

Recuperación de balsas de alpechín - Resultados



Universidad Miguel Hernández y Universidad de Almería



María Rosa Martínez Gallardo- UAL
José A. Sáez Tovar- UMH



Life+Regrow

LIFE16 ENV/ES/331

Proyecto europeo de recuperación medioambiental de las balsas de alpechín

www.liferegrow.eu



Webinar Seminario Virtual LIFE+REGROW – 25 Noviembre 2020

Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación - Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Compost y vermicompost
- Consorcio microbiano LIFE-REMOW

3. Conclusiones

Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación - Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

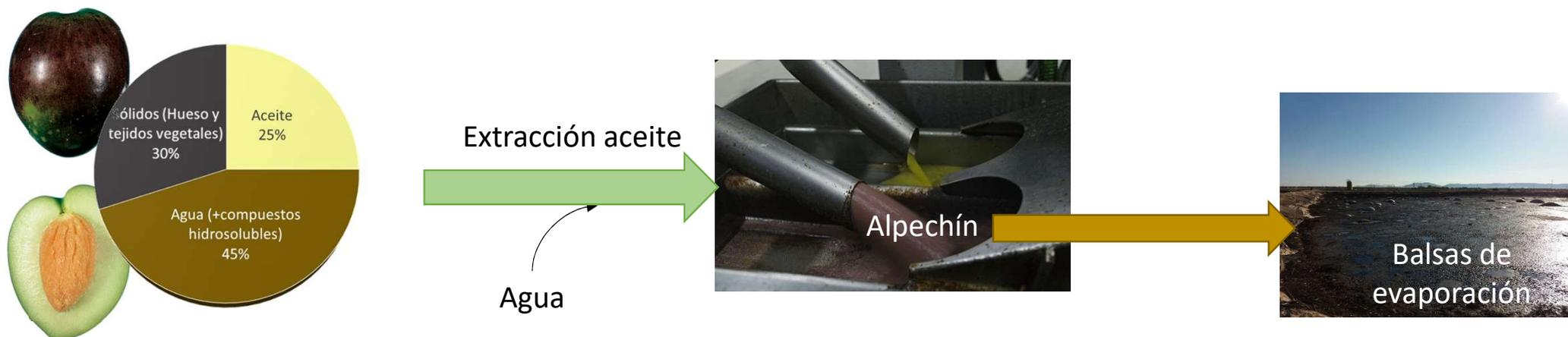
2. Productos LIFE+REGROW

- Compost y vermicompost
- Consorcio microbiano LIFE-REMOW

3. Conclusiones y acciones posteriores

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes



Alpechín:

Compuesto por el agua de vegetación y los tejidos blandos de las aceitunas y el agua usada en las distintas etapas de la elaboración del aceite

El volumen de alpechín que se produce es de $0,5-1,5 \text{ L kg}^{-1}$ de aceituna molturada

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes

Composición del alpechín



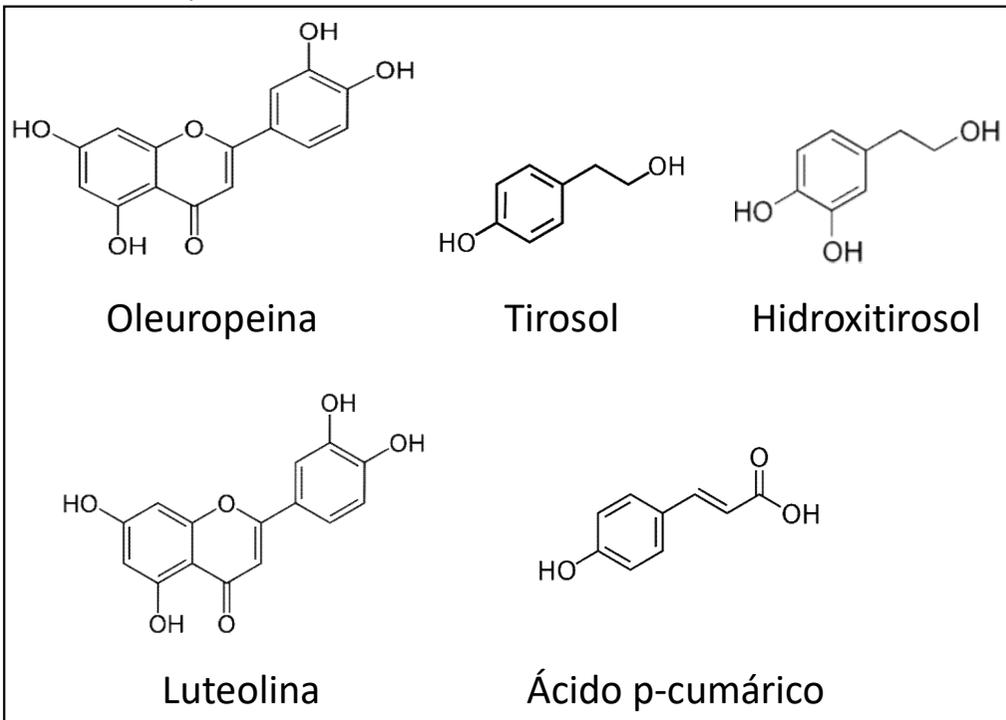
Parámetro		Observaciones
Materia orgánica (%)	10-80	Baja Biodegradabilidad
Humedad (%)	>80	Debido al agua añadida al proceso
pH	5-6	Presencia de ácidos orgánicos
Conductividad eléctrica (CE)	Alta	Riqueza mineral
DQO (gr O ₂ /ltr)	105-130	Medida de la Biodegradabilidad de la materia orgánica y consumo de O ₂
Sólidos en Suspensión (gr/l)	1,10	
Polifenoles (gr/l)	9,4-9,7	Efecto fitotóxico y bactericida

- ✓ Residuo Líquido (>80% es agua) de color oscuro y fuerte olor
- ✓ Carácter hidrófobo
- ✓ Aspecto oleaginoso
- ✓ Gran contenido en nutrientes (NPK) y sales
- ✓ Elevada carga contaminante

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes

El alpechín contiene más de 50 compuestos fenólicos diferentes, destacan:



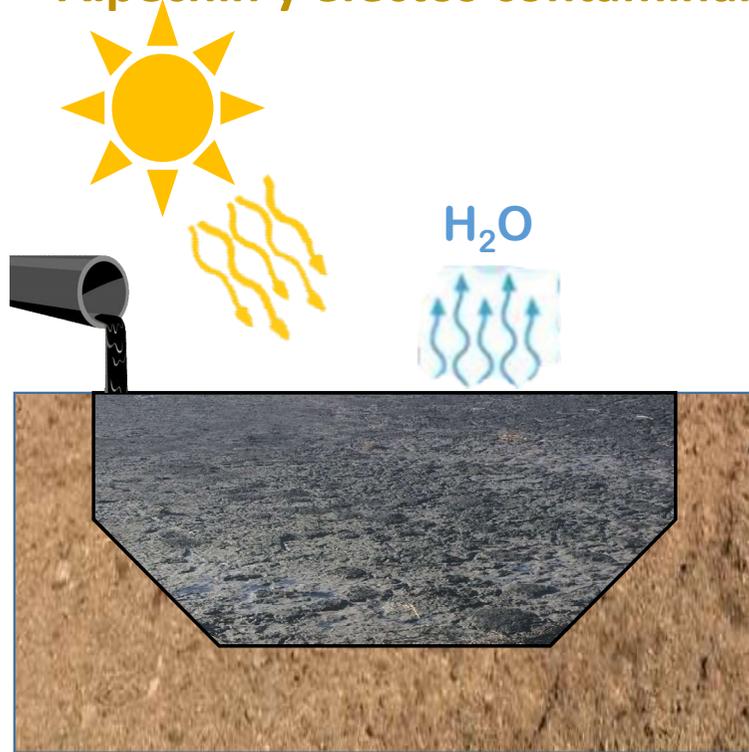
- Confieren color
- Son difíciles de degradar (se acumulan)
- Efecto fitotóxico
- Efecto antimicrobiano y ecotóxico

Efecto contaminante

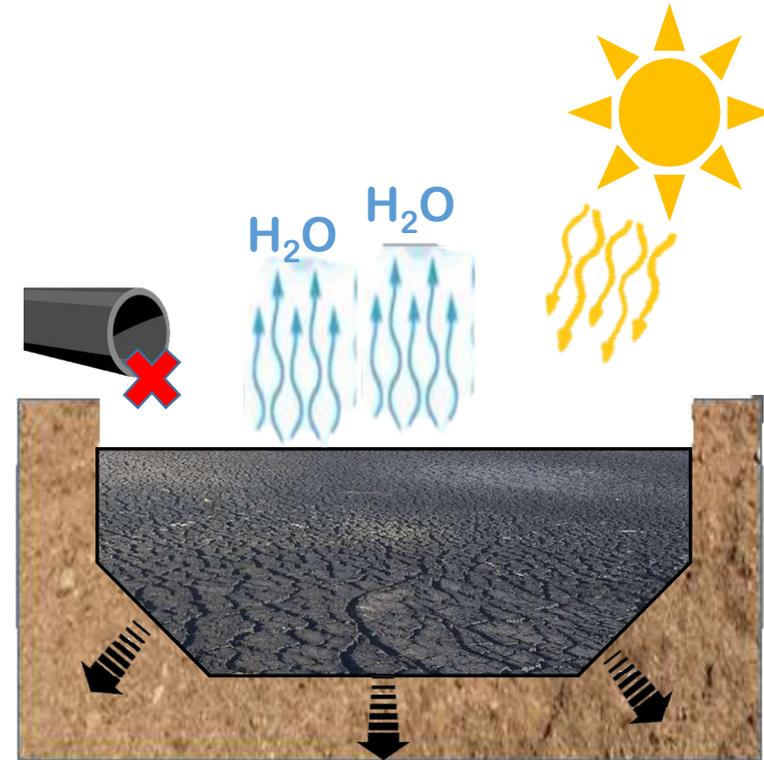


1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes



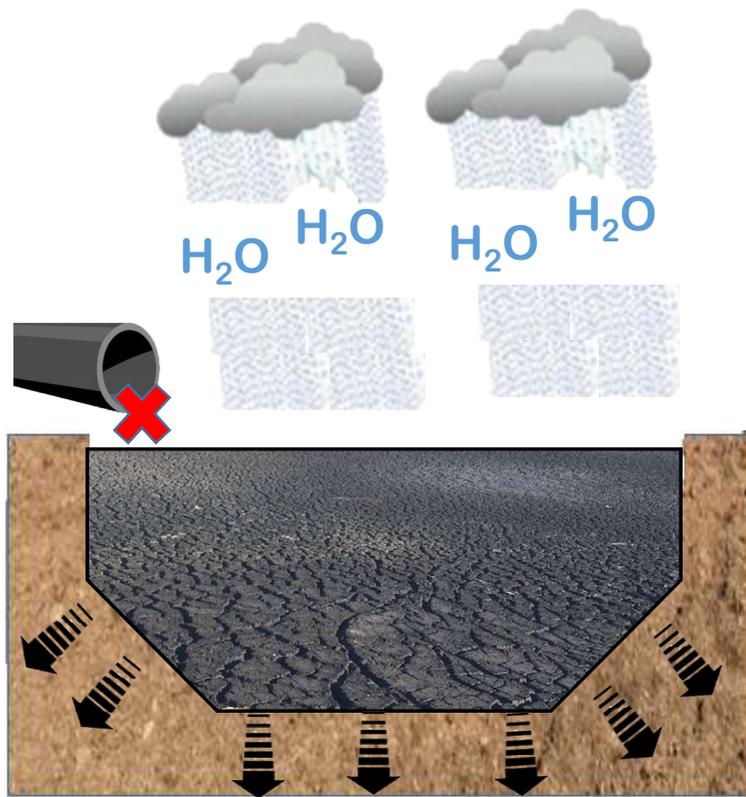
Balsa en activo



Balsa en desuso

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes



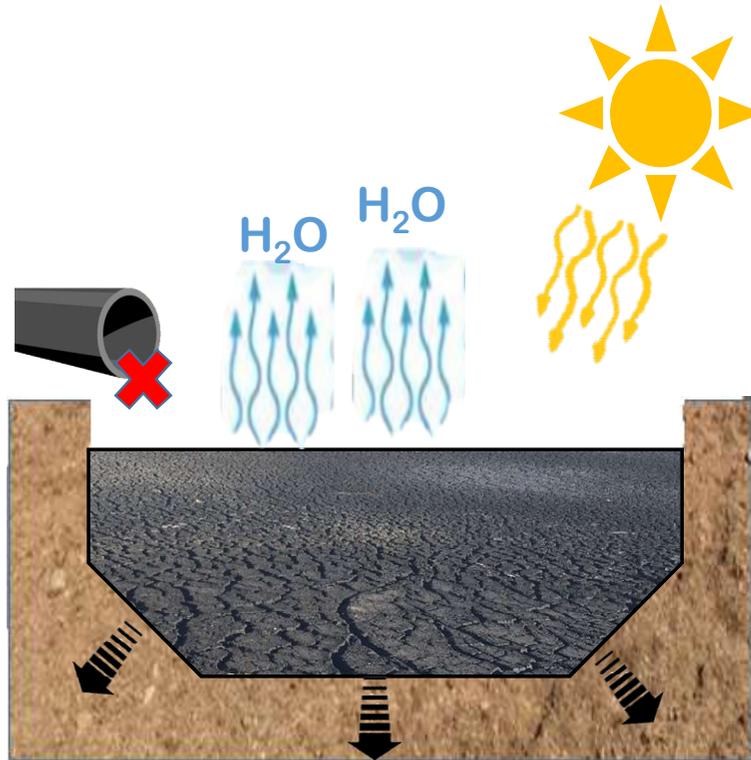
Balsa en desuso

En las balsas de evaporación de alpechín en desuso

- Procesos de **HUMECTACIÓN-DESECACIÓN** tras eventos lluviosos
- Formación de una “costra” parcialmente **vitrificada** con **mayor resistencia mecánica**
- Mayor **riesgo** de **infiltración** y por tanto de **dispersión** de la **contaminación**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes



Balsa en desuso

En las **balsas de evaporación de alpechín en desuso**

- Los compuestos **contaminantes se concentran** = Mayor efecto contaminante
- Riesgo de **contaminación de suelos** circundantes, **acuíferos o cursos fluviales**
- Los sedimentos de alpechín presentan otras características = **difícil gestión**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Impacto Social del problema ambiental de las balsas en desuso

