 1

El muestreo de agua superficial y subterránea se realizó en aguas del Río Nazca, Presa Francisco Zarco, manantiales, aguas meteóricas, pozos de CFE y agrícolas, compuestos por un total de 1145 muestras.

El muestreo de suelo se realizó en el área de Villa Juárez y área de Velardona, con un total de 126 muestras. La zona de muestreo fue en la Presa Francisco Zarco, Río Nazca, Mina Velardona y manantiales, con un total de 134 muestras.

El muestreo de vegetales se realizó en el área de Villa Juárez, Mina Velardona y Arroyo Cuernavaca, con un total de 134 muestras. Las muestras de jales y minerales se realizaron en el área Minera de Velardona y área de manantiales, con un total de 40 muestras.

El muestreo de partículas suspendidas en la atmósfera se realizó en la totalidad del área de estudio con un total de 77 muestras. El muestreo de visceras de peces se realizó en la Presa Francisco Zarco con un total de 4 muestras.

La información obtenida por medio de los análisis de las muestras colectadas, se procesó mediante histogramas de concentración de elementos, ponderados contra el tiempo de muestreo. Se tomó como referencia los límites permisibles para cada uno de los elementos tóxicos analizados, con base en la reglamentación vigente para la prevención y control de la contaminación de las aguas (México) y normas internacionales (Tabla No. 2).

ELEMENTO ANALIZADO	LÍMITES PERMISIBLES DE ELEMENTOS ANALIZADOS											
	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE						AGUA PARA RIEGO					
	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI
As	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Cd	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Cu	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Fe	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
Mn	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Ni	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Pb	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Se	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Zn	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

Tabla No 2

ORIGEN Y NATURALEZA DEL ARSENICO

El Arsenico es raramente encontrado como elemento en la naturaleza. Sin embargo, es muy frecuente que aparezca combinado con Azufre, Selenio, Telurio y como sales sulfatadas y arsenitadas de varios metales pesados, tales como: Cobalto, Cobre, Niquel y Litio. El As₂O₃ es recuperado a partir de la coleccion de polvos durante la extraccion de estos metales. La mena original del Arsenico es la pirita arsenical (FeAsS). Tambien forma un numero de minerales arsenicales pentavalentes, los que tienen una relacion quimica muy cercana con fosfatos y vanadatos, con los cuales pueden formar algunos compuestos isomorficos. El sulfuro de Arsenico y Trisulfuro de Arsenico son encontrados en vetas y depositos asociados a fumarolas. Los minerales observados en la naturaleza, son el resultado de la oxidacion del sulfuro y los depositos arsenicales en contacto con oxigeno atmosferico libre. (Tabla 1)

PRINCIPALES MINERALES DE ARSENICO SUPERGENICOS

ENDOGENOS (FORMADOS BAJO LA SUPERFICIE)	MINERAL	FORMULACION QUIMICA
Arsenico Nativo	As	Arsenita As_2O_3
Asimonia	AsSe	Minerita $Pb_3As_2S_5$
Rejalgar	As ₂ S ₃	Adanita $Zn_3As_2S_7$
Uroselenita	As ₂ S ₅	Erinite $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$
Arsenopirita	FeAs ₂	Unnbergita $Ni_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$
Nickelita	NiAs	Scarabita $(Fe, Al)_2As_2S_7 \cdot 2H_2O$
Urosulfida	U ₂ As ₂ S ₅	Farmacodisita $Fe_3(AsO_4)_2(OH)_2 \cdot 2H_2O$
Cobaltita	CoAs ₂	Ulivinita $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$
Amelita	(Ca, Ni)As ₂ S ₅	Desudanita $PbFe_3(AsO_4)_2(S, Se)_2$
Spurrerita	(Ca, Ni)As ₂ S ₅	
Urosulfita	Co ₃ As ₂ S ₅	
Jordanita	(Pb, Bi) ₃ As ₂ S ₅	
Parceita	As ₂ S ₃ S ₅	
Prussita	As ₂ S ₃ S ₅	
Enargita	As ₂ S ₃ S ₅	
Retita	As ₂ S ₃ S ₅	

Tabla 3

Los compuestos arsenicales son encontrados en las aguas superficiales, debido a la disposicion de efluentes industriales y municipales, y como el resultado del contacto entre el agua y menas del mineral ricas en pirita arsenical y suelos con contenido de pesticidas arsenicales. Comunalmente el arsenico ocurre en aguas superficiales en concentraciones inferiores a 10 partes por billon (ppb), es un residuo comun en las vecindades de las concentradores de mineral, particularmente asociadas al beneficio del oro y cobre (Tabla 4).

Tabla No 4

CATEGORIA	INDUSTRIAS DE LA ZONA MINERA 1977	
	INDUSTRIAS DE LA ZONA MINERA 1977	INDUSTRIAS DE LA ZONA MINERA 1977
INDUSTRIAL		
- Produccion primaria de cobre y niquel	801	16.7
- Produccion primaria de plomo	18	0.4
- Produccion primaria de zinc	338	6.9
- Produccion primaria de fierro y Acero	1091	22.8
- Procesos metalurgicos de oro	1029	21.3
- Fuentes varias	13	0.3
TOTAL	3680	78.4
COMUNICACION DE COMUNIDADES FUENTES ESTACIONARIAS		
Comun. en el campo	28	0.6
Comun. en la ciudad	12	0.3
Comun. en el campo	71	1.5
TOTAL	111	2.4
INDUSTRIAL	3791	78.8

Los compuestos arsenicales son usados como pesticidas, propiciando grandes concentraciones de arsenico en el suelo durante su temporada de aplicacion, y altos niveles de concentracion en el aire. Con el objeto de disminuir el arsenico en el medio ambiente se reemplazan los pesticidas organicos por los pesticidas organicos. El arsenico existe en la naturaleza en los siguientes estados ionicos: +3, 0, -3 y -5. Basados en su variacion termodinamica, el estado pentavalente es estable en agua aerada, el arsenico elemental y arsina (AsH₃) puede existir en sedimentos reductores. (Figura 6 y Tabla 5).

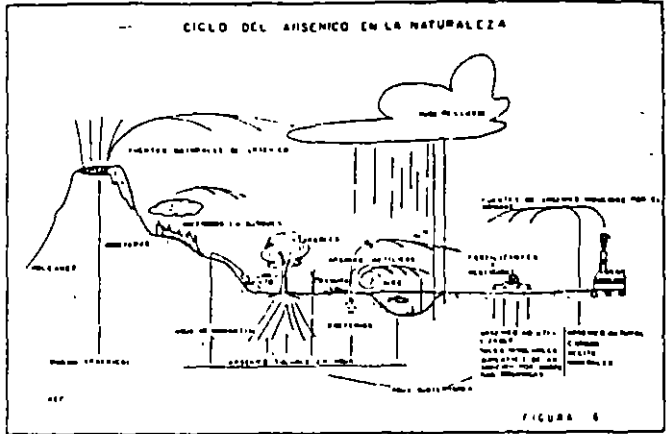


Figura 6

NIVELES TÓXICOS DE ARSENICO EN PLANTAS

PLANTA	NIVEL TÓXICO (ppm)	TIPO DE ARSENICO	EFFECTO	REFERENCIA
Chabacano	1	As	Tóxico	Anderson and Hender 1973
Arroz	2.7	As	Tóxico	Beery and Hender 1971
Algodon	1.0 - 1.5	As	Tóxico	Anderson and Hender 1973
Urbano	10 ppm en las hojas	As	Tóxico	Reag 1972
Urbano	> 1	As	Defoliacion	Living 1973
Urbano	10 - 200	As	Defoliacion	Taylor and Taylor 1970
Urbano	> 1	As	Tóxico	Living and Hender 1973

Tabla 5

El arsenico trivalente es conocido por su alta toxicidad en solucion acuosa, mientras que el arsenico pentavalente es menos tóxico. El arsenico puede ser removido de una solucion si se presenta en estado pentavalente, esto se realiza por medio de absorcion en edidos activados. La eficiencia de absorcion es autenticamente menor en el estado trivalente. La toxicidad del arsenico es notoria para los humanos, la ingestion de 100 mg usualmente resulta un severo envenenamiento y un poco más de 130 mg produce la muerte. Se acumula en los tejidos y organos, sin embargo, pequenas dosis durante tiempo prolongado pueden ser letales. La arsenitosis cronica, puede no ser evidente por dos o seis años. Se ha visto que el arsenico en agua puede ocasionar cancer en la piel o higado, pero poco se sabe del mecanismo con que actúa (Tablas 6 y 7).

EFFECTO DEL RESIDUO DE EL CAMPO Y LA VEGETACION

PAIS	NIVEL DE RESIDUO (ppb)	TIPO DE RESIDUO	EFFECTO	REFERENCIA
FRANCIA	25	As	IMPURIFICACION DEL CAMPO	LANDING AND MILLER 1975
FRANCIA	40.5 - 500	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	LANDING Y GIBBS 1973
FRANCIA	10 - 500	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	JOHNSON AND MILLER 1975
FRANCIA	4.5 - 500	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	JOHNSON ET AL 1971
FRANCIA	6.1 - 371	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	JOHNSON AND MILLER 1975
FRANCIA	24.8	As	IMPURIFICACION DEL CAMPO	LANDING AND MILLER 1975
FRANCIA	3.2	As	IMPURIFICACION DEL CAMPO	MILLER 1975
FRANCIA	20.00 - 40.7	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	LANDING AND MILLER 1975
FRANCIA	20.6	As	IMPURIFICACION DEL CAMPO	MILLER 1975
FRANCIA	50	As	IMPURIFICACION DEL CAMPO	LANDING AND MILLER 1975
FRANCIA	4.5 - 500	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	JOHNSON 1971
FRANCIA	107	As ₂ O ₃	IMPURIFICACION DEL CAMPO	JOHNSON AND MILLER 1975

DETAILED ANALYSIS OF WATER SAMPLES FROM WELLS

NO. DE MUESTRA	PROFUNDIDAD	TIPO DE MUESTRA	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 10 MP	100 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 20 MP	200 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 30 MP	300 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 40 MP	400 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 50 MP	500 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 60 MP	600 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 70 MP	700 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 80 MP	800 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 90 MP	900 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS
115 - 100 MP	1000 MTS	DE FONDO	ESTADO	ANÁLISIS

1. Porcentaje expresado en la escala correspondiente a cada muestra.
 2. Muestra colectada en el pozo profundo de 1000 mts.
 3. Muestra colectada en el pozo superficial de 100 mts.
 4. Muestra colectada en el pozo de 500 mts.

TABLA 1

EVALUACION DE RESULTADOS

AGUA DEL SUBSUELO EN EL AREA DE VILLA JUAREZ, DURANGO

El agua colectada fue analizada por elementos mayores y elementos trazas dentro de estos últimos se realizó el análisis de los siguientes elementos: Hierro, Plata, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Cromo (6), Arsénico y Mercurio.

Como resultado del análisis y utilizando la clasificación de A.M. Piper, se pudo observar que durante el periodo de muestreo, se presentaron las siguientes clasificaciones del agua subterránea, la principal y más constante fue Bicarbonatada-Cálcica, seguida de la Bicarbonatada-Sódica, Bicarbonatada-Sulfatada-Cálcica, Sulfatada-Sódica y Sulfatada-Cálcica. La clasificación Bicarbonatada-Cálcica y Sódica está asociada al área de influencia del Río Nazas, la cual generalmente se encuentra limitada, tanto al norte y sur (Pozos CFE P-1 y P-7), por aguas Sulfatadas-Sódicas y Cálcicas. Durante los meses que presente su mayor caudal el Río Nazas (Abril-Septiembre), se aprecia la influencia del río, manifestada por la movilización de las calidades de agua tanto al norte como al sur. A partir del mes de septiembre, se observa el reflujó del acuífero al río, manifestado por la presencia de área de Sulfatos bien definidos, tanto al norte y sur del área de la C.T. Lerdo (Figura 7).

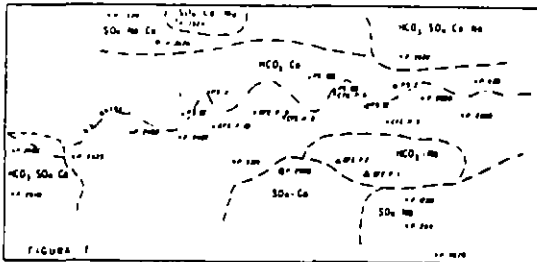


FIGURA 7

AGUA DEL RIO NAZAS

Las muestras colectadas fueron analizadas por elementos mayores y elementos traza, dentro de estos últimos se realizó el análisis de los siguientes elementos: Hierro, Plata, Cobre, Cinc, Plomo, Cadmio, Cromo, Arsénico y Mercurio. Con base en los análisis realizados y utilizando la clasificación de A.M. Piper, el agua se clasifica como Bicarbonatada-Cálcica.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se comprueba que la presencia de As en las aguas del río Nazas, está asociada a los periodos de descarga de la Presa Francisco Zarco, y las mayores concentraciones se localizan aguas abajo de la misma durante estos periodos (Figura 8).

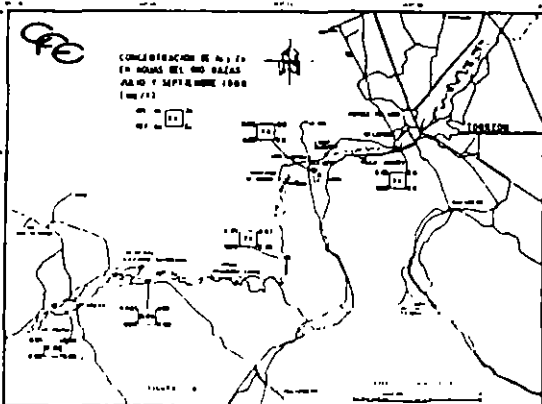
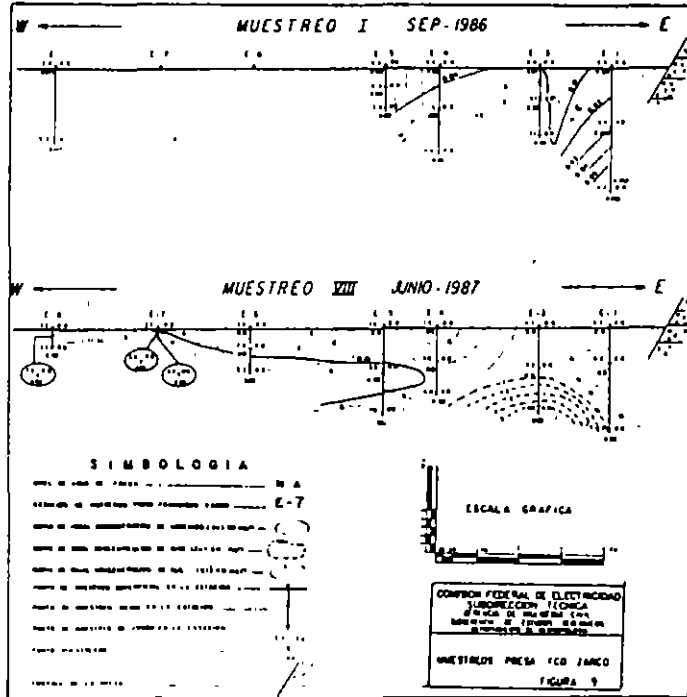


FIGURA 8

AGUA DE LA PRESA FRANCISCO ZARCO

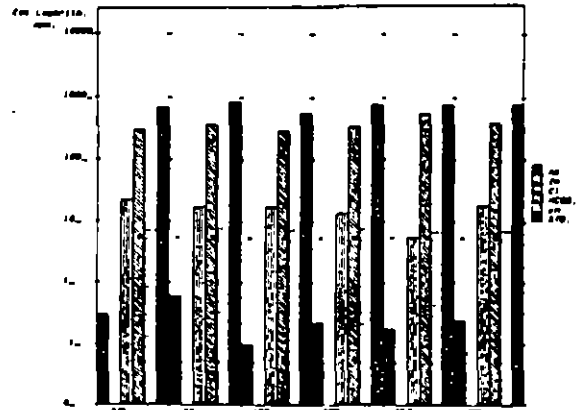
Con base en los resultados obtenidos y de sus configuraciones (Figura 9), se determinó que durante los muestreos correspondientes de abril a septiembre, existe una movilización de As, Zn, Cl y Sódicos Totales Disueltos (STD), con dirección hacia la cortina de la presa, asociada con un agua con la siguiente clasificación: Clorurada Normal, Sulfatada Normal, Bicarbonatada Normal (Clasificación de Schepeller). Y en el muestreo correspondiente a octubre, se observa que las curvas de acumulación de cloruros y STD, son menores a medida que se acercan a la cortina, así como la presencia de otro tipo de calidad de agua, con mayor contenido de carbonatos, esto se debió a la falta de movilidad del agua de la presa, ya que este periodo de muestreo corresponde a la época en que se cierran las compuertas de la presa (septiembre-febrero).

Como resultado del análisis de la información obtenida, se comprueba que la Presa Francisco Zarco actúa como vaso colector de efluentes, en los periodos de represamiento de la misma, como se observó en las estaciones de monitoreo de las aguas del Río Nazas, localizadas aguas abajo de la presa.



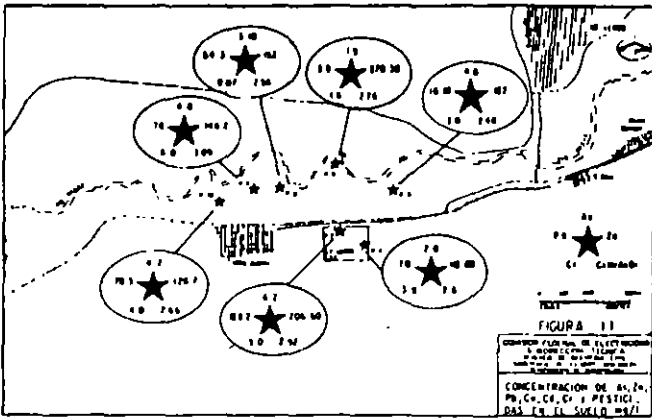
AGUA DE MANANTIALES

Los resultados de los análisis reportan la ausencia de: Plata, Cobre, Plomo, Cadmio, Cromo y Mercurio. El Cinc se presenta únicamente en el manantial M-3, en el mes de julio, con una concentración de 0.02 mg/l. La ocurrencia del As en el agua de los manantiales, está asociada a las fallas mineralizadas de la Formación Nazas, así como a sus cambios litológicos, los cuales actúan como patrón de ocurrencia de los manantiales (Figura 10).



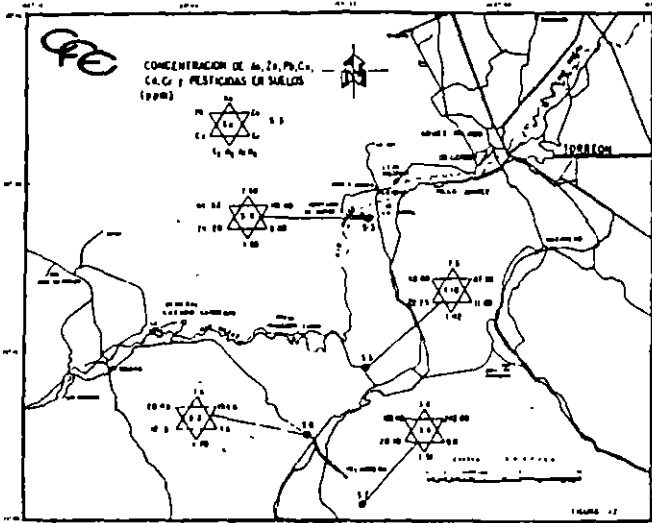
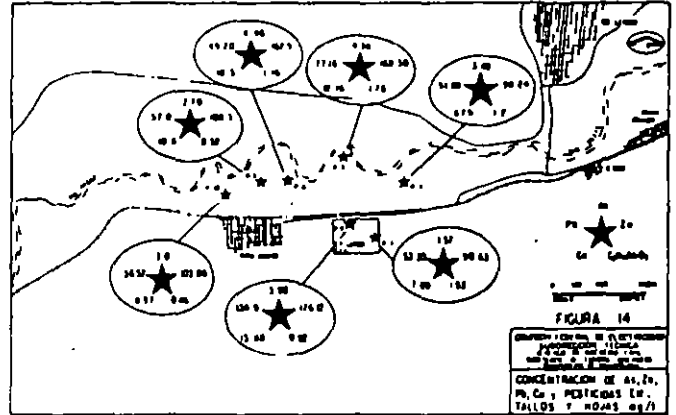
SUELOS

El monitoreo de suelos se realizó en el área de Villa Juárez, Dgo., aldeaña al área de los pozos, y en el área de Valdeña, cercana al área de la mina. Con base en los resultados obtenidos del análisis de suelos se puede concluir, que en el área de Villa Juárez el arsénico presente en suelos, está asociado a actividades agroindustriales debido a la aplicación de pesticidas, ya que las mayores concentraciones de Acido Cecodílico, están asociadas al área de pozos, y en el área de manantiales, se presentan las menores concentraciones de este compuesto. En el área aldeaña a la Mina Valdeña, se observa que el arsénico, está asociado a la mina directamente, ya que en la estación S-8, localizada aguas abajo del área de la mina, presenta concentraciones superiores en un 100 % a la estación S-7. Estas condiciones reflejan la influencia de la mina. La influencia agroindustrial se manifiesta en esta área, manifestada por valores inferiores de Acido Cecodílico que en el área de Villa Juárez, Figuras 11 y 12.



VEGETALES

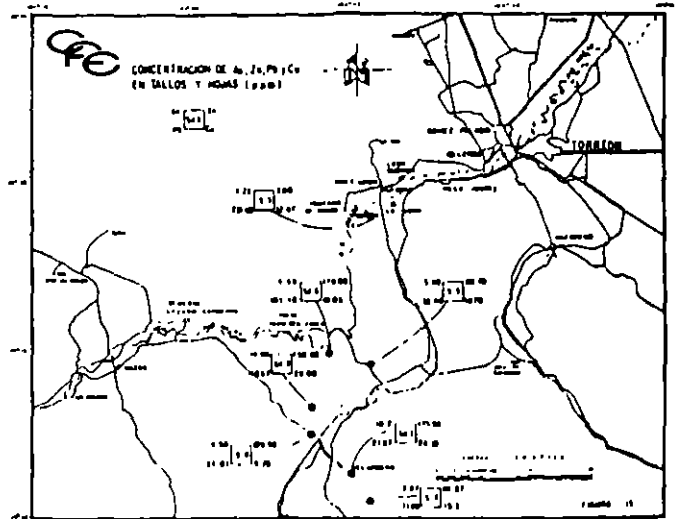
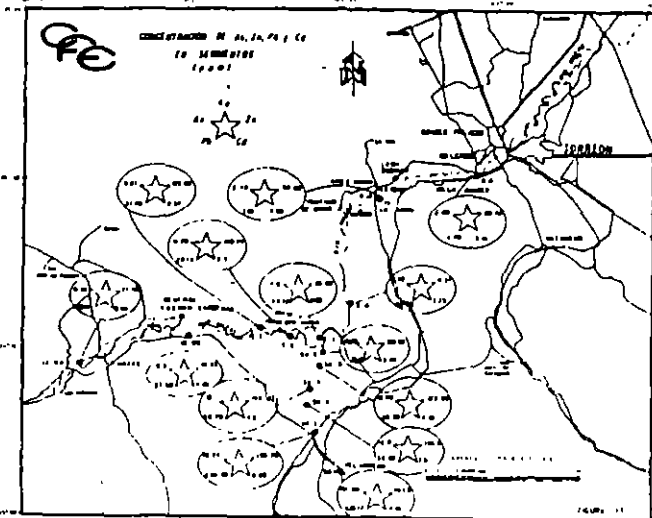
El monitoreo de vegetales se realizó en el área de Villa Juárez, Dgo., área de pozos de CFE y manantiales: Área Minera de Valverdeña y Ribera del arroyo Cuencamé. La presencia de arsénico en los vegetales del área de Villa Juárez, está asociada a las actividades agroindustriales, principalmente en el área de pozos, ya que las concentraciones de Acido Cacodilico son comparables en un 50 % de las concentraciones en suelos. En el área de manantiales la presencia del arsénico está asociada a las formaciones geológicas y a la influencia de la actividad agroindustrial. El área Minera de Valverdeña, muestra una fuerte asociación con la presencia de arsénico, ya que en la estación S-7 se presentan concentraciones menores en casi 30 % con respecto a la estación S-8. Así mismo, la influencia agroindustrial no está asociada al área de la Minera Valverdeña, ya que los valores de Acido Cacodilico son 0.00 ppm. Figuras 14 y 15.



SEDIMENTOS

El monitoreo de sedimentos se realizó en la presa Francisco Zerco, Río Nazas, área Minera de Valverdeña y manantiales. El arsénico presenta sus concentraciones más elevadas, en las cercanías del área Minera de Valverdeña. El arsénico en la referencia anterior se realiza mediante transporte fluvial, donde es llevado el embalse de la Presa Francisco Zerco, según muestran las concentraciones de arsénico en el arroyo Cuencamé. En la presa los sedimentos son acumulados y vertidos en los momentos de desahue de la misma, proporcionando sedimentos ricos en arsénico y elementos traza, hacia aguas abajo de la presa.

En lo que respecta a los manantiales, el contenido de arsénico en sedimentos se asocia a un origen formacional, así como a las actividades agroindustriales, ya que el análisis de difracción de Rayos X reporta la presencia de minerales ricos en arsénico, y el análisis de cromatografía de gases reporta cantidades significativas de Acido Cacodilico, similares a las del área agrícola de Villa Juárez, Figura 13.



PARTICULAS SUSPENDIDAS EN LA ATMOSFERA

El monitoreo de partículas suspendidas en la atmósfera, se realizó una vez durante el periodo de muestreo, colectándose muestras en 11 estaciones de monitoreo, localizadas estratégicamente para cubrir el área de estudio. Para la colección de muestras se utilizó una bomba, cuya finalidad fue succionar el aire a través de un filtro, con peso conocido, durante 8 horas. Con base en los resultados obtenidos se puede observar que el arsénico está asociado a las actividades agroindustriales del área de Villa Juárez y a las aportaciones de la Minera de Valverdeña, Figura 16.

JALES Y MINERALES DEL AREA MINERA DE VELARDEÑA Y MANANTIALES

El monitoreo de jales y minerales se realizó con el objeto de conocer los mecanismos de lixiviación de los jales y minerales, su caracterización físico-química con respecto a elementos traza y los minerales asociados a ellos. La Concentración de arsénico es superior en jales, que en los minerales, así como en las rocas asociadas a los manantiales, esto se debe a su mayor solubilidad de los jales. El contenido de Zinc, Plomo, Cobre y Plata es mayor en los minerales de la mina, Figura 18.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presencia del arsénico en el agua subterránea del área de Villa Juárez, Ogo, y del agua del río Nazas, está asociada a los periodos de descarga de la Presa Francisco Zarco, la cual actúa como vaso colector de sedimentos en los periodos de almacenamiento de la misma, favoreciendo la presencia de arsénico, el cual es removido en los periodos de destoque (marzo a septiembre) y se manifiesta aguas abajo de la misma, recargando el acuífero de Villa Juárez.

El arsénico presente en el agua de los manantiales localizados al sur de Villa Juárez, está asociado a cambios litológicos y fallas mineralizadas de la Formación Nazas, las cuales actúan como patrón de ocurrencia de los manantiales.

Con el análisis de los suelos, se concluye que el arsénico presente en el área de Villa Juárez, Ogo, está asociado a actividades agroindustriales. En el área de Velardeña, el arsénico presente está asociado a actividades mineras con muy poca influencia agrícola.

El análisis de los sedimentos permitió observar, que el arsénico presentó sus concentraciones más elevadas en las cercanías del área Minera de Velardeña y decrece en dirección aguas abajo del arroyo Cuencame hasta su desembocadura con la Presa Francisco Zarco, entrando en la dinámica de la presa y descrita.

El arsénico en los vegetales del área de Villa Juárez, está asociado a las actividades agroindustriales, principalmente en el área agrícola cercana a Villa Juárez, ya que las concentraciones de Acido Cecodílico son comparables en un 80 % con las concentraciones en suelos. En el área de manantiales la presencia del arsénico en vegetales está asociado a las formaciones geológicas y a la influencia de la actividad agroindustrial.

El arsénico en las vísceras de peces de la Presa Francisco Zarco, así como Plomo, Zinc y Cadmio ratifica la asociación con el área de la Mina Velardeña, debido a que sus concentraciones son similares a las presentadas en los sedimentos de la Presa y Arroyo Cuencame.

La presencia de arsénico en el área está asociado a varios orígenes: uno natural como es el caso de los manantiales localizados al sur de Villa Juárez, Ogo, e inducidos por el hombre como es el caso de la actividad del área Minera de Velardeña, la cual aporta arsénico a la cuenca de la Presa Francisco Zarco, y de las actividades agrícolas, manifestados por la presencia de compuestos orgánicos arsenicales en los suelos y sedimentos, principalmente en el área agrícola de Villa Juárez, Ogo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Jose A. Maza A., por la disposición para la realización y presentación del presente estudio; al Ing. Gustavo Díaz V., por la motivación para presentar este trabajo, al personal del Laboratorio de Química por su valiosa cooperación. También se agradece al personal de la Superintendencia de Estudios Zona Noroeste, por su participación en los trabajos de campo.

BIBLIOGRAFIA

Comisión Federal de Electricidad, Estudio sobre la detección de elementos tóxicos en la zona de Villa Juárez, Ogo, Primera etapa, (octubre 1985-julio 1987); Juan M. Nieto, Sergio A. Flores C., Departamento de Geohidrología.

Comisión Federal de Electricidad, Estudio sobre la detección de elementos tóxicos en el área de Villa Juárez, Ogo, Segunda Etapa; (1988); Juan M. Nieto, Sergio A. Flores C., Departamento de Geohidrología.

Custodio, E. y Llamas R.L., Hidrología Subterránea, Cap. 10.3, 1975, Editorial Omega, S.A., Barcelona, España.

Fergusson F. John y Greivis Jerome, Water Research, A. Review of the Arsenic Cycle in Natural Waters, Vol. 5, 1972, Pergamon Press, Great-Britain.

Fergusson J.E., Mineral Resources, in Inorganic Chemistry and the Earth Pergamon Press (1982), Great-Britain.

Flores C.S.A., Hydrogeology and a quantitative model to predict a safe yield for the area of Villa Juárez, Ogo., tesis de grado de M.C., Universidad de Arizona 1987.

CFE-UACH, Análisis del estudio geohidrologico del acuífero de Salameyucu, Chih., y diseño de una política de explotación óptima para el abastecimiento de la Central Termoeléctrica Salameyucu, Contrato N0. 872009, diciembre de 1987.

