

# **MAPEI**

## **Underground Technology Team**



**Excavación mecanizada de túneles y el  
medioambiente: el impacto en el  
acondicionamiento del terreno**



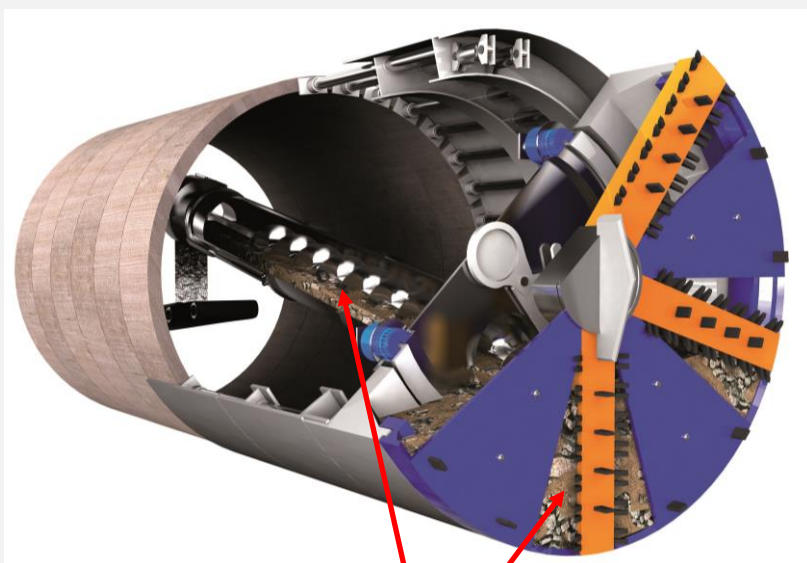
# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Aspectos medioambientales

### Definición de acondicionamiento del terreno:

Adición al terreno de aditivos especiales (espumas y polímeros) para modificar las características del terreno a excavar con el objetivo de “mejorarlo”, **es decir facilitar el avance de la TBM y la extracción del terreno con el tornillo sin fin.**

En general, EL ACONDICIONAMIENTO MEJORA LAS PRESTACIONES DE LA TBM Y REDUCE LOS COSTOS TOTALES.



- Espumas
- Polímeros

# **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

## **Aspectos medioambientales**



Acondicionamiento incorrecto

**Un acondicionamiento incorrecto perjudica el avance de la TBM!**

# **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

## **Aspectos medioambientales**



Acondicionamiento correcto

**Un acondicionamiento incorrecto perjudica el avance de la TBM!**

# **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

## **Aspectos medioambientales**



**Enormes cantidades de terreno excavado  
(ejemplo TBM “Santa Lucia” en Italia: sobre 3,5 millones de ton!)**

Cual es el impacto del acondicionamiento?

El tenso-activo se va a quedar en el terreno?

El terreno acondicionado es un residuo peligroso?

## **El grado de impacto ambiental de un producto para el acondicionamiento del terreno depende de dos aspectos:**

- 1) Composición química del producto = su formulación
- 2) Parámetros de utilización del producto = su dosificación por metro cubico de terreno para obtener un acondicionamiento optimo



# **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

## **Aspectos medioambientales**

**El grado de impacto ambiental de un producto para el acondicionamiento del terreno depende de dos aspectos:**

- 1) Composición química del producto (formulación)**
- 2) Parámetros de utilización del producto = su dosificación por metro cubico de terreno para obtener un acondicionamiento optimo

# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Composición química de las espumas

### Formulación de la espuma

- **Tenso-activo**: ingrediente principal, existen diferentes naturalezas químicas (catiónicos, anicónicos, etc.)
- **Polímeros**: añaden características técnicas a la espuma. Existen de origen vegetal y sintético.
- **Solventes**: disponibles de diferentes composiciones (glicoles, alcoholes, di-cloro-metano, etc.).

Cada ingrediente de la espuma tiene su composición química y afecta las características de **impacto ambiental** del producto final



## Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

### Composición química de las espumas

Es prioritario que el productor/proveedor de la espuma tenga **certificaciones del impacto ambiental** de sus productos emitidas por institutos o laboratorios independientes y acreditados.

#### La **certificación de WGK**

es una de las mas completas y severas a nivel internacional.

Divide los productos en tres categorías.

| WGK INDEX | HAZARD CLASS |
|-----------|--------------|
| WGK=1     | LOW          |
| WGK=2     | MEDIUM       |
| WGK=3     | HIGH         |

# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Composición química de las espumas

### Clasificación WGK



#### **TOXICIDAD:**

- Mammals LD<sub>50</sub>
- Fishes LC<sub>50</sub>
- Algae IC<sub>50</sub>
- Daphnis EC<sub>50</sub>



#### **CURVA DE BIODEGRADABILIDAD**

Medida en los primeros 28 días, según los métodos OECD 301



**Con cada test asigna una puntuación y la suma total permite incluir el producto químico en una clase WGK de peligrosidad.**

# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Composición química de las espumas

### Hygiene-Institut des Ruhrgebiets

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie  
Direktor: Prof. Dr.rer.nat. Lothar Dunemann



HYGIENE-INSTITUT - Postfach 10 12 55 - 45812 Gelsenkirchen

MAPEI SpA  
UTT – Underground Technology Team  
Selda Acarkan  
Via Cafiero 22  
20158 MILANO  
ITALIEN

Besucher-/Paketanschrift:  
Rotthausen Str. 21, 45879 Gelsenkirchen

|           |                 |
|-----------|-----------------|
| Zentrale  | (0209) 9242-0   |
| Durchwahl | (0209) 9242-350 |
| Telefax   | (0209) 9242-333 |
| E-Mail    | S.bien@hyg.de   |
| Internet  | www.hyg.de      |

Unser Zeichen: A-243598-14-Bi  
Ansprechpartner: Herr Bien

Gelsenkirchen, den 20.05.2014

**Product "POLYFOAMER ECO/100"**

here: **Classification into a water hazard class  
pursuant to the German Regulation on Substances Hazardous to Water  
(VwVwS) dated 17.05.1999**

# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Composición química de las espumas

**Mammals toxicity LD<sub>50</sub>:** toxicidad para los mamíferos (oral y cutánea) según los métodos OECD 401, 402, 420 o 423.

| Exposure       | LD <sub>50</sub><br>in mg/kg<br>of body weight | Risk phrases | Evaluation<br>points |
|----------------|------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Oral<br>Dermal | ≥ 2000<br>≥ 2000                               | –<br>–       | 0<br>0               |
| Oral<br>Dermal | 200 – 2000<br>400 – 2000                       | 22<br>21     | 1<br>1               |
| Oral<br>Dermal | 25 – 200<br>50 – 400                           | 25<br>24     | 3<br>3               |
| Oral<br>Dermal | < 25<br>< 50                                   | 28<br>27     | 5<br>5               |

**LD<sub>50</sub> Polyfoamer ECO  
100  
> 2000 mg/kg**

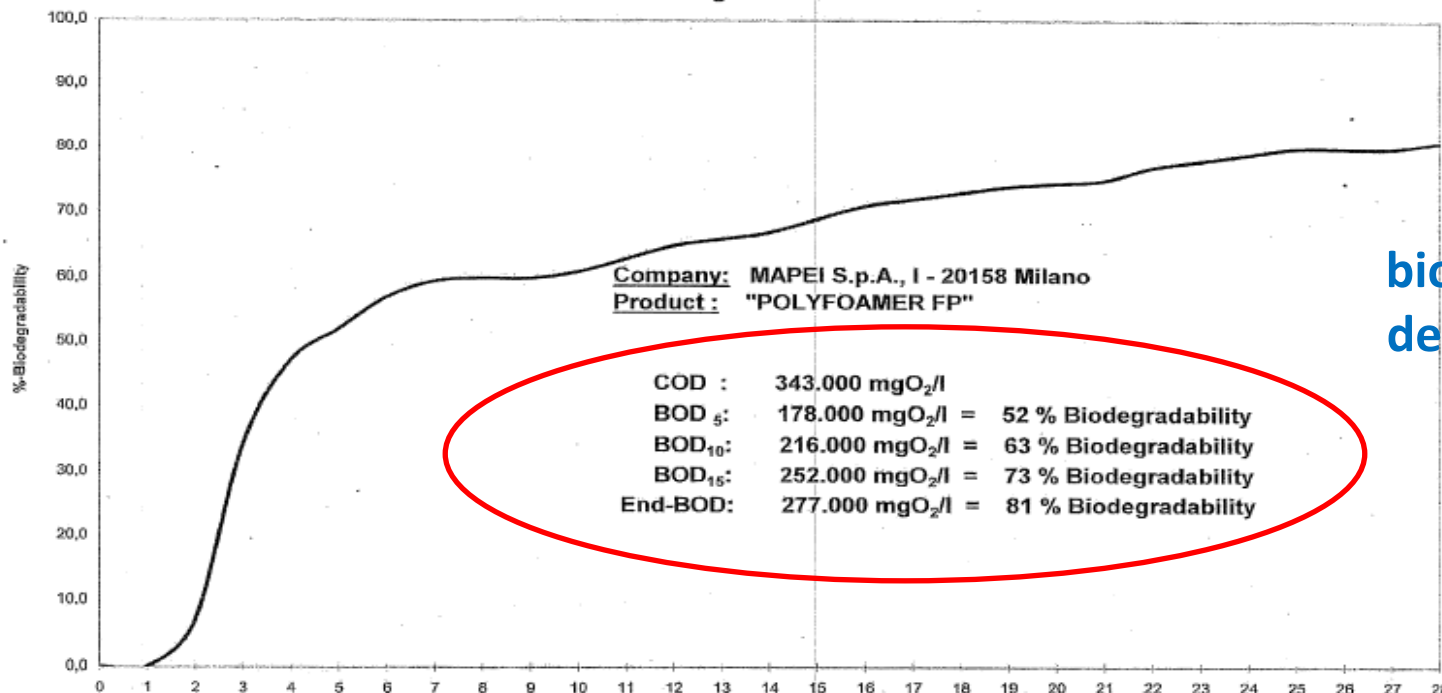
# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Composición química de las espumas

HYGIENE-INSTITUT DES RUHRGEBIETS ZU GELSENKIRCHEN  
Rotthäuser Straße 19, 45879 Gelsenkirchen - Ruf (0209) 9242-0

Appendix K-192790-10-WR

### Biochemical degradation-kinetics



Curva de  
biodegradabilidad  
del Polyfoamer FP

Tiempo (días)

# **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

## **Aspectos medioambientales**

**El grado de impacto ambiental de un producto para el  
acondicionamiento del terreno depende de dos aspectos:**

1) Composición química del producto (formulación)

**2) Parámetros de utilización del producto**

**=**

**dosificación por metro cubico de terreno para obtener  
un acondicionamiento optimo**

# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Utilización y dosificación de las espumas



### Parámetros

❖ **Concentración del agente espumante en agua**

❖ **FER=**  $\frac{\text{Volumen de espuma generada}}{\text{Volumen del liquido generador}}$

❖ **FIR=**  $\frac{\text{Volumen de espuma inyectada}}{\text{Volumen de terreno excavado}}$

# **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

## **Utilización y dosificación de las espumas**

### **CONO DE ABRAMS**

Prueba de laboratorio para evaluar la dosificación de la espuma con el terreno propio del sitio de obra a ser excavado.



