



# Revisión de Biotecnología Ambiental Aplicada

**Autor: Jim Muller, PhD**

**Presidente de Provectus Environmental Products**

# Contenido de la Presentación



## Introducción a Provectus Environmental Products, Inc.

## Biotecnologías ambientales:

- Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Inhibidor de Metano.
- ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ERD\* en Líquido.
- Provect-IR<sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ISCR\*\*, Sólido.
- Provect-IRM<sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ISCR, para la Inmovilización de Metales Pesados.
- AquaBlok-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Recubrimiento Reactivo Antimetanogénico.
- Provect-OX<sup>TM</sup> — ISCO\*\*\* Auto activado / Reactivo de Biorremediación Mejorado.

## ¿ISCR o ERD?

## Servicios

\* Enhanced Reductive Deshalogenation \*\* *in situ* Chemical Reduction \*\*\* *in situ* Chemical Oxidation



# Antecedentes Jim Mueller, PhD

---

-  B.S., M.S. SIU Carbondale –1983/1985
-  Ph.D. Clemson University -1988
-  Post Doctoral Studies US EPA GBERL (1988 –1991)
-  SBP Technologies, Inc. → RF Weston (1991 to 1997)
-  Dames & Moore → URS (1997 to 2002)
-  Malcolm Pirnie, Inc. (2002 to 2003)
-  WR Grace → AdventusAmericas, Inc. → FMC Corporation  
→ Peroxychem/JPM (2003 to April, 2014)
-  Provectus Environmental Products –May, 2014 (acquired  
patents on CH<sub>4</sub> inhibitors, ISCR and ISCO)

# Estado de las Patentes Provectus



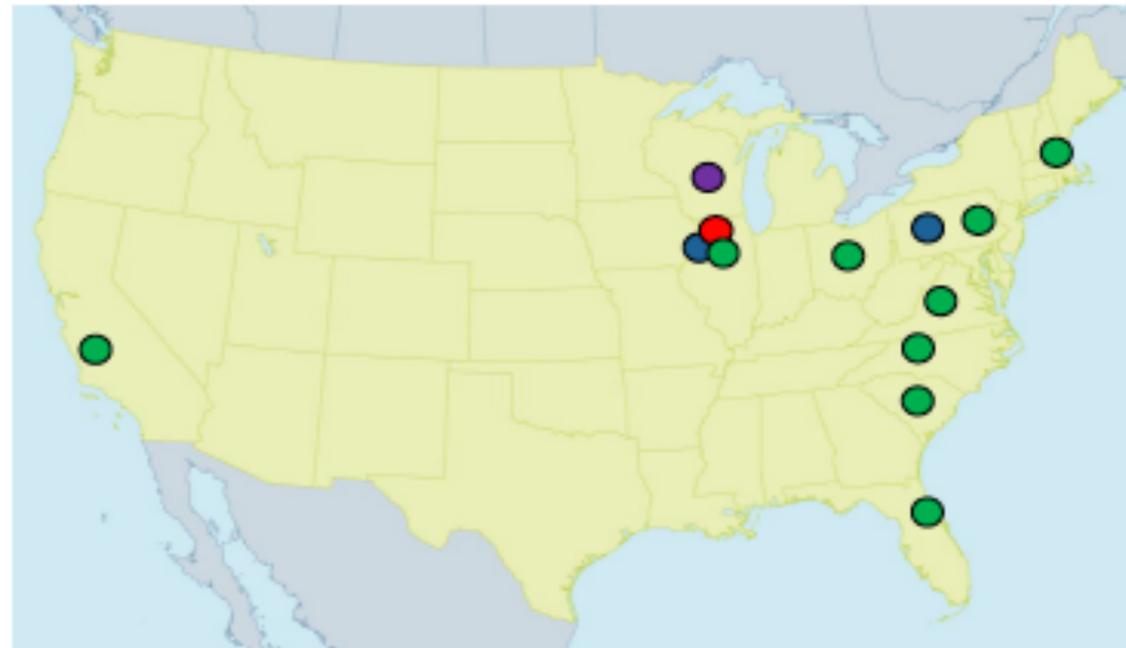
Aplicación/#Patente	Título	Fecha Registro	Fecha Publicación
7,129,388 y 7,531,709	Método para Declorinación Acelerada; Pt. 1 y 2		31/10/06 12/05/09
7,828,974	Método de Tratamiento de Acuíferos y Suelos Utilizando Algas Secas y otras Mezclas Secas.		09/1010
8,147,694	Método de Tratamiento de Acuíferos y Suelos Utilizando Mezclas de Algas Marinas y Kelp.		03/04/12
8,766,030	Utilización de Citrato de Amonio Férrico para la Remediación <i>in situ</i> de Solventes Clorinados.		30/01/14
13/785,840 y 14/36,632 CIP 14/268,637	Método para la Inhibición de la producción de Metano, durante la decloración anaerobia reductiva.	05/03/13 02/05/14	
13/866,158	Uso de Sustratos Encapsulados para el Control de las Tasas de Liberación de Donadores Orgánicos de Hidrógeno.	19/04/13	
13/891,934and CIP 14/268,629 PCT/US14/36,642	Proceso de Oxidación Química y Atenuación Biológica para el Tratamiento de Medios Contaminados.	10/05/13	
62/024,640	Método y Composición para Inhibir la Metanogénesis Durante el Tratamiento de Sedimento <i>in situ</i>	15/07/14	
Registrado	Inhibición de la Producción de Metano y Sulfuro de Hidrógeno en Digestores Anaerobios en Granjas de Animales, Rellenos Sanitarios, Sedimentos y Sistemas de Alcantarillado.	01/08/14	
Registrado	Método y Composición para Inhibir la Metilación de Metales Pesados Durante las Acciones de Remediación <i>in situ</i>	15/10/14	

**5 Patentes Publicadas; 8 Patentes Pendientes (Octubre, 2014)**

# Provectus Environmental Products



- ☘ Para pequeños negocios.
- ☘ Desempeño garantizado, alianzas estratégicas.
- ☘ Estrategias de remediación más seguras y eficientes.