Jaén IDEAL is Alcalá la Real Andújar Úbeda Cazoria Baeza

El Seprona vigila nuevas balsas de orujo por el riesgo de vertidos



EXTREMADURA

La industria aceitunera acecha el medioambiente

Ecologistas denuncian reiterados vertidos contaminantes a los ríos



ABCórdoba CORDOBA

Sevilla • Provincia • Opinión Andalucía • España Internacional Economía Deportes • Cultura • Gurmé • 90 Aniversario ABC Gente&Estilo • Conocer • Más

AVILLA ANDALUCÍA Almería Cádiz Córdoba Granada Huelva Jaén Málaga Sevilla

CONTAMINACIÓN

Un vertido de orujo deja cientos de peces muertos en el río Guadalquivir y alcanza los 20 kilómetros

Medio Ambiente y la CHG abren un expediente a la responsable, Oleicola El Tejar de Pedro Abad

CORDOPOLIS®

CÓRDOBA HOY PROVINCIA

Cientos de peces muertos aparecen en la zona del vertido de orujo en el Guadalquivir

Los animales han empezado a cubrir las orillas este miércoles

MANUEL J. ALBERT - 21/06/2017 14:26

Bienvenidos/as a Ecosol-huevar.org

ASOCIACIÓN ECOLOGIA Y SOLIDARIDAD DE HUEVAR

Huevar del Aljarafe, Sevilla

JUEVES, 17 DE NOVIEMBRE DE 2011

NUEVO ATENTADO CONTRA EL MEDIO AMBIENTE

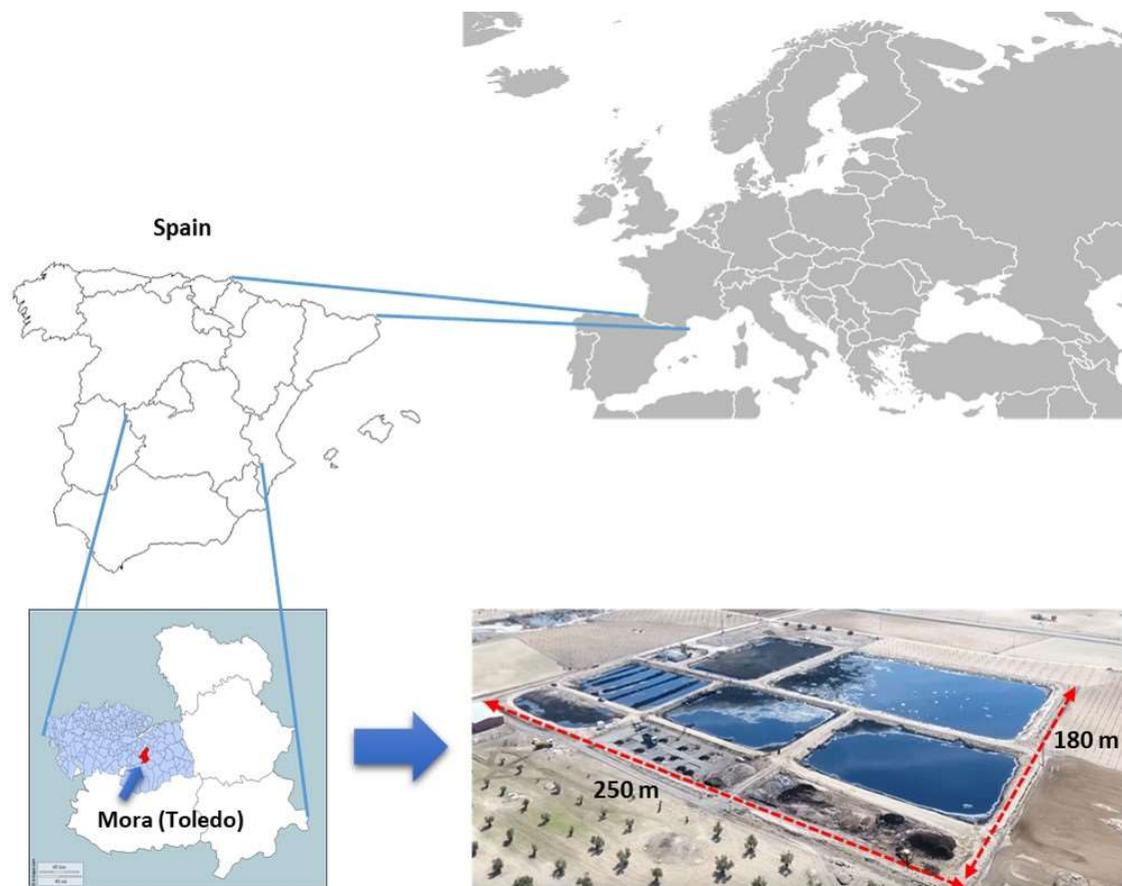
Alpechín seco (Salmuera)

Olivos cubiertos de Alpechín

Arroyo San Cristóbal contaminado de Alpechín

Vallas en mal estado: Trampa mortal para cualquier ser vivo.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes

Balsas de evaporación de alpechín: opciones de recuperación/descontaminación



1. Determinar el área afectada:

- ¿Suelo o acuíferos contaminados?



2. Aplicar tratamiento a material contaminado:

- Transporte de sedimentos y tratamiento por gestores



- Tratamiento de material en las propias balsas (*in situ*)



LIFE+REGROW: Estrategias de **BIO**rrecuperación *in situ*

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Alpechín y efectos contaminantes

Balsas de evaporación de alpechín: fases LIFE+REGROW

- Análisis del **estado inicial**
- **Demostración** estrategias de biorrecuperación



- **Escalado** estrategias de biorrecuperación, restauración completa



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Estrategias de BIORrecuperación

- Métodos naturales que emplean **organismos vivos o sus productos** para la recuperación de un material contaminado.
- También denominadas estrategias de **biodescontaminación o biorremediación**.
- En las **balsas de Mora** se aplican cuatro estrategias que implican la actuación de **microorganismos, plantas y lombrices**.
- Todas las estrategias requieren **bioestimulación** mediante incorporación de residuos orgánicos.
- La descontaminación se puede **acelerar** incorporando (**bioaumentación**) microorganismos especialistas en biodescontaminación de contaminantes de la balsas (**+REMOW**).

Organismos vivos

Materia orgánica (nutrientes): Residuos orgánicos



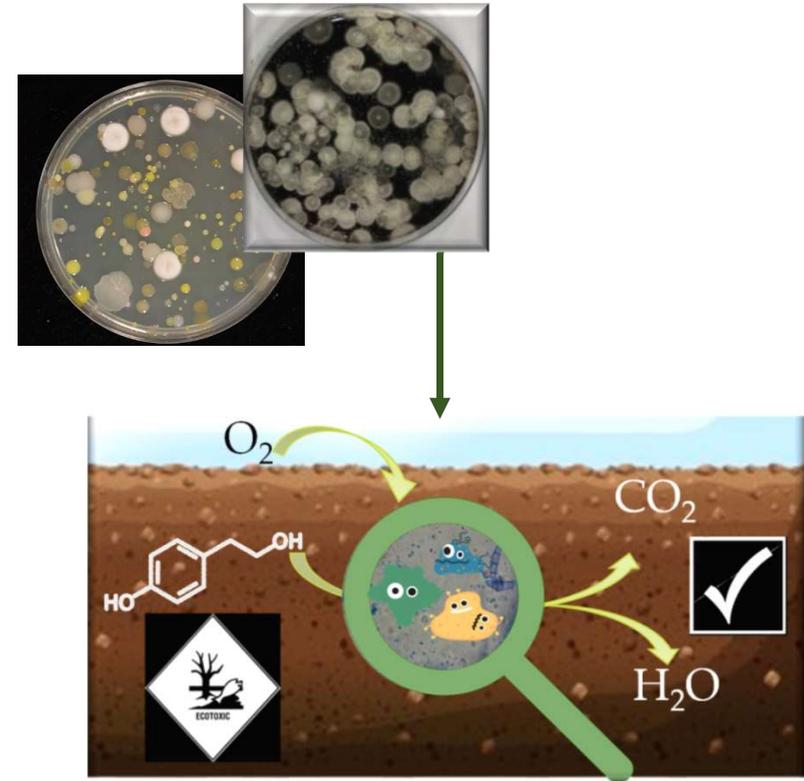
Estrategia	Organismos que intervienen en descontaminar
Laboreo	Microorganismos
Fitorremediación	Plantas y microorganismos
Compostaje	Microorganismos
Vermicompostaje	Lombrices y Microorganismos

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Estrategias de Biorrecuperación: Mejora mediante bioaumentación

Bioaumentación

- Técnica de biodescontaminación en la que se **incorporan** microorganismos especialistas en la eliminación del agente contaminante.
- Los microorganismos **pueden proceder del suelo contaminado**, a partir del que se aíslan, se cultivan, incrementando su número, y se reincorporan al suelo.
- En LIFE+REGROW se emplean microorganismos **+REMOW, aislados a partir de las balsas** y específicamente seleccionados para la descontaminación del alpechín.



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Fundamentos

Estrategias de Biorrecuperación

Ventajas

- Son procesos **naturales**
- Eliminan una gran **variedad de contaminantes**
- Se realizan **en el lugar** de la contaminación (*in situ*)
- **Mas baratos** que otras tecnologías
- El **suelo descontaminado se recupera** para: Agricultura, Pastoreo, Reforestación, Uso público
- Se **produce compost y vermicompost** útiles para: Agricultura, Restauración de suelos

Inconvenientes

- Limitados a **contaminantes biodegradables**.
- Suelen ser tratamientos más **prolongados** que otras opciones.



Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación - Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Compost y vermicompost
- Consorcio microbiano LIFE-REMOW

3. Conclusiones y acciones posteriores

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estado inicial



Caracterizar material de las balsas y extensión de la contaminación:

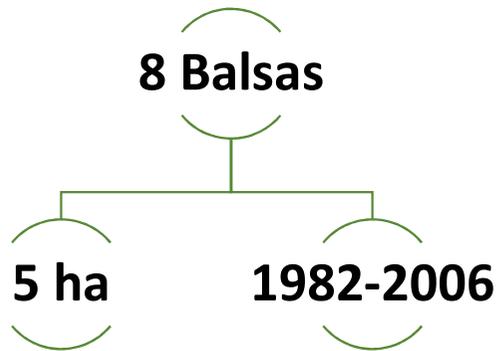
- Muestras superficie (0-45cm) y profundidad (45-120cm)

Determinar valores de referencia en suelos no contaminados:

- Suelo agrícola del entorno (SAE): muestras de suelo de 20 puntos en un radio de 2,5 Km



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estado inicial



5 Balsas Orgánicas
(19000 m² – 15000 m³)

3 Balsas Minerales
(4700 m² - 2900 m³)

Características
alpechín

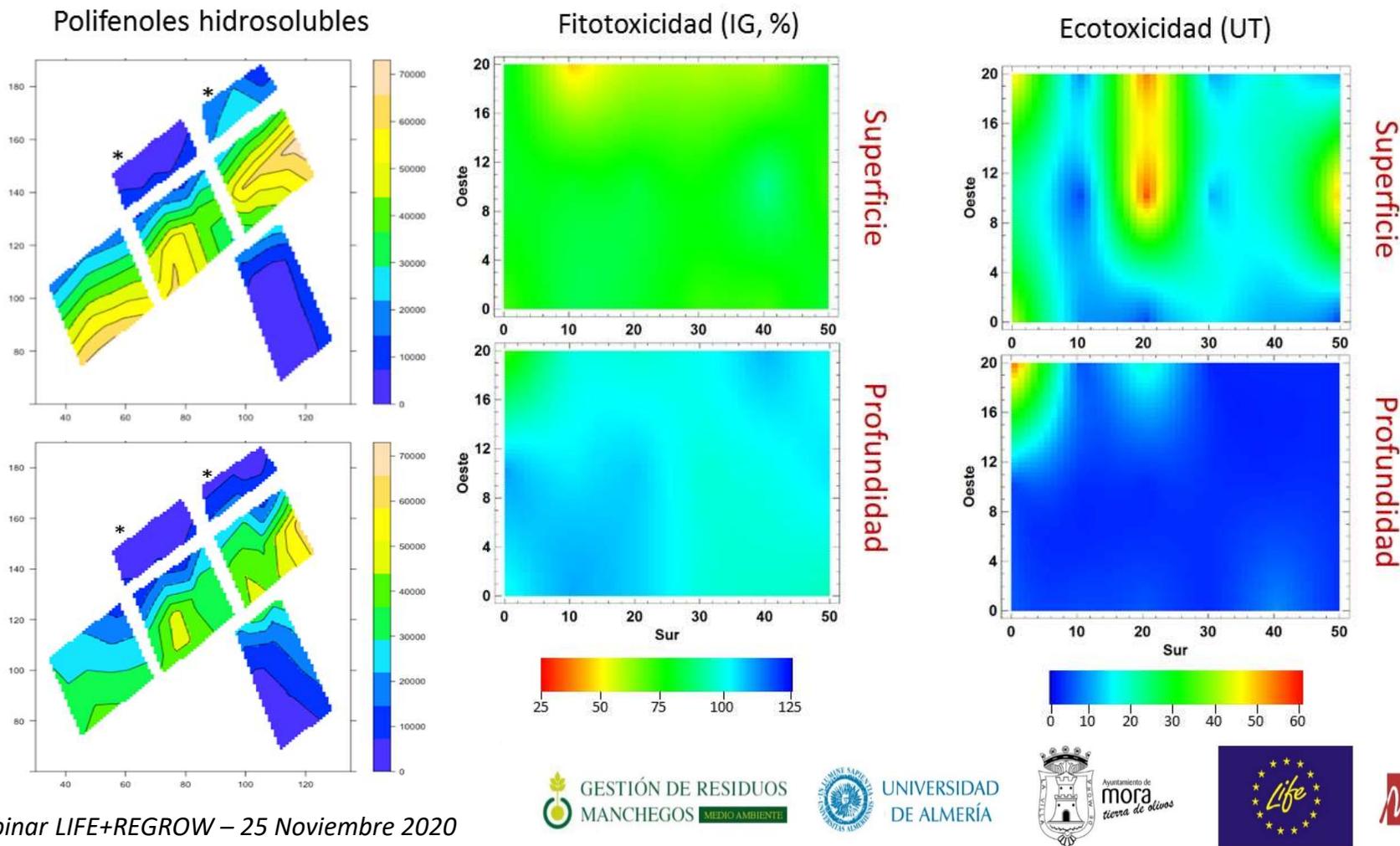
- **Profundidad media 1 metro**

- ↑ Fenoles
- ↑ Humedad
- ↑ COT
- ↑ MOT
- ↑ CE
- ↑ NPK
- ↓ pH

- ↑ Densidad
- ↑ pH
- ↑ CRH
- ↓ Fenoles
- ↓ MOT

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estado inicial

Extensión de la contaminación: Restringida a capa superficial



Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación - Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Compost y vermicompost
- Consorcio microbiano LIFE-REMOW

