

## REVISION DE LITERATURA

### EL AGUA Y SU IMPORTANCIA

#### El agua en el cuerpo humano

El ser humano desde antes de nacer pasa gran tiempo en el agua, dentro del saco protector del claustro materno y por su cuerpo fluye el agua hasta el día de su muerte. Normalmente el cuerpo humano contiene 50 litros de agua; la corriente sanguínea está formada en un 80% de agua; el riñón, un 82.7%; el tejido muscular, 75.8%; el cerebro, 74.5% y el tejido óseo, un 22% [Aceves, 1978].

El agua en el cuerpo humano es el compuesto más activo, ya que fluye continuamente a través de todos los órganos transportando tanto materiales nutritivos como materiales de desecho. Del 100% de agua que circula a través del cuerpo, el 1.3% se desecha de diversas formas y cumpliendo diferentes funciones, como lo serían las lágrimas, el sudor, la respiración. En los riñones es esencial la función del agua, ya que actúa como medio purificador de la sangre; así los riñones lavan aproximadamente 2 litros de agua al día, eliminando solamente uno y medio litros como orina que son las impurezas y toxinas de los diversos procesos biológicos. Otra función que realiza el agua dentro del cuerpo humano es la que, basándose en su propiedad de disolvente universal y en combinación con las enzimas, separa y desdobra las grandes moléculas de proteínas, realizando así el proceso que metaboliza los alimentos. También el agua ayuda a controlar el alza de temperatura que se realiza en el cuerpo debido a los diferentes procesos biológicos internos [Aceves, 1978].

#### Fuentes naturales de agua

Sólo hay dos fuentes de agua a disposición del hombre: las de la superficie, que comprenden los lagos, ríos, áreas de drenaje que envían el agua hacia los embalses y los procedimientos que permiten captar y retener el agua de lluvia; y las subterráneas, que incluyen a los pozos, manantiales y galerías horizontales [El agua subterránea y los pozos, 1975].

El volumen total de agua en el mundo es de aproximadamente 1,400 millones de kilómetros cúbicos, pero más del 97% es agua de mar. De la restante, 22% es agua freática y 77% es hielo aprisionada en los casquetes polares. Esto deja apenas un 1% del total del agua dulce en el ciclo hidrológico, de la cual la mitad se encuentra en ríos y lagos. Aún así, a nivel mundial existe suficiente agua dulce para cubrir la demanda tanto presente como futura. El problema es que tiende a no haber agua potable donde se necesita, o ésta, si la hay, es de mala calidad. Algo menos de un 3% de la disponibilidad de agua dulce fluida, de nuestro planeta Tierra, corresponde a ríos y lagos; el 97% restante, algo así como 1,230 km<sup>3</sup> de agua, se encuentra en el subsuelo [El agua subterránea y los pozos, 1975].

### **Importancia del agua subterránea**

Las aguas subterráneas constituyen cerca del 95% del agua dulce de nuestro planeta. Apenas el 5% forma ríos, lagos y otros. Esto le otorga a las aguas subterráneas una importancia fundamental.

Las principales ventajas que presenta la utilización de las aguas subterráneas [Gouvea, 1987] son:

- ◆ Costo de construcción de pozos generalmente menor que el costo de las obras de captación de agua superficial, tales como presas, represas, diques y plantas de tratamiento.
- ◆ Mayormente su calidad es adecuada para el consumo humano sin necesidad de tratamiento (salvo en caso de contaminación natural y/o artificial).
- ◆ Es una alternativa de abastecimiento muy conveniente en el caso de pequeñas o medianas poblaciones urbanas o en comunidades rurales.

El libro "El agua subterránea y los pozos" (1975) menciona algunos aspectos importantes del agua subterránea:

El agua dulce en estado líquido de lagos y ríos representa la parte que se halla en tránsito, en tanto que las fuentes subsuperficiales corresponden al agua almacenada. El agua subterránea se ha venido acumulando a través de varios siglos, aumentando ligeramente su volumen cada año por el efecto de la lluvia. El término "agua subterránea" no se refiere a un agua cualquiera que se halle por debajo de la superficie del terreno; es el agua que se encuentra en las rocas, sean éstas consolidadas o no, y que son suficientemente permeables como para permitir que cantidades apreciables de agua se desplacen hacia los pozos.

No toda la cantidad de agua que se encuentra debajo de la superficie de la tierra puede extraerse de las formaciones que la contienen. Una parte se halla dentro de formaciones tan profundas que sólo los costos de bombeo invalidarían su extracción. Otra parte yace dentro de acuíferos que se oponen de diversas maneras a la extracción y desafían la acción de bombeo.

El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua subsuperficial, pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que tienen relación con esta agua. Primero, que puede ser devuelta a la superficie por fuerzas capilares y evaporada hacia la atmósfera, ahorrándose así gran parte del ciclo hidrológico. Segundo, que puede ser absorbida por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmósfera a través del proceso de la transpiración. Tercero, que la que se ha infiltrado profundamente en el suelo, puede ser obligada a descender por la fuerza de la gravedad hasta que alcance el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea y que abastece de la misma a los pozos.

Sin embargo, no toda el agua subterránea contenida en los depósitos del subsuelo está disponible para usos prácticos humanos, debido a limitaciones tales como accesibilidad, confiabilidad, calidad y costos de explotación.

El movimiento relativamente lento del agua que percola a través del suelo le permite a esta mantener un contacto prolongado y estrecho con los minerales que constituyen la corteza terrestre. Estos minerales son solubles en mayor o menor grado, de tal suerte que el agua aumenta su contenido mineral conforme se desplaza, hasta que se alcanza un balance o equilibrio combinado de las sustancias en solución.

## **NITRATOS Y NITRITOS**

### **Fuentes naturales**

Los nitratos están presentes naturalmente en suelos, aguas, vegetales y carne. Se les encuentra también en pequeñas concentraciones (1-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el aire como resultado de la contaminación atmosférica. Los niveles en suelos cultivados y, por lo tanto, en el agua (que por lo común, no pasan de 10 mg/l) pueden aumentar con el empleo de fertilizantes químicos nitrogenados y el retorno al suelo de desechos derivados de la explotación pecuaria u otras fuentes [O.P.S., 1980].

Los nitratos en el suelo y en las aguas superficiales y subterráneas se derivan de la descomposición natural de materiales nitrogenados orgánicos, llevada a cabo por microorganismos. Y, por lo común, los nitritos sólo se encuentran en bajísimas concentraciones [O.P.S., 1980; Loera, 1988].

Las concentraciones de nitratos y nitritos en aguas superficiales y subterráneas varían ampliamente dependiendo de las condiciones geoquímicas, los procedimientos de evacuación de desechos humanos y animales, el grado de utilización local de productos agroquímicos y la cantidad de residuos industriales [O.P.S., 1980; De Fernícola, 1989].

En general, las aguas superficiales contienen comúnmente nitrato en concentraciones menores a 10 mg/l, raramente exceden de 3 mg/l y a menudo son menores de 1 mg/l. En aguas subterráneas, las concentraciones de nitrato pueden variar desde casi cero hasta 1,000 mg/l. En algunos casos, las altas concentraciones pueden deberse a concentración o percolación de agua a través del suelo que ha sido repetidamente fertilizado [O.P.S., 1980; Williams & Culp, 1986]. Las aguas subterráneas normales contienen una cantidad de ion nitrato que suele oscilar entre 0.1 y 10 ppm [Davis y De Wiest, 1971].

### **Fuentes antropogénicas**

Las fuentes antropogénicas de nitratos y nitritos son clasificadas por Loera (1988) en:

- a) Fertilizantes. Actualmente, los fertilizantes artificiales constituyen una de las principales fuentes antropogénicas de contaminación por nitratos de suelos y aguas superficiales.
- b) Excretas animales. Son otra fuente de sustancias nitrogenadas susceptibles de convertirse en

nitratos. El problema se agudiza si la explotación es intensiva, como ocurre en los grandes ranchos ganaderos o avícolas en los que la cantidad de compuestos nitrogenados es elevada y de donde éstos pueden ser arrastrados o percolados para llegar a los cuerpos de agua y/o los mantos freáticos.

- c) Desechos municipales, industriales y del transporte. Las descargas de desechos municipales e industriales son fuentes concentradas de compuestos de nitrógeno los que en gran medida, cuando no en su totalidad, se depositan directamente en las aguas superficiales.

Las industrias de elaboración de alimentos y las refinerías de petróleo son generalmente fuentes importantes de contaminación por nitrógeno.

Gran cantidad de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) procedentes de la combustión de combustibles fósiles de los automotores y procesos industriales se descargan en la atmósfera, y una proporción considerable de este nitrógeno vuelve a la superficie terrestre en forma de nitratos.

- d) Aditivos alimentarios. Los nitratos y los nitritos se usan comúnmente en la elaboración de ciertos productos derivados de la carne y en la conservación de pescado en algunos países.