**Provectus HQ**  
Illinois - Corporate HQ  
2871 W. Forest Rd., Ste. 2  
Freeport, IL 61032  
Phone (815) 650-2230  
info@provectusenv.com



**Provectus, LATAM**  
São Paulo, Brazil  
Bogota, Colombia

● Warehousing ● Offices ● Affiliate Offices ● Affiliate Lab

# Contenido de la Presentación



 **Introducción a Provectus Environmental Products, Inc.**

 **Biotecnologías ambientales:**

**Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Inhibidor de Metano.**

ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ERD\* en Líquido.

Provect-IR<sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ISCR\*\*, Sólido.

Provect-IRM<sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ISCR, para la Inmovilización de Metales Pesados.

AquaBlok-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Recubrimiento Reactivo Antimetanogénico.

Provect-OX<sup>TM</sup> — ISCO\*\*\* Auto activado / Reactivo de Biorremediación Mejorado.

 **¿ISCR o ERD?**

 **Servicios**

\* Enhanced Reductive Deshalogenation \*\* *in situ* Chemical Reduction \*\*\* *in situ* Chemical Oxidation

# ¿Qué es un Metanógeno?



- Es un microorganismo que produce metano.
- Los Metanógenos son *Archaea* (Woese y Fox, 1977), y por lo tanto, desde una perspectiva genética, son tan diferentes de *Dehalococcoides ethenogenes*\* como usted lo es de estas bacterias
- Los metanógenos son frecuentemente los microorganismos dominantes en lo ambientes, si se compara con *Dehalococcoides* spp. y acetógenos, rango promedio 2 al 15 % de todos los microorganismos de lo suelos (Bates, *et al.*, 2011). Inclusive en poblaciones bio estimuladas de \*DHC elevándose hasta  $> 10^8$  células/L, las poblaciones de *Archaea* siempre fueron significativamente más grandes.
- Los metanógenos son miembros importantes en la sinergia de las comunidades anaerobias variables = necesitamos un número controlado.

# ¿Cuál es el problema con los Metanógenos?



- **Problemas con la eficiencia y costos:** La producción de metano es un indicador directo de que el hidrógeno generado por los donadores del remediador está siendo utilizado por metanógenos, en lugar de los microorganismos objetivos (*i.e.* *Dehalococcoides spp.*), reduciendo significativamente su efectividad.

Inclusive en un ambiente altamente oxidativo, con una concentración relativamente de PCE y TCE, generar solo 20 ml/L de metano, constituye **más del 30 %** del consumo de hidrógeno del remediador basado en los moles de H<sub>2</sub>.

Contaminante	Concentración en Acuífero (mg/l)	Peso Molecular (g/mol)	Mols de H <sub>2</sub> a reducir como analito Mol.	Mols de Aceptador H <sub>2</sub> en el Área de Tratamiento
<b>Contaminante Aceptadores de Electrones (cuyo producto final sea Etileno)</b>				
Tetracloroetileno (PCE)	10.0	165.8	4	1,393
Tricloroetileno (TCE)	7.0	131.4	3	364
cis-1,2-Dicloroetileno (cDCE)	0.0	96.9	2	0
Cloruro de Vinilo (VC)	0.0	62.5	1	0
<b>Decloración Completa (Suelo+Acuífero) Subtotal</b>				<b>1,757</b>
<b>Aceptadores de Electrones Nativos</b>				
Oxígeno Disuelto	9.0	32	2	199
Nitrato (como Nitrógeno)	9.0	62	3	682
Sulfato	50.0	96.1	4	736
Fe <sup>+2</sup> , formado desde Fe <sup>+3</sup>	20.0	55.8	0.5	63
Mn <sup>+2</sup> , formado desde Mn <sup>+4</sup>	10.0	54.9	1	64
<b>Valores de Geoquímica Basales Subtotal</b>				<b>1,745</b>
<b>Hidrógeno Residual a Partir de la Formación de Metano</b>				
Metano Formado	20.0	16	4	1,769
<b>Uso de Hidrógeno Inicial en el Área Tratada</b>				<b>5,271</b>

# ¿Cuál es el problema con los Metanógenos?



## Problemas Potenciales de Salud y Seguridad (en algunos casos):

- El metano es considerado un prominente gas de efecto invernadero.
- El metano es explosivo: LEL 5 %; UEL 15 %.
- La fermentación microbiana conlleva a la producción y acumulación de metano, y por ende la migración del gas a acuíferos y suelos, y a su vez a interiores de edificaciones, como sótanos y cimientos, y hasta corredores utilizados. Reduce la eficiencia del uso del hidrógeno del remediador.
- En presencia de comunidades metanógenas, se ha comprobado que los metales pesados son más propensos a ser metilados.
- En presencia de Cl, derivado de reacciones de dechloración, algunos estudios han reportado la formación de clorometano.

# Ejemplos de sitios donde la producción de metano fue un problema serio.

---



- ✓ Fuego subterráneo contiguo a instalaciones industriales en el Medio Oeste de EUA, debido a la aplicación de reactivos convencionales ISCR.
- ✓ Generación de hasta 23 % de concentración de metano en suelo junto a un iglesia en Carolina del Norte (con producción sostenida de metano  $>$  LEL, durante 8 a 9 meses), proveniente de una excavación tratada con reactivos convencionales ISCR.
- ✓ En el norte de Indiana, se requirió de medidas de contingencia, uso de inyección de aire y extracción de vapores, debido a la acumulación de metano, debido a la aplicación de aceites emulsificados, como remediadores.
- ✓ Cambio en la dinámica del flujo de un acuífero debido a las maniobras de inactivación *in situ* de la producción de metano debido al vertido de melaza y las maniobras ERD para remediar el sitio, cerca de Rio de Janeiro.
- ✓ Ocupación demorada de un conjunto habitacional de lujo en Sao Pablo, debido a la elevada concentración de metano, derivado de la aplicación de reactivos convencionales ISCR.