3. Conclusiones y acciones posteriores

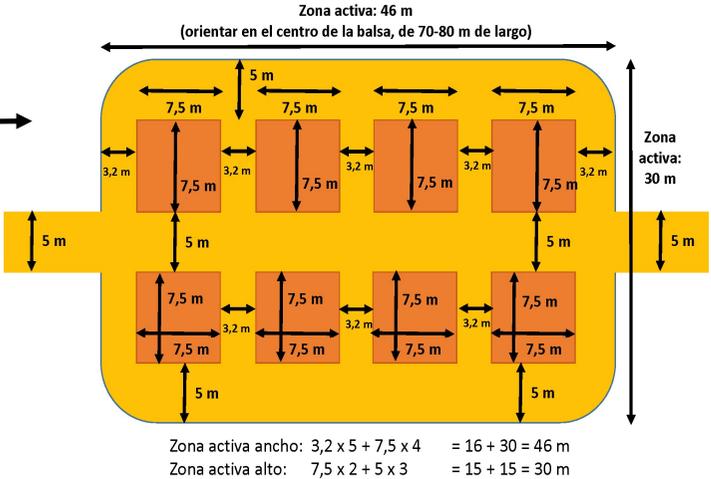
1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Procedimiento: Adecuación de la balsa DEMO



Balsa 1.
Área de acúmulo y
mezcla de material

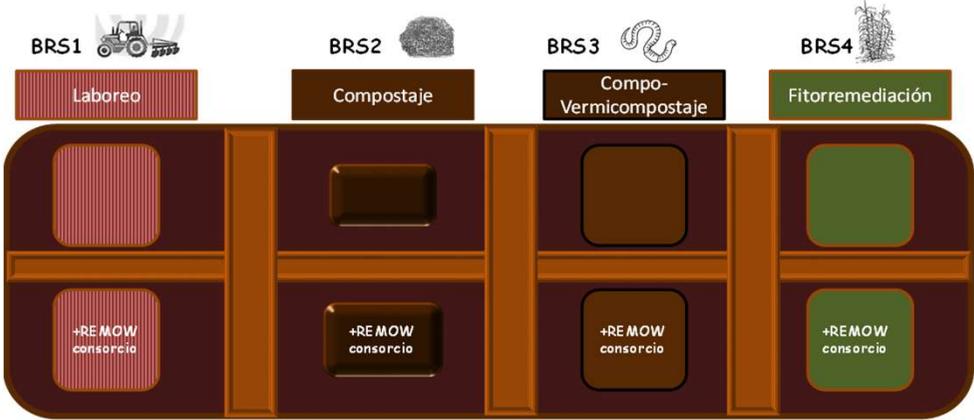
Balsa 2. DEMO-BRS
Implantación de las DEMO-
BRS



Balsa 2.
Diseño de parcelas BRS

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Procedimiento: Adecuación de la balsa DEMO



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

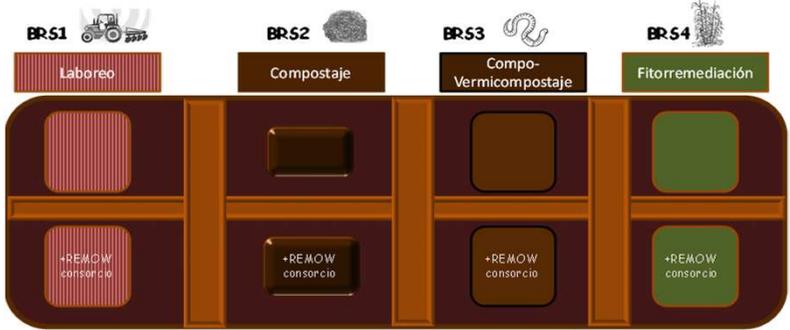
Procedimiento: Mezcla de alpechín con materia orgánica fresca

- **Alpechín** extraído de la capa superficial contaminada (balsa 2-Alpechín inorgánico; y balsa 5-Alpechín orgánico)
- **Materia orgánica fresca** (residuos orgánicos disponibles en el área)= aportan nutrientes y estructura (efecto bioestimulante=estimulan actividad microbiana)



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Procedimiento: Disposición de la mezcla en las subparcelas DEMO e incorporación consorcio



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Procedimiento:

Landfarming



Compostaje



Vermi-Compostaje



Fitorremediación



n/Indicador	Parámetro	
2. Línea base: Parámetros físicoquímicos	Humedad	
	Densidad aparente	
	pH	
	Conductividad eléctrica	
	Materia orgánica Total	
3. Línea base: Parámetros químicos	Carbono orgánico total	
	Nitrógeno total	
	Potasio hidrosoluble	
	Sodio hidrosoluble	
	Aniones hidrosolubles: Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻	
	Fósforo total	
	Potasio y Sodio total	
	Metales totales: Fe, Cu, Mn, Zn, Cd, Ni, Cr, Co, Pb, Mo, Li, Ba, B, Al, V, As, La, U	
	Polifenoles hidrosolubles	
	Fraciones de compuestos polifenólicos principales: Hidroxitirosol, Tirosol, Vainillina, ácido P-cumárico, Oleuropeína Luteonina	
	4. Línea base: Parámetros biológicos	Fito toxicidad
		Ecotoxicidad
		Carbono de biomasa
Biodiversidad funcional		
	Respiración del suelo	

Toma de muestras cada 2 meses
Tiempo total: 9 meses

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Fundamento

Landfarming o laboreo

Método de **descontaminación biológica del suelo** en el que se **estimula** la acción degradativa aerobia de los microorganismos mediante:

- Incorporación de nutrientes:
 - Excrementos animales
 - Restos de cosecha (hojas, tallos y frutos no comercializables)
 - Residuos de procesamiento de alimentos (pieles o pulpa de frutas, etc.)
- Riego
- Aireación (arado del suelo)

También se denomina **biolabranza**

Los **microorganismos del suelo**, en presencia de oxígeno, agua y nutrientes, **descomponen** los contaminantes en agua y CO₂.



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

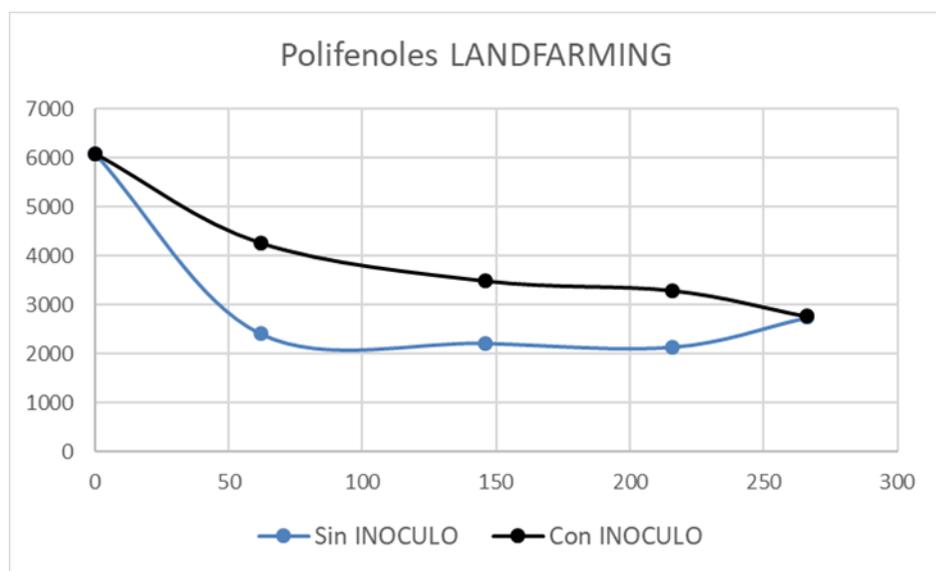
Landfarming



- Aireación mediante arado quincenal durante 5 meses y mensual 4 meses
- Riego periódico

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Landfarming

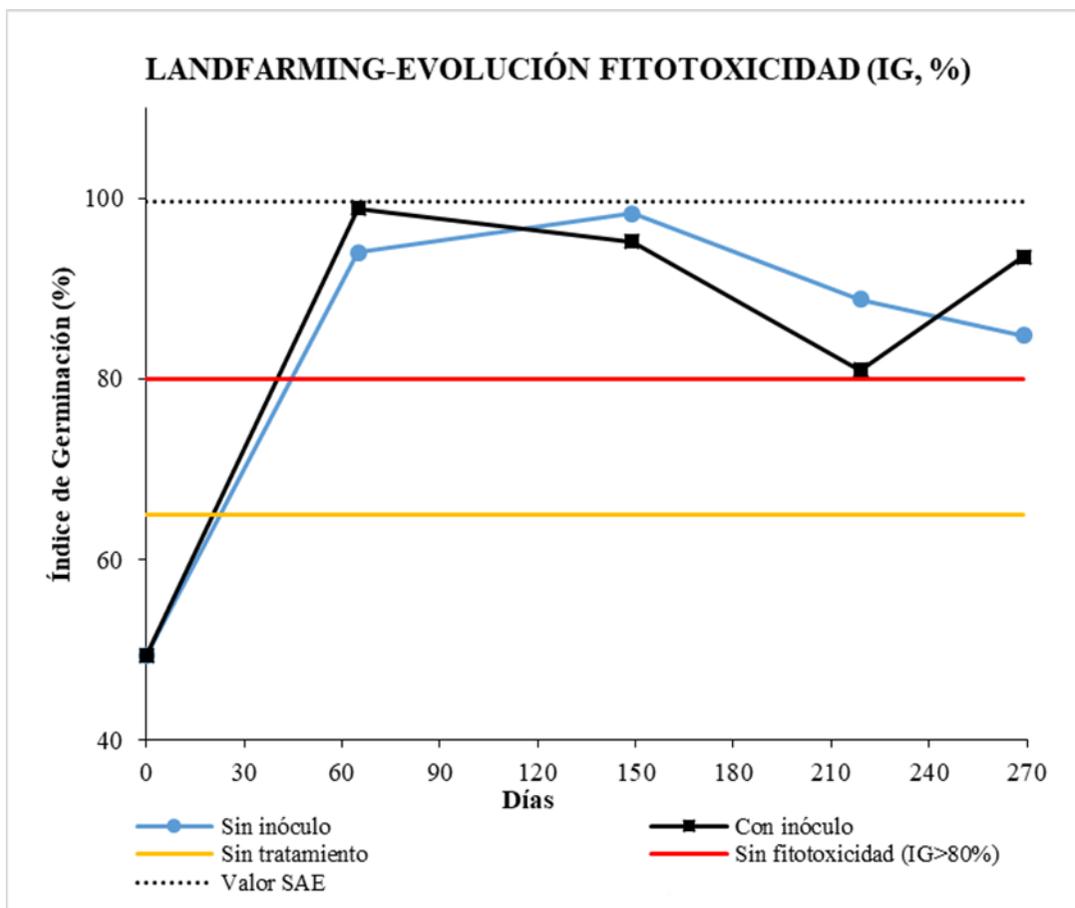


- Se detecto una **reducción media del 58,9 %** del contenido inicial de compuestos fenolicos
- En este caso **el inoculo no mejoro la reducción** de compuestos fenólicos. Alcanzando las dos parcelas **valores similares al final del proceso**



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Landfarming

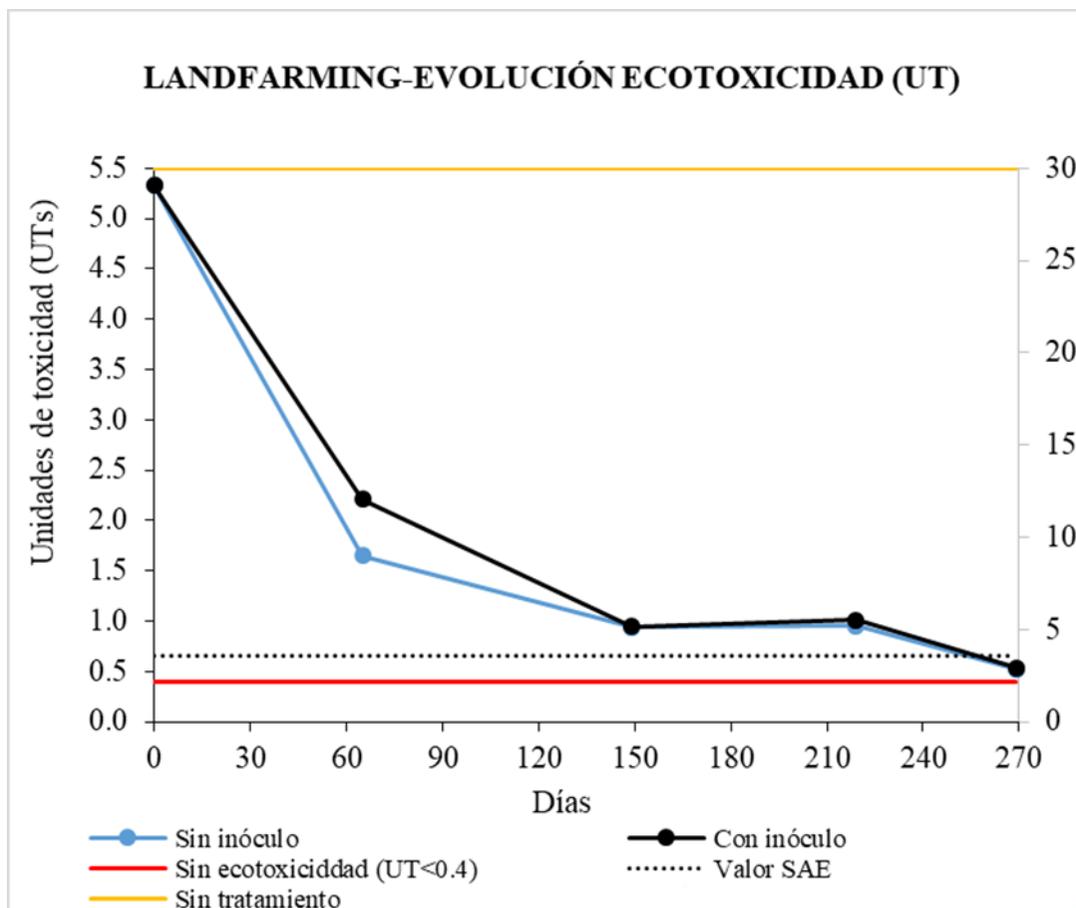


- **Eliminación de la fitotoxicidad/** Aumenta el índice de germinación
- El consorcio **mejora la descontaminación**
- Valor **inicial** de contaminación: **65%**
- Valor **final** con **consorcio**: **94%**
- Valor **final** sin consorcio: **85%**



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Landfarming



- La **ecotoxicidad se elimina** mediante la técnica de laboreo
- **Igual nivel de descontaminación** en ambas parcelas (inoculada y no inoculada)
- Valor **inicial** de contaminación: **30 UT**
- Valor **final con consorcio**: **0,54 UT**
- Valor **final** sin consorcio: **0,52 UT**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Fundamento

Compostaje

Método de **transformación biológica** de la materia orgánica, incluyendo contaminantes del alpechín, en el que **se acelera intensamente** la actividad de los microorganismos mediante:

- La conservación de la **temperatura**, al **apilar los materiales**
- La presencia de nutrientes (residuos orgánicos)
- El riego
- La aireación del material.

