**FACULTAD POLITÉCNICA**
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**

PROYECTO

MONITOREO Y SIMULACIÓN DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ZONAS URBANAS DEL ACUÍFERO PATIÑO

# ANEXO 3

Identificación de las fuentes puntuales de contaminación sobre el acuífero Patiño aplicando el método POSH

## Introducción

El objetivo de este estudio fue identificar geográficamente, cuantificar y calificar las fuentes de contaminación en el área del acuífero Patiño, complementando el estudio realizado anteriormente "Mapeo de la Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea del Gran Asunción" [1] y de esta manera evaluar el peligro que generan las fuentes puntuales identificadas sobre el acuífero. Para ello, se identificaron las actividades que podrían ocasionar impactos negativos sobre el acuífero, utilizando la metodología POSH [2] que establece tres categorías de la carga contaminante del subsuelo (reducido, moderado y elevado).

Esta identificación contribuirá como punto de partida para el monitoreo en lugares con una elevada carga contaminante y mayor riesgo de contaminación - considerando el estudio previo "Mapeo de la vulnerabilidad y riesgo de contaminación del agua subterránea del Gran Asunción" [1] donde se identificaron las zonas con mayores riesgos de contaminación sobre el acuífero Patiño – y de esta forma establecer una priorización de medidas de control y mitigación de la contaminación del agua subterránea.

A continuación se presenta una breve descripción de la metodología aplicada, los mapas con las distribuciones de los puntos de fuentes de contaminación por cada categoría, el análisis de la densidad de las fuentes de contaminación por $km^2$, densidad de las fuentes puntuales de contaminación por ciudad y la distancia promedio de puntos de fuentes contaminantes a las vías principales.

## Metodología

Sobre la base de un inventario de puntos georreferenciados de Servicios obtenidos de la DGEEC (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos), se depuró la misma con los servicios que presentan cargas contaminantes al subsuelo, utilizando la metodología POSH [2], que considera dos características fácilmente estimables: el origen del contaminante y la sobrecarga hidráulica. El método establece tres categorías de potencial generación de una carga contaminante al subsuelo: reducido, moderado y elevado, tanto para fuentes puntuales como para fuentes difusas (Tabla 1).

En el método POSH [2], los recintos hospitalarios no son considerados como posibles fuentes de contaminación hacia las aguas subterráneas. Sin embargo, se han incorporado en el presente trabajo y siguiendo la propuesta de Figueroa del año 2010 [3], por ser lugares en donde se manipulan variadas sustancias químicas, y se producen desechos de distinta naturaleza. La clasificación se realizó teniendo en cuenta: si el establecimiento cuenta o no con cobertura de alcantarillado.

De esta manera se clasificaron y categorizaron todas las fuentes de contaminación sobre el área del acuífero Patiño.

Tabla 1. Clasificación y categorización de fuentes puntuales de contaminación de acuerdo al método POSH

| **Potencial por generación de carga contaminante al subsuelo** | **Fuente de contaminación** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Disposición por residuos sólidos** | **Sitios industriales*** | **Lagunas de efluentes** | **Urbanas varias** | **Exploración minera y petrolera** |
| Elevado | Residuos de industrias tipo 3, residuos de origen desconocido | Industrias tipo 3, cualquier actividad que maneje >100 kg/d de sustancias químicas | Todas las industrias tipo 3, cualquier efluente (excepto aguas residuales residenciales) si el área >5 ha. | | Operación de campos de petróleo, minas metalíferas |
| Moderado | Precipitación >500 mm/a con residuos residenciales/ industriales tipo 1/ agroindustriales, todos los otros casos | Industrias tipo 2 | Agua residual residencial si el área >5 ha, otros casos que no figuran arriba o abajo | Gasolineras, rutas con tráfico regular de sustancias químicas peligrosas | Algunas minas/ canteras de materiales inertes |
| Reducido | Precipitación <500 mm/a con residuos residenciales/ industriales tipo 1/ agroindustriales | Industrias tipo 1 | Efluente residencial, urbano mezclado, agroindustrial y minero no metalífero si el área <1 ha | Cementerios | |

* los terrenos contaminados por industrias abandonadas deberían tener la misma categoría que las propias industrias
**Industrias tipo 1:** carpinterías, fábricas de alimentos y bebidas, destilerías de alcohol y azúcar, procesamiento de materiales no metálicos.
**Industrias tipo 2:** fábricas de caucho, pulpa y papel, textiles, artículos eléctricos, fertilizantes, detergentes y jabones.
**Industrias tipo 3:** talleres mecánicos, refinerías de gas y petróleo, manufacturas de pesticidas, plásticos, productos farmacéuticos y químicos, curtidurías, fábricas de artículos electrónicos, procesamiento de metal.