El nitrito se usa en la curación de carnes (preservador) para proporcionarle el color y el sabor característico de ésta. Se considera que para obtener color y sabor estables en las carnes es necesario aplicar aproximadamente 50 gramos de nitrito por kilogramo de alimento.

La curación de carnes proporciona un importante grado de protección contra el botulismo y puede conferir una protección similar contra el ataque de otras bacterias como Clostridium welchii y estafilococos.

## Metabolismo

En individuos sanos normales los nitratos y nitritos se absorben rápidamente en el sistema gastrointestinal [O.P.S., 1980]. En el cuerpo humano, el nitrato es rápidamente absorbido por la porción proximal del intestino delgado y distribuido a través del cuerpo. Aproximadamente 60 a 70% de una dosis de nitrato es excretada en la orina en las primeras 24 horas. Alrededor del 25% del nitrato ingerido es excretado en la saliva [Kross et al., 1992]. El nitrito absorbido reacciona con la hemoglobina de la sangre para formar metahemoglobina que, en el adulto, se convierte rápidamente en oxihemoglobina por la acción de sistemas reductores como la NADH-metahemoglobina reductasa. Este sistema enzimático no está completamente desarrollado en los lactantes de hasta tres meses de edad. En estas condiciones puede haber un aumento en el volumen de metahemoglobina formada, y el resultado es un proceso clínico característico, la metahemoglobinemia [O.P.S., 1980]. La hemoglobina puede también ser oxidada por el nitrito, causando la desnaturalización y hemólisis de eritrocitos, resultando en anemia hemolítica [Kross et al., 1992].

Los microorganismos presentes en los alimentos y en el sistema gastrointestinal de lactantes muy pequeños, pueden convertir los nitratos a nitritos y, por ende, exacerbar el problema en este grupo de edad [O.P.S., 1980].

Otro aspecto importante es que, bajo ciertas condiciones, los nitritos pueden reaccionar en el cuerpo humano con aminas secundarias y terciarias y amidas (comúnmente derivadas de alimentos y otras fuentes) para formar nitrosaminas, algunas de las cuales son consideradas carcinogénicas [W.H.O., 1984].

### **Efectos en la salud**

El nitrato es de nuestro completo interés, ya que causa toxicidad en el hombre, especialmente niños.

Serios envenenamientos y, ocasionalmente muertes, en infantes han ocurrido después de la ingestión de aguas conteniendo nitratos arriba de 10 mg/l de N-NO<sub>3</sub>. [Williams & Culp, 1986]. Dos riesgos a la salud están relacionados con aguas contaminadas con nitrato:

- ◆ Inducción de metahemoglobinemia (privación de oxígeno), especialmente en infantes.
- ◆ Posible formación de nitrosaminas carcinogénicas.

El envenenamiento de infantes por nitrato en agua de pozo fue reportado por primera vez en los Estados Unidos en 1944. Desde entonces se han reportado miles de casos, principalmente en áreas rurales, la mayoría involucrando envenenamientos en infantes [Doull *et al.*, 1980].

La toxicidad aguda del nitrato es causada por su rápida reducción a nitrito en el estómago. El nitrito luego convierte la hemoglobina a metahemoglobina, la cual no actúa como un transportador de oxígeno, y consecuentemente puede dar lugar a anoxia y muerte. Este fenómeno parece afectar solamente a infantes de hasta 3 meses de edad. La concentración letal media de 10 mg/l de N-NO<sub>3</sub> está basada en estudios epidemiológicos que muestran que este valor es el límite arriba del cual puede ocurrir la metahemoglobinemia [Williams & Culp, 1986].

La causa más común de metahemoglobinemia infantil son los excesivos niveles de nitrato en el agua usada para la reconstitución del alimento para el bebé. La ebullición prolongada del agua puede exacerbar el problema por el incremento de los niveles de nitrato debido a la propia evaporación [W.H.O., 1984].

### **METAHEMOGLOBINEMIA**

La metahemoglobinemia se define como la presencia de metahemoglobina en sangre. Entre los trastornos que favorecen su aparición se encuentran, por un lado, ciertas insuficiencias que modifican la capacidad reductora de los eritrocitos, y por el otro, anomalías genéticas de la hemoglobina [De Fernícola, 1989].

La hemoglobina (Hb) es una proteína que cuenta entre sus funciones biológicas principales la de transportar oxígeno desde los pulmones a los tejidos del organismo. La hemoglobina posee cuatro átomos de hierro cuyo estado de oxidación es  $Fe^{+2}$ ; en la metahemoglobina (MetHb) el hierro se encuentra en su forma oxidada,  $Fe^{+3}$ . Los eritrocitos contienen normalmente pequeñas cantidades de MetHb que resultan de la oxidación espontánea de la Hb. A diferencia de la Hb, la MetHb no transporta oxígeno; por lo tanto, su presencia en cantidades elevadas es incompatible con la vida [De Fernícola, 1989].

Se ha observado una mayor prevalencia de metahemoglobinemia en niños menores de tres meses. De Fernicola & Azevedo (1981) y De Fernícola (1989) mencionan varios factores fisiológicos y bioquímicos que podrían explicar este fenómeno:

- ◆ La ingestión de líquidos en el lactante es tres veces mayor que en el adulto en relación con el peso corporal. Además, el consumo de agua es mayor en las zonas áridas, en la estación de verano y cuando el niño tiene fiebre.

- ◆ La menor capacidad de segregar ácido clorhídrico en el estómago, por lo que su pH está entre los valores 5 y 7. Este pH permite la permanencia de bacterias en la parte alta del aparato digestivo, que reducen el nitrato a nitrito antes de ser absorbido.

- ◆ Predominio en el lactante de hemoglobina fetal (Hb F), que lo hace más susceptible debido a que esta hemoglobina es más fácilmente convertida en metahemoglobina que la hemoglobina normal del adulto (Hb A).

- ◆ Poca actividad de la enzima reductasa de la metahemoglobina dependiente de NADH, que es responsable de la reducción normal de la MetHb.

La probabilidad de que se produzca MetHb es alta en lactantes alimentados con leche en polvo disuelta en agua con alto contenido de nitrato, más aún si el agua ha sido hervida, puesto que la ebullición concentra los nitratos presentes [De Fernícola, 1989].

Por el contrario, los niveles de nitrato en la leche materna son bajos aun cuando la madre consume agua con alto contenido de nitrato, por lo que debe aconsejarse la lactancia natural, especialmente en regiones donde el agua para beber contiene altas concentraciones de esta sustancia [De Fernícola, 1989].

Normalmente, 1-2% de la hemoglobina del cuerpo está en forma de metahemoglobina, pero cuando la proporción excede del 10%, los efectos clínicos son detectables (metahemoglobinemia) [W.H.O., 1984]. Cuando la concentración de MetHb es superior a 15%, el color de la sangre es achocolatado [De Fernícola, 1989]. En general, se considera que los síntomas de intoxicación aparecen cuando la MetHb excede al 20% del total de la Hb corporal. Los síntomas relacionados con esta intoxicación son iguales a los asociados con la anemia funcional y la asfisia y puede conducir a la muerte. Además de estos síntomas, hay un aumento en el número de contracciones cardíacas, el cual está directamente relacionado con el aumento de la concentración de la MetHb [Loera, 1988].

Una concentración de 30-40% de MetHb en sangre conduce a anoxia [W.H.O., 1984]. Concentraciones de MetHb de 30% o mayores indican la necesidad de iniciar un tratamiento. Cuando

la concentración oscila entre 60 y 70%, se considera letal, dada la escasa cantidad de oxígeno disponible [De Fernícola, 1989].

Las manifestaciones clínicas de la metahemoglobinemia son: cianosis que persiste aunque se administre oxígeno, tendencia a fatigarse fácilmente, disnea y vértigo; se observa además una disminución de la capacidad de la sangre arterial para transportar oxígeno [De Fernícola, 1989].

**FIGURA No. 1** Signos y síntomas de metahemoglobinemia [Kross *et al.*, 1992].

Concentración de MetHb (%)	Descubrimientos clínicos
10 - 20	Cianosis central de miembros/tronco; usualmente asintomaticos.
20 - 45	Depresión del sistema nervioso central (dolor de cabeza, vértigo, fatiga, letargo, síncope), disnea.
45 - 55	Coma, arritmias, shock, convulsiones.
> 70	Alto riesgo de mortalidad.

La vitamina C, un agente reductor, es uno de los débiles tratamientos para la metahemoglobinemia. La ingestión regular de vitamina C está asociada a niveles significativamente más bajos de MetHb. Shival & Gruener (1972) atribuyen la carencia de metahemoglobinemia en los infantes israelitas que beben agua con un alto nivel de nitrato, al uso general de jugos de frutas o vitaminas [Super *et al.*, 1981]. Otro tratamiento utilizado para la metahemoglobinemia es la administración de azul de metileno. La administración intravenosa de azul de metileno en dosis de 1 a 2 mg por cada kilogramo de peso corporal libera rápidamente la cianosis y la inconformidad del infante [Comly, 1945].