Los microorganismos del material a compostar, en presencia de oxígeno, agua y nutrientes, **descomponen** la materia orgánica generando agua, CO_2 y el producto final (Compost).



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

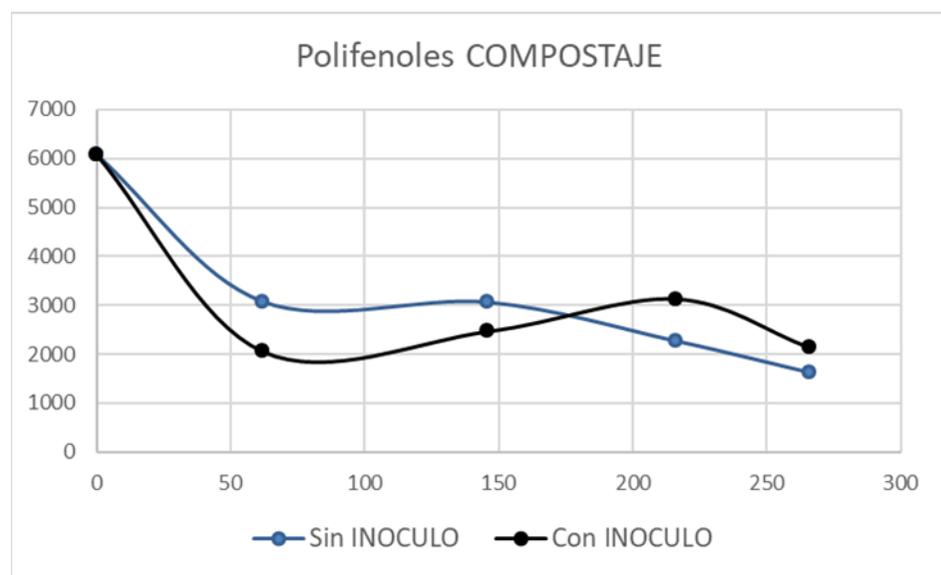
Compostaje



- Riego para mantener humedad 50-60 %
- Volteo durante fase bio-oxidativa (registro térmico)

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

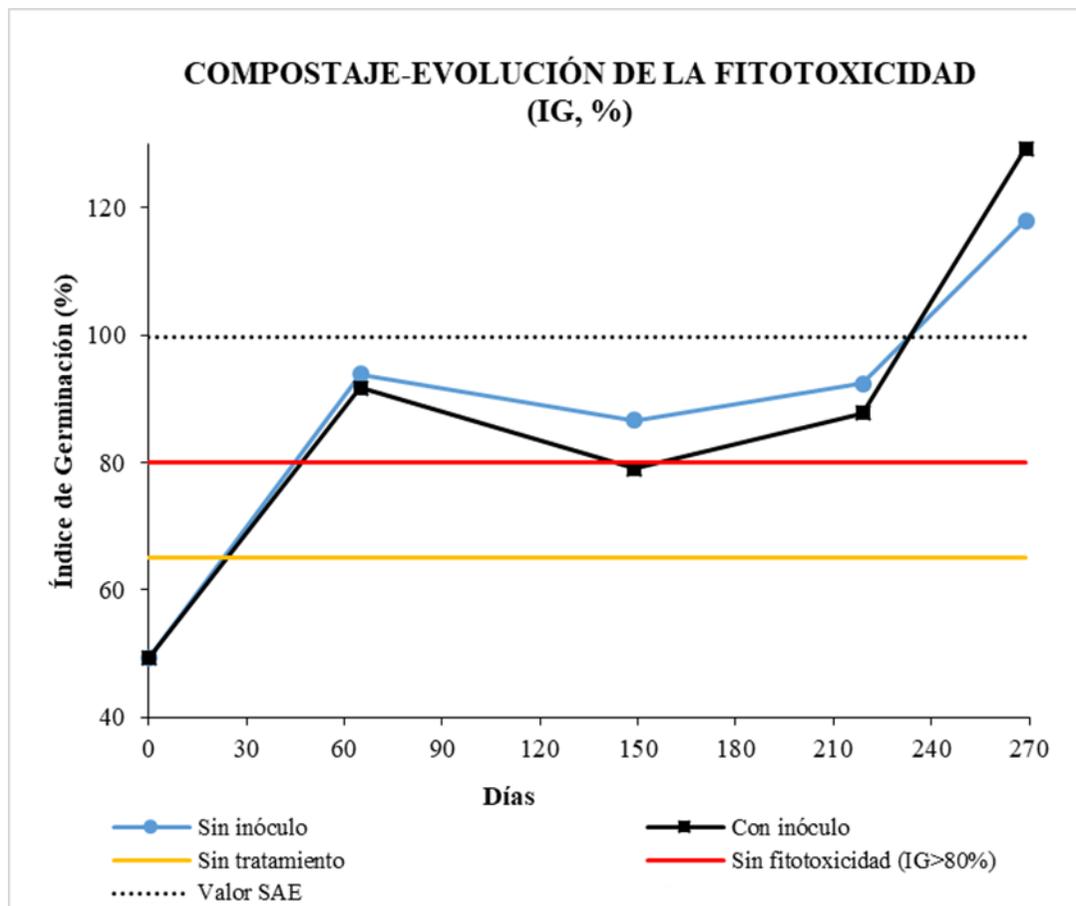
Compostaje



- Se alcanzó una **reducción** media del **72 %** del contenido en compuestos fenólicos iniciales
- El **inoculo** mejora la **reducción** durante el **inicio del proceso** de compostaje

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Compostaje

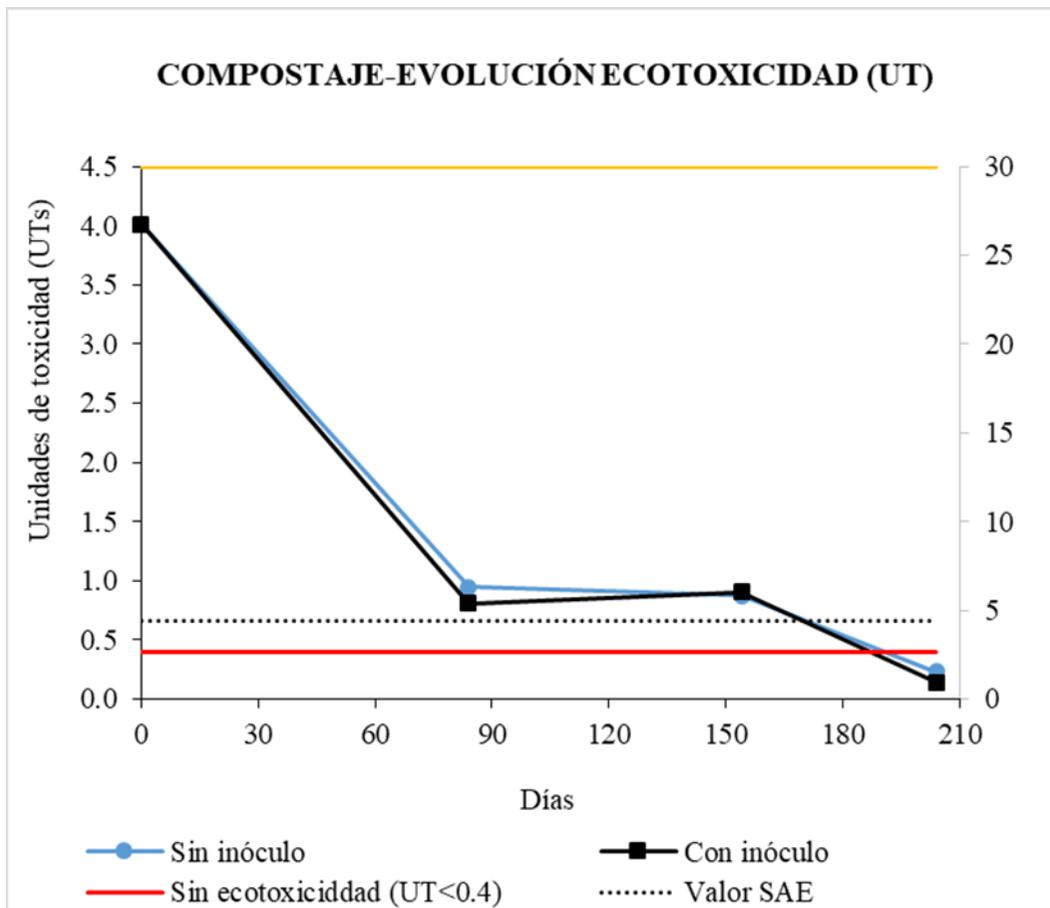


- El compostaje **elimina la fitotoxicidad**, el producto final es **fitoestimulante**.
- El **compost** obtenido **favorece la germinación**
- El **consorcio mejora** la calidad del compost y acelera la descontaminación

- Valor **inicial** de contaminación: **65%**
- Valor **final con consorcio**: **129%**
- Valor **final** sin consorcio: **118%**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Compostaje

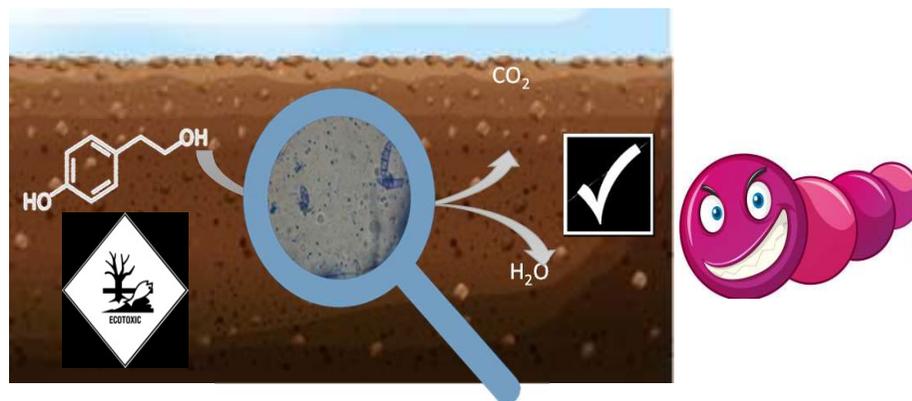


- El compostaje **elimina la ecotoxicidad** de los sedimentos de alpechín
- El consorcio **acelera la capacidad descontaminante** del compostaje
- Valor **inicial** de contaminación: **30 UT**
- Valor **final** con **consorcio**: **0,14 UT**
- Valor **final** sin consorcio: **0,23 UT**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Fundamento

Vermi-Compostaje

Incorporación de lombrices en las pilas de compostaje térmicamente estables, tras la fase bio-oxidativa, para favorecer la actuación sinérgica de los microorganismos de su digestivo con los presentes en la pila de compostaje en la biorrecuperación y estabilización del material.



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Vermi-Compostaje

Lombricultura

- Parcela de 7,5 x 7,5 m con instalación de riego por goteo.
- Con $\frac{1}{4}$ de la masa compostada previamente se crean 2 trincheras de 2 m³ con 3.000 individuos/m³ de Lombriz Roja de California (*Eiseina foetida*) cada uno.
- Se mantiene la **humedad** entre **60-80%** mediante 3 riegos diarios.



Muestreo y conteo

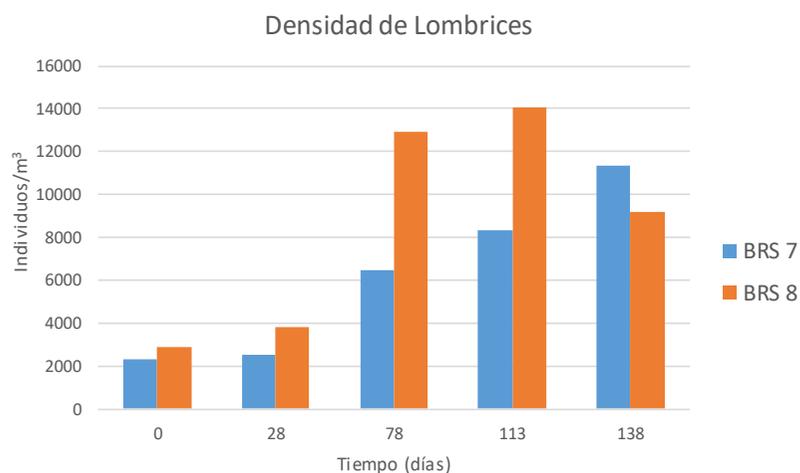
- 6 **catas verticales** al azar de 25 cm de profundidad y volumen de 1L.
- **Pesaje y conteo** de los individuos encontrados.
- **Muestra compuesta homogenizada** del material extraído de cada punto.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Vermi-Compostaje

Supervivencia

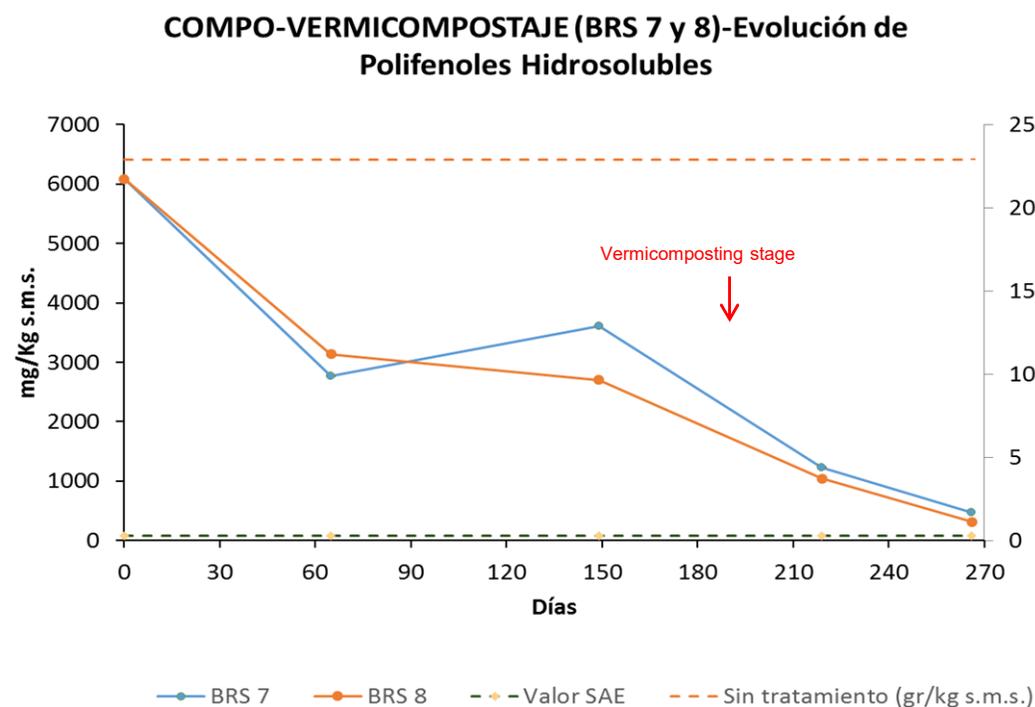
- Se observa **inicialmente un periodo de aclimatación** de los individuos.
- Las **lombrices** colonizaron toda la cama y se **reprodujeron**. Indicativo de las **buenas condiciones del material**.



