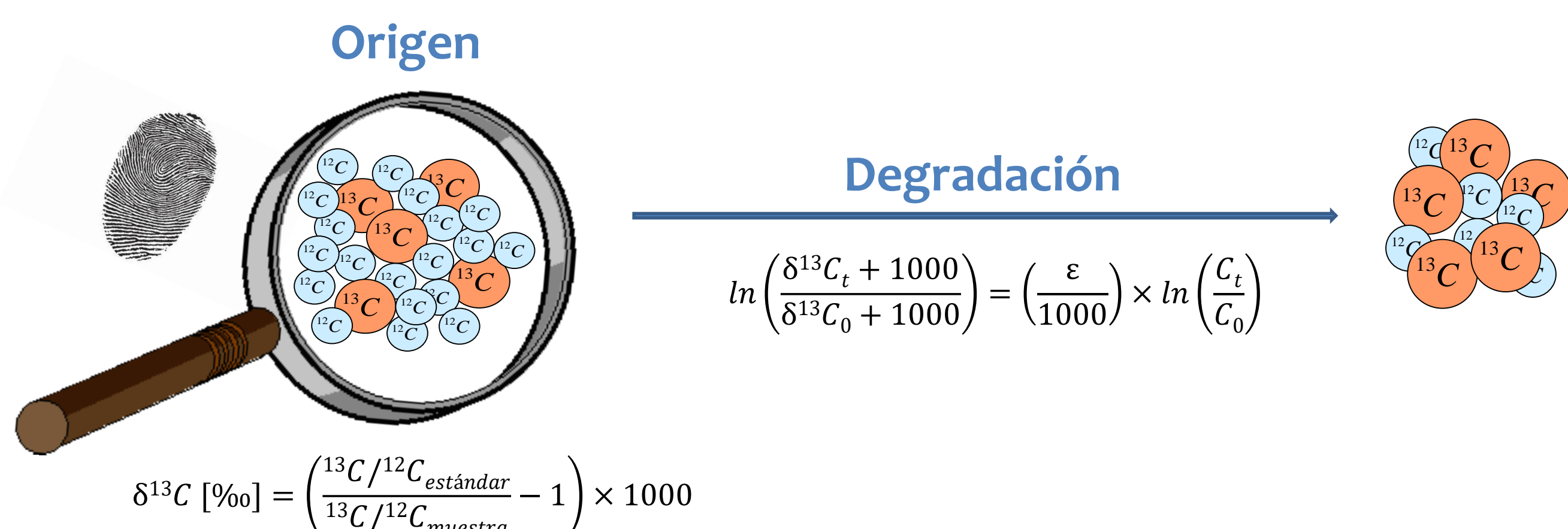


# Los isótopos estables como herramienta en la resolución de problemas de contaminación ambiental: identificación de fuentes y cálculo de la eficiencia de procesos de degradación

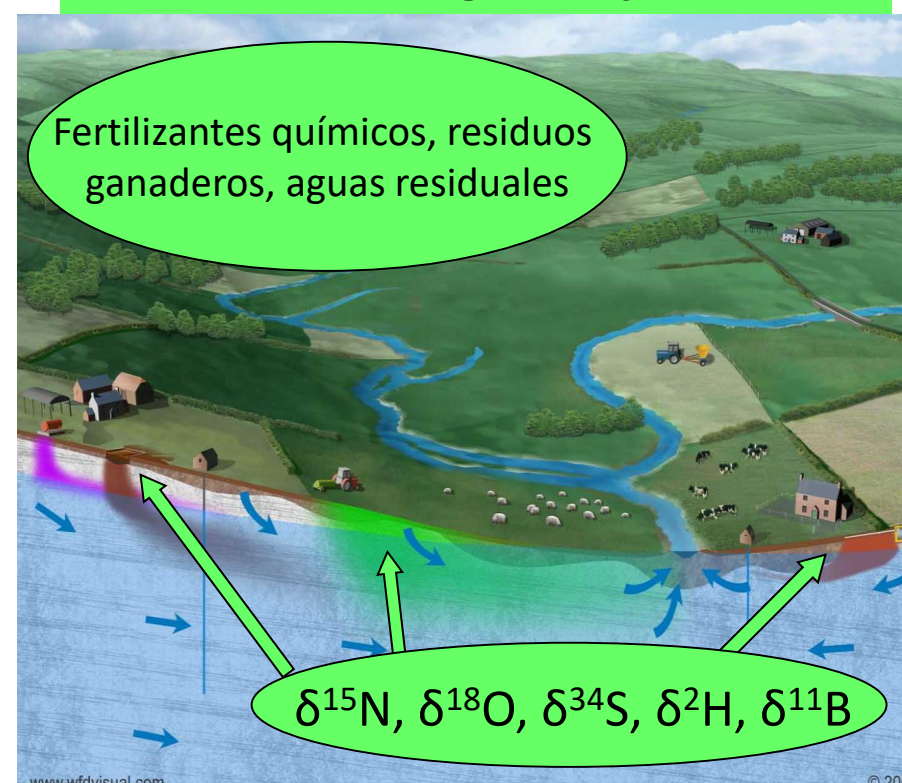
Sara Herrero Martín✉, Neus Otero, Mònica Rosell, Cristina Domènech, Manuela Barbieri, Albert Soler