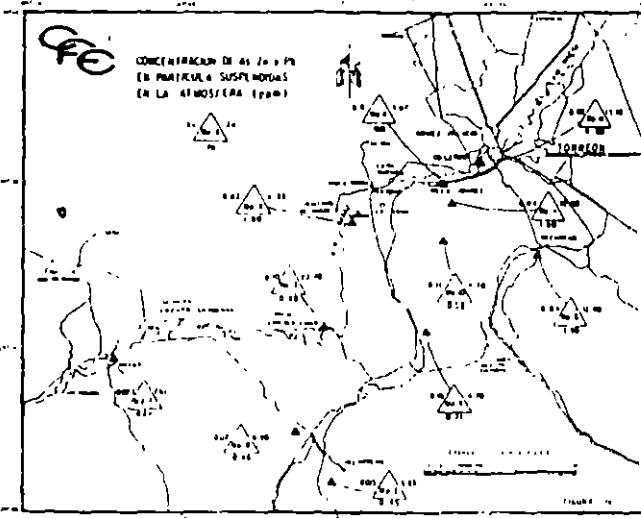
Wang H.F. Introduction to ground-water modeling, W.W. Freeman and Company, San Francisco, 1987.

Keith Lawrence H., Origin and Nature of Selected Inorganic Constituents in Nature Waters, in Water Analysis Vol. 1 (1982), Academic Press, New York.

National Academy of Sciences, Arsenic (1977), National Academy of Sciences, Washington, D.C.

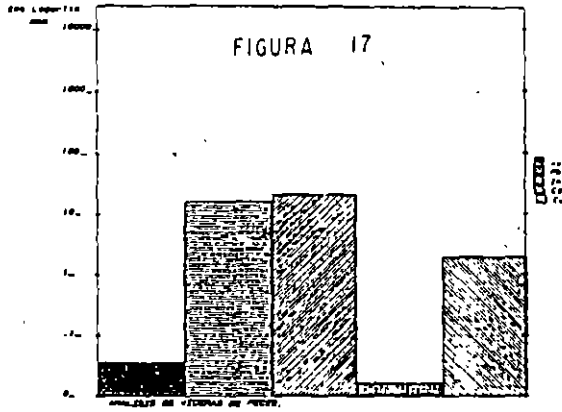
National Research Council Canada, 1978, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Effects of Arsenic in Canadian Environment, Subcommittee on Heavy Metals and Certain other Compounds (1978).

The Encyclopedia of Geochemistry, and Environmental Sciences, 1972; Arsenic Element and Geochemistry, Dowden Hutchinson and Ross, Inc.

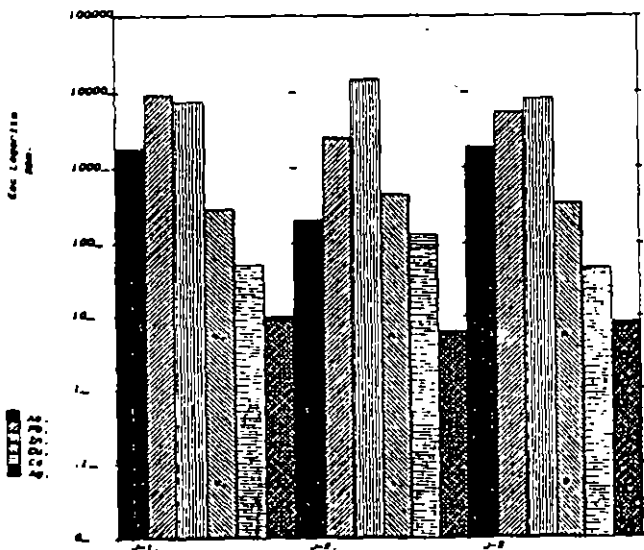


PECES

El monitoreo de arsénico en peces, consistió en la colección de vísceras de los mismos, con objeto de analizarlas físico-químicamente. La colección de muestras se realizó una vez durante el periodo de muestreo. Del análisis físico-químico de vísceras de peces, se pudo observar que no presentan concentración de Cromo, Plata y Mercurio. La presencia de arsénico en vísceras de peces, así como Plomo, Zinc y Cadmio ratifica la asociación con el área de la Mina Velardeña, debido a que sus concentraciones se asocian a las presentadas en los sedimentos de la Presa y Arroyo Cuencame, Figura 17.



Concentración de elementos tóxicos, AREA PRESA FRANCISCO ZARCO AÑO 1988. TIPO DE ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO. * Límite permitido de 40 en ppm. * Límite permitido de 20 en ppm.



Concentración de elementos tóxicos, AREA PT LERDO VELARDEÑA AÑO 1988. TIPO DE ANALISIS FÍSICO QUÍMICO. * Límite permitido de 40 en ppm. * Límite permitido de 20 en ppm.

FIGURA 18

INTRODUCTORY STATEMENT*

A geologic hazard is a normal geologic condition, event or process that threatens man's life or property. Correct evaluation of geologic problems and correct application of geologic and engineering procedures can vastly reduce both dollar and life loss due to geologic hazards. It is the purpose of this map to delineate areas where special precautions in planning and construction should take place because life and/or property could be otherwise endangered. The focus here is on the location of potential natural hazards and not the prediction and timing of hazard activity. Land developers, city planners, engineers, or anyone interested in land use should be aware of these natural geologic phenomena and their potentially detrimental effects. The geologic hazards recognized in the McDowell Mountains area include: slope instability, flooding, earthcracks and earthquakes.

Slope instability relates to the potential for mass movement of earth materials (landslides, rockslides, rockfalls, etc.) down slope. Granitic and basaltic bedrock areas are favorable for boulder-rolling because of the subrounded shape of the boulders. Sliding of weathered material occurs in alluvium-colluvium deposits that have become unstable.

Contrary to common opinion, severe floods do occur in deserts. However, an understanding of weather patterns, drainage basin and stream channel characteristics permit prediction of potential flooding of the numerous dry washes of the desert. Alluvial fan morphology and age relationships also can help delineate areas of general flooding in the non-mountainous areas.

Earthcracks are breaks in the surface of the ground that can cause damage to property and structures and disrupt surface drainage. Most earthcracks result from differential surface subsidence caused by continued withdrawal of large amounts of groundwater.

Earthquakes result from a sudden release of tension somewhere within the earth's crust along a rupture, or fault. Numerous faults exist within the area but are classified as inactive because there is no evidence to suggest that any have moved within the last 35,000 years.

The geologic hazards shown on this map are naturally-occurring features. However, man's activities can produce hazards by excavating and quarrying of material in a way that leaves the surface in an unstable condition (see Welsch and Péwé, 1979 Material Resources map GI-1-F and Excavation Conditions map GI-1-H). Hazards such as flooding can be impeded by construction of the CAP canal and dike which will effectively retard all surface runoff except for that which will be channeled under or over the canal. Also, with regard to flooding, any surface development which decreases soil permeability (roads, parking lots, cementing stream channels, etc.) will increase runoff and add to the flooding problems down gradient.

Each geologic hazard has its own effects on the landscape and consequently on man's environment. It is hoped that this map will assist land users in developing an awareness of potential problems and that land use will be preceded by adequate study, planning and engineering.

*This map involves a general evaluation on a broad scale and does not preclude the necessity of site investigation.

SELECTED REFERENCES

- Arizona Highway Department, Bridge Division, 1969. Hydrologic design for highway drainage in Arizona, 53 p.
- Christenson, G. E., Welsch, D. G., and Péwé, T. L., 1978. Environmental Geology of the McDowell Mountains Area, Maricopa County, Arizona: University of Arizona, Bureau of Geology and Mineral Technology, Folio Series, Map GI-1-A (Geology) 1:24,000.
- , and Péwé, T. L., 1979. Environmental Geology of the McDowell Mountains Area, Maricopa County, Arizona: University of Arizona, Bureau of Geology and Mineral Technology, Folio Series, Map GI-1-D (Caliche) 1:24,000.
- Curdy, G. E., Holway, U. V., and Péwé, T. L., 1977. Environmental Geology of the Paradise Valley Quadrangle, Arizona, Unpub. report, City of Scottsdale, Arizona, 14 maps.
- Green, C. R., and Sellers, W. D., 1964. Arizona Climate: University of Arizona Press, Tucson, Arizona, 503 p.
- Lausten, D. C., 1974. Gravity methods applied to the geology and hydrology of Paradise Valley, Maricopa County, Arizona. Arizona State University unpub. Masters Thesis, 137 p.
- Miller, R. D., 1973. Map showing relative slope stability in part of west-central King County, Washington: U.S. Geol. Survey Map I-852A.
- Schumann, H. H., and Poland, J. F., 1970. Land subsidence, earth fissures, and groundwater withdrawal in south central Arizona, U.S.A.: International Assoc. of Scientific Hydrology, vol. 2, p. 296-302.
- Sturgul, J. R., and Irwin, T. D., 1971. Earthquake history of Arizona and New Mexico, 1850-1966. Arizona Geol. Soc. Digest, vol. 9, p. 1-2.
- United States Department of Commerce, NOAA, 1973. Earthquake history of the U.S., Publication 41-1, p. 1-3.
- Welsch, D. G., and Péwé, T. L., 1979. Environmental Geology of the McDowell Mountains Area, Maricopa County, Arizona: University of Arizona, Bureau of Geology and Mineral Technology, Folio Series, Map GI-1-C (Landslopes) 1:24,000.
- , and Péwé, T. L., 1979. Environmental Geology of the McDowell Mountains Area, Maricopa County, Arizona: University of Arizona, Bureau of Geology and Mineral Technology, Folio Series, Map GI-1-F (Material Resources) 1:24,000.
- , and Péwé, T. L., 1979. Environmental Geology of the McDowell Mountains Area, Maricopa County, Arizona: University of Arizona, Bureau of Geology and Mineral Technology, Folio Series, Map GI-1-H (Excavation Conditions) 1:24,000.
- Yerkes, R. F., Bonilla, M. G., Youd, T. L., and Sims, J. D., 1974. Geologic Environment of the Van Norman Reservoir Area. U.S. Geol. Survey Circular 691-A, 35 p.

EXPLANATION

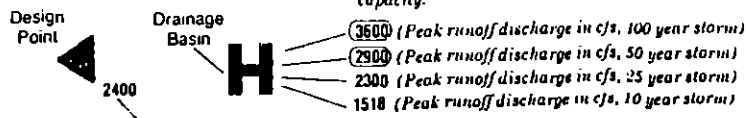
FLOODING

The flooding potential for any given area can be determined both quantitatively and qualitatively. Measurement of drainage basin and stream channel characteristics together with precipitation data permit calculation of potential flood volumes. Qualitatively, potential flooding can be estimated by analysis of appropriate landforms. For example, rolling hills have very little chance of overbank flooding but modern flood plains have a great chance of being flooded.

Overbank Flooding

Quantitatively, flooding potential can be determined because runoff from the McDowell Mountains drainage basins is collected in deep, steep-walled washes which are incised from 1-30 feet (1-9 meters) below the alluvial fan surface. The depth to which these major washes are incised below the fan surface is indicated on the map because the depth has a direct relationship to the holding capacity of the channel with regard to runoff. To determine quantitatively where overbank flooding would occur, a hydrologic design procedure, as outlined in the Hydrologic Design for Highway Drainage in Arizona and the Manning hydraulic flow equation, were used. The potential overbank flooding conditions were determined for each drainage basin for the 100, 50, 25 and 10-year frequency storms. The maximum carrying capacity in cubic feet per second (cfs) has also been calculated for each stream channel at the design point. These two determinations have been calculated in reference to a design point and, therefore, are applicable only at that particular point. Overbank flooding will occur when the peak runoff discharge in cfs is greater than the stream channel holding capacity in cfs as indicated on the diagram below.

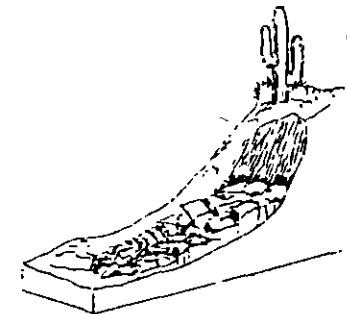
Circled numbers indicate that overbank flooding will occur when peak runoff discharge is greater than the stream channel holding capacity.



Debris Movement

VI

Poorly compacted, unconsolidated colluvium and alluvium, unstable particularly when saturated by moisture generally on slopes greater than 10°, undercutting for roads and foundations or loading can cause loss of stability with a downward movement of soil and rock.



Rock Falls

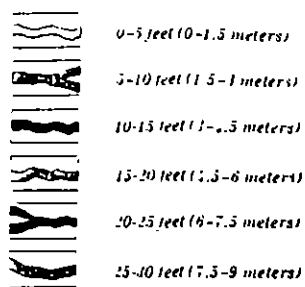
VII

Blocky to platy metamorphic rocks, falls caused by loss of support provided by underlying rock or material on precipitous slopes greater than 35° (100%), rocks lose underlying support by erosion, earth vibration, animal activity, wind or other causes, blocks to 10 feet (3 meters) in diameter that literally fall and bounce down steep slopes coming to rest on gentler slopes near base of mountains.



Stream channel holding capacity in cfs

Depth of wash incision in feet below the fan surface



General Flooding

Qualitatively, the flooding potential was determined by analysis of landform morphology and age relationships. Three different ages of alluvial fans exist in much of the area.

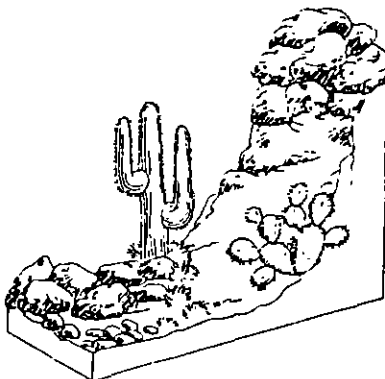
- Ia The youngest fan segment is the present day area of deposition. The major washes carry runoff and sediment from the mountains and as the stream channel decreases in depth down fan, the runoff spills over the channel sides and debouches onto the fan surface. The drainage system is braided and channels continually change positions. Flooding is generally severe in major storms and overflowing channels add to the sheetflood problems down fan.
- Ib At the base of the fans on the valley floor, stream channels are almost imperceptible and most precipitation that falls here is not naturally channelized; therefore sheet flooding and ponding are common during most large storms. Flooding is caused by precipitation that falls here and only in very major storms does mountain runoff flow this far down the fan.
- II The next younger fan segment has a finer and less deeply-incised drainage texture. Overbank flooding is probable during the more severe storms thus adding to local sheet flooding. Generally, away from the washes, only sheet flooding will occur.
- III The oldest fan segment, and subsequently the highest part of the fan, has a coarse, deeply-incised drainage texture. Most precipitation will be channeled into these steep-walled stream channels. Generally, no overbank flooding will occur, and sheet flooding only locally between drainages.

SLOPE INSTABILITY

Slope instability is the tendency for earth materials to move downhill under the influence of gravity. Several types of potential unstable slopes occur: boulder rolling, rock falls and debris movement. Stability of a slope is in a continual state of change because of the geologic processes which act upon it and, therefore, only the potential areas of failure and not the rates or times at which these hazards take place, can be outlined.

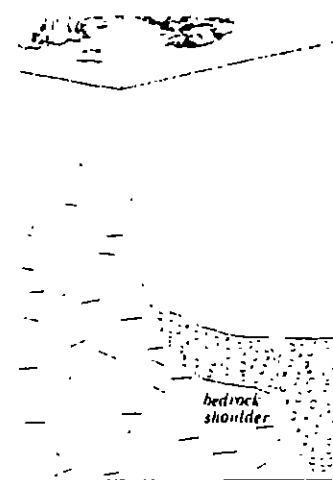
Boulder Rolling

- IV Granite bedrock arena, erosion along joints form subrounded masses 1-10 feet (0.3-3 meters) in diameter capable of rolling down slopes greater than 15%.
- V Basalt bedrock and colluvium, subrounded masses generally 1-1 feet (0.3-1 meters) in diameter which roll or tumble from steep slopes or unstable talus debris, particularly if undercut or if boulders removed at bottom.



EARTHCRACKS

Earthcracks are fissures in the ground surface usually caused by differential ground subsidence resulting from withdrawal of ground water. A zone of possible earthcrack development exists in the southwest corner of the area. From geophysical investigations, this zone corresponds to a buried bedrock shoulder over which differential subsidence seems most likely to occur. Analysis of earthcrack locations surrounding the Phoenix region (Cordy, Holway, and Pevé, 1977) indicates that the majority of earthcracks develop along the periphery of the basins subparallel to mountain fronts and correspond with steep gravity gradients associated with edges of bedrock shoulders and other local buried bedrock irregularities.

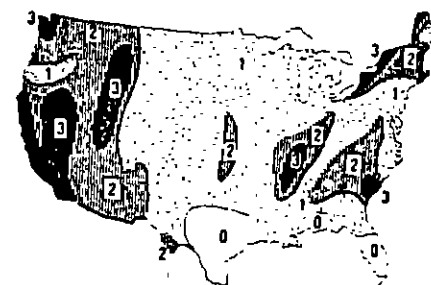
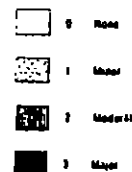


Geologic hazards depicted on this map are less active in uncolored area

EARTHQUAKES

An earthquake is the trembling or shaking of the ground produced by rapid differential movement of rocks along a fault. It is caused by a sudden release of stress that has built up within the earth's crust. A number of faults are evident in the area. However, there is no field evidence indicating any movement at the surface within the last 35,000 years. The faults, therefore, would be classified as inactive (Yeskes and others, 1973). Numerous earthquakes have occurred in Arizona within historic time with the most recent occurring near New River, approximately 30 miles (48 kilometers) to the northwest of this area, on December 19, 1973. On the National Oceanic and Atmospheric Administration seismic risk map (the diagram below), potential moderate damage could be expected from an earthquake in this area and, therefore, is a factor that should be considered in design engineering of important structure.

DAMAGE



MAP SYMBOLS

- Contact, dashed where gradational
- - - - - Faults, dashed where inferred, dotted where buried.
- 50 Dip and strike of beds
- 68 Dip and strike of foliation
- ~ Outline of drainage basin

EXPLANATION

less septic tank
flood hazard.
development
ant (stabiliza-

tion pond) effluent is highly unlikely with ground water at relatively great depths, general percolation rates low and the general ability of the soils to filter pollutants. However, if such facilities are placed close to pumping wells, lateral movements of shallow, polluted wastes may cause contamination in wells.

Soil Type (Unified Soil Class)	Suitability for Septic Tanks	Suitability for Waste Stabilization Ponds	Suitability for Sanitary Landfills	Suitability for Use as Landfill Cover Material
Sandy loam (ML, CL, SC)	Good, permeability sufficient, depth to bedrock great, easily excavated, no caliche problem, flood hazard great, particularly near washes.	Poor, slopes and relief are sufficiently low but permeability and flood hazard great, easily excavated but lining of pond necessary.	Fair to good, local source of cover, depth to bedrock great, excavation easy, flood hazard locally severe near streams, permeability sufficiently low.	Good to poor, good to poor compaction, impermeable when compacted, slight dust problem and difficult to work when wet.
Gravelly loam (GC, SC)	Good to fair, permeability sufficient, depth to bedrock great, moderately easy to excavate due to only moderately developed caliche, flood hazard moderate but severe near washes.	Poor, slopes and relief sufficiently low, permeability high and flood hazard locally great, excavations easy but lining of pond necessary.	Fair, excavations moderately easy at depths below 3 feet (.9 m), source of cover within 1 mile (1.6 km), depth to bedrock great, flood hazard locally great, permeability moderate.	Fair to poor, fair compaction, impermeable when compacted, workable in all weather, locally too gravelly.
Very gravelly clay loam (GC)	Good to fair, permeability sufficient, depth to bedrock great, moderately easy to excavate down to 3-8 feet (1.5-2.4 m), difficult below this due to strong caliche, flood hazard moderate.	Poor, slopes and relief moderate, permeability too great and flood hazard moderate, excavation easy to depths of 5-8 feet (1.5-2.4 m).	Fair to poor, permeability sufficiently low below shallow depths, excavation difficult below shallow depths due to caliche and large boulder size, flood hazard moderate, source of cover within 2 miles (3.2 km).	Poor, impermeable when compacted but too gravelly, compaction fair.
Very gravelly clay loam (GC)	Fair to poor, permeability locally sufficient but generally impaired by near-surface caliche, bedrock locally near-surface (Qac), excavation difficult, flood hazard slight.	Fair, slopes and relief locally prohibitive and excavation difficult, but permeability low due to caliche and flood hazard slight.	Poor, permeability low but excavation difficult due to caliche and large boulder size, flood hazard slight, local near-surface bedrock, source of cover within 5 miles (8 km).	Poor, impermeable when compacted but too gravelly, and too calichified, excavation difficult, poor compaction due to boulder content and caliche binder.
Gravelly clay loam (GC, SC)	Poor, impermeable to slightly permeable due to caliche, degree of consolidation, and local near-surface bedrock, very difficult to excavate, flood hazard slight but slopes generally prohibitive.	Poor, slopes prohibitive and relief great, excavation difficult and permeability low due to caliche, flood hazard slight.	Extremely poor, impermeable but piping possible in fractures of near-surface bedrock, excavation very difficult, slopes prohibitive, flood hazard slight except in valley bottoms, no local source of cover.	Extremely poor, too gravelly and calichified, difficult to excavate, poor compaction due to boulder content and caliche binder.
Gravel (GP)	Poor, permeability great, subject to piping through gravel, no caliche but locally difficult to excavate due to large boulder size, flood hazard severe.	Poor, slopes locally prohibitive, excavation easy but permeability high and flood hazard severe.	Extremely poor, high permeability, subject to piping, flood hazard severe, local shallow bedrock.	Poor, very permeable even when compacted, poor compaction, easily excavated but boulder content great, no binding material.
	Poor, impermeable except in open fractures with piping and plugging possible, no filtering or cleansing of effluent, very difficult to excavate, flood hazard slight.	Poor, slopes prohibitive, excavation very difficult, impervious except for fractures, no flood hazard.	Extremely poor, impermeable but piping of leachate possible, very difficult to excavate, slopes prohibitive.	Extremely poor, very difficult to excavate, crushing necessary.

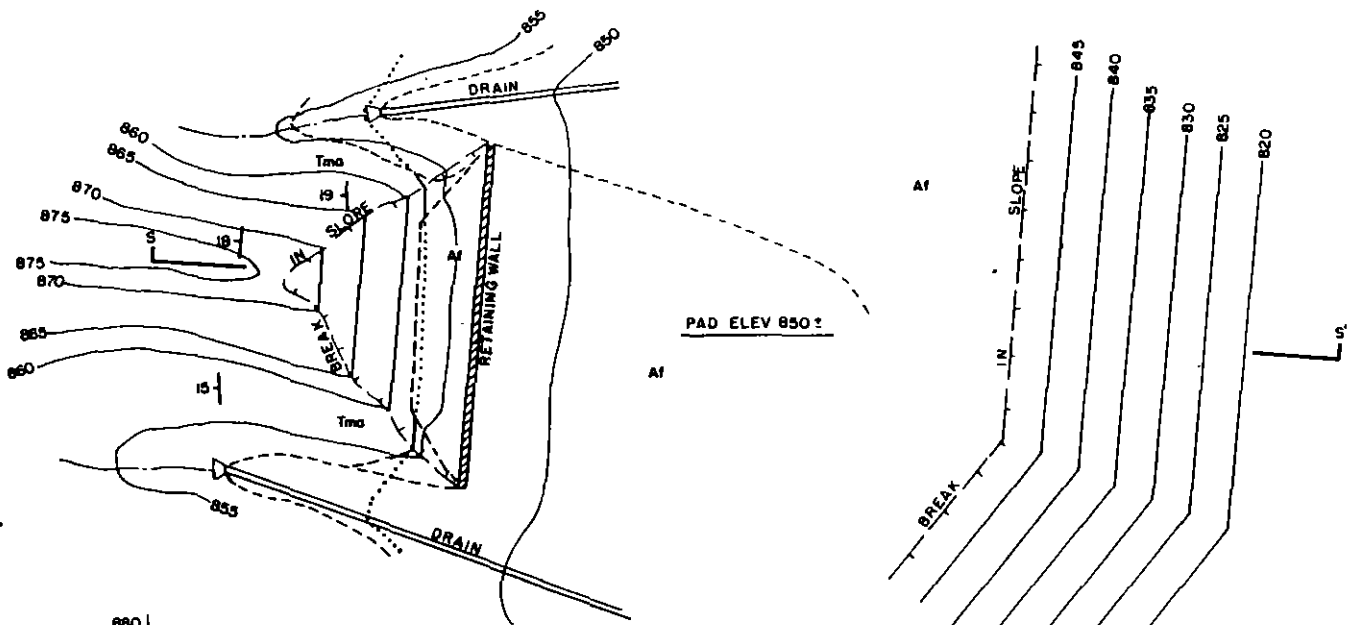
ion rates in minutes/inch from on site tests made at the given depth below surface in the given subdivision, data from Maricopa County Health Department.

Map areas are rated from most favorable (I) to least favorable (VII) for the operation of sanitary la systems and waste stabilization ponds on the basis of percolation rate, difficulty of excavation, slope Names and locations of subdivisions where percolation rate data were obtained, or will be obtainable begins, are also shown on the map. Contamination from landfill leachate or septic tank and treatme

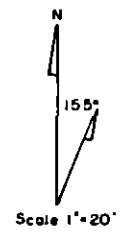
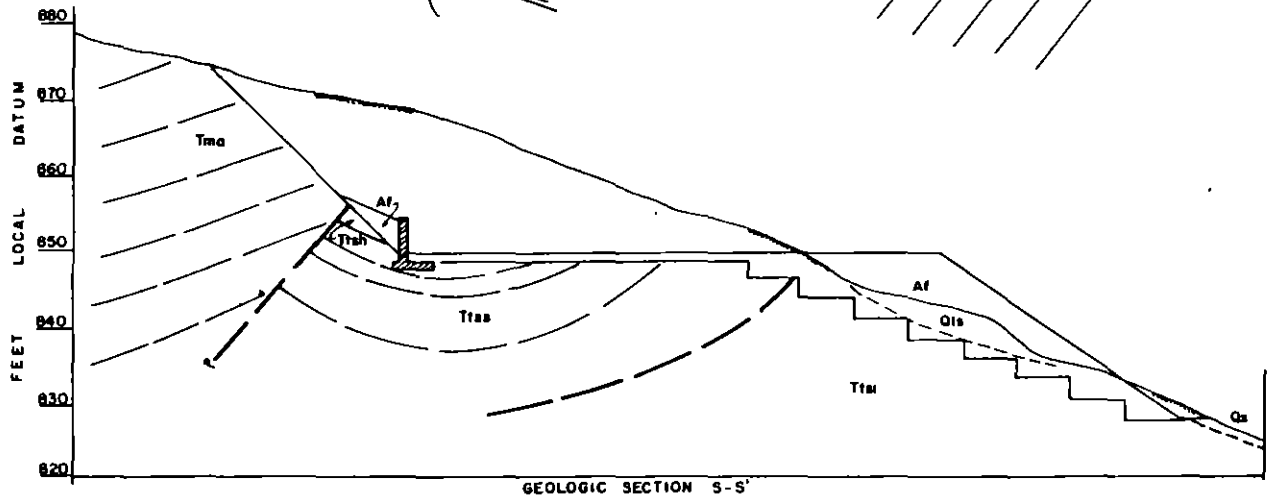
Waste Disposal Unit	Landforms Unit	Geologic Unit	Percolation Rate		Depth to Caliche (Development)	Average Slope
			SCS ¹	MCPHD ²		
I	Active alluvial fan segments, basin floor.	Very fine- and fine-grained alluvium.	.63-6.3	3.0 at 14 feet (4.2 m) 4.4 at 25 feet (7.6 m) (Pima Acres)	Greater than 8 feet (1.8 m) (weak)	0-2%
II	Active and inactive alluvial fan segments.	Medium-grained alluvium.	.63-6.3	14.3 at 4 feet (1.2 m) (Tierra de los Arcos)	3 feet (.9 m) (moderate)	2-5%
III	Active and inactive alluvial fan segments.	Coarse- and very coarse-grained alluvium.	.06-.63	No data	5-8 feet (1.5-2.4 m) (strong)	2-10%
IV	Active, inactive and abandoned alluvial fan segments, alluvial-colluvial slopes.	Medium- coarse- and very coarse-grained alluvium, alluvium-colluvium.	.06-.63	10.8 at 4 feet (1.2 m) 7.8 at 8 feet (2.4 m) 1.7 at 30 feet (9.1 m) (Paradise Heights) 26.7 at 5.5 feet (1.7 m) (Talisin West)	At or within 3 feet (.9 m) of surface (strong)	2-10%
V	Abandoned alluvial fan segments, strongly undulating hills, gently sloping ridges, alluvial-colluvial slopes, smooth alluvium-colluvium covered bedrock surfaces.	Coarse- and very coarse-grained alluvium, conglomerate, basalt colluvium, alluvium-colluvium.	Less than .06 to 2.0	No data	At or within 3 feet (.9 m) of surface (strong to very strong)	Generally greater than 10%
VI	Modern stream channels.	Boulder alluvium and very coarse-grained alluvium.	Greater than 6.3	No data	Absent	2-10%
VII	Bedrock highlands, fault-block hills.	Bedrock units.	No data	No data	Absent except in fractures and in slope debris	Generally greater than 15%

1) Percolation rates given in inches/hour, generalized from Soil Conservation Service data.

