



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES



Determinación de perímetros de protección para las captaciones de agua subterránea de los sistemas acuíferos del Distrito Metropolitano de Quito como herramienta de gestión del recurso hídrico

Felipe Castillo Realpe

2017

EL AGUA

- Recurso más importante – Desarrollo actividades sociales y económicas
- Aguas subterráneas principal fuente de agua potable para el futuro



Fuente: Burbano, Becerra y Pasquel (2015)

IMPORTANCIA

- Ecuador – agua subterránea dulce disponible para poblaciones y cultivos
- DMQ – principal fuente del recurso hídrico aguas superficiales
- Tan solo el 5% procede de acuíferos (Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, 2008)
- Diferentes escenarios a futuro – preservación



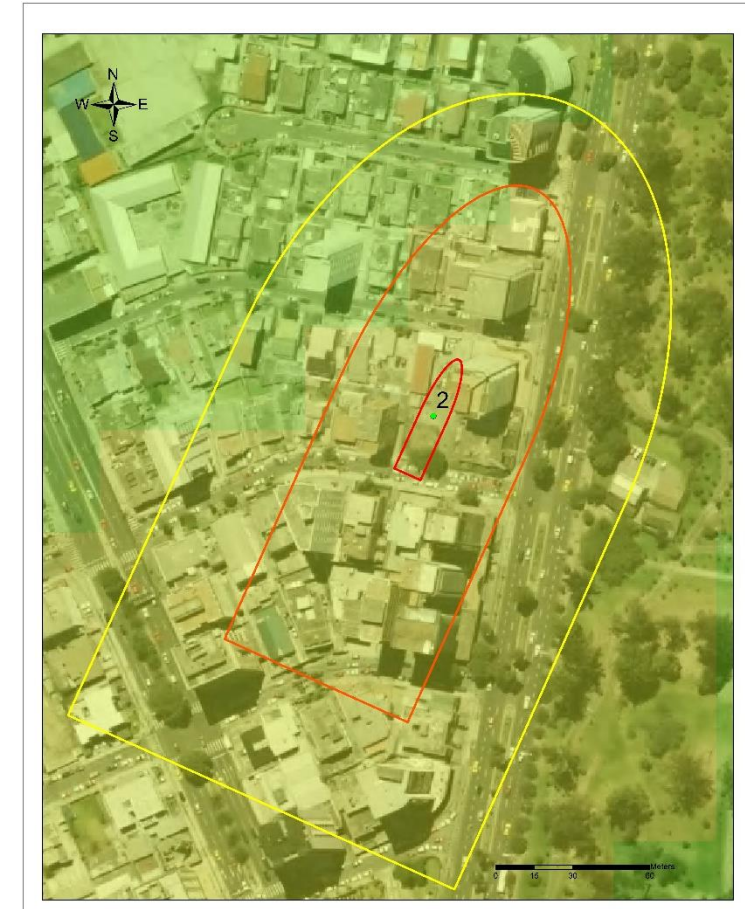
Fuente:<http://ecologiaverde.com/contaminacion-del-agua/>

JUSTIFICACIÓN

- Aguas subterráneas mayor grado de protección – proceso difícilmente reversible y costoso
- Falta de conocimiento – ubicación actividades industriales en zonas sensibles
- Elaboración de planes de gestión del recurso – evaluación de vulnerabilidad y diseño de medidas de protección
- Autoridades establecer lineamientos de planificación territorial – prohibición actividades

PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

- Área en torno a una captación en la cual, de forma graduada, se restringen o prohíben las actividades o instalaciones susceptibles de contaminar las aguas subterráneas o que afecten al caudal realmente aprovechado para el abastecimiento a la población (Martínez & García, 2003).



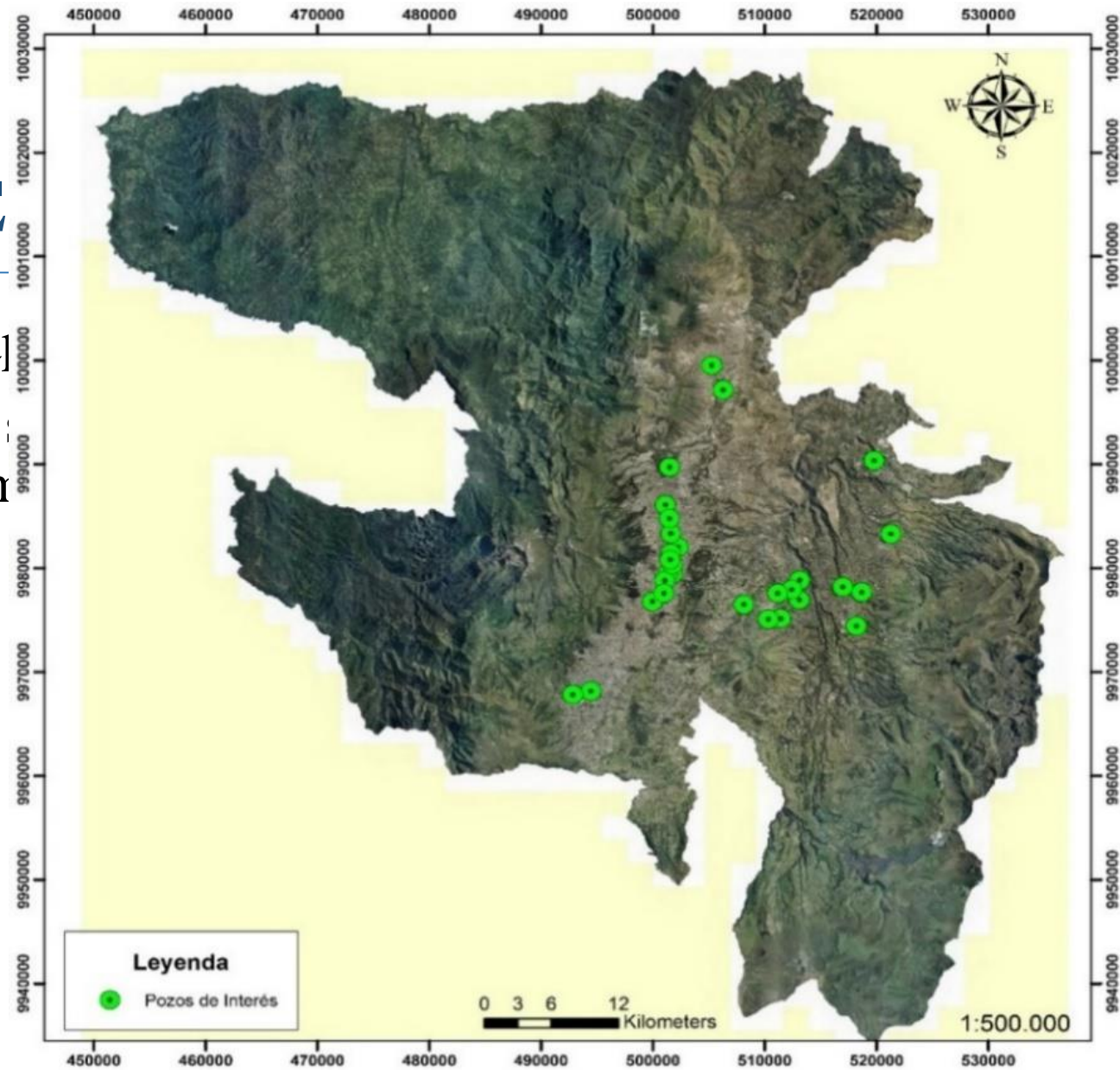
Fuente: Castillo (2017)

OBJETIVOS

- Diseñar los perímetros de protección de los pozos de captación de agua subterránea de los sistemas acuíferos del DMQ para una correcta planificación del recurso hídrico.
- Determinar el estado de los pozos de captación de agua subterránea
- Evaluar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas para determinar las zonas con mayor grado de vulnerabilidad.
- Proponer medidas de control en relación al manejo de los pozos de captación de agua subterránea.

