

Proyecto AQUAMAC



P2. EVALUACIÓN DE DISPONIBILIDADES HÍDRICAS Y RIESGOS DE CONTAMINACIÓN. PROPUESTAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE MUNICIPIOS DEL NORTE DE TENERIFE

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Propuestas de Metodología de Trabajo:

A. Monitorización y Control: Toma de muestras y Análisis

Pasado, Presente y Futuro a corto plazo

B. Métodos Predictivos: Uso de Modelos Matemáticos y Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Futuro a medio y largo plazo

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



A. Monitorización y Control

Objetivos:

- Evaluación del estado de salud de las aguas subterráneas en un área geográfica determinada, a través de un programa de toma de muestras y posteriores determinaciones analíticas.
- Identificación de las posibles fuentes de contaminación de las aguas, en el caso de que se identifique en los resultados analíticos.

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control

Metodología:

1. Localización y delimitación del área geográfica objeto de estudio
2. Identificación de puntos de explotación del agua subterránea, conducciones, depósitos y núcleos de población abastecidos
3. Identificación de posibles fuentes de contaminación
4. Selección de parámetros analíticos necesarios
5. Selección e identificación de puntos de muestreo
6. Toma de muestras
7. Determinaciones Analíticas
8. Interpretación de Resultados y Discusión
9. Integración de resultados en un SIG

Proyecto AQUAMAC

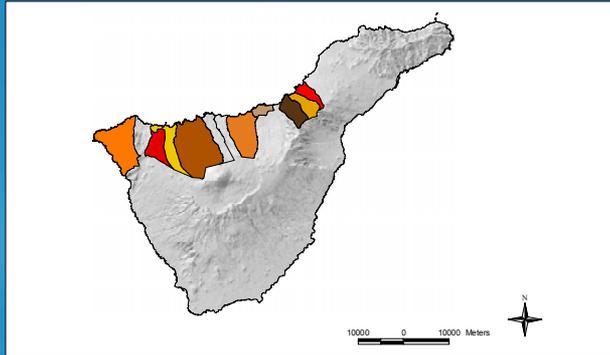


Monitorización y Control

Metodología:

1. Localización y delimitación del área geográfica objeto de estudio

Municipios de la Mancomunidad del Norte de Tenerife



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control

Metodología:

2. Identificación de puntos de explotación del agua subterránea, conducciones, depósitos y núcleos de población abastecidos

Fuentes de Información: Municipios, Cabildo Insular:

Plan Hidrológico de la Isla de Tenerife

CD-Map Tenerife (Cabildo de Tenerife)

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

3. Identificación de posibles fuentes de contaminación

- **Origen Natural**
- **Áreas agrícolas**
- **Ubicación de industrias: Gasolineras**
- **Red de saneamiento**
- **Red de abastecimiento**

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

3. Identificación de posibles fuentes de contaminación. Problemas potenciales de contaminación: Parámetros a determinar

- **Origen natural: Flúor, Hierro**
- **Áreas agrícolas. Residuos de fertilizantes y plaguicidas: Nitratos, Fumigantes de suelos**
- **Ubicación de industrias: Gasolineras. Residuos de compuestos orgánicos volátiles: MTBE, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos**
- **Red de saneamiento. Pozos negros, aguas residuales: Fosfatos, Amonio**
- **Red de abastecimiento. Tratamiento de aguas: THM (trihalometanos)**

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

3. Identificación de posibles fuentes de contaminación. Problemas potenciales de contaminación: Parámetros a determinar
 - Origen natural: Flúor, Hierro
 - **Áreas agrícolas.** Residuos de fertilizantes y plaguicidas: **Nitratos, Fumigantes de suelos¹**
 - Ubicación de industrias: Gasolineras. Residuos de compuestos orgánicos volátiles: MTBE, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos
 - Red de saneamiento. Pozos negros, aguas residuales: Fosfatos, Amonio
 - **Red de abastecimiento. Tratamiento de aguas: THM (trihalometanos)**

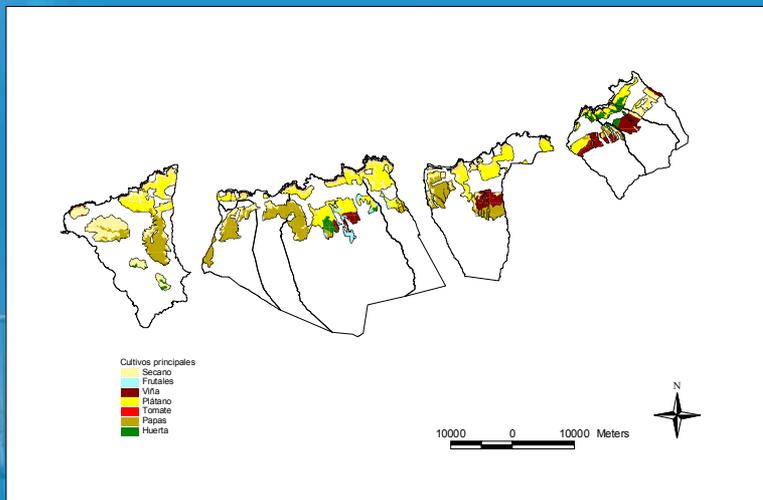
¹ DBCP (dibromocloropropano), EDB (dibromoetano), 1'3 Dicloropropeno

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

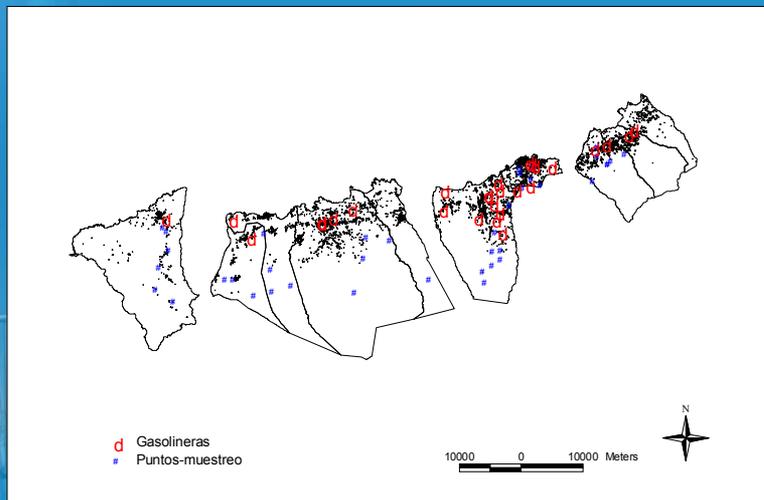
3. Identificación de posibles fuentes de contaminación. Problemas potenciales de contaminación: Parámetros a determinar
 - Origen natural: Flúor, Hierro
 - Áreas agrícolas. Residuos de fertilizantes y plaguicidas: Nitratos, Fumigantes de suelos
 - **Ubicación de industrias: Gasolineras.** Residuos de compuestos orgánicos volátiles: **MTBE¹, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos**
 - Red de saneamiento. Pozos negros, aguas residuales: Fosfatos, Amonio
 - **Red de abastecimiento. Tratamiento de aguas: THM (trihalometanos)**