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Vermi-Compostaje

Polifenoles Hidrosolubles



- La acción de las lombrices favoreció la **reducción de los compuestos recalcitrantes** hasta valores residuales.
- En la pila sin inóculo se degradó el **93 % de los Polifenoles Hidrosolubles**, y un **95 %** en la pila con inóculo.
- El **consorcio microbiano** mejoró la **acción degradativa de las lombrices**.

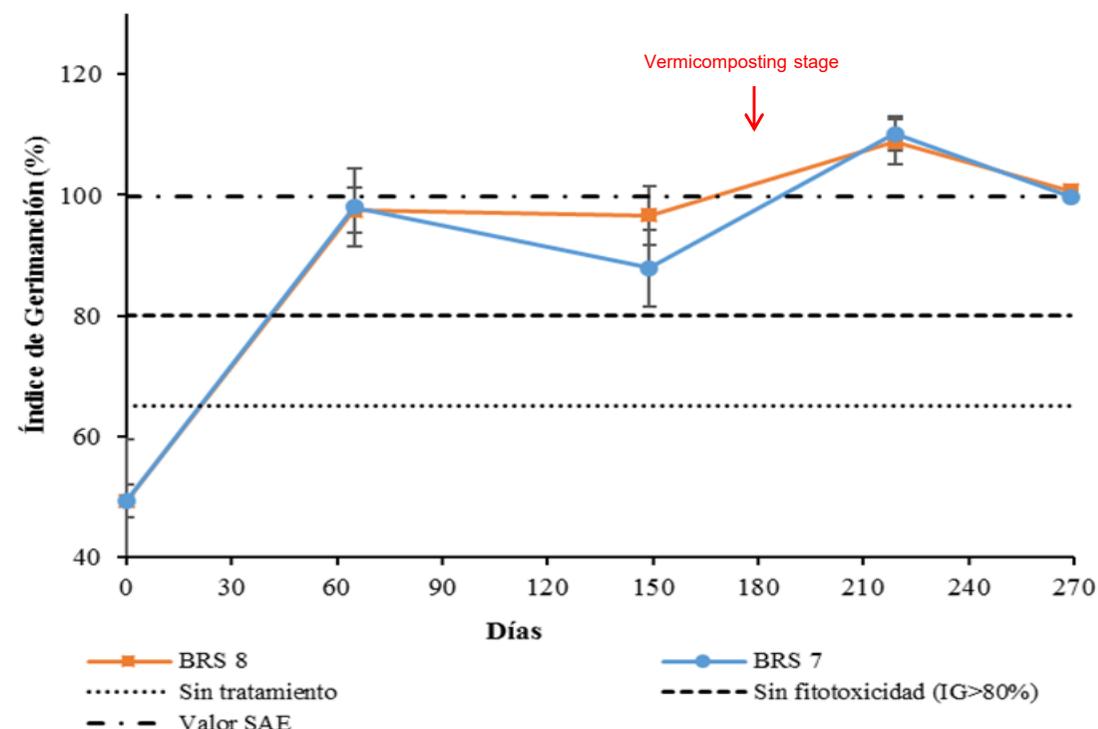
1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Vermi-Compostaje

Fitotoxicidad

- La actuación de las lombrices disminuye gradualmente la fitotoxicidad
- En el producto final obtenido tras el proceso de vermicompostaje se detecta ausencia de fitotoxicidad.

COMPO-VERMICOMPOSTAJE-EVOLUCIÓN DE LA FITOTOXICIDAD (IG, %)

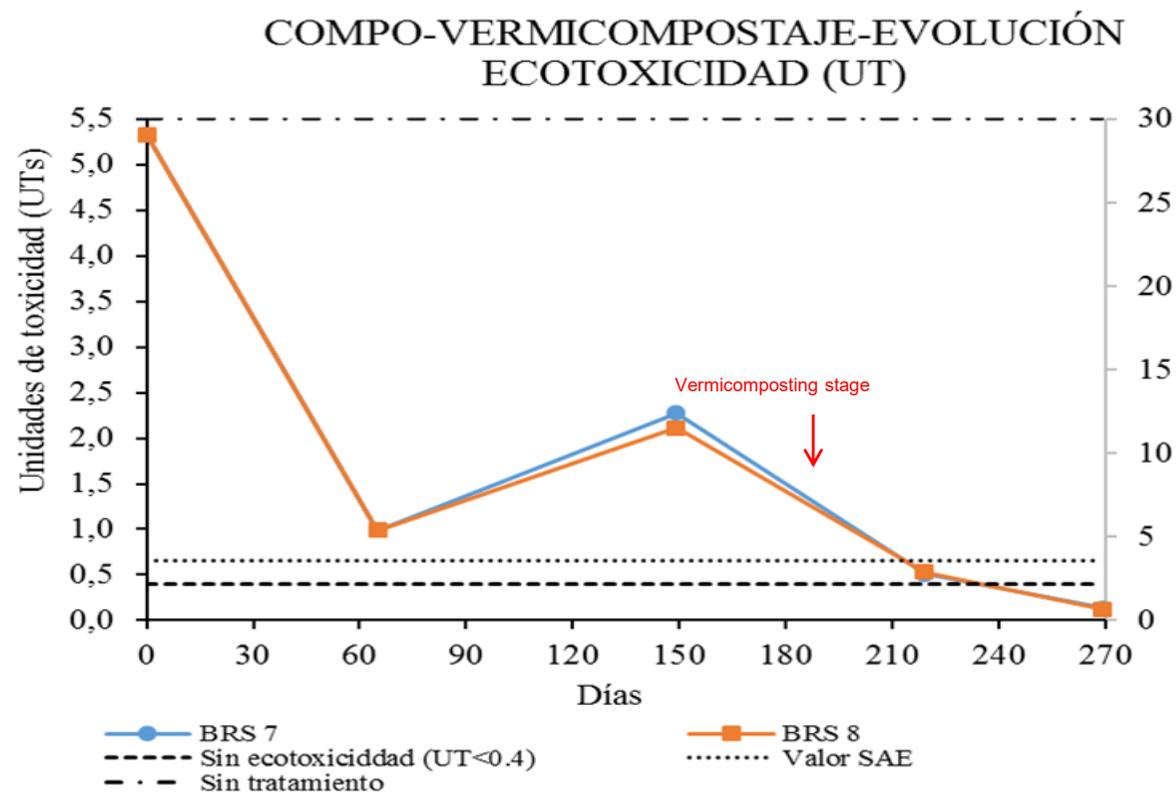


1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Vermi-Compostaje

- Las lombrices mejoraron la reducción de la ecotoxicidad obtenida en el proceso de compostaje ($UT < 0,4$).
- En la pila con inóculo se alcanzó **0,13 UT** mientras que y en la pila sin inóculo **0,14 UT**.
- El inóculo mejoró el efecto del biodescontaminante del vermicompostaje.

Ecotoxicidad



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Método

Fitorremediación

Plantación especies vegetales

- **11 m³ de mezcla madre** repartidos superficialmente en una parcela de 7,5 x 7,5 m.
- **Distribución al azar** de las especies vegetales: *Juncus acutus*, *Phragmites australis*, *Claudium mariscus*, *Crysopogon zizanioides*.



1. *Juncus acutus*



2. *Phragmites australis*



3. *Claudium mariscus*



4. *Crysopogon zizanioides*

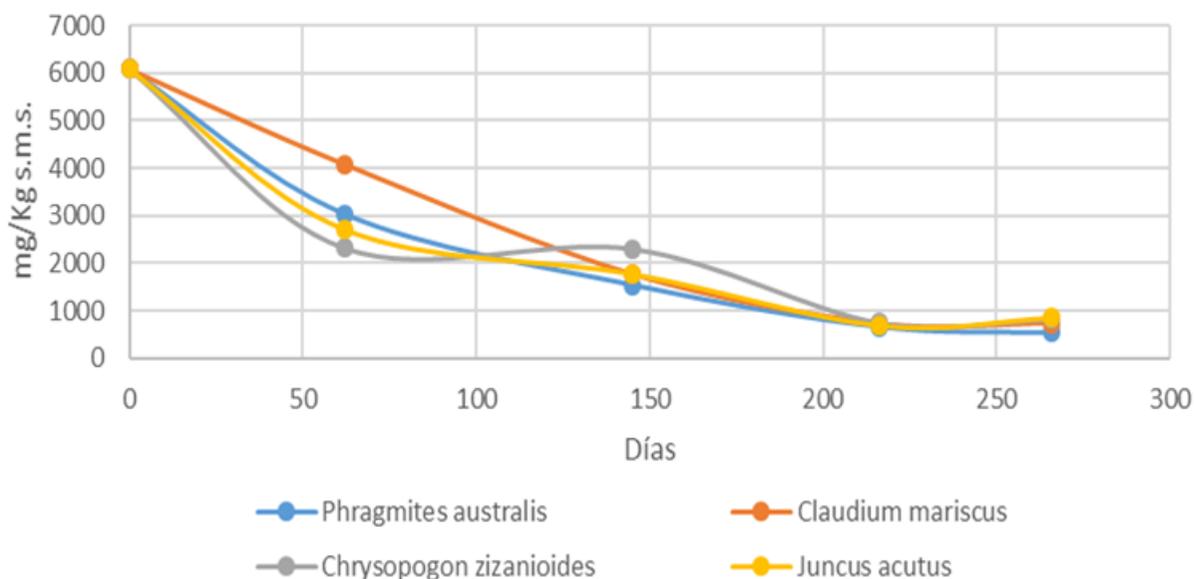
Nº de plantas por cuadrícula

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Fitorremediación

Polifenoles Hidrosolubles

Contenido Polifenoles en fitorremediación



- Se produce un **descenso** secuencial de los **polifenoles hidrosolubles** durante el proceso de **Fitorremediación**.
- La **actividad rizosférica** favoreció la **degradación** de los **polifenoles hidrosolubles** hasta el **91%**.
- La **fitorremediación** nos ofrece un **sustrato descontaminado** y óptimo para su uso como suelo.

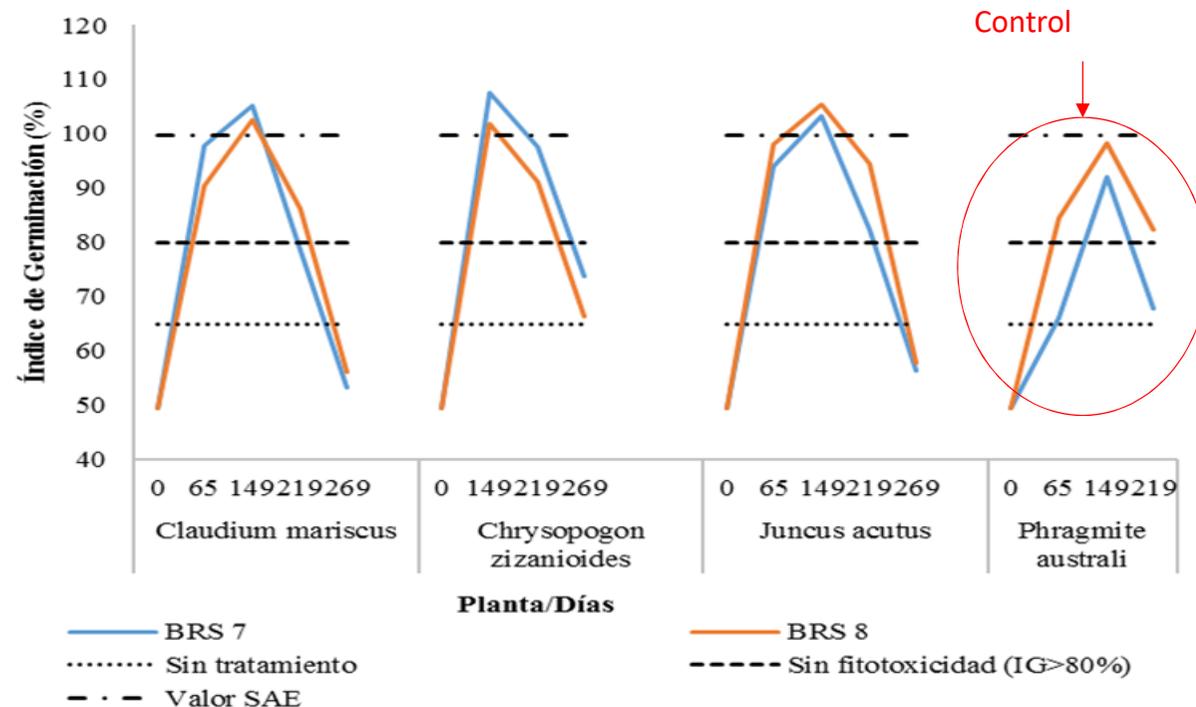
1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Fitorremediación

- La fitorremediación disminuyó inicialmente la fitotoxicidad del material contaminado.
- El inóculo mejoró la efectividad en la biodescontaminación del material mostrada por las especies *Juncus acutus* y *Phragmite australi*.