ÁREA DE

- 30 pozos de caj
- Ubicados en 5 :
Pichincha, Cun



n Antonio de

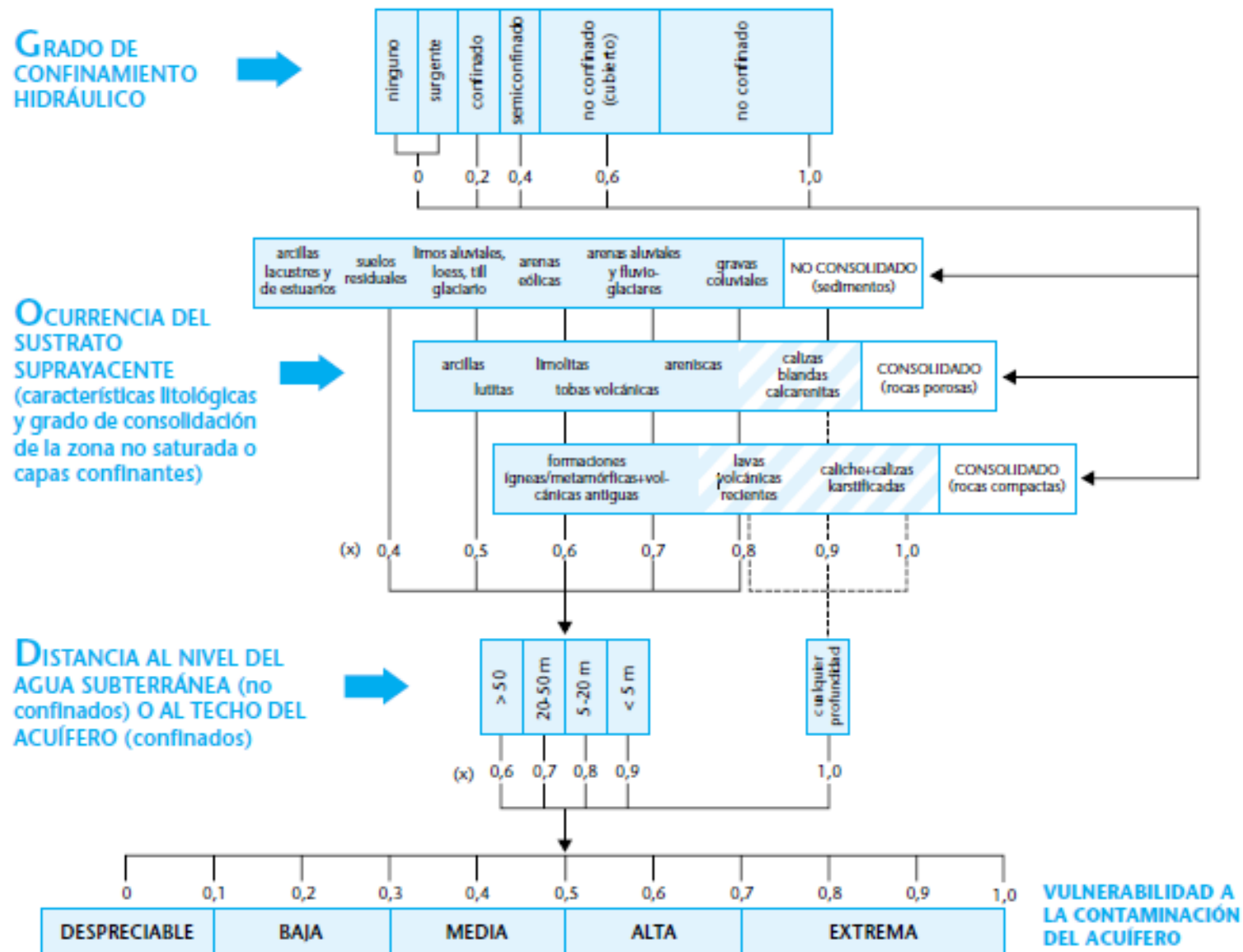
Fuente: Castillo (2017)

GOD (Groundwater occurrence, Overlying lithology, Depth)

Permite evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en función de tres parámetros:

- **Grado de Confinamiento Hidráulico** (acuífero libre, confinado, semiconfinado)
- **Ocurrencia del Sustrato Suprayacente** (consolidación de partículas y litología)
- **Distancia al nivel de agua** (profundidad).

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = G * O * D$$



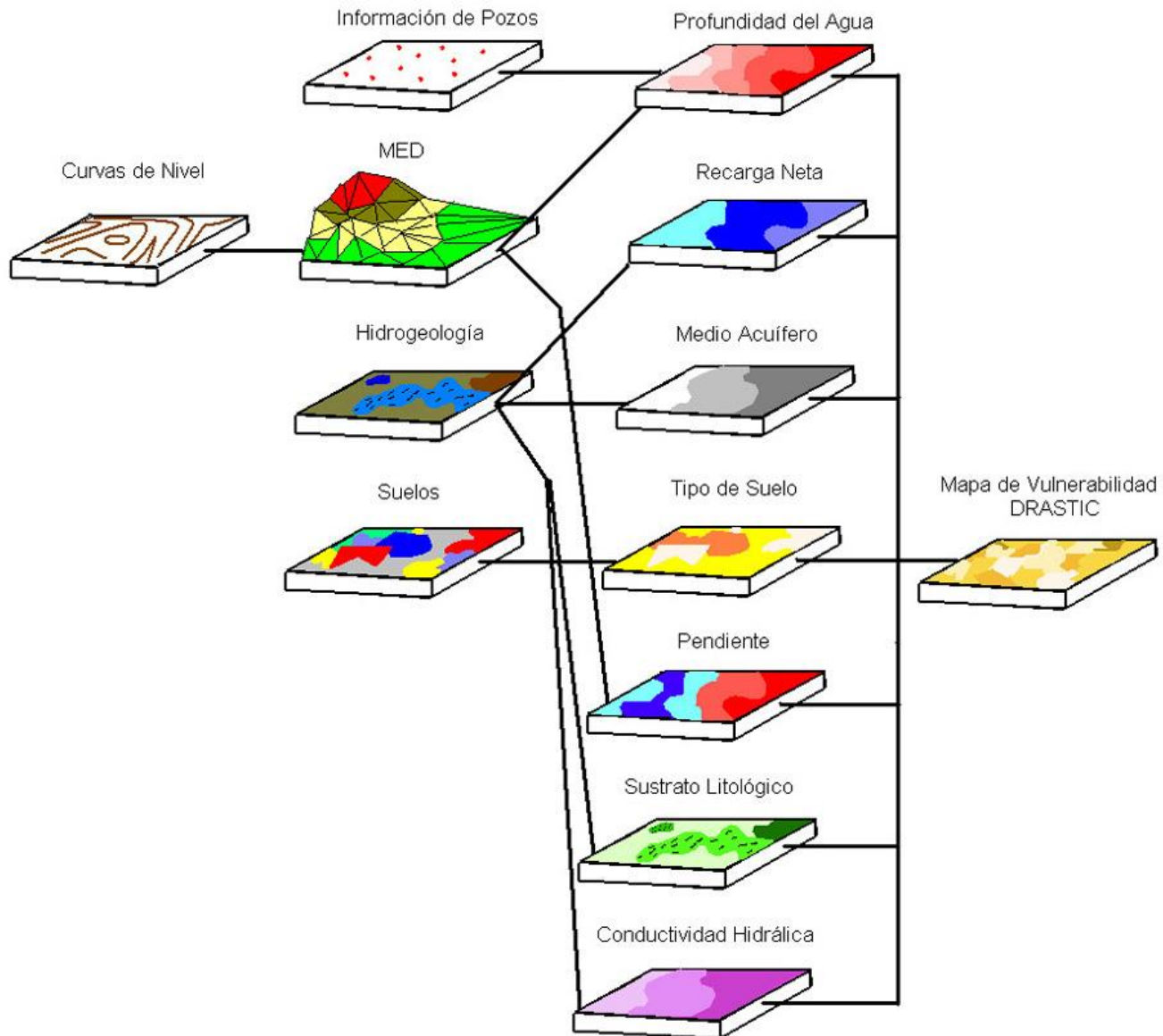
Fuente: Foster et al. (2007)

