

CAPÍTULO V.

VERIFICACIÓN DE RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN CONJUNTA . APLICACIÓN DEL MÉTODO GEOQUÍMICO .

Con base en los resultados de la interpretación conjunta de los métodos indirectos se diseñó un plan de perforación y muestreo dirigido para su posterior análisis en laboratorio.

Las perforaciones se realizaron con un equipo GeoProbe modelo 5400 GH -40, con sistema de percusión Direct-Push que permite obtener muestras de suelo inalteradas a distintas profundidades.

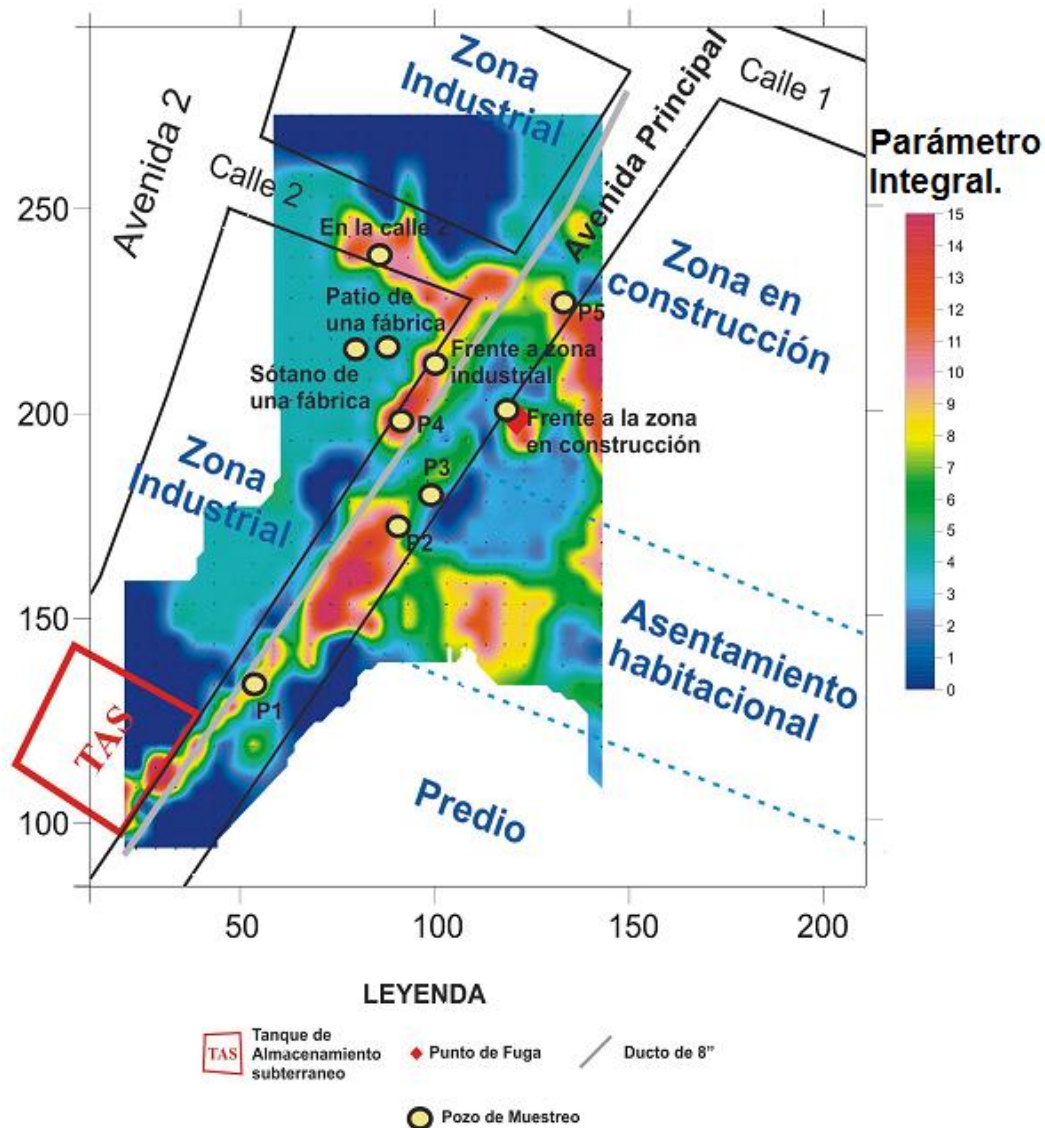


Figura V.1: Mapa integral con la ubicación de los pozos de muestreo.