# ¿Cuál es el problema con los Metanógenos?

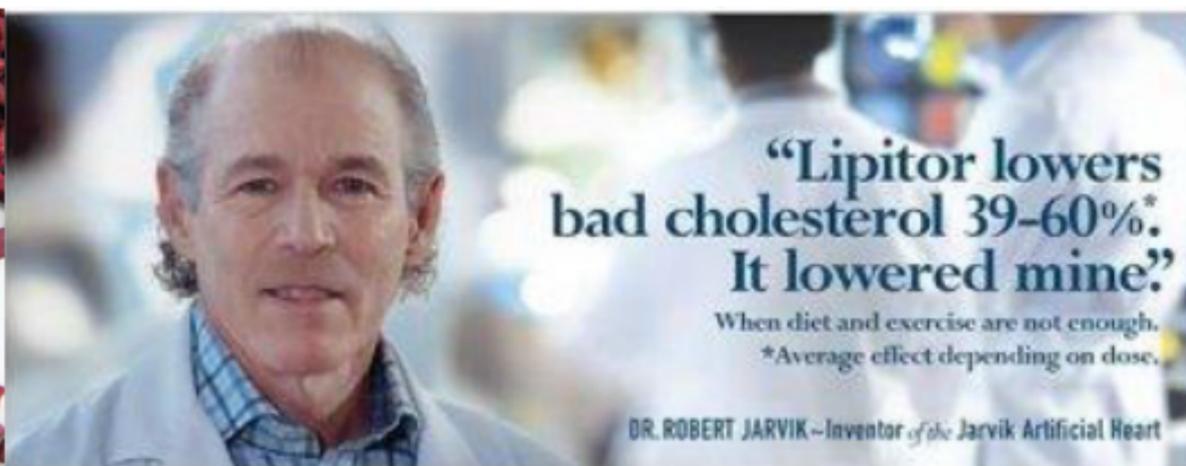


## Nuevas y emergentes requerimientos regulatorios:

- ✓ Los estados han estado promulgado nuevos lineamientos en cuanto a concentración de metano en acuíferos, mientras que están en legislación las leyes para gas en suelos y al interior de edificios.
- ✓ Por ejemplo, las regulaciones vigentes para los niveles de metano en acuíferos varían de 10 a 28 ppm CH<sub>4</sub>
- ✓ De manera notable, muchos de los proyectos ERD que utilizan carbón líquido (aceites emulsificados) no han recibido aprobación oficial, debido a los problemas derivados de niveles elevados de metano durante la aplicación de estas tecnologías (Comunicación Personal en los estados de CA, MN, FL, NC).
- ✓ Como resultado, muchos de los aplicadores de remediación optan proactivamente por el diseño e implemento de tecnología adicional, de previendo la eventual contingencia de una excesiva producción de metano (1 - 10 ppm).
- ✓ Dicha tecnología se basa en sistemas de inyección de aire / extracción de vapores, frecuentemente costosos, para capturar los vapores de metano y encausarlos a un posterior tratamiento / destrucción.

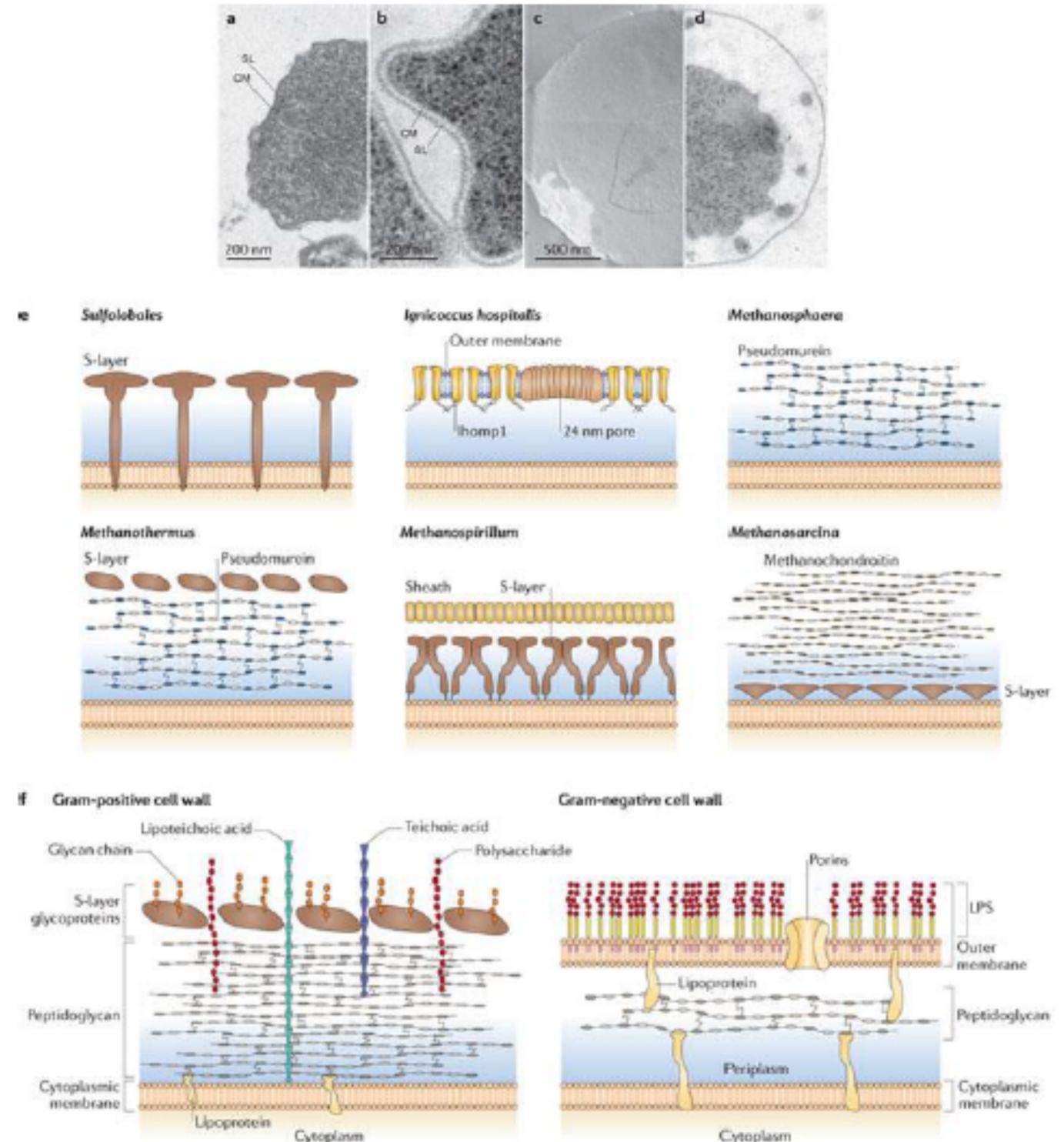
# ¿Qué es el Arroz Rojo de Levadura (RYR)?