## Aplicación de la Metodología

A continuación se muestra el análisis de las fuentes puntuales identificadas en el área del Acuífero Patiño y los mapas de la distribución de los puntos.

Las fuentes de tipo 3 o “Elevado” es el tipo con mayor impacto de contaminación sobre el acuífero y es el que se encontró en una mayor cantidad en comparación a los tipo 1 y 2; fueron identificados en 6791 puntos, visualizados en la Figura 1 y corresponden principalmente a: Talleres mecánicos (Auto mecánica, service del automotor, bicicleta, moto), Petróleo (Estaciones de servicios, parada de líneas, PETROPAR, Venta de combustibles), Manufactura de pesticidas, Plásticos (Fábrica de plásticos, polietileno, bolsas), Productos farmacéuticos (Laboratorios), Productos Químicos (Industrias químicas), Curtidurías (Curtiembre, matadero, frigorífico, fábrica de procesadora de cueros, fábrica de grasa) y Procesamiento de Metal (Metalúrgica, herrería, tornería, fábrica de portones y sillones)

Las fuentes de tipo 2 o “Moderado” con impacto moderado de contaminación sobre el acuífero, se encontró en una menor cantidad en comparación a los tipos 1 y 3; fueron identificados en 654 puntos, visualizados en la Figura 2 y corresponden principalmente a las siguientes descripciones: Fábricas de caucho, Fábricas de pulpas y papel (Fábricas

de envases de papel, papeleras, fábricas de papel higiénico, recicladoras de papel, cartones), Fábricas textiles, Fábricas de artículos eléctricos (EMDA Electric Industrial, fabricación de máquina de coser, Autopartes: Alex S.A., Reimpex Leopard, AM Reguera Divis, Motos Yamasuk, entre otros), Fábricas de fertilizantes, Fábricas de detergentes y jabones, Lavaderos de autos y lavanderías.

Las fuentes de tipo 1 o “Reducido” fueron identificados en 1461 puntos, visualizados en la Figura 3 y listados principalmente según las siguientes descripciones: Carpinterías, Fábricas de alimentos y bebidas, Destilerías de alcohol y azúcar, Procesamiento de materiales no metálicos (Fábricas de planteras, pisos, ladrillos, vaqueros, zapatos y otros), Cementerios y Centros médicos.

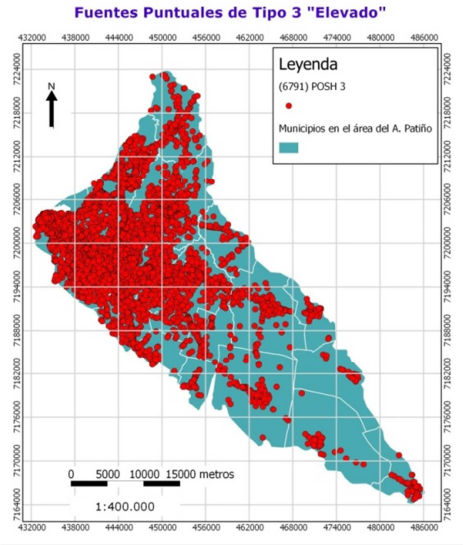


Figura 1. Puntos georreferenciados de las fuentes puntuales de contaminación de tipo 3 o Elevado.

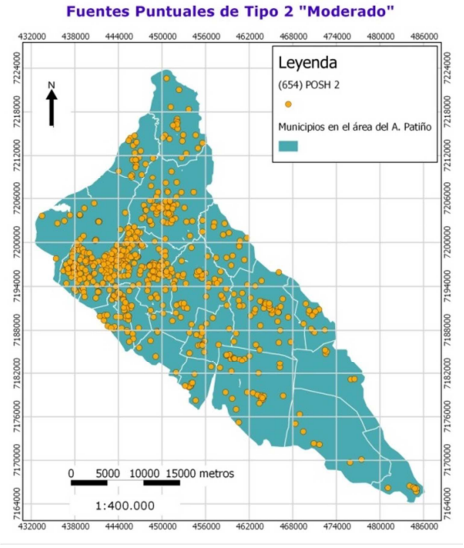


Figura 2. Puntos georreferenciados de las fuentes puntuales de contaminación de tipo 2 o Moderado.