En México, no se registran casos de metahemoglobinemia infantil como causa de defunción en niños menores de un año, aunque sí se reporta la asfixia y atelectasia (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981), cuyo cuadro clínico es muy parecido a esta enfermedad [Pacheco y Cabrera, 1990].

## CANCER GASTRICO

Epidemiológicamente, se han observado correlaciones entre incidencia de cáncer gástrico y concentración de nitrato en agua para beber [Safe Drinking Water Committee, 1977; Williams & Culp 1986]. Por ejemplo, Hill *et al.* (1973) puntualizaron que el pueblo de Worksop, Inglaterra, con 90 mg/l de nitrato en el agua para beber tuvo una incidencia de cáncer gástrico 25% más grande (100% más grande para personas de 75 años de edad y mayores) que los pueblos control similares.

En los pueblos control, la ingestión semanal de nitrato fue de casi 400 mg (100 mg en carne, 200 mg en vegetales, 100 en agua), mientras en Worksop la ingestión total fue de 900 mg por semana, con 600 mg en agua [Safe Drinking Water Committee, 1977].

Similarmente, se ha visto que la incidencia inusualmente alta de cáncer de estómago en ciertas áreas montañosas de Colombia está asociada con alta concentración de nitrato en el agua para beber. En el área de alta incidencia de cáncer, hay 110 mg/l de nitrato en el agua para beber comparada con valores mucho más bajos en las áreas control con baja incidencia. Valores tan altos como 180 mg/l de nitrato fueron encontrados en la orina de personas en el área de alta incidencia, pero nunca más de 45 mg/l en las regiones de baja incidencia [Safe Drinking Water Committee, 1977].

El carcinoma gástrico es una de las neoplasias malignas más frecuentes del aparato digestivo. Es dos a tres veces más frecuente en el hombre que en la mujer, y esta proporción por sexos es más o menos constante en todo el mundo, aunque la frecuencia total de la enfermedad varía mucho de una raza a otra. La frecuencia por edades es semejante en ambos sexos, y es máxima entre los 50 y los 80 años de edad, aunque se han encontrado casos de cualquier edad [Avery *et al.*, 1971; Villalobos, 1982].

Por desgracia, los síntomas del cáncer de estómago, al menos en sus primeras etapas, se confunden con los de otros padecimientos digestivos; el resultado es que frecuentemente la enfermedad no se detecta sino cuando ya se ha propagado mucho y es por ello de difícil tratamiento. Aun así, hay algunos síntomas a los que conviene estar atento: dolor en la región superior del abdomen, sensación de saciedad estomacal casi continua, indigestión persistente, eructos frecuentes, pérdida de peso inexplicable y falta de apetito; en etapas avanzadas, el enfermo siente náuseas y tiene accesos periódicos de vómito y dificultad para tragar; puede asimismo hallar rastros de sangre en las heces (éstas pueden contener sangre fresca perceptible a simple vista o tener un color muy oscuro o negro) y sufrir anemia y debilidad [Villalobos, 1982; Selecciones, 1989].

El tratamiento principal para el cáncer de estómago suele ser quirúrgico. La ubicación del tumor es lo que en gran medida determina que cantidad de tejido debe extirparse; si se localiza en la parte inferior del estómago, cerca de su unión con el intestino delgado, tal vez deban extirparse partes de ambos órganos, pero si está cerca de la boca del estómago, quizá haya que extirpar éste por completo. En tal caso se suturará el esófago al intestino para que los alimentos puedan digerirse. Si el cáncer se ha propagado a las zonas que circundan el estómago o a partes más distantes, el beneficio de la cirugía sería muy limitado, y habría que emplear quimioterapia, a veces junto con radioterapia; ambas pueden frenar el desarrollo de la enfermedad y prolongar la vida del enfermo, pero el pronóstico es sombrío si el cáncer está muy avanzado [Selecciones, 1989].

Como alteraciones que favorecen el desarrollo del carcinoma gástrico se encuentran las siguientes: a) metaplasia intestinal, b) gastritis atrófica, c) anaclorhidia, d) adenoma, e) anemia perniciosa [Villalobos, 1982]. Las úlceras gástricas son otro factor que los investigadores asocian con el riesgo de padecer cáncer de estómago. En cambio, la úlcera duodenal común nunca se relaciona con dicha enfermedad [Selecciones, 1989].

Dentro de los factores extrínsecos que favorecen el desarrollo del carcinoma gástrico se encuentra la dieta; se considera que las dietas bajas en proteínas y en grasas (en vitamina A), y ricas en carbohidratos con determinadas características como: la ingestión de mayor cantidad de maíz, la



deficiencia en la ingestión de cítricos, el exceso de sal, los alimentos ahumados y sobre todo la ingestión de nitritos o nitratos, son factores que favorecen el desarrollo del carcinoma gástrico [Villalobos, 1982; Selecciones, 1989].

Se considera que los nitritos y los nitratos se transforman en nitrosaminas que tienen capacidad mutagénica. Este efecto se puede inhibir por la ingestión concomitante de cítricos así como verduras frescas, ricas en vitamina C [Villalobos, 1982; Selecciones, 1989].

El cáncer de estómago es uno de los más frecuentes en los países industrializados [Loera, 1988]. Los países en que se presenta con mayor frecuencia el carcinoma gástrico son: Japón, Chile, China, Islandia, Finlandia, en Cali (Colombia), y en general en todos los países europeos [Villalobos, 1982].

En todo caso, y por razones que se desconocen, el número de casos de cáncer de estómago ha disminuido en el curso de los últimos 50 años [Selecciones, 1989].

Después de Japón, Chile ocupa el segundo lugar en el mundo en mortalidad por cáncer gástrico y allí, a su vez, los tumores malignos se encuentran en segundo lugar entre las causas de muerte; un tercio de los fallecimientos se debe al cáncer de estómago [Armijo *et al.*, 1981].

Se han realizado estudios en Chile en los cuales se ha observado una peculiar distribución geográfica de cáncer gástrico, y la zona de alto riesgo coincide con el territorio de provincias dedicadas a la agricultura donde se emplea como fertilizante una gran cantidad de nitratos. En estos estudios se analizó la regresión de la mortalidad por cáncer gástrico en cada provincia, y se halló una correlación ( $r = 0.66$ ) entre nitratos y mortalidad por cáncer gástrico. El hecho concuerda con la hipótesis de que el cáncer gástrico podría estar asociado con la producción de nitrosaminas y ésta, a su vez, con una elevada ingestión de nitratos en la dieta [Armijo *et al.*, 1981].

El carcinoma gástrico ha venido disminuyendo en los últimos decenios en los Estados Unidos de Norteamérica así como en los países europeos [Villalobos, 1982]. En el año de 1900, el cáncer era la octava causa de muerte en los Estados Unidos, mientras que en 1978 el cáncer pasó a ocupar el segundo sitio como causa de muerte [Vega, 1988].

En Estados Unidos, el cáncer gástrico es la octava causa principal de mortalidad por cáncer; en 1985, la tasa de mortalidad por cáncer gástrico fue de 4.6 por 100,000 habitantes [Rademacher *et al.*, 1992].

En Wisconsin, el cáncer gástrico es el décimo tipo de cáncer más común en mujeres y el octavo, en hombres. Entre los años 1968 y 1982 han ocurrido 5,425 muertes en Wisconsin debidas a cáncer gástrico, lo cual representa una tasa de 7.1 por 100,000, siendo un poco más alta que la tasa total de Estados Unidos. De las 1,268 muertes por cáncer gástrico que ocurrieron en los residentes de Wisconsin de 1982 a 1985, 510 fueron mujeres y 758, hombres. Las tasas de mortalidad ajustadas a la edad para muertes por cáncer gástrico durante este periodo de tiempo fueron de 8.40 por 100,000 para hombres y 5.68 por 100,000 para mujeres [Rademacher *et al.*, 1992].

En la República Mexicana, los tumores malignos ocupaban en 1987 el tercer lugar como causa de mortalidad general para ambos sexos [INFCI, 1991]. En este mismo año, la mortalidad en México por tumor maligno del estómago tuvo una tasa de 4.7 por 100,000 para ambos sexos

[Dirección de Planeación, SES/NL]. Asimismo, la tasa para personas de 65 años y más, fue de 82.2 por 100,000 [INEGI, 1991].

El carcinoma del estómago ocupa el primer lugar entre las neoplasias del aparato digestivo en nuestro país. El pronóstico de estos enfermos es pobre y las complicaciones y la mortalidad del tratamiento quirúrgico son altas [Ayala et al., 1991]

En 1987, la segunda causa principal de mortalidad general en el Estado de Nuevo León, para ambos sexos, la constituían los tumores malignos [INEGI, 1991]. En ese mismo año, la tasa de mortalidad por tumor maligno del estómago en Nuevo León fue de 4.9 por 100,000, para ambos sexos, siendo de 5.7 por 100,000 para varones y 4.1 por 100,000 para mujeres [Dirección de Planeación, SES/NL]; mientras que para las personas de 65 años y más, la tasa de mortalidad por este tipo de tumor fue de 85 por 100,000 habitantes [INEGI, 1991].