## **Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB**

### **Utilización y dosificación de las espumas**

Material mal acondicionado  
(demasiado seco)



Material mal acondicionado  
(demasiado fluido)



# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Utilización y dosificación de las espumas

**Acondicionamientos correctos.**

**La consistencia es optima para la excavación con EPB.**



# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Nueva generación de agentes espumantes



Constante  
inversión en  
R&D para el  
desarrollo  
de nuevos  
productos de  
menor  
impacto  
ambiental

## Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

### Nueva generación de agentes espumantes

MAPEI – UTT ha desarrollado una **nueva línea de espumas** para el acondicionamiento del terreno con TBM-EPB, **con impacto ambiental mínimo**, los **POLYFOAMER ECO**.

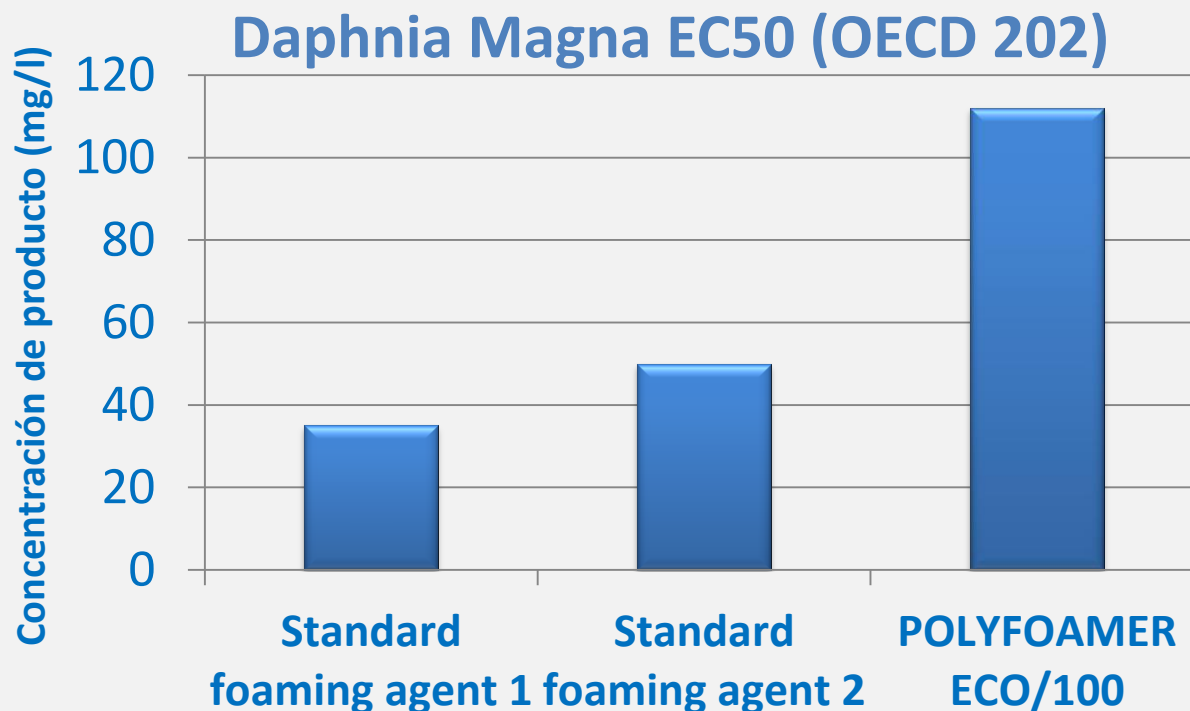
- Utilización de tenso-activos biodegradables con toxicidad mínima
- Utilización de un polímero natural de origen vegetal, para mejorar las prestaciones técnicas de la espuma
- Eliminación de los glicoles y de otros solventes a bajo grado de biodegradabilidad presentes en las espumas tradicionales



# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Nueva generación de agentes espumantes

**El POLYFOAMER**  
**ECO/100 produce un**  
**efecto de toxicidad**  
**sobre el organismo**  
**Daphnia Magna 3 veces**  
**inferior comparado con**  
**2 productos**  
**tradicionales.**



***Evaluación del índice***

**Hygiene-Institut  
des Ruhrgebiets**

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie

Direktor: Prof. Dr.rer.nat. Lothar Dunemann

Träger: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V.



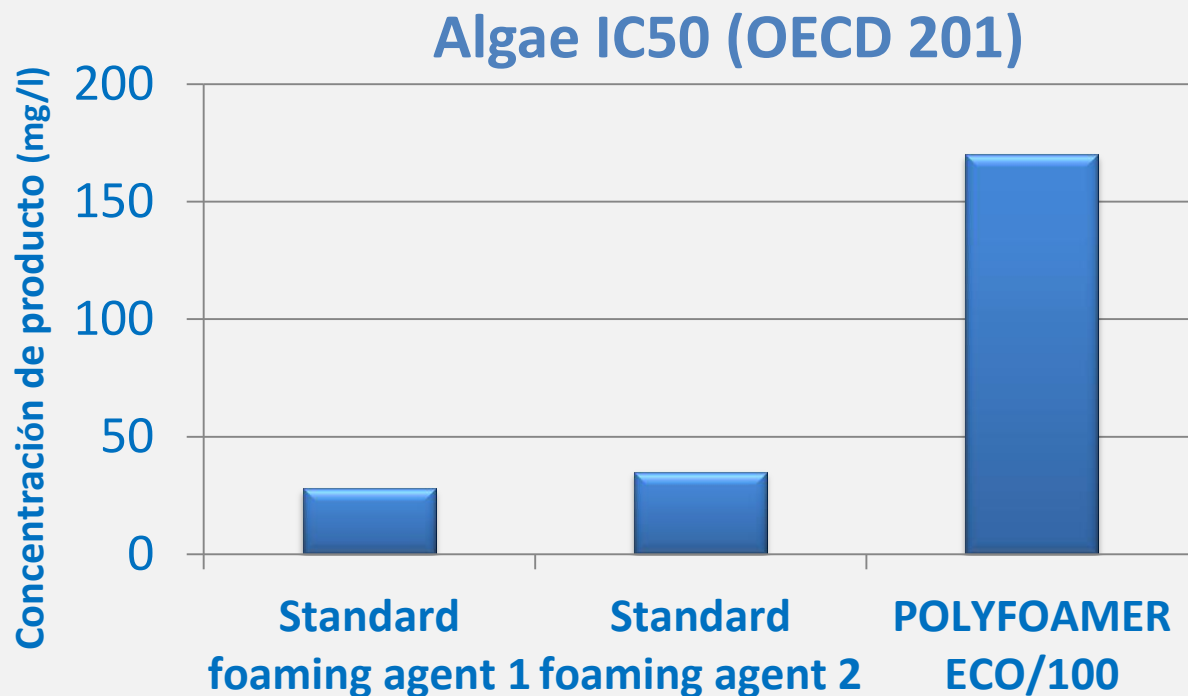
# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Nueva generación de agentes espumantes

