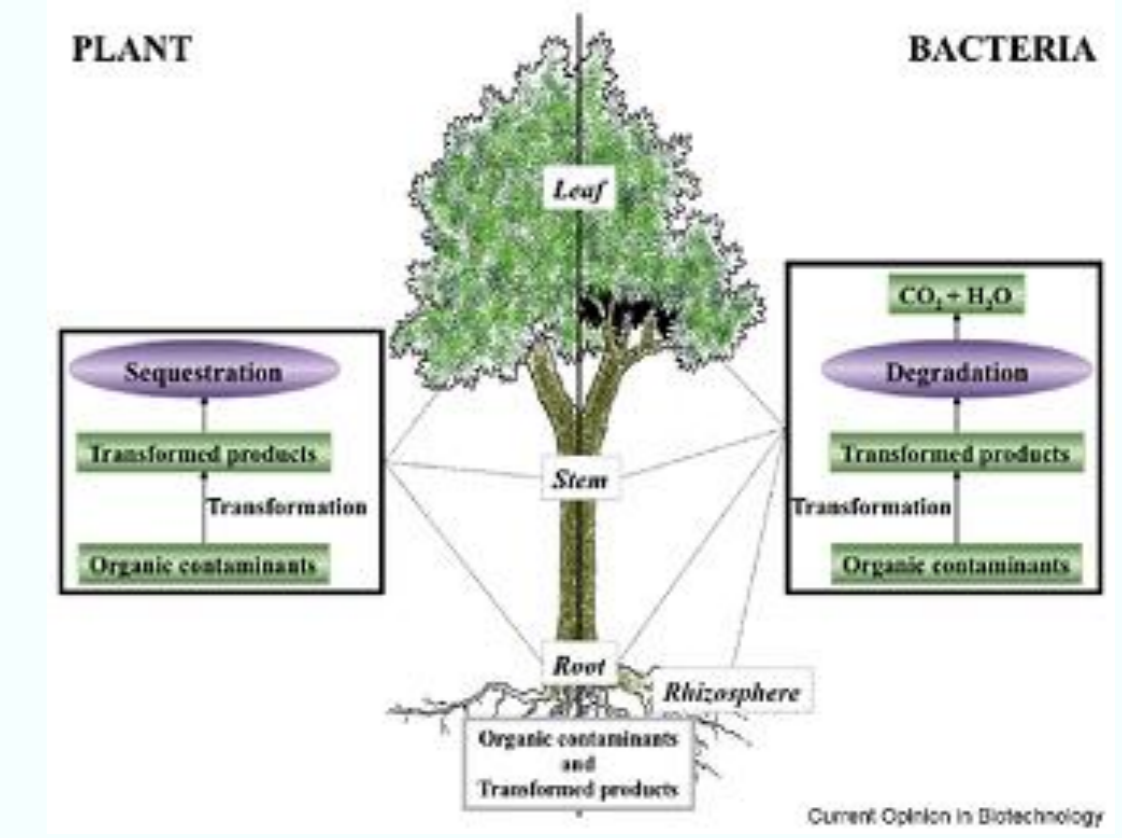


# Remediación sustentable de emplazamientos contaminados con Tetracloruro de Carbono



S. Macián, A. Cortés  
 Departamento de Productos Naturales, Biología Vegetal y Edafología.  
 Facultad de Farmacia. Universitat de Barcelona.  
 Dirección de contacto: acortes@ub.edu