DRASTIC

- **D** (depth to water): nivel piezométrico
- **R** (recharge): recarga neta
- **A** (aquifer media): litología del acuífero
- **S** (soil media): naturaleza de la superficie del terreno
- **T** (topography): pendiente del terreno
- **I** (impact of vadose zone): tipo de material geológico de la zona no saturada
- **C** (hydraulic conductivity): conductividad hidráulica del acuífero

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = 5\mathbf{D} + 4\mathbf{R} + 3\mathbf{A} + 2\mathbf{S} + 1\mathbf{T} + 5\mathbf{I} + 3\mathbf{C}$$

METODOLOGÍA

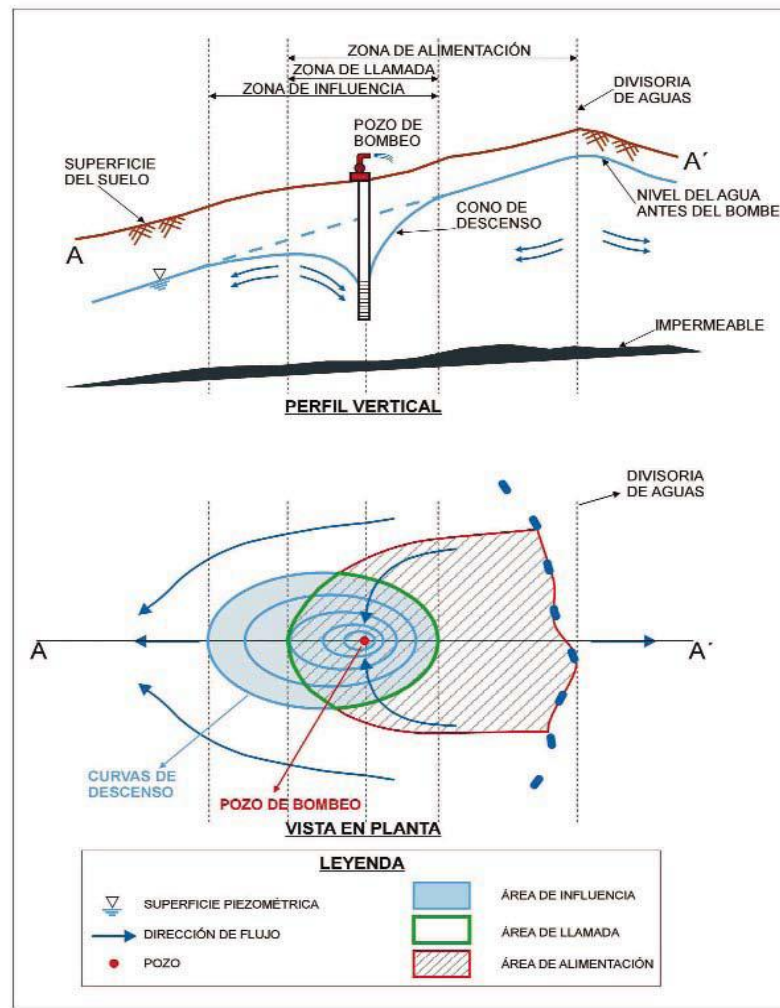


VULNERABILIDAD GENERAL	
Grado vulnerabilidad	Valor DRASTIC
Muy bajo	23-64
Bajo	65-105
Moderado	106-146
Alto	147-187
Muy alto	188-230

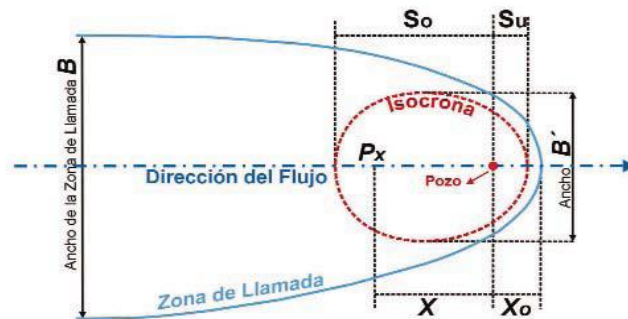
Fuente: <http://www.aguaysig.com>

WYSSLING

- Consiste en el cálculo posterior del tiempo (
- Se necesita de un ensa hidráulico (i), caudal espesor del acuífero (