### EL POLYFOAMER

ECO/100 produce un efecto de toxicidad sobre los organismos Algas Verdes 8 veces inferior comparado con 2 productos tradicionales.

*Evaluación del índice IC50 Algae*



**Hygiene-Institut  
des Ruhrgebiets**

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie

Direktor: Prof. Dr.rer.nat. Lothar Dunemann

Träger: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V.



# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB



## Referencias de proyectos en Italia

# Acondicionamiento del terreno en TBM-EPB

## Referencias de proyectos en Italia

**El POLYFOAMER ECO/100 es el único producto aprobado** después de las pruebas técnicas y ambientales en los siguientes proyectos en Italia:

- TBM “Santa Lucia” en Barberino di Mugello, ampliación de la Autopista A1
- TBM en Firenze, cruce ferrocarril de la ciudad



## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

#### Proyecto TBM “Santa Lucia”

#### Ampliación de la Autopista A1 entre Firenze y Bologna

TBM: EPB

Diámetro de excavación: 15,87 m

Longitud del tunel: 7,528 km



**Es la TBM más grande de Europa.**

# Referencias de proyectos en Italia

## TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

### Geología

- «Sillano»: terreno cohesivo, principalmente arcilla y arcillita
- «Monte Morello»: terreno granular, principalmente caliza