- ✓ RYR es una sustancia extraída de arroz, que fue fermentado por la levadura *Monascus purpureus*.
- ✓ RYR contiene un número importante de estatinas — la mas importante Monacolin-K — conocida comercialmente como Lovastatin® / Lipitor® / etc. Suplementos alimenticios conocidos por reducir efectivamente el colesterol “malo” en pacientes.
- ✓ Adicionalmente a Monacolin-K, RYR contiene otras 9 estatinas, ácidos grasos mono-insaturados, vitaminas, y otros nutrientes que efectivamente estimulan bacterias anaerobias.
- ✓ RYR es frecuentemente utilizado como colorante para comida, aditivo y conservador para alimentos, y es **ampliamente consumida por nosotros**.



# ¿Cómo controla RYR a los metanógenos?

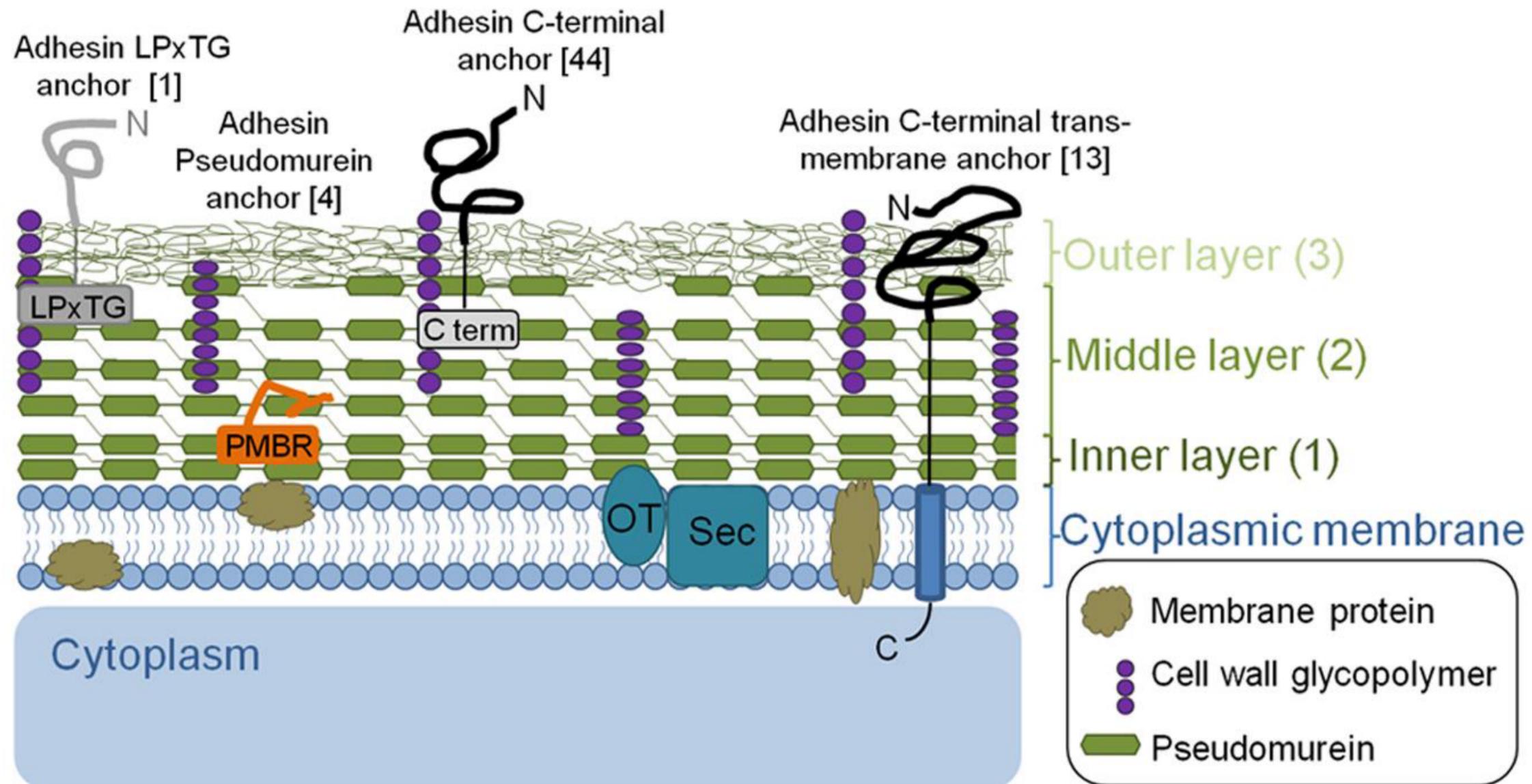
- La pared bacteriana contiene péptidoglicanos (mureína).
- La pared de los metanógenos contiene pseudomureína.
- La pseudomureína es producida activamente mediante una vía similar a la de la 3-hidroxil-3-metilglutaril-coenzima A (HMG-CoA) reductasa, que es la enzima clave para la ruta de la biosíntesis del colesterol en humanos (Alberts, *et al.*, 1980)