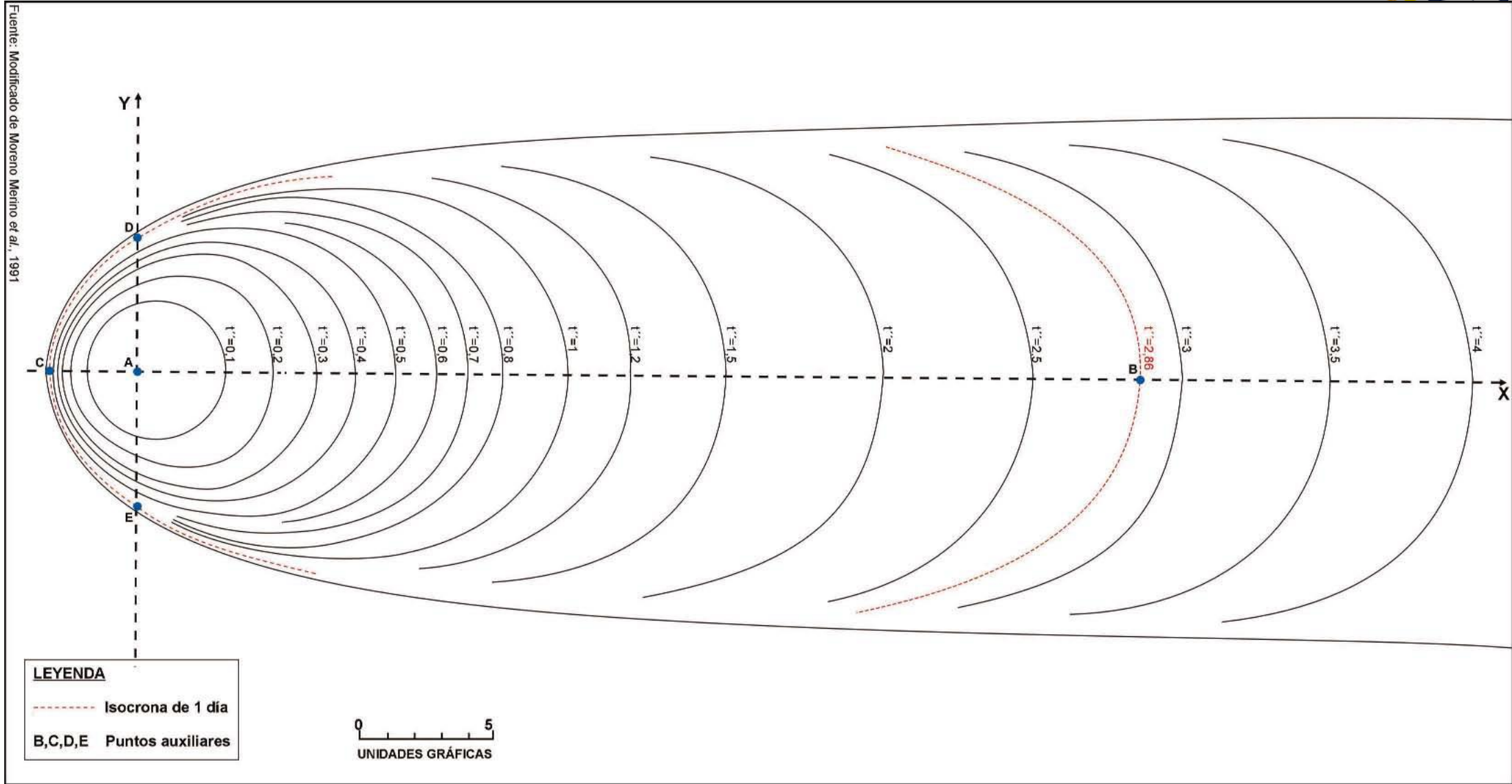
ESQUEMA DE UN BOMBEO EN MEDIO POROSO



Fuente: Martínez & García (2003)