2) Per



- EXPLANATION**
- Af ARTIFICIAL FILL
 - Qs SOIL
 - Qls LANDSLIDE DEBRIS
 - Tr TOPANGA FORMATION- sh- shale member, ss- sandstone member;
 - sl- siltstone
 - Tma MARTINEZ FORMATION
 - - - SURFICIAL DEPOSIT CONTACT
 - FORMATION CONTACT
 - ▲ FAULT CONTACT, DOTTED WHERE CONCEALED, SHOWING DIP
 - 46° BEDDING ATTITUDE
 - +— TRACE OF AXIAL PLANE OF SYNCLINE, DOTTED WHERE CONCEALED
 - S— GEOLOGIC SECTION LINE
 - - - - - STREAM CHANNEL



(IDENTIFYING DATA OMITTED)

GEOLOGIC MAP AND GRADING PLAN

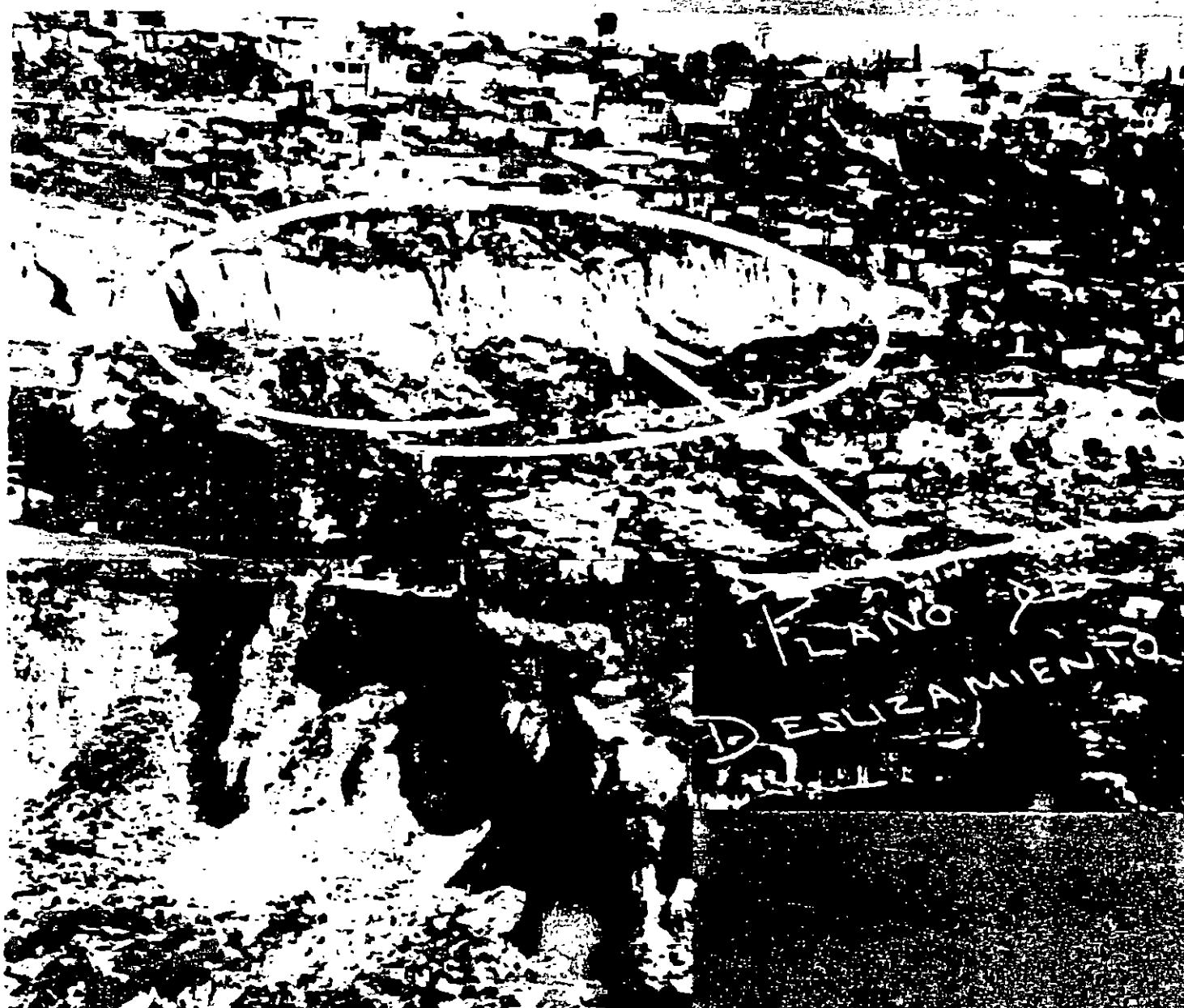
FREQUENTLY THE GEOLOGIC MAPS ACCOMPANIED BY A GRADING PLAN SHOWING ORIGINAL AND PROPOSED CONTOURS IS SUFFICIENT TO SHOW THE EFFECT OF GEOLOGIC FACTORS ON THE PROPOSED DEVELOPMENT. HOWEVER, IN MANY CASES IT MAY BE NECESSARY FOR CLARITY AND EASE OF ANALYSIS - TO SHOW THE GEOLOGY ON THE GRADING PLAN. ADDITIONAL CLARITY WOULD RESULT FROM THE PRESENTATION OF SECTIONS. IF DESIGN DATA FROM ENGINEERS ARE AVAILABLE, SUCH FEATURES AS RETAINING WALLS AND BENCHES BENEATH FILLS MAY BE INCLUDED.

Ingeniería

ORGANO OFICIAL DE INFORMACION DEL
COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE TIJUANA, A.C.



AÑO 1 NUM. 2 MAYO 19
2A. EPOCA



PLANO DE
DESIZAMIENTO

ANÁLISIS DE RIESGO GEOLOGICO EN LA ZONA "EL PASTEJE", ARROYOS LIBERTAD Y LA MONA, EN TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.

POR:

Luis A. Delgado, Arturo Martín Barajas, Ramón Mendoza Borunda, Gabriel Rendón Márquez y Victor M. Frías Camacho.

Departamento de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada 22860, Baja California.

INTRODUCCION.

La parte norte de la Península de Baja California, es una de las zonas con mayor sismicidad en México. Los temblores de tierra, sean éstos locales o lejanos, promueven el deslizamiento de tierra en zonas inestables. Esta inestabilidad puede asociarse a las fuertes pendientes en taludes, al estado de consolidación de los sedimentos, a las condiciones estructurales del terreno (fallamiento y fracturamiento) o, a una combinación entre estos factores. El conocimiento de las características geológicas de un sitio, permiten evaluar su aptitud para la construcción y desarrollo urbano.

En la Fig. 1, se muestra el marco tectónico del NW de Baja California y SW de California donde se indican las fallas más importantes reportadas hasta el momento en la literatura (Kahle et al., 1984). En la misma, se inserta un mapa topográfico obtenido a partir del valor digital de alturas del INEGI, en donde se puede observar que algunos de los cañones más grandes son la expresión de algunas fallas; Además, en el mapa insertado se indica la sismicidad reportada para el segundo semestre de 1992 por la red sismológica del CICESE (RESNOM). Es evidente en la figura 1 que la ciudad se localiza en una región tectónicamente activa y que, no obstante la falta de registro histórico en la actividad sísmica, algunas de las grandes fallas que la atraviezan pueden también ser activas. Es

importante notar que en la Ciudad de Tijuana convergen las proyecciones de las fallas activas de Rose Canyon, La Nación, (en territorio de Estados Unidos) y Vallecitos. Estas estructuras regionales se orientan en dirección NW y muestran paralelismo con respecto al conjunto de fallas que definen el Sistema de San Andrés hacia el oriente, y con las estructuras identificadas en la margen continental de California-Baja California hacia el poniente (fig.1). Estructuras con la misma tendencia, así con orientación NE, han sido identificadas desde hace tiempo en la ciudad (Gastil et al., 1975), sin embargo, no han sido cartografiadas con detalle. La importancia de identificar estos rasgos estructurales se debe a que, tanto la fallas como el fracturamiento asociado, definen zonas de debilidad. En este trabajo solo haremos referencia a los rasgos geológicos de la zona de estudio pues las características sismológicas de la región son objeto de otro trabajo.

Otro factor importante que afecta la estabilidad de un terreno es el inducido por el hombre y en la Ciudad de Tijuana, el acelerado crecimiento ha rebasado sus programas de planeación y en algunos casos, ha provocado el desarrollo de asentamientos en zonas de alto riesgo geológico. Estas zonas se observan en varios sitios de la ciudad; sin embargo, los problemas se acentúan en las colonias más populares, donde la falta de drenaje doméstico y pluvial, así como la forma

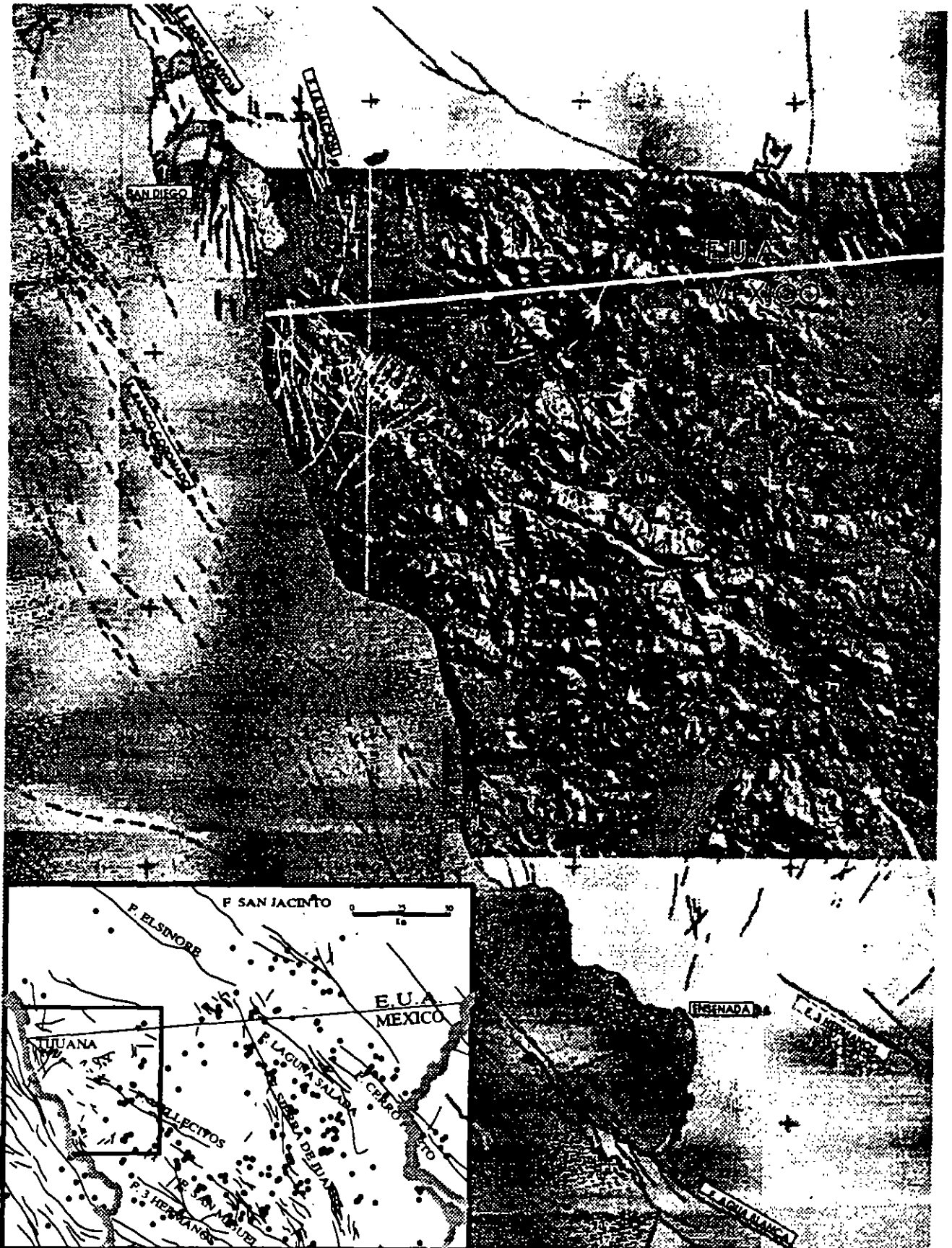


Fig. 1. Marco tectónico del NW de Baja California (modificado de Kahle et al., 1984) que muestra las fallas regionales en el continente y borde continental. La imagen insertada se obtuvo de una base digital de alturas, donde se indican las fallas principales de la región de Tijuana. En el recuadro inferior se indican los epicentros registrados por RESNOM (CICESE) durante el segundo semestre de 1992.

onstrucción, acelera la erosión y provocan la inestabilidad natural del terreno.

Geológicamente, el área urbana de la Ciudad de Tijuana se localiza en un cauce fluvial (Río Tijuana) que incluye un sistema bien integrado de arroyos que corta a sedimentos marinos del Neógeno y de Cuaternario. Estos depósitos forman las mesetas adyacentes a los cauces de los arroyos, que hacia el oriente, se acuñan contra el basamento granítico. Apartir de datos de pozos para agua, se conoce que el paquete sedimentario hacia la base de la secuencia está formado por los depósitos de la Formación Rosario (Minch, 1967). A esta unidad estratigráfica le sobreyace la Formación Rosarito Beach del Mioceno (23 a 5 millones de años) que incluye derrames de lava y cuellos volcánicos en la parte superior, cuyos conductos cortan a la secuencia infrayacente. Sobreyace a la serie volcánica un paquete de sedimentos de la Formación San Diego (Minch, 1967; Gastil et al., 1975). La Formación San Diego se divide en dos miembros: (1) un miembro inferior, marino, constituido principalmente por arenas finas y (2) un miembro superior de arenas gruesas y conglomerados (Deméré 1978). La parte superior del

segundo miembro es continental y, aunque los trabajos iniciales (Minch, 1967) le asignan una edad pleistocénica (5.6 a 1.6 millones de años), Deméré (1978) la ubica en el Plio-Pleistoceno (3.4 a 1 millón de años). Sobreyacen a la secuencia anterior las areniscas y conglomerados de la Formación Lindavista (Minch, 1967; Gastil et al., 1975).

De acuerdo con el mapa geológico de Minch (1967) sobre la geología del área de Tijuana-Rosarito, se observa que los depósitos que constituyen las mesetas y colinas de la Cd. de Tijuana, son parte de las formaciones San Diego y Lindavista. El período reciente en Tijuana, lo constituyen terrazas de conglomerados continentales. Esta unidad litológica está formada por materiales pobremente consolidados y fácilmente erosionables.

Este trabajo se realizó con el propósito de conocer las causas que han provocado el movimiento de terrenos localizados cerca de las márgenes del Cañón y Arroyo Libertad, los cuales, debido a su magnitud y estilo de rompimiento, han servido como referencia para ampliar los estudios de riesgo en la ciudad. Los

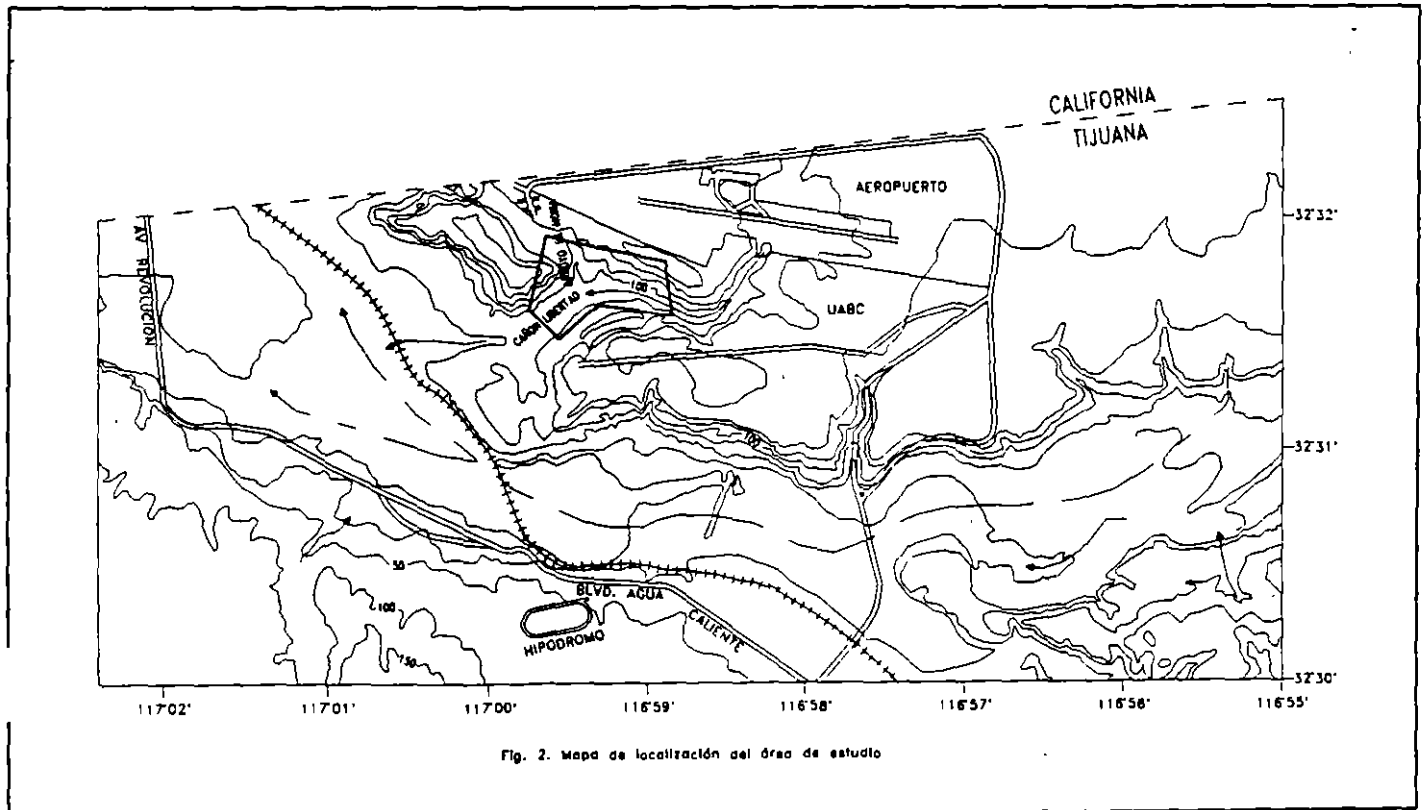


Fig. 2. Mapa de localización del área de estudio

objetivos de este estudio, forman parte de un proyecto promovido y financiado por la SAHOPE sobre el "Estudio para la estimación del riesgo geológico y sísmico de la Colonia Del Río, y Anexa de la Ciudad de Tijuana" (Fig. 2).

DESCRIPCION GEOMORFOLOGICA DEL AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se encuentra en el interior de un cañón cuya parte más profunda, en los límites de las Colonias Libertad y Del Río es de aproximadamente 80 m debajo de la elevación promedio de la Mesa de Otay (150 m.s.n.m.). Este cañón es el rasgo morfológico más grande que penetra a la mesa, al compararse con los más pequeños localizados hacia el oeste de la Colonia Libertad, cuya orientación es E-NE, y a los orientados con tendencia N-S que drenan hacia el arroyo proveniente del Cañón El Padre. Este último arroyo y el Río Tijuana, limitan hacia el sur a la Mesa de Otay. Su orientación N-NE es interpretada por INEGI (carta geológica 1:50 000) como una depresión estructural asociada con el fallamiento normal.

El Cañón Libertad tiene una longitud aproximada de 4 km (fig. 2). La parte media está orientada predominante en E-W, y en su parte final e inicial, su orientación es N-E. El área de estudio se localiza en la parte media, donde el cañón cambia su curso de N-NE a E-W. En esta zona converge, además, un arroyo rectilíneo orientado casi N-S proveniente del sitio conocido como La Mona. El desnivel aproximado entre la carretera al aeropuerto y el Arroyo La Mona, a la altura del límite de la zona cartografiada (ver mapa topográfico) es de 20 m, y desde la carretera hasta la intersección con el Cañón Libertad es de 45 m. Entre la cota de 60 m en el Cañón Libertad y la intersección con el Arroyo La Mona, en la cota de 70 m, el Cañón se caracteriza por seguir un curso en zigzag de rasgos rectilíneos que contrasta con la tendencia curvilínea de la parte baja del Centro Urbano 70-76, donde se observan asentamientos irregulares que aquí llamaremos Los Paracaidistas.

Las áreas donde se ha observado mayor inestabilidad del terreno, se localizan paralelas a la carretera al

aeropuerto, en las zonas de fuerte pendiente entre esta carretera y el Arroyo La Mona, y aguas abajo de la intersección de éste con el Cañón Libertad. Otra de las áreas con alta inestabilidad corresponde a la zona de Los Paracaidistas. Las pendientes varían desde 29° en el límite Sur de la zona cartografiada, hasta 37° en la sección localizada aproximadamente en la zona de intersección del Arroyo de La Mona y el Arroyo Libertad, disminuyendo hacia el Norte hasta 20°, entre la carretera y el Arroyo la Mona. En la zona de Los Paracaidistas, la pendiente entre la parte más alta del escarpe principal y el Arroyo Libertad, es de 13°; sin embargo, ésta puede llegar a 35° desde el escarpe hasta donde se inician los asentamientos humanos. Hacia el oriente de la zona de Los Paracaidistas, otras construcciones se levantan en áreas con pendiente hasta de 30°, lo que implica que estas construcciones requieren de fuertes cortes y rellenos de terreno. Es muy importante mencionar que el nivel freático en la zona de Los Paracaidistas, durante el verano de 1992, intersectaba la cota de 105 m, lo que ha favorecido los procesos de deslizamiento de terreno. A lo largo del Cañón Libertad, aguas abajo de su intersección con el Arroyo la Mona, el nivel freático, en el mismo período se localizó a medio metro por debajo del nivel del Arroyo.

ESTRATIGRAFIA.

Con la finalidad de identificar el efecto de la litología en la estabilidad del terreno, se efectuó el levantamiento de detalle de las unidades estratigráficas por secciones, en líneas identificadas como representativas por mostrar mayor variedad de unidades. Se identificó que las litologías corresponden a las formaciones San Diego y Lindavista, esta última de edad menor a un millón de años. Enseguida se presenta una descripción de la estratigrafía y del análisis sedimentológico.

Secciones Estratigráficas.

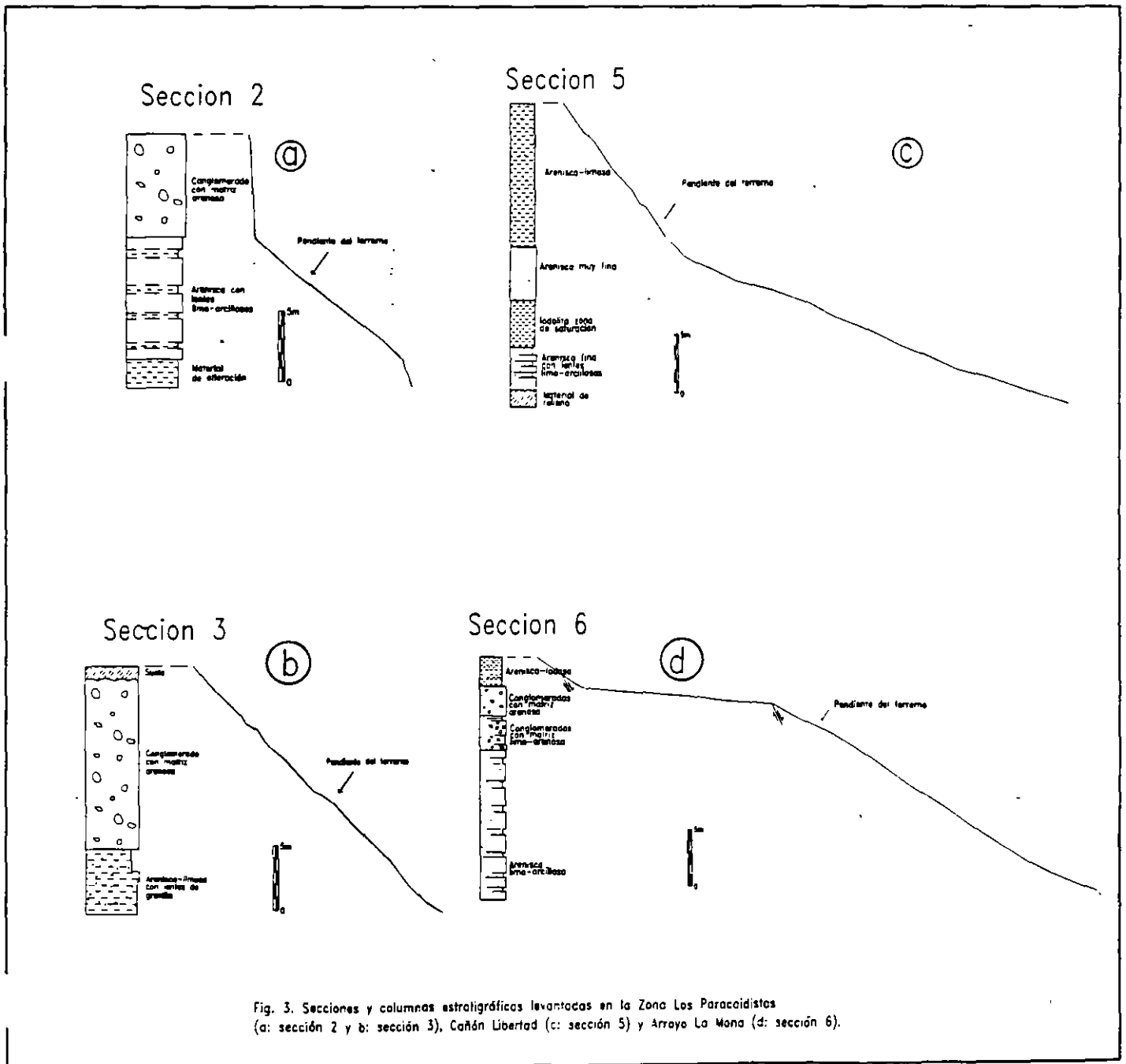
La estratigrafía en la Zona Los Paracaidistas está formada, en la parte superior, por un depósito de conglomerado polimictico con matriz arenosa de 7 a 15 m de espesor. Hacia la base, el estrato conglomerados gradúa a arenas gruesas que varían a

su vez a areniscas de grano más fino (figs. 3a y 3b; 5a y 5b).

En esta misma zona, la base de la secuencia está compuesta por depósitos de arenas limosas con contenidos variables de arcilla (Tabla 1). Se localizaron horizontes y "parches" de material bentonítico (arcilla expandible). El horizonte más importante de este tipo, tiene una distribución regular y un espesor de aproximadamente 50 cm, observándosele en pozos excavados para fosas sépticas.

El movimiento de las fallas produce la repetición de la secuencia en la parte baja, en la zona habitada. El estrato de conglomerados en esta zona, ha sido desplazado entre 20 y 25 m en sentido vertical. Con base en el modelo de la Fig. 4, se puede ejemplificar el deslizamiento de bloques a lo largo de una falla principal, mostrándose al mismo tiempo el tipo de movimiento que ocurre en la zona afectada.

En el Cañón Libertad, la secuencia de sedimentos está



Análisis de Sedimentos (granulometría, mineralogía y DRX).

constituída principalmente de areniscas limosas color blanco. Este tipo de sedimentos predomina en la parte media y superior de la secuencia (Figs. 3c y 3d; 5c y 5d). Hacia la base, se observan estratos de lodolita interestratificadas con la arenisca.

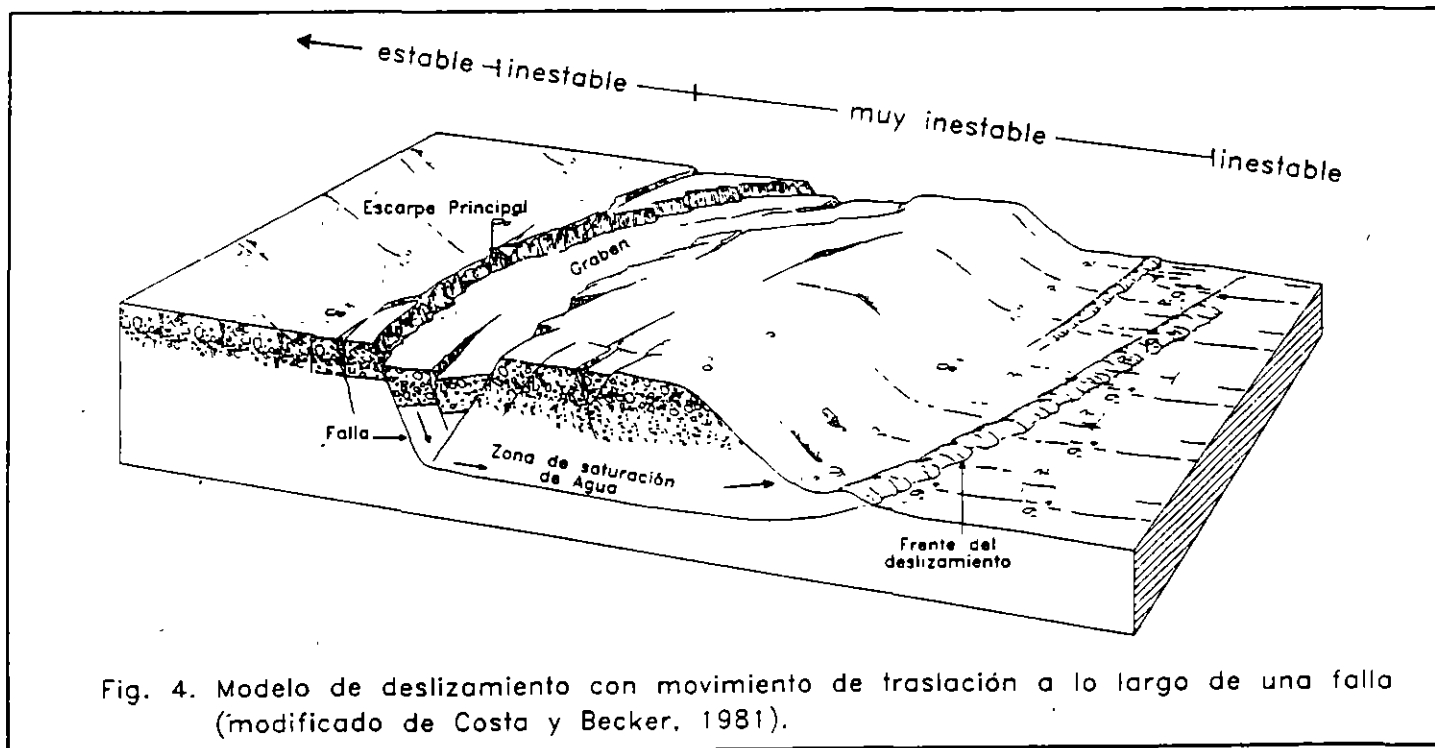
En la sección cercana al Arroyo La Mona, los conglomerados que normalmente deberían situarse en el tope de la sección, afloran a la altura de la calle (Fig. 3d y 5d). Los conglomerados se encuentran en esta posición, debido a una falla que ha producido en el desplazamiento de los mismos hasta ese nivel, y que representan un bloque caído en la dirección de la pendiente.

Tabla 1. - Parámetros estadísticos (en unidades phi) y porcentaje de arena, limo y arcilla.