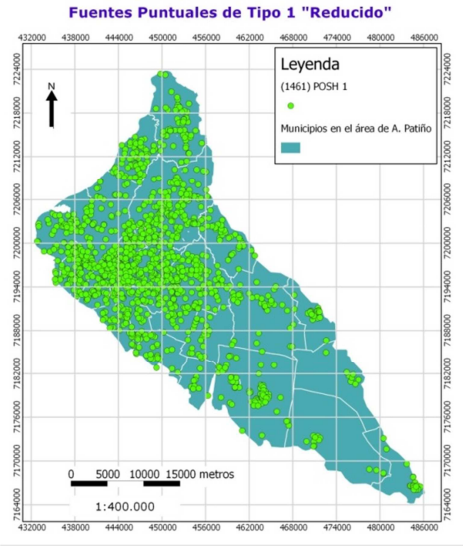


Figura 3. Puntos georreferenciados de las fuentes puntuales de contaminación de tipo 1 o Reducido.

En total fueron identificadas 8906 fuentes contaminantes que afectan directamente al acuífero Patiño, los puntos identificados son visualizados en la Figura 4. Principalmente en Asunción y sus alrededores se concentra la mayor densidad de las fuentes puntuales de contaminación sobre el área del acuífero Patiño (Ver Figura 5).

Un panorama general de la cantidad de fuentes contaminantes identificadas se muestra en la Tabla 2, en donde las ciudades con mayores fuentes encontradas (tipos 1, 2 y 3) son: Asunción (2069 fuentes), San Lorenzo (1045 fuentes), Fernando de la Mora (923 fuentes), Luque (869 fuentes), Lambaré (667 fuentes) y Capiatá (621 fuentes).

En relación a las fuentes según el área que abarca cada ciudad, las mayores densidades encontradas, visualizadas en la Figura 6, fueron en Fernando de la Mora (44 fuentes/km$^2$), Lambaré (28 fuentes/km$^2$), Asunción (18 fuentes/km$^2$), San Lorenzo (18 fuentes/km$^2$), Ñemby (17 fuentes/km$^2$), Villa Elisa (15 fuentes/km$^2$) y Luque (11 fuentes/km$^2$).

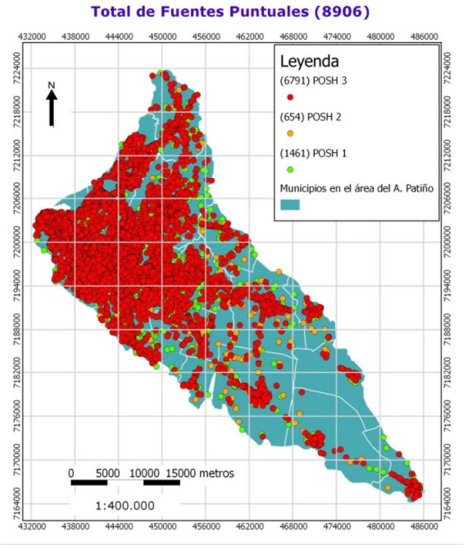


Figura 4. Total de fuentes puntuales de contaminación (Tipos 1, 2 y 3).

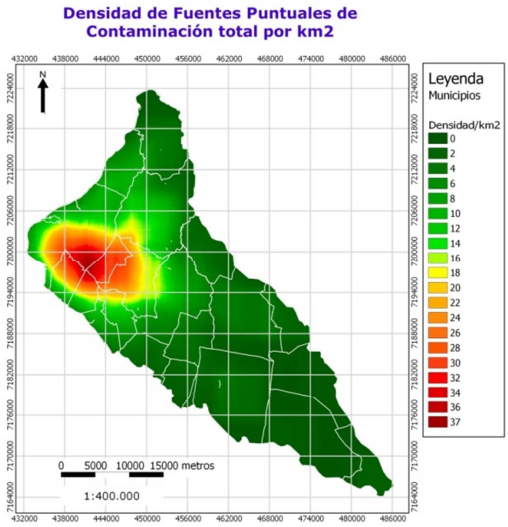


Figura 5. Densidad del total (Tipos 1, 2 y 3) de fuentes puntuales de contaminación en todo el área del acuífero Patiño por $km^2$