¹ Metil-tert-butil-eter

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología



Proyecto AQUAMAC



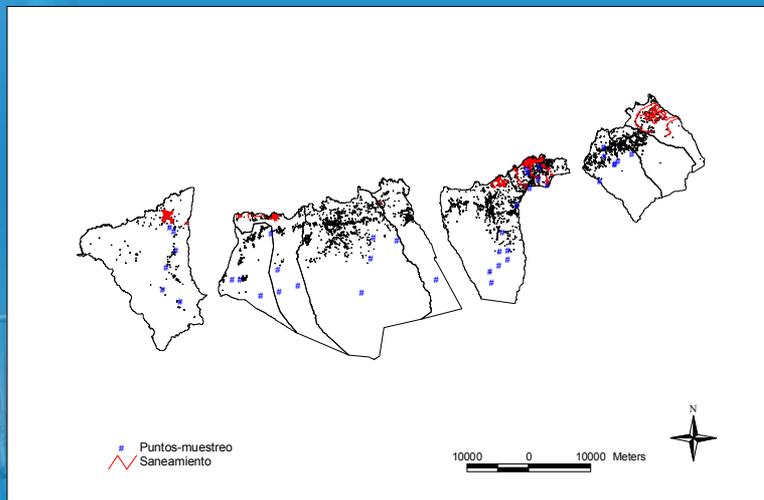
Monitorización y Control: Metodología

3. Identificación de posibles fuentes de contaminación. Problemas potenciales de contaminación: Parámetros a determinar
 - Origen natural: Flúor, Hierro
 - Áreas agrícolas. Residuos de fertilizantes y plaguicidas: Nitratos, Fumigantes de suelos
 - Ubicación de industrias: Gasolineras. Residuos de compuestos orgánicos volátiles: MTBE¹, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos
 - **Red de saneamiento.** Pozos negros, aguas residuales: **Fosfatos, Amonio**
 - **Red de abastecimiento.** Tratamiento de aguas: **THM (trihalometanos)**

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología



Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

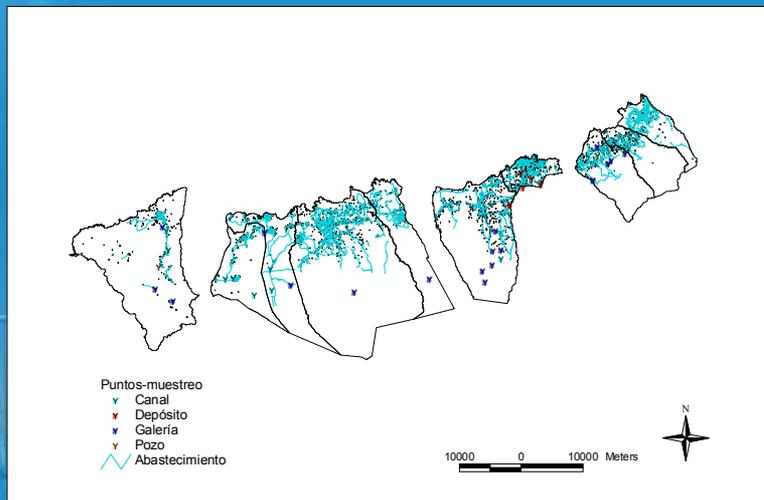
3. Identificación de posibles fuentes de contaminación. Problemas potenciales de contaminación: Parámetros a determinar
 - Origen natural: Flúor, Hierro
 - Áreas agrícolas. Residuos de fertilizantes y plaguicidas: Nitratos, Fumigantes de suelos
 - Ubicación de industrias: Gasolineras. Residuos de compuestos orgánicos volátiles: MTBE¹, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos
 - Red de saneamiento. Pozos negros, aguas residuales: Fosfatos, Amonio
 - **Red de abastecimiento. Tratamiento de aguas: THM (trihalometanos)**

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

4. Selección de parámetros analíticos necesarios:

i. Caracterización del perfil físico-químico básico



- i. *pH, Conductividad (in situ y laboratorio)*
- ii. *Alcalinidad: carbonatos y bicarbonatos*
- iii. *Perfil de Aniones: flúor, cloro, bromo, **nitrato**, nitrito, sulfato y **fosfato***
- iv. *Perfil de Cationes: sodio, potasio, **amonio**, calcio, magnesio y hierro*
- v. *Materia Orgánica: Carbono total, NPOC (carbono orgánico no purgable), nitrógeno total*



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

4. Selección de parámetros analíticos necesarios:

ii. Caracterización de Contaminantes



i. Inorgánicos:

- i. *Cromatografía Iónica: Flúor, Nitrato, Fosfato, Amonio*
- ii. *Absorción Atómica de llama: Hierro*
- iii. *Absorción Atómica / vapor frío: Mercurio*



ii. Orgánicos: Cromatografía de Gases

i. Compuestos aromáticos volátiles

i. Derivados de carburantes: BTEXs

i. Compuestos halogenados

- i. *Trihalometanos*
- ii. *Fumigantes de suelos*
- iii. *Otros compuestos de interés*

Todos los contaminantes orgánicos expresados conjuntamente como suma de compuestos orgánicos volátiles: Σ COV



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

5. Selección e identificación de puntos de muestreo

51 puntos de muestreo (39 geo-referenciados)

15 tipo Canal

4 tipo Pozo

22 tipo Galería

5 tipo Depósito

5 no identificados

126 muestras totales

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología

6. Toma de muestras

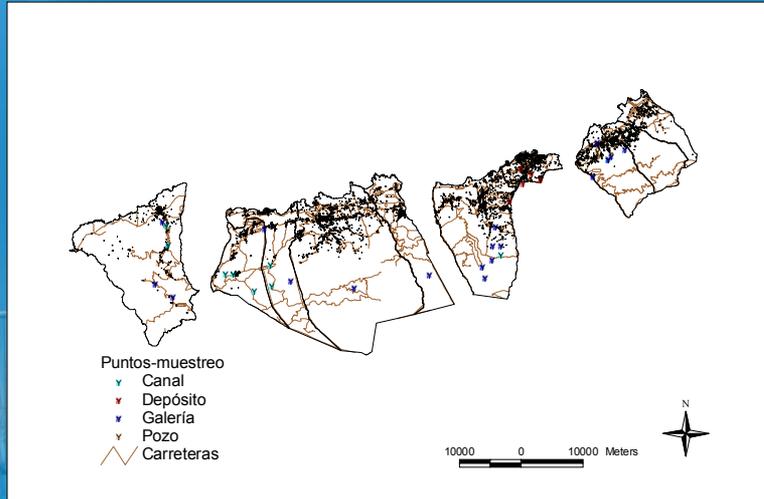
Mancomunidad del Norte de Tenerife → MUESTREOS

Determinaciones "in situ"

Envío de muestras al Laboratorio de Análisis del ITC

Proyecto AQUAMAC

Monitorización y Control: Metodología



Proyecto AQUAMAC

Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés:

Fluoruros

Nitratos

Fosfatos y Amonio

Mercurio

COVs

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés:

Fluoruros

Nitratos

Fosfatos y Amonio

Mercurio

COVs

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés: **Fluoruros**

- a. *Altos niveles de fluoruro en un número considerable de muestras*
- b. *Las dos concentraciones más altas de fluoruro se han encontrado en dos puntos de muestreo situados en el municipio de Icod de los Vinos, con valores superiores a 8 mg/l*
- c. *Se observa una tendencia hacia mayores valores de fluoruro a mayor altitud del punto de muestreo*

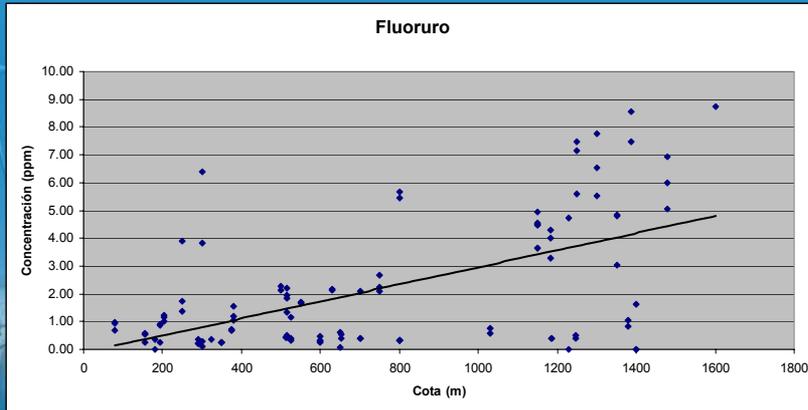
Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