En el Estado de Nuevo León se registraron 15,054 defunciones en 1991. Los tumores ocupan el 2do. lugar en la mortalidad general, representan el 16.2% del total de las defunciones, con una tasa de 76.8 por 100,000 habitantes [Gómez y Martínez, 1993].

Se presentaron 2,450 casos de los cuales 1,250 fueron hombres y 1,200 mujeres; se reportaron como malignos 2,434 y como benignos 16. Se presentaron 1,298 casos en el grupo de edad de 65 años y más, 758 de 45 a 64, 318 de 15 a 44 y 76 casos en menores de 15 años [Gómez y Martínez, 1993].

El cáncer de estómago ocupó el 2do. lugar con 199 casos, 8% y tasa de 6.3 por 100,000 habitantes. Por aparatos y sistemas, el 1er. lugar lo ocupó el sistema digestivo con 744 casos; la edad promedio al momento del fallecimiento fue de 51 años [Gómez y Martínez, 1993].

En Monterrey, Nuevo León, en 1990, los tumores malignos eran la segunda causa principal de mortalidad general. Las tasas de mortalidad por tumores malignos de estómago para Monterrey durante el período Enero 1990 - Junio 1991, fueron de 5.9 por 100,000 para ambos sexos, siendo de 6.4 por 100,000 para varones y 4.9 por 100,000 para mujeres [Dirección de Planeación, SES/NL].

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Determinar el contenido de nitratos y nitritos en los pozos de agua (S.A.D.M.) ubicados en el sector noroeste del Area Metropolitana de Monterrey, así como investigar los casos de enfermedades que puedan estar relacionados con estos compuestos y la ingestión de agua de estos pozos.

### **ESPECIFICOS**

- ◆ Conocer la ubicación exacta de los pozos de agua (S.A.D.M.) en el área de estudio, cuáles están en funcionamiento y cuáles están contaminados.
- ◆ Reconocimiento de los pozos en el sitio en que se localizan, observando el área en las proximidades del pozo y las condiciones en las que se encuentra.
- ◆ Analizar el contenido de nitratos y nitritos en los pozos que se encuentren en funcionamiento.
- ◆ Obtención de información sobre casos de metahemoglobinemia infantil en Monterrey.
- ◆ Obtención de datos sobre mortalidad por tumor maligno del estómago en Nuevo León y en la Jurisdicción No. 1, y ubicar en el área de estudio los casos correspondientes.

## **HIPOTESIS**

Existe contenido de nitratos en el agua subterránea del sector noroeste del Area Metropolitana de Monterrey en concentraciones superiores a las permitidas para agua potable. Esto puede estar relacionado con algunas enfermedades provocadas por la ingestión de estas aguas.

## AREA DE ESTUDIO

### ◆ RASGOS FISICOS

#### UBICACION

El Municipio de Monterrey se localiza al centro de lo que comprende su área metropolitana y se encuentra ubicado geográficamente a 25°41' de Latitud Norte y 100°19' Longitud Oeste, y con una Altitud de 522 m. La superficie total del municipio comprende 45,130 Has.

La sub-región Area Metropolitana de Monterrey abarca una superficie de 2,434 km<sup>2</sup> y se encuentra situada entre los 25°15' y 26°30' de latitud Norte y los 99°40' y 101°10' de longitud Oeste, entre la Llanura Costera del Golfo y la Sierra Madre Oriental.

La presente investigación se llevó a cabo en el sector noroeste del Area Metropolitana de Monterrey, teniendo por límites al Cerro del Topo así como a las Avenidas Abraham Lincoln, Fidel Velázquez y Bernardo Reyes.

#### GEOLOGIA

Fisiográficamente el area de estudio, formada por depósitos de aluvión, se encuentra ubicada entre el Cerro del Topo, en la parte norte, y el Cerrito Modelo o Las Animas, hacia el sur; la edad geológica de ambos cerros se remonta al período Cretácico de la Era Mesozoica.

La zona de estudio se ubica dentro de la "Provincia de la Llanura Costera del Golfo", y entre los principales constituyentes de los materiales aflorantes se encuentran las rocas sedimentarias como la caliza, en el Cerro del Topo, y la lutita, en el Cerrito Modelo, además del suelo tipo aluvión, en el valle intermontano.

La caliza (ca) es una roca química constituida por la precipitación del carbonato de calcio, compuesta principalmente por minerales de calcita.

La lutita (lu) es una roca clástica de grano fino del tamaño de la arcilla (menos de 0.005 mm), compuesta principalmente por minerales de arcilla.

El aluvión (al) es un suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas, arenas, limos y arcillas no consolidadas) provenientes de rocas preexistentes que han sido transportadas por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación, los valles de los rios y las tajas de pie de monte.

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Topo Chico, zona que bordea el cerro del mismo nombre, situado al norte de la Ciudad de Monterrey. La mayoría de las colonias son populares y se asientan en las laderas del cerro cuyas pendientes, propiciadas por el afloramiento de calizas, han limitado su crecimiento hacia partes más elevadas.

Los materiales de cimentación están formados principalmente por: aluviones de boleas, gravas y arenas, y en menor escala las lutitas, que forman pequeñas elevaciones, sobre todo en las partes sureste y noroeste.

El Cerro del Topo Chico constituye una estructura anticlinal aislada al norte de la Ciudad de Monterrey. El anticlinal está orientado en dirección Noroeste al Sureste, cerca de la colonia Topo Chico, donde se asientan las excavaciones de las antiguas pedreras. Se observa el contacto entre las formaciones Aurora y Cuesta del Cura en el buzamiento del anticlinal con echados del orden de 45°. En la parte superior de la estructura afloran las rocas correspondientes a la formación Aurora.

En el reconocimiento del buzamiento Sureste del anticlinal del Topo Chico, realizado en Noviembre de 1967 por la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión de Agua Potable de Monterrey, se pudo observar claramente el contacto entre la formación Cuesta del Cura y la caliza Aurora y al hacer el levantamiento geológico se encontró el contacto Cuesta del Cura-Indidura; la sección geológica se completó con el espesor de las formaciones Aurora y La Peña tomados de la columna estratigráfica de la Sierra de Los Muertos del estudio de los ingenieros Humphrey y Díaz. La inclinación de los estratos hace que se claven rápidamente por lo que no se considera un sitio muy favorable para la perforación de pozos, aun cuando su cercanía a Monterrey lo hace atractivo.

## CENOZOICO

Se encuentran suelos de origen aluvial (Ccr), formados por depósitos de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes que han sido transportadas por corrientes superficiales de agua. Este suelo incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación, los valles de los ríos y las fajas de pie de monte.