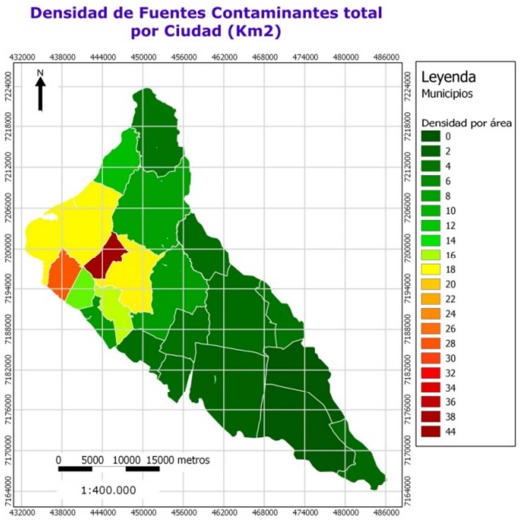


Figura 6. Densidad del total (Tipos 1, 2 y 3) de fuentes puntuales de contaminación por ciudad.

Tabla 2. Cantidad y densidad de fuentes contaminantes por ciudad de Tipos 1, 2 y 3. Ordenado por la mayor densidad total.

| Ciudades | Cantidad Tipo 3 | Densidad Tipo 3 $km^2$ | Cantidad Tipo 2 | Densidad Tipo 2 $km^2$ | Cantidad Tipo 1 | Densidad Tipo1 $km^2$ | Total de Fuentes | Densidad total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fdo. de la Mora | 709 | 34 | 88 | 4 | 126 | 6 | 923 | 44 |
| Lambaré | 484 | 20 | 70 | 3 | 113 | 5 | 667 | 28 |
| San Lorenzo | 788 | 14 | 77 | 1 | 180 | 3 | 1045 | 18 |
| Asunción | 1854 | 16 | 23 | 0 | 192 | 2 | 2069 | 18 |
| Ñemby | 316 | 13 | 36 | 1 | 64 | 3 | 416 | 17 |
| Villa Elisa | 203 | 11 | 26 | 2 | 42 | 2 | 271 | 15 |
| Mariano R. A. | 311 | 8 | 24 | 1 | 67 | 2 | 402 | 11 |
| Luque | 629 | 6 | 71 | 1 | 169 | 2 | 869 | 8 |
| Capiatá | 439 | 5 | 47 | 1 | 135 | 2 | 621 | 8 |
| San Antonio | 99 | 5 | 14 | 1 | 30 | 2 | 143 | 7 |
| Limpio | 190 | 3 | 22 | 0 | 58 | 1 | 270 | 4 |
| Ypacaraí | 68 | 2 | 13 | 0 | 22 | 1 | 103 | 3 |
| J. Augusto S. | 84 | 2 | 15 | 0 | 23 | 1 | 122 | 3 |
| Areguá | 74 | 2 | 16 | 0 | 49 | 1 | 139 | 3 |
| Ypané | 58 | 2 | 7 | 0 | 24 | 1 | 89 | 3 |
| Itauguá | 188 | 2 | 43 | 0 | 44 | 0 | 275 | 3 |
| Paraguarí | 62 | 2 | 7 | 0 | 20 | 1 | 89 | 3 |
| Guarambaré | 40 | 2 | 10 | 0 | 11 | 0 | 61 | 3 |
| Itá | 130 | 1 | 32 | 0 | 67 | 1 | 229 | 2 |
| Yaguarón | 42 | 0 | 8 | 0 | 14 | 0 | 64 | 1 |
| Pirayú | 23 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 | 36 | 1 |

El siguiente cálculo realizado fue la distancia promedio de las fuentes de contaminación a las vías principales, para ello se tuvieron en cuenta las fuentes o puntos según el tipo establecido por la metodología [2] y las vías principales de la Figura 11.a. En la Tabla 3 se presenta el resumen de los Promedios por cada Calificación del método POSH.