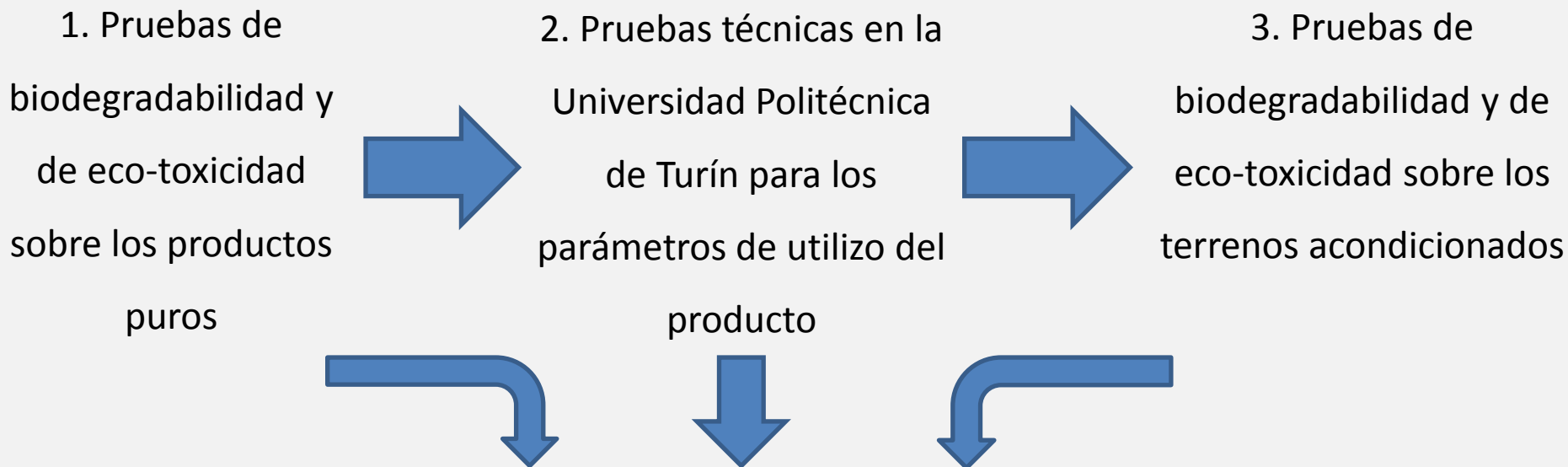


**Sillano y Monte Morello acondicionados con POLYFOAMER ECO/100**

## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

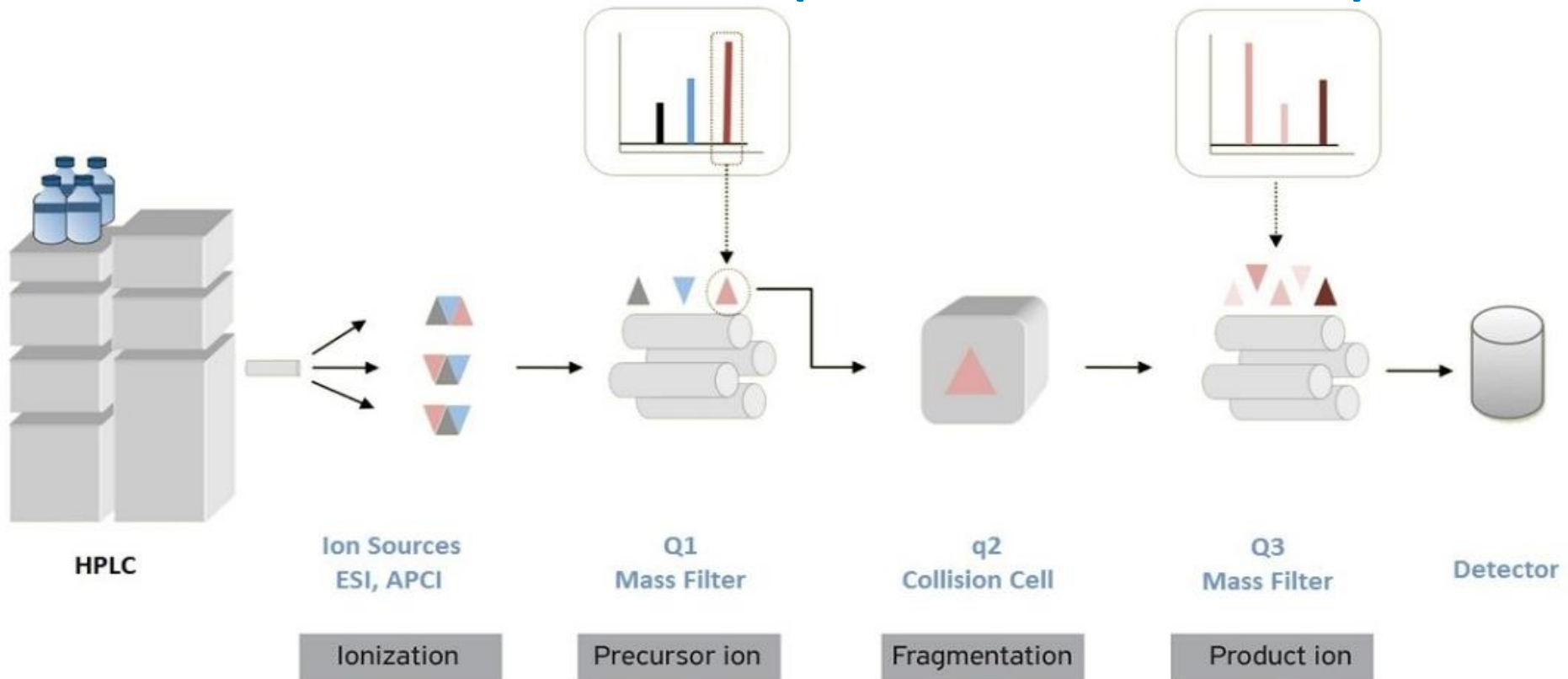
Pruebas ambientales para seleccionar el producto de menor impacto ambiental entre 7 pre-seleccionados de 7 proveedores distintos, ejecutadas por CNR = “Consiglio Nazionale delle Ricerche”, en Roma.



**Selección final del producto POLYFOAMER ECO/100**

## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)



### Prueba de biodegradabilidad

**HPLC-MS**: instrumento utilizado para medir la cantidad de tenso-activo en el terreno acondicionado.

## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

#### Degradación del tenso-activo en el tiempo, terreno "Sillano"

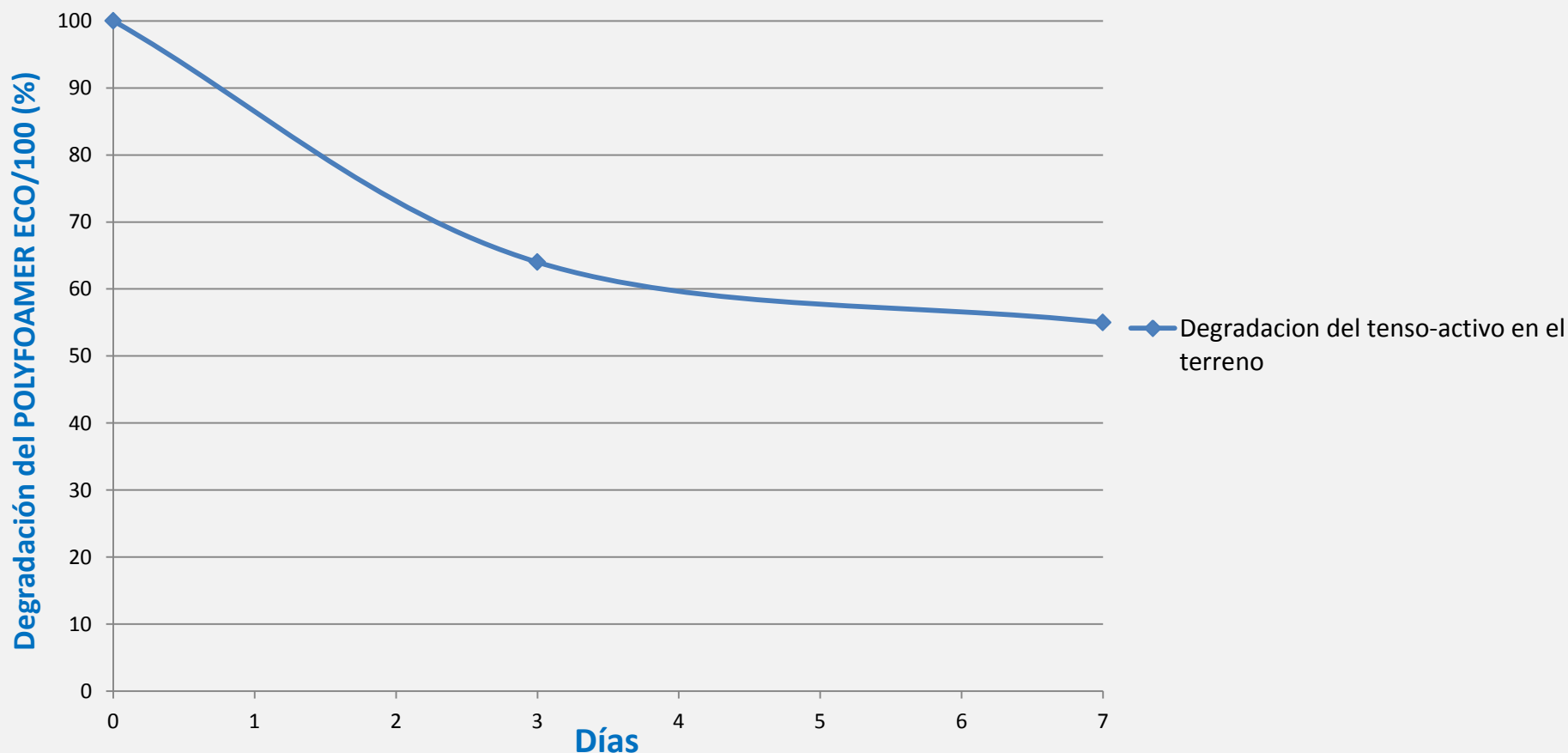
| Tiempo | terreno + POLYFOAMER ECO/100 |
|--------|------------------------------|
| 0      | 100%                         |
| 3 días | 60%                          |
| 7 días | 42%                          |