Fitotoxicidad

FITORREMEDIACIÓN- EVOLUCIÓN DE LA FITOTOXICIDAD



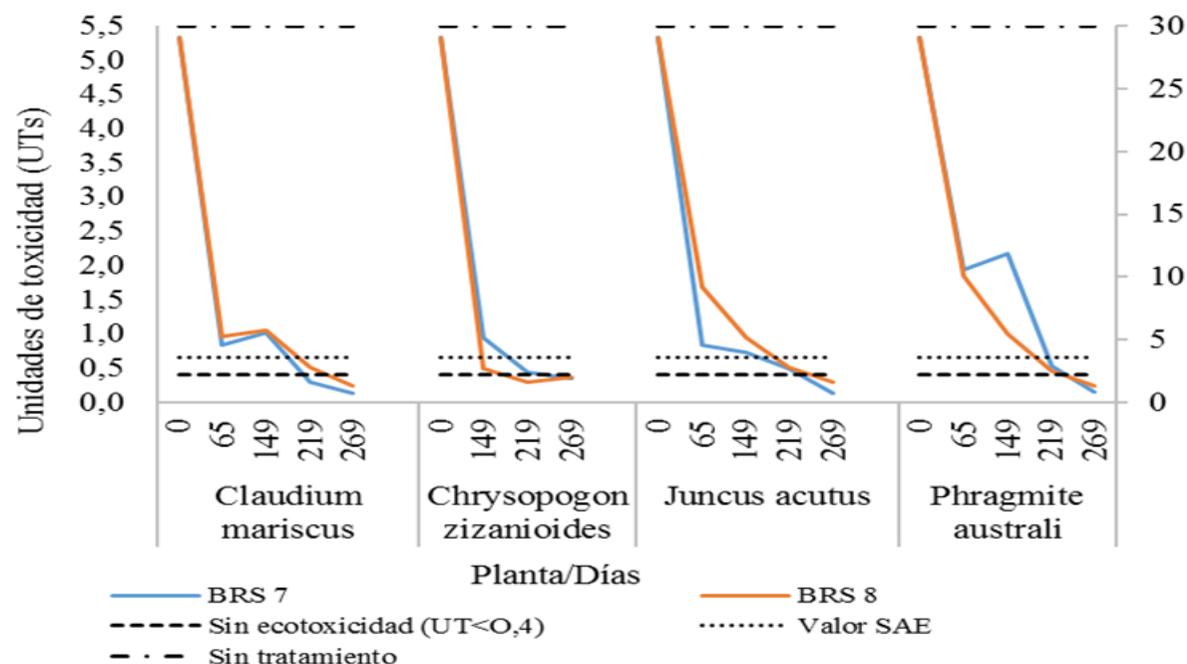
1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias-Resultados

Fitorremediación

- Las **plantas** actúan eficazmente **eliminando la ecotoxicidad** del material.
- El **material** obtenido **finalmente no es ecotóxico**.
- El **inóculo** mejoró la **efectividad** en la **biodescontaminación** del material mostrada por las especies *Juncus acutus* y *Claudium mariscus*.

Ecotoxicidad

FITORREMEDIACIÓN - EVOLUCIÓN DE LA ECOTOXICIDAD



Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación: Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Compost y vermicompost
- Consorcio microbiano LIFE-REMOW

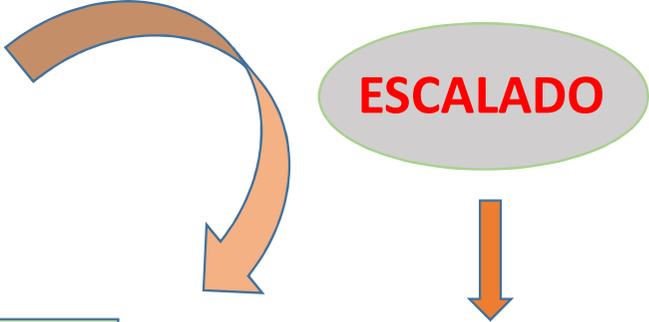
3. Conclusiones y acciones posteriores

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Fundamento



- **Aumento a escala** de los **protocolos de biorremediación (BRS)**.
- Preparación, implantación y desarrollo del suelo escala completa en balsa 3 y balsa 6 .
- **Balsa 3 (2400 m²):** Balsa de **naturaleza inorgánica**, contenido promedio de **Polifenoles Hidrosolubles = 15.718 mg/kg**.
- **Balsa 6 (4534 m²):** Balsa de **naturaleza orgánica**, contenido alto de **Polifenoles Hidrosolubles 49.414 mg/kg**.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Fundamento

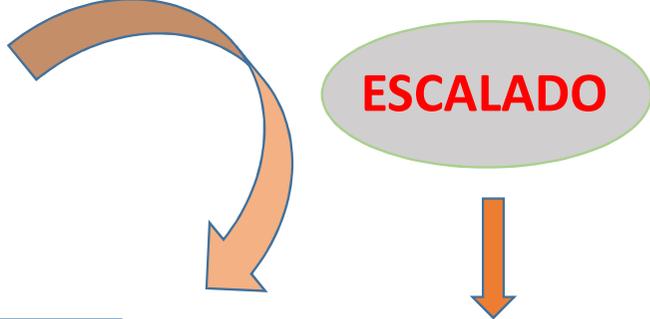


LANDFARMING + FITOREMEDIACIÓN

The image illustrates the combination of landfarming and phytoremediation. On the left, a photograph shows a large, dark, rectangular area of land being worked, with a person visible in the distance. In the center, a large white plus sign indicates the combination of the two methods. On the right, a photograph shows a plant growing in a similar dark, rectangular area.

- **Landfarming:** estimula la acción degradativa aerobia de los microorganismos.
- **Fitoremediación:** favorece la regeneración biótica de los sedimentos de alpechín.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Fundamento



COMPOSTAJE + VERMICOMPOSTAJE



The central part of the slide features the text "COMPOSTAJE + VERMICOMPOSTAJE" in bold black letters. Below the text are two images: on the left, an excavator is shown working on a large pile of dark brown compost; on the right, a close-up image shows vermicompost with several red worms visible. A large white plus sign is positioned between the two images.

- **Compostaje:** gran efectividad en la degradación de **Compuestos Fenólicos.**
- **Vermicompostaje:** mejora la **calidad** del producto, favorece la reducción de sales .

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Fundamento

LANDFARMING + FITOREMEDIACIÓN



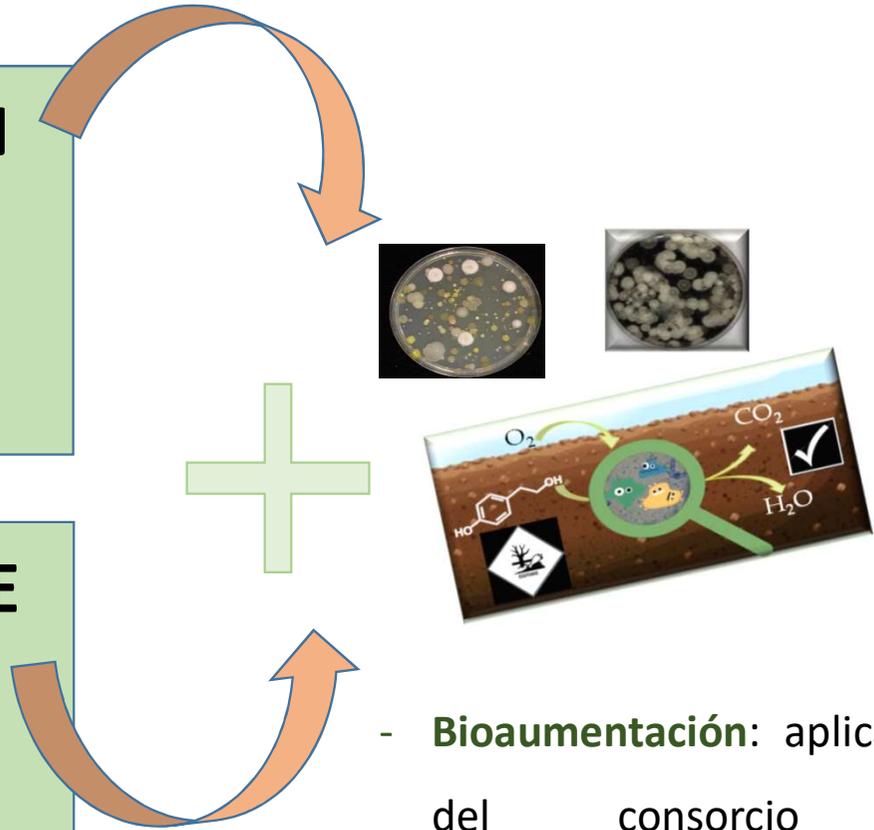
+



COMPOSTAJE + VERMICOMPOSTAJE



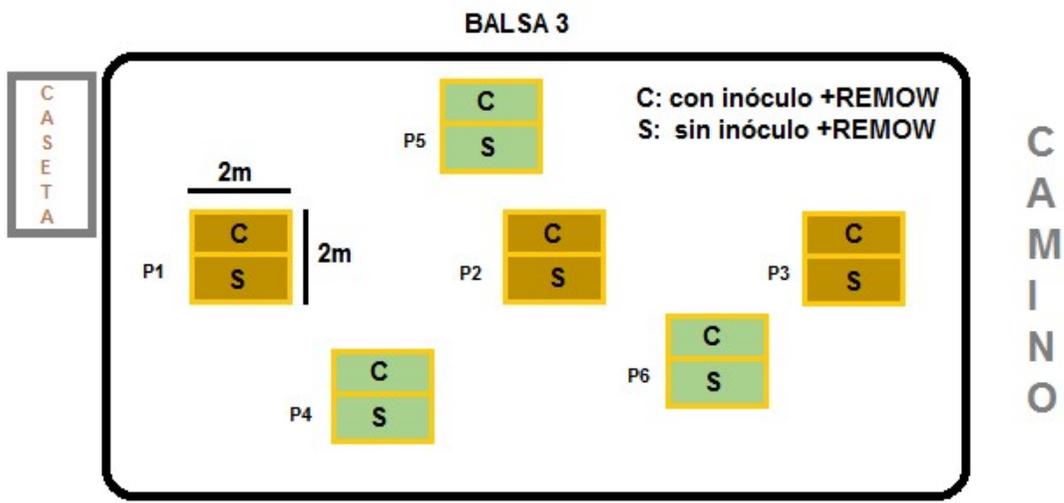
+



- **Bioaumentación:** aplicación del consorcio de microorganismos **+REMOW.**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Método

Landfarming-Fitorremediación



Parcelas de suelo original sin tratar		Parcelas con mezcla compleja	
P1		P4	
P2		P5	
P3		P6	

- Se establecen 6 subparcelas de 2 x 2 m:
 - 3 subparcelas fueron establecidas sobre suelo original contaminado a modo control.
 - 3 subparcelas con mezcla orgánica compleja.
- En cada subparcela se delimita un área sin inóculo y otra de igual superficie con el consorcio inóculo **LIFE+REMOW**.



1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Método

Landfarming-Fitorremediación

ESPECIE	COMPOSICION(%)
<i>Moricandia arvensis</i>	10,00
<i>Moricandia moricandioides</i>	5,00
<i>Psoralea bituminosa</i>	2,00
<i>Asphodelus fistulosus</i>	10,00
<i>Lygeum spartum</i>	2,00
<i>Hordeum murinum</i>	2,00
<i>Atriplex halimus</i>	0,50
<i>Chenopodium album</i>	10,00
<i>Brachypodium distachyon</i>	17,50
<i>Brachypodium retusum</i>	5,00
<i>Polygonum aviculare</i>	5,00
<i>Sinapis alba</i>	20,00
<i>Dittrichia viscosa</i>	5,00
<i>Scirpus holoschoenum</i>	2,00
<i>Juncus acutus</i>	2,00
<i>Juncus inflexus</i>	2,00

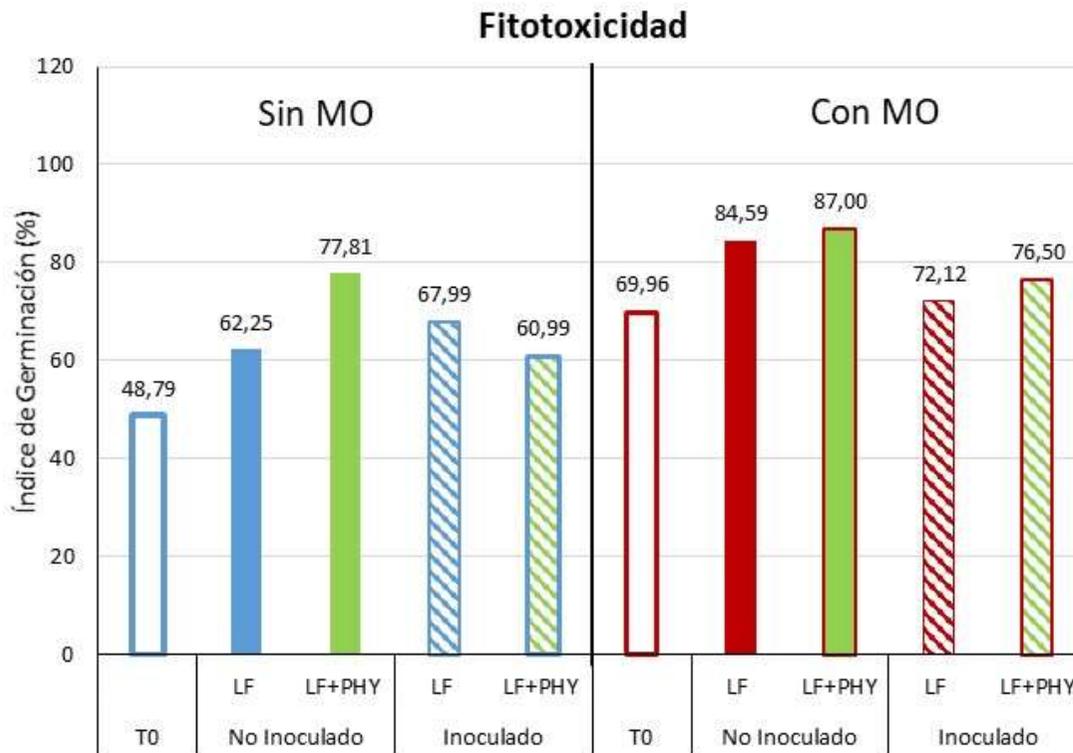
- **16 especies** de semillas silvestres seleccionadas de entornos mediterráneos. 3 herbáceas perennes, 9 herbáceas anuales, 1 arbusto y 3 plantas humedal
- Se delimitaron **24 parcelas de 55m²**
- Se sembraron en una densidad de **6 gr semilla/ m²**