	ZONA PARACAIDISTAS			CAÑON LIBERTAD		
	M1-1	M2-1	M5-1	M5-2	M5-4	M5-6
Mediana	4.4	3.4	0.8	4.6	4.0	5.5
Media	4.83	3.8	2.5	4.63	3.32	6.1
Dispersión	1.55	1.18	1.17	0.85	2.60	6.27
Asimetría	1.59	0.43	2.41	0.04	-0.21	1.04
Kurtosis	0.04	0.91	0.8	2.59	0.61	-1.03
Arena %	33.25	58.32	65.21	7.86	45.46	0.97
Limo %	60.01	45.33	43.66	89.18	43.66	79.48
Arcilla %	1.17	0.81	3.85	1.32	3.85	14.26

Las muestras analizadas corresponden principalmente a los depósitos de material fino (areniscas limosas) que forman parte media y basal de la secuencia en ambas zonas, equivalentes a la Formación San Diego. Texturalmente, estos depósitos son areniscas

limosas de grano fino a muy fino, pobremente clasificadas a extremadamente mal clasificadas (Tabla 1) y angulosas. Como se puede observar en la Tabla 1, el contenido de arcillas es relativamente bajo en la mayoría de las muestras. El tamaño promedio del



sedimento y el grado de cementación (dispersión), sugieren que la matriz arcillosa en las areniscas es en parte producto de la alteración *in situ* de las partículas químicamente inestables (fragmentos de roca volcánica, feldespato potásico y plagioclasa). Cabe mencionar, que el grado de consolidación que presentan las muestras de mano, varía de no consolidadas en la mayoría de los casos, a

moderadamente consolidadas (M5-2 y M1-1). El mayor grado de consolidación en las dos últimas muestras, se debe a que presentan una cementación incipiente con carbonato de calcio.

Mineralógicamente, la fracción arenosa está compuesta principalmente por feldespatos (Ca-Na y K) y cuarzo. En las seis muestras analizadas, el común denominador fue el dominio de los feldespatos sobre el cuarzo. La relación en cinco de éstas, fue aproximadamente de 2:1, constituyendo los primeros hasta un 60% de la muestra, y el segundo un 30%. Se observaron otros componentes minerales tales como biotita, muscovita, hornblenda, zircón y magnetita. De éstos, la biotita fue la única que se presentó en todas las muestras, alcanzando concentraciones que variaron entre un 3% (M2-1) a más de 15% (M1-1). Únicamente en la muestra 5-1, la hornblenda se encontró en mayores proporciones que la biotita. Los fragmentos de roca en los sedimentos analizados sólo se observaron en dos muestras, alcanzando únicamente una concentración

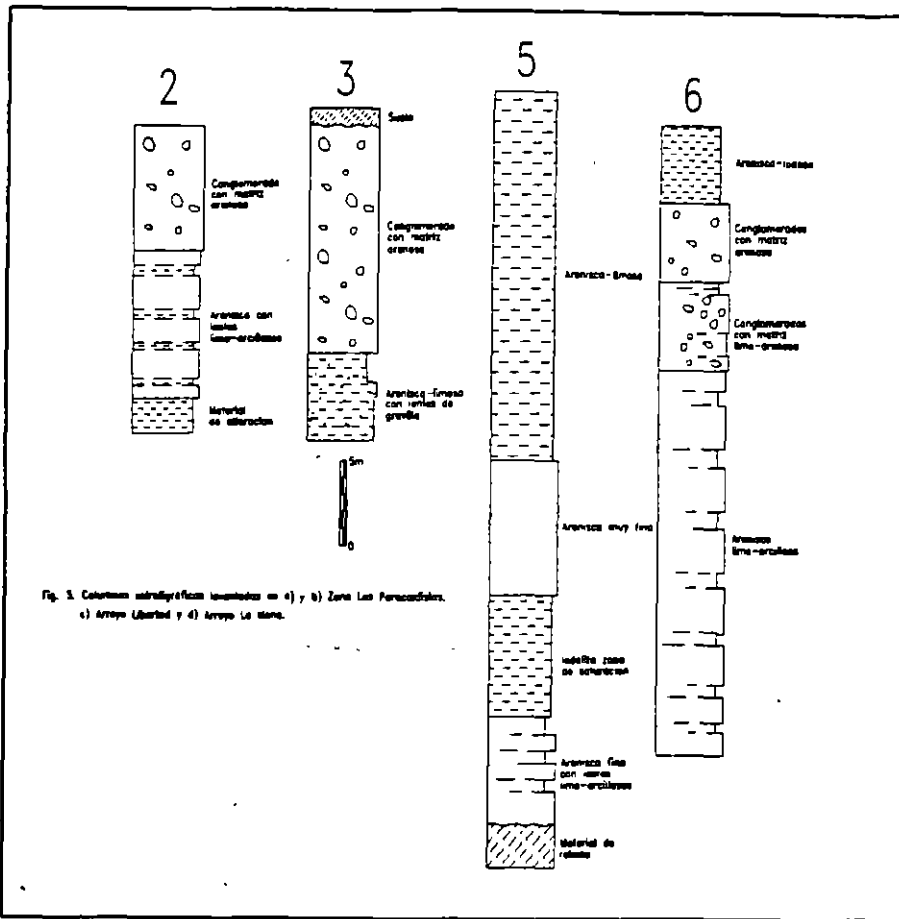


Fig. 5. Columnas estratigráficas idealizadas en a) y b) Zona Las Percepsidales. a) Arroyo Libertad y 4) Arroyo La Mano.

máxima equivalente al 5% de la muestra. El tipo de fragmentos de roca observado es de origen volcánico.

Dada la composición mineralógica de las muestras analizadas y tomando como base la clasificación propuesta por Folk (1974), éstas pueden ser asignadas al clan de las arenas arcósicas. Este tipo de sedimento (o en su defecto de rocas,

si se encuentran litificadas) se caracteriza por estar constituido en gran medida por feldespatos (Pettijohn et al., 1972) relegando al cuarzo, generalmente, a un segundo orden. Son varios los factores que pueden explicar la abundancia relativamente alta de feldespatos en este tipo de sedimentos o roca. Dentro de los principales se encuentra (1) la composición del área fuente, (2) el grado de abrasión y disolución durante el transporte, (3) el tipo de intemperismo químico en el área fuente y (4) la edad del depósito. Los feldespatos son poco resistentes al intemperismo químico y a la abrasión, por lo que los depósitos jóvenes tienden a ser más ricos en estos minerales.

El análisis de difracción de rayos x, permite observar que la fracción arcillosa está compuesta básicamente de esmectita con trazas de illita subordinada. En todos los diagramas de difracción de rayos x de la Fig. 6, la posición del pico de la esmectita indica que esta arcilla está saturada con agua (15 a 16 armstrongs) debido seguramente a la humedad del terreno. El material

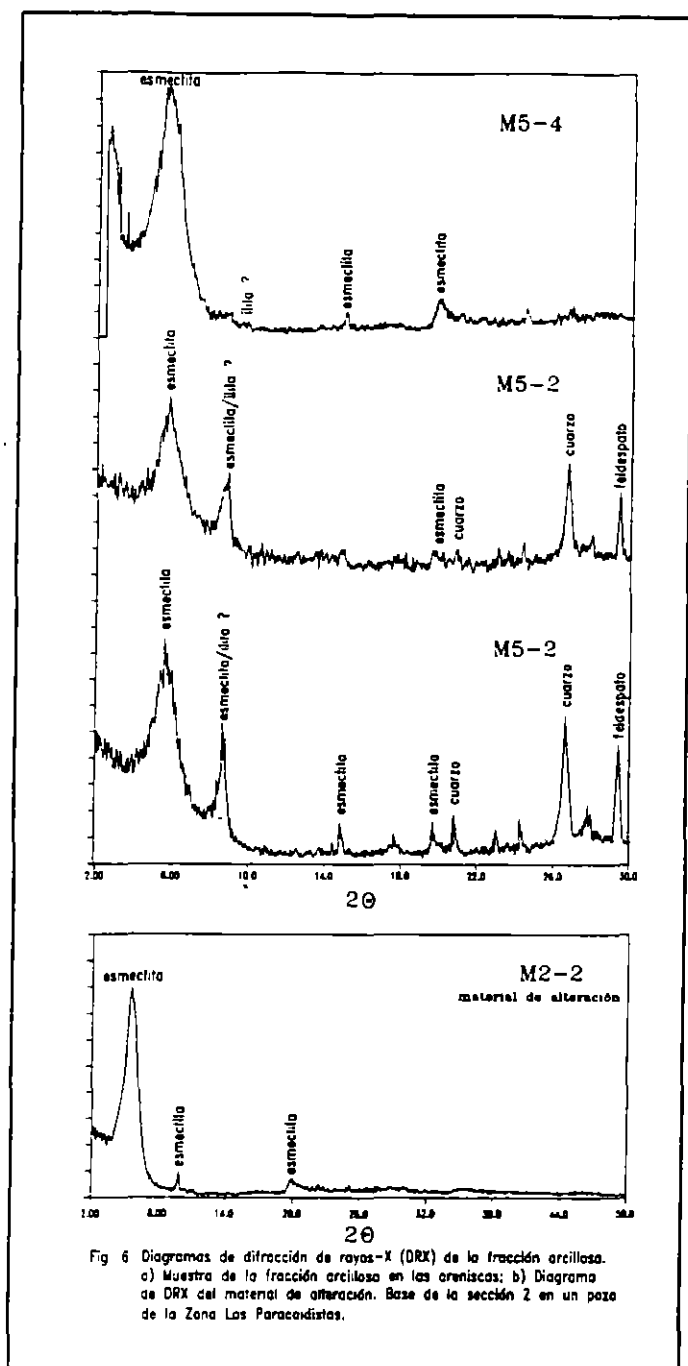


Fig 6 Diagramas de difracción de rayos-X (DRX) de la fracción arcillosa. a) Muestra de la fracción arcillosa en las areniscas; b) Diagrama de DRX del material de alteración. Base de la sección 2 en un pozo de la Zona Los Paracaidistas.

jabonoso rosáceo que se encuentra con frecuencia asociado con zonas húmedas, está compuesto básicamente de esmectita saturada. En todas las muestras de illita está únicamente en trazas, indicando que prácticamente toda la arcilla es por alteración *in situ* del sedimento.

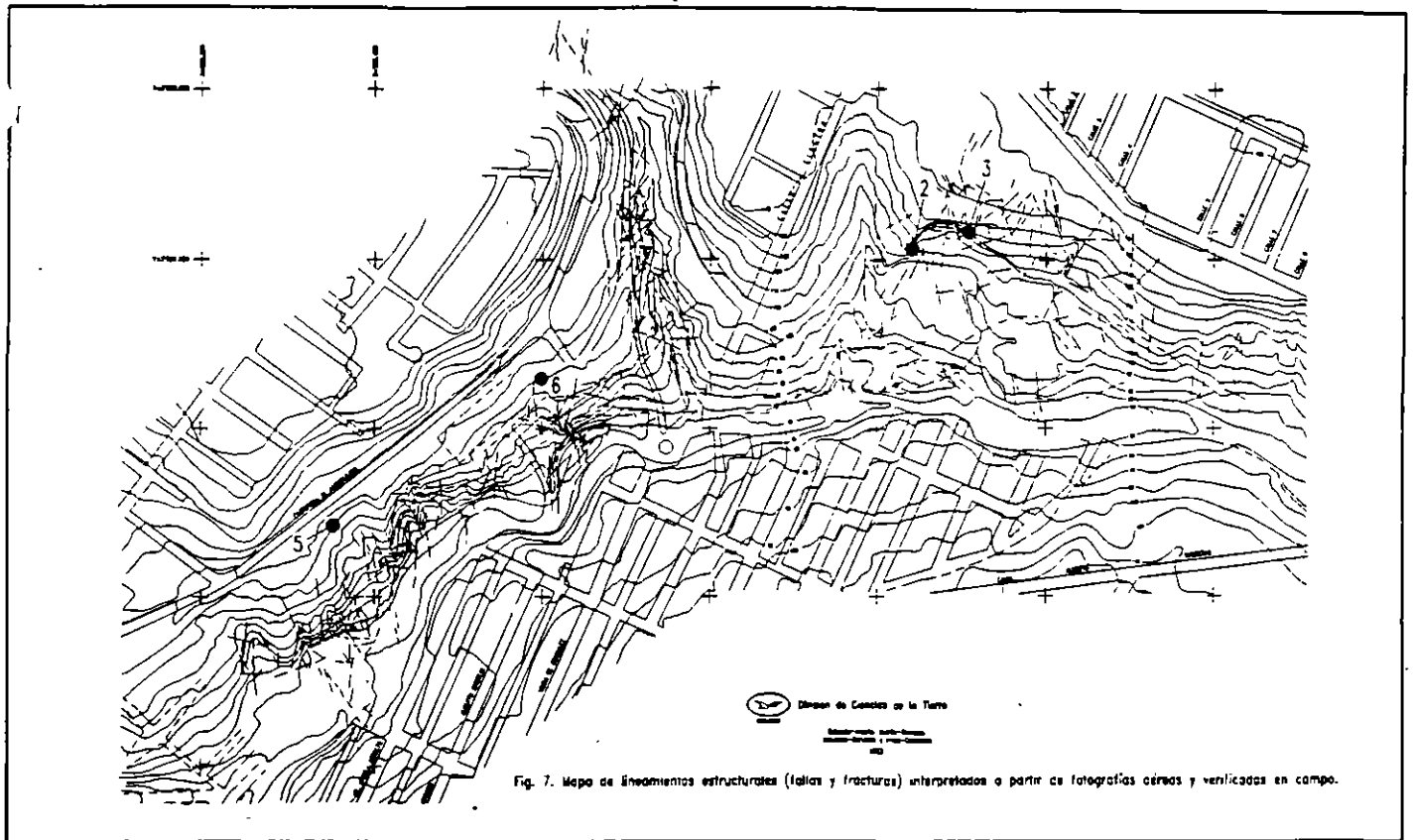
La esmectita en una arcilla con propiedades expansivas debido a su capacidad de absorber e intercambiar agua y otros cationes (Brawn y Brindley, 1980). Los

sedimentos con alto contenido de éstas arcillas, son depósitos que modifican sus propiedades mecánicas con el contenido de agua (Costa y Backer, 1981). En la zona de estudio, no es evidente que este material intervenga en el proceso de inestabilidad del suelo, aunque, junto con el factor de saturación de agua, localmente puede favorecer el fallamiento del terreno.

RASGOS ESTRUCTURALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Se hizo una interpretación de lineamientos utilizando fotografías aéreas a escala 1:20 000. Los lineamientos consisten en rasgos lineales interpretados como de origen geológico y asociados con fallamiento y/o fracturamiento. La identificación de algunas de estas estructuras se dificulta en algunos casos debido a la alta densidad de construcciones y otras obras urbanas. Sin embargo, con el fin de verificar la interpretación de los rasgos estructurales, se midió en campo el estilo de fracturamiento en las paredes de los cauces de los arroyos y cañadas, paredes de los cortes hechos principalmente en los patios de algunas casas y menor medida en los escalones de hundimientos, fracturas de pisos y paredes de construcciones.

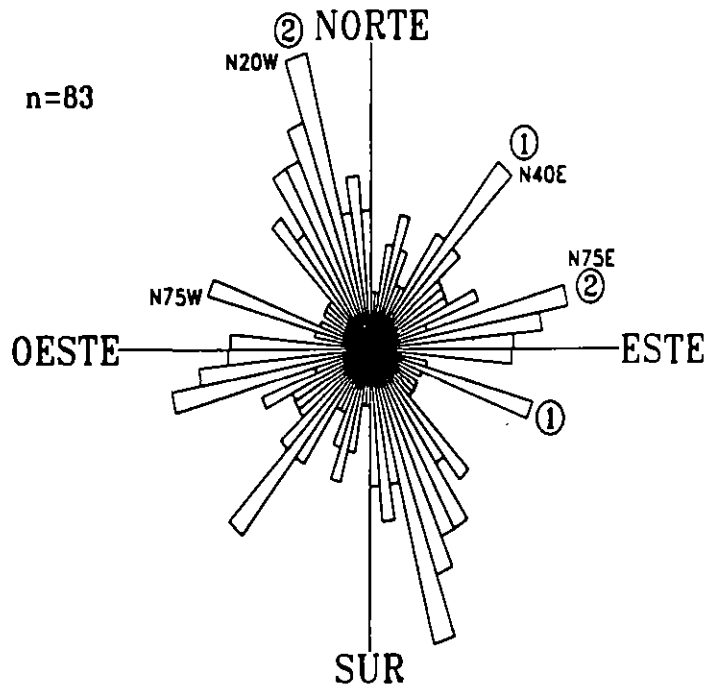
Interpretación Fotogeológica. Con la finalidad de observar la distribución de las fallas y fracturas con respecto a los rasgos urbanos y la topografía misma, las estructuras se trasladaron al mapa topográfico a escala 1:2,000 de la SAHOPE (fig. 7). Por simple inspección, se observa que el mayor número de estructuras tiene una orientación subparalela a la del Arroyo La Mona. De esta tendencia, persistente hacia el N-NW en toda el área, se interpreta que el Arroyo La Mona representa una estructura de falla similar en orientación y estilo a las fallas Rose Canyon y La Nación, descritas en el Condado de San Diego (Berger y Schug, 1991; Fisher y Mills, 1991). Otra tendencia importante en el área está representada por estructuras E-NE subparalelas al cauce del Arroyo Libertad, al sur de la Zona Los Paracaidistas. En conjunto, la longitud de estas últimas es mayor a la del primer grupo, de manera que esta tendencia también puede considerarse directamente relacionada con fallamiento regional. Otras estructuras regionales con orientaciones similares



han sido reportadas hacia el Oeste de la Cd. de Tijuana (Gastil et al., 1975), las cuales son subparalelas a las fallas normales del Arroyo del Cañón del Padre, al sur de la Mesa de Otay (INEGI, carta Geológica 1:50,000). Las dos tendencias son penetrativas y persistentes y pudieron ser verificadas con mediciones de campo, según se verá adelante.

Mediciones de Campo. Se recorrió toda la zona para efectuar mediciones *in situ* tanto de fallamiento como de fracturamiento. Con excepción del área de la zona más meridional del área de trabajo, donde las areniscas de la Formación. San Diego están prácticamente cementadas, en el resto de los sitios las mediciones se efectuaron sobre material pobremente consolidado. Las tendencias de 83 mediciones (principalmente fracturas) se presentan en la rosa de estructuras de la Fig. 8, donde se observan cuatro grupos principales. Las localizadas en N 20° W y N 75° E, corresponden principalmente a la zona poniente del área de estudio, entre los arroyos La Mona y Libertad y la carretera al aeropuerto. Las orientadas hacia N 40° E representan estructuras persistentes en el área anterior y la zona de Los Paracaidistas. La mayoría de las estructuras

orientadas hacia N 75° W pertenecen a la zona de Los



Paracaidistas. Como se esperaba, los cuatro grupos de tendencias son correlacionables con las estructuras interpretadas de las fotografías aéreas.

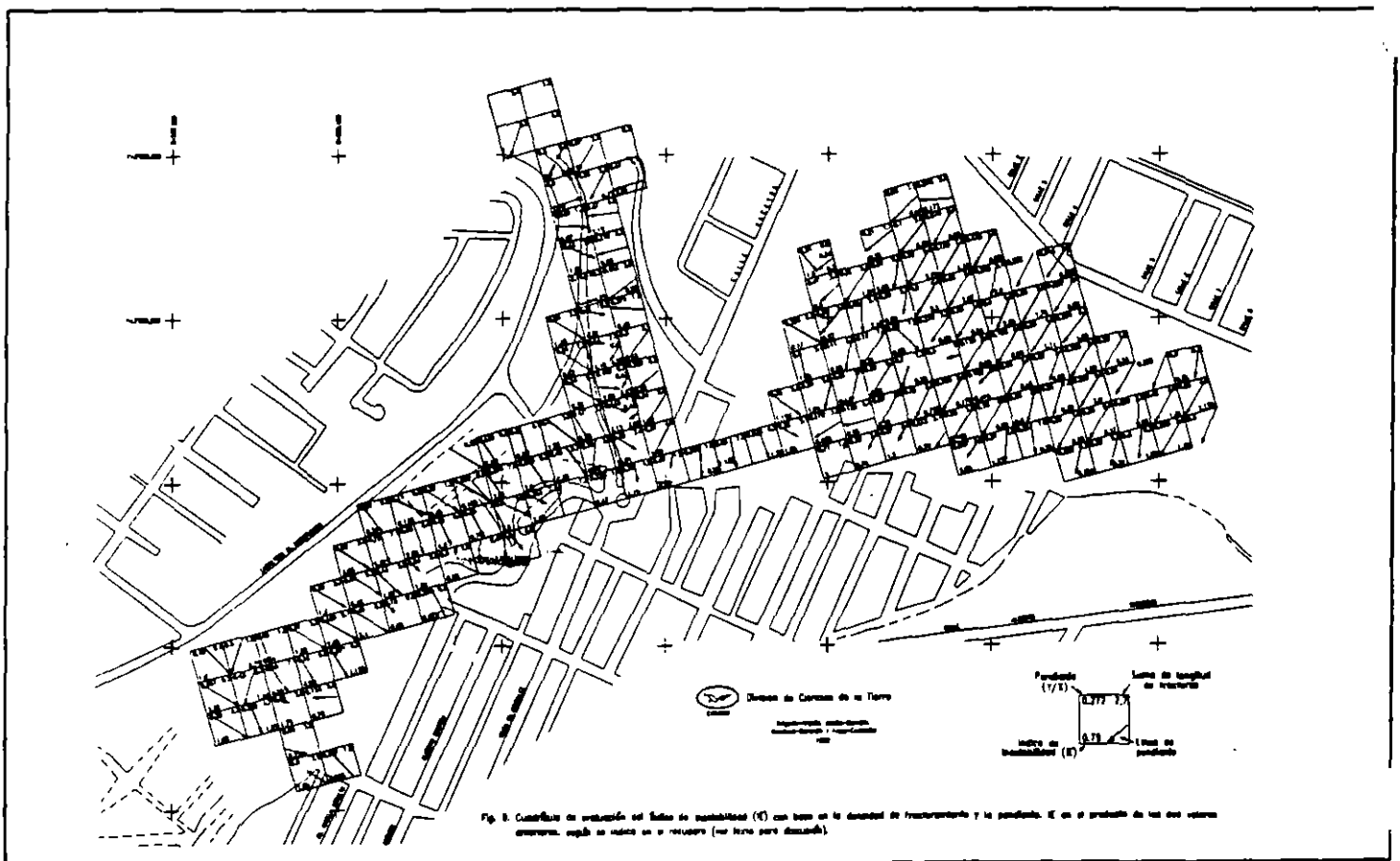
Todas la fallas medidas muestran claras estrías que indican el desplazamiento relativo de bloques. En el Arroyo Libertad, al sur de la zona de Los Paracaidistas, se observó fallamiento orientado N 75° W/75° S en promedio, y estrías que indican movimiento subvertical. En las areniscas del extremo SW de la Fig. 7, el fallamiento promedia N25°W/80° E con estrías subverticales, excepto uno de los cuatro planos de falla, donde se observaron estrías en 47° que indican movimiento lateral izquierdo. En este último lugar, es importante resaltar la presencia de fracturamiento por desecación de la masa de areniscas, lo cual propicia el derrumbe de bloques. Este estilo contrasta notablemente con el del área inmediata hacia el oriente, donde la litología cambia drásticamente a sedimentos pobremente consolidados. La zona de transición de estilos no se observa con claridad debido a un amplio deslizamiento de terreno, en cuya parte superior se

encuentra una casa que sufrió una caída de aproximadamente 4 m. El frente de deslizamiento sepultó parcialmente a una pequeña casa que se encontraba en la parte baja del talud.

ANÁLISIS DE RIESGO DE ACUERDO CON FRACTURAMIENTO Y LA PENDIENTE.

Las zonas consideradas de riesgo, en donde se observó fracturamiento, se dividieron en áreas de 40 x 40m. En éstas, se estimó la densidad relativa de fracturas de acuerdo con la relación: $d=Sf/A$, donde Sf es la suma de las longitudes (en centímetros, de acuerdo a la escala del mapa 1:2,000) de todas las fracturas en la área (fig. 9). El valor mostrado en la esquina superior derecha, indica la suma de las longitudes (la suma ya no se divide por el área en vista de que ésta es constante).

Se observó que la mayor inestabilidad del terreno está en gran parte relacionada con la pendiente y la presencia de fracturas, de tal manera que se calculó un valor



empírico de inestabilidad dado por el producto de la pendiente (y/x) y Sf. En los cuadros de la Fig. 9 aparece el valor de la pendiente en la esquina superior izquierda; el valor de Sf en la superior derecha, y el producto de éstos, o índice de inestabilidad (IE), en la parte inferior de cada cuadro. Las flechas muestran la dirección y longitud de las pendientes. Los cuadros donde la flecha no está indicada, carece de control topográfico. De la misma forma, algunos cuadros carecen de fracturas y en consecuencia, no se les asignó valor de índice de inestabilidad. En aquellos cuadros que coinciden con la presencia de un arroyo, se muestran dos direcciones de pendiente y por lo tanto, se obtienen dos valores de inestabilidad, según se indica.

El resultado se muestra en el mapa de contornos de la Fig. 10, donde se ubicó arbitrariamente el índice de inestabilidad en el centro de cada cuadro para hacer representativo a cada uno de ellos. En el caso de los cuadros con dos valores, se tomó su promedio. Es importante mencionar que las fracturas medidas provienen de la interpretación de las fotografías aéreas, las cuales fueron tomadas el 24 de noviembre de 1991. Esto indica entonces, que las zonas con alto índice de inestabilidad actualmente se localizan en aquellos sitios más afectados durante el primer semestre de 1992. Además de que este hecho valida la zonificación de la Fig. 10, le añade un valor predictivo (ver nota al final del texto). Esto es, que las zonas con más alto riesgo se trasladarían ahora hacia los sitios afectados durante el primer semestre de 1992. De acuerdo con las flechas sobrepuestas a la Fig. 10, se puede observar que las zonas de más alto riesgo migran pendiente arriba, haciendo más amplia la región de alta inestabilidad.

RESULTADOS.

Con base en este estudio, se definieron las áreas de acuerdo a su grado de riesgo geológico y de estabilidad del terreno. Las distintas zonas se clasifican como (a) muy inestable, (b) inestable y (c) estable, entendiéndose que la primera se refiere a una zona que se recomienda ser deshabitada, y la segunda, que no se recomienda que se habite. La decisión final sobre la reubicación de los habitantes, es competencia de los ciudadanos

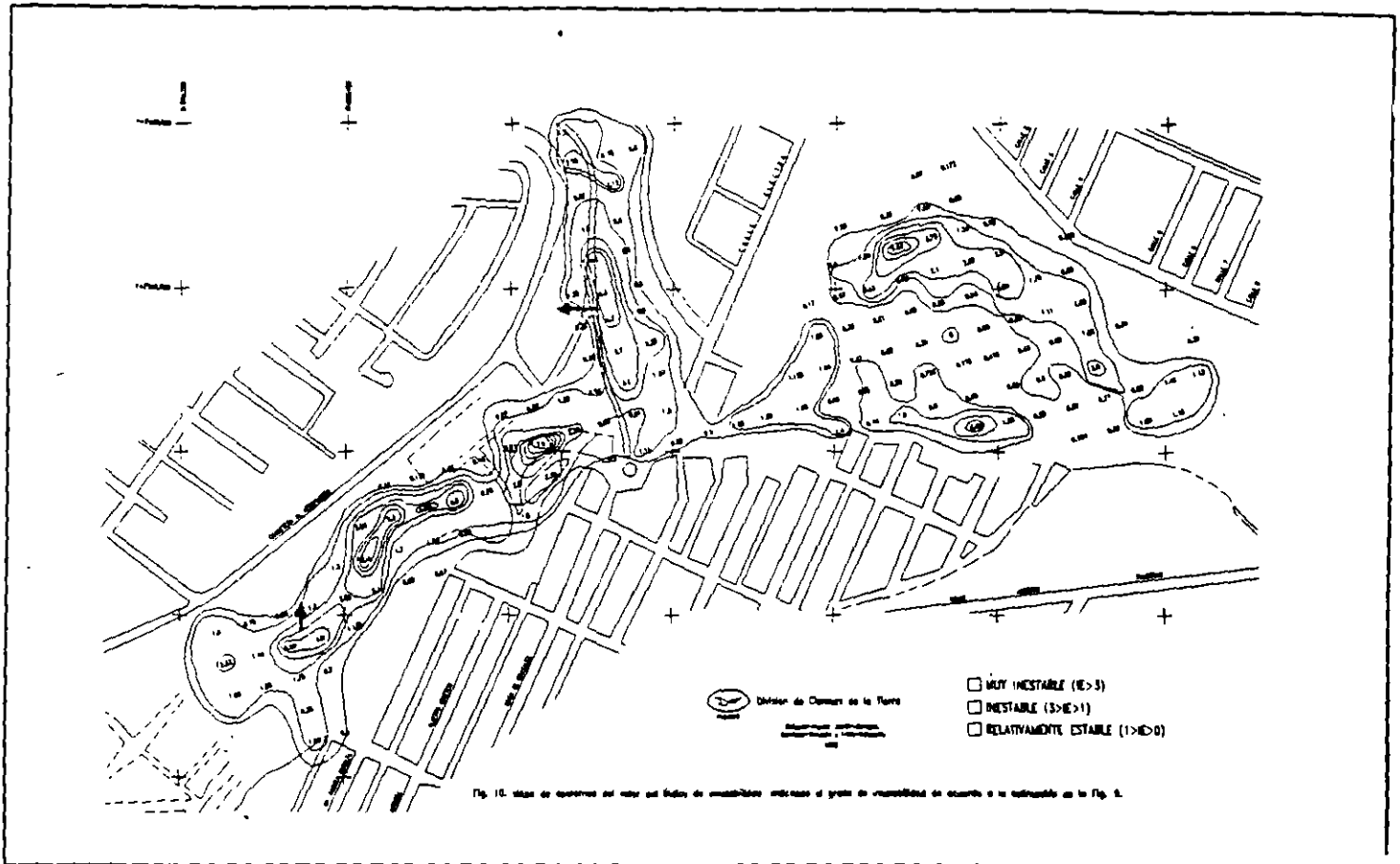
afectados en coordinación con las autoridades competentes.

De la verificación en campo de los lineamientos estructurales identificados de las fotografías aéreas, así como la medición de fracturas y fallas en el Cañon y Arroyo Libertad, Arroyo La Mona y Zona Los Paracaidistas, se interpreta que estos rasgos geomorfológicos están asociados con fallamiento que puede correlacionarse con las zonas de fallamiento La Nación y Rose Canyon, identificadas en el Condado de San Diego, California.