## Isótopos estables: Huella dactilar de contaminantes

La **relación isotópica** de un compuesto orgánico o inorgánico es su “huella dactilar” lo cual permite **identificar su origen**. También proporciona información sobre los **procesos de degradación** (físico-químicos y biológicos) que ha experimentado este compuesto en el medio natural, debido al cambio que experimenta su composición isotópica.



### Contaminación Agrícola y Ganadera



### Contaminación Industrial



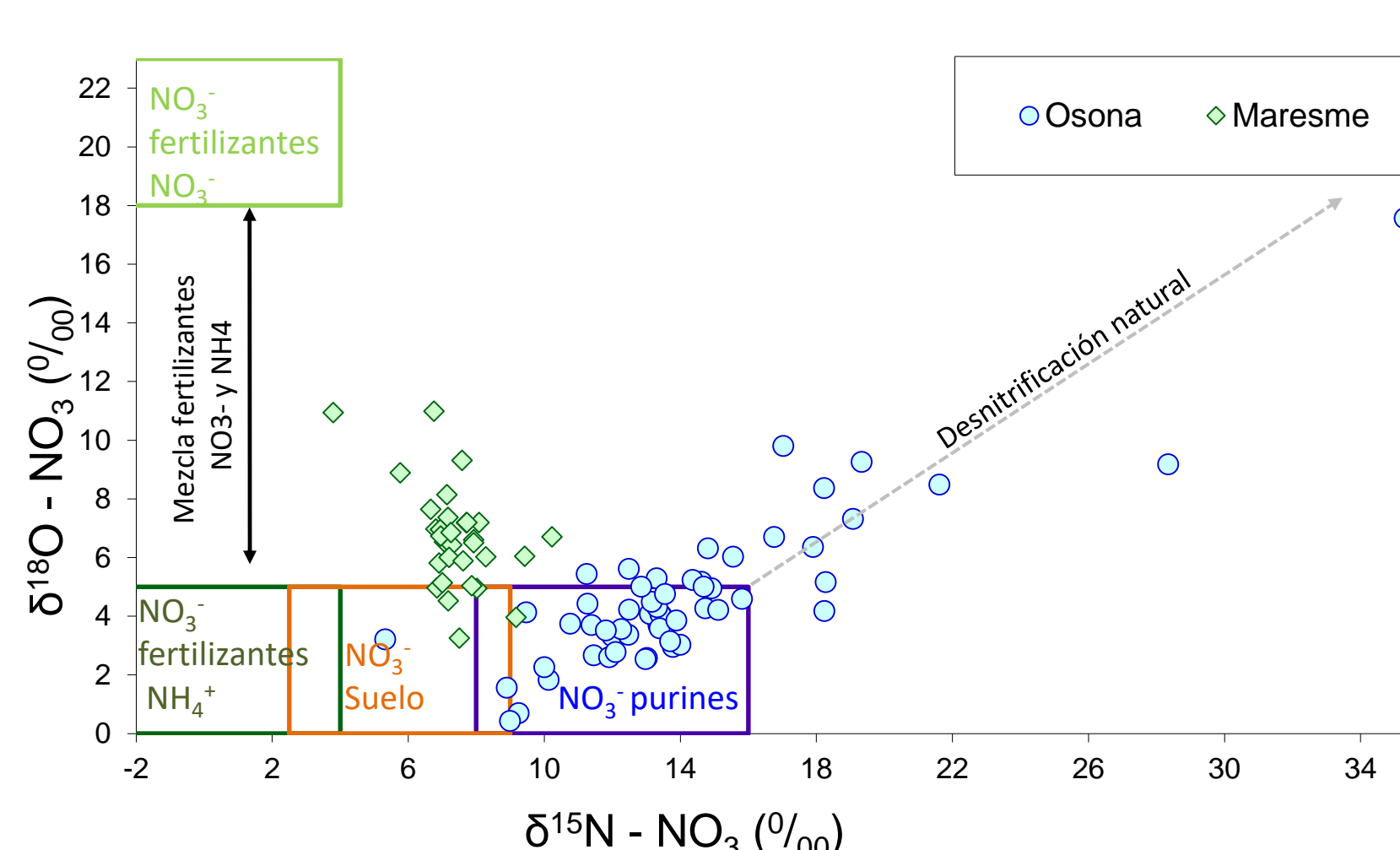
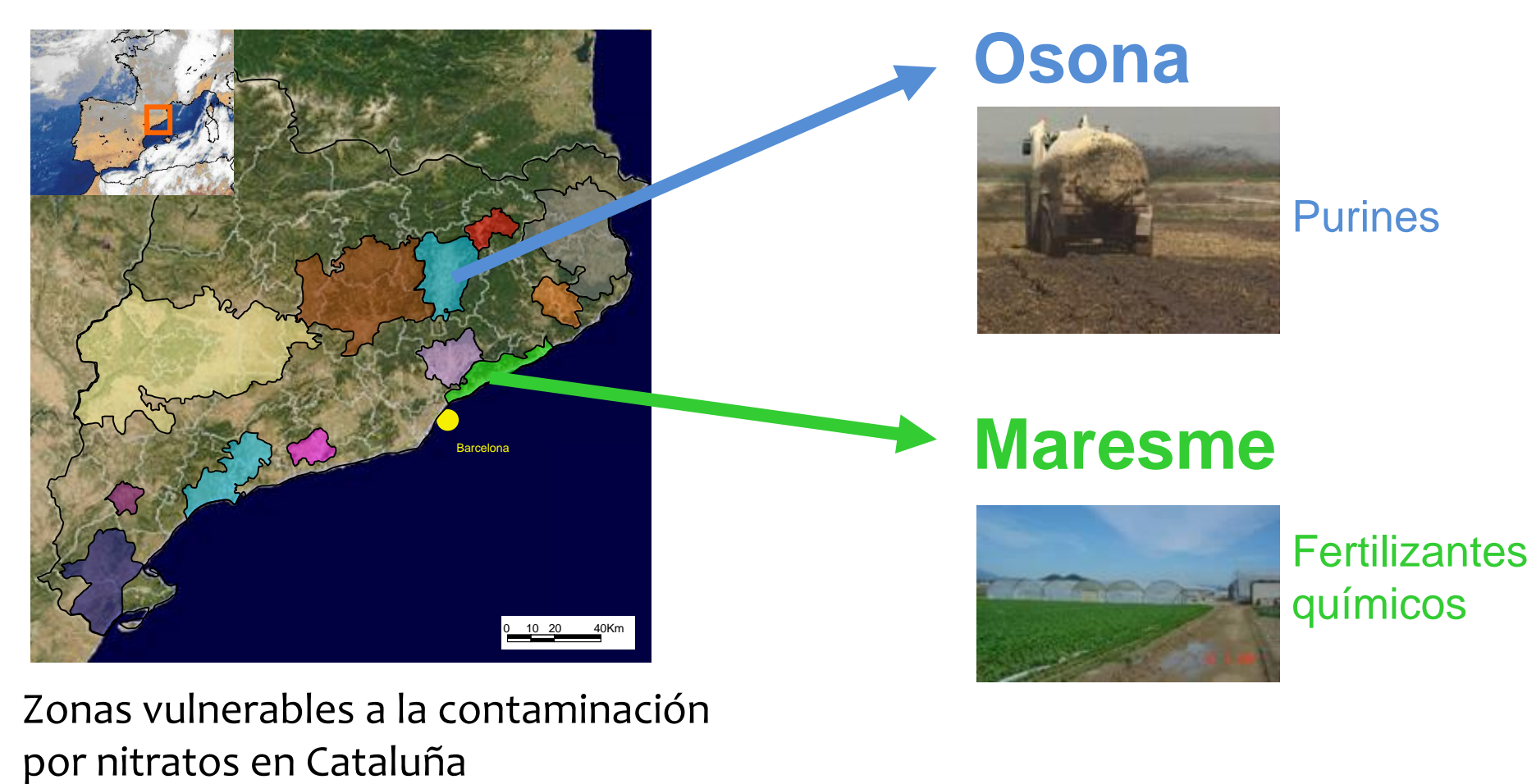
### Contaminación Minera



El grupo de investigación MAiMA utiliza el análisis de isótopos estables para la evaluación y el manejo de sitios contaminados por agricultura y ganadería, contaminación industrial y minera, así como para el diseño de estrategias sostenibles para su remediación.