 **Semillas
Silvestres**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado – Resultados

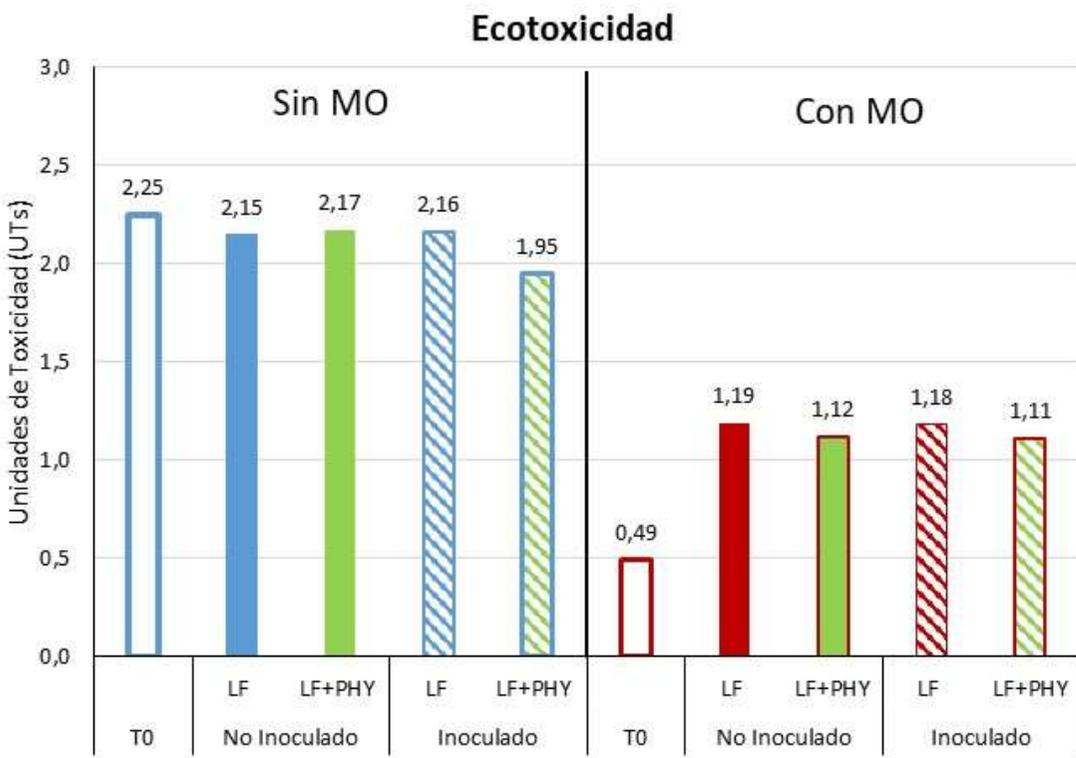
Landfarming-Fitorremediación



- Los tratamientos con y sin MO **reducen** fitotoxicidad (%IG>50%)
- LF y LF+PHYTO + MO **eliminan** fitotoxicidad (%IG>80)
- Inóculo **no influye**
- MO: **favorece** descontaminación

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado – Resultados

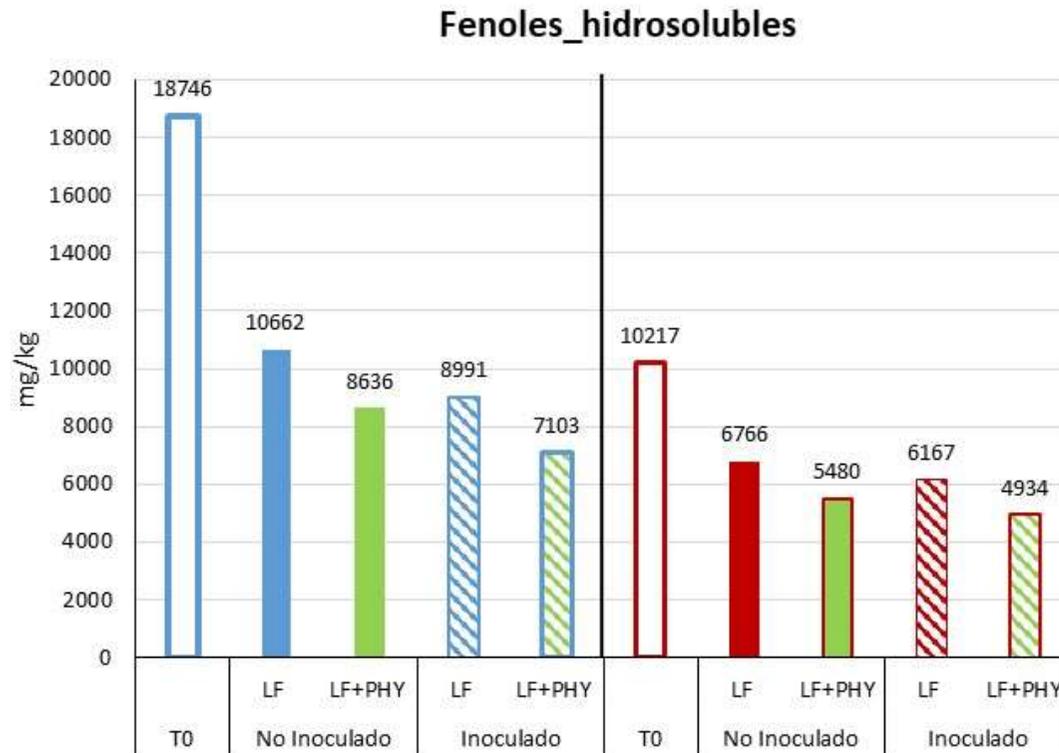
Landfarming-Fitorremediación



- La presencia de **MO** favorece **reducción UT**
- REDUCCIÓN ECOTOX
 - LF+PHYT: **-69%** (+ EFECTIVO)
 - LF: **-67%**
- **Inóculo LIFE+REMOW**: influye positivamente

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado – Resultados

Landfarming-Fitorremediación



- LF y LF+PHY **REDUCEN** contenido en **compuestos fenólicos**
- La **MO** estimula **degradación** fenólicos
- El inóculo **LIFE+REMOW FAVORECE** eliminación de compuestos fenólicos.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Resultados



BALANCE DE MASAS

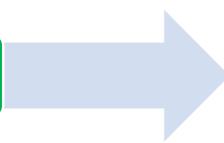
Material Life+ REGROW

- Balsa 3 = 986 m³ (1219 t s.m.f.)

INPUT



OUTPUT



Suelo Restaurado
1021 m³
(1189 t s.m.f.)

Material Exógeno

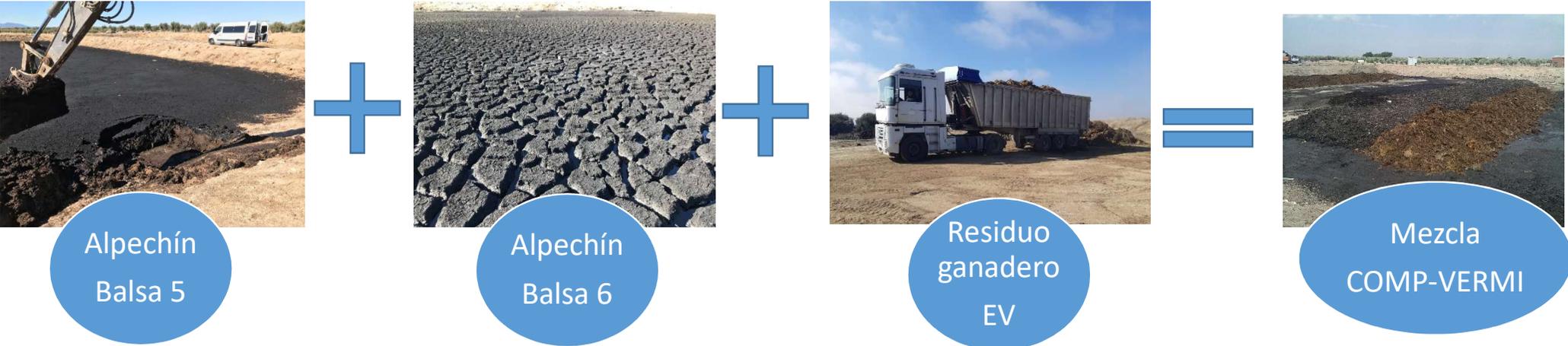
- Mezcla madre= 87 m³ (25 t s.m.f.)



Cadena 01: LAND-PHYTO

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Método

Compostaje-Vermicompostaje



Elaboración de una mezcla de sedimentos de alpechín de balsas orgánicas y residuo ganadero (estiércol de vaca) que aporte los nutrientes necesarios para que los microorganismos degraden los contaminantes

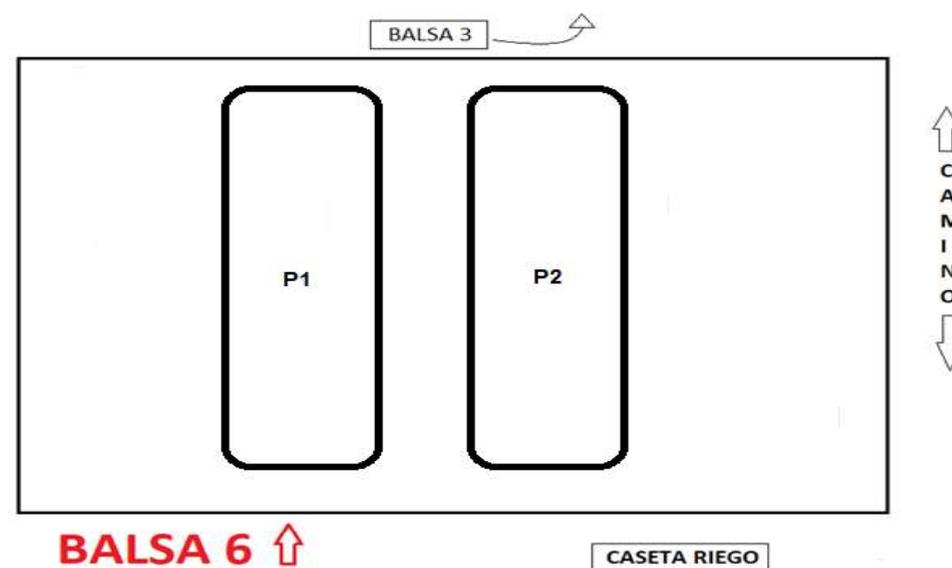
Material contaminado: Material orgánico Alpechín Balsa 5 y Balsa 6

+

Materia orgánica fresca: Residuo ganadero (Estiércol vacuna + camaza de paja)

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Método

Compostaje-Vermicompostaje



- Formación de dos pilas de compostaje de 635 m³ y 401 m³
- Inoculación de una de las pilas con el consorcio **LIFE +REMOW**
- **Incorporación** de la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*)

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Método

Compostaje-Vermicompostaje



- Se prepararon dos trincheras de **3m³** una de ellas con consorcio inocularo **+REMOW**
- Se introducen las lombrices al terminar la fase biooxidativa (día 154)
- Se realiza seguimiento periódico de supervivencia y crecimiento de las lombrices



Lombriz roja de California (*Eisenia foetida*)

Densidad de inoculación **2500 ind./m³**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Método

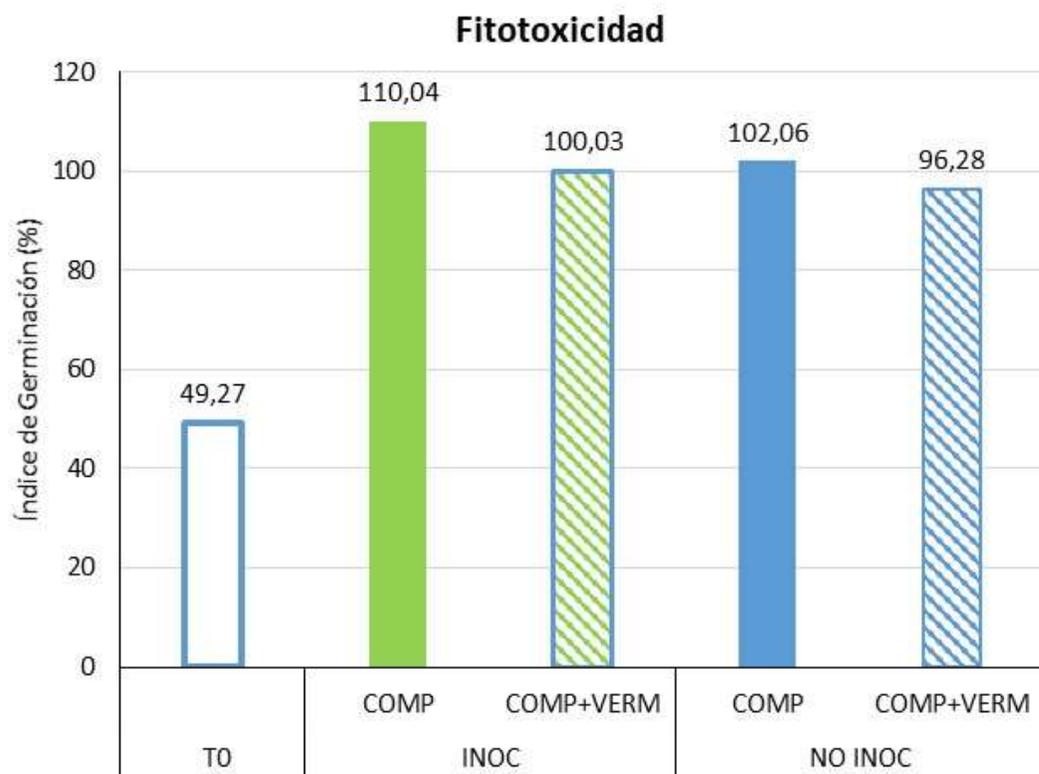
Compostaje-Vermicompostaje



- Se han establecido **riegos** de forma semanal.
- Aproximadamente cada 15 días se realiza un **volteo** mecánico de la mezcla.
- Se han realizado **5 muestreos de material**, para verificar procesos de descontaminación.
- Duración del proceso: **9 meses**.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Resultados