## INTRODUCCIÓN

Los **DNAPLs (Dense Non-Aqueous Phase Liquids)** son contaminantes más densos que el agua y, en general, muy poco solubles en ella. Estas sustancias han sido utilizadas ampliamente desde principios del siglo XX hasta el último tercio de siglo, debido a que su reconocimiento como agentes contaminantes no llegó hasta los años 80. Uno de los DNAPLs más conocidos y tóxicos es el tetracloruro de carbono (TC), presente frecuentemente en suelos y aguas subterráneas, como consecuencia de fugas o vertidos accidentales de diversos sectores industriales (químico, farmacéutico, tratamiento de superficies, tintorería industrial, etc...). Las concentraciones en las aguas subterráneas a las que estos compuestos resultan peligrosos para la salud humana son extremadamente bajas; el valor máximo aceptable en las aguas potables es de 5 µg/L, y 10 µg/L el estándar de calidad aplicable a las aguas subterráneas. Debido a la elevada persistencia y extensión de la contaminación generada, son pocas las estrategias sustentables viables para la descontaminación de zonas industriales. La **fitorremediación, técnica de remediación** basada en el uso de plantas y de los microorganismos asociados a ellas para eliminar, contener o neutralizar diversos tipos de contaminantes presentes en los suelos y en las aguas subterráneas, viene siendo reconocida como una de las técnicas sustentables, por su bajo coste y el mínimo impacto ambiental generado y aceptada ampliamente por la sociedad.

## OBJETIVO

Analizar la viabilidad de la fitorremediación de suelos superficiales y aguas subterráneas contaminadas por TC en un caso práctico, a escala de laboratorio, seleccionando las especies vegetales y las condiciones de tratamiento más adecuadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo



El emplazamiento objeto de estudio está localizado en un polígono industrial de la comarca del *Baix Camp* en la provincia de Tarragona. El subsuelo y el acuífero están contaminados desde hace años por tetracloruro de carbono (TC) y cloroformo (CF) debido a fugas o a vertidos accidentales, que por infiltración a través del suelo alcanzaron el acuífero.

### Toma de muestras (Primavera 2012)

**Suelo.** Zona agrícola colindante, hasta 50 cm de profundidad.

**Agua subterránea.** Parte superficial del acuífero, a 8 m de profundidad.

### Dinámica de los contaminantes

#### Especies seleccionadas:

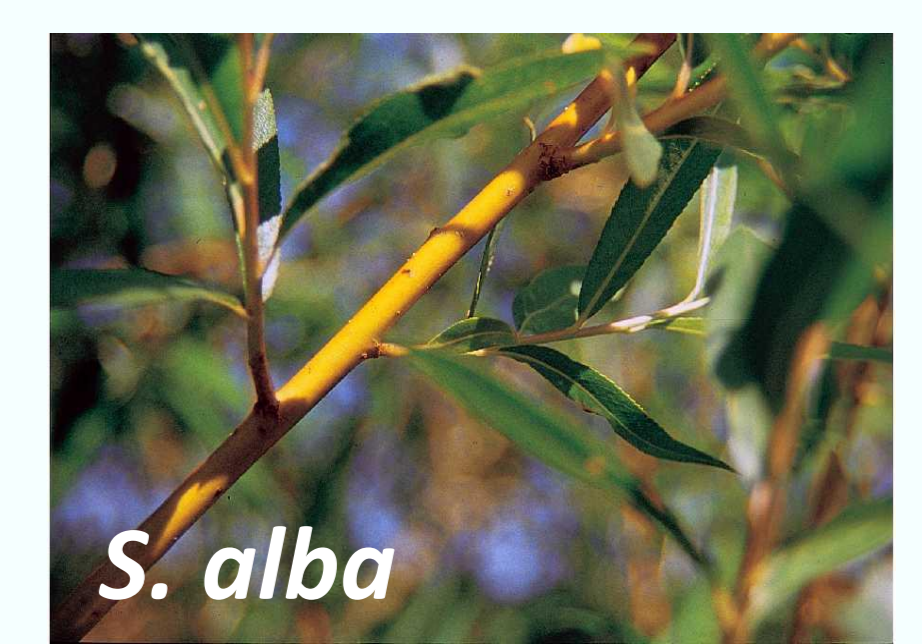
*Salix fragilis*, *Salix alba* y *Populus nigra*.

Se han ensayado dos concentraciones de TC y CF en **cultivo hidropónico**, renovando el medio líquido cada 7 días.