## MESOZOICO

### CRETACICO SUPERIOR

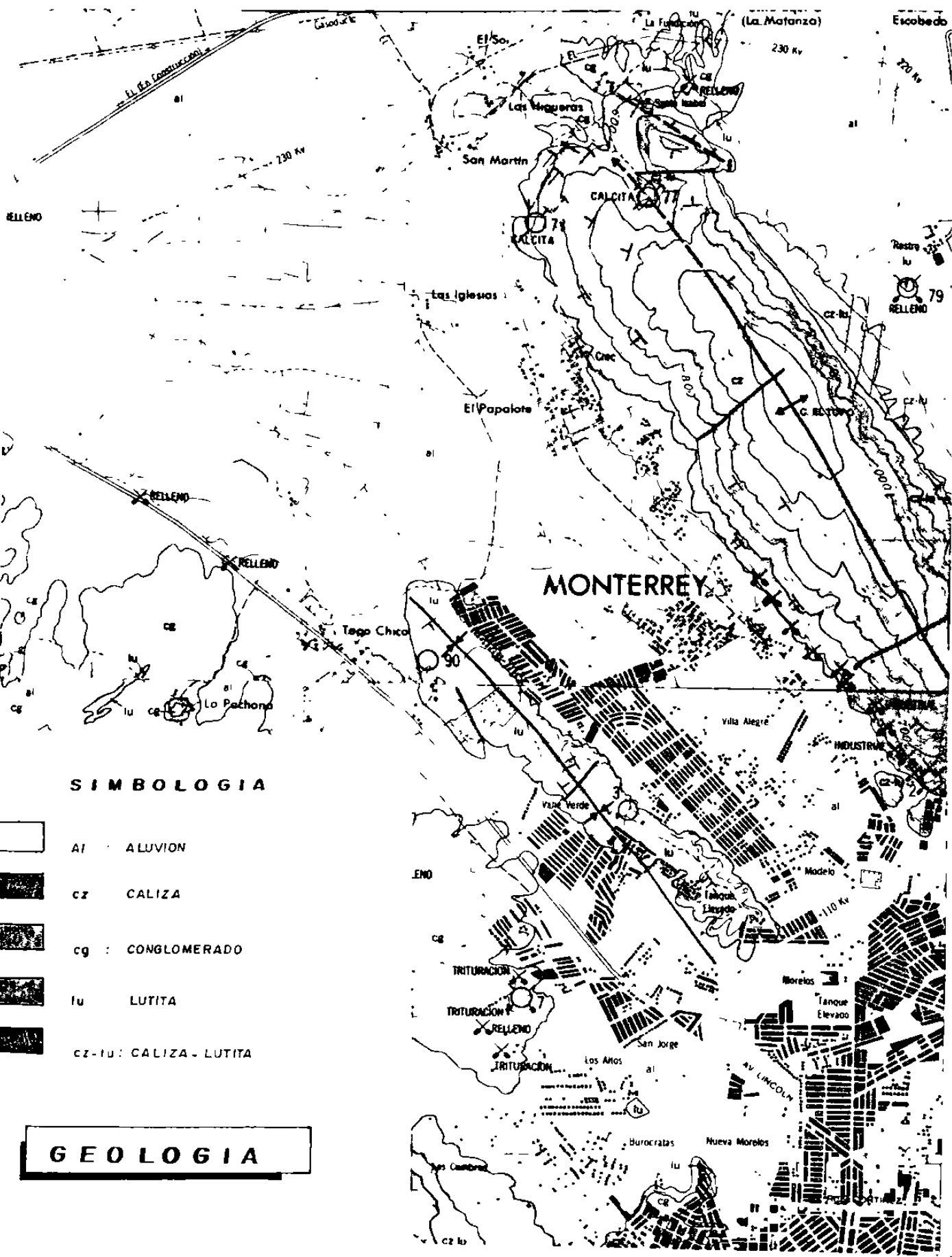
Formación Parras: Ksp

Constituida principalmente por una lutita carbonosa, negra, fisil y astillosa que puede ser un poco calcárea y que se intemperiza en colores amarillentos; contiene un poco de yeso. Tiene un espesor de 600-1,500 m.






## CRETACICO INFERIOR

### Formación Aurora: Kia

Esta formación, de características muy semejantes a la formación Cupido, está constituida por bancos de calizas densas muy puras de espesores medios y gruesos (0.8 a 1.5 m.), en un color que varía del gris oscuro al claro. Algunos de los horizontes de caliza contienen nódulos de pedernal oscuros diseminados en forma regular entre los estratos. Puede observarse que cerca del contacto con la formación superior Cuesta del Cura los estratos tienden a adelgazarse. En general, en todos los afloramientos de las calizas Aurora se hacen notables los fenómenos de disolución, lo que se puede observar muy claramente en las explotaciones de las canteras. Las características litológicas y la composición química de esta formación hacen que sea particularmente susceptible a la disolución, muestra de ello son los manantiales que afloran en estas zonas. El espesor de esta formación es de 80 250 m.



**SIMBOLOGIA**

-  AI ALUVION
-  cz CALIZA
-  cg : CONGLOMERADO
-  lu LUTITA
-  cz-lu : CALIZA - LUTITA

**GEOLOGIA**

## GEOHIDROLOGIA

El área se ubica sobre una zona de aluvión en donde, en las partes bajas del Cerro del Topo Chico, el material puede ser no consolidado, con posibilidades altas para la obtención de agua, según la unidad geohidrológica adoptada por el I.N.E.G.I.

Aparentemente las condiciones estratigráficas y estructurales del lugar, que hacen de la zona un lugar favorable para la existencia de acuíferos, suponen la disponibilidad de agua subterránea susceptible a la explotación; sin embargo, dadas las condiciones geológicas, donde la inclinación de los estratos hace que las formaciones se claven rápidamente, el sitio no es favorable para la explotación de pozos.

El Estudio General de los Acuíferos del Subsuelo del Estado de Nuevo León (SISTELEON, 1985-1991), establece que en la zona de estudio los acuíferos están constituidos por gravas o depósitos aluviales, con gastos apreciables de 3 a 80 lts./seg. y menos apreciables de 2 a 6 lts./seg.

## HIDROLOGIA SUPERFICIAL

La zona de estudio se ubica dentro de la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos (RH24) perteneciente a la vertiente del Golfo, y en la cuenca Río Bravo San Juan.

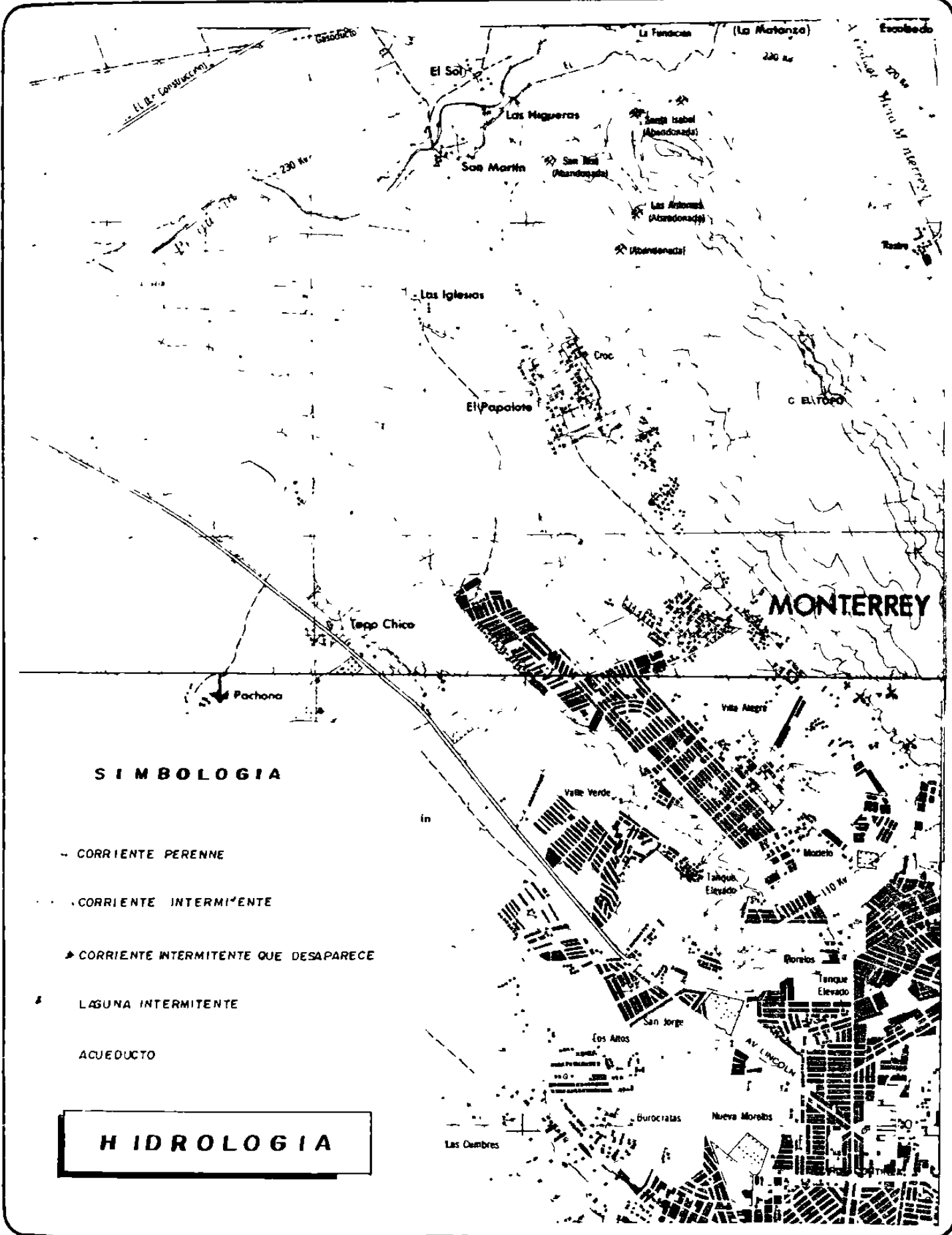
En la Región Hidrológica "Río Bravo", la disponibilidad natural de agua es de 11,988 millones de metros cúbicos en total, es decir, incluyendo el escurrimiento superficial (9,188 mm<sup>3</sup>) y la recarga anual de los acuíferos (2,800 mm<sup>3</sup>) [Sánchez *et al.*, 1989].

Específicamente, el área se localiza en la subcuenca hidrológica del Río Pesquería, con un área aproximada de 1,819 km<sup>2</sup>.