# ¿Cómo Provect-CH4 controla al Metano?



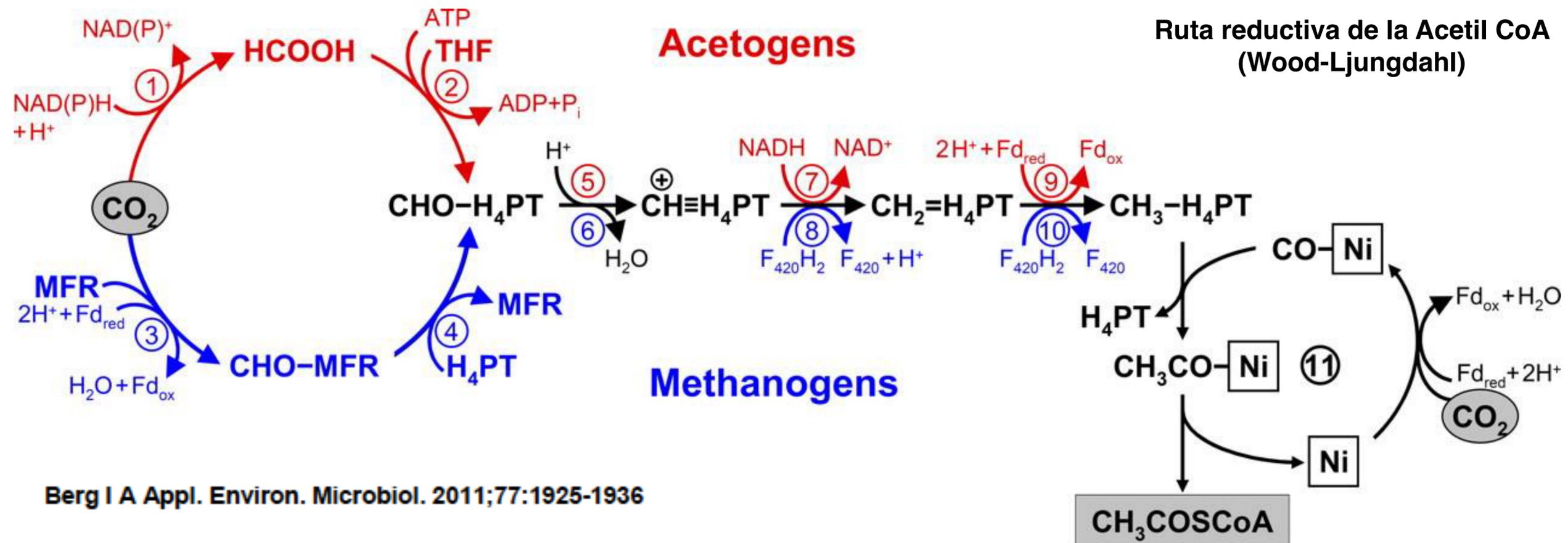
En presencia de Monacolin-K y otras estatinas de Provect-CH4™, la HMG-CoA reductasa es inhibida, la biosíntesis de pseudomureína (■), el crecimiento de los metanógenos es restringido, así también su desarrollo y proliferación.



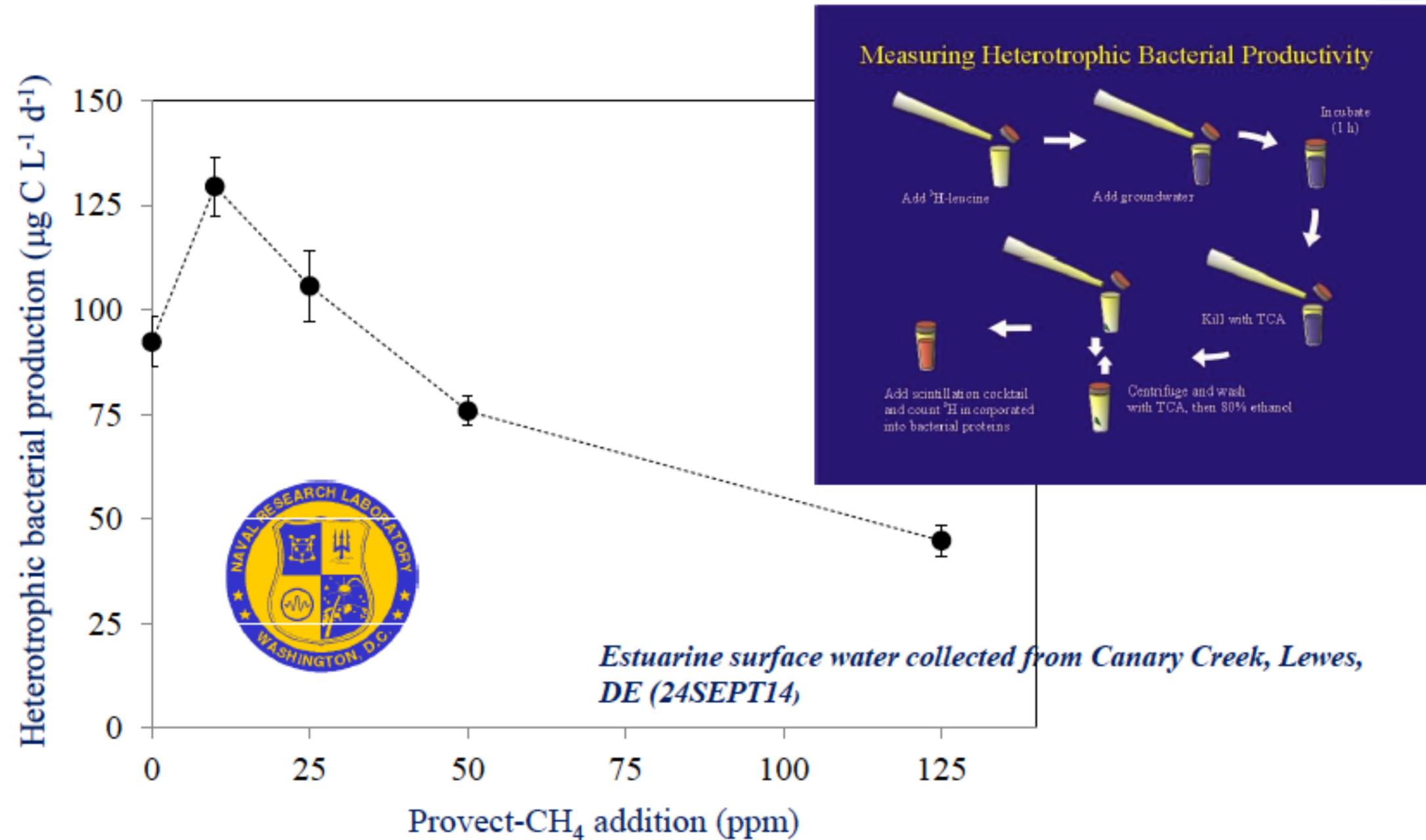
# ¿Cómo Provect-CH4 controla al Metano?



- Monacolin-K y otras estatinas, también interfieren con la biosíntesis de la enzima F420 en los metanógenos, lo que adicionalmente restringe su crecimiento y proliferación.
- Debido a que Archaea es muy distinta a otros microorganismos, este efecto inhibitorio es solo reflejado en los metanógenos objetivo, no siendo blanco bacterias que típicamente están relacionadas con: i) el catabolismo de contaminantes orgánicos (como *Pseudomonas spp.*) y/o ii) bacterias con halo-respiración / biodegradación de solventes clorinados (como *Dehalococcoides spp.*).