Tabla 3. Promedios por cada calificación del método POSH

| Tipo | Distancia promedio (metros) |
|---|---|
| POSH 3 “Elevado” | 659 |
| POSH 2 “Moderado” | 586 |
| POSH 1 “Reducido” | 455 |

A continuación se utilizaron los mapas de riesgos realizados por el estudio previo [1] y se realizó la superposición de los resultados del inventario de cargas contaminantes al subsuelo y los mapas de riesgos (Figuras 7-9). Si las actividades que tienen potencial para generar una carga contaminante elevada al subsuelo ocurren en un área de alto riesgo de contaminación del acuífero, existe un serio peligro de causar contaminación significativa tanto al subsuelo y a las fuentes de abastecimiento de agua, en caso de que existiera una en la zona [2].

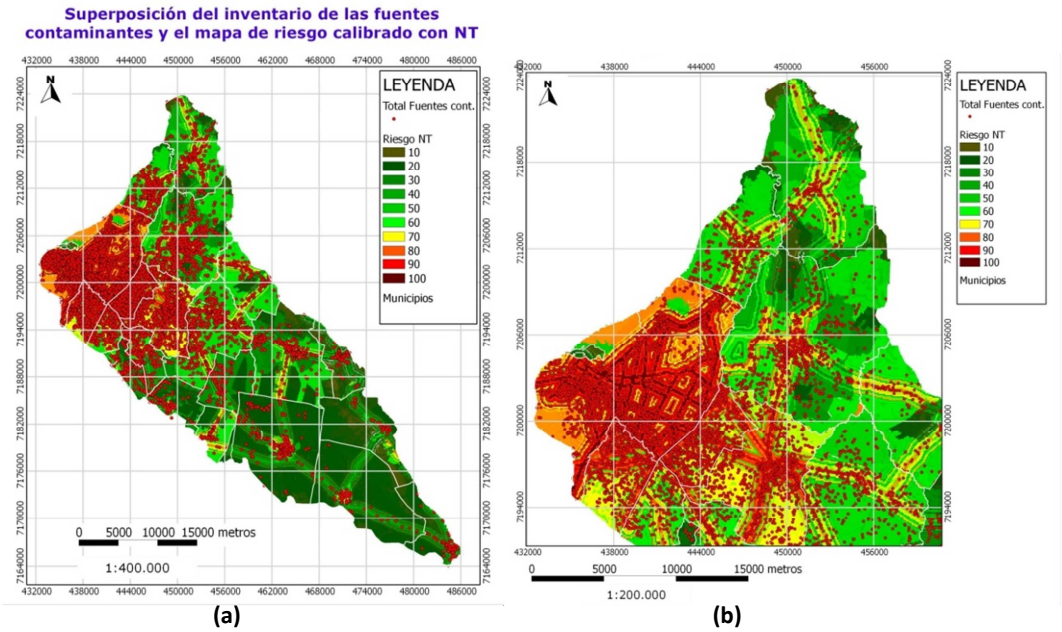


Figura 7. Superposición del inventario de las fuentes contaminantes y el mapa de riesgo calibrado con $N_T$ (a) Escala 400.000 (b) Escala 200.000