La permeabilidad es muy variada; las características físicas de los componentes dan lugar a la existencia de materiales desde impermeables hasta muy permeables. Así tenemos que las zonas altas del Cerro del Topo, donde predominan las calizas, se consideran de permeabilidad media por presentar fracturas de disolución, y estar situadas algunas de ellas en estructuras favorables a la infiltración. Las zonas donde hay formaciones de caliza y caliza-lutita se consideran de baja permeabilidad; mientras que los valles formados por suelos aluviales, donde se encuentra la mayor parte de las zonas habitacionales, poseen una permeabilidad alta debido a la granulometría de los suelos y a la escasa compactación de las formaciones.

La zona de estudio específicamente tiene un coeficiente de escurrimiento que va de 0 a 5% en lo más plano, hasta 10 a 20% en lo más pronunciado.





**SIMBOLOGIA**

- CORRIENTE PERENNE
- - - CORRIENTE INTERMITENTE
- ▶ CORRIENTE INTERMITENTE QUE DESAPARECE
- ▲ LAGUNA INTERMITENTE
- ACUEDUCTO

**HIDROLOGIA**

El escurrimiento natural del cerro es uniforme y, dada la pendiente del mismo, constantemente aparecen corrientes intermitentes, lo que ha dado lugar a la formación de pequeñas cañadas que constituyen la salida natural del agua superficial.

## **HIDROLOGIA SUBTERRANEA**

El Area Metropolitana de Monterrey se localiza en la Región Hidrológica "Río Bravo", en la cual se efectúa una explotación importante de agua subterránea. Ejemplo de ello es que los campos de Mina, Monterrey, Buenos Aires y Topo Chico, son los que aportan, en parte, el caudal que abastece a Monterrey y su área metropolitana; regiones en las cuales se han perforado pozos de hasta 2,000 m. de profundidad y cuya agua es aparentemente de buena calidad.

La permeabilidad de las calizas de la región se debe a la presencia de una franja arrecifal que se desarrolló en las formaciones del Cretácico Interior y que se ha cortado en los pozos de los campos situados en la porción oeste del área.

La zona de estudio se encuentra en el área del Topo Chico y la dirección del flujo subterráneo es al suroeste, y con alta permeabilidad en materiales no consolidados, según la Carta Estatal de Hidrología Subterránea de la Secretaría de Programación y Presupuesto.

Los acuíferos libres están localizados en la porción nororiental y suroriental de la Ciudad de Monterrey; están constituidos por arcilla, clásticos gruesos y arenas, en menor proporción; su permeabilidad es media; se encuentran sobrecargados y se sitúan muchas norias y pozos agotados.

La calidad del agua es salada y tolerable en la parte norte y oriente de Monterrey; dulce y tolerable hacia el suroriental de esta misma localidad; el uso es doméstico y agropecuario en menor proporción.

## **CLIMATOLOGIA**

El Area Metropolitana se caracteriza por tener un clima cálido seco, cuyas temperaturas medias son de 21 C a 24 C; las precipitaciones varían de 500 a 700 mm.

En la parte sur y oriente del Area Metropolitana de Monterrey (AMM) el clima es semicálido seco, con temperaturas medias entre 20 C y 22 C, y las precipitaciones tienen un rango de 600 a 700 mm.

Al poniente del AMM el clima es semicálido-árido, las temperaturas medias son del orden de 20 C a 23 C; sus precipitaciones son erráticas, torrenciales y en promedio menores de 400 mm.

Al norte del AMM el clima es cálido, muy seco; las temperaturas medias son del orden de 22 C a 25°C y las precipitaciones pluviales de 400 mm a 600 mm.

Según los datos de la Estación Climatológica Topo Chico (1940-1989) se observa lo siguiente: La menor incidencia de lluvias en la zona se observa en los meses de Diciembre a Marzo, cuyos valores oscilan entre 12.2 mm y 14.3 mm. El valor máximo de precipitación anual es de 1196.5 mm (1967) y el mínimo, de 120.1 mm (1959); la máxima mensual es de 450.5 mm.

Las lluvias principales ocurren en verano y los valores máximos registrados ocurren por el paso de ciclones. El número de días al año con precipitación apreciable varía entre 55 y 60, y el de días despejados está en un rango de 150 a 200 días.

La humedad relativa media anual es del 54% (media a las 14 hrs.) con máximas de 58% y 60% en los meses de Septiembre y Octubre; la insolación media anual es de 220 hrs./mes.

Los vientos dominantes son los Alisios, provenientes del noreste. Los datos medidos en la Estación Climatológica Monterrey muestran que el 26% de las veces el viento sopla del noreste con una velocidad promedio de 3.9 m/seg., y un 15% corresponde al sureste con una velocidad promedio de 4.2 m/seg.

## VEGETACION Y USO DEL SUELO

En el área de estudio se encuentran llanuras y lomeríos en los que predomina el matorral submontano, como ocurre en el Cerro del Topo. En algunas áreas se encuentra pastizal inducido, mientras que el resto lo constituye la zona urbana.

Las partes altas del Cerro Topo Chico, dada su morfología, propician el desarrollo de los suelos tipo Litosol, existiendo asociaciones con Regosol calcárico de clase textura media (I + Rc/2).









Esto mismo se presenta en la parte sur del área de estudio, en las partes altas del Cerrito Modelo (I + Rc/2); entre ambos cerros y hacia el sur, se observa una porción de Feozem calcárico de fase textura fina (Hc/3).

En la mayor parte del área urbanizada predominan los suelos tipo Regosol calcárico como suelo primario asociado a la Rendzina de clase textura media (Rc + E/2).

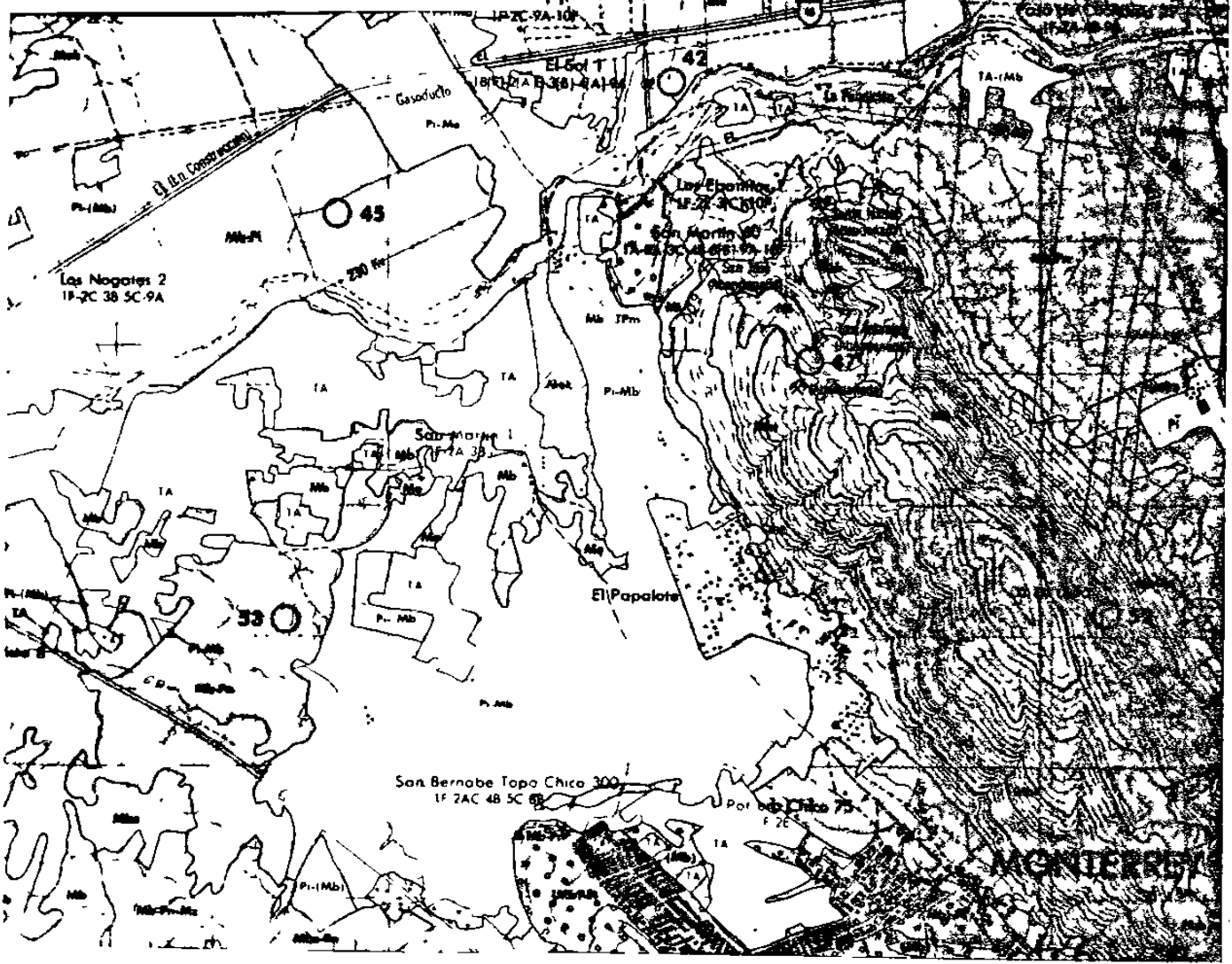
Por otra parte, hacia el noroeste de la zona de estudio, se presentan los suelos Castañozem lúvico como suelo primario acompañado de Castañozem háplico con clase de textura fina (Kl + Kh/3) y Feozem lúvico como suelo primario en asociación con Feozem calcárico de fase textura fina (Hl + Hc/3).