V. 1. Estudio geoquímico realizados en muestras de suelo .

Se realizaron 5 pozos de muestreo, de los cuales se obtuvieron muestras de suelo a distintas profundidades. Como se indica en la NOM-138 SEMARNAT 2003 (Diario Oficial de la Federación, 2005), fueron analizadas las concentraciones de BTEX y fracción ligera en las muestras de suelo, adicionalmente se analizó la humedad y la concentración de hidrocarburos entre metano (C_1) y pentano (C_5), así como el porcentaje de hidrocarburos entre pentano (C_5) y naftaleno (C_{10}).

Los resultados obtenidos de los análisis geoquímicos se presentan en la Tabla V.1, donde se puede apreciar que la muestra 17, correspondiente al pozo 4, con profundidad entre 3 y 4 metros, es la que presenta una mayor concentración de fracción ligera así como concentraciones de BTEX fuera de norma. Esta misma situación se presenta en el pozo 1 (muestras 4 y 5), demostrando que se trata de puntos de acumulación de hidrocarburos recientemente fugados.

En el caso del pozo 1; tomando en cuenta la dirección del flujo general del agua subterránea, es evidencia de contaminación fresca que apunta al TAS como fuente activa de contaminación. En el caso del pozo 4, los altos índices de fracción ligera y BTEX, se deben a la proximidad con la zona industrial donde se vierten diferentes tipos de solventes tipo hidrocarburo ligero.

Las muestras 7 y 8, correspondientes al pozo 2 entre 2 y 4 metros de profundidad, muestran altas concentraciones de fracción ligera, sin embargo la concentración de BTEX es baja, por lo que en esta zona la contaminación ya ha sufrido algún proceso de biodegradación.

Muestra	Ubicación	X	Y	Profundidad m	HC Fracción ligera (HRG) base seca mg/kg	Benceno mg/kg	Tolueno mg/kg	Etilbenceno mg/kg	Xilenos mg/kg
1	Frente a la zona industrial	119.9743	200.028	ND	1056.04	1.84	23.83	29.2	160.42
2	Frente a la zona industrial	119.9743	200.028	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	Frente al TAS	46.5659	128.242	0 - 3.20 m	143.52	0.23	0.38	1.05	2.81
4	Pozo 1	62.0474	141.6921	5.50 - 6.00 m	678.52	17.95	43.66	12.42	67.62
5	Pozo 1	62.0474	141.6921	9.50 - 10.00 m	1338.56	19.21	79.48	44.13	234.72
6	Pozo 2	93.0888	200.6278	0 - 2 m	50.08	0.21	0.8	0.25	1.16
7	Pozo 2	93.0888	200.6278	2 - 3 m	834.38	0.9	0.17	8.72	2.62
8	Pozo 2	93.0888	200.6278	3 - 4 m	305.56	0.18	0.31	6.83	3.56
9	Pozo 2	93.0888	200.6278	4 - 5 m	140.67	0.32	0.38	2.44	2.24
10	Pozo 2	93.0888	200.6278	5.20 - 5.80 m	61.89	0.44	0.49	0.22	0.48
11	Pozo 2	93.0888	200.6278	5.80 m	trazas	ND	ND	ND	ND
12	Pozo 2	93.0888	200.6278	6.00 - 630 m	65.14	ND	0.11	0.09	0.17
13	Pozo 2	93.0888	200.6278	6.80 - 7.00	trazas	ND	ND	ND	ND
14	pozo 3	126.9818	215.2167	6.00 - 7.00	51.01	0.08	0.22	0.08	0.39
15	Pozo 4	93.9493	178.5973	1.50 - .190	38.41	0.07	0.07	0.15	0.09
16	Pozo 4	93.9493	178.5973	2.00 - 3.00	trazas	ND	ND	ND	ND
17	Pozo 4	93.9493	178.5973	3.00 - 4.00	11311.75	97.61	932.46	633.28	2763.98
18	Pozo 4	93.9493	178.5973	4.00 - 5.00	329.77	0.35	4.78	3.35	24.48
19	Pozo 4	93.9493	178.5973	5.00 - 6.00	86.12	1.15	1.23	0.8	3.84
20	Pozo 5	103.9106	187.8169	3.00 - 4.00	43.74	0.2	0.84	0.25	1.38
21	Pozo 5	103.9106	187.8169	4.00 - 5.00	55.35	1.09	2.31	0.41	2.05
22	Pozo 5	103.9106	187.8169	6.8	33.43	0.04	0.26	0.11	0.59
23	Sótano de una fábrica	89.3184	228.428	3.15 - 4.00	2071.69	5.51	0.1	11.71	ND
24	Sótano de una fábrica	89.3184	228.428	4.00 - 4.40	300.92	1.4	0.1	0.49	0.26