La estratigrafía del lugar está dominada por areniscas finas a gruesas y conglomerados pobremente consolidados de las formaciones San Diego y Lindavista. Se ha observado, tanto experimentalmente como en la práctica, que los sedimentos limosos y arenosos presentan valores intrínsecamente altos de inestabilidad cuando están saturados con agua y su consolidación es baja (Tinsley et al, 1985). En la Formación San Diego se identificaron horizontes de minerales arcillosos que localmente podrían favorecer el deslizamiento de masas de roca. Se considera que la influencia de la estratigrafía en esta zona es menor que la producida por el patrón de fallamiento y fracturamiento observado, el cual entre otros factores (permeabilidad), favorece la infiltración de agua.

La inestabilidad del terreno en las áreas localizadas entre la carretera al aeropuerto y los arroyos La Mona y Libertad y zona de Los Paracaidistas (al Sur del Centro Urbano 70-76), además de relacionarse directamente con la intensidad de las pendientes y fracturamiento inducido por el fallamiento local, se acentúa debido a la pobre consolidación de los paquetes sedimentarios. La inestabilidad es favorecida además por la cercanía del nivel freático a la superficie (Zona Los Paracaidistas) y, aparentemente, por la introducción de agua doméstica y pluvial en exceso, en las partes altas de los taludes (zona aledaña a la carretera aeropuerto).

Considerando únicamente los factores geológicos de morfología y fracturamiento, y utilizando un valor empírico de índice de inestabilidad (IE), se hizo un



mapa de zonificación de riesgo geológico. Con base en este mapa y en las observaciones de campo, se muestran cuatro áreas aledañas a la carretera al aeropuerto y dos en la zona de Los Paracaidistas, que se consideran muy inestables ($IE > 3$) y, por lo tanto, peligrosas para la ubicación de asentamientos humanos. Estas áreas están circundadas por zonas elongadas en el sentido de los arroyos principales y son consideradas como inestables ($IE > 1$). Es importante observar, que los límites del zoneamiento mostrado varían temporalmente, de manera que las zonas inestables tienden a hacerse muy inestables pendiente arriba, según se ha observado a partir del primer semestre de 1992.

Nota: Este documento fue elaborado en octubre de 1992. Como consecuencia de los desastres ocurridos durante el primer trimestre de 1993, hemos extendido nuestra área de trabajo a otras zonas de la ciudad, cuyo análisis se encuentra en proceso.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores hacemos patente nuestro agradecimiento a los Arqs. Carlos García F. y Sergio E. Montes M. de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado por su apoyo financiero, préstamo de mapas topográficos e interés en el tema. De la misma manera, agradecemos a nuestro compañero Luis Mendoza, del Departamento de Sismología del CICESE, el habernos introducido en la problemática Tectónica de Tijuana.

REFERENCIAS:

Berger, V. and Schug, D.L. 1991. Probabilistic evaluation of seismic hazard in San Diego-Tijuana metropolitan region, in P.L. Abbot and W.J. Elliott, editors. Environmental Perils. San Diego Region, Geological Society of America Annual meeting (published by the San Diego Association of Geologists), p.89-100.

**hidro -
ingeniería****81-47-88****CONSULTOR AMBIENTAL INE-02-15-030****PROYECTOS**

- Plantas de tratamiento
- Plantas potabilizadoras
- Reuso del agua
- Agua potable y alcantarillado
- Control de inundaciones

ESTUDIOS

- Impacto y riesgo ambiental

GESTION AMBIENTAL

- Hidrológicos
- Registro de descargas
- Licencia de funcionamiento

M. en I. Guadalupe Alvarez de Colina

Ingeniera Civil
Maestría en Aprovechamientos Hidráulicos
Consultora Ambiental Certificada por SEDESOL

Blvd. Agua Caliente 3401-306 Tijuana, B.C. Tel/Fax 81-47-88

Brown, G. and Bridley, G.W., 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification, in G. Brown and G.W. Bridley, editors, *Crystal structures of Clays Minerals and their X-Ray Identification*, Mineralogical Society of London, 359 pp.

Costa, J.E. and Baker, V.R., 1981, *Superficial Geology*, John Wiley & Sons, 498 pp.

Deméré, T.A., (1978?). Review of the lithostratigraphy, biostratigraphy and age of the San Diego Formation, San Diego Natural History Museum ?, p. 127-134.

Fisher, P.J. and Mills, G., 1991. The offshore Newport-Inglewood-Rose Canyon Fault Zone, California: Structure, segmentation and tectonics, in P.L. Abbott and W.J. Elliott, editors, *Environmental Perils, San Diego Region*, Geological Society of America Annual Meeting (published by the San Diego Association of Geologists) p. 17-26.

Folk, R.L., 1974, *Petrology of the Sedimentary Rocks*, Hemphill's (Ed.), Austin, Texas, 183pp.

Gastil, R.G., Phillips, R.P. and Allison, E.C., 1975, *Reconnaissance geology of the state of Baja California*, Geological Society of America Memoir 140, 170 pp.

INEGI (CETENAL), sin año, cartas geológicas y topográficas escala 1:50 000, hojas Tijuana (I11C69) y Murúa (I11D61)

Minch, J.A., 1967, *Stratigraphy and structure of the Tijuana-Rosarito beach area, northwestern Baja California, Mexico*, Geological Society of America Bulletin, v. 78, p. 1155-1178.

Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1972, *Sand and Sandstone*, Springer-Verlag, 618 pp.

SAHOPE, 1991, *Esquema de Desarrollo Urbano Ciudad de Tijuana*, escala 1:20 000.

Tinsley, J.C., Youd, T.L., Perkins, D.M., and Chen, A.T.F. 1985, *Evaluating liquefaction potential in J.I. Ziony, editor, Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region - An Earth-Science Perspective*, U.S. Geological Survey Professional Paper 1360, p.263-316.



OVERVIEW OF RADIOACTIVE HAZARDS IN SOUTHERN CALIFORNIA

Jeffery Wiegand
Alton Geoscience
25A Technology Drive, Suite 200
Irvine, California 92718

DeEllen Brasher and Scott Thompson
Alton Geoscience
5764 Pacific Center Boulevard, Suite 101
San Diego, California 92121

ABSTRACT

Radon inhaled from domestic water represents the most significant radioactive health hazard in southern California, and nationwide. The highest concentrations of radon detected in ground water throughout southern California typically occur in or near silicic igneous source rocks. Many water utilities, especially smaller ones with supply wells in the granitic rocks, may not be in compliance with the 300 picoCuries/liter (pCi/l) drinking water standard for radon recently established by the U.S. Environmental Protection Agency. Treatment alternatives for radon in ground water include: blending of water from various wells; granular activated carbon (GAC) adsorption; and packed tower aeration. Water management practices, such as artificial aquifer recharge, may also help to mitigate high levels of radon.

INTRODUCTION

Health hazards from natural radionuclides in southern California can result from inhalation, ingestion, or direct radiation. Based on available literature, potential health hazards include:

- Inhalation of radon emanating from domestic water supplies and/or from soil gas which has migrated into houses;
- Ingestion of radionuclides in domestic water supplies; and
- Direct radiation from sources such as uranium mineral deposits or mine tailings or other radioactive rocks.

Inhaled radon emanating from domestic water constitutes approximately one half of the total radiation exposure based on the size of the affected population, ease of transport, and size of dose. This is by far the most significant radioactive health hazard on a population-weighted basis in southern California (Michel, 1988; NCRPM Report, 1987).

There are numerous other sources of natural radioactivity (Sakaji and Michel, 1990; Durrance, 1986). Figure 1 illustrates the contribution of various radioactive sources for most of the U.S. population. Some natural terrestrial sources include:

- other radionuclides in drinking water supplies;
- radon in houses coming from soil gas;
- uranium mineral deposits and mine wastes; and
- other radioactive rocks.

Since these other sources represent either low dosages or a small affected population, or both, they are not further addressed here.

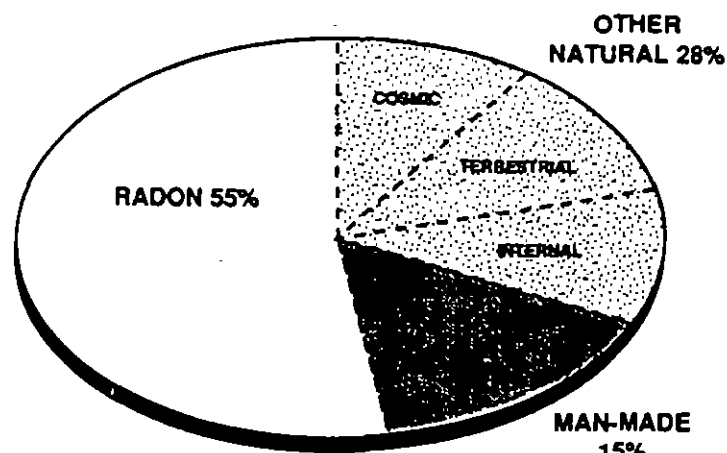


FIGURE 1: CONTRIBUTIONS OF VARIOUS RADIOACTIVE SOURCES (NCRP)

RADON

Radon is a colorless, odorless inert radioactive gas with a relatively short half life of 3.8 days. It is formed from the radioactive decay of its parent, Uranium₂₃₈. Since only a small amount of inhaled radon is not exhaled, alpha-emitting progeny may build up in the bronchial stem cells and lead to lung cancer (Durrance, 1986).

The presence of uranium—the parent and source of radon—is strongly correlated with silicic igneous rocks; some metamorphic rocks; phosphatic rocks; and such organic-rich material as peat, lignite, black shales/mudstones, and some crude oils. Uranium tends to precipitate in a reducing environment and mobilize in an oxidizing one.

Radon concentrations in ground water are highest in granite because of its higher uranium content and the potential for zones of uranium enrichment along fractures. Elevated levels of radon are also strongly correlated with high grade metamorphic and metavolcanic rocks — both as a function of the composition of the original rock and the fact that its metamorphosed version tends toward higher uranium concentration.

Diffusion of uranium from aquifer matrix into ground water may result in differing radon concentrations in solution based on the flow rate. If a fault or other breach provides an enhanced pathway for radon from a uranium-rich source rock, radon levels may be elevated near such pathways. Radon concentrations tend to be higher in smaller private water supply systems. Such small systems can meet demand from wells in granitic rocks, while larger ground water supply systems tend to be in sedimentary basins, more distant from granitic source rocks.

REGULATIONS

The U.S. EPA has recently promulgated the following standards (National Primary Drinking Water Regulations for Radionuclides, June 1991):

Radionuclide	Maximum Allowed in Drinking Water
Uranium	20 pCi/l
Radon	300 pCi/l

A significant fraction of ground-water supply systems in southern California are anticipated to be out of compliance when the radon drinking water standard is implemented. The U.S. EPA standard of risk of excess cancer over a lifetime for contaminants generally is 10^{-6} , 1 in a million or, for drinking water, 10^{-5} , 1 in 100,000. An extraordinary economic hardship would result for the water utilities to meet that risk level for radon. The risk standard has therefore been lowered. With the 300 pCi/l maximum, the theoretical lifetime cancer risk is 3×10^{-5} , or 3 in 100,000.

EXPOSURE PATHWAYS

Radon gas can come from any use of tap water such as showering, washing, laundering, as well as drinking. Paradoxically, the mode of transport for the radon is man-made — the water distribution system itself. The affected population comprises those users of water supply systems based on ground-water supply — especially in granitic rock.

OCCURRENCE OF RADON IN GROUND WATER IN SOUTHERN CALIFORNIA

The concentration of radon in ground water wells in southern California is presented in Figure 2. The data were obtained from the Department of Health Services, State of California, and from the Metropolitan Water District (1990).

Radon in ground water wells in southern California is positively correlated with four basic geologic environments (Michel, 1988):

- The highest levels are found in granitic basement, as in the southern California batholith. The average concentration is 4,000 pCi/l. Near faults in uranium-rich bedrock, the radon level can be understandably elevated.
- High levels are found in metamorphic rock complexes, as in San Diego County. The average is 1,000 pCi/l.

- Medium levels are found in alluvial fills, with the highest concentrations nearest to the granite source rock. The average is 700 pCi/l.
- Low levels are found in sedimentary bedrock formations, but since there are so few aquifers in these rocks, the data may be unrepresentative. The average is 500 pCi/l.

RISK ASSESSMENT

Estimates vary as to the potential health hazard resulting from inhalation of radon from domestic water. One estimate of the annual cases of lung cancer from all radon ranges up to 10,000 nationally, representing 6 to 12 % of all such cases (Eisenbud, 1987). Another estimate places the lifetime risk of dying from radon-related lung cancer at 4 out of 1,000 nationally (Michel, 1988). One study concluded that the annual number of theoretical excess cancer cases in California related to the presence of radon in domestic water supplies is 37, a figure that exceeds by an order of magnitude all other organic contaminants for which there are primary drinking water standards (Sakaji and Michel, 1990).

From this analysis, it appears that a significant number of the ground-water purveyors may not be in compliance with the new regulations and will require corrective measures. The small water utilities with supply wells in granitic rocks are the most impacted. As many as half of the water utilities with supply wells in alluvial basins may be out of compliance.

RISK MANAGEMENT ISSUES

The principal risk reduction technology is to blend waters from various sources so the resultant water meets required standards. Also, radon levels in ground water may vary with different pumping procedures. Cyclic pumping, for example, may manifest a peak of radon concentration after a specific pumping time has elapsed. Conversely, if radon levels habitually decrease with pumping time, such a circumstance might be favored. In such cases, appropriate pumping schedules may reduce overall radon levels.

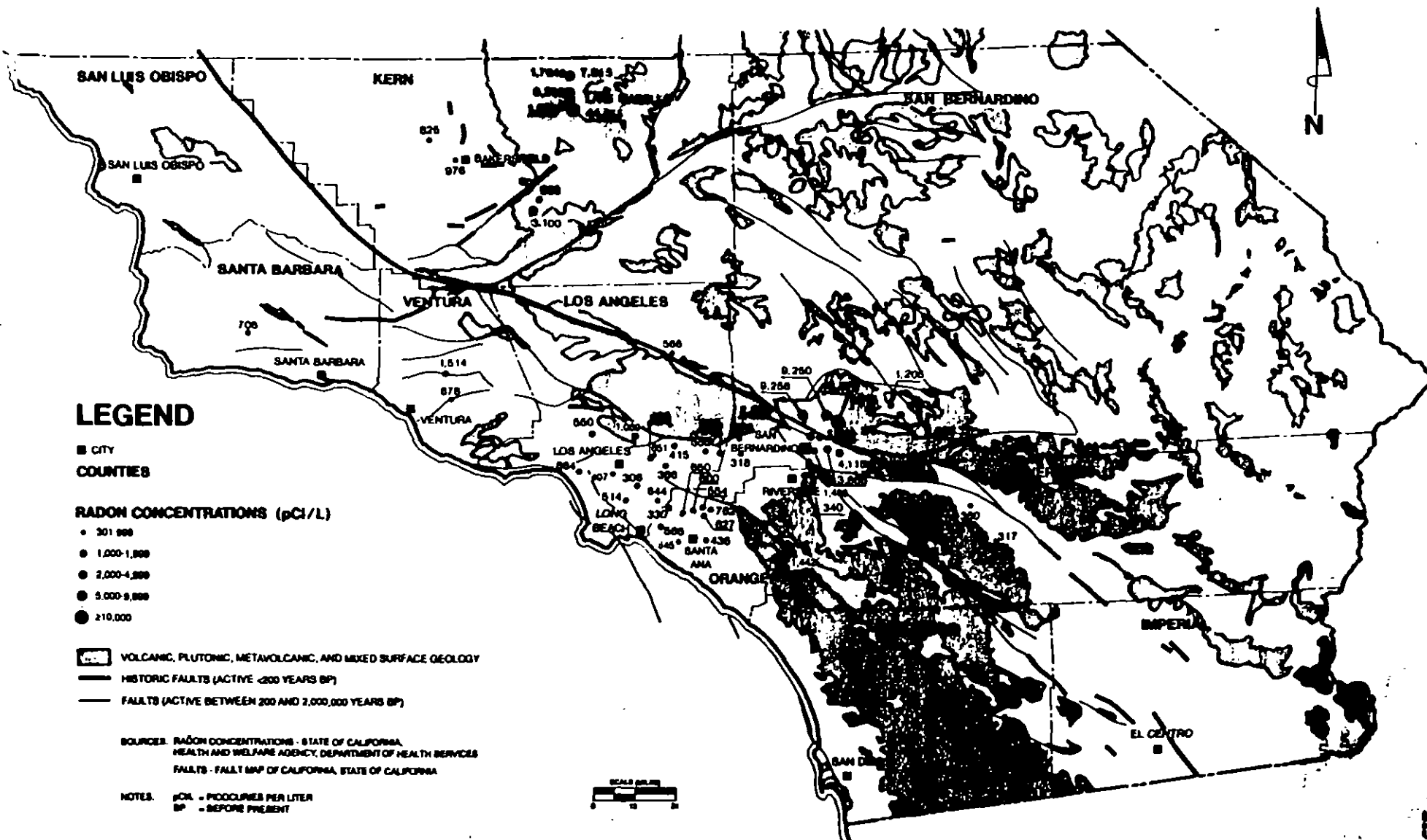
The practice of artificial aquifer recharge, as is common in the Los Angeles and Orange County basins, should theoretically reduce radon levels. Plans to increase this practice for subsurface water storage, such as in the Chino and Hemet basins, may alter the radon concentrations. Treatment technologies for reducing radon levels in ground water include the following (Reid and Lassovsky, 1985):

- Granular activated carbon (GAC) adsorption, and
- Aeration.

Treatment by aeration tends to raise the radioactive background level by longer-lived progeny of radon, suggesting that alternative treatment technologies may be required. Wellhead treatment systems may be indicated. Spent GAC will require a licensed low-level radioactive waste site for disposal.

FIGURE 2: RADON CONCENTRATIONS IN GROUND WATER, SOUTHERN CALIFORNIA

CONCENTRATIONS LESS THAN 301 pCi/L ARE NOT SHOWN



In order to meet the stringent new regulations, water utilities may embark on a new era of water management practices. These might include finely orchestrated well production plans and other measures to decrease radon levels. Highly probable will also be: the abandonment of some wells; the removal of pipelines with high residual levels of radioactivity; and the development of innovative treatment technologies.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to Dr. Rick H. Sakaji, William T. Hunt, Dr. Sylvie Lubarsky, James Huff, Jeffrey Ciccone, and Geoffrey Buckner, for their special help.

REFERENCES CITED

- Durrance, E.M., 1986, *Radioactivity In Geology*: Ellis Horwood Limited; John Wiley & Sons, New York.
- Eisenbud, Merrill, 1987, *Environmental Radioactivity*, Third Edition: Academic Press, Inc., Harcourt Brace Jovanovich, San Diego.
- Metropolitan Water District of Southern California, 1990, Black & Veatch, Inc., *Southern California Radon Survey*.
- Michel, Jacqueline., 1988, *Distribution of Radon in Groundwater in California: Report submitted to California Public Health Foundation, Berkeley, California*, 46 p.
- National Council on Radiation Protection and Measurements, Report No. 93, 1987, *Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States*: NCRP, 7910 Woodmont Avenue, Bethesda, Maryland, 87 p.
- Reid, G.W. and Lassovszky, P., 1985, Treatment, waste management and cost for removal of radioactivity from drinking water: *Health Physics*, 48, p. 671-694.
- Sakaji, R.H. and Michel, J., 1990, *Radon in California's Groundwater: An Exposure Assessment*: preprint prepared for: American Water Works Association, San Diego, California.

Nitrate Contamination of Groundwater: Sources and Potential Health Effects

Dermont C. Bouchard, Mary K. Williams, and Rao Y. Surampalli

Because nitrate contamination of groundwater is pandemic and the costs associated with remediating groundwater are high, the question of risk to human health from nitrate needs to be addressed. In order to prevent methemoglobinemia (an acute toxic response to nitrite exposure that precludes transport of oxygen by the blood), the US Environmental Protection Agency has set the maximum contaminant level for nitrate in drinking water at 10 mg nitrate-N/L. However, it is quite common for groundwater in agricultural areas to exceed this standard at some time during the year. A relationship between nitrate intake and cancer has not been conclusively demonstrated, but some evidence points to a linkage.

The magnitude of the risk posed to human health from nitrate contamination of groundwater is still in debate. The pandemic nature of nitrate contamination of groundwater and the inherent difficulty of remediating groundwater make it an important issue.

Groundwater is a significant source of water for both domestic and agricultural use; it is the source of domestic water for 50 percent of the total US population and for nearly 90 percent of the rural population. Groundwater comprises 75–80 percent of the water used for agricultural irrigation.¹

Estimates based on data collected in the US Environmental Protection Agency (USEPA) National Pesticides Survey² indicate that 5 percent of both public and private drinking water wells have nitrate concentrations greater than the USEPA maximum contaminant level (MCL) of 10 mg nitrate-N/L, a concentration chosen specifically to protect infants from methemoglobinemia. Aside from methemoglobinemia, little is known about the chronic effects of consuming nitrate-contaminated groundwater or the synergistic effects of nitrate with pesticides or microbial contaminants on human health. These unknown aspects of the potential human health threat cause the relative risk from nitrate contamination of groundwater to be elevated.

Alternatively, it can be argued that there is little evidence for adverse human health effects from chronic exposure to low levels of nitrate and that exposure to nitrate from consumption of contaminated groundwater is an avoidable risk (through provision of bottled water or alternative drinking water sources). Therefore, on the basis of risk posed to human health, nitrate contamination of groundwater should not rank high on the list of environmental priorities. One of the goals of this article is to facilitate this debate by providing information on the

central issues of nitrate contamination of groundwater and the possible human health effects.

A point that is universally agreed on is that protecting groundwater from nitrate contamination is a complex management challenge—a challenge that must be met with effective policy coordination at the federal, state, and local levels.^{3–5} Unfortunately, the individual who can have the greatest effect on the protection of groundwater from nitrate contamination—the farmer—is often sent conflicting signals by an agricultural policy that encourages high nitrate application for

maximizing yields and by an environmental policy that discourages such practices. The farmer must also reconcile his own needs to remain competitive in the marketplace with personal and societal desires to protect groundwater.

From a regulatory standpoint, nitrate contamination of groundwater is a major issue. It should be noted that it is quite common for groundwater in agricultural areas to exceed the MCL of 10 mg nitrate-N/L at some time during the year and that nitrate has been measured above natural background concentrations in groundwater in most states.

There is substantial information available that describes the sources of nitrate, nitrate dispersal in the environment, the human health consequences of this dispersal, strategies to decrease nitrate dispersal in the environment, and methods to remediate groundwaters and surface waters that have unacceptably high nitrate concentrations. The goal of this article is to update earlier review efforts with new information.

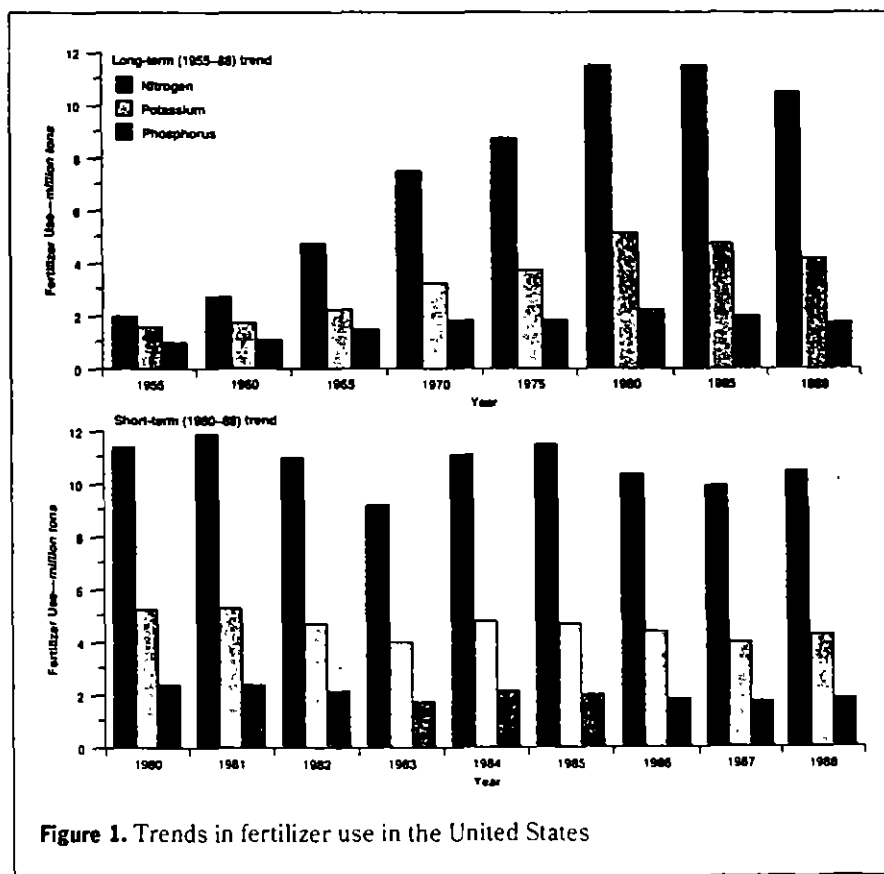


Figure 1. Trends in fertilizer use in the United States

Nitrate comes from many sources

Nitrate in soil and groundwater originates from natural as well as anthropogenic sources.

Nitrate contributed by natural sources.

Nitrogen comprises 78 percent of the earth's atmosphere, and the cycling of nitrogen in ecosystems is affected by both biotic and abiotic processes. Some groups of bacteria, both free-living and in association with the roots of higher plants, together with blue-green algae and some fungi, are able to assimilate atmospheric nitrogen. Higher plants cannot use atmospheric nitrogen in any significant amounts. Therefore, nitrogen assimilation by lower biota is the major natural mechanism by which atmospheric nitrogen is made available to animals and plants for tissue growth and reproduction. The microbially mediated degradation of nitrogenous plant tissue in soil then releases nitrogen in the form of ammonium or nitrate, which may be reassimilated by the soil biota or transported away from the point of release in the air or water phases. Under aerated, oxidizing conditions, ammonium is rapidly oxidized in soils to nitrate (nitrification) by the soil biota.

Nitrate also occurs naturally in geologic deposits of nitrate salts, such as sodium nitrate. Some of these natural deposits were important sources of fertil-

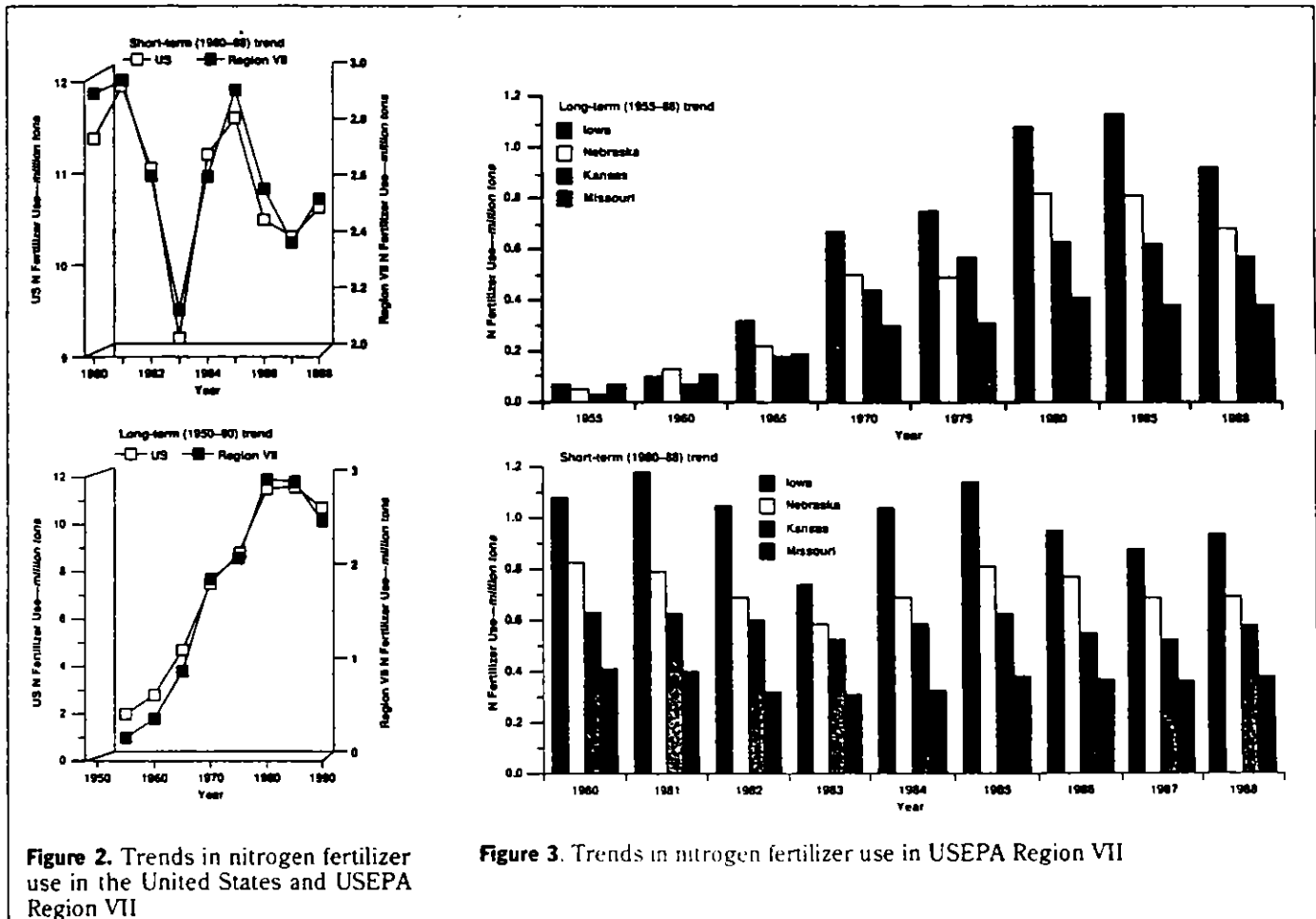
izer nitrate prior to the emergence of synthetic nitrogen fertilizers, and these deposits can still have significant effects on groundwater nitrate concentrations in localized areas. Substantial quantities of geologic nitrate occur in Montana,⁶ western Nebraska,⁷ western central South Dakota,⁸ and in the San Joaquin Valley of California.⁹ When irrigation is used in these areas, as it has been in Nebraska and California, leaching of nitrate from the geologic deposits and its subsequent transport to groundwater has occurred.

Significant quantities of both nitrate and ammonia may be washed out of the atmosphere by precipitation and transported to the soil. Studies in Nebraska have indicated that about twice as much nitrogen is transported to the soil in precipitation in the form of ammonium than as nitrate.¹⁰ The major sources of atmospheric ammonia are the soil and vegetation. Ammonia volatilizes from soil as nitrogenous plant and animal tissues are degraded by the soil biota under conditions in which nitrification of ammonium is occurring more slowly than ammonium generation. These conditions are more prevalent in wet, poorly aerated soils, but some ammonia volatilization occurs in most soils.