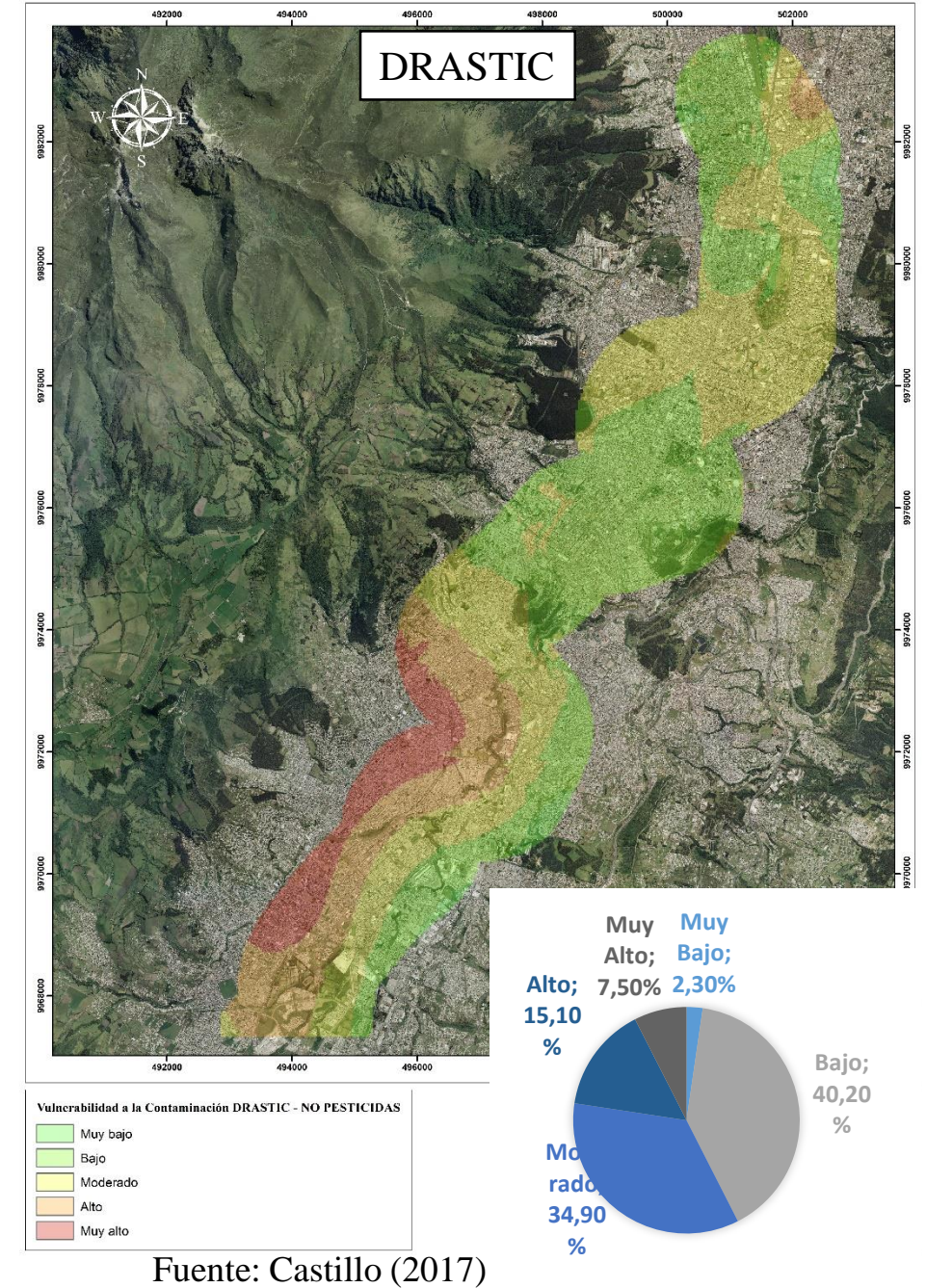
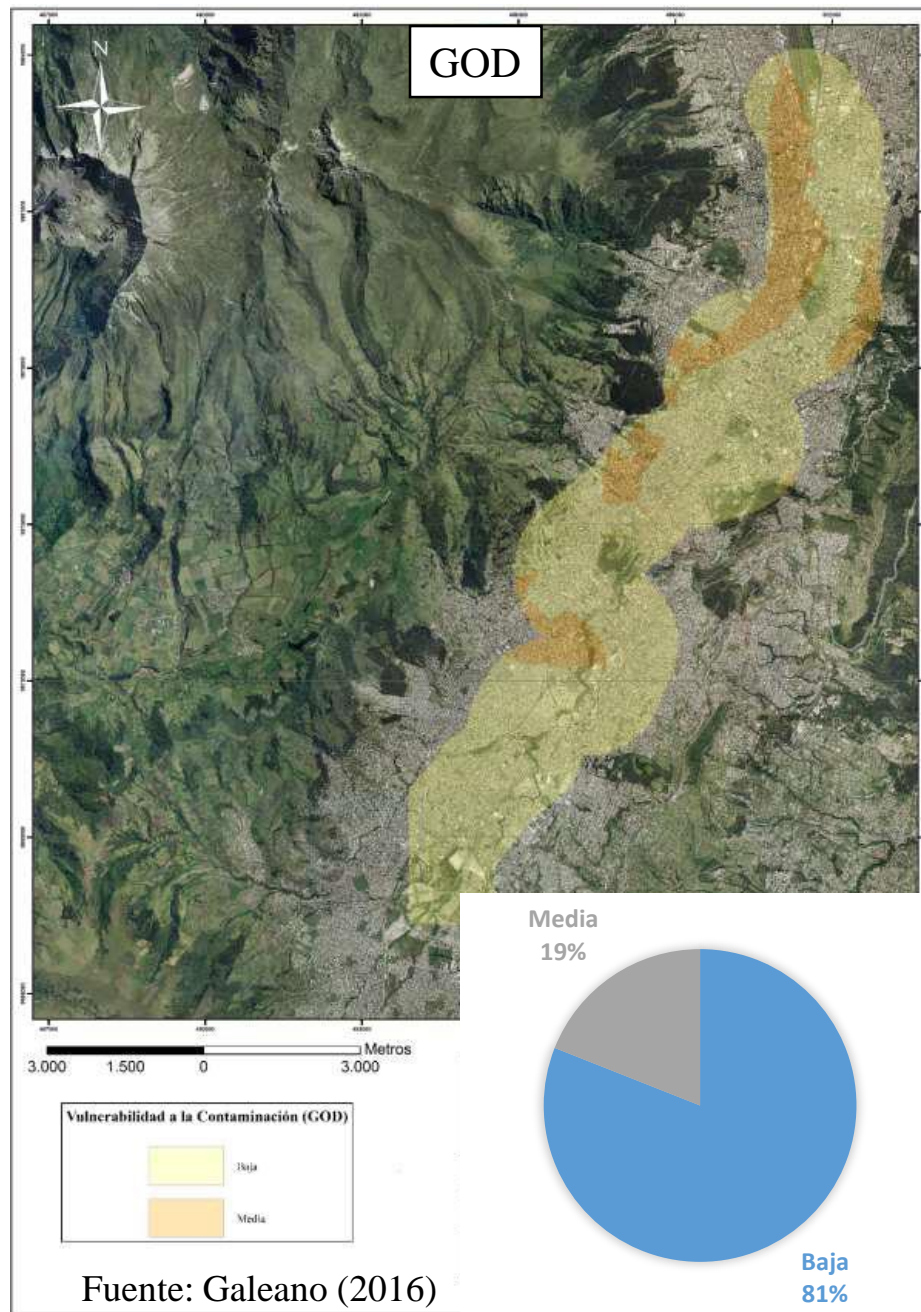
captación y la búsqueda (Martínez & García, 2003).