#### Degradación del tenso-activo en el tiempo, terreno "Monte Morello"

| Tiempo | terreno + POLYFOAMER ECO/100 |
|--------|------------------------------|
| 0      | 100%                         |
| 3 días | 64%                          |
| 7 días | 55%                          |

## Referencias de proyectos en Italia TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

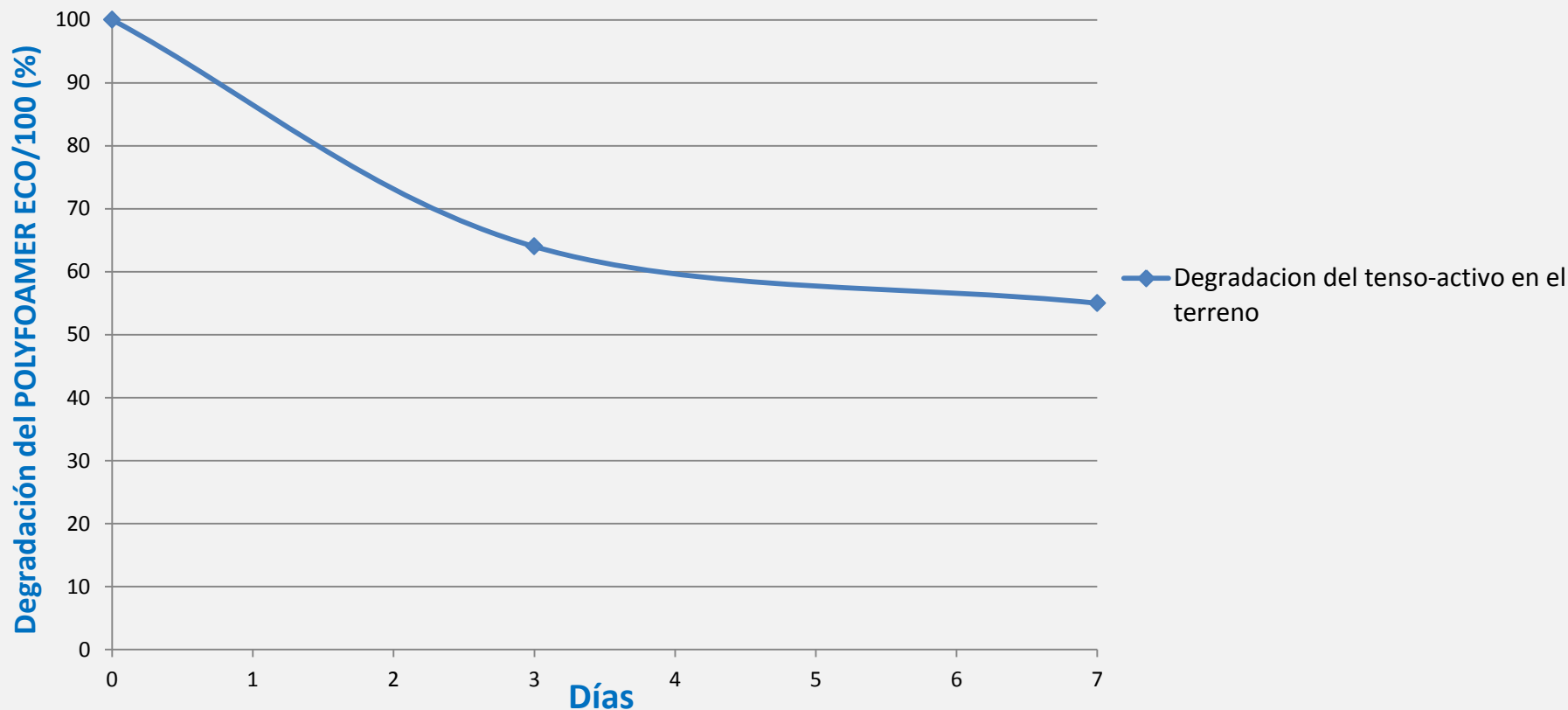
**“Sillano” acondicionado con POLYFOAMER ECO/100**



## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

**“Monte Morello” acondicionado con POLYFOAMER ECO/100**



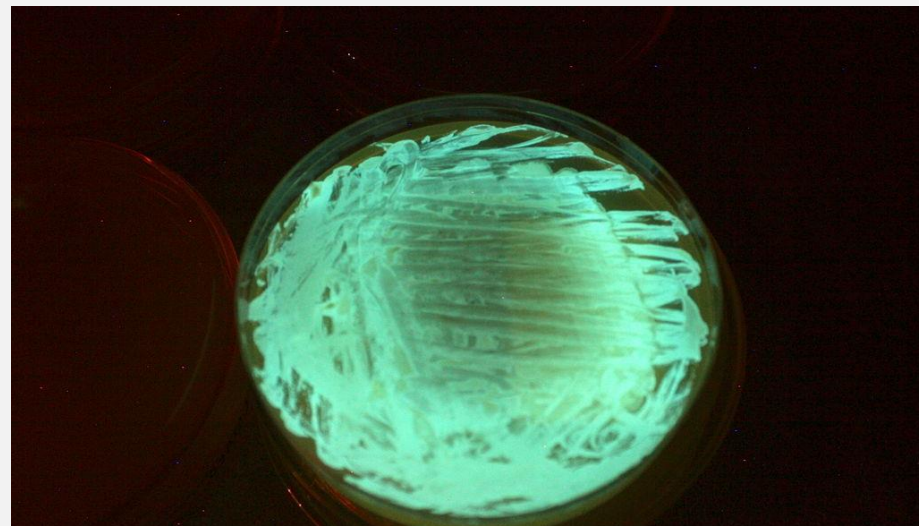
## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)



