



El MTBE es un compuesto orgánico utilizado como aditivo oxigenante de las gasolinas

EL MTBE Y LOS ACUÍFEROS

JUAN MANUEL LESSER*, SUSANA SAVAL** Y LUIS ERNESTO LESSER***



El MTBE (metil-ter-butil-éter) es un aditivo que se le añade a las gasolinas oxigenadas para evitar la contaminación del aire, ya que disminuye la generación de monóxido de carbono y de ozono de las emisiones vehiculares.

En Estados Unidos, su uso comercial se inició en 1979; en 1992, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) emitió una norma obligando al uso de este oxigenante en las gasolinas, en sustitución del tetraeti-

lo de plomo, en aquellas regiones con problemas severos de contaminación del aire, lo que promovió el uso intensivo del MTBE. En México, se empezó a utilizar a partir de 1990, con la introducción de la gasolina Magna y posteriormente la gasolina Premium.

La solubilidad del MTBE en agua llega a ser de casi 30 veces mayor que la del benceno, que es el hidrocarburo típico de la gasolina, además tiene una gran movilidad lo que ocasiona que se incorpore rápidamente a los acuíferos. En la

década de los noventa empezó a ser notable y alarmante la presencia de MTBE en el agua subterránea de consumo humano, particularmente en California, preocupación que se extendió rápidamente hacia todas las regiones de Estados Unidos.

La gravedad de los daños que produce a la salud humana aún no ha sido claramente precisada, ya que los resultados obtenidos en un gran número de investigaciones son muy contradictorios. Un aspecto importante es que el MTBE tiene la ventaja de impartirle al agua un olor y sabor desagradables que lo hacen fácil de detectar aun en concentraciones muy bajas, esto provoca que el agua sea rechazada por el consumidor, situación que reduce notablemente el riesgo por ingestión.

En este artículo se explica el comportamiento del MTBE como contaminante de acuíferos, así como las técnicas de remediación aplicables, tomando como base sus características fisicoquímicas.

El MTBE es un compuesto orgánico utilizado como aditivo oxigenante de las gasolinas, cuyo uso fue promovido en los últimos años con el objeto de aumentar su octanaje al reducir notablemente la generación de monóxido de carbono y de ozono, así como la presencia de partículas de plomo, provenientes de las emisiones vehiculares. A principios de la década de los ochenta se le consideró un compuesto revolucionario de alto beneficio en el control de la contaminación del aire, probado, aceptado y recomendado por la EPA y por otras instancias del gobierno estadounidense (Clean Air Act Amendment, 1990).

GREEN VISION SA DE CV

EQUIPO DE TRITURACIÓN Y DESINFECCIÓN DE RPBI's "IN SITU" POR MÉTODO QUÍMICO.

STERIMED 1^{MR}



GREEN VISION SA DE CV FABRICANTE Y DISTRIBUIDOR A NIVEL MUNDIAL.

- ✓ FÁCIL INSTALACIÓN ELÉCTRICA E HIDROSANITARIA.
- ✓ ÁREA DE TRABAJO 12m²
- ✓ NO REQUIERE PERSONAL ESPECIALIZADO PARA SU OPERACIÓN.
- ✓ TOTALMENTE AUTOMATIZADO.
- ✓ DESINFECTANTE BIODEGRADABLE.
- ✓ NO EMITE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, DORES, CALOR, VIBRACIÓN, RUIDO O RADIACIÓN.

- ✓ 350 KGS. EN 8 HRS. DE TRABAJO.
- ✓ EFICIENCIA RECONOCIDA POR SEMARNAT, INE, IMSS, ISSSTE, SSA Y GOBIERNOS ESTATALES.
- ✓ 25 PAÍSES LO RECOMIENDAN.



VISION GREEN

PRESA RODRÍGUEZ No. 27-B
COL. IRRIGACIÓN C.P. 11500 MÉXICO, D.F.
☎ 5557 8490 / 5580 4535 FAX: 5395 8996
E-MAIL: greenvision@netservice.com.mx

Movimiento

El MTBE es fácilmente transportado en un acuífero mediante los mecanismos que rigen el movimiento de solutos en agua subterránea que son: advección y dispersión hidrodinámica, en este último se incluyen dispersión mecánica y difusión molecular.

En el transporte del agua subterránea los factores más importantes en sedimentos no consolidados son: la litología, la estratigrafía y el contenido de carbono orgánico, que a su vez dependen de la porosidad, la permeabilidad y del grado de compactación. La porosidad es la relación entre los espacios vacíos y el volumen total; la permeabilidad se refiere a la facilidad que presenta un medio al flujo del agua. En la porosidad y permeabilidad, influyen también la textura (tamaño de partículas) y su uniformidad, así como su grado de cementación.