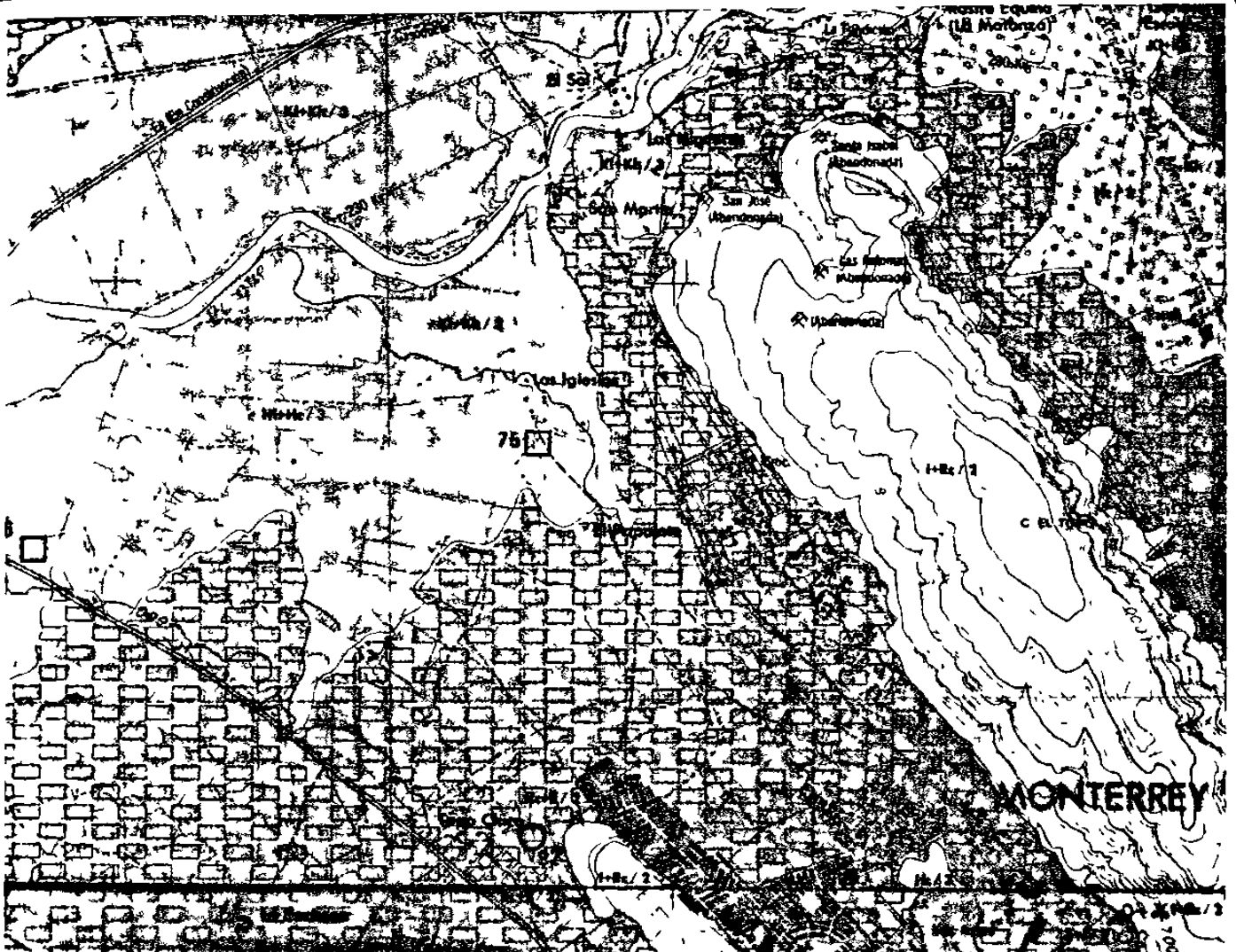
Cubriendo una pequeña zona, hacia el sureste del área de estudio, se localiza Rendzina como suelo primario en asociación con Litosol de clase textura media en fase petrocálcica (E + I/2).

# SIMBOLOGIA

-  Pi-Mb : PASTIZAL INDUCIDO MEZCLADO CON MATORRAL SUBINERME
-  TA : AGRICULTURA DE TEMPORAL, CULTIVOS ANUALES
-  Mb MATORRAL SUBINERME
-  (Mb)-Pi : MATORRAL SUBINERME COMO VEGETACION SECUNDARIA MEZCLADO CON PASTIZAL INDUCIDO
-  Me : MATORRAL ESPINOSO
-  Mb-Pi MATORRAL SUBINERME MEZCLADO CON PASTIZAL INDUCIDO
-  Mi Matorral DE CONIFERAS
-  Mek : MATORRAL ESPINOSO, CADUCIFOLIA ESPINOSA

## VEGETACION Y USO DEL SUELO





**SIMBOLOGIA**

- Klt Kh/3 : Castañozem lúvico / castañozem náptico / clase textural fina.
- Hlt Hc/3 : Feozem lúvico / feozem calcárico / clase textural fina.
- Et / 2 : Rendzina / litosol / clase textural media.
- Hc / 2 : Feozem calcárico / clase textural media.
- Lt Rc/2 : litosol / Regosol calcárico / clase textural media.
- Hc / 3 : Feozem calcárico / clase textural fina.
- Rct E/2 : Regosol calcárico / Rendzina / clase textural media.

**E D A F O L O G I A**



## ◆ RASGOS SOCIOECONOMICOS

### POBLACION

La población total del Municipio de Monterrey es de 1'069,238 habitantes, de acuerdo con el censo de 1990 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

La población estimada en el área de estudio es de 338,792 habitantes (31.6% del total de la población del municipio) [INEGI, 1990b]. Esta población se encuentra distribuida en aproximadamente 111 colonias o sectores (Figura No. 3).

### AGUA POTABLE

El 94% de la población del AMM cuenta con servicio de agua potable restringido, con un promedio de 10 horas diarias; el resto de la población carece del mismo por no contar con redes de distribución, satisfaciendo el servicio mediante camiones "cisterna"; en suma, la demanda total de agua potable para el AMM es de 11,500 lts. seg.

La demanda insatisfecha de agua potable de la población se debe al abatimiento de las fuentes de abastecimiento y al acelerado crecimiento de la población.

Específicamente en el área de estudio, el 61.6% de las viviendas particulares habitadas posee agua potable entubada, el 14.9% tiene agua entubada en el predio y el 16.6% se abastece de agua en llave pública [INEGI, 1990b].

FIGURA No. 2 Viviendas con servicio de agua entubada.

Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares con agua entubada en la vivienda	Viviendas particulares con agua entubada en el predio	Viviendas particulares con agua en llave pública
65,472	40,340	9,776	10,909
100 %	61.6 %	14.9 %	16.6 %

FIGURA No. 3 Las 111 colonias o sectores del área de estudio.

Alvaro Obregón	Fomerrey 15
Artículo 27 Constitucional	Fomerrey 23
Aztlan	Fomerrey 24
Benito Juárez	Fomerrey 25
Bernardo Reyes	Fomerrey 35
Bolívar	Fomerrey 51
Bortoni	Fomerrey 67
C.N.O.P.	Fomerrey 82
C.R.O.C.	Fomerrey 87
Casa Sol	Fomerrey 105
Central	Fomerrey 106
5 de Mayo	Fomerrey 109
Colina de San Bernabe	Fomerrey 110
Conjunto Habitacional Aztlán	Fomerrey 112
4 de Diciembre	Fomerrey 113
D.I.F.	Fomerrey 114
Del Maestro	Fomerrey 115
19 de Abril	Fomerrey 116
18 de Febrero	Fomerrey 120
16 de Septiembre	Fomerrey 121
El Porvenir	Fomerrey 124
Felipe Angeles	Fomerrey 125
Ferrocarrilera	Fomerrey Poniente
Fidel Velázquez	Francisco González Bocanegra
Fomerrey 1	Francisco Villa
Fomerrey 3	Fray Servando Teresa de Mier
Fomerrey 8	Genaro Vázquez Rojas
Fomerrey 10	Gloria Mendiola

FIGURA No. 3 Continuación.