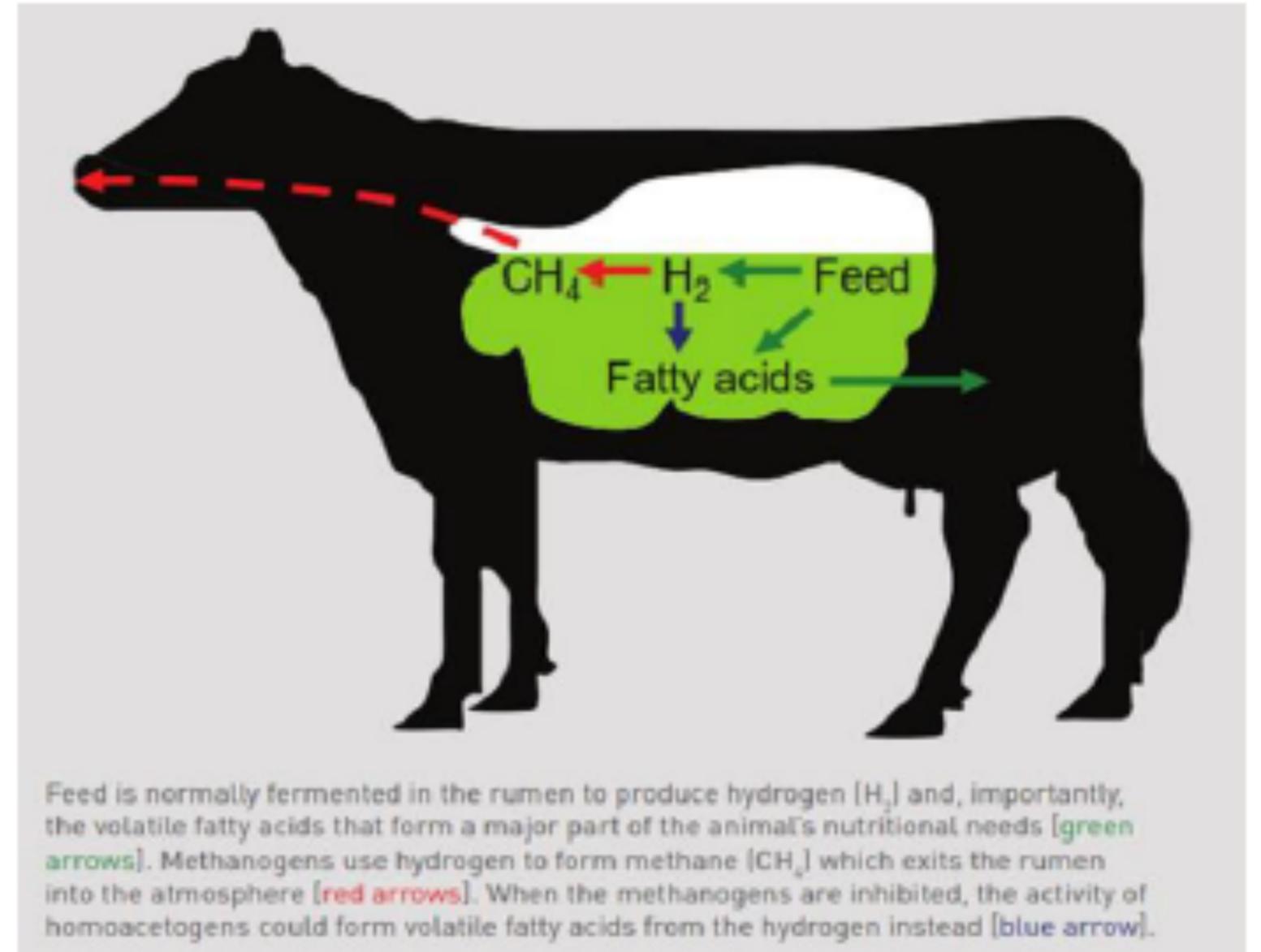
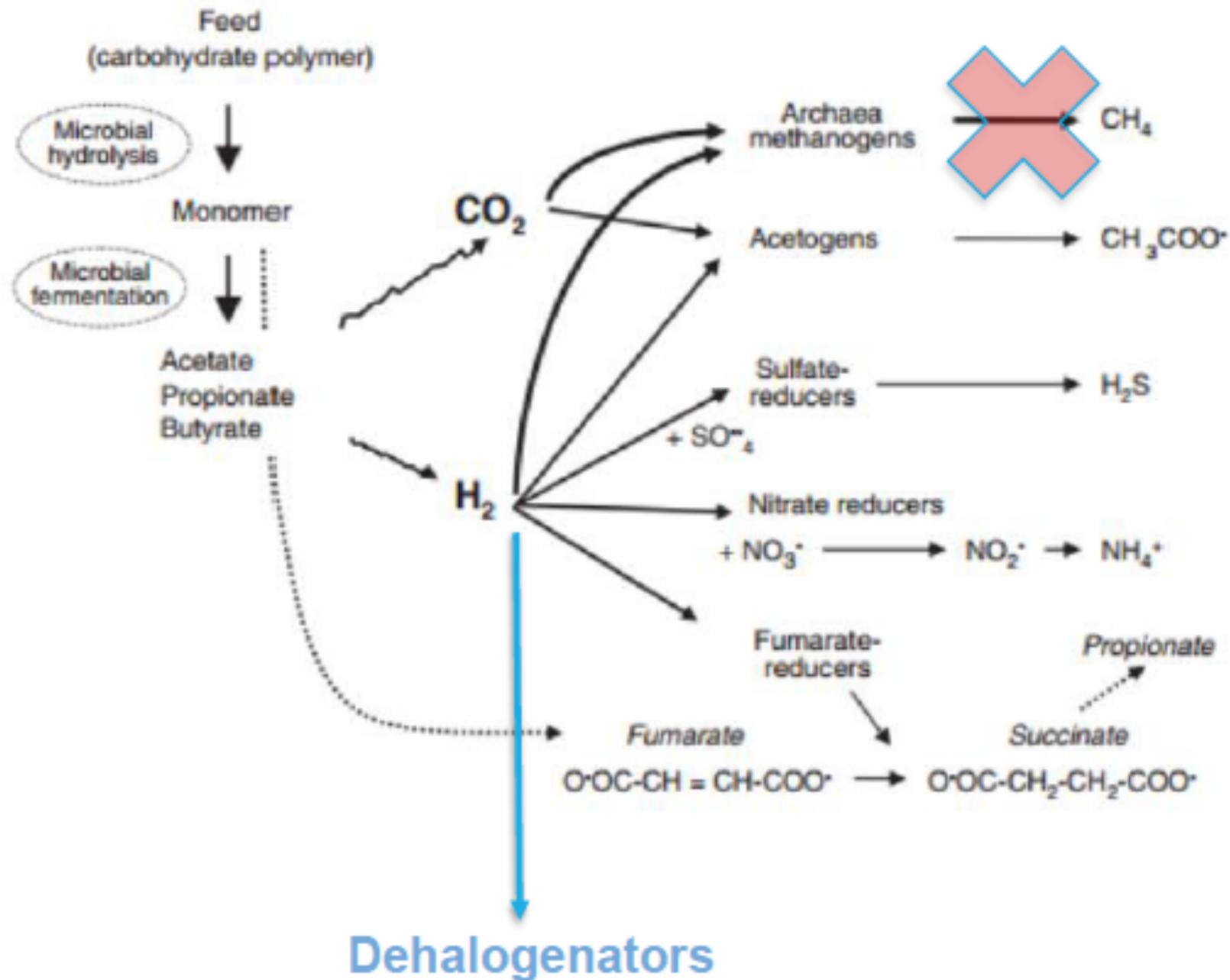
# Efecto en ensamble bacteriano heterótrofo