La advección se refiere al movimiento del flujo subterráneo, el cual se establece de los puntos de mayor presión hidrostática hacia los de menor presión. La velocidad de circulación del agua subterránea está en función de la permeabilidad y del gradiente hidráulico, este último determina la pendiente del nivel del agua.

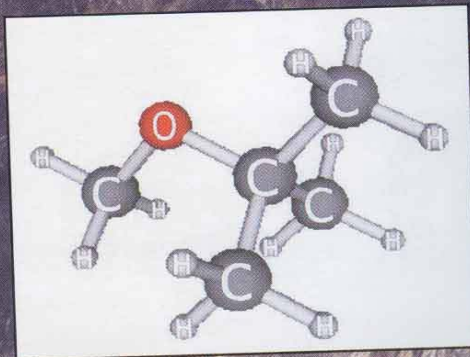


Figura 1: Estructura Química del MTBE

Alta solubilidad

En México el MTBE empezó a utilizarse alrededor de 1990, con la aparición de la gasolina Magna y posteriormente con la Premium, mismas que desplazaron a la Nova, cuyo uso se eliminó para evitar las emisiones de plomo a la atmósfera.

Sin embargo, cuando el MTBE se introdujo al mercado, se desconocían las consecuencias ambientales que se tendrían en el subsuelo. Su alta solubilidad y gran movilidad en el agua subterránea, han hecho evidentes los problemas de contaminación que actualmente se están encontrando en estaciones de servicio, tomas clandestinas alrededor de ductos, instalaciones de tanques de almacenamiento y patios de maniobras de combustibles, entre otros.

DATOS GENERALES Y PROPIEDADES DEL MTBE

Origen. El MTBE se produce industrialmente mediante procesos químicos de síntesis a partir del metanol e isobutileno, a diferencia de las gasolinas que son producidas por la refinación del petróleo. El MTBE se adiciona a las gasolinas hasta el momento en que éstas son formuladas para su distribución y posterior venta al público.

Características generales. La fórmula química condensada del MTBE es $CH_3OC(CH_3)_3$, su conformación molecular se presenta en la figura 1. Es un líquido incoloro, con un olor similar al del aguarrás, tiene un punto de ebullición de $55.2^\circ C$ y su densidad es de $0.743 g/cm^3$. Se le considera químicamente estable, es volátil, inflamable y explosivo.

Síntomas por la exposición. Al contacto con los ojos y con la piel produce irritación, la inhalación prolongada puede causar tos, insuficiencia respiratoria, vértigo e intoxicación.

Solubilidad en el agua. La solubilidad del MTBE puro en el agua se repor-

IPTER
INGENIERÍA, PROYECTOS Y TRATAMIENTO
ECOLÓGICO DE RESIDUALES S.A. DE C.V.

ASISTENTE DEL 98% MÍNIMO
TIEMPO, COSTO Y CALIDAD

• ADMINISTRACIÓN
DE PROYECTOS

RESIDUALES
Y TRATAMIENTO DE RESIDUALES

Guevara • C.P. 44600 • Guadalajara
06 • e-mail: ipter@prodigy.net.mx

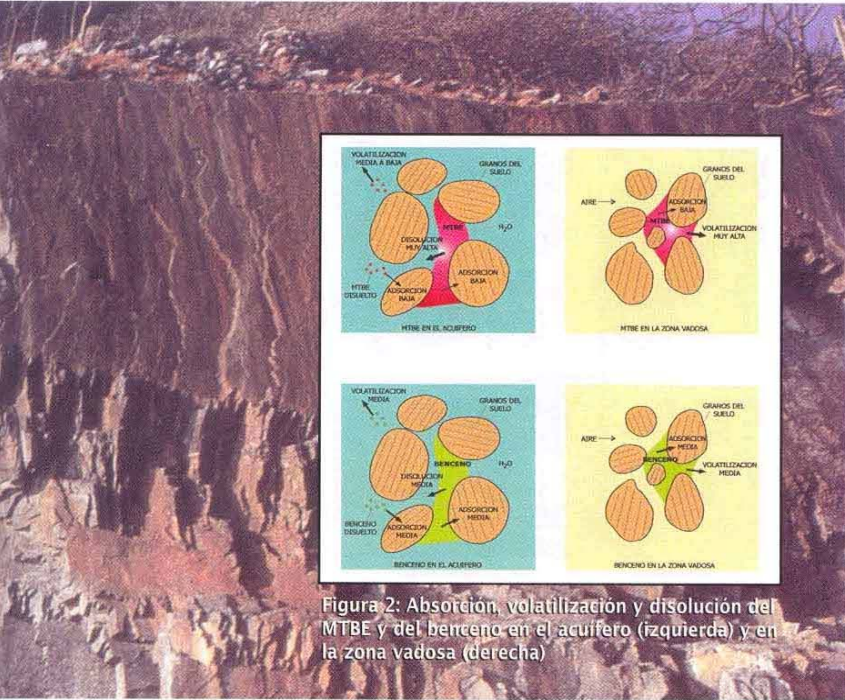


Figura 2: Adsorción, volatilización y disolución del MTBE y del benceno en el acuífero (izquierda) y en la zona vadosa (derecha)