Para esto se necesita conocer el gradiente hidráulico (i), la permeabilidad (k), la porosidad eficaz (me) y el espesor del acuífero (e).



Fuente: Martínez & García (2003)

RESULTADOS



- Las variables utilizadas para el cálculo de los perímetros de protección fueron generadas por la EPMAPS mediante pruebas de bombeo

Caudal (Q)	Transmisividad (T)	Espesor saturado (b)	Gradiente Hidráulico (i)	Porosidad eficaz (me)	Permeabilidad (K)
m ³ /día	m ² /día	m	adimensional	adimensional	m/día

- Las distancias obtenidas son similares entre ambas metodologías, mostrando las distintas zonas para cada uno de los tiempos de tránsito escogidos.

JACOBS & BEAR



WYSSLING



Vulnerabilidad a la Contaminación

- Muy bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

Perímetro Protección Pozo 1A

Tiempo

- 10 años
- 100 días
- 5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo 1A Jacobs & Bear
 Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
 Fecha: Junio 2017 Mapa N° 1
 Escala Información: 1:1500 Fuente: EPMAPS
 Sistema de Referencia: TMQUITO WGS84



Vulnerabilidad a la Contaminación

- Muy bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

Perímetros de Protección Pozo 1A

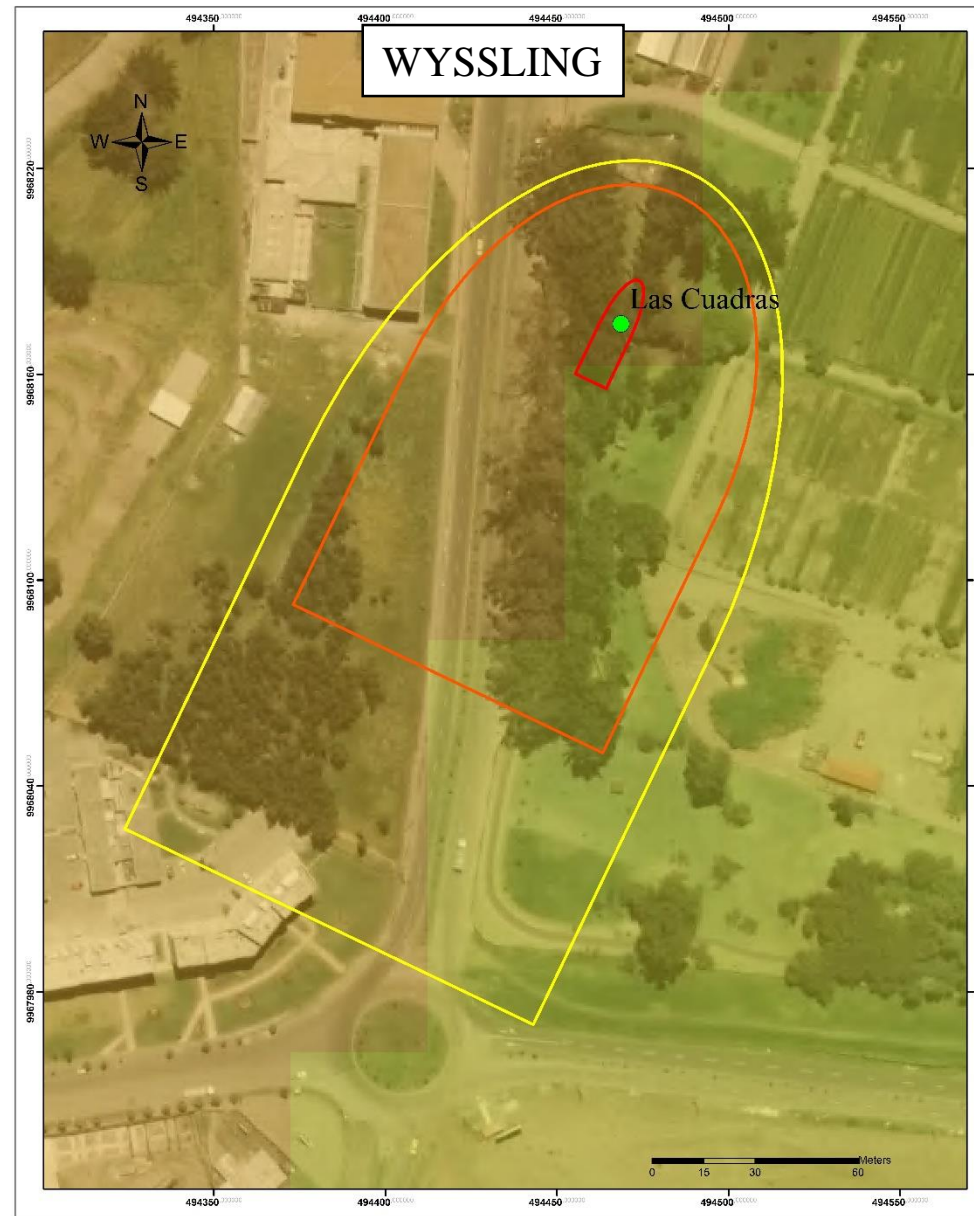
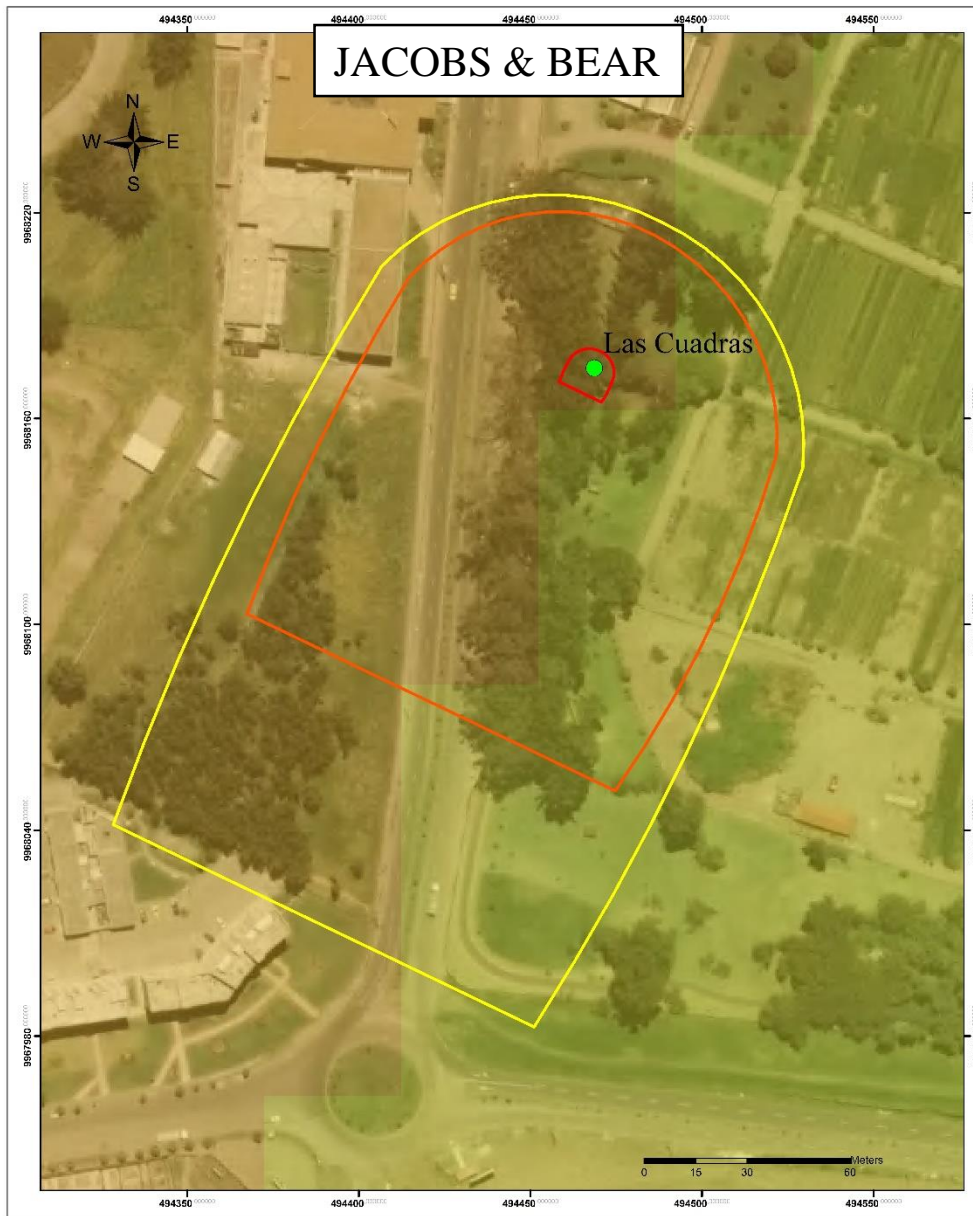
Tiempo

- 10 años
- 100 días
- 5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo 1A Wyssling
 Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
 Fecha: Junio 2017 Mapa N° 2
 Escala: 1:1000 Fuente: EPMAPS
 Sistema de Referencia: TMQUITO WGS84





Vulnerabilidad a la Contaminación

	Muy bajo
	Bajo
	Moderado
	Alto
	Muy alto

Perímetros de Protección Pozo Las Cuadras

Tiempo

	10 años
	100 días
	5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUEDUCOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo Las Cuadras Jacobs & Bear
Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
Fecha: Junio 2017 **Mapa N°:** 27
Escala: 1:1000 **Fuente:** EPMAPS AGUA DE QUITO
Sistema de Referencia: TMIQUITO WGS84