25	Sótano de una fábrica	89.3184	228.428	4.40 - 5.00	279.43	0.66	0.07	1.86	0.14
26	Patio de una fábrica	93.4677	228.3217	2.00 - 2.50	2116.64	1.01	0.1	1.07	0.64
27	Patio de una fábrica	93.4677	228.3217	3.00 - 3.50	121.74	0.04	0.09	ND	ND
28	Patio de una fábrica	93.4677	228.3217	4.00 - 4.87	93.62	ND	ND	ND	ND
29	En la Calle 2	90.7015	238.0463	2.00 - 2.90	215.54	ND	ND	0.2	0.28
30	En la Calle 2	90.7015	238.0463	4.00 - 4.50	259.07	ND	ND	ND	ND
31	En la Calle 2	90.7015	238.0463	4.50 - 4.95	112.21	ND	ND	ND	ND
32	Frente a la zona en construcción	113.5507	210.0493	1.25 - 1.50	1642.15	ND	ND	ND	ND
33	Frente a la zona en construcción	113.5507	210.0493	2.00 - 2.40	102	ND	ND	ND	ND
34	Frente a la zona en construcción	113.5507	210.0493	2.90 - 3.30	62.02	ND	ND	ND	ND
35	Frente a la zona en construcción	113.5507	210.0493	3.80 - 4.50	417.88	0.41	1.6	4.09	7.97

Tabla V.1: Resultados de hidrocarburos en fracción ligera y BTEX en muestras de suelo, los valores fuera de norma están resaltados (NOM-138 SEMARNAT 2003).

VII. 2. Estudio geoquímico en muestras de hidrocarburos en fase libre .

Se obtuvieron 3 muestras del producto en fase libre para su posterior análisis y poder así determinar exactamente el tipo de contaminante y su tiempo de permanencia en el subsuelo. Las muestras A y B se extrajeron del pozo 1 y de una trinchera ubicada frente al TAS, respectivamente, mientras que la muestra C se obtuvo de una fosa ubicada en el predio en construcción donde se encontró el punto de afluencia de hidrocarburos.