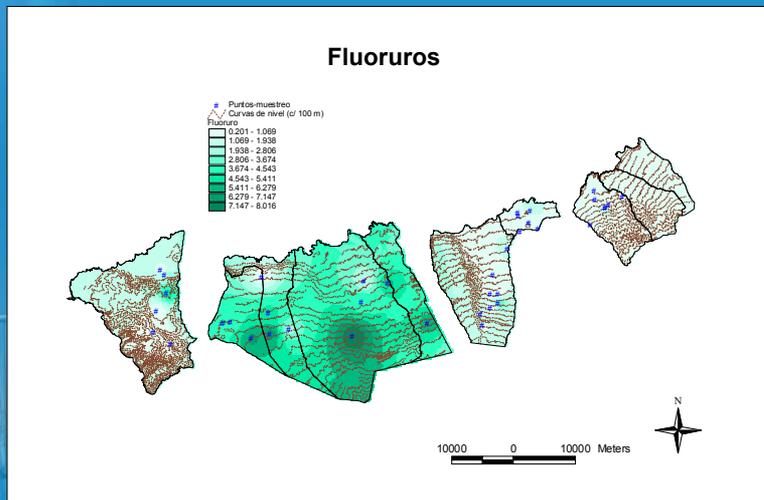
Parámetros de mayor interés: **Fluoruros**



Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Metodología



Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés:

Fluoruros

Nitratos

Fosfatos y Amonio

Mercurio

COVs

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés: *Nitratos*

- a. *Elevados niveles de nitratos en un número considerable de muestras.*
- b. *En 7 muestras se han detectado niveles de nitratos superiores a 30 mg/l. Los mayores valores detectados superan los 80 mg/l en dos puntos de muestreo ubicados en el Puerto de la Cruz.*
- c. *Las mayores concentraciones de nitratos se encuentran en muestras cercanas a la costa, especialmente en el municipio de Puerto de la Cruz.*
- d. *En el mapa obtenido tras aplicar un cálculo de kriging sobre los datos experimentales promedio para cada punto de muestreo, se observa la influencia del Valle de la Orotava en los altos niveles de nitratos detectados en la zona.*

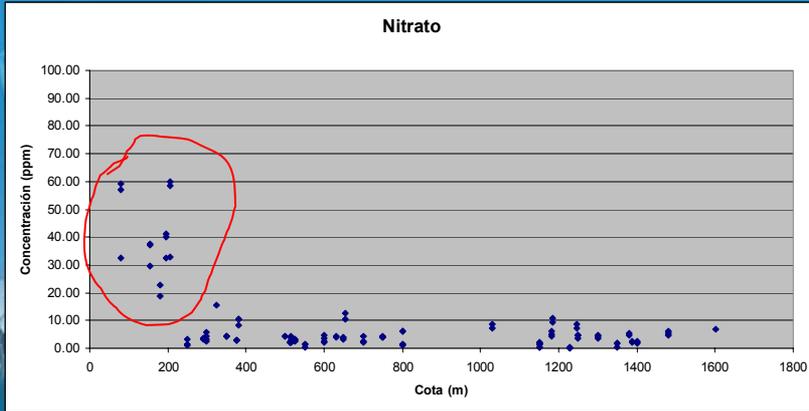
Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

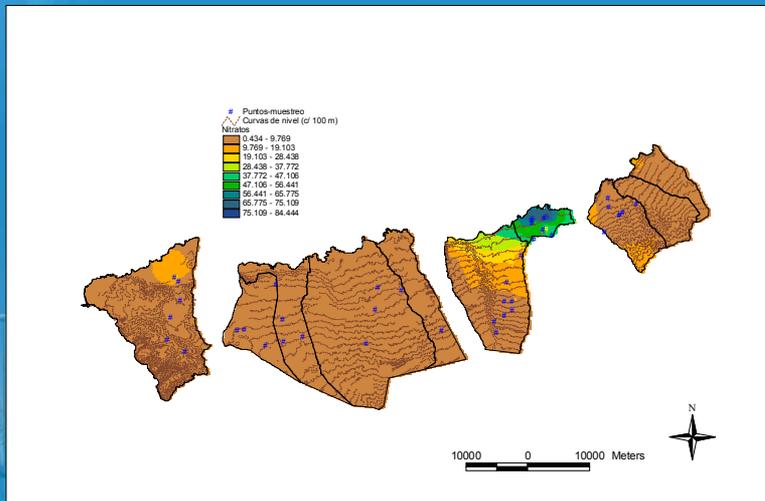
Parámetros de mayor interés: **Nitratos**



Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados



Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés:

Fluoruros

Nitratos

Fosfatos y Amonio

Mercurio

COVs

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés: *Fosfatos y Amonio*

- a. *Presencia de Fosfato en el 54% de las muestras analizadas*
- b. *Concentración máxima de 2 mg/l*
- c. *Amonio no detectado en ninguna de las muestras*

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés:

Fluoruros

Nitratos

Fosfatos y Amonio

Mercurio

COVs

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés: *Mercurio*

- a. *Únicamente se ha detectado Mercurio, 0.77 mg/l, en una muestra procedente del Depósito de Mar Dulce en el municipio del Puerto de la Cruz, que fue tomada a finales de Diciembre de 2004.*
- b. *Podría ser una contaminación ocurrido a la muestra o en el recipiente de conservación de la misma*

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés:

Fluoruros

Nitratos

Fosfatos y Amonio

Mercurio

COVs

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés: **COVs**

- a. *Detectada la presencia de COVs en varios puntos de muestreo*
- b. *Los compuestos detectados son:*
 - a. *Bromoclorometano*
 - b. *Dibromoclorometano (THM)*
 - c. *Bromoformo (THM)*
 - d. *Bromodichlorometano (THM)*
- c. *La concentración máxima detectada de la suma de COVs es de 0.04 mg/l*
- d. *Para los compuestos individuales las concentraciones máximas no han superado los 0.02 mg/l*
- e. *En otros trabajos previos publicados en revistas técnicas, los niveles encontrados son semejantes a los determinados en este trabajo.*

Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Resultados

8. Interpretación de Resultados y Discusión

Parámetros de mayor interés: **COVs**

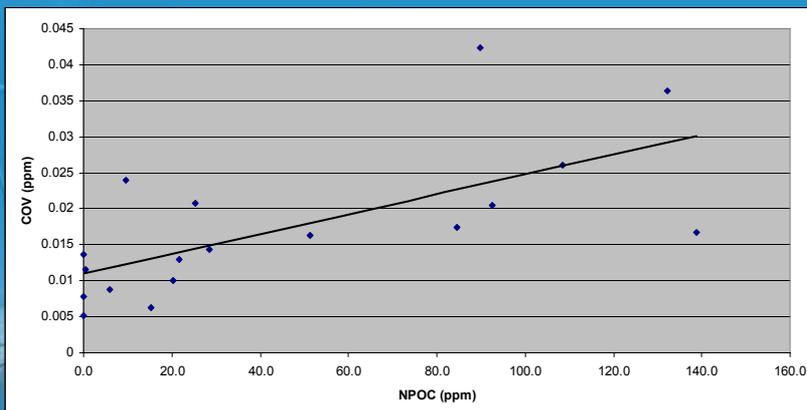
- a. *Las muestras en las que se han detectado THMs corresponden a 4 Depósitos ubicados en el municipio del Puerto de la Cruz y a una Galería ubicada en el municipio de Santa Úrsula*
- b. *La formación de THMs se asocia a la presencia de materia orgánica soluble en las aguas sometidas a procesos de desinfección*
- c. *Se observa una tendencia de correlación entre los niveles de THMs detectados en las aguas y su contenido en NPOC (carbono orgánico no purgable)*
- d. *La bondad de los datos de carbono total y NPOC se confirma con la elevada correlación existente entre los valores de carbonatos y bicarbonatos y el carbono total*