Tabla 1
Propiedades fisicoquímicas del MTBE, benceno y tolueno

PROPIEDAD	MTBE	BENCENO	TOLUENO
Peso molecular	88.15	78.11	92.13
Temperatura de ebullición (oC)	55.2	80.1	110.6
Densidad (g/cm ³)	0.743	0.879	0.866
Coefficiente de distribución octanol/agua (log Kow)	1.08	1.77	2.13
Solubilidad en agua a 20-25oC (mg/l)	48,000 - 51,000	1,750	515
Constante de la Ley de Henry (Kaw) adim	0.0238	0.2290	0.2600
Presión de vapor a 20-25oC (mm Hg)	249.0	95.2	30.0
Afinidad por carbono orgánico (log Koc; kg-1)	1.0 - 1.1	1.5 - 2.2	1.6 - 2.3
Factor de retardo (condiciones: 20-25oC, foc=0.4, porosidad 0.25, densidad real 1.75 kg/l)	1.38	3.38	3.99
Coefficiente de difusión en aire (cm ² /s)	0.079	0.088	0.085
Coefficiente de difusión en agua (cm ² /s)	0.0000940	0.0000098	0.0000094
Limite de inflamabilidad o explosividad (%)	1.6 - 8.4	1.3 - 7.8	1.1 - 7.1

ta entre 48 mil y 51 mil mg/l, dependiendo de la fuente de información. El MTBE es cerca de 30 veces más soluble en agua en comparación con el benceno y casi 100 veces más soluble que el tolueno (Tabla 1).

La alta solubilidad del MTBE está dada por la disposición del grupo éter en su molécula, que le confiere un "momento dipolo" debido al par de electrones que están asociados al átomo de oxígeno (figura 1). Esto hace que el MTBE se comporte como un compuesto ligeramente "iónico" a diferencia de los hidrocarburos contenidos en la gasolina, que por naturaleza son no-polares.

Si se toma como base que la gasolina contiene aproximadamente 10 por ciento de MTBE, se tiene que el MTBE proveniente de un litro de gasolina se puede disolver en 1.5 litros de agua. Cuando se rebasa esta relación, el MTBE permanece

junto con los hidrocarburos formando una capa que flota sobre el nivel estático, debido a que su densidad es menor que la del agua.

Volatilidad. La constante de la Ley de Henry que se interpreta como un coeficiente de distribución aire/agua (Kaw), indica que el MTBE es diez veces menos volátil que el benceno cuando ambos están disueltos en el agua (Tabla 1).

Diffusión en el aire. La presión de vapor del MTBE es 26 veces más alta que la del benceno (Tabla 1). Esto significa que aunque el MTBE tenga preferencia por el agua, las pocas moléculas que se desprendan en forma de vapor ejercerán una mayor presión al pretender abandonar el agua, en comparación con la presión que pueden ejercer las moléculas de benceno. Una vez en el aire, el MTBE presenta un coeficiente de difusión similar al del benceno (Tabla 1). Lo anterior ocasiona lecturas de explosividad en la fase gaseosa de suelos contaminados únicamente con MTBE.

Adsorción en el suelo. El MTBE tiene una muy baja afinidad por el carbono orgánico (log Koc entre 1.0 y 1.1, Tabla 1), por lo que prácticamente no se adsorbe en la materia orgánica del suelo, a diferencia del benceno que tiene una alta afinidad (log Koc = 1.6 - 2.3, Tabla 1). Además, el MTBE presenta un coeficiente de retardación muy bajo, de 1.38, cuando para el benceno es de 3.38. Esto indica que el MTBE se desplaza prácticamente junto con el agua, por lo que casi no se encuentra como contaminante en el suelo (figura 2).

Aproximadamente 8 por ciento del MTBE presente en el acuífero puede ser adsorbido por el suelo, mientras que el benceno es absorbido hasta en 40 por ciento.

Diffusión en el agua. El MTBE tiene un coeficiente de difusión en agua casi diez veces mayor al del benceno. Lo anterior contribuye al incremento en el tamaño de las manchas de contaminación en agua subterránea comparado con lo que ocurriría si se tratara de benceno (figura 2).

 **Recolección, Transporte y Disposición de residuos industriales para su Destrucción Térmica y Confinamiento: Aut. No 19-46B-PS-1-51-99**

Ing. Mayolo Sánchez Celestino
Propietario

Pedro P. Quintanilla No. 521, Col. La Nogalera C.P. 66417
San Nicolas de los Garza N.L.
Tels.: (8) 384 8862 / 384 8812 Cel.: (8) 324 0981
mayolo_sanchez@terra.com.mx