## Ejemplos de aplicación implementados por el grupo MAiMA

### Identificación de fuentes de contaminación: ejemplo, contaminación por nitratos en zonas vulnerables

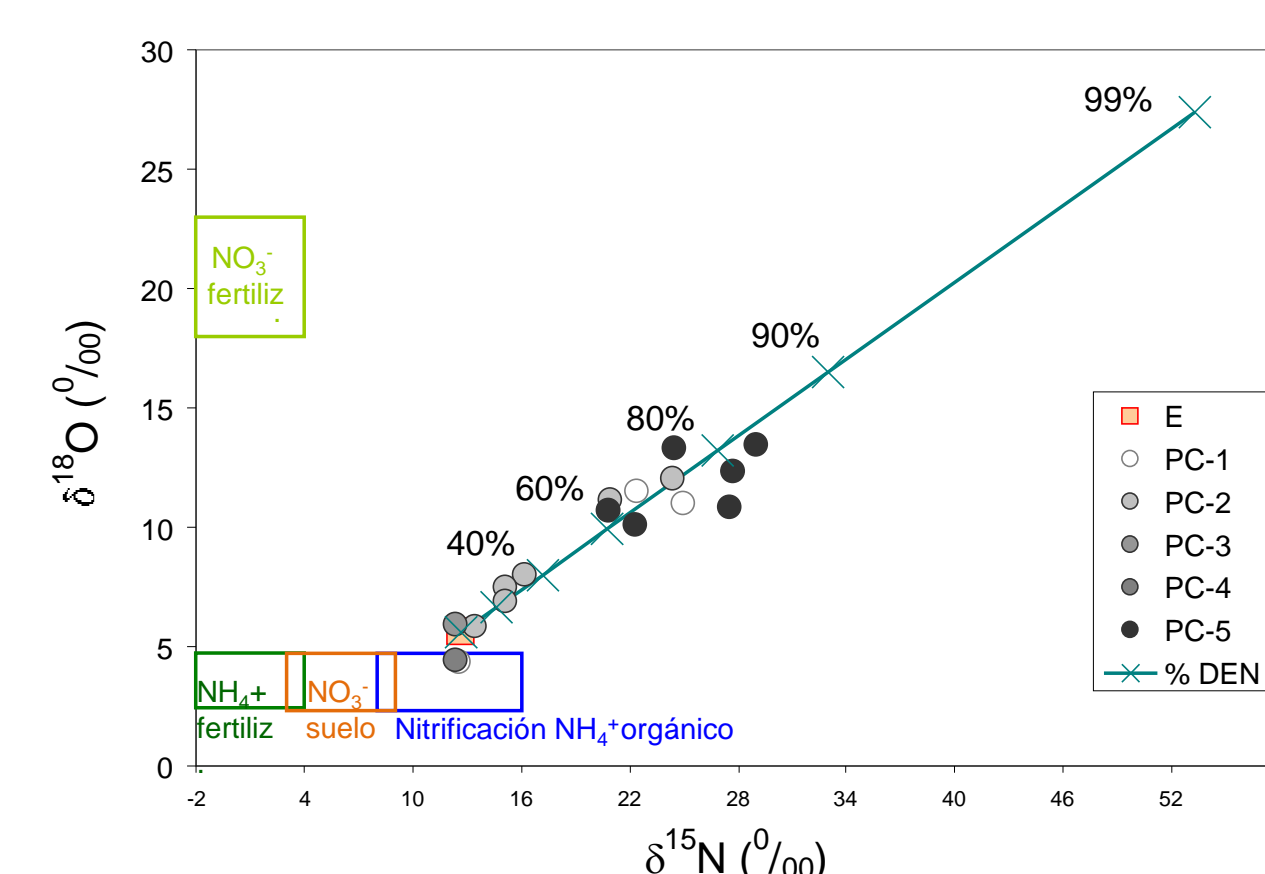
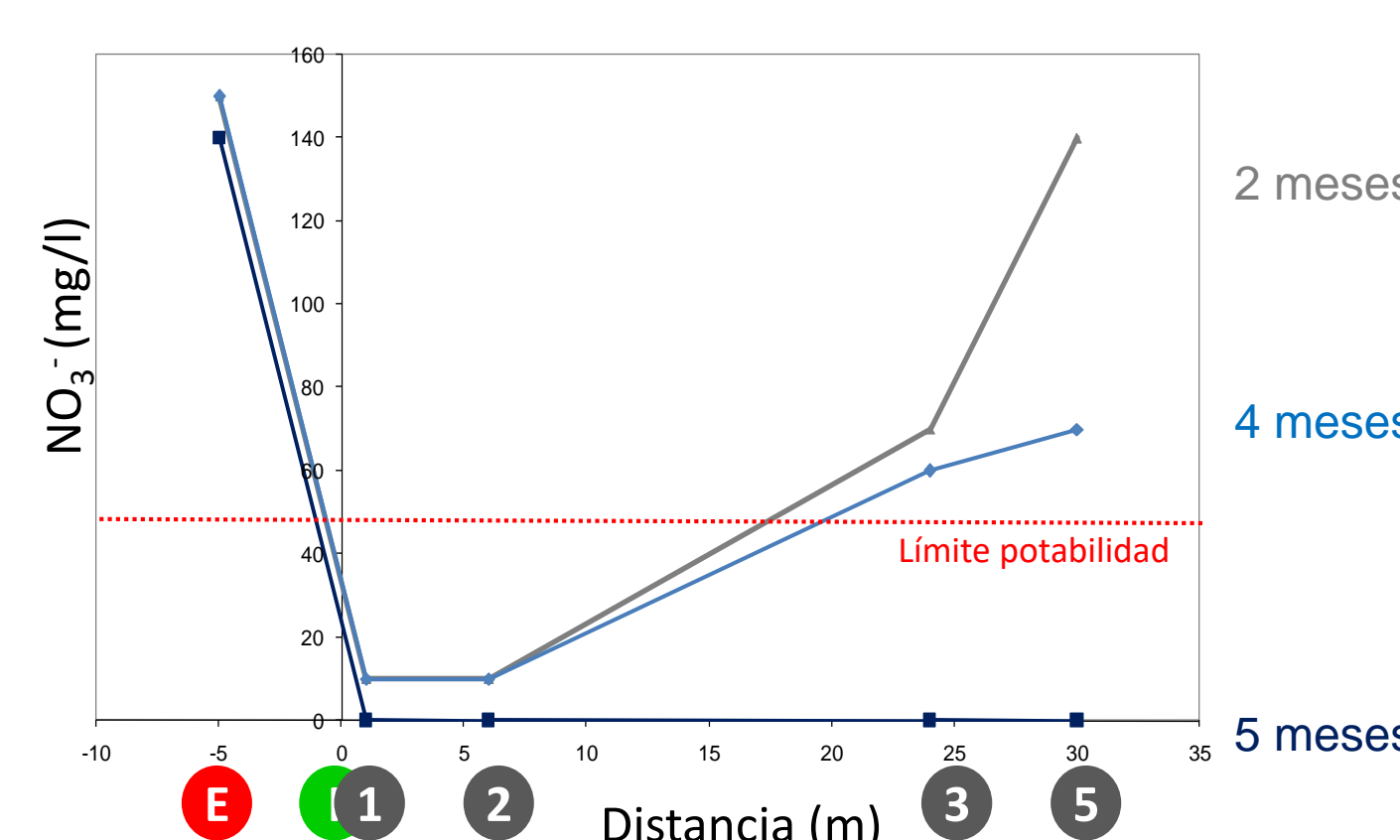
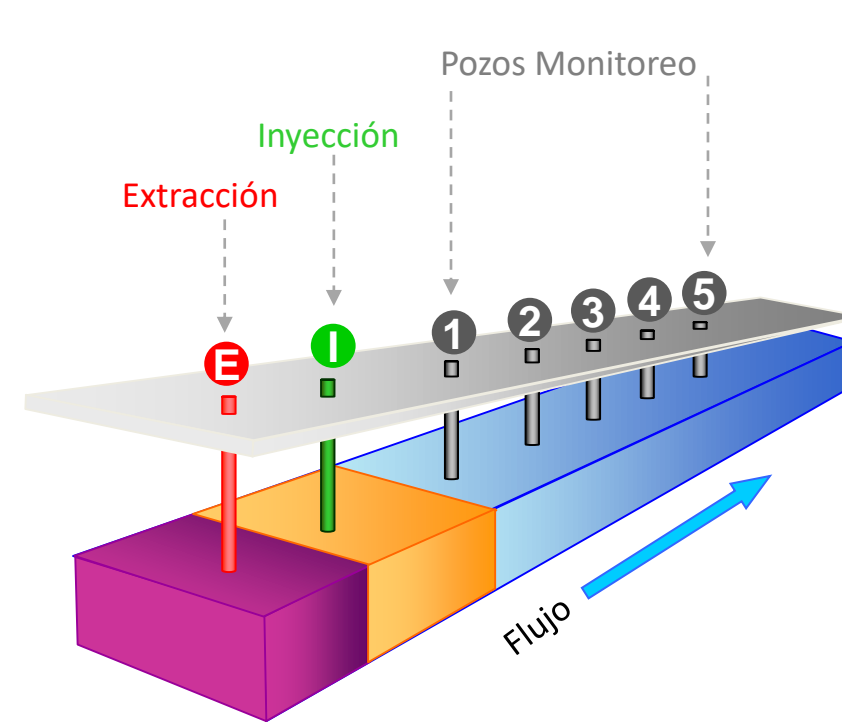