Proyecto AQUAMAC



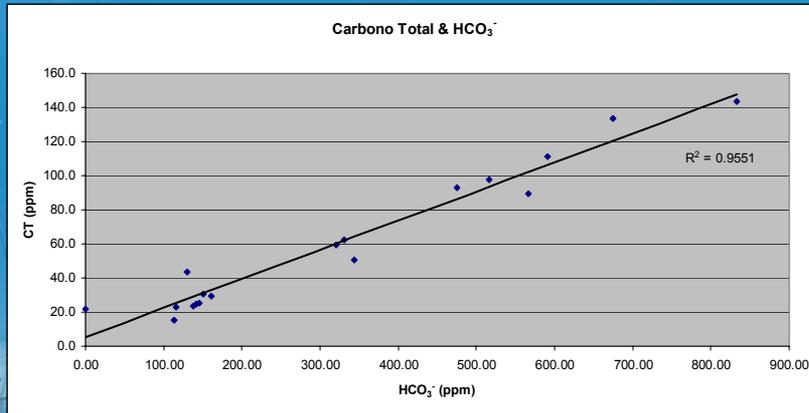
Monitorización y Control: Resultados

Correlación entre los niveles de NPOC y COVs



Proyecto AQUAMAC

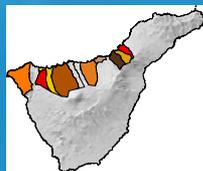
Monitorización y Control: Resultados



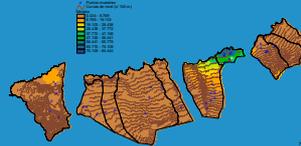
Proyecto AQUAMAC

Monitorización y Control: Resultados

9. Integración de Resultados en un SIG



- Puntos-muestreo
- Canal
 - Depósito
 - Cisterna
 - Pozo
- Carreteras



Proyecto AQUAMAC



Monitorización y Control: Conclusiones

En el área objeto de estudio **no** se han encontrado problemas graves de contaminación de las aguas subterráneas

Sin embargo, se han encontrado algunos casos a los que es necesario prestar atención:

1. *Elevados niveles de flúor en las aguas procedentes de cotas más elevadas*
2. *Elevados niveles de nitratos en aguas procedentes de cotas bajas en las cercanías al Valle de la Orotava*
3. *Prestar atención a una posible contaminación por plaguicidas (nematocidas) en dicha zona*
4. *Formación de THMs en las aguas sometidas a procesos de desinfección*

Proyecto AQUAMAC



Propuestas de Metodología de Trabajo:

A. Monitorización y Control: Toma de muestras y Análisis

Pasado, Presente y Futuro a corto plazo

B. Métodos Predictivos: Uso de Modelos Matemáticos y Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Futuro a medio y largo plazo

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos

Objetivos:

- Evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas como consecuencia de las actividades que se desarrollen en el suelo superficial
- Identificación de las actividades que potencialmente presentan un mayor riesgo para las aguas subterráneas
- Propuesta de toma de decisiones basadas en los resultados de los estudios predictivos

Proyecto AQUAMAC



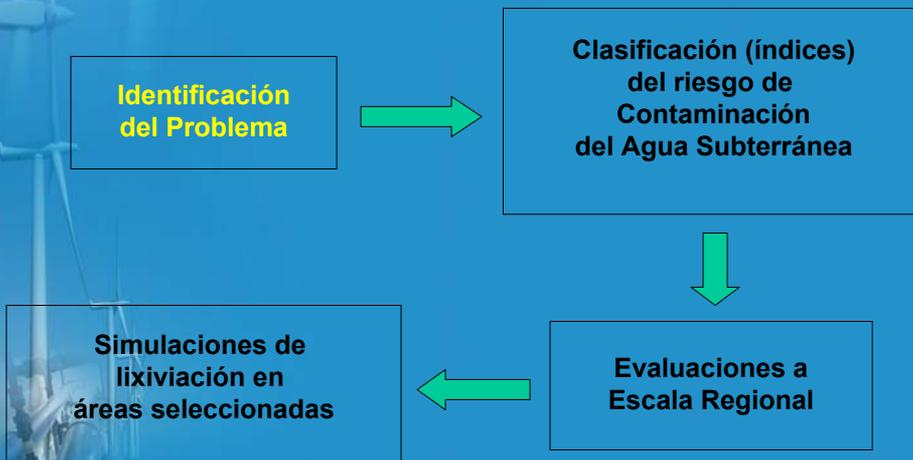
Métodos Predictivos: Metodología

Aplicación de Método de trabajo en 4 fases:

1. *Identificación del Problema: compuestos que representan una agresión para el agua subterránea*
2. *Uso de Modelo/s Evaluativos para realizar una primera clasificación del potencial de contaminación de los compuestos identificados*
3. *Caracterización del área objeto de estudio y aplicación de los modelos evaluativos en cada una de las posibles situaciones identificadas, identificando las zonas más sensibles y vulnerables en el área*
4. *Aplicación de un modelo numérico en las zonas más vulnerables identificadas: "peor situación posible"*

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: Metodología

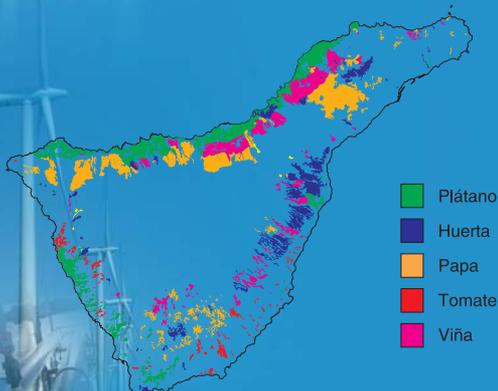


Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



Agricultura en Tenerife



1999 36%

Viñedo	7741 Ha
Plátano	4141 Ha
Papa	3384 Ha
Tomate	1248 Ha
Resto	5023 Ha

Distribución de cultivos mayoritarios en las zonas agrícolas

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

PLÁTANO	TOMATE	PAPAS	VIÑEDO
Cadusafos	Carbofuran	Cadusafos	Fenitrotion
Carbofuran	Etoprofos	Carbofuran	Metil-paration
Etoprofos	Fenamifos	Etoprofos	Paration
Fenamifos	Dinocap	Fenamifos	Triclorfon
Fonofos	Fenitrotion	Oxamilo	Mancozeb
Oxamilo	Metamidofos	Mancozeb	Maneb
Dicofol	Metidation	Maneb	Zineb
Dimetoato	Metil-paration	Zineb	Captan
Fenitrotion	Mancozeb	Captan	Folpet
Paraquat	Paraquat	Folpet	Metalaxil
		Metalaxil	Propiconazol
		Paraquat	Triadimefon
			Iprodiona
			Procimidona
			Vinclozolin
			Paraquat



Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Identificamos Tres Problemas en Tenerife:

Insecticidas del Suelo

- | | |
|-----------|------------|
| Cadusafos | Carbofuran |
| Etoprofos | Fenamifos |
| Fonofos | Oxamilo |

Etilen-bis-ditio-carbamatos (EBDC)

- | | |
|----------|--------------------------|
| Mancozeb | ➔ Etilen tio urea
ETU |
| Maneb | |
| Zineb | |

Herbicidas (Viña)

- | | |
|------------|------------|
| Diuron | Picloram |
| Metolaclor | Prometrin |
| Metribuzin | Tebutiuron |

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Seleccionamos el caso del uso de herbicidas en la vid para desarrollar este trabajo:

1. *El cultivo de la vid ha recibido un fuerte impulso en los últimos años.*
2. *El Paraquat es prácticamente el único principio activo herbicida utilizado en la vid.*
3. *Los herbicidas son los plaguicidas encontrados con más frecuencia en aguas subterráneas de todo el mundo.*
4. *Estudiar los posibles sustitutos del Paraquat dota de un carácter puramente predictivo a este trabajo.*

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

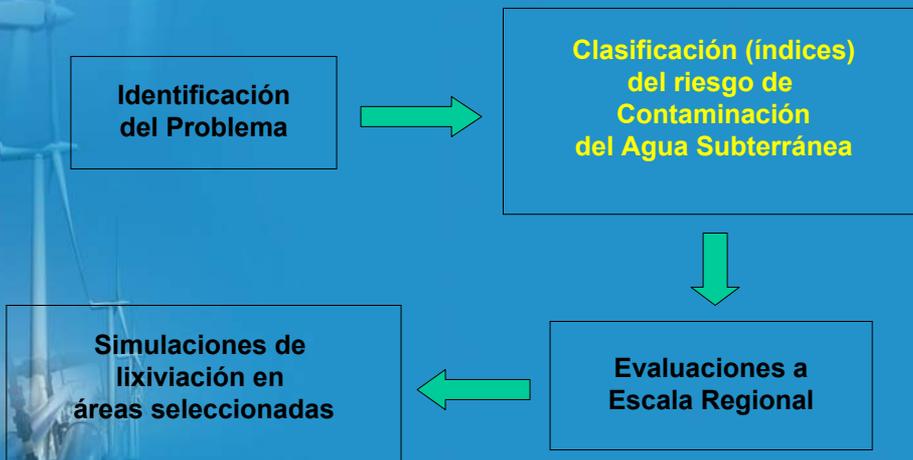
Herbicidas seleccionados como alternativa al **Paraquat**:

Diuron
Metolaclor
Metribuzin
Prometrin
Simazina
Tebutiuron

Uso a nivel mundial
Usos en España
Usos en Canarias
otros cultivos o destinos
Interés en contaminación de aguas subterráneas

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: Metodología

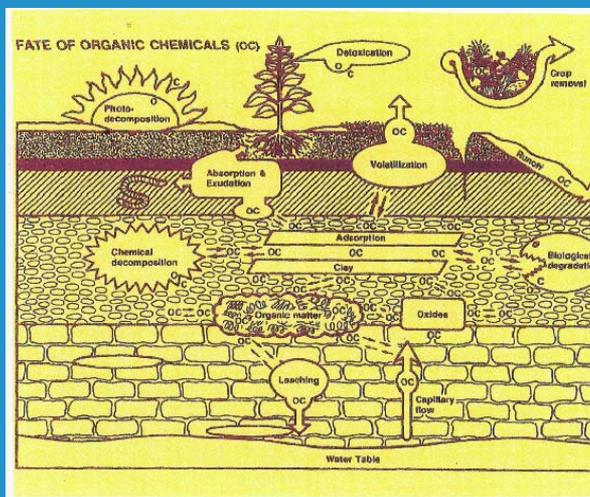


Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: CLASIFICACIÓN DEL RIESGO



Los plaguicidas, una vez liberados al ambiente se mueven y reaccionan según su “vocación” ambiental



Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: CLASIFICACIÓN DEL RIESGO



1. Si asumimos que el comportamiento relativo de un grupo de plaguicidas será similar bajo diferentes condiciones ambientales, se puede establecer una clasificación de su potencial para lixiviar hasta la zona saturada.
2. El orden de lixiviación no varía significativamente, pero sí la magnitud de la lixiviación, sean cual sean las condiciones ambientales

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: CLASIFICACIÓN DEL RIESGO



INDICE DE LIXIVIACIÓN

Debe tener significado físico,

AF, Li

Representan la fracción de plaguicida aplicado al suelo (directa o indirectamente) que abandona la capa superficial del suelo por lixiviación.

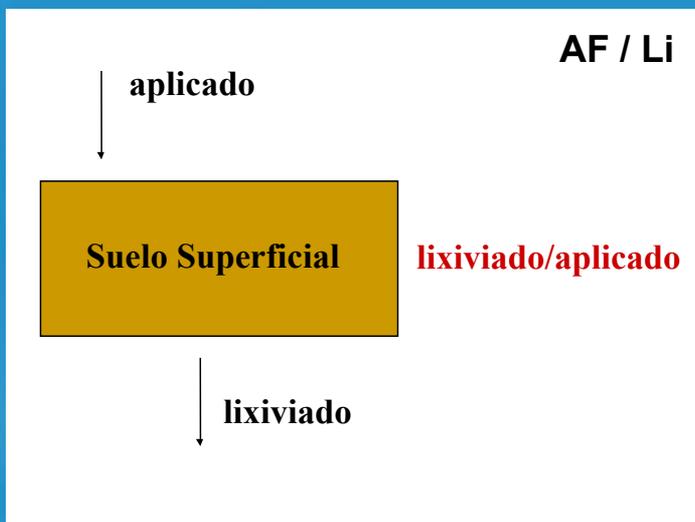
Son índices adimensionales

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **CLASIFICACIÓN DEL RIESGO**



fracción



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **CLASIFICACIÓN DEL RIESGO**



Variables de entrada requeridas para poder calcular el índice de lixiviación

SUELO

- f_{oc} fracción de carbono orgánico (adimensional)
- q_{FC} retención de agua a la capacidad de campo ($m^3 m^{-3}$)
- ρ_b densidad aparente ($kg m^{-3}$)
- ρ_p densidad real ($kg m^{-3}$)
- d profundidad de la capa de suelo considerada (m)

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **CLASIFICACIÓN DEL RIESGO**



Variables de entrada requeridas para poder calcular el índice de lixiviación

PLAGUICIDA

S	solubilidad en agua (mg ml^{-1})
P	presión de vapor (mm Hg)
K_{oc}	coeficiente de partición carbono orgánico – solución del suelo (ml mg^{-1})
$t_{1/2}$	vida media en el suelo (días)

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **CLASIFICACIÓN DEL RIESGO**



Variables de entrada requeridas para poder calcular el índice de lixiviación

HIDROGEOLOGÍA

q infiltración (mm día^{-1})

Balance Hídrico:

$$q = P + I - R - E$$

P: precipitación
I: Irrigación
R: Escorrentía
E: Evapotranspiración

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

Total:

10 variables de entrada



q: variable compleja movimiento del agua en el suelo

SUELO

- f_{oc} fracción de carbono orgánico (adimensional)
- θ_{FC} retención de agua a la capacidad de campo ($m^3 m^{-3}$)
- ρ_b densidad aparente ($kg m^{-3}$)
- ρ_p densidad real ($kg m^{-3}$)
- d profundidad de la capa de suelo considerada (m)