Vegetation, particularly heavily-nitrogen-fertilized senescent vegetation, can lose significant quantities of ammonia to

the atmosphere via transpiration.¹¹ Much of the ammonia so volatilized should be considered anthropogenic. Likewise, much of the nitrate transported to soil in precipitation originates from combustion, such as at power plants, and this source of nitrogen should, of course, also be considered anthropogenic. In all cases, nitrogen entering the soil from precipitation is quite localized, with the highest concentrations occurring near the sources. In the case of ammonia volatilization from soil, the effects are seasonal and greatest during the growing season.

Human activities contribute heavily to nitrate burden. Many natural ecosystems, such as forests and grasslands, are nitrogen-conserving, and nitrate only becomes available for leaching and transport to groundwater when these ecosystems are disturbed. As a result, nitrate concentrations in groundwater usually remain low and stable under natural conditions. Natural, or background, concentrations of nitrate in groundwater are usually considered to be <3 mg nitrate-N/L. When concentrations greater than this level are found, they are usually the result of improper disposal of human wastes (mainly septic tanks), industrial and food processing operations, and silvicultural or agricultural activities. In a review of US water quality data in the US



Geological Survey (USGS) WATSTORE data base and other data bases, 20 percent of all data base wells exceeded the 3 mg nitrate-N/L concentration and 6 percent of them exceeded the 10 mg nitrate-N/L MCL.¹²

The disposal of domestic wastes in areas not served by sewer systems is almost exclusively by use of septic tanks and seepage fields. Effluents from septic tanks are generally in the range of 50 to 70 mg N/L, with about 75 percent of the nitrogen present as ammonium and 25 percent as organic nitrogen.^{13,14} This septic tank effluent is then usually discharged to aerobic seepage fields where ammonium and organic nitrogen are transformed to nitrate, which may then be transported to groundwater. Monitoring studies on septic systems have shown that virtually no net nitrogen removal occurs in these systems.^{13,15}

Nitrate leaching from forest systems can be a significant source of groundwater contamination, especially when nitrogen is added as fertilizer to the forest. But this source is relatively small compared with agricultural sources. In a study of watersheds in the eastern United States,¹⁶ the total nitrogen levels in streams draining agriculture-dominated watersheds were five times greater than those of forested watersheds.

Although these activities can contribute to nitrate contamination of groundwater and any one of them may be the most important in a given area, there is a general consensus that agricultural activities constitute the most important anthropogenic source of nitrate.^{1,17-20}

Approximately 15 million tons of nitrogen are generated annually in wastes in the United States, with about 40 percent, or 6 million tons, of this total coming from agricultural animal waste.²¹ Generally, the nitrogen in wastes from cattle grazing on ranges or in pastures at low stocking densities does not constitute a significant threat to groundwater. Problems arise, however, when beef cattle are concentrated in feedlots or high stocking rates of dairy cattle are utilized. High stocking densities also characterize swine and poultry production. It is important to note that abandoned or inactive feedlots may pose a greater threat to groundwater than active feedlots. The reason for this is that the soil in active feedlots is usually highly compacted. As a result, water (and oxygen) movement through the soil beneath active feedlots is reduced and conditions for nitrification are unfavorable. Ellis et al²² analyzed soil samples and found that nitrate concentrations were highest under abandoned feedlots, intermediate under active feedlots and corn fields, and lowest under grasslands and alfalfa.

The animal waste disposal problem may be mitigated in areas where there is sufficient agricultural land for application



Corn uses 43 percent of the fertilizer nitrogen that is applied in the United States.

of the waste as fertilizer. However, land application is rarely a total solution to the disposal of animal wastes because land is usually used for animal production because it isn't suitable for crop production. Power and Papendick²¹ noted that the northeastern and Great Lakes states experience acute problems with the disposal of animal waste because of their extensive poultry and dairy operations coupled with the limited availability of agricultural land.

Many studies indicate that nitrogen from synthetic fertilizers is the most important nitrate source in groundwater contamination.^{1,17-19,23} Most fertilizer nitrogen is applied as a nitrate or ammonium salt, urea, or anhydrous ammonia. In an oxidizing soil environment, oxidation of ammonium to the more mobile nitrate form will be favored; under reducing conditions, reduction of nitrate nitrogen to the less mobile ammonium form will be favored.

Data on fertilizer from the National Fertilizer Development Center was used to generate Figures 1-3.^{24,25} From 1955 to 1988, more nitrogen fertilizer was applied to US crops than any other major plant nutrients; potassium, phosphorus, and nitrogen fertilizer use increased by more than a factor of five during this period (Figure 1). Over the short term (1980-88), national use of fertilizer has stabilized (Figure 1). Both the long- and short-term national trends in nitrogen fertilizer use have been closely tracked by the trends in the USEPA Region VII states of Iowa, Nebraska, Kansas, and Missouri (Figure 2).

The types of crop and cropping system are important in determining the potential for fertilizer nitrate leaching to groundwater. Irrigated agriculture on sandy soils, heavily fertilized and shallow-rooted vegetable crops, and other heavily fertilized horticultural crops favor nitrate leaching to groundwater. Though horticultural crops only occupy a small fraction of the acreage of the major field crops, their high nitrogen fertilizer application rates have often re-

sulted in nitrate contamination of groundwater. States such as Florida that produce large horticultural crops also have the highest rates of nitrogen fertilization per acre of harvested cropland.

Corn utilizes 43 percent of the fertilizer nitrogen applied in the United States, whereas corn production accounts for only 21 percent of US cropland.¹⁷ The average nitrogen application rates to corn in the United States have increased from 73 kg/ha in 1965 to 149 kg/ha in 1988.²⁵ In Iowa, the amount of nitrogen applied to corn has increased tenfold since 1960, and this fertilizer nitrogen use is about 100 times greater than the nitrogen present in all of the household sewage generated in Iowa.¹⁷ These data indicate the susceptibility of the midwestern US cornbelt groundwaters to nitrate contamination.

Figure 3 indicates that among the Region VII states, the major corn-producing state of Iowa leads the region in nitrogen use. Not surprisingly, this high level of nitrogen fertilizer use has resulted in degradation of Iowa's groundwater. Hallberg²⁶ has reported that 20-25 percent of the 12,000-18,000 private-well samples analyzed yearly by Iowa University's Hygienic Laboratory exceeded 10 mg nitrate-N/L during the 1980s.

Nebraska ranks second in nitrogen use (Figure 3). With the combination of a large irrigated corn acreage and sandy soils, Nebraska groundwaters are susceptible to nitrate contamination. Kansas has the smallest corn acreage of the four states but ranks third in nitrogen use as a result of its very large wheat acreage. The analysis of USGS data indicated that nearly 10 percent of Nebraska's surveyed wells and 20 percent of Kansas's wells had concentrations greater than 10 mg nitrate-N/L.¹² Missouri's nitrogen fertilizer use is less than half that of Iowa's, but localized problems with nitrate contamination of groundwater do occur, particularly in karst areas.

From the standpoint of fertilizers as sources of nitrate in groundwater, a very important factor is that more nitrogen is applied to agricultural fields than is utilized by the crop. Bock,²⁷ Nelson,²⁸ and others have shown that usually less than 50 percent of the nitrogen applied to grain crops is actually present in the harvested grain. The unharvested nitrogen may then be stored in the soil as nitrate, ammonium, or as crop residues and other organic forms; be volatilized into the atmosphere as ammonia; or be transported to groundwater as nitrate.

The reason for overapplication of nitrogen is that the applicator often does not have all of the information necessary (soil nitrogen content, future environmental conditions) to make very accurate predictions of appropriate fertilizer application rates; and the economic cost of overfertilization is less than the eco-

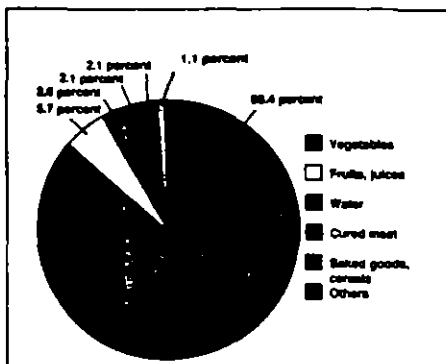
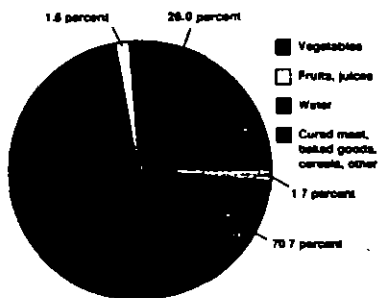
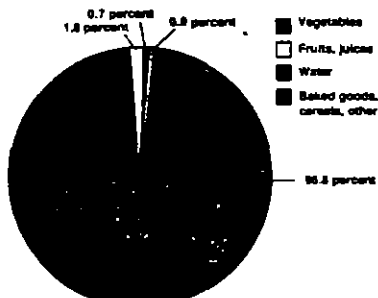


Figure 4. Sources of nitrate in a normal human diet (total dietary intake = 75.4 mg nitrate/day)



High-nitrate water (total dietary intake = 250 mg nitrate/day)



Vegetarian diet (total dietary intake = 280 mg nitrate/day)

Figure 5. Sources of nitrate in a high-nitrate water (2 L/d, 20 mg nitrate-N/L) human diet and in a vegetarian human diet

onomic cost of underfertilization. Thus, overapplication of nitrogen is commonplace. Many best management practices (BMP) studies have aimed at providing the applicator with the information necessary to make more accurate predictions of appropriate nitrogen application rates. These BMP studies have shown that nitrogen application rates, and thus the nitrate transport of nitrate to groundwater, can be reduced significantly without adversely affecting crop yield.

Magnitude of health risks undecided

Human exposure to nitrates comes from many sources. Exposure to nitrates occurs from the consumption of vegetables,

cured meats and fish, and nitrate-contaminated drinking water, and from *in vivo* formation. Figures 4 and 5 outline the relative sources of nitrate intake for typical diets, vegetarian diets, and high-nitrate (20 mg nitrate-N/L) water supplies.²⁹ The USEPA has estimated that nonvegetarian Americans who drink water with the MCL level of nitrate (i.e., 10 mg nitrate-N/L) would receive approximately 50 percent of their nitrate intake from drinking water.³⁰

Nitrate concentrations can vary widely among vegetable types as well as individual vegetables, depending on storage and agricultural practices.²⁹ In fact, the rare cases of adult, nonfatal methemoglobinemia have been predominantly attributed to ingestion of spoiled spinach.³¹

Endogenous nitrate formation, predominantly macrophage induced, can contribute up to half of the overall exposure; the formation rate can increase when acute gastroenteritis is present.³² The oxidation of inhaled NO_x appears to typically be a minor contribution to overall endogenous nitrate production but can be significant if air NO_x concentrations are high.

Knowledge of nitrate-nitrite distribution in humans crucial to assessing health effects. Exposure to nitrite is important in any discussion of the health effects of nitrate because nitrate itself is not toxic. Potential health consequences enter the picture only when nitrate is reduced to nitrite, the toxic agent of concern. A simplified diagram of nitrate-nitrite distribution in humans is shown in Figure 6.³³ A portion of the nitrate is converted to nitrite in the salivary fluids by the oral microflora, as well as in the gastrointestinal tract by the gastric flora.²⁹

The rate of nitrate-to-nitrite conversion in the stomach is closely correlated to the stomach's pH and associated microbial community. A higher pH allows nitrate-reducing bacteria to survive and grow. Infants less than six months of age generally tend to have gastric fluid of a higher pH, providing a reducing environment. Persons with gastroenteritis also have a higher conversion rate. Some sites of infection or inflammation promote macrophage-mediated nitrite production.³²

Infants less than six months old are at highest risk for methemoglobinemia. Methemoglobinemia is the acute toxic response to nitrite exposure. Methemoglobin (metHb) is the transformation product of hemoglobin, present when ferrous iron in hemoglobin is oxidized to ferric iron. It precludes the transport of oxygen by the blood. This conversion of hemoglobin to metHb can be accomplished by several compounds in addition to nitrite. Normal levels of metHb are 1 percent for adults and 2 percent for children.³⁴ At 10 percent metHb, cyanosis (blue-tinged blood) is seen; at 20 per-

cent, cerebral anoxia begins; and at 50-60 percent, coma and death are possible.

The hemoglobin/metHb conversion can be reversed by the enzyme methHb reductase or by administration of methylene blue, which is the usual treatment for diagnosed methemoglobinemia. Ascorbic acid can slowly convert the metHb to hemoglobin as well.^{31,35}

Infants of less than six months of age are considered the most sensitive subpopulation for developing nitrite-induced methemoglobinemia. This sensitivity is because (1) they have a higher fluid intake per body weight (up to tenfold); (2) they have a higher percentage of fetal hemoglobin, which is more easily oxidized than adult hemoglobin; (3) they have a higher stomach pH that allows the survival of a reducing-type bacterial population; (4) they are predisposed to digestive disorders, such as diarrhea, which disturbs intestinal mucosa and increases nitrite absorption; and (5) they have an immature enzymatic capacity to reduce metHb to hemoglobin.²⁹ Risk is apparently increased when nitrate-contaminated well water that is also bacterially contaminated is consumed.

The most recent fatal methemoglobinemia case was in 1986. A two-month old South Dakota infant fed with powdered formula and well water died after the family physician misdiagnosed the labored breathing and cyanosis. The infant's blood was later found to be chocolate brown. The well water had 150 mg nitrate-N/L.³⁶

Methemoglobinemia is rarely seen in adults, but pregnant women, people with a genetic deficiency of glucose-6-phosphate dehydrogenase or erythrocytic methemoglobin reductase or NADH, and those with achlorhydrosis, from either treatment for peptic ulcers or from chronic gastritis or pernicious anemia, are considered most likely to develop this response.^{31,37} Patients using hemodialysis have to be careful that the treatment water is low in nitrate; a standard for dialysis is 2 mg nitrate-N/L.³⁷

The drinking water standard for nitrate (10 mg nitrate-N/L) is based on a 1951 epidemiological survey that showed no known cases of infant methemoglobinemia in the United States were correlated with drinking water concentrations <10 mg nitrate-N/L. Only 2.3 percent of the 214 cases occurred in conjunction with water concentrations between 10 and 20 mg nitrate-N/L.³⁸ A nitrite standard of 1 mg nitrite-N/L also exists. There is a combined standard of nitrate plus nitrite of 10 mg N/L; this assumes that 10 percent of the nitrate is converted to nitrite in the body.

Since the 1951 study, several instances of nonfatal methemoglobinemia have been seen internationally in conjunction with water nitrate concentrations apparently of less than the standard, but the

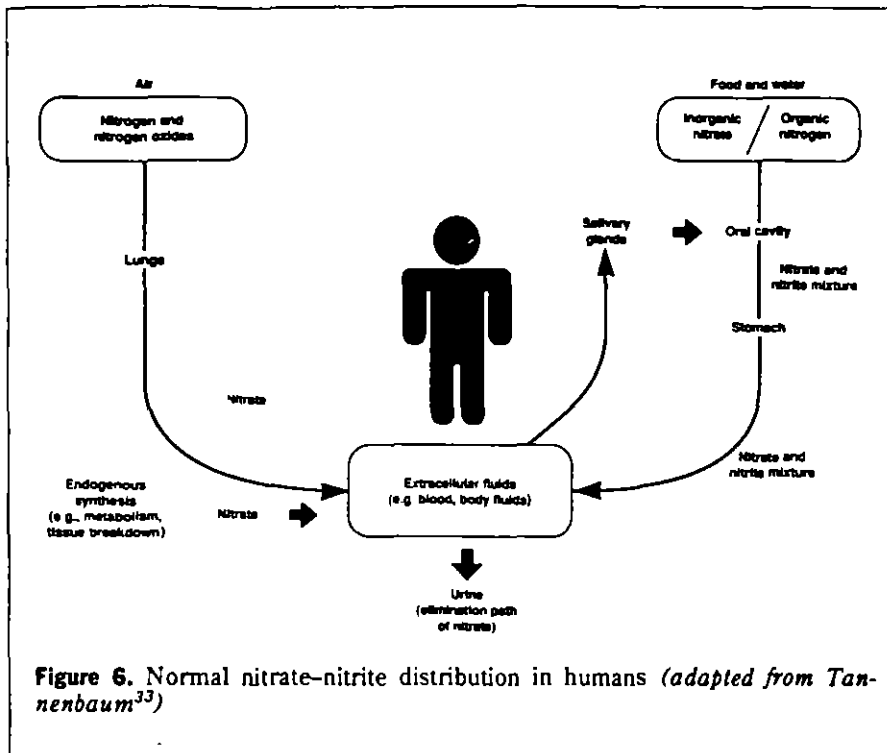


Figure 6. Normal nitrate-nitrite distribution in humans (adapted from Tannenbaum³³)

occurrence rate is very low and water concentrations have typically not been verified.³⁷

The standard for nitrate is based directly on the nominal no observed adverse effect level (NOAEL) for infants, the identified sensitive subpopulation; thus, the uncertainty factor for this non-carcinogenic MCL is one. In contrast, most noncarcinogenic MCLs have uncertainty factors of at least 100. This is based on USEPA's model for converting findings from animal studies to levels that are protective for humans. A 100-fold uncertainty factor is typically applied to the NOAEL for the critical chronic animal study, to conservatively account for the conversion from animals to humans and then to a sensitive human subpopulation. In this typical case, the NOAEL (animal) would be converted to the NOAEL (human) by reducing the dosage by a factor of no > 0.1 percent. It can thus be said that the nitrate MCL is more precisely identified than most, but, at the same time, it affords a smaller error margin.

The World Health Organization (WHO) currently has a guideline for nitrate in drinking water that is the same as USEPA's standard (10 mg nitrate-N/L). Although there is no nitrite guideline at this time, WHO provides a recommendation: "Where drinking water is correctly treated, the nitrite-N level should be considerably lower than 1 mg/L."

Causal association between birth defects and nitrate ingestion not firmly established. Epidemiological studies in South Australia and Canada have shown a statistically significant increase in congenital malformations associated with nitrate-rich well water sources. These studies

are considered to be too limited in scope and too diverse in the range of noted malformations to deduce a causal association between birth defects and excess nitrate ingestion.^{37,39} Developmental and reproductive animal studies have not shown significant effects from elevated nitrate ingestion.

Concern about carcinogenicity focuses on transformation products. Nitrate and nitrite are not classified by USEPA according to their carcinogenicity. However, there is concern about potentially cancerous transformation products. Specifically, it has been demonstrated that nitrite can endogenously react with secondary amines, amides, and carbamates to form N-nitroso compounds. Several of these compounds have been classified as potential human carcinogens, i.e., they have been found to cause tumors in experimental animals. Nitrosamines have been found to cause tumors of the liver, kidney, esophagus, oral and nasal cavities, lung, trachea, urinary bladder, pancreas, and thyroid. Nitrosamides have been found to cause tumors of the stomach, small intestine, brain, peripheral nervous system, and bone and skin, and acute myelocytic leukemia and T and B cell lymphoma.³¹

Most nitrosamines are carcinogenic after activation by oxidative enzymes. They tend to produce tumors in animals at sites distant from the site of formation. Nitrosamides are direct-acting animal carcinogens and more readily produce tumors at the site of application.^{31,32} They are also less stable than nitrosamines in the environment; exposure to them appears to be predominantly due to endogenous formation,³² whereas nitrosa-

mines can come from both exogenous and endogenous routes.

The question of how much nitrosated compounds are endogenously produced has been the focus of much research. Formation in the acidic stomach is supported by the following findings: (1) nitrosated compounds are formed in vitro under conditions similar to those of the stomach, (2) tumors characteristic of nitrosamine exposure are found in test animals fed nitrite and amines, (3) epidemiological evidence suggests that populations that ingest relatively more precursors of nitrosated compounds are at higher risk for some types of cancer, and (4) these compounds, endogenously produced, have been found in biological fluids from both humans and animals.³²

Dietary and inhalation exposure to nitrosamines is very difficult to ascertain. Volatile nitrosamine concentrations in food, drink, and tobacco have been measured, but concentrations vary widely. Nonvolatile concentrations are more difficult to measure. Cigarette smoke appears to provide a 50- to 100-fold higher exposure to volatile nitrosamines than food and drink.³²

One recent methodology for measuring endogenous formation of these compounds is the N-nitrosoproline (NPRO) test, which consists of voluntary dosing of nitrate, followed by proline, by humans. Urine concentrations of NPRO, which is not carcinogenic, are charted. This test shows an endogenous production of NPRO but does not measure carcinogenic nitrosated compounds.³²

The nitrosation reaction can be inhibited by several substances present prior to nitrosation: vitamins C and E, and several phenols. Because with low-nitrate water sources, vegetables play an important role as the primary nitrate source, their intrinsic supply of vitamin C can offset their nitrosation potential.⁴⁰ This inhibition also confounds the study of the relationship between dietary intake of nitrate-nitrite and the formation of nitrosated compounds.

Because of the difficulties in measuring (1) human nitrate intake, (2) endogenous production, (3) the inhibition of co-existing factors, and (4) input and in vivo formation of nitrosated compounds, a cause-effect relationship between nitrate intake and the risk of cancer has yet to be demonstrated.⁴¹

Groundwater protection a management challenge

Protecting groundwater from nitrate contamination is a complex management challenge that requires coordination at the federal, state, and local levels. Although varied activities can contribute to nitrate contamination of groundwater, there is a general consensus that agricultural activities constitute the most important anthropogenic source of nitrate.

As a result of high rates of nitrogen fertilization, particularly on permeable soils with shallow groundwater, concentrations of nitrate in groundwater in many agricultural areas are significantly greater than background levels.

Exposure to water containing nitrate at concentrations greater than the drinking water standard or to food containing high levels of nitrate can possibly produce a methemoglobinemic response in sensitive populations. The relationship between cancer and nitrate intake has not been conclusively demonstrated, but much evidence points to a possible linkage, probably affected by other, yet to be proved, factors. Except for hemodialysis treatment water, information to date supports the current drinking water standard as being protective of human health.

Acknowledgment

The views expressed in this article are those of the authors and should not be construed as opinions of the US Environmental Protection Agency.

References

- POWER, J.F. & SCHEPERS, J.S. Nitrate Contamination of Groundwater in North America. *Agriculture, Ecosystems, and Environment*. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, the Netherlands (1989).
- US Environmental Protection Agency. National Survey of Pesticides in Drinking Water Wells: Phase I Report. EPA 570/0-90-015. Ofce. of Water, Washington, D.C. (1990).
- COX, W.E. & BATIE, S.S. Protecting Groundwater From Agricultural Impacts: The Contradictory Policy Environment. Proc. of Agricultural Impacts on Groundwater Conf. Natl. Water Well Assn., Dublin, Ohio (1988).
- RAUCHER, R.S. & RAUCHER, K.S. The Conservation Reserve Program and Groundwater: Evaluating the Opportunity to Reduce Contamination From Agricultural Chemicals. Proc. of Agricultural Impacts on Groundwater Conf. Natl. Water Well Assn., Dublin Ohio (1988).
- CAMERON, R.E. The Need for USDA-EPA Cooperation in Groundwater Research and Monitoring. Proc. of Agricultural Impacts on Groundwater Conf. Natl. Water Well Assn., Dublin, Ohio (1988).
- FERGUSON, H.; BROWN, P.L.; & MILLER, M.R. Saline Seeps on Non-irrigated Lands of the Northern Plains. Control of Agriculture-Related Pollution in the Great Plains. Great Plains Agricultural Council Pub. 60. Univ. of Nebraska, Lincoln (1972).
- BOYCE, J.S. ET AL. Geologic Nitrogen in Pleistocene Loess of Nebraska. *Jour. Envir. Qual.*, 5:93 (1976).
- WHITE, E.M. & MOORE, D.G. Nitrates in South Dakota Range Soils. *Jour. Range Mgmt.*, 25:27 (1972).
- STRATHOUSE, S.M. ET AL. Geologic Nitrogen: A Potential Geochemical Hazard in the San Joaquin Valley. California. *Jour. Envir. Qual.*, 9:54 (1980).
- FRANCIS, D.D. & SCHEPERS, J.S. Variations in Nitrate and Ammonium Concentrations in Precipitation During Rainfall Events. *Agron. Abstracts* (1987).
- DENMEAD, O.T.; NULSEN, R.; & THURTELL, G.W. Ammonia Exchange Over a Corn Crop. *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.*, 42:840 (1978).
- MADISON, R.J. & BRUNETT, J.O. Overview of the Occurrence of Nitrate in Groundwater of the United States. USGS National Water Summary 1984, USGS Water Supply Paper 2275. US Gov. Printing Ofce., Washington, D.C. (1985).
- STARR, J.L. & SAWHNEY, B.L. Movement of Nitrogen and Carbon From a Septic System Drainfield. *Water Air Soil Poll.*, 13:113 (1980).
- WHELAN, B.R. & TITAMNIS, Z.V. Daily Chemical Variability of Domestic Septic Tank Effluent. *Water Air Soil Poll.*, 17:131 (1982).
- WALKER, W.G. ET AL. Nitrogen Transformations During Subsurface Disposal of Septic Tank Effluent in Sands. II. Groundwater Quality. *Jour. Envir. Qual.*, 2:521 (1973).
- OMERNIK, J.M. The Influence of Land Use on Stream Nutrient Levels. EPA-600/3-76-014. USEPA, Corvallis, Ore. (1976).
- HALLBERG, G.R. Nitrate in Ground Water in the United States. Nitrogen Management and Groundwater Protection (R.F. Follett, editor). Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, the Netherlands (1989).
- KEENEY, D.R. Sources of Nitrate to Ground Water. *CRC Critical Reviews in Environmental Control* (C.P. Straub, editor). CRC Press, Boca Raton, Fla. (1986).
- KEENEY, D.R. Nitrate in Ground Water—Agricultural Contribution and Control. *Agricultural Impacts on Groundwater*. Natl. Water Well Assn., Worthington, Ohio (1986).
- SPALDING, R.F. & EXNER, M.E. Nitrate Contamination in the USA. NATO Nitrate Conf., Lincoln, Neb., 1990.
- POWER, J.F. & PAPENDICK, R.I. Organic Sources of Nutrients. *Fertilizer Technology and Use* (O.P. Engelstad, editor). Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis. (1985).
- ELLIS, J.R.; MIELKE, L.N.; & SCHUMAN, G.E. The Nitrogen Status Beneath Beef Cattle Feedlots in Eastern Nebraska. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* (1975).
- PRATT, P.F. Nitrogen Use and Nitrogen Leaching in Irrigated Agriculture. *Nitrogen in Crop Production* (R.D. Hauck, editor). Amer. Soc. Agron., Madison, Wis. (1984).
- HARGETT, N.L. & BERRY, J.T. 1982 Fertilizer Summary Data. Natl. Fertilizer Devel. Ctr., TVA, Muscle Shoals, Ala. (1983).
- BERRY, J.T. & HARGETT, N.L. 1988 Fertilizer Summary Data. Natl. Fertilizer Devel. Ctr., TVA, Muscle Shoals, Ala. (1989).
- HALLBERG, G.R. Nitrates in Groundwater in Iowa. *Rural Groundwater Contamination* (F.M.D'Itri and L.G. Wolfson, editors). Lewis Publ., Chelsea, Mich. (1987).
- BOCK, B.R. Efficient Use of Nitrogen in Cropping Systems. *Nitrogen in Crop Production* (R.D. Hauck, editor). Amer. Soc. Agron., Madison, Wis. (1984).
- NELSON, D. Minimizing Nitrogen Losses in Non-irrigated Eastern Areas. Plant Nutrient Use and the Environment Sym. Proc. The Fertilizer Inst., Washington, D.C. (1981).
- National Research Council. The Health Effects of Nitrate, Nitrite, and N-nitroso Compounds. Natl. Acad. of Sci., Washington, D.C. (1985).
- National Primary and Secondary Drinking Water Regulations: Proposed Rule. *Fed Reg.* 54:22077 (May 22, 1989).
- MIRVISH, S.S. The Significance for Human Health of Nitrate, Nitrite and N-nitroso Compounds. NATO Nitrate Conf., Lincoln, Neb., 1990.
- HOTCHKISS, J.H. Relative Exposure to Nitrite, Nitrate, and N-nitroso Compounds From Endogenous and Exogenous Sources. *Food Toxicology, A Perspective on the Relative Risks* (S.L. Taylor and R.A. Scanlan, editors). Marcel Dekker, New York and Basel (1989).
- TANNENBAUM, S.R. Endogenous Formation of N-nitroso Compounds: A Current Perspective. *Relevance of N-Nitroso Compounds to Human Cancer: Exposures and Mechanisms* (H. Bartsch et al, editors). IARC Science Publication. 84 (1987).
- US Environmental Protection Agency. Nitrate and Nitrite Health Advisory. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (G.W. Ware, editor). Office of Drinking Water Health Advisories. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo (1989).
- JAFFE, E.R. Methaemoglobinemia. *Clinics in Haematology*, 10:99 (1981).
- JOHNSON, C.J. ET AL. Fatal Outcome of Methemoglobinemia in an Infant. *Jour. Amer. Med. Assn.*, 257:2796 (1987).
- FAN, A.M.; WILLHITE, C.C.; & BOOK, S.A. Evaluation of the Nitrate Drinking Water Standard With Reference to Infant Methemoglobinemia and Potential Reproductive Toxicity. *Regulatory Toxicol. & Pharmacol.*, 7:135 (1987).
- WALTON, G. Survey of Literature Relating to Infant Methemoglobinemia Due to Nitrate-Contaminated Water. *Amer. Jour. Public Health*, 41:986 (1951).
- DORSCH, M.M. ET AL. Congenital Malformations and Maternal Drinking Water Supply in Rural South Australia: A Case-Control Study. *Amer. Jour. of Epidemiol.* 119:473 (1984).
- MIRVISH, S.S. Effects of Vitamins C and E on N-nitroso Compound Formation, Carcinogenesis, and Cancer. *Cancer, Supplement*: 1842 (Oct. 15, 1986).
- FORMAN, D. Nitrate Exposure and Human Cancer. North American Treaty Organization Nitrate Conference, Lincoln, Neb., 1990.

About the authors: *Dermont C. Bouchard is an environmental scientist with the USEPA, Office of Research and Development, 401 M St. S.W., Washington, DC 20460. He is currently the USEPA-ORD-USDA-ARS research liaison and has previously worked in USEPA's Region VII and at the Robert S. Kerr Laboratory, USEPA's primary center for groundwater research. A graduate of Arizona State University, Tempe (BS), and the University of Arkansas, Fayetteville (MS and PhD), Bouchard was recipient of the USEPA Scientific and Technological Achievement Award in 1988. He is a member of ACS. Mary K. Williams is an environmental engineer and Rao Y. Surampalli* is senior environmental engineer with the US Environmental Protection Agency, Box 17-2141, Kansas City, KS 66117.*

*To whom correspondence should be addressed

¿Libre Comercio en Desechos Tóxicos?