La composición isotópica permite diferenciar el origen de los nitratos entre fertilizantes, nitrato del suelo y residuos ganaderos/aguas residuales. Las muestras de Maresme provienen de fertilizantes sintéticos volatilizados y las de Osona de purines y/o aguas residuales (Otero et al., 2009). La composición isotópica además permite determinar procesos de atenuación natural de la contaminación, que seguirán las líneas de desnitrificación. Se detectó desnitrificación natural en las muestras de Osona.

## Cálculo de la eficiencia de tratamientos de degradación natural e inducida

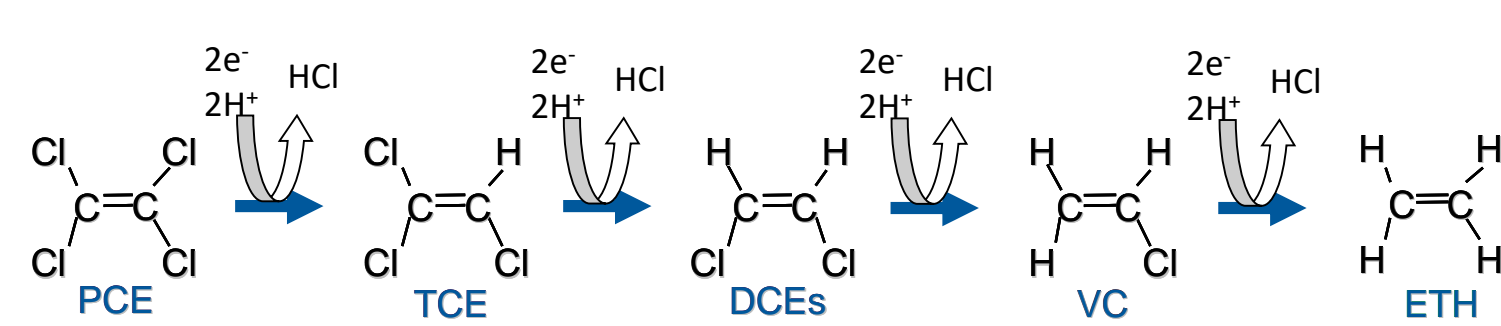
### Eficiencia de una planta piloto de desnitrificación inducida in-situ

La composición isotópica permite cuantificar la eficacia de la atenuación inducida “in situ”, en este caso de una planta de desnitrificación. La planta de desnitrificación consiguió la eliminación total de los nitratos a los 5 meses de tratamiento. Se demostró la utilidad de los isótopos para calcular la eficacia de la planta previamente a la eliminación total de nitratos (Vidal-Gavilán et al., 2013).