PLAGUICIDA

- S solubilidad en agua ($mg ml^{-1}$)
- P presión de vapor (mm Hg)
- K_{oc} coeficiente de partición carbono orgánico – solución del suelo ($ml mg^{-1}$)
- $t_{1/2}$ vida media en el suelo (días)

HIDROGEOLOGÍA

- q infiltración ($mm día^{-1}$)

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

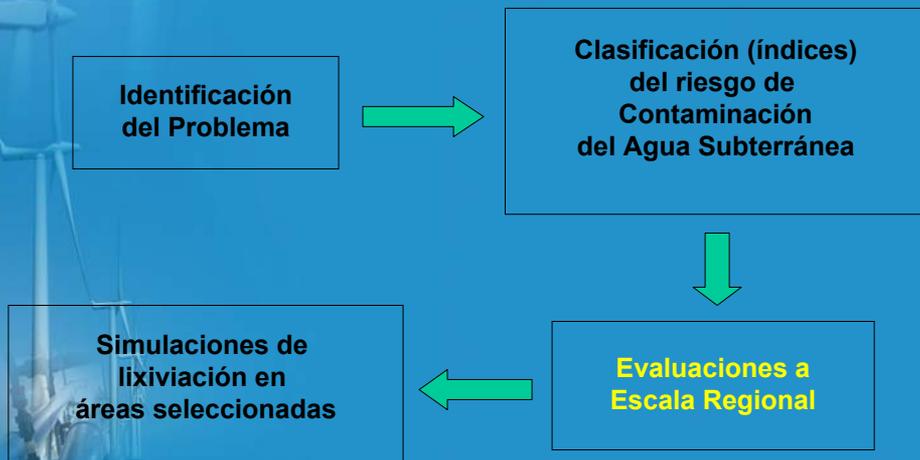
Clasificación de los herbicidas de mayor a menor potencial de lixiviación para los 8 órdenes de suelos presentes en Tenerife

Suelos (nivel taxonómico Orden según Soil Taxonomy, 1975)

	Alfisoles		Entisoles		Sorribas		Vertisoles
	Aridisoles		Inceptisoles		Ultisoles		
Tebutiuron	0.446	0.533	0.432	0.345	0.468	0.448	0.586
Metribuzin	0.152	0.186	0.147	0.111	0.160	0.152	0.213
Simazina	0.120	0.160	0.115	0.087	0.130	0.122	0.186
Metolaclor	0.117	0.161	0.111	0.084	0.127	0.119	0.188
Diuron	0.054	0.079	0.051	0.038	0.059	0.055	0.094
Prometrin	0.045	0.066	0.043	0.032	0.050	0.046	0.078

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: Metodología



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Utilizando las posibilidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica, SIGs (Arc/Info 7.1.2 y Arc/View 3.0)*, podemos combinar la información necesaria para calcular los índices de lixiviación a escala regional.

Combinamos los siguientes mapas temáticos:

Suelos (f_{oc} , q_{FC} , r_b , r_p)

Hidrogeología: Recarga del acuífero

Precipitaciones

Temperatura (estimación de evapotranspiración)

Zonación Hidrológica (datos de irrigación)

Cultivos (delimitación área de estudio)

* En 2005 estos trabajos se realizarían con ArcGIS 9.1, la última versión de estos programas

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: ESCALA REGIONAL



La combinación de los 5 mapas anteriores nos permite calcular la recarga o tasa de infiltración (q) promedio anual para las zonas agrícolas de la isla.

$$q = P + I - \cancel{R^*} - E$$

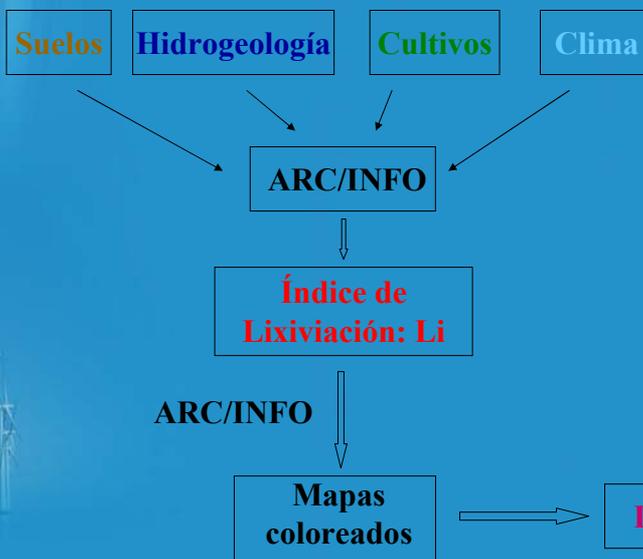
El índice de lixiviación calculado para cada una de las combinaciones de las variables anteriores que se da en la isla se introduce en el SIG obteniendo como resultados mapas coloreados que nos permiten comparar visualmente la mayor o menor vulnerabilidad de las diferentes áreas de Tenerife.

** en suelos agrícolas no consideramos escorrentía*

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: ESCALA REGIONAL



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

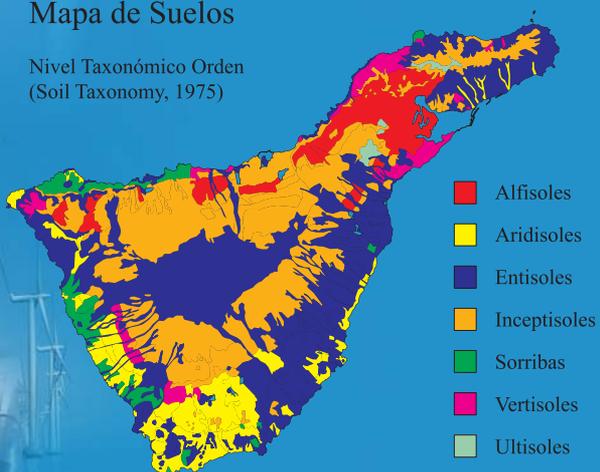
Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Mapa de Suelos

Nivel Taxonómico Orden
(Soil Taxonomy, 1975)



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Zonación Hidrogeológica



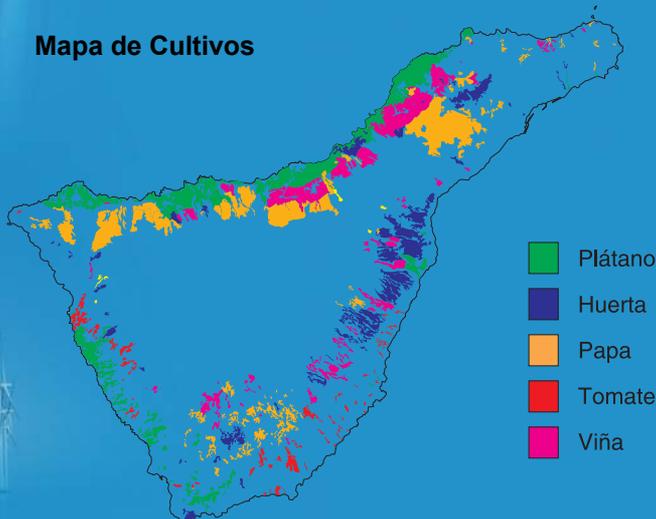
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Mapa de Cultivos



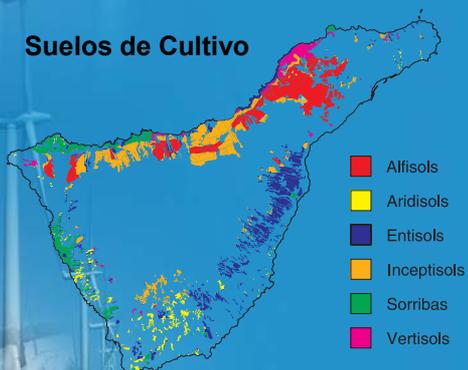
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