El aminoácido <sup>3</sup>H-Leucina es incorporado a la biomasa heterótrofa bacteriana (macromoléculas como proteínas, ADN, lípidos) a una tasa proporcional a la tasa de crecimiento del ensamble natural. Esta tasa es convertida a µg de carbono L<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, que el ensamble está metabolizando, para dar un límite superior de la cantidad de biorremediación intrínseca que está ocurriendo en el sitio.

# ¿Cuál sería el destino de H<sub>2</sub> en la ausencia de CH<sub>4</sub>?

Figure 1 Schematic microbial fermentation of feed polysaccharides and H<sub>2</sub> reduction pathways in the rumen.

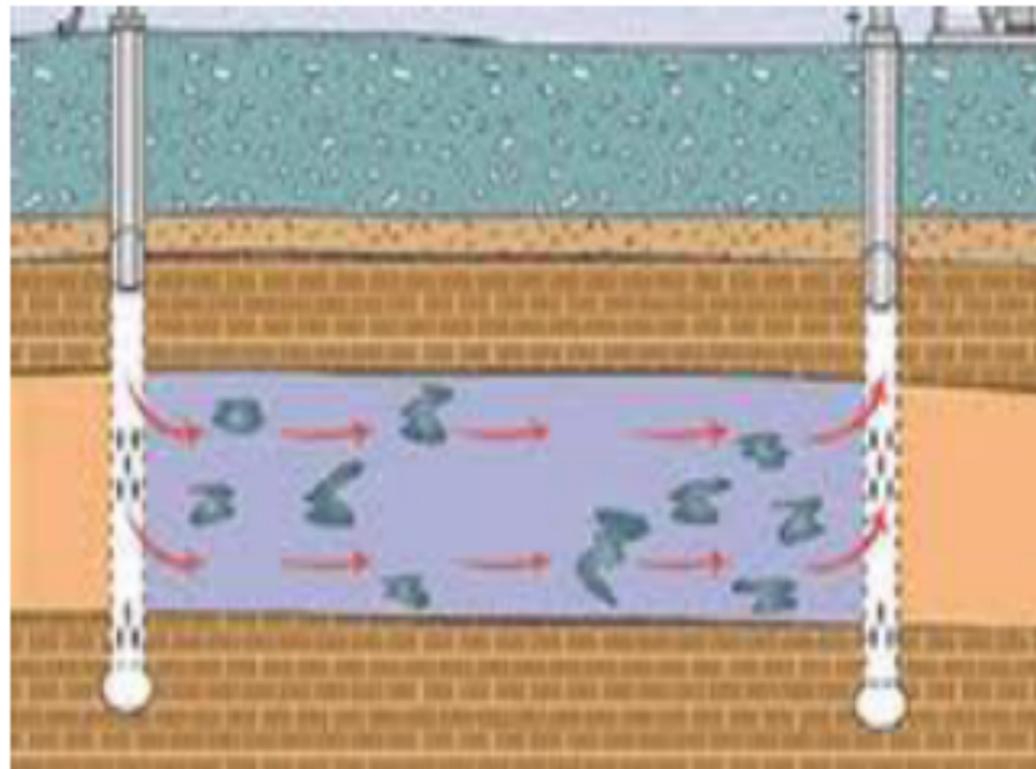


Se han usado **extractos de RYR en la producción de leche**, para controlar microbiología del rumen de las vacas y así disminuir significativamente la producción de metano. (Henderson *et al.*, 2010)

# ¿En qué consiste el suplemento Provect-CH4 —Inhibidor de Metano / ERD?



- ☕ Combinación exclusiva de extracto RYR, especialmente seleccionada para remediación ambiental.
- ☕ Polvo soluble en agua fría. Seguro y fácil de usar y manejar.
- ☕ Empacado en contenedores de 55 lbs (25 Kg).
- ☕ Utilizado como remediador ERD. Para ser usado en complemento para ABC-CH4<sup>TM</sup>, Provect-IR<sup>TM</sup> y AquaBlock-CH4<sup>TM</sup>.
- ☕ Múltiples patentes pendientes.





# Caso de Estudio de Provect-CH4™



🌿 Antigua Tintorería y Lavandería en Seco en un pequeño centro comercial en Atlanta, GA.

🌿 Reactivos usados: Aplicación de combinaciones de lactato de sodio, lactato de etilo, aceites emulsificados, y Hierro Cero Valente (ZVI) 2004 (3), 2005 (4), 2006 (2) —problemas legales y demoras 2013 (1).