Vulnerabilidad a la Contaminación

	Muy bajo
	Bajo
	Moderado
	Alto
	Muy alto

Perímetros de Protección Pozo Las Cuadras

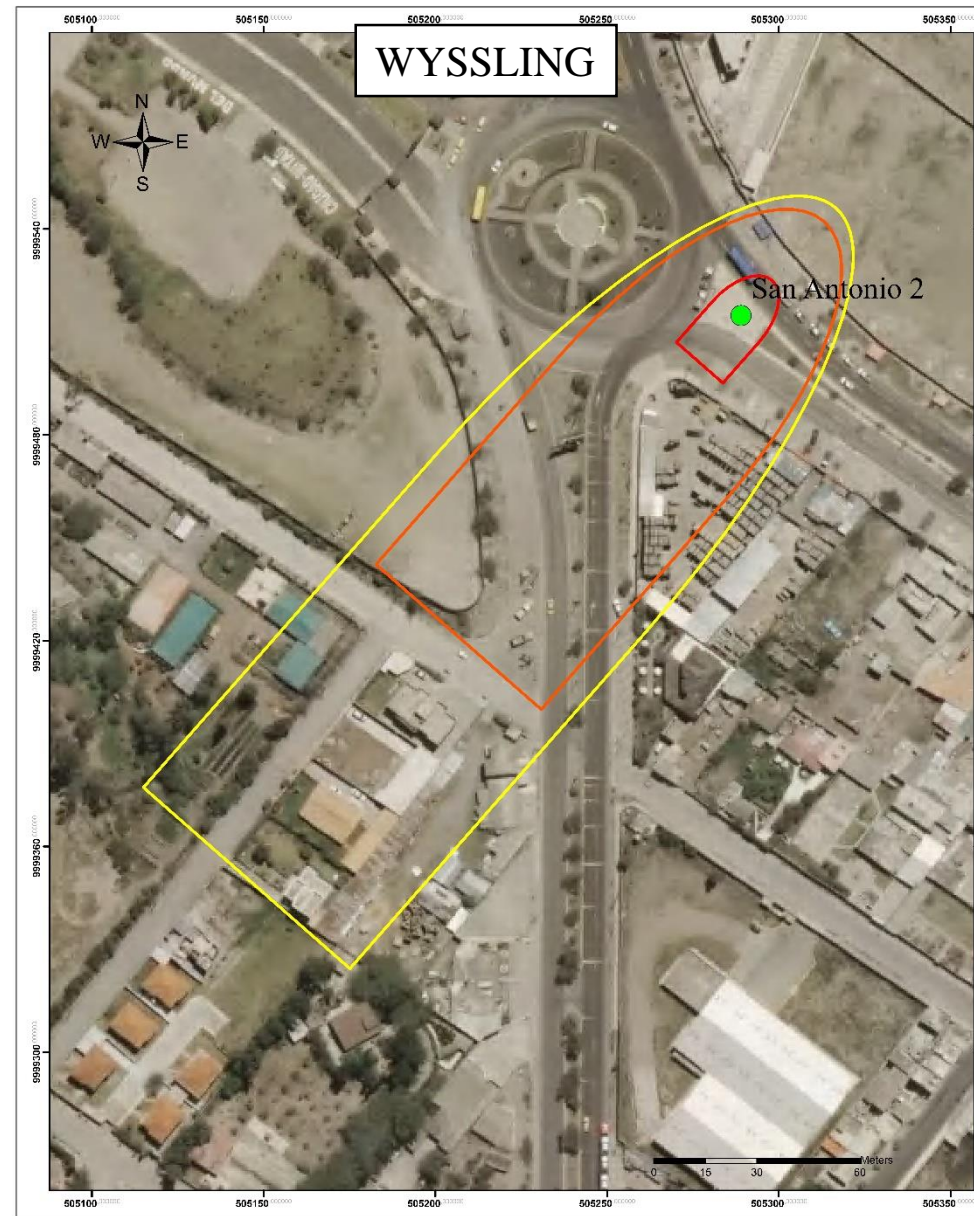
Tiempo

	10 años
	100 días
	5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUEDUCOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo Las Cuadras Wyssling
Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
Fecha: Junio 2017 **Mapa N°:** 28
Escala: 1:1000 **Fuente:** EPMAPS AGUA DE QUITO
Sistema de Referencia: TMIQUITO WGS84



Perímetros de Protección Pozo San Antonio 2

Tiempo

- 10 años
- 100 días
- 5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo San Antonio 2 Jacobs & Bear
 Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
 Fecha: Junio 2017 Mapa N° 33
 Escala: 1:1000 Fuente: EPMAPS AGUA DE QUITO
 Sistema de Referencia: TMQQUITO WGS84



Perímetros de Protección Pozo San Antonio 2

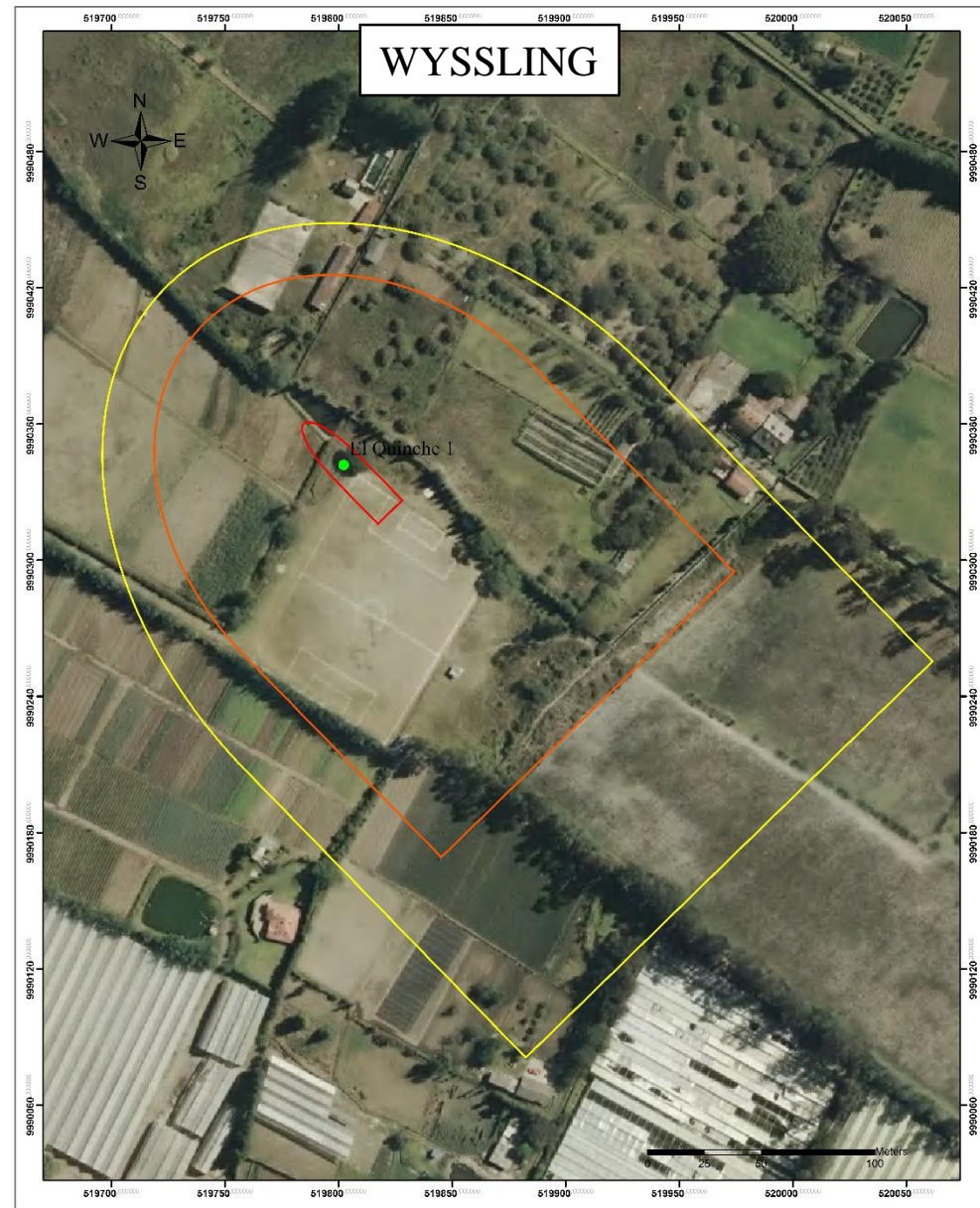
Tiempo

- 10 años
- 100 días
- 5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo San Antonio 2 Wyssling
 Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
 Fecha: Junio 2017 Mapa N° 34
 Escala: 1:1000 Fuente: EPMAPS AGUA DE QUITO
 Sistema de Referencia: TMQQUITO WGS84





Vulnerabilidad a la Contaminación

 Muy bajo
 Bajo
 Moderado
 Alto
 Muy alto

Perímetros de Protección Pozo El Quinche

Tiempo

 10 años
 100 días
 5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo El Quinche
 Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
 Fecha: Junio 2017 Mapa N° 35
 Escala: 1:1000 Fuente:
 Sistema de Referencia: TMQUITO WGS84