- Concentración baja,  $C_B$ : 5 ppb TC y 500 ppb CF
- Concentración media,  $C_M$ : 164 ppb TC y 133 ppb CF

#### Micorrización y Hormonas de enraizamiento

Se evalúa también el efecto de la Incorporación de hormonas de enraizamiento y/o la micorrización de las plantas sobre el desarrollo de las mismas y la captación y transformación de nutrientes.



## RESULTADOS

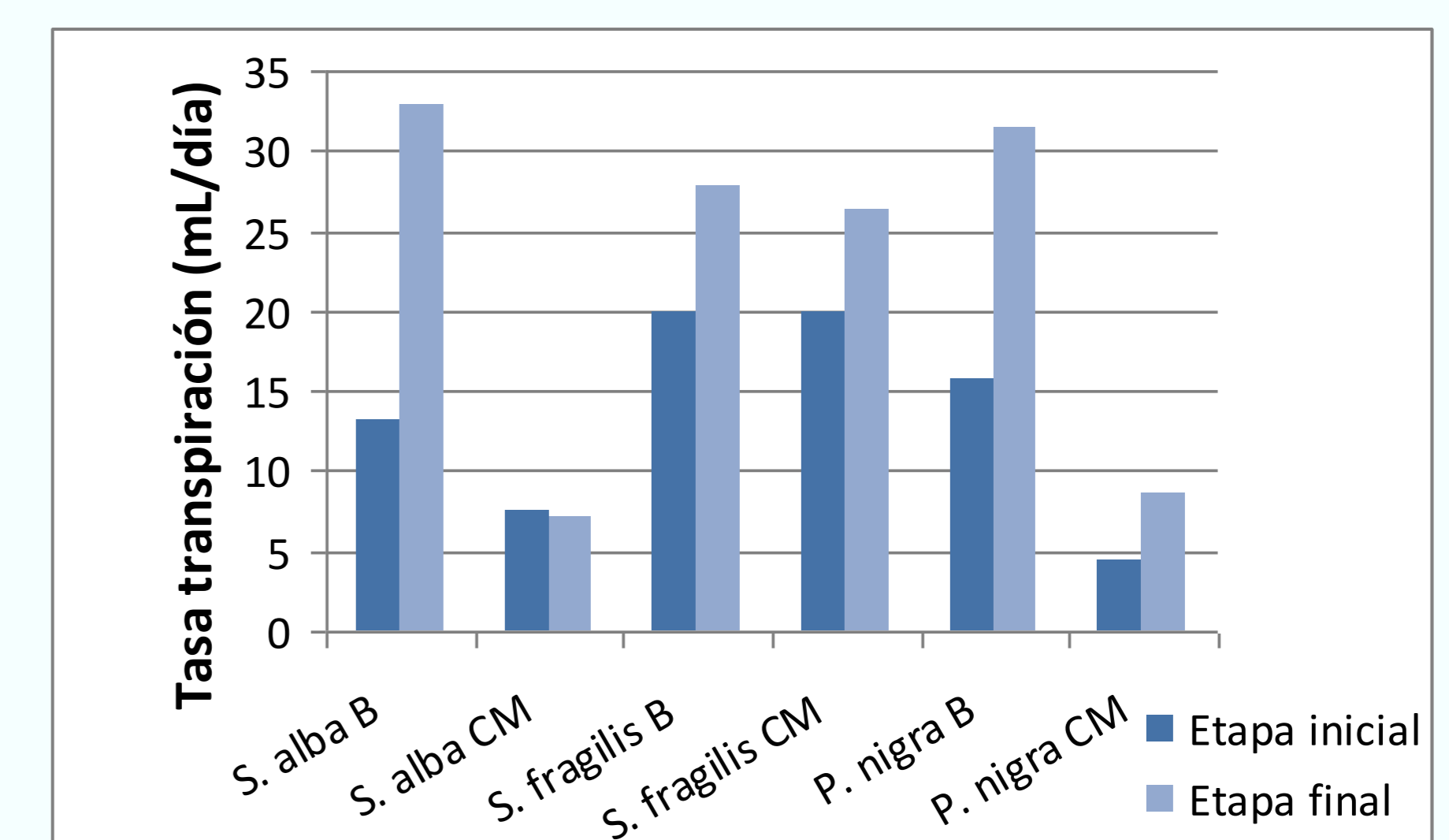
### Evolución de la concentración de los compuestos contaminantes en la solución