Por: David W. Eaton;
National Law Center for InterAmerican Free Trade
Tucson, Arizona.

El desarrollo de un mecanismo para controlar el movimiento de los desechos tóxicos entre Estados Unidos y México que realmente proteja el medio ambiente y no afecte en exceso los negocios requiere madurez, confianza y cooperación. Cualquier mecanismo de control deberá tomar en cuenta el hecho de que compartimos una frontera de 3,300 kilómetros, así como la futura imposición fiscal a la infraestructura de esta misma y una mayor necesidad de personal de aduanas y en materia ambiental como efecto del TLC. El presente artículo tiene como propósito promover el análisis sobre un sistema económico y eficiente para la disposición de los desechos tóxicos en América del Norte. La razón principal porque algunas empresas desalojan desechos ilícitamente es el costo exorbitante de su disposición. Con un "libre comercio" de desechos

tóxicos, altamente regulado y llevado a cabo en etapas, México y Estados Unidos podrán disminuir costos y eliminar incentivos para la disposición ilegal de dichos desechos mediante el uso de economías de escala.

Con la firma del TLC y su acuerdo paralelo para la protección del medio ambiente surge la posibilidad de extender sus efectos de libre comercio hacia las áreas de desechos tóxicos. Quizás esta idea no haya sido contemplada en un principio, sin embargo, las condiciones entre México y Estados Unidos nos obligan a reflexionar en ella. ¿Era nuestra intención iniciar un sistema de libre comercio de desechos tóxicos? La mayoría diría que no. México no está dispuesto a convertirse en el basurero de los Estados Unidos. Cada mexicano y estadounidense debe preocuparse por los problemas que causan los desechos tóxicos, principalmente la gente que vi-



SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL INTEGRADA

El Sistema de Gestión Ambiental Integrada pone a su disposición toda la infraestructura y prestigio técnico, académico y profesional del Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey mediante una membresía que le ofrece diversos servicios con los que usted obtendrá una visión integral en cuanto a los requerimientos de su empresa y lo que usted puede hacer para satisfacerlos a través de nuestro SISTEMA. Algunos de nuestros servicios son descuento en uso de laboratorios, auditorías especializadas, acceso a publicaciones de actualidad en cuestiones ambientales, desayunos-conferencias mensuales, etc. Todo esto con el propósito de que usted conozca, se relacione y se mantenga a la punta del entorno ambiental en su empresa.

¡Infórmese de todos los beneficios que podrá usted obtener siendo miembro del Sistema de Gestión Ambiental Integrada!

ITESM, Centro de Calidad Ambiental en CINTERMEX
Tel (8) 369.6448,
Fax (8) 369.6446
CCA/ITESM Tels. Directos:
(8) 328.4152, 328.4146 al 49 Tels. Conm
(8) 358.2000 Exts. 5216 al 5219 / Fax (8) 328.4144 y 359.6280, o bien solicite información por correo marcando el código SGAI-030 en el cupón de pedidos (al final de esta publicación)

ve en la zona fronteriza, ya que comparten las mismas fuentes de agua, de aire, y ahora con el TLC se alimentan de las mismas cosechas. Es indiscutible que este tratado está uniendo a los dos países como nunca antes en la historia. Es obvio que ya no podemos dar marcha atrás al proceso de globalización. México ha iniciado sus pasos en este proceso de manera valiente y revolucionaria, el cual, se irá desarrollando en el futuro. No debemos dejar a un lado las áreas de manejo y disposición de residuos peligrosos frente a esta nueva actitud de cambio.

La preservación del medio ambiente en la zona fronteriza es sin duda uno de los retos más importantes de nuestra era. El presente artículo tiene como propósito mostrar y analizar de manera general la necesidad de una política uniforme para controlar el movimiento de los desechos tóxicos entre México y EE.UU. y la forma de cómo lograrlo. (1) Desafortunadamente, la generación de desechos tóxicos es una realidad de la economía moderna. Cada día en el mundo se generan miles y miles de toneladas de residuos peligrosos. Grandes cantidades de estos desechos cruzan fronteras internacionales diariamente. Una gran parte del flujo va de países desarrollados hacia países en vías de desarrollo, con lo cual se ha creado el llamado "mercado global de tóxicos". En muchas ocasiones este mercado tiene como resultado un efecto dañino en los países subdesarrollados.

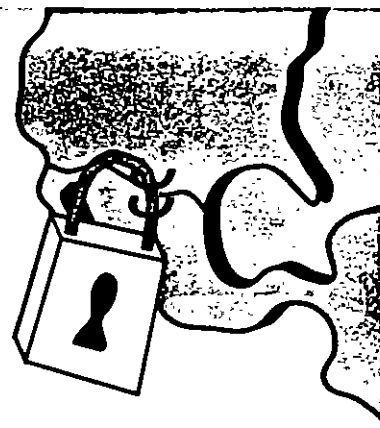
Los desechos tóxicos causan grandes problemas al equilibrio ambiental y para la salud, tales como varias formas de cáncer. Estos problemas son aún más agudos en la zona fronteriza entre México y EE.UU. Uno de los casos más tristes ocurrió en las ciudades hermanas de Nogales, Arizona y Nogales, Sonora, donde un niño nació con sólo la mitad de su cerebro. ¿La causa?, presumiblemente fueron los residuos peligrosos de una maquiladora desalojados en un arroyo situado cerca de la casa del infante.

Desde hace mucho tiempo un intercambio de desechos tóxicos ha

existido entre México y EE.UU. El intercambio que se da entre estos dos países consiste principalmente en aquéllos generados por maquiladoras situadas en el norte de México las cuales se ven obligadas a regresarlos a su país de origen. Asimismo, los desechos tóxicos generados en EE.UU. son enviados a México para ser reciclados. Las maquiladoras generan alrededor de 164 toneladas de residuos peligrosos diariamente, de éstas se estima que 44 tienen un destino desconocido. (2) Desafortunadamente, no se conoce con certeza la cantidad de residuos peligrosos que transitan por la frontera entre ambos países de manera ilegal.

Desde la Ciudad de México hasta Washington D.C., todos están de acuerdo en que los dos países necesitan trabajar conjuntamente para mejorar el nivel de protección al medio ambiente, de la vida y de la salud, tanto humana como animal y vegetal en la zona fronteriza. Es indiscutible que con el TLC y la integración económica que éste trae consigo, mexicanos y estadounidenses tienen que trabajar unidos para hacer frente a este problema. ¡La contaminación no conoce fronteras! Sin embargo, no es suficiente saber de la existencia de este problema, sino el cómo atacarlo.

En la actualidad existe una propuesta de ley ante el Congreso de la Unión en la cual se busca la reforma del Artículo 153 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como los artículos 43 al 53 del reglamento correspondiente en materia de residuos peligrosos. Bajo Ley Federal solamente se pueden importar desechos tóxicos al territorio mexicano con el fin de ser reciclados, pero no para su disposición final. En esta propuesta se quiere establecer la clausura total de la frontera entre México y EE.UU. con respecto al movimiento de los desechos tóxicos. La meta de esta propuesta de ley es admirable, sin embargo, no ayudaría a la causa de la protección del medio ambiente. Existen siete razones principales por las cuales se piensa que la política de fronteras cerradas no sería la mejor solución para la protección del medio ambiente:



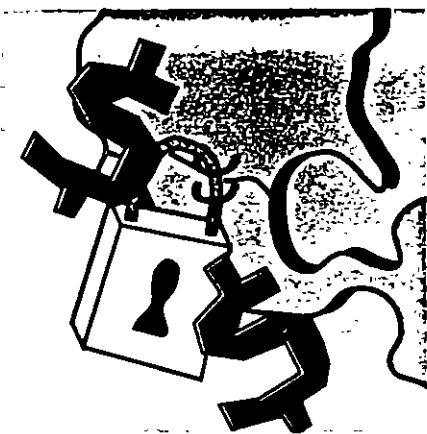
Geografía

México y los Estados Unidos comparten una frontera de más de 3,300 kilómetros que cuenta con más de 300 cruces fronterizos desde Tijuana hasta Matamoros. Sería casi imposible cerrar totalmente la frontera al movimiento de los desechos tóxicos debido a la longitud de ésta. Los recursos que gastaríamos podrían ser mejor invertidos.



Aumento de Tráfico en los cruces Fronterizos

A lo largo de la frontera estamos viendo un aumento increíble de tráfico. Actualmente la infraestructura en la frontera ha sobrepasado su límite y todos los pronósticos prevén que con el TLC el tráfico seguirá aumentando. Necesitamos un sistema de control que no retrase el paso de los cargamentos y que al mismo tiempo no dañe al medio ambiente.



Costo de Cierre de Fronteras

El cierre de fronteras al movimiento de los desechos tóxicos es posible, sin embargo, es importante que se tomen en cuenta las consecuencias que esto acarrearía. Para que funcionara una política de este tipo, se tendría que contar con una vigilancia aduanal sumamente rígida, de otra manera, los transportistas, generadores de desechos tóxicos, empresas de manejo y agentes aduanales sabrían que el riesgo de cruzar la frontera con este cargamento ilícito valdría la pena debido al costo de disposición en los EE. UU. Además, sería necesario parar a los camiones y buscar cargamentos ilegales de desechos tóxicos. Este tipo de vigilancia no va a suceder si tomamos en cuenta que el enfoque del TLC es facilitar el movimiento de mercancías. Si se llevara a cabo, el paso de las mercancías sería aún más lento de lo que ya es y la presión que tendrían los aduanales por parte de las empresas que requieran de sus componentes y de las personas que habitan cerca de la aduana, -que tienen que convivir con la constante intromisión del tráfico en sus calles-, sería demasiada.

Un Sistema Bifurcado e Ineficiente Aumentaría el Mercado Negro

Dicho sistema causaría el aumento de los costos de disposición de los residuos peligrosos. Si

tuviéramos una ley que cerrara la frontera al movimiento de los desechos tóxicos, ésta aumentaría considerablemente el "mercado negro" de los residuos peligrosos ya existentes y a largo plazo los daños ecológicos serían aún mayores. Con sistemas distintos y extraños en ambos países, se corre el riesgo de sufrir la falta de información adecuada y la falta de mecanismos de control. Ocasionando con esto el aumento del mercado negro y la imposibilidad de determinar la procedencia o destino de los desechos así como el responsable por los daños ecológicos que se pudieren causar. Cabe mencionar que un punto fundamental para el control de este problema es el manejo de información adecuada.

Economías de Escala

La razón principal para que algunos empresarios depositen sus desechos ilegalmente, es para evitar los exorbitantes costos de disposición. Si realmente quisiéramos proteger el medio ambiente en la zona fronteriza, tendríamos que disminuir los costos de disposición. Dando lugar a un sistema de libre comercio de residuos tóxicos en Norteamérica, en la misma forma en que se da entre los países de la Unión Europea. Así, los países de Norteamérica y Europa pueden aprovechar las economías de escala en la disposición, evitando el doble costo en ambos países de la construcción de plantas de tratamiento, incineración, reciclaje y disposición final de diferentes derivados de manufactura. Hay algunas empresas, que actualmente implementan la política de las economías de escala para reciclar químicos procedentes de México y los Estados Unidos, estas empresas requieren de este tipo de economías para sobrevivir, ya que de otra manera, únicamente con los residuos que genera el país no serían suficientes. Como resultado tendrían que cerrar y entonces, ¿qué haría México con sus desechos que necesitan ser reciclados?

Hoy en día existe una gran demanda para construir plantas de

tratamiento de residuos peligrosos en los dos países y si tenemos que construirlas separadamente esto implica un doble esfuerzo, es decir, un doble gasto de escasos recursos que podríamos utilizar para solucionar otros problemas. Lo que es más, si es imperativo construirlas en ambas partes se aumentarían no sólo los costos de construcción, sino los costos de transporte, seguro y la compra y renta de tierra y equipo también. Además, cuando suben los gastos esto incentiva a que se desechen ilegalmente.

Presión en EE.UU. para Exportar los Desechos

Existe tanta presión en EE.UU. para exportar los desechos tóxicos a México que no podríamos controlarlo con sólo la proclamación de una ley. En EE.UU., cuesta aproximadamente \$2,600 dls. por tonelada que se dispone de los desechos tóxicos en comparación con un costo aproximado de \$300 a \$500 dls. en la República Mexicana. (3) Como se puede ver, los costos en Estados Unidos son demasiado altos por lo que se ven presionados a exportarlos a otros países y en especial a México debido a varios factores. Primero, la cercanía que hay entre los dos países disminuye los gastos de transporte. Segundo, las infracciones por la disposición ilegal de desechos son menores en México que en EE.UU. Tercero, la renuencia por parte de la ciudadanía estadounidense para la construcción de plantas de tratamiento. Cuarto, EE.UU. tiene menos opciones para exportar sus desechos de acuerdo con la Convención de Basilea de la cual México es miembro y EE.UU. está en el proceso de ratificar su membresía. Esta convención procura el control internacional de los residuos peligrosos. Aún bajo la Convención de Basilea, el transporte de los residuos de EE.UU. a México y Canadá sería permitida porque, la Administración Clinton establece que, en algunos casos, sería la alternativa ambiental más viable. Cabe mencionar que EE.UU. debe aprender cómo manejar sus propios residuos con más responsabilidad.

El Espíritu del T.L.C.

La idea general del TLC es unir todos los factores de producción para eficientar el uso de los recursos de América del Norte y sería lógico unir también los mecanismos para la disposición de derivados de esta nueva integración. Una política que trate de legislar de manera proteccionista y cerrar la frontera iría contra el espíritu del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. Según el "acuerdo paralelo" debemos hacer frente a problemas del medio ambiente en la zona fronteriza juntos.



DEBILIDADES DE UNA POLITICA DE FRONTERAS CERRADAS

Geografía-México y los E.U. comparten una frontera de más de 3,300 kilómetros que cuenta con más de 300 cruces fronterizos

Aumento de tráfico en los cruces fronterizos. La infraestructura y los aduanales están sobrecargados hasta el punto que no podrían vigilar la frontera como una política de fronteras cerradas.

Costo de cierre de fronteras-una política así acarrearía más retraso en los cruces fronterizos lo cual no concuerda con el enfoque del TLC de facilitar el movimiento de mercancías.

Un sistema bifurcado aumentaría el "mercado negro" en desechos tóxicos y la falta de información.

Un sistema bifurcado no aprovecharía las economías de escala y así aumentarían los costos de disposición.

Existe tanta presión para exportar los desechos tóxicos a México que no podría controlarlo con solo la proclamación de una ley.

Una política de fronteras cerradas estarían en contra del espíritu del TLC.

Una vez que hemos expuesto las ventajas de atacar el problema de los desechos tóxicos en la zona fronteriza de manera conjunta. Se expondrá el perfil de una posible política uniforme para controlar el movimiento de los desechos tóxicos entre México y EE.UU. El libre comercio en desechos tóxicos no podría realizarse de la noche a la mañana, sino en un plazo aproximado de diez años. Un sistema así lograría un mejor nivel de protección ambiental que a la vez sería más eficaz. Si no se contara con la existencia de los siguientes nueve pilares esenciales esta propuesta no alcanzaría la debida protección ambiental:

1. Su implementación por etapas para desarrollar la infraestructura y vigilancia en México.
2. Hacer uso oportuno y extenso de las fuerzas de mercado; tales como, créditos de impuestos para la inversión en tecnología "verde" y la disminución de la generación de residuos peligrosos.
3. Desarrollar conjuntamente la capacidad de inspectores ambientales y aduanales.
4. Una campaña de educación para el público y los empresarios acerca del debido tratamiento de desechos tóxicos.
5. Inversión para las necesidades no satisfechas en materia de residuos peligrosos en los dos países.
6. El desarrollo de un manifiesto uniforme para mantener de vista los desechos tóxicos. Cuando se generan desechos tóxicos en los dos países deben crear un manifiesto, el cual tiene como fin perseguir a los desechos desde su inicio hasta su disposición final. México usa la "Guía Ecológica" y los Estados Unidos usa el "Uniform Hazardous Waste Manifest", sin embargo, estos documentos no congenian. Para transportar un cargamento de este tipo de desecho por EE.UU. y México es necesario traer consigo ambos documentos. Al cargar con un solo documento para transportar de un país a otro se minimiza el riesgo de fraude ya que cuando se tiene que manejar tanta documentación es muy posible que haya confusión en la cantidad que se transporta y pasen cargamentos

sin el conocimiento del aduanal. En adición, el hecho de llenar la documentación en cada lado es ineficiente. (4)

7. Base de datos uniforme. La información contenida en el manifiesto uniforme y recogido por parte de cada unidad gubernamental podría ser registrada en una base de datos mantenida conjuntamente por SEDESOL y su homóloga norteamericana, la agencia EPA. Así, las autoridades competentes mantendrían un registro de cada empresa de manejo, transportista, agente aduanal y generador que manejan desechos tóxicos por la zona fronteriza dando un trato preferente a los que se hubieran comportado responsablemente; y aquéllos que no, se verán sometidos a una inspección.

8. Un acuerdo para obtener "jurisdicción sobre la persona" de un estadounidense sospechoso de haber desalojado desechos tóxicos en territorio mexicano. La indemnización por daños y perjuicios al medio ambiente impuesta por una corte estadounidense normalmente sobrepasa la que impone una corte mexicana. (5)

Para ilustrar este punto cabe recordar el caso presentado anteriormente del niño nacido con sólo la mitad de su cerebro. Las multas aplicadas por los dos gobiernos (SEDESOL y EPA) serían esencialmente de la misma naturaleza. Sin embargo, la gran diferencia existirá en el monto de la indemnización que la familia del niño podría recuperar de la empresa culpable. Por ejemplo, supongamos que de haber sucedido en México, los padres del niño hubieran podido demandar a la maquiladora responsable por daños y perjuicios y obtener una suma de \$5,000 dls. (6) Asumamos ahora que la familia demanda en las cortes norteamericanas.

Los padres podrán demandar a la empresa no sólo por los gastos médicos sino también por el sufrimiento moral de la madre. Aún más, si las acciones de la maquiladora hubieran sido especialmente lascivas y maliciosas ésta incurrirá en los llamados "daños penales". Los daños penales consisten de una

cantidad de dinero bastante elevada con la finalidad de castigar al culpable, prevenir a las demás empresas que estuvieran en alguna situación parecida a fin de que se conduzcan con una mayor responsabilidad y, por último, dar a la parte lesionada el incentivo económico para ejercitar las acciones legales pertinentes. Por todo esto, ante las cortes estadounidenses los padres del niño podrían recibir, por hacer una comparación, una suma de unos \$300,000 (7). La gran diferencia en el costo de disposición y la posibilidad de una indemnización mínima a la que una empresa norteamericana podría ser sometida a pagar, constituyen dos razones importantes que fomentan la exportación ilegal de residuos peligrosos hacia México. Sin embargo, si la parte mexicana lesionada pudiera demandar a la maquiladora en cortes estadounidenses o aplicando ley estadounidense en cortes mexicanas, existiría un incentivo económico mucho menor para exportar los desechos a México.

9. Implementar un programa agresivo de ejecución. Ningún sistema administrativo en materia ambiental puede ser creíble o efectivo sin su correspondiente ejecución

Al desarrollar políticas ambientales más factibles en sistemas democráticos y orientados al mercado, ayudaremos a asegurar una relación bilateral más sostenible y a crear más oportunidades y mejores niveles de vida para nuestros ciudadanos.

El Autor: Jurs Dctor David W. Eaton es Investigador Jurídico para el National Law Center For Interamerican Free Trade en Tucson, Arizona y Profesor de Derecho Estadounidense en el ITESM.

Referencias:

1. Críticas de este plan de cooperación favor de comunicarse con el autor por medio de la Facultad de Derecho del ITESM
2. Bustani Adem A. 1994 Calidad Ambiental Situación de los Residuos Sólidos en México Vol 1 (7) p.p 13-16
3. Scramstad, B. Primavera de 1991 Transboundary Movement of Hazardous Wastes from the U.S. to Mexico. Transnational Lawyer, p. 277
4. Un documento de esta índole podna ser desarrollado bajo la dirección del National Law Center for InterAmerican Free Trade en Tucson, Arizona
5. Un sistema así podría ser desarrollado bajo la dirección del National Law Center for Inter-American Free Trade en Tucson, Arizona
6. Bajo ley mexicana se puede demandar a la maquiladora pero la carga de la prueba cae con la demandante de comprobar causa y efecto por medio de un juicio ordinario civil sobre responsabilidad extra contractual a la empresa. En caso de que la empresa sea insolvente y el estado haya permitido las acciones de la maquiladora se puede demandar al estado. Entrevista con Lic. Carlos Francisco Cisneros Ramos, Dir. del Dept. Jurídico del municipio de San Pedro Garza García, N.L., 25 de julio de 1994
7. La ley estadounidense relaja la carga de prueba



LA LIMPIEZA DEL SUELO PUEDE COSTAR \$15 MILLONES

Se va a quitar la tierra radiactiva de seis patios residenciales en Hazelwood, Mo. El costo de quitar la tierra puede llegar a los \$15 millones de dólares. El Departamento de Energía dice que la tierra se va a llevar a un depósito de desechos nucleares en Utah.

LOS ACCIDENTES TOXICOS AMENAZAN A LOS E.U.

Los accidentes químicos tóxicos que amenazan la salud pública y el medio ambiente ocurren a un ritmo alarmante de 19 por día, según estudios. Los accidentes incluyen incendios, explosiones y emisiones de gases tóxicos que pueden provocar cáncer, defectos de nacimientos y desórdenes reproductivos, dice Hillel Gray, co-autora de un reporte por parte del Centro para la Ley Ambiental Nacional y el Grupo de Investigación para el Interés Público.

Actualidades Ambientales / Tomado de USA TODAY Update / Fuente: USA TODAY Garment National Information Network

Perfil de una política de libre comercio de desechos tóxicos. Sin estos pilares esenciales este sistema no podría funcionar.

Su entrada en vigor en etapas (pasos) para desarrollar la infraestructura y vigilancia en México.

Hacer uso oportuno y extenso de las fuerzas de mercado; tal como créditos de impuestos para la inversión en tecnología "verde".

Desarrollar conjuntamente la capacidad de inspectores ambientales y aduanales.

Una campaña de educación para el público y los empresarios acerca del debido tratamiento de desechos tóxicos.

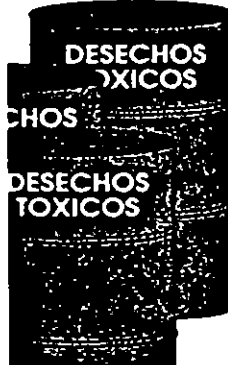
Inversión para las necesidades no satisfechas en materia de residuos peligrosos en los dos países.

El desarrollo de un manifiesto uniforme para mantener de vista los desechos tóxicos.

Base de datos común para SEDESOL y EPA.

Un acuerdo del Tratado de la Paz para obtener "jurisdicción sobre la persona" de un estadounidense sospechoso por haber desalojado desechos tóxicos en territorio mexicano.

Implementar un programa agresivo de ejecución.



HUMOR...



Lo bueno de que se utilice tanto DDT para cultivar es que se puede utilizar el jugo de naranja como insecticida

LOS DESARROLLOS URBANOS Y LOS ESCURRIMIENTOS DE AGUA DE LLUVIA

Los escurrimientos de agua de lluvia en las grandes ciudades, se han convertido en una fuente de contaminación importante, ya que contienen una gran variedad de polvo, partículas de: 1) llantas de carros, 2) de frenos (desprendidas de las balatas, discos metálicos, liquido lubricante, etc.), 3) aceite, 4) gasolina o diesel, 5) productos de la combustión (metales pesados, carbón, plomo, etc.), 6) pesticidas, 7) productos químicos diversos, 8) bacterias (procedentes de los botes de basura o tiraderos clandestinos; y muchos otros.

Debido a lo difícil que resulta controlar los escurrimientos urbanos, a la fecha existen muy pocas regulaciones al respecto a nivel mundial, las cuales por cierto, son de creación reciente, destacando entre ellas las de los Estados Unidos de Norteamérica, etc..

La contaminación del agua, debida a los escurrimientos en zonas urbanas, es un aspecto relevante que hay que considerar como estudiosos de la Geología, y debemos proponer programas y soluciones tendientes a reducir la contaminación de los acuíferos o de los depósitos artificiales del vital líquido, para todas aquellas zonas urbanas en vías de desarrollo.

Ha sido clásico, la creación de fraccionamientos habitacionales en las zonas topográficamente mas altas, lo cual permite tener una vista panorámica realmente hermosa. La venta de lotes o casas en dichas zonas se realiza a tal costo, que da la impresión de que a partir de ese momento, el comprador pasa a ser el dueño absoluto de un determinado paisaje, lo cual es incorrecto, pero resulta real en cierto grado, ¿por qué?, porque al cerrarse o limitarse el acceso al resto de la comunidad, a una determinada zona, se pierden hermosos puntos de observación y además, se queda expuestos a todo tipo de contaminantes que se generaran por los privilegiados habitantes de este tipo de fraccionamientos; sin embargo, los terratenientes y vendedores de este tipo de terrenos, raramente emplean, al menos, parte de sus ganancias en crear sistemas de captación (de aguas pluviales, grises o negras) apropiados, que eviten o reduzcan la velocidad de los escurrimientos de agua procedente de estos desarrollos urbanos, lo cual induce la erosión, inundación o contaminación de las zonas topográficamente más bajas, afectando en muchas ocasiones a núcleos de población importantes.

Es importante concientizarnos de situaciones como éstas y dar la importancia necesaria a los dos aspectos siguientes:

- 1) Conservar tanto como sea posible, las zonas de recarga naturales,
 - 2) Realizar las obras necesarias para la captación y control del agua en zonas urbanas;
- con ello seguramente contribuiremos al incremento, conservación y uso óptimo de este recurso natural tan importante.

LA CONTAMINACION DE LOS ACUIFEROS, UN PROBLEMA SOCIAL DE ACTUALIDAD

Con anterioridad, era poco común escuchar algo acerca de la contaminación de nuestros acuíferos, esto se debía a tres aspectos principales: 1) No sucedía con frecuencia, 2) No era dado a conocer con tanta facilidad, por nuestras autoridades o por los medios de comunicación, ó 3) Los contaminantes no eran detectados con facilidad o se alcanzaban a diluir antes de llegar a los centros de distribución del agua. Esta situación ha cambiado notablemente y hoy en día es noticia constante la presencia de contaminantes en el agua superficial o del subsuelo, en nuestro país y en el mundo. A continuación ejemplificamos (con una caricatura) un par de aspectos relacionadas con este tema, que se presentaron en 1993, en la ciudad y puerto de Ensenada, Baja California.

NOTAS ACLARATORIAS: 1) RUDAMETKIN, es el nombre de una compañía distribuidora de gasolina en la localidad, la cual tuvo un problema por fugas de combustible cerca del Bulevar Costero.

2) La CESPE = Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, detectó la presencia de contaminantes procedentes del Valle de Guadalupe, donde se realiza la producción de vino.

3) C.N.A. = Comisión Nacional del Agua.

№ 01299

EFFECTS OF THE 1992 AND 1993 STORMS AT ENSENADA COUNTY BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

SANCHEZ-PÉREZ, Juan. Comisión Federal de Electricidad, Brigada de Estudios Geológicos, Calle ONCE No.1228, Ensenada, B.C., C.P. 22800; SOTO-G., Mco. Antonio; AZUARA-ZUMAYA, Jorge L., C.F.E., Superintendencia de Estudios Geológicos, Calle Río Las Cañas No.1619, Col. Atlas, Guadalupe, Jalisco, C.P. 44800, MEXICO.

Ensenada County had serious effects due to the 1992 and 1993 storms, we report that ones observed to the southern portion of the county. On February/1992 and January/1993, the inter-state road No 1 built on sedimentary rocks (Rosano Formation), was cut at Kilometers 0+300 and 0+318, and the inter-state road to Erandire was cut at Km 0+016 in an area of volcanic rocks (Alamos Formation). The damages produced on 1993 were much bigger to both roads.

Some wells (P-26, P-27, P-28, P-29) and "noras" (N-23, N-24), located at San Vicente (SnV) stream (80 Km. southwest Ensenada) were affected, losing their equipments and being covered by sediments. The aquifers in the area were totally recharged and we could measure run-offs at SnV stream up to 641,000 m³/day (January 07/93). Ground water levels registered (1991 - 1993) show fluctuations between 5 and 10 meters. The chemical analysis to water samples show that the floods reduced the salt contamination of the main aquifer (SnV) in the area.

The San Quintín Valley, (an important agricultural land) was affected in about 50 Km², and the tomato and chile crops were loose. We report some data concerning to the damages suffered in the area, including economic expenses.

In order to reduce the damages at Ensenada County we suggest: 1) the construction of dikes at the main streams in the region; 2) the construction of a bridge at El Socorro stream (located northwest El Rosano); 3) relocate some wells, and 4) to protect the road to Erandire with retaining walls, and 5) as a general task we recommend to do extensive geologic studies in the area, to prevent and reduce the flooding effects.

№ 16176

CHANNEL ADJUSTMENTS FROM INSTREAM MINING; SAN LUIS REY RIVER.

SANDECKI, Michael, Engineering Geologist, California Department of Conservation, Division of Mines & Geology; **CROSSETT, Catherine,** P.E., Hydraulic Engineer, California Department of Transportation.

The San Luis Rey River comprises a 560 square mile watershed in Northern San Diego County, California. Construction aggregate has been mined from a fourteen mile reach of the river. Cumulative extraction volumes of eight operators peaked in the late 1980's, with few restrictions or coordinated oversight by local, State, or Federal agencies. The channel was deepened and widened as sand was removed at rates far in excess of natural replenishment. The 1992/93 floods caused headward erosion of the mined pit boundaries, interruption of sediment transport continuity, and downstream scour. Lowering the base level in the mined portions triggered rapid erosional adjustments in non-mined portions of the river affecting infrastructure, adjacent property, and wildlife habitat. During the 1992/93 storms, the riverbed degraded 8-12 feet under the old Route 395 bridge, causing structural instability which closed the bridge to traffic and necessitated a \$4.5 million bridge replacement project. The Route 78 bridge over a tributary to the San Luis Rey River failed as the tributary headcut upstream due to bed lowering in the mainstem. The progressive exposure of aqueduct crossings, sewage lines, natural gas conduits, and bridge foundations prompted a comprehensive evaluation of instream mining activity, initiated by the San Diego County Water Authority in 1990. Concurrently, the Environmental Protection Agency authorized funding a watershed management plan to preserve or replace habitat critical to rare, threatened, and endangered species. The lessons learned from the San Luis Rey River include: 1) the cumulative impacts of sand removal should be determined, and potential offsite impact areas identified; 2) the limitations of bed lowering on existing infrastructure can be quantified and used to designate mining depths and locations; and; 3) the loss of riparian habitat can be addressed by identifying affected areas, preserving critical areas, and promptly implementing wildlife enhancement programs to restore impacted areas.