EPMAPS AGUA DE QUITO

Vulnerabilidad a la Contaminación

 Muy bajo
 Bajo
 Moderado
 Alto
 Muy alto

Perímetros de Protección Pozo El Quinche

Tiempo

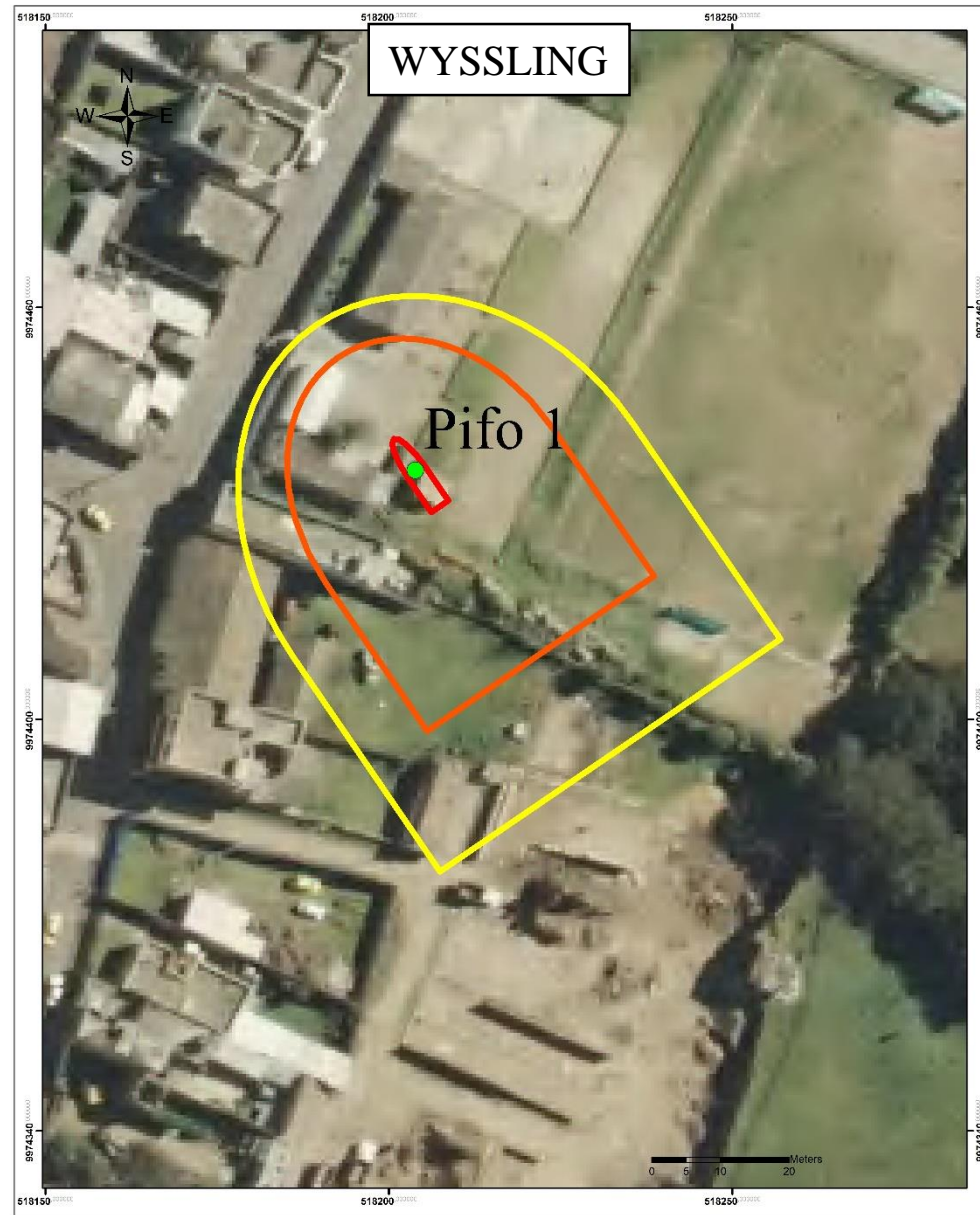
 10 años
 100 días
 5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES

Nombre del Mapa: Perímetro de Protección Pozo El Quinche Wyssling
 Autor: Felipe Sebastián Castillo Realpe
 Fecha: Junio 2017 Mapa N° 36
 Escala: 1:1000 Fuente:
 Sistema de Referencia: TMQUITO WGS84

EPMAPS AGUA DE QUITO



Vulnerabilidad a la Contaminación

■	Muy bajo
■	Bajo
■	Moderado
■	Alto
■	Muy alto

Perímetros de Protección Pozo Pifo

Tiempo

—	10 años
—	100 días
—	5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES

Nombre del Mapa:	Perímetro de Protección Pozo Pifo Jacobs & Bear
Autor:	Felipe Sebastián Castillo Realpe
Fecha:	Junio 2017
Escala:	1:500
Sistema de Referencia:	11MQUITO WCS84
Mapa N°:	42
Fuente:	EPMAPS AGUA DE QUITO

Vulnerabilidad a la Contaminación

■	Muy bajo
■	Bajo
■	Moderado
■	Alto
■	Muy alto

Perímetros de Protección Pozo Pifo

Tiempo

—	10 años
—	100 días
—	5 años

DETERMINACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN PARA LAS CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES

Nombre del Mapa:	Perímetro de Protección Pozo Pifo Wyssling
Autor:	Felipe Sebastián Castillo Realpe
Fecha:	Junio 2017
Escala:	1:500
Sistema de Referencia:	11MQUITO WCS84
Mapa N°:	43
Fuente:	EPMAPS AGUA DE QUITO



CONCLUSIONES

	GOD	DRASTIC
Variable de mayor incidencia	Consolidación de partículas y litología	Recarga, litología del acuífero y tipo de suelo
Sectores de mayor vulnerabilidad	Extremo sur parque Bicentenario, barrios como el Tejar y sector de la Magdalena	Sector de San José del Inca, la Magdalena, la Santiago, el Pintado, Solanda y las Cuadras
Zonas de mayor vulnerabilidad	Zonas donde se encuentran depósitos coluviales - vulnerabilidad media	Zonas con tipo de suelo arenoso, arena como litología y areniscas como composición de la zona no saturada – vulnerabilidad media a alta

GOD – factor tipo de acuífero

DRASTIC – mayor discretización

Aspectos relacionados con los procesos del acuífero → índice más apropiado para medios urbanos

DRASTIC

CONCLUSIONES

- Wysslyng metodología analítica y Jacobs & Bear metodología gráfica – se obtuvieron perímetros de protección muy similares entre ambos métodos
- Las visitas técnicas a las captaciones de agua subterránea sirvieron como antecedente para demostrar que no se cumple con todas las características necesarias de acuerdo a sus perímetros calculados.
- Es importante la identificación de pérdidas en el servicio de alcantarillado, también el correcto mantenimiento de las vías y una adecuada impermeabilización de las zonas cercanas a las captaciones.

CONCLUSIONES

- Los lineamientos de uso de suelo servirán para limitar la probabilidad a la contaminación de las captaciones
- Sector urbano consolidado – limita la funcionalidad de las zonas de protección
- Herramienta de gestión del recurso hídrico, con lo cual la EPMAPS podrá realizar mayor control en las zonas de mayor sensibilidad.
- Herramienta de gestión y ordenamiento territorial – políticas de ordenamiento
- Se deberá mantener un seguimiento permanente de las variables hidrogeológicas de los sistemas acuíferos del DMQ, para conocer mejor el comportamiento y evolución de las mismas a través del tiempo.