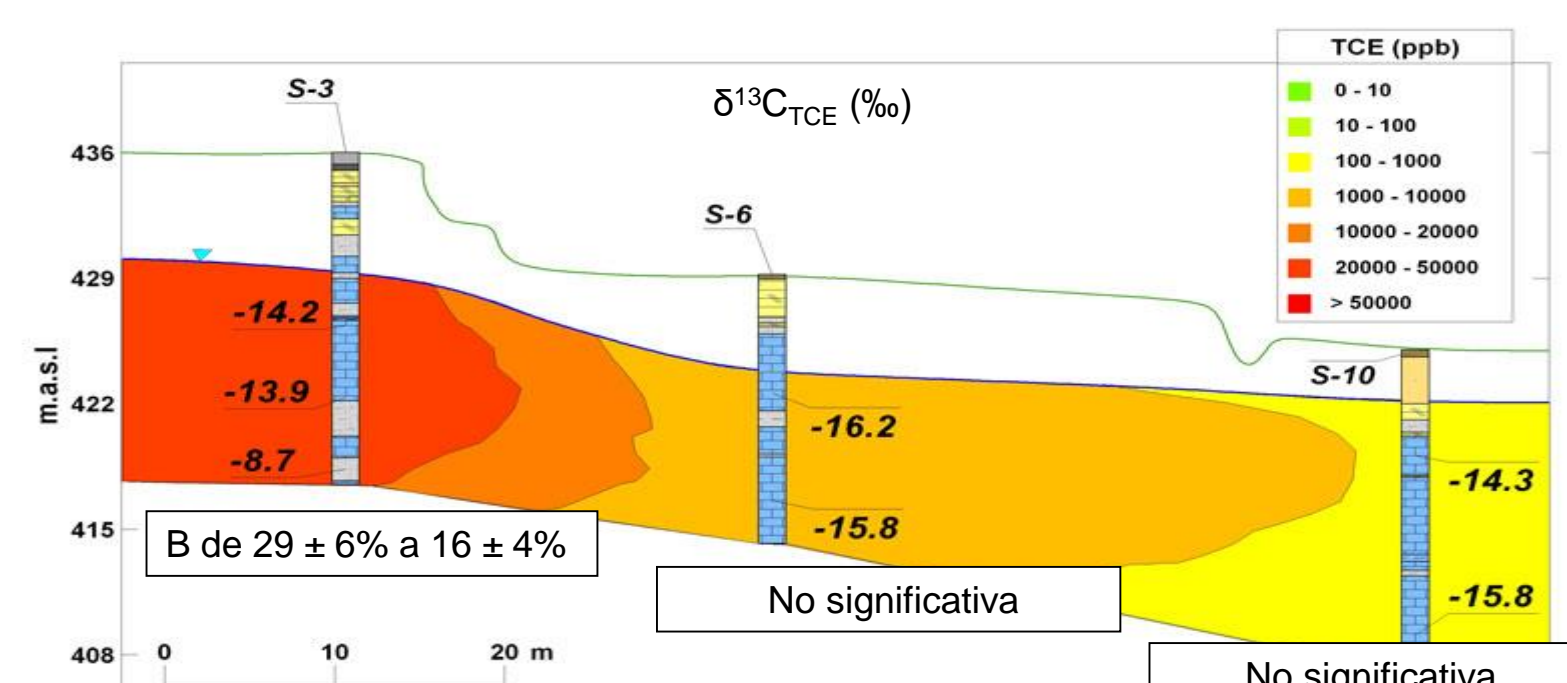


### Eficiencia de la Atenuación Natural Monitorizada (ANM) de tricloroetileno (TCE) en un acuífero

Biodegradación de compuestos halogenados volátiles



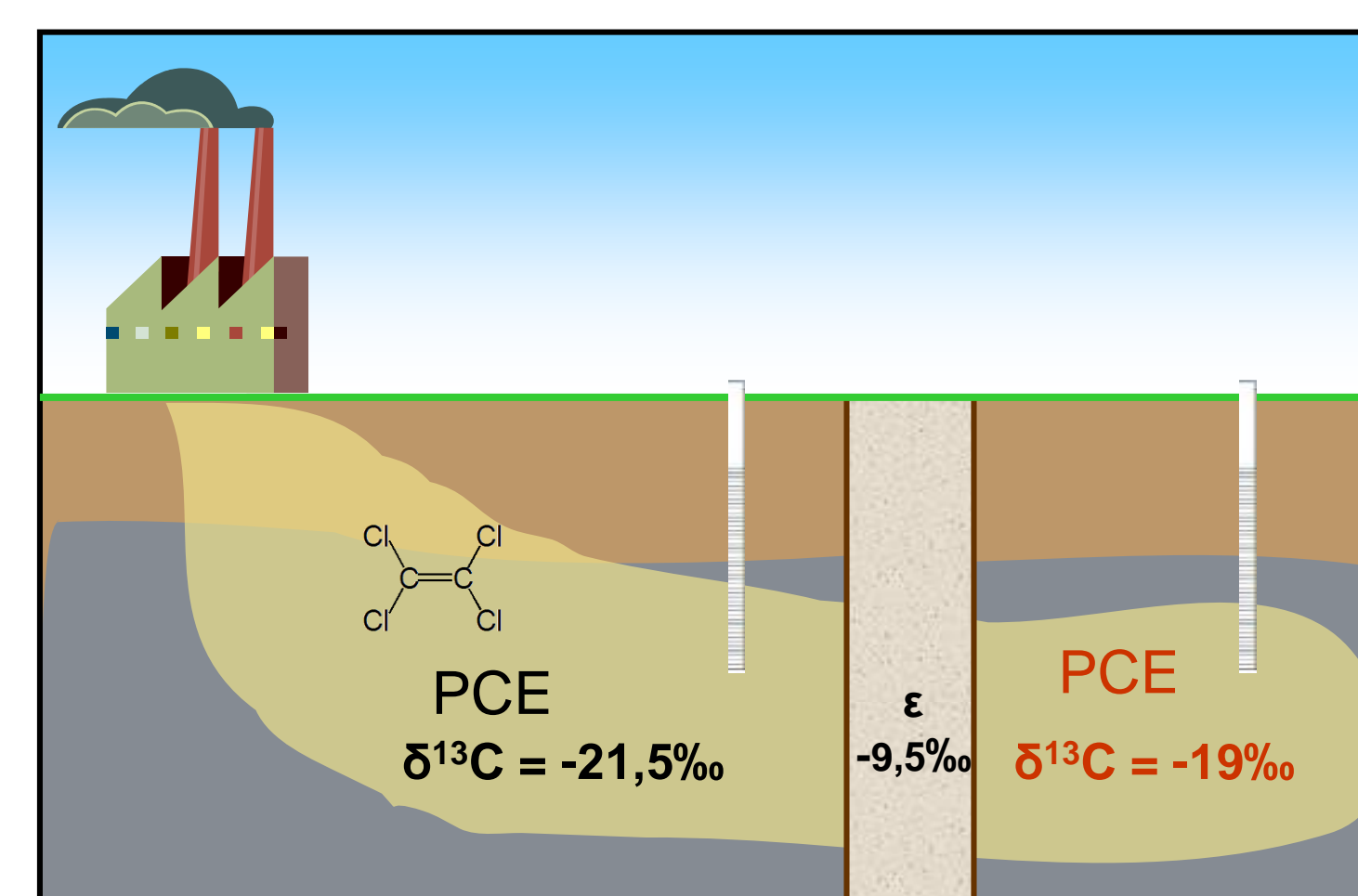
TCE inicial  $\delta^{13}C = -16.3$  ‰  $\epsilon = -13.8$  ‰ (Slater et al., 2001)