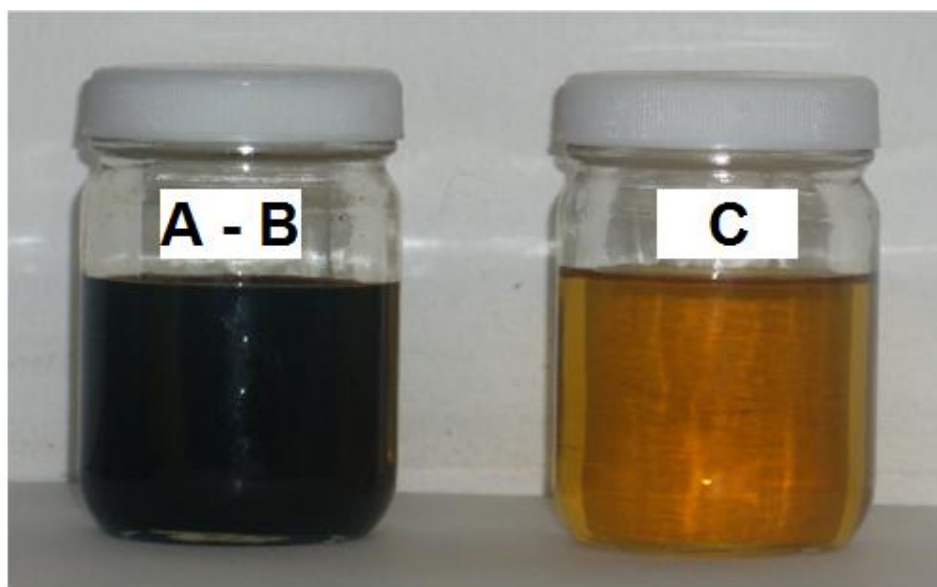


Figura V.2: Muestras de hidrocarburo obtenidas en la zona de estudio, la muestra más fresca (A - B) es de color negro debido a la presencia de chapopote próximo a la fuga. C es la muestra biodegradada.

A cada muestra se le aplicó el análisis PIONA, el cual busca obtener las diferentes familias de componentes de la gasolina, que determinan las características de cada tipo de combustible.

El método PIONA utiliza la técnica de cromatografía de gases para buscar las concentraciones de Parafinas, Isoparafinas, Olefinas, Naftenos y Aromáticos en una muestra de hidrocarburos por medio de diversas fases de calentamiento desde los 0 hasta los 200°C. Los compuestos se identifican y cuantifican mediante la comparación de los tiempos de retención característicos de una mezcla estándar de calibración. Esta técnica permitió identificar más el 97% de los componentes de las tres muestras.

	Referencia (magna)	A	B	C
Parafinas	14.729	12.581	10.585	5.464
Isoparafinas	45.81	40.412	38.403	19.517
Oleofinas	5.878	5.95	5.502	0.672
Naftenos	4.888	6.219	6.471	3.906
Aromáticos	20.78	30.749	34.33	63.873
Oxigenados	7.347	2.664	2.957	0.055
Pesados	0	0.326	0.418	2.123
Desconocidos	0.568	1.1	1.334	4.391
RON estimado	87.57	85.21	85.77	86.24
BTEX	1.17	0.89	0.84	0.33

Tabla V.2: Resultados del análisis PIONA a muestras de hidrocarburo en fase libre .

Este estudio mostró un gran parecido entre las muestras A y B y la gasolina Magna (referencia). La muestra C también muestra características similares a las de la gasolina Magna pero las altas concentraciones de aromáticos y compuestos pesados indican efecto de biodegradación, lavado y pérdida de compuestos ligeros. El aumento de la concentración de aromáticos en la muestra C es debido a los procesos de biodegradación y la acción de algunas bacterias al consumir hidrocarburos de bajo peso molecular, principalmente en la fracción correspondiente a las parafinas normales (Zobell, 1969; Oppenheimer *et al.*, 1971). Otros hidrocarburos como los correspondientes al tipo aromático polinuclear no pueden ser degradados y por lo tanto se acumulan en los sedimentos.