№ 16427

LANDSLIDE WEATHER IN 1993 CAUSES HEARTBREAK, WHITTIER, CA

SANTO, Doug S., SCHLUTER, Mark B., and SPELLMAN, Howard A., Jr., Converter Consultants West, 3393 E. Foothill Blvd., Pasadena, CA 91107

A landslide developed in an upscale Whittier, California neighborhood during a 4 month period of prolonged rainfall that began in December, 1992. The approximately 3 acre slide is a transitional type failure up to 50 feet thick that occurred on a 160 foot high, 1% bedrock cut slope. The slide potentially impacts 18 single family homes.

Initial movement of the slide is thought to have occurred in early January, 1993 with increasing displacement into early March. This movement corresponds with 13 inches of rain between December, 1992 and March, 1993 - almost twice seasonal average. Since 1989, there have been at least 4 other episodes of surficial instability on the slope and a fill slope of similar dimensions located roughly 150 feet north. In each case, there is a direct correlation between slope instability and above seasonal average rainfall between December and March.

The 1993 rains created a high groundwater condition in the area of the current landslide. Slope stability analyses revealed that the high groundwater was the primary trigger for failure of the slide. Nineteen horizontal drains installed between May and September, 1993 lowered the groundwater table between 18 and 34 feet over a period of 4 to 6 months. Slope inclinometers show evidence of no landslide movement after installation of the horizontal drains.

A plan has been developed to stabilize the slope with a 2.1 compacted fill buttress. The shear key excavation for the buttress will remove approximately 37,000 cubic yards of earth with approximately 183,000 cubic yards excess after the completion of filling operations. The excavation will require dewatering prior to the start of grading.

№ 07145

METAMORPHISM OF THE SWAKANE BIOTITE GNEISS, NORTH CASCADES SAWYKO, L.T., III, and EVANS, B.W., Dept. of Geological Sciences, AJ-20, University of Washington, Seattle, WA, 98195.

The crustal-thickening mechanism for high-pressure metamorphism of the North Cascades Crystalline Core is the subject of current debate (Brown and Walker, 1993). In order to resolve the debate and establish an accurate model of orogenesis in the Cascades, we must determine metamorphic conditions for all terranes within the Crystalline Core.

The Swakane Biotite Gneiss (SBG), the sole component of the Swakane Terrane (Tabor and others, 1987), is an apparently Precambrian (Matinson, 1972; Rasbury and Walker, 1992) quartzofeldspathic gneiss located on the SE flank of the North Cascades. The SBG is an amphibolite-facies gneiss of apparent igneous origin, with rare interbeds of metapelites, metacarbonates, and metabasalts. The Ennas fault, a NNW-trending fault with both strike-slip and dip-slip histories, cuts the Swakane Terrane.

Metapelites north of the Ennas fault contain the assemblage pl-qtz-bt-gr-ky-tt. Temperatures based on a petrogenetic grid and apparent equilibrium coexistence of gr-bt-ky-tt were 600-625°C. A T-XCO₂ diagram for an ultramafic locality with the assemblage of anth-tc-mst yields 625°C. Garnets in these pelites have petrographically distinct Ca-rich overgrowths (X_{gr} up to 30). GASP geobarometry indicates that garnet cores equilibrated at 7.5-8.5 kb, and rims at 10-12 kb. The presence of magmatic epidote-bearing orthogneiss is consistent with these high pressures.

South of the Ennas fault, pelites contain the assemblage pl-qtz-bt-gr-ky-si-sil, but staurolite occurs only as inclusions in garnet or as embayed grains surrounded by q-rich reaction haloes. Kyanite is locally surrounded by muscovite, with sillimanite growing in the matrix nearby, a texture indicative of the kyanite isograd. Based on these textures, temperatures south of the fault were 650-700°C. Garnets south of the fault lack high-Ca overgrowths; GASP calculations indicate that cores and rims equilibrated at 7-9 kb.

Regionally extensive high-P metamorphism of the SBG is consistent with data from other terranes in the Cascade Core. The Ennas fault may have experienced significant dip-slip movement during metamorphism of the SBG.

№ 10716

⁴⁰Ar/³⁹Ar AGE CONSTRAINTS ON THE DEPOSITIONAL HISTORY OF THE OLILOCENE TITUS CANYON FORMATION, DEATH VALLEY, CA

SAYLOR, Beverly Z.; Hodges, J.P. V., Dept. of Earth, Atmos. & Planet. Sciences, MIT, Cambridge, MA 02139

The Titus Canyon Formation, exposed on the east side of the Grapevine Mountains, Death Valley CA, consists of basal breccia and megabreccia deposits, overlain by interbedded conglomerate, sandstone, and tuffaceous deposits, with minor limestone and mudstone. It is a remnant of the oldest Cenozoic fault-controlled basin in the Death Valley area.

Analysis of biotite crystals from a tuff interbedded with conglomerates in the bottom part of the formation yielded a ⁴⁰Ar/³⁹Ar isochron age of 34.3 ± 0.7. Biotites from a stratigraphically higher tuffaceous sandstone about 20 m below an angular unconformity yielded a ⁴⁰Ar/³⁹Ar isochron age of 30.0 ± 0.6 Ma. A crystal tuff approximately 100 m above the unconformity yielded a ⁴⁰Ar/³⁹Ar isochron age of 12.0 ± 0.2 Ma for sandstone.

These dates confirm previous estimates, based on mammalian fossils, of an Early Oligocene age for the lower Titus Canyon Formation. The dates from above and below the angular unconformity differ by ~18 my. Much of this time is represented by the unconformity.

№ 02291

LATE QUATERNARY RUPTURE HISTORY AND EARTHQUAKE POTENTIAL OF THE BIG CHINO FAULT, YAVAPAI COUNTY, AZ

SHELL, Bruce A., 3454 Olive Av., Long Beach, CA 90807, and EUGE, K.W., Geological Consultants, 2333 W. Northern Av., Phoenix, AZ 85021

The Big Chino fault displaces Quaternary alluvium along the northeast side of Big Chino Valley. This fault has long been recognized as having one of the youngest surface fault displacements in Arizona. The prominence and continuity of the alluvial fault scarp suggests that the latest surface rupture occurred in latest Pleistocene time but precise quantitative data are few. The investigation included aerial reconnaissance, aerial photograph interpretation, geologic mapping, tectonic geomorphology analysis, and trenching. Three trenches were excavated across the scarp in the Parridge Creek area on CV Ranch, an area well suited for trenching owing to the presence of well-developed, relatively flat-lying, geomorphic surfaces. The trenches revealed well-developed buried soil horizons formed on offset alluvial deposits and fault-derived colluvial wedges. A minimum of three and possibly five major faulting events are suggested. Based on soil development, the latest rupture could be as young as early Holocene, but most likely is latest Pleistocene in age. The previous events occurred since middle Pleistocene. Displacement per event ranged up to 2 to 3 m. The long-term average recurrence interval for large surface-ruptures appears to be in the 20,000- to 30,000-year range, and the average slip rate is about 0.06 to 0.12 mm/yr. Estimates of maximum earthquakes based on empirical length-magnitude-displacement regression relationships range from 7 to 7½.

QUATERNARY ACTIVITY ON THE BLUE CUT FAULT, RIVERSIDE COUNTY, SOUTHERN CALIFORNIA.

SCHILL, Bruce A., and SCHILL, Wendy A., 3454 Olive Ave., Long Beach, CA 90807.

The Blue Cut fault (BCF) is an east-west trending fault zone extending about 80 km from the Little San Bernardino Mountains, at the edge of the Coachella Valley to the eastern end of the Eagle Mountains. Extensive detailed studies comprising aerial photograph analysis, aerial reconnaissance, and field mapping have for the first time documented the extent and faulting characteristics of this fault zone.

The BCF zone comprises three discrete left-stepping or echelon segments with step-overs between segment ends of about 2 to 3 km. A sequence of six nested alluvial fans ($Q_1 - Q_6$) occur along the fault zone. Fan morphology, fault-scarp morphology, and soil-satigraphy suggest that the fan surfaces range from modern (i.e. 10^3 yrs) to early Pleistocene ($10^4 - 10^5$ yrs) in age. Scarps representing surface fault displacements along the BCF are present in fan surfaces Q_2 and Q_3 but not in Q_1 , Q_4 , Q_5 or Q_6 . Surface geomorphology indicates the magnitude of the displacements were on the order of 2 m, suggesting earthquakes in the $M = 7$ range. The total length of the zone suggests that larger events ($M = 7.5$) are possible.

Although the fault has several displacements in Quaternary time, the studies indicate that recurrence intervals between rupture events are long (e.g. 10^4). The latest event was in late Pleistocene time. Although evidence of several surface fault ruptures within the past 10^4 yrs is abundant, age data are not definitive or precise. Investigations are continuing to constrain ages more precisely.

JURASSIC AND CRETACEOUS MAGMATISM AND TECTONISM IN THE MOJAVE DESERT, CA.
SCHERMER, E.R., STEPHENS, K.A., Geology Dept., Western Wash. Univ., Bellingham, WA 98223;
WALKER, J.D., Dept. of Geol. Univ. of Kansas, Lawrence, KS 66043, BUSBY, C.J.,
MATTHEWSON, J.M., Dept. of Geol. Sci., Univ. Calif., Santa Barbara, CA 93106

Structural and geochronologic data from the Tietoff Mountains in the NE Mojave Desert and the Victorville region in the central Mojave Desert provide constraints on the style of arc magmatism and deformation during Jurassic (J) and Cretaceous (K) time. In the NE Mojave desert, amphibolite facies metamorphism and deformation of Proterozoic (1399±9 Ma) basement and Precambrian magmatic rocks occurred after emplacement of Middle J (~170 Ma) plutons. A 50-200m wide, SE-vergent shear zone at S. Tietoff Mt. juxtaposes different plutonic units and is cut by a swarm of mafic and felsic dikes interpreted to be part of the Independence dike swarm (IDS); one felsic dike is 148 ± 14 Ma. The intrusion resumes to E-vergence after late Cretaceous clockwise rotation is removed. Mid-J deformation in part of a regional thrust belt that crops out to the south in the Crossed Hills, where it is dated at 166 ± 35 Ma and to the north in the Granite Mts. and the East Sierras thrust system. A Cretaceous deformational event is also preserved at Tietoff Mt., where west-dipping mylonitic foliations and S-verging subhorizontal lineations affect a mid-J diorite complex and are interrupted by ~105 Ma syn-tectonic mylonitic breccia zones. ENB-striking dikes dated at ~83 Ma cross cut all fabrics. It is not clear whether the top-to-SE (restored) vergence of the mylonites is the result of uniaxial shear, or extension. Late K plutons are undeformed.

In the Victorville region, cross-cutting relationships and preliminary U-Pb data indicate that during middle J time, extension was the dominant style of deformation. Caldera-forming ignimbrites of the Lower Siderowide volcanic series erupted from ~171 Ma - 166 Ma. Lower Siderowide rocks dip steeply north, but the nested calderas have concordant dips, indicating tilting postdated eruption. The truncation of the normal faults indicates north-south extension; the faults are inverted by middle(?) J granitoids and crosscut by felsic and mafic dikes of the IDS. Preliminary U-Pb data from one dike indicates an age of 151 ± 3 Ma. Late J Upper Siderowide lavas lie unconformably above tilted Lower Siderowide ignimbrites. NW-trending folds and NW-striking foliations are developed in both Upper and Lower Siderowide rocks but are cross-cut by latest K plutons. These are interpreted to record mid- to Late K dextral shearing or NE-SW shortening. As in the NE Mojave, Late K plutons are undeformed, suggesting tectonic quiescence.

This study, together with published work from throughout the Mojave Desert, indicates a broad pattern of oroval EW to NW-SE shortening and N-S extension during Jurassic time interpreted to reflect mutual oblique subduction that produced transpression and transextension at different locations along and across the strike of the arc. However, present age constraints would permit extension followed by shortening in the NE Mojave desert. The regional significance of pre-latest Cretaceous deformation is uncertain, although it is possible that NE-SW shortening represents a change to a dextral or more orthogonal subduction regime.

SCIENCE POLICY IN THE POST-COLD WAR ERA: A WINDOW OF OPPORTUNITY FOR THE GEOSCIENCES

SCHIFFRIES, Craig M., American Geological Institute, 4220 King Street, Alexandria, VA 22302

The United States is at a crossroads in science and technology policy. The reshaping of national priorities at the end of the Cold War has created a critical window of opportunity for the geosciences. Whereas the physics community dominated the national science agenda during the Cold War, the geoscience community may have a greater opportunity to shape science policy in the post-Cold War era. The cancellation of the Superconducting Super Collider symbolizes the end of the old era. The elevation of the Environmental Protection Agency to cabinet status and the creation of a new National Biological Survey symbolize the beginning of a new era.

Many federal agencies and national laboratories are redefining their mission and restructuring their operations with new or expanded environmental and geoscience components. A major reason behind the increasing emphasis on environmental and geoscience issues stems from the mandate to understand and address practical problems, such as pollution; global climate change; water, energy, and mineral resources; waste disposal; geologic hazards; erosion; and land-use planning.

Congress is deeply involved with science issues in general, and environmental and geoscience issues in particular. Congress recently passed the National Geologic Mapping Act, Landsat Policy Act, and Energy Policy Act. Geoscience issues currently under consideration by Congress include sweeping reform of the Mining Law of

1872, and legislation to reauthorize the Clean Water Act, Safe Drinking Water Act, Resource Conservation and Recovery Act, Superfund cleanup program, National Science Foundation, and National Earthquake Hazard Reduction Program.

The geosciences clearly play an increasingly important role in a growing range of societal issues. The rationale for geoscience research and education has never been greater, but society does not fully recognize the role of the geosciences in addressing major national concerns. The geoscience community needs to address the latter issue in order to flourish in the post-Cold War era.

ANALYSIS OF THE TRANSITION ZONE BETWEEN THE BASIN & RANGE AND THE COLORADO PLATEAU: FLOCENE TO QUATERNARY NORMAL FAULTS IN SOUTHWESTERN UTAH

SCHRAMM, Meg E., and TAYLOR, Wanda J., UNLV, Dept. of Geoscience, 4505 Maryland Parkway, Las Vegas, NV 89154-4010; email: wjt@unlv.edu

Flocene to Quaternary faulting, the youngest period of extension in the Great Basin, is typified by widely spaced, steeply-dipping normal faults with large stratigraphic separations. Faults of this period form the transition zone between the Basin and Range province (BRP) and the Colorado Plateau. Normal fault lineations generate the width of the transition zone. In southwestern UT the transition zone is 130 km wide whereas in northern UT the zone is less than 1 km. In southwestern UT the Hurricane fault is a down-on-the-west normal fault that has both (a) locally lies within the transition zone and (b) locally lies along the eastern edge of the BRP. Along strike, stratigraphic separation increases from S to N: 1200 m in northwestern AZ, 1700 m near Tropicville, UT, and 2700 m near Cedar City, UT. The Glenlock-Grand Wash fault system parallels the Hurricane fault 50 km to the west and forms the eastern edge of the BRP. Conversely, it displays a southward increase in stratigraphic separation, indicating a transfer-line, structural relationship between the two fault systems common in BRP-type extension. The transfer of displacement between the two fault systems generated the step over in the province margin. Another province-bounding normal fault, the Wasatch fault in central UT, has a steep dip, large stratigraphic separation, and Quaternary displacement but no paired, parallel normal fault. Consequently, adjacent to the Wasatch fault there is no displacement transfer zone and the transition zone is much narrower.

New map data and geometrical analyses of the Hurricane fault provide kinematic information. Such geometrical analyses may be applied to Flocene to Quaternary normal faults in the BRP. Field data from the Hurricane fault, near 37°30'N indicate the fault character changes along strike, forming either a fault zone up to 1.5 km wide or a single strand, with an apparent relation to fault segment boundaries. Extension-related contractional structures, (e.g. minor thrust faults and folds) in the footwall and imbricate, spine-filling normal faults (in the hanging wall) appear to be related to conservation of space at fault bends. These structures and geometrical reconstructions indicate that the slip vector is slightly oblique to the intersection line of fault segments, forming a non-conservative barrier. Field data also indicate that 10 m offset of Quaternary gravels as well as 450 m of separation of Quaternary (7) basins, argue for ~460 m Holocene offset on the fault which is ~27% of the total stratigraphic separation (~1.7 km).

NEW AGE AND STRUCTURAL CONSTRAINTS ON VOLCANISM, THRUSTING, AND PENETRATIVE DEFORMATION OF ROCKS IN SADDLEBAG LAKE PENDANT, YOSEMITE NATIONAL PARK, CALIFORNIA

SCHWEICKERT, R.A., LAHREN, M.M., Dept. of Geological Sciences, University of Nevada, Reno, NV, 89557, WALKER, J.D., Dept. of Geology, University of Kansas, Lawrence, KS, 66043

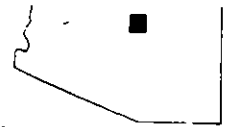
Saddlebag Lake pendant exposes rocks of a Triassic-Jurassic magmatic arc that overlie a basement composed of rocks of the Antler and Sonoma orogenic belts. The Triassic to Jurassic Koip sequence consists of up to 1.5 km of rhyolitic to andesitic volcanoclastic rocks. A rhyolitic ash-flow tuff near the top of the sequence has yielded a U-Pb age of 201 Ma, indicating that the full thickness of rocks of the Koip was erupted in less than 20 Ma. Undetected unconformities must exist within the Koip because older parts of the section were involved in thrusting of Late Triassic age (between 222 - 219 Ma).

U-Pb geochronology of a synkinematic granitic orthogneiss, which intrudes metavolcanic and metasedimentary rocks of the Horse Canyon sequence on the northwest side of the pendant, shows that this sequence is not Jurassic in age as previously thought. The orthogneiss has a U-Pb zircon age of 233 Ma, indicating that the sequence is of Triassic age or older. The orthogneiss intruded a ductile fault marked by lenses of peridotite, indicating that the fault is pre-233 Ma. Several new interpretations of the Horse Canyon sequence are possible. They could be a slice of the Golconda allochthon or related upper Paleozoic arc rocks, or they could be a slice of rocks derived from the north during possible late Paleozoic crustal truncation. In any case, these enigmatic rocks were imbricated with basement and magmatic arc rocks in the Triassic and Jurassic and now structurally underlie the younger Koip sequence along the Lake Francis thrust. Penetrative fabrics within the sequence are post 233 Ma, and are cut by the Soldier Lake pluton which has a new U-Pb age of 93 Ma. These data indicate that much of the deformation in the western part of the pendant predates intrusion of the 86 Ma Tuolumne intrusive Suite, and leave open the possibility that some of the penetrative deformation may have been related to the Mojave-Snow Lake fault.

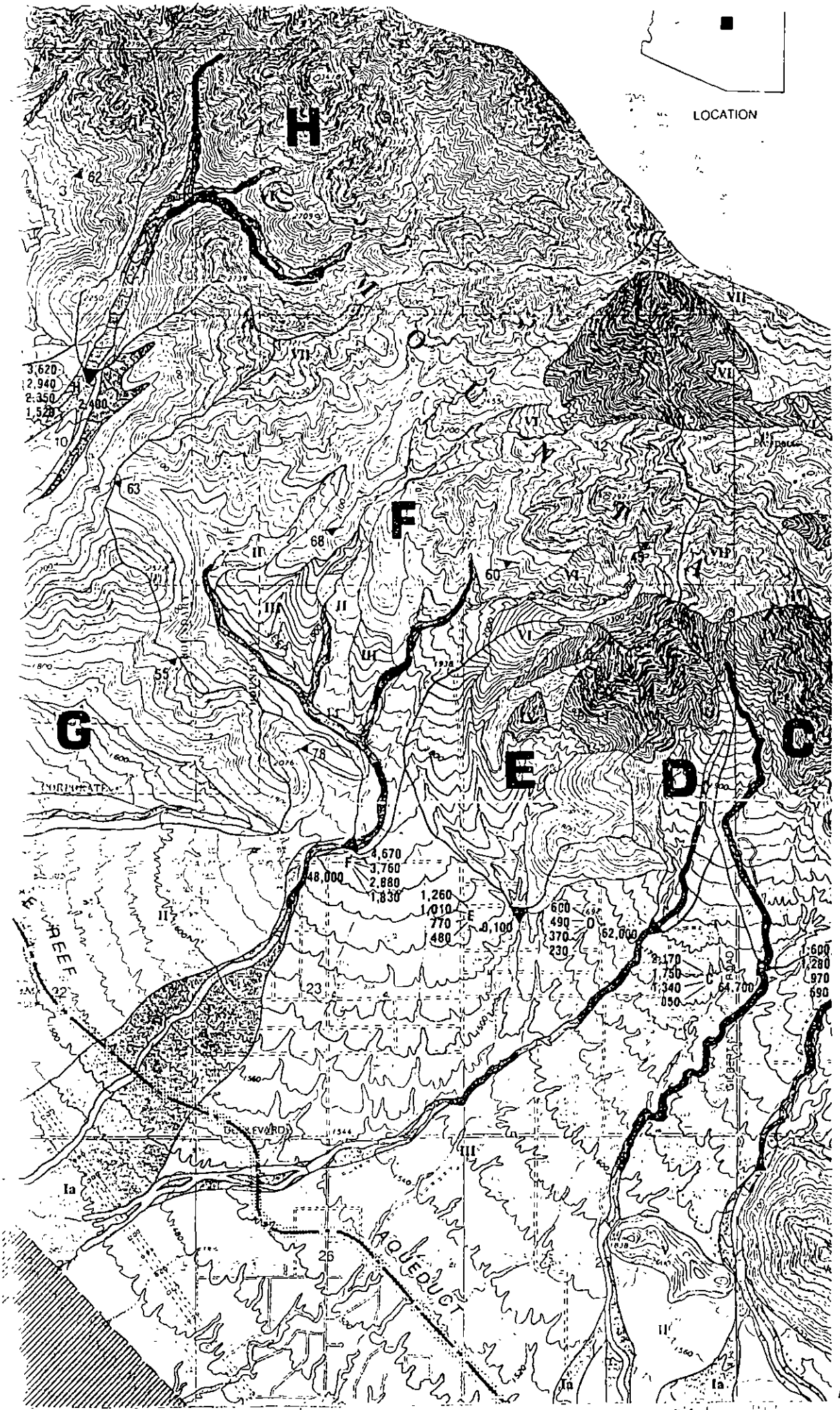
TECTONIC EVOLUTION OF WESTERN BAJA CALIFORNIA

SEDLOCK, Richard L., Department of Geology, San José State University, San José, CA 95192-0102

Disrupted Mesozoic oceanic rocks in western Baja California (Islas Cedros, San Benitos, Santa Margarita, Magdalena, Vizcaino Peninsula) are divided into three structural units. The structurally highest unit, or upper plate, consists of amalgamated island arc and ophiolitic terranes of Triassic and Jurassic age and overlapping Cretaceous turbidites that



LOCATION



3,620
2,940
2,350
1,520

G

F

E

D

C

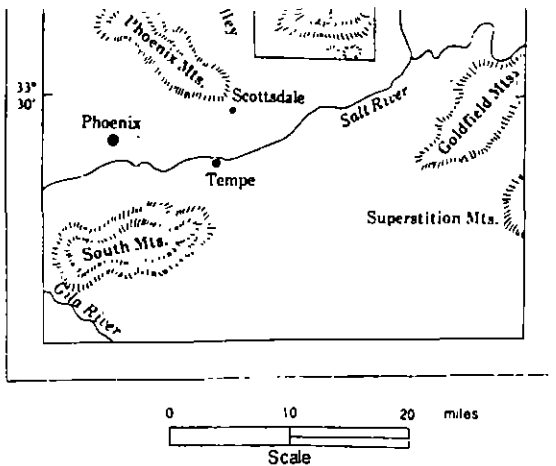
4,670
3,760
2,880
1,830
1,260
1,010
770
480

600
490
370
230

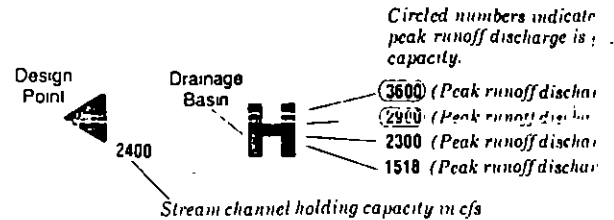
62,000
2,170
1,750
1,340
850

1,600
1,280
970
690

A



...tioned because runoff from the McDowell Mountains drainage basins is collected in deep, steep-walled washes which are incised from 1-30 feet (0.3-9 meters) below the surface. These major washes are incised below the fan surface as indicated on relationship to the holding capacity of the channel with regard to run-off. Overbank flooding would occur, a hydrologic design procedure, as Highway Drainage in Arizona and the Manning hydraulic flow equal flooding conditions were determined for each drainage basin for the 10. The maximum carrying capacity in cubic feet per second (cfs) has also at the design point. These two determinations have been calculated in 11 are applicable only at that particular point. Overbank flooding will occur is greater than the stream channel holding capacity in cfs as indicated.



Circled numbers indicate peak runoff discharge in cfs capacity.

- 3600 (Peak runoff discharge)
- 2900 (Peak runoff discharge)
- 2300 (Peak runoff discharge)
- 1518 (Peak runoff discharge)

Depth of wash incision in feet below the fan

- 0-5 feet (0-1.5 meters)
- 5-10 feet (1.5-3 meters)
- 10-15 feet (3-4.5 meters)
- 15-20 feet (4.5-6 meters)
- 20-25 feet (6-7.5 meters)
- 25-30 feet (7.5-9 meters)

General Flooding

Qualitatively, the flooding potential was determined by analysis of maps. Three different ages of alluvial fans exist in much of the area.

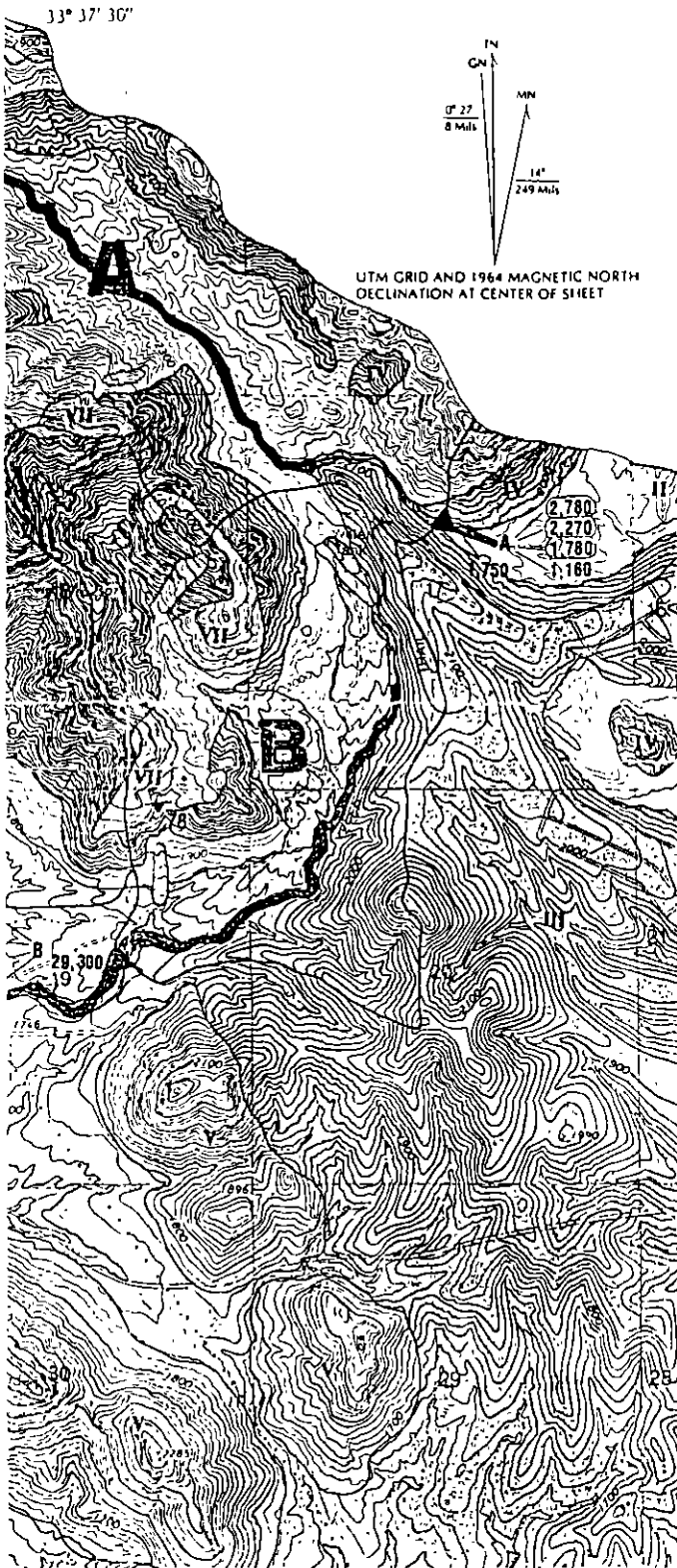
- Ia** The youngest fan segment is the present day area of deposit sediment from the mountains and as the stream channel spills over the channel sides and debouches onto the fans and channels continually change positions. Flooding is overflowing channels add to the sheetflood problems down to
- Ib** At the base of the fans on the valley floor, stream channel precipitation that falls here is not naturally channeled, common during most large storms. Flooding is caused by very major storms does mountain runoff flow this far down
- II** The next younger fan segment has a finer and less developed flooding is probable during the more severe storms thus a away from the washes, only sheet flooding will occur
- III** The oldest fan segment, and subsequently the highest part drainage texture. Most precipitation will be channeled in. Generally, no overbank flooding will occur, and sheet flood

SLOPE INSTABILITY

Slope instability is the tendency for earth materials to move down. Types of potential unstable slopes occur: boulders rolling, rock falls on in a continual state of change because of the geologic processes which potential areas of failure and not the rates or times at which these occur

Boulder Rolling

- IV** Granite bedrock areas, erosion along joints form subrounded masses 1-10 feet (0.3-3 meters) in diameter capable of rolling down slopes greater than 15%.
- V** Basalt bedrock and caliche, subrounded masses generally 1-4 feet (0.3-1.2 meters) in diameter which roll or tumble from steep slopes or unstable talus debris, particularly if undercut or if boulders removed at bottom



B

Handwritten notes or signature.