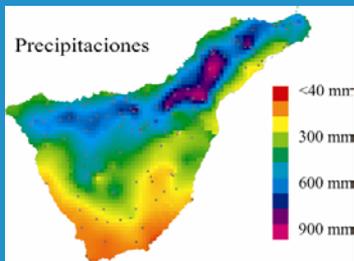
Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



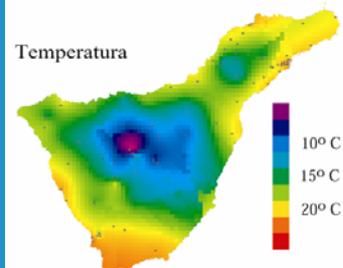
Suelos de Cultivo



Precipitaciones



Temperatura



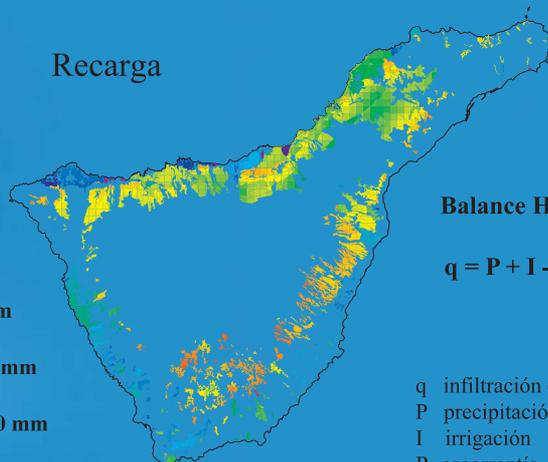
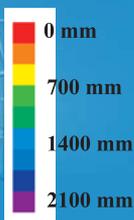
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Recarga



Balance Hídrico:

$$q = P + I - R - E$$

- q infiltración (recarga)
- P precipitación
- I irrigación
- R escorrentía
- E evapotranspiración

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



337



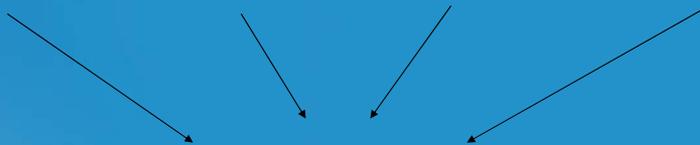
22



501



2240



13775 polígonos

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Una vez combinadas todas las variables de entrada en el GIS, calculamos Li utilizando una base de datos externa como fuente de datos de plaguicidas

Los resultados del modelo los asociamos a su correspondiente polígono en el GIS y representamos los mapas multicoloreados



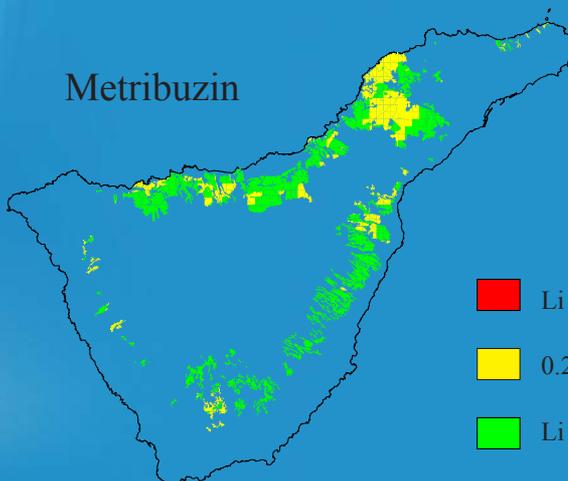
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Metribuzin



-  $Li > 0.4$
-  $0.2 < Li < 0.4$
-  $Li < 0.2$

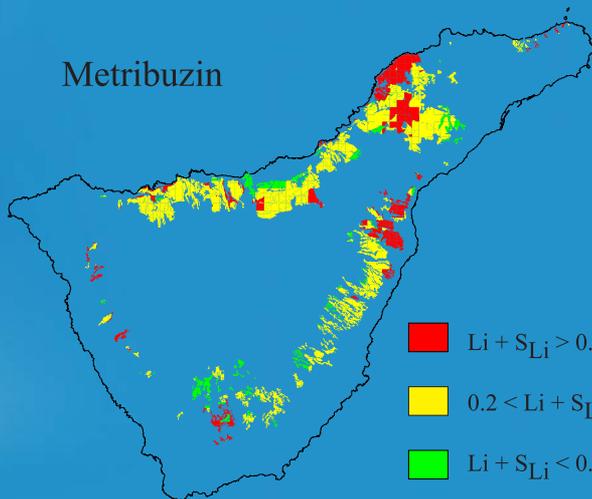
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Metribuzin



- $Li + S_{Li} > 0.4$
- $0.2 < Li + S_{Li} < 0.4$
- $Li + S_{Li} < 0.2$

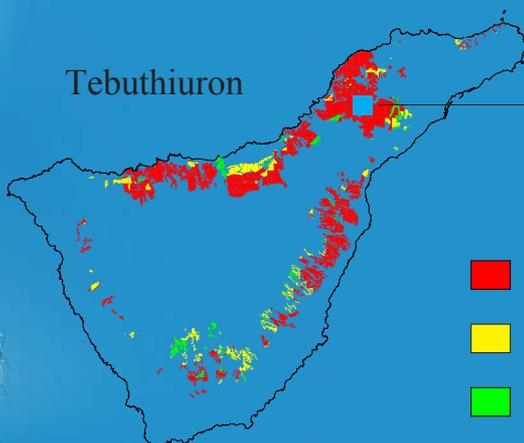
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Tebuthiuron



Área de máxima vulnerabilidad

- $Li > 0.4$
- $0.2 < Li < 0.4$
- $Li < 0.2$

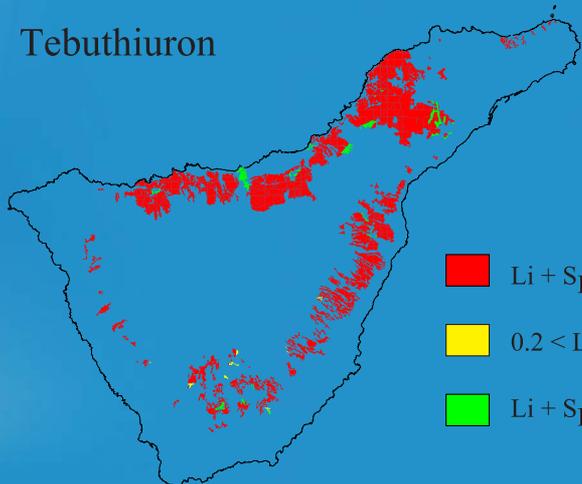
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**



Tebuthiuron



- $Li + S_{Li} > 0.4$
- $0.2 < Li + S_{Li} < 0.4$
- $Li + S_{Li} < 0.2$

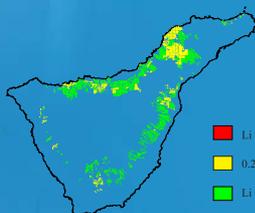
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **ESCALA REGIONAL**