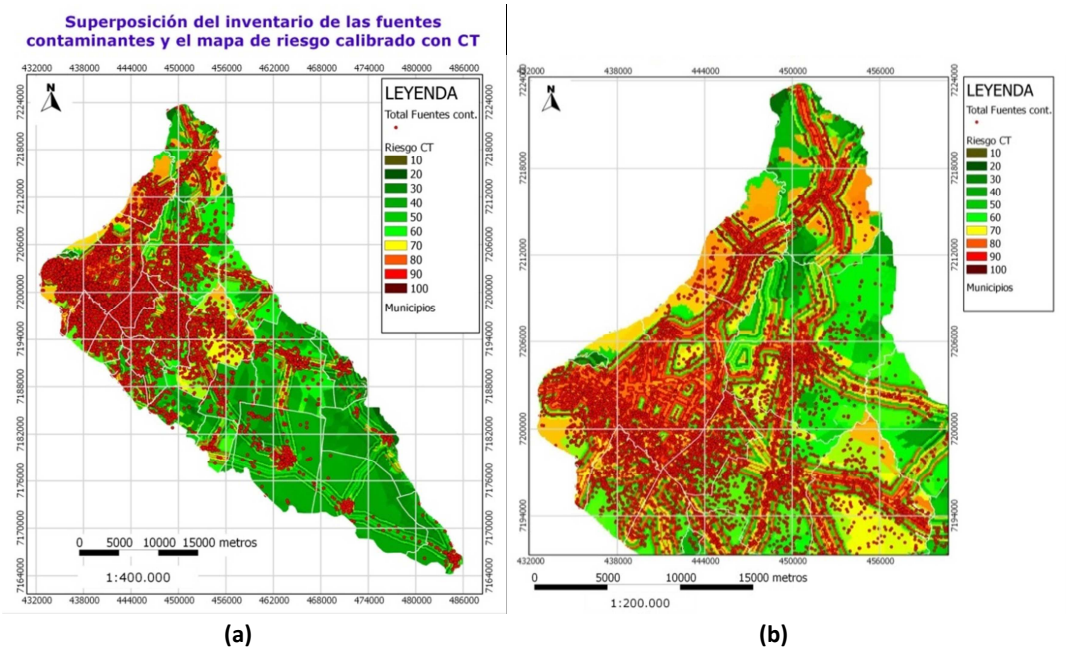


Figura 8. Superposición del inventario de las fuentes contaminantes y el mapa de riesgo calibrado con $C_T$ (a) Escala 400.000 (b) Escala 200.000

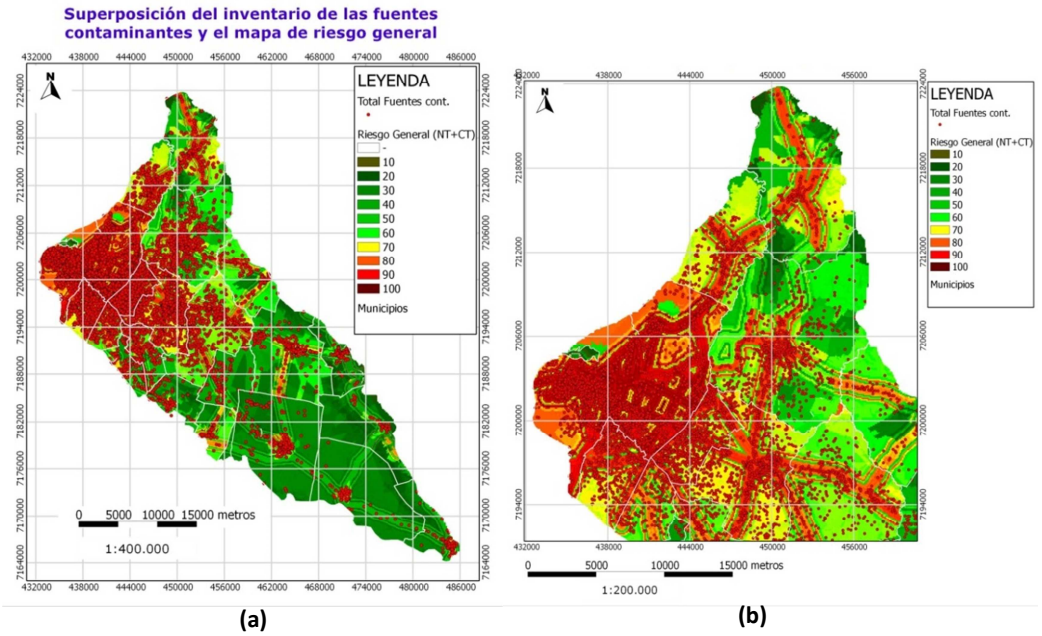


Figura 9. Superposición del inventario de las fuentes contaminantes y el mapa de Riesgo General ($N_T$+$C_T$) (a) Escala 400.000 (b) Escala 200.000

## Referencias


1. Báez, L., C. Villalba, and J.P. Nogues. *Mapeo de la Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea del Gran Asunción*. 2014; 55]. Available from: http://www.estudiopatino.pol.una.py/descargas/Informe%20Final%20Politecnica%20INV20.pdf.
2. Foster S., et al., *Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*, W.-P.-C.U.-R.-P. GWM WB-Global Water Partnership, Editor. 2003. p. 115pp.
3. Figueroa García, A., *Evaluación del peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas en la Provincia de Talagante*, in *Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Geografía*. 2010, Universidad de Chile: Santiago, Chile. p. 161.