Exposición del organismo con el  
producto y medida a 15' y 30' de su  
supervivencia (=bioluminiscencia)

Prueba de eco-toxicidad con la  
bacteria bio-luminiscente **Vibro**  
**Fisheri** según la ISO 11348-3:2007



## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

Porcentaje de supervivencia de la bacteria Vibrio Fisheri en el tiempo

A Tiempo = 0, terreno "Sillano"

|     | terreno | terreno + POLYFOAMER ECO/100 |
|-----|---------|------------------------------|
| 15' | > 95%   | 92%                          |
| 30' | > 95%   | 86%                          |

A Tiempo = 7 días, terreno "Sillano"

|     | terreno | terreno + POLYFOAMER ECO/100 |
|-----|---------|------------------------------|
| 15' | > 95%   | 94%                          |
| 30' | > 95%   | 89%                          |

## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

Porcentaje de supervivencia de la bacteria Vibrio Fisheri en el tiempo

A Tiempo = 0, terreno “Monte Morello”

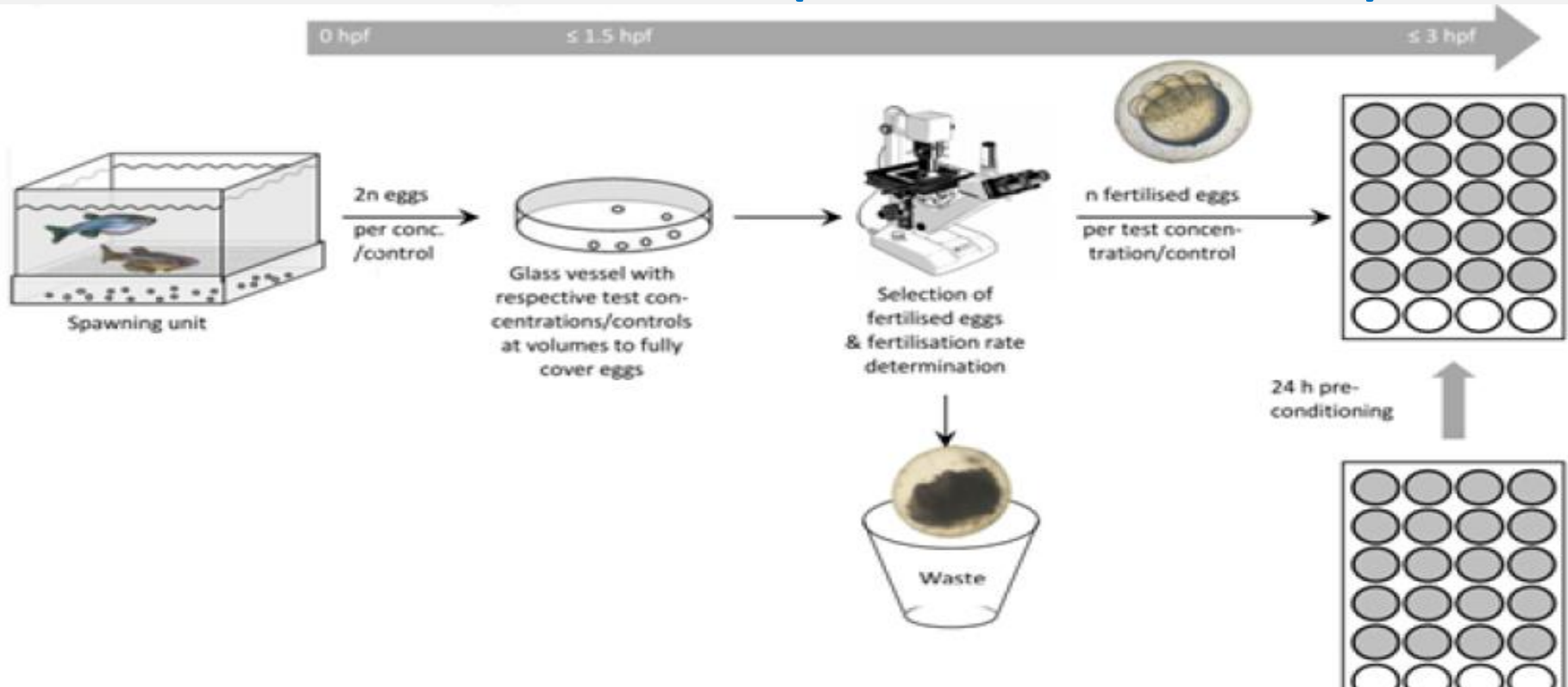
|     | terreno | terreno + POLYFOAMER ECO/100 |
|-----|---------|------------------------------|
| 15' | > 95%   | 81%                          |
| 30' | > 95%   | 74%                          |

A Tiempo = 7 días, terreno “Monte Morello”

|     | terreno | terreno + POLYFOAMER ECO/100 |
|-----|---------|------------------------------|
| 15' | > 95%   | 86%                          |
| 30' | > 95%   | 83%                          |

# Referencias de proyectos en Italia

## TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)



**Hygiene-Institut  
des Ruhrgebiets**

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie

Direktor: Prof. Dr.rer.nat. Lothar Dunemann

Träger: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V.



## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

Porcentaje de supervivencia del pez Danio Rerio en el tiempo

|                 | terreno "Sillano" | terreno + POLYFOAMER<br>ECO/100 |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|
| Tiempo = 0      | 90%               | 90%                             |
| Tiempo = 7 días | 90%               | 85%                             |

|                 | terreno "Monte<br>Morello" | terreno + POLYFOAMER<br>ECO/100 |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|
| Tiempo = 0      | 90%                        | 20%                             |
| Tiempo = 7 días | 90%                        | 95%                             |

**Hygiene-Institut  
des Ruhrgebiets**

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie

Direktor: Prof. Dr.rer.nat. Lothar Dunemann

Träger: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V.



## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)

La TBM está en producción desde Mayo,  
utilizando el **POLYFOAMER ECO/100** como  
agente espumante.



## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)



El terreno acondicionado se acopia temporalmente en contenedores  
cada uno de los 10 contenedores tiene capacidad de aproxim. 5 mil ton.

## Referencias de proyectos en Italia

### TBM-EPB Santa Lucia (15,87 m de diámetro)



**El terreno se puede transportar fuera de los contenedores a su lugar definitivo como “residuo no peligroso”, solamente si las pruebas ambientales dan resultados positivos.**

## Referencias de proyectos en Italia TBM-EPB de Firenze

### Proyecto TBM de Firenze Cruce ferrocarril de la ciudad

TBM : EPB

Diámetro de excavación:  
9,4 m

Longitud del túnel:  
aprox. 8 km



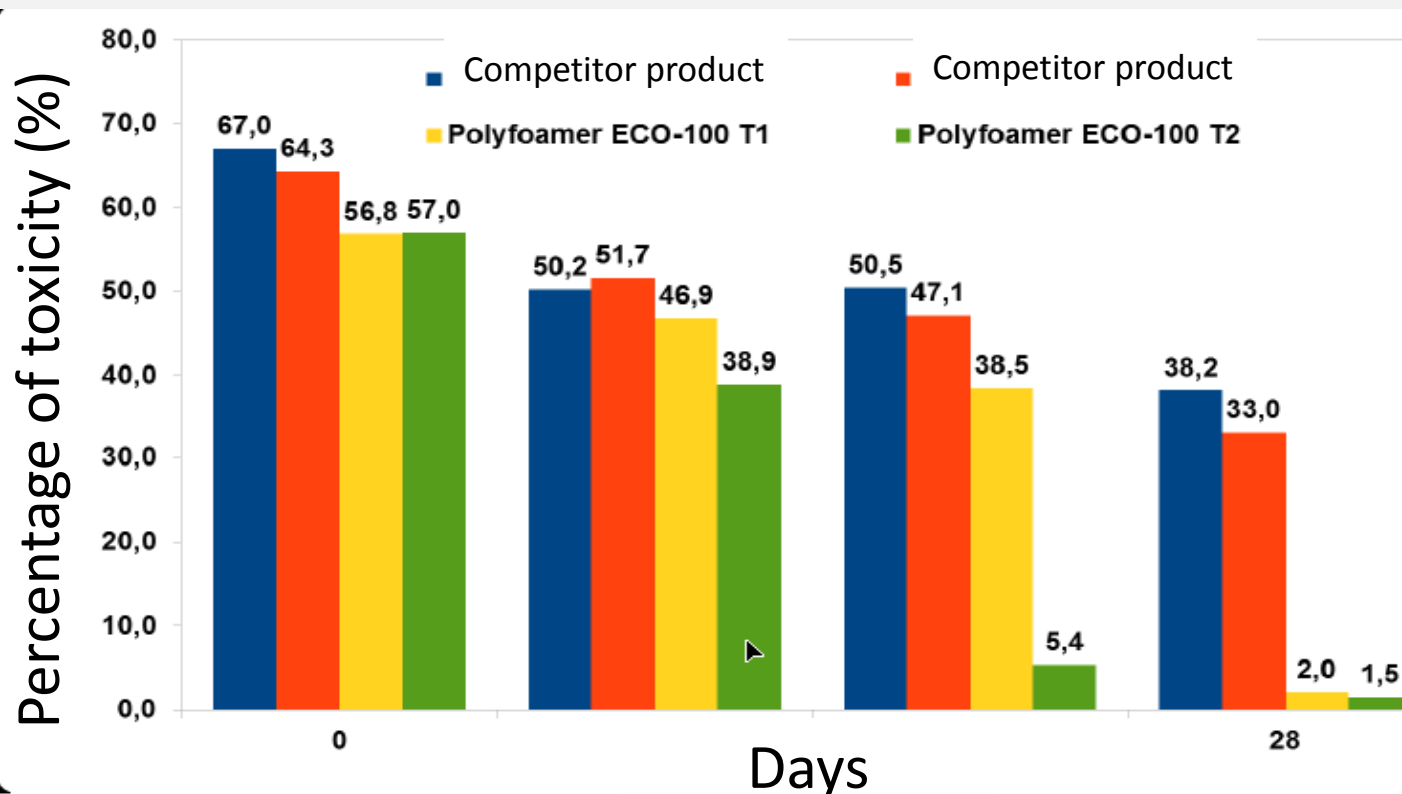
## **Referencias de proyectos en Italia**

### **TBM-EPB de Firenze**

Estudio ambiental para seleccionar el agente acondicionante

1. Análisis de riesgo preliminar y estudios eco-toxicológicos con 8 productos de 8 diferentes proveedores químicos
2. Selección preliminar de 2 productos para la segunda fase de estudio
3. Biodegradación de los dos productos pre-seleccionados
4. Pruebas de eco-toxicidad con terreno acondicionado con los 2 productos, organismos utilizados: algas “Pseudokirchneriella subcapitata”, planta “Lepidium Sativum”, bacteria “Vibrio Fisheri”, huevos de pez “Daphnia Magna”
5. **Selección y aprobación únicamente del POLYFOAMER ECO/100**

## Referencias de proyectos en Italia TBM-EPB de Firenze



**La reducción de toxicidad con la utilización del POLYFOAMER ECO/100 es mucho mas rápida que con el otro producto. La diferencia se nota desde el tiempo 0 y aumenta considerablemente a 28 días.**

# Gracias por su atención Preguntas?