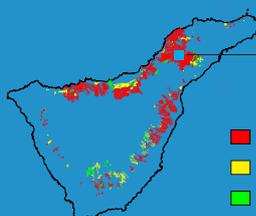


Metribuzin

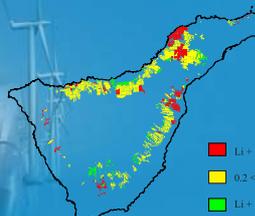


- $Li > 0.4$
- $0.2 < Li < 0.4$
- $Li < 0.2$

Tebuthiuron



- $Li > 0.4$
- $0.2 < Li < 0.4$
- $Li < 0.2$



- $Li + S_{Li} > 0.4$
- $0.2 < Li + S_{Li} < 0.4$
- $Li + S_{Li} < 0.2$

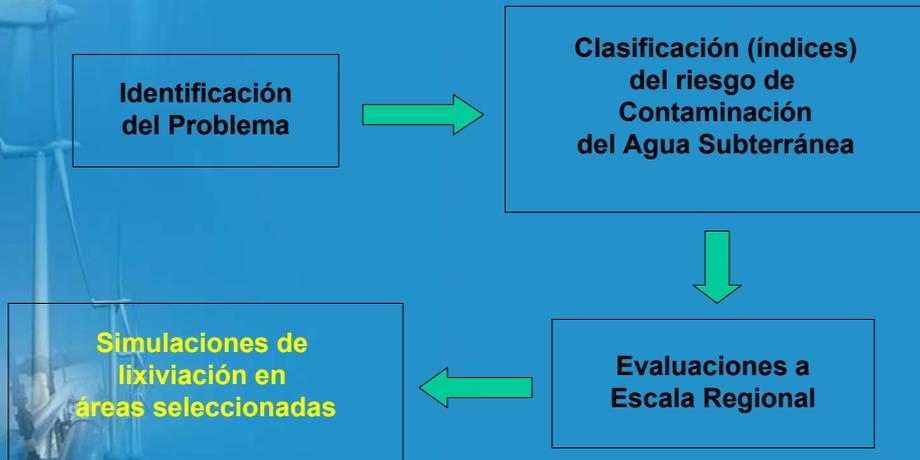


- $Li + S_{Li} > 0.4$
- $0.2 < Li + S_{Li} < 0.4$
- $Li + S_{Li} < 0.2$

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: Metodología



Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Simulaciones de Lixiviación de Plaguicidas

Los modelos numéricos de transporte vertical a través de la zona no-saturada no son herramientas prácticas para estudios a escala regional debido a su enorme requerimiento de datos de entrada

El modelo empleado en el presente trabajo es el PRZM-2: Pesticide Root Zone Model (Mullins et al., 1993).

PRZM-2 es un modelo compartamental, determinístico-conceptual, dinámico y unidimensional, que simula el movimiento de un soluto en la zona no-saturada.

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Perfil "Las Aves", característico del área de máxima vulnerabilidad identificada en las evaluaciones a escala regional.

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Variables de entrada para PRZM-2

Datos Meteorológicos

Precipitaciones (diario, mm)

Temperatura (diario, °C)

Plaguicidas

Número de aplicaciones

Fecha de la aplicación

Método de aplicación

Difusividad molecular del plaguicida en el aire

Constante de Henry (K_H)

Constante de desaparición del suelo (k , days⁻¹)

Coefficiente de partición carbono orgánico – solución del suelo (K_{oc} , ml g⁻¹)

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Suelo

Número de Horizontes (9)

Profundidad total del perfil (10 m)

Para cada horizonte:

Grosor (cm)

Incremento espacial (Δz , cm)

Carbono orgánico (%)

Densidad aparente (kg m^{-3})

Capacidad de campo (q_{FC})

Punto de marchitamiento (q_{WP})

Cultivo

Máxima capacidad de interceptación

Profundidad máxima de enraizamiento

Máximo recubrimiento

Máxima altura

Número de ciclos de cultivo

Fecha de brotación

Fecha de maduración

Fecha de cosecha

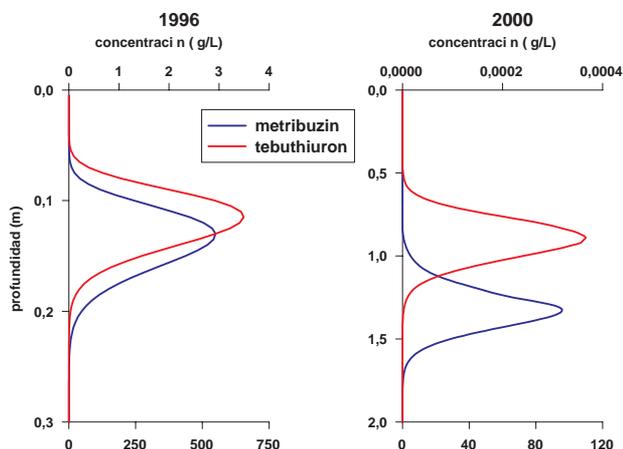
Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Resultados PRZM-2



Concentraciones de Metribuzin y Tebuthiuron en el perfil de suelo al cabo de uno y cinco años después de comenzar su uso.

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Comunidad Económica Europea (EEC), 1980
Directiva 07/15/80, relativa a la calidad del agua
destinada a consumo humano. 80/778/EEC

Plaguicida individual **0.1 µg/L**

Suma de plaguicidas **0.5 µg/L**

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

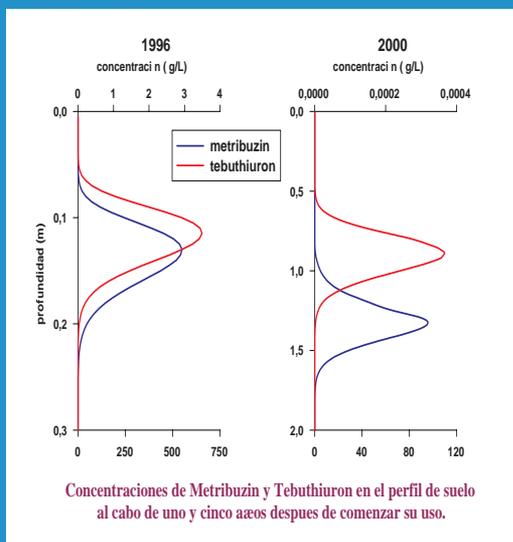
Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**



Al cabo de 5 años, el herbicida **tebutiuron** presenta una concentración en la zona no-saturada MUY por encima de la legislación.

El herbicida **metribuzin** en cambio presenta una concentración que no alcanza el máximo permisible.

Sin embargo, hay que señalar que el **metribuzin** es uno de principios activos que en más ocasiones se ha detectado en aguas subterráneas, siendo identificado como un potencial contaminante.



Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**

1. En el caso que nos ocupa, aplicación de **metribuzin** en viña, las dosis de aplicación y frecuencia de tratamiento no aportan la suficiente cantidad de herbicida al suelo como para que a la luz de los resultados de la simulación aparezca como un potencial contaminante del agua subterránea.
2. Hay que señalar además que se ha realizado la simulación en un viñedo de secano, y que en cualquier caso el **metribuzin** presenta una mayor movilidad que el **tebutiuron**, aunque la fracción que lixivia es considerablemente menor.

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC



Métodos Predictivos: **SIMULACIÓN. MODELO NUMÉRICO**

Aplicando la Directiva 80/778/EEC de 15/07/80, relativa a la calidad del agua destinada a consumo humano. 80/778/EEC:

Plaguicida individual < 0.1 µg/l ; Suma plaguicidas < 0.5 µg/l

Metribuzin 1 año: 3 - 4 mg/l 5 años: $(2 - 4) \times 10^{-4}$ mg/l	0.1 m profundidad 1.4 m
Tebuthiuron 1 año: 500 - 750 mg/l 5 años: 80 - 120 mg/l	0.1 m profundidad 0.9 m

Instituto Tecnológico de Canarias-ITC

Proyecto AQUAMAC

Métodos Predictivos: Metodología



CONCLUSIONES