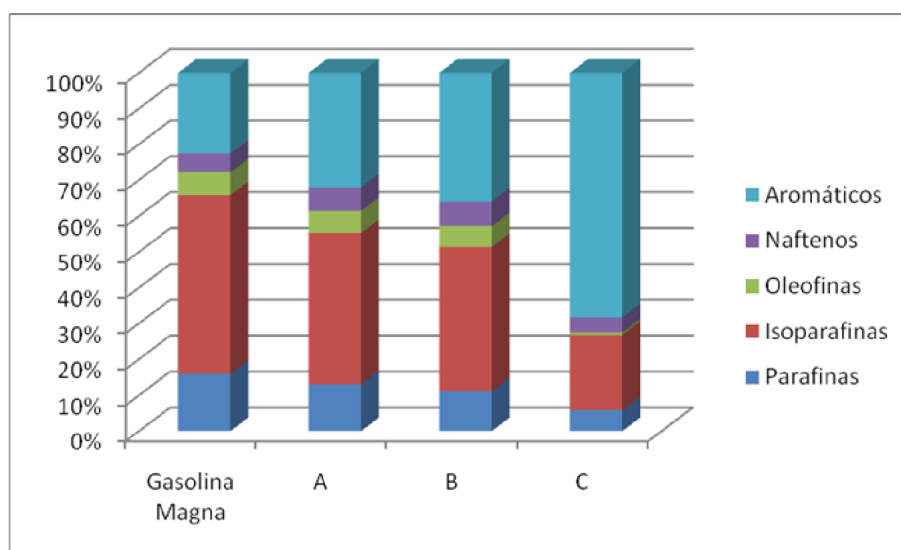


Figura V.3: Gráfica de resultados del análisis PIONA a muestras de hidrocarburo en fase libre .

Como el etilbenceno y los xilenos son más resistentes a la biodegradación que el benceno y el tolueno, la relación BT/EX es un indicador de la biodegradación a la que ha sido sometida la muestra (Kaplan et al., 1996). Cuando esta relación es menor a 0.5 se presume que la gasolina podría tener un tiempo de residencia de más de 10 años. En la Figura VII.4 se aprecia que la relación BT/EX es muy similar en la gasolina Magna y en las muestras A y B, mientras que en la muestra C es menor a 0.5, lo que muestra mayor biodegradación y que probablemente ha estado en el subsuelo por más de 10 años.

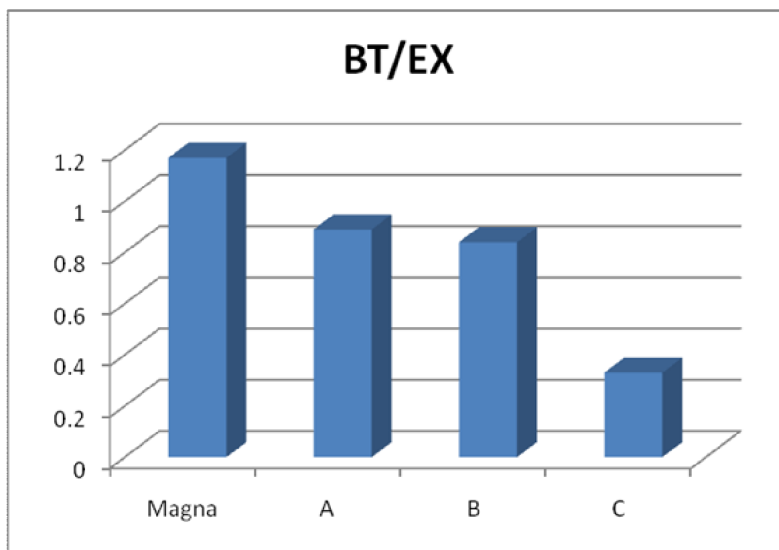


Figura V.4: Relación BT/EX.

Existen otras relaciones entre componentes que nos dan información sobre la evaporación, lavado y biodegradación de la gasolina, como se ven en la Tabla V.3. Las 3 muestras presentan indicios de evaporación, siendo mayor la presentada en la muestra C. Las muestras A y B presentan pocas evidencias de lavado y biodegradación, mientras que en la muestra C las relaciones indican que ha sufrido lavado y biodegradación.

	Relación	Magna	A	B	C
Evaporación	nC5/nC7	4.52	1.95	1.08	0
	2MetilC5/2MetilC7	10.38	5.62	4.06	0.18
Lavado	Benc/Cicloexano	1.5	1.7	1.71	0.43
	Tolueno/MetilCyC6	11.88	10.84	10.22	15.47
	Arom/TotParafinas	0.34	0.58	0.7	2.56
	Arom/Naftenos	4.25	4.94	5.31	16.35
Biodegradación	C4-C8 Para+IsoParaf/C4-C8 Oleof	10.23	8.85	8.82	40.88
	3 - MetilC6/nC7	1.23	1.16	1.11	0.85
	MetilCyC6/nC7	0.32	0.31	0.32	0.32
	IsoParaf + Naftenos/Parafinas	3.44	3.71	4.24	4.29

Tabla V.3: Relaciones para la estimación de evaporación, lavado y biodegradación de muestras en fase libre.