La composición isotópica permite determinar la fracción de contaminante degradado. Un proceso de dilución no modificará la  $\delta$ , en cambio la degradación del contaminante sí. En este caso de estudio se pudo determinar el porcentaje de biodegradación de TCE utilizando valores de fraccionamiento bibliográficos (Palau et al., 2014).

$$B[\%] = \left[ 1 - \left( \frac{\delta_t + 1000}{\delta_0 + 1000} \right)^{\frac{1000}{\epsilon}} \right] \times 100$$

### Eficiencia de una barrera permeable reactiva en la degradación de percloroetileno (PCE) en un acuífero



El cálculo del fraccionamiento ( $\epsilon$ ) se realiza en experimentos de laboratorio con el material de la barrera (en este caso hierro cero valente). Una vez conocida la  $\epsilon$ , se puede determinar la eficiencia de la barrera a escala de campo en función del cambio en la composición isotópica del PCE e incluso diferenciarlo de los cambios debidos a biodegradación natural (Audí-Miró et al., 2015).

$$\delta^{13}C - \delta^{13}C_0 \cong \epsilon \ln f$$

$f = 0,93 \rightarrow$  Eficiencia: 7%

## ¿Quiénes somos?

Nuestra misión es proporcionar soluciones integrales, aplicando la última tecnología en análisis de isótopos estables y mineralogía, para la resolución de problemáticas de gestión ambiental, autenticación de productos y estudios de durabilidad mineral en obra civil.

## ¿Dónde estamos?

Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada. Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona  
C/Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, Spain  
<http://www.ub.edu/minegeo/>  
✉sara.herrero@ub.edu

## Referencias bibliográficas

- Audí-Miró, C., Cretnik, S., Otero, N., Palau, J., Shouakar-Stash, O., Soler, A., Elsner, M. (2013) Cl and C isotope analysis to assess the effectiveness of chlorinated ethene degradation by zero-valent iron: Evidence from dual element and product isotope values. Applied Geochemistry, 32, 175-183.
- Otero, N., Torrentó, C., Soler, A., Menció, A., Mas-Pla, J. (2009) Monitoring groundwater nitrate attenuation in a regional system coupling hydrogeology with multi-isotopic methods: the case of Plana de Vic (Osona, Spain). Agriculture Ecosystems and the Environment, V133, 103-113.
- Palau, J., Marchesi, M., Chambon, J., Aravena, R., Canals, A., Binning, P. J., Bjerg, P. L., Otero, N., Soler, A. (2014) Multi-isotope (carbon and chlorine) analysis for fingerprinting and site characterization at a fractured bedrock aquifer contaminated by chlorinated ethenes. Science of the Total Environment, 475: 61-70
- Vidal-Gavilán, G., Folch, A.; Otero, N.; Solanas, A.M.; Soler, A. (2013) Isotope characterization of an *in situ* bioremediation pilot-test in a fractured aquifer. Applied Geochemistry, 32, 153-163.

## Agradecimientos