Granja Sanitaria	1o. de Mayo
Infonavit Valle Verde	15 de Marzo
Jardin Modelo	Rafael Buclna
Joseta Ortiz de Domínguez	René Alvarez
La Amistad	Residencial Aztlán
La Esperanza	San Angel
La Reforma	San Bernabé
Las Pedreras	San Bernabé VI
Libertadores de America	San Bernabé X
Loma Bonita	San Francisco de Asís
Loma Linda	San José
Lomas de la Unidad Modelo	San Martín
Lomas de San Martín	Santa Cruz
Lomas del Topo	Santa Fe
Lomas Modelo	7 de Noviembre
Los Dorados	Tierra y Libertad
Madero	Unidad del Pueblo
Madre Selva	Unidad Modelo
Moctezuma	Unidad Reforma Urbana
Morelos	Union Cuauhtemoc
Nueva Galicia	Valle de San Martín
Nueva Modelo	Valle de Santa Cecilia
Nueva Morelos	Valle del Topo Chico
Nuevo C.R.O.C. Infonavit	Valle Morelos
Pablo Gonzalez	Villa Alegre
Paseo de las Mitras	Villa Mitras
Paso de las Aguilas	Villa San Angel
Plutarco Elías Calles	



## DRENAJE

Alrededor del 83% de las viviendas del Municipio de Monterrey cuenta con servicio de drenaje. En la zona de estudio, el 62.2% de las viviendas ocupadas disponen de drenaje conectado al de la calle y el 7.7% tiene drenaje conectado al suelo o fosa séptica [INFGI, 1990b]

**FIGURA No. 4** Total de viviendas con servicio de drenaje.

<b>Total de viviendas particulares habitadas</b>	<b>Viviendas particulares con drenaje conectado al de la calle</b>	<b>Viviendas particulares con drenaje conectado al suelo o fosa séptica</b>
65,472	42,089	5,075
100 %	62.2 %	7.7 %

## CENTROS DE SALUD

El sector público (IMSS, ISSSTE, ISSSTELFON, ISSSFAM) atiende a la población del Area Metropolitana de Monterrey mediante 37 clínicas, 5 clínicas hospital, 7 hospitales generales y 6 hospitales de especialidades. El sector privado da servicio con 17 clínicas, 14 clínicas hospital, 8 hospitales generales y un hospital de especialidades [Comisión de Conurbación, 1988].

## VIVIENDA

La tenencia de la vivienda es predominantemente propia. En el área de estudio, el total de viviendas particulares habitadas es de 65,472, es decir, el 29.2% del total de viviendas del municipio, que es de 224,012 [INFGI, 1990b].

## CONTAMINACION

El desarrollo urbano del AMM ha generado una alteración en la calidad del medio ambiente que se refleja en el deterioro del agua, aire, suelo e imagen urbana en algunas zonas del centro de la población.

## AGUA

La contaminación del agua constituye un problema grave en el AMM. Las descargas de desechos líquidos, industriales y domésticos, se hace en un 60% a zonas agrícolas, un 35% a cuerpos de agua y el 5% restante en pozos de absorción, infiltración y otros cuerpos receptores. Estas aguas no han recibido tratamiento adecuado antes de su descarga. Además de que el sistema de drenaje es insuficiente, las descargas a los arroyos y ríos de la zona urbana generan problemas de insalubridad a la población.

El agua del subsuelo en ciertas partes del Area Metropolitana se encuentra contaminada por desechos industriales, aceites, algunas sustancias tóxicas, fertilizantes, plaguicidas, aguas negras y basura.

El agua proveniente de las fuentes de abastecimiento tales como plantas potabilizadoras puede ir directamente al consumo de la población, ya que se lleva un control estricto de su calidad. Sin embargo, el agua proveniente de pozos someros ubicados en la zona urbana de Monterrey, los cuales se encuentran conectados directamente a la red de distribución, no deberían ir directamente a los consumidores, dado que la capa granular del subsuelo capta infiltraciones como las de agua de lluvia así como también la proveniente de fugas de diversa índole (desechos industriales, tiraderos de basura, drenajes, aguas negras de canales o arroyos no revestidos, etc.); como consecuencia, se pone en duda si su calidad es realmente buena como para destinarse al consumo humano.

El AMM está asentada sobre rellenos aluviales que suelen tener alta capacidad para filtrar aguas pluviales y/o de escorrentía superficial, y de transmitirla tanto a los cauces como a los niveles freáticos del subsuelo. En éste, existe un nivel de conglomerados con cementación calcárea y buena transmisividad de aguas, que aflora a la superficie en los contactos de los materiales cuaternarios con las lutitas y calizas que forman los cerros y sierras próximos o interiores al AMM. Aluviones y conglomerados son los sedimentos en los que se instalan los mantos de aguas subterráneas más próximos a la superficie y, por consiguiente, más fácilmente susceptibles de contaminación por residuos.

En zonas bajas, la excavación de estos sedimentos aproxima aún más el nivel de posibles aguas subterráneas a la superficie del terreno, incrementándose todavía más el peligro de contaminación que será máximo cuando residuos y nivel superior freático entren en contacto.

## AIRE

Por la cantidad y calidad de los desechos contaminantes, la industria es la principal fuente con un 50%; le siguen los vehículos con un 40%; la disposición inadecuada de los desechos sólidos urbanos, principalmente la quema de basura, genera un 5% y causas diversas otro 5%.

En general, las industrias más contaminantes son la cementera, la química, la papelera, la fundidora, la cristalera, la extractiva y la que genera electricidad. De las industrias que contaminan más significativamente, el 4% lo hacen con humos, 6% con grasas, 11% con polvos; otro 13% genera contaminantes altamente tóxicos. Cabe agregar que sólo el 21% de las industrias que producen contaminación muy tóxica cuenta con equipo de control de emisiones.

## SUELO

El Area Metropolitana produce actualmente entre 3,000 y 3,500 toneladas de basura diaria (considerando una producción per cápita de 1.3 kg/día). De esta cantidad se recogen sólo 2,080 toneladas, la mayoría de estos residuos van a los tiraderos oficiales o a las estaciones de transferencia coordinadas por SIMEPRODF, para su disposición final en el relleno sanitario de Salinas Victoria.

Sin embargo, diariamente se quedan de 1 a 1.5 toneladas de basura acumuladas en calles, baldíos y arroyos donde son pepenadas, incineradas y/o degradadas en forma natural, constituyendo así fuentes de infección ambiental y nidos de fauna y flora nociva.

Todo el sistema de rellenos de Topo Chico hasta San Bernabé conforma un relleno muy extenso, contaminante, con deficientes condiciones geotécnicas para cualquier tipo de construcción y de infraestructura enterrada tales como conducciones de agua potable. Problemas en buena medida ya constatados por sus efectos sobre viviendas, rotura de tuberías de agua limpia y contaminación de las mismas, etc. Sin embargo, esta gran superficie ha servido de sustrato, y lo sigue siendo, a una serie de nuevas colonias que se extienden hasta el mismo límite noroccidental del municipio.

## METODOLOGIA

El estudio se llevó a cabo en el sector noroeste del Area Metropolitana de Monterrey, teniendo por límites al Cerro del Topo y las Avenidas Abraham Lincoln, Fidel Velazquez y Bernardo Reyes.

La información sobre la ubicación exacta de los pozos, así como cuáles eran los pozos en funcionamiento y cuáles estaban contaminados y o azolvados, fue obtenida de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

Posteriormente, se realizó una visita de campo para confirmar la ubicación exacta de los pozos; asimismo, se observaron las condiciones en las cuales se encontraba cada pozo así como el área en las proximidades del mismo.

Una vez conocida la localización exacta de los pozos, se ubicaron éstos sobre un plano, para su posterior interpretación en relación a los casos de Tumor Maligno de Estómago en el área.

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (S.A.D.M.) y el Departamento de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil (U.A.N.L.) realizaron los análisis del agua de los pozos en funcionamiento ubicados en la zona de estudio, entre los meses de Enero a Mayo de 1993, y de ellos se obtuvo la información sobre el contenido de nitratos y nitritos en dichos pozos.

Asimismo, a través de la Dirección de Planeación de la Sub-Secretaría de Salud en el Estado (SFS/NL), se obtuvo la información sobre la Mortalidad por Tumor Maligno del Estómago, tanto en el Estado como en el área de interés (Jurisdicción 1), desde 1990 hasta 1992.

Se nos proporcionó un listado sobre el total de casos de defunción por Tumor Maligno del Estómago en Nuevo León, indicando a qué Jurisdicción pertenecía cada caso, así como la edad, sexo y fecha de defunción de cada persona.

Se seleccionaron los casos ubicados en la Jurisdicción 1, a la cual pertenece la zona de estudio, y se procedió a buscar el certificado de defunción para cada uno de estos casos con el fin de conocer el domicilio de las personas fallecidas.

Posteriormente, los casos de Tumor Maligno de Estómago en el área de estudio se ubicaron sobre un plano, para su posterior interpretación.

También se recabó información referente a la enfermedad conocida como Metahemoglobinemia infantil.