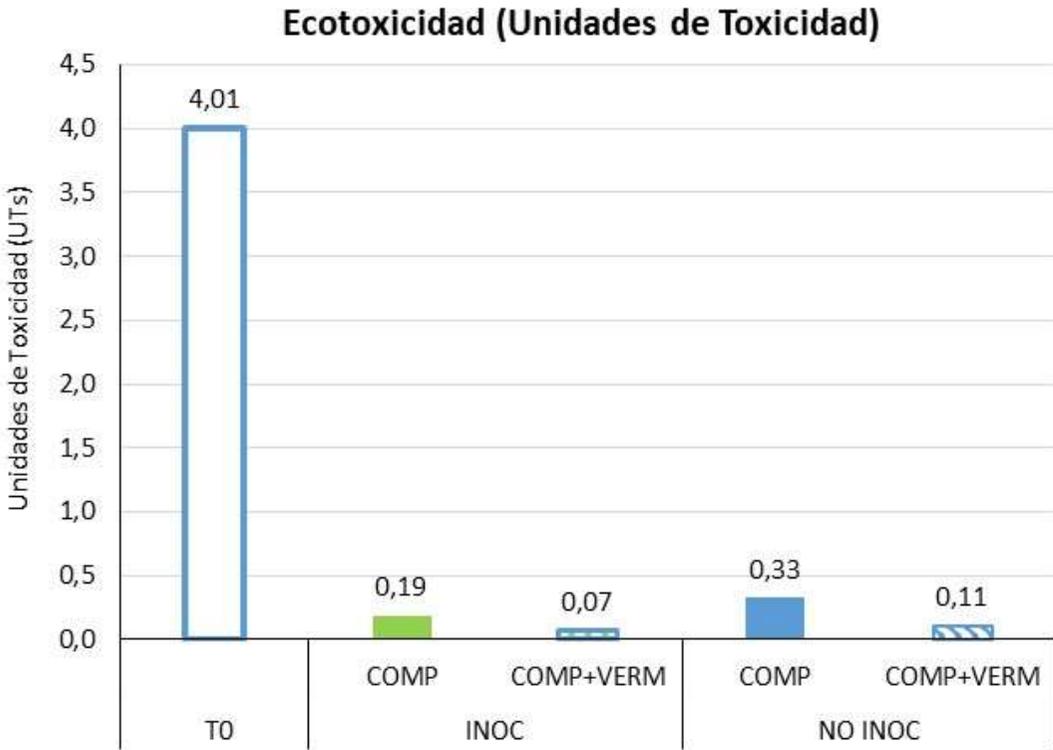
Compostaje-Vermicompostaje



- **Compostaje y vermicompostaje eliminan la fitotoxicidad ($\%IG > 80\%$)**
- Tratamiento más efectivo: Compostaje + inóculo **110% IG**
- El **compost** presentó capacidad **fitoestimulante ($IG\% > 100\%$)**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Resultados

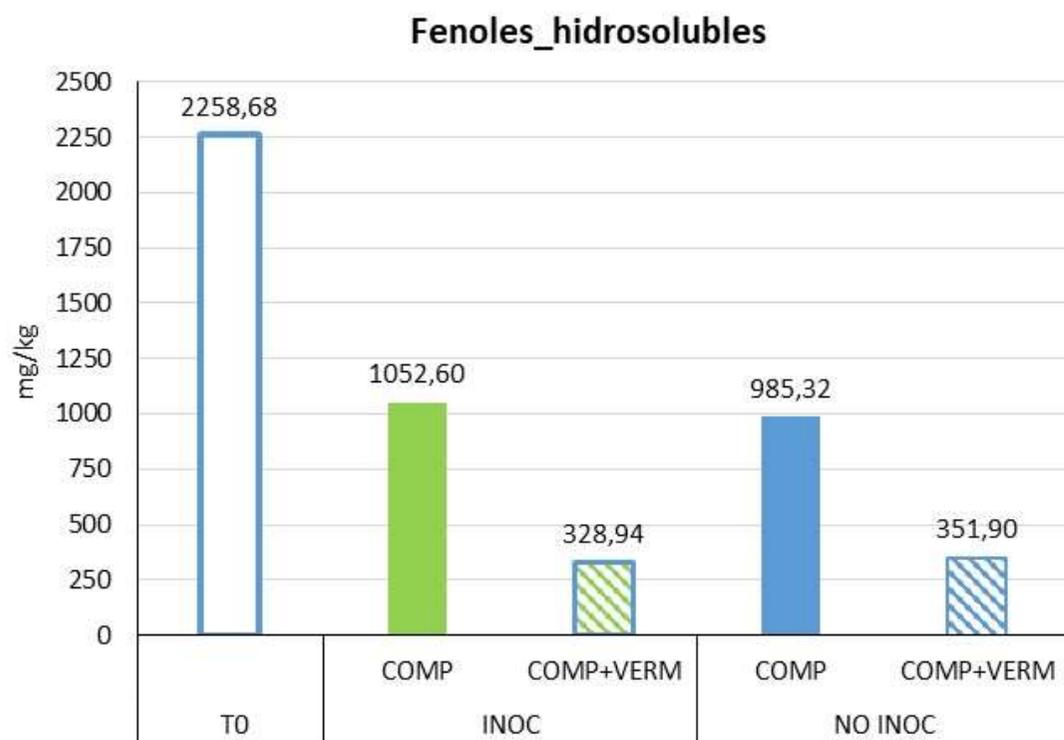
Compostaje-Vermicompostaje



- **Compostaje y vermicompostaje eliminan la ecotoxicidad (UT<0.4).**
- **Vermicompostaje: 98% REDUCCIÓN ecotoxicidad = tratamiento + efectivo.**
- **Inóculo LIFE+REMOV: mejora la eficacia descontaminadora de las técnicas.**

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Resultados

Compostaje-Vermicompostaje



- **Compostaje y vermicompostaje FAVORECEN** la degradación de compuestos fenólicos
- **REDUCCIÓN** Vermicompostaje: **98%**
- **REDUCCIÓN** Compostaje: **95%**
- El inóculo LIFE+REMOW no influye en la eliminación de compuestos fenólicos.

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación: Estrategias escalado - Resultados



BALANCE DE MASAS

Material Life+ REGROW

- Balsa 5 = 190m³ (131 t s.m.f.)
- Balsa 6 = 656m³ (562 t s.m.f.)

INPUT



OUTPUT



Biofertilizantes (COMP/VERMI)
568 m³ (321 t s.m.f.)

Material Exógeno

- R. ganadero = 190 m³ (66 t s.m.f.)

Cadena 02: COMP-VERMI



Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación: Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Consorcio microbiano LIFE-REMOW
- Compost y vermicompost

3. Conclusiones y acciones posteriores

2. Productos LIFE+REGROW: Consorcio microbiano LIFE-REMOW



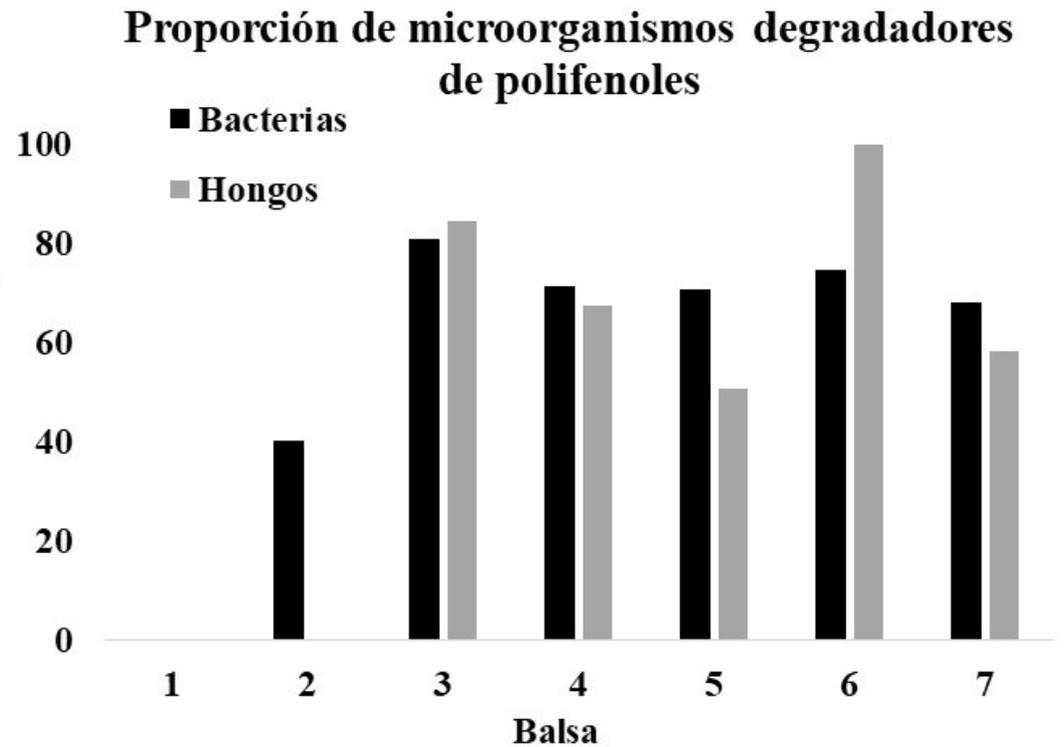
- Aspergillus ochraceus* H2 (Amarillo)
- H16: *Scedosporium apiospermum* H16 (Blanco)

2. Productos LIFE+REGROW: Consorcio microbiano LIFE-REMOW



- Obtenido a partir de los materiales de las balsas

% Degradadores Polifenoles respecto al total de microorganismos



2. Productos LIFE+REGROW: Consorcio microbiano LIFE-REMOW

H2



H16



- **Fáciles** de cultivar, transportar y aplicar
- Consorcio microbiano para **acelerar** la **descontaminación de balsas de alpechín**
- Aplicables para **biorremediación de otros ambientes contaminados** con compuestos de estructura similar (efluentes de industria textil, hidrocarburos, pesticidas, otros residuos industria agroalimentaria, etc).

Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación: Resultados
- Estrategias escalado - Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Consorcio microbiano LIFE-REMOW
- Compost y vermicompost

3. Conclusiones y acciones posteriores

2. Productos LIFE+REGROW: Compost y vermicompost

Características

Parámetro	Mezcla Madre	Compost		Vermicompost	
		SIN Inoculo	CON Inoculo	SIN Inoculo	CON Inoculo
pH	7,5	9,7	9,6	9,2	8,9
CE (dS/ m)	5,1	2,5	2,6	0,63	0,40
MOT (%)	36,9	15,4	12,4	13,5	14,2
COT (%)	24,6	5,8	5,8	6,1	6,6
NT(%)	1,5	0,58	0,56	0,58	0,62
P (%)	0,43	0,31	0,28	0,34	0,33
K(%)	2,89	2,01	2,11	0,96	0,82
IG (%)	49	117	129	99	100

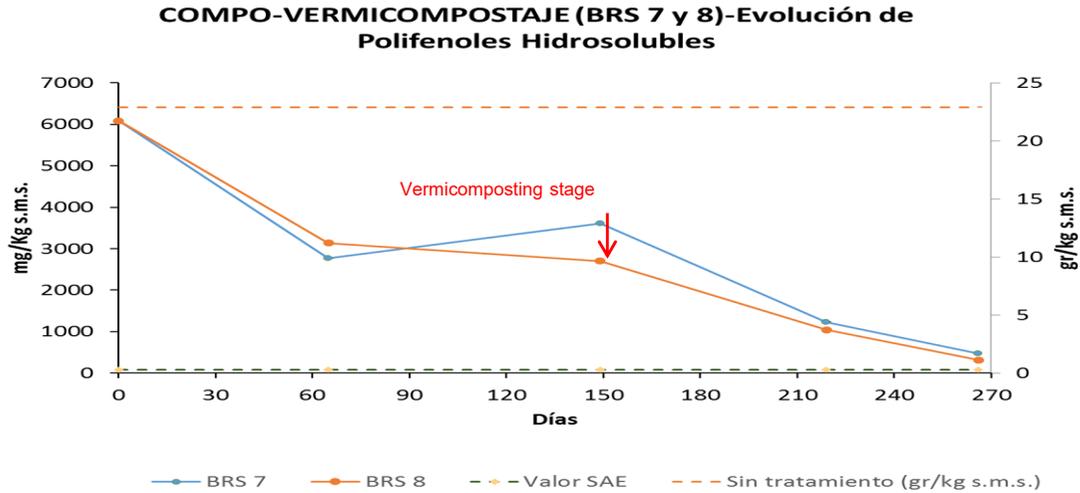
Compost y Vermicompost

- ❖ Degradación de parte del contenido en **MO**
- ❖ Se ha reducido la **CE** durante el proceso
- ❖ Aumenta el **IG** con la estabilización del producto



2. Productos LIFE+REGROW: Compost y vermicompost

Contenido en Polifenoles hidrosolubles



Compost y Vermicompost



CONTENIDO MÁXIMO DE POLIFENOLES 8000 mg /kg



Núm. 296

Real Decreto 999/2017, sobre productos fertilizantes.

2. Productos LIFE+REGROW: Compost y vermicompost

Metales pesados

Parámetro	Mezcla Madre	Compost		Vermicompost	
		SIN Inoculo	CON Inoculo	SIN Inoculo	CON Inoculo
Fe (g/kg)	7,1	11	10	10	10
Cd (ppm)	0,1	0,11	0,11	0,13	0,12
Cu (ppm)	35,1	31,8	30,4	36,3	33,1
Ni (ppm)	8,4	18,8	10,5	14,8	16,9
Pb (ppm)	5,8	6,6	5,8	7,5	6,9
Zn (ppm)	113	110	108	146	123
Cr (ppm)	21,3	62,1	41,5	48,7	59,4

Los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en el Cuadro siguiente, según sea su clase A, B o C:

Metal pesado	Límites de concentración		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI) *	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial



Compost y Vermicompost

Clase A



Núm. 296

Real Decreto 999/2017, sobre productos fertilizantes.

2. Productos LIFE+REGROW: Compost y vermicompost

Valor Fertilizante

Necesidades Nutricionales

Olivo Secano Extensivo

N- P₂O₅ -K₂O

65-45-80 kg/ha



Compost
N - P₂O₅ - K₂O
5,7 – 6,8 – 24 kg/tn

- ❖ Abonado Fondo
- ❖ Aporte MO
- ❖ Fijación de C edáfico



Vermicompost
N - P₂O₅ - K₂O
6,3 – 7,6 – 11 kg/tn

Índice

1. Balsas de alpechín y biorrecuperación

- Fundamentos y fases del estudio
- Estado inicial de las balsas
- Estrategias de biorrecuperación: Resultados

2. Productos LIFE+REGROW

- Compost y vermicompost
- Consorcio microbiano LIFE-REMOW

3. Conclusiones

3. Conclusiones

Técnicas de Biorecuperación

- Todas las estrategias de biorecuperación reducen la carga contaminante de los sedimentos de las balsas
- El laboreo por su sencillez técnica fue la estrategia de elección para afrontar la primera fase de descontaminación y adecuación del sustrato
- El compostaje y vermicompostaje proveen de productos que se pueden aplicar para restauración del área y pueden desarrollarse de forma paralela al laboreo
- La fitorremediación puede aplicarse como una etapa posterior para instaurar una primera fase de revegetación

3. Conclusiones

Escalado de Biorecuperación

- Las dos cascadas fueron efectivas para eliminar los compuestos contaminantes y mejorar las condiciones para el establecimiento de una cobertura vegetal.
- En todos los escenarios, la **conductividad eléctrica se redujo** por debajo del máximo establecido (<4 mS/cm), se **eliminó la fitotoxicidad del material (IG>60%)**, se **incrementó la biodiversidad microbiana y la materia orgánica biodegradable**.
- El segundo tratamiento de cada cascada (fitorremediación o vermicompostaje) contribuyó a mejorar las condiciones de restauración iniciadas con el primer tratamiento.
- **Área total restaurada 6.853 m²**