| Valores en ppb        |                    | TC      |         | CF      |         | CM <sup>1</sup> |         | TCE <sup>2</sup> |         |
|-----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|---------|------------------|---------|
| Tiempo de tratamiento |                    | 20 días | 40 días | 20 días | 40 días | 20 días         | 40 días | 20 días          | 40 días |
| $C_B$                 | <i>P. nigra</i>    | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | < 1,97  | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | 3,31    |
|                       |                    | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | < 1,97  | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | 2,92    |
|                       | <i>S. alba</i>     | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | < 1,97  | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | 3,37    |
|                       |                    | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | < 1,97  | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | 2,98    |
|                       | <i>S. fragilis</i> | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | < 1,97  | < 2,11          | 7,76    | < 1,92           | 2,85    |
|                       |                    | -       | < 2,11  | -       | < 1,97  | -               | 4,57    | -                | 2,45    |
| $C_M$                 | <i>P. nigra</i>    | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | < 1,97  | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | < 1,92  |
|                       |                    | < 2,11  | -       | < 1,97  | -       | < 2,11          | -       | < 1,92           | -       |
|                       | <i>S. alba</i>     | < 2,11  | 6,52    | < 1,97  | 19,74   | < 2,11          | 7,97    | < 1,92           | < 1,92  |
|                       |                    | < 2,11  | 14,35   | < 1,97  | 21,69   | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | < 1,92  |
|                       | <i>S. fragilis</i> | < 2,11  | < 2,11  | < 1,97  | 3,72    | < 2,11          | 2,30    | < 1,92           | < 1,92  |
|                       |                    | < 2,11  | 16,82   | < 1,97  | 9,65    | < 2,11          | < 2,11  | < 1,92           | < 1,92  |

<sup>1</sup>CM, Clorometano (CH<sub>3</sub>Cl). <sup>2</sup>TCE, Tricloroetileno (C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>)

Se observa la reducción de la concentración de los contaminantes, por degradación de los mismos, aunque ésta se ve reducida con el paso del tiempo. Efecto más acusado en las especies de *Salix* ensayadas.

### Efecto de la presencia de contaminantes sobre la transpiración de las plantas



B, Control negativo. CM, Concentración media.

### Efecto de la Micorrización y de las Hormonas de enraizamiento



Mayor grado de desarrollo de la planta y captación de nutrientes en pocos días, si se favorece la formación de micorrizas.

## CONCLUSIONES

Algunas de las condiciones que deben presentar las especies seleccionables son: buena adaptación a las condiciones climáticas de la zona de estudio y a condiciones de sequía o a situaciones de mal drenaje del terreno, buena profundidad de la zona radicular, elevada producción de biomasa, elevada tasa de crecimiento y de transpiración o uso de agua, resistencia a una amplia variedad de factores de estrés, tolerancia a determinados agentes químicos, producción de exudados radiculares, pocas necesidades de mantenimiento, disponibilidad comercial y relevancia ecológica.

Las tres especies vegetales estudiadas son capaces de degradar el TC y sus metabolitos aunque existe una ligera pérdida de dicha capacidad a lo largo del tiempo, principalmente en las especies de *Salix*. *Salix fragilis* mantiene la tasa de transpiración lo que la hace especialmente indicada para el control de las aguas subterráneas.

## REFERENCIAS

AJO-FRANKLIN *et al.* (2006). A survey of the geophysical properties of chlorinated DNAPLs. *Journal of Applied Geophysics*.

CORTÉS *et al.* (2001). Biological remediation approach involving soils and groundwaters polluted with chlorinated solvents in a Mediterranean context. *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences*.

VANEK *et al.* (2010). Application of phytoremediation for clean up of industrial, agricultural and wastewater contamination. Springer Science and Business Media B.V.