🌿 Las concentraciones de PCE, TCE y c-DCE, requirieron tratamiento adicional.

🌿 Se hace patente la producción y concentración de metano excesiva.

🌿 Se realizó una aplicación reiterada de ABC en julio del 2014.

🌿 2,500 lbs (250 USG) ABC adicionado en 3 pozos proximales MV-4.

🌿 2,500 lbs (250 USG) ABC + 37 lbs Provect-CH4 adicionado en 3 pozos proximales MW-207 (CONCENTRACIÓN OBJETIVO 50-75 ppm)



# Análisis de gases disueltos y en cabezales de pozo (6 semanas post inyección)



## Análisis de Gas Disuelto (Método RSK 175) = 35 % CH<sub>4</sub> en comparación a MW-4

Well Location	Pre-injection (ppm)		6 weeks Post-Injection (ppm)	
	CH4	PCE	CH4	PCE
MW-4	13.7	170	10.2	--
MW-207s	11.8	1,200	4.2	--

- Thermo/Foxboro TVA-1000B PID/FID Analyzer (PID sensitive to 2,000 ppm CH<sub>4</sub>; FID sensitive to 50,000 ppm CH<sub>4</sub>)
- LandTec GEM5000 Landfill Gas (LFG) Meter (infrared detector calibrated to 15% methane)

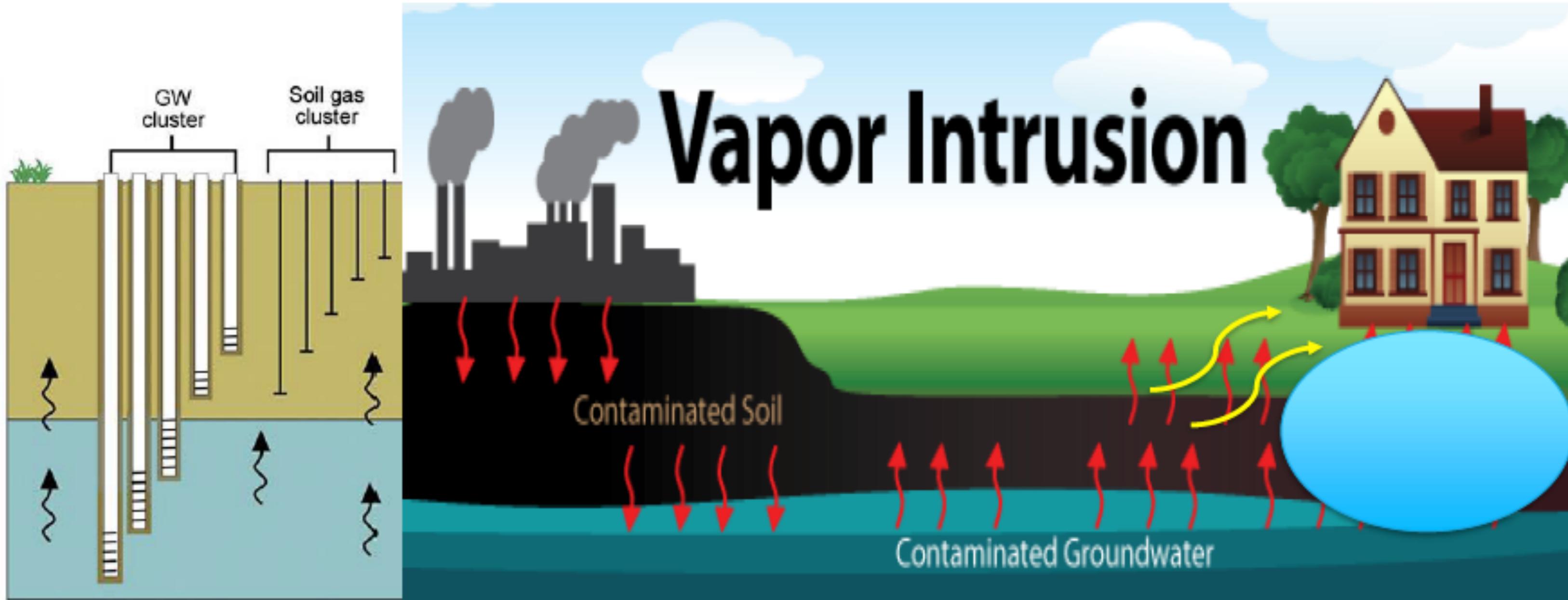
**Well Head Gas Analysis = Provect CH<sub>4</sub> = >98% less CH<sub>4</sub>**

Well Location	CH4 PID (ppm)	CH4 FID (ppm)	CH4 TGA %	CO2 %	O2 %	Balance (N) Est. %
<b>MW-4</b>	<b>ABC Only</b>					
0 min	297	>50,000	34.8	65.2	0.0	0.0
5 min	439	>50,000	35.6	61.0	0.2	3.2
<b>MW-207s</b>	<b>Provect CH<sub>4</sub> added</b>					
0 min	82	Out of range	0.5	1.0	12.7	85.8
5 min	41	1,599	0.4	0.7	20.2	78.7





# CH<sub>4</sub>—¿Dónde monitorear, cómo monitorear?



# ¿Cuál será el costo de Provect-CH4™?



<b>Dimensiones del área de tratamiento</b>		
Ancho de la zona a tratar (perpendicular al flujo del acuífero)	<b>266</b>	<b>Ft</b>
Largo de la zona a tratar (paralelo al flujo del acuífero)	<b>266</b>	<b>Ft</b>
Profundidad hasta la parte superior de la zona a tratar	<b>20</b>	<b>Ft</b>
Profundidad hasta la parte más baja de la zona a tratar	<b>45</b>	<b>Ft</b>
Espesor de la zona a tratar	<b>25</b>	<b>Ft</b>
Volumen calculado	<b>1'768,900</b>	<b>sq. Ft.</b>
<b>Cálculos sobre el inhibidor de metano</b>		
Porosidad estimada	<b>30</b>	<b>%</b>
Volumen calculado del líquido impactado	<b>530,670</b>	<b>sq. Ft.</b>
Concentración objetivo de RYR (Receptores R Yodine) en acuífero	<b>50</b>	<b>ppm</b>
Cantidad de inhibidor de metano para el proyecto	<b>1,656</b>	<b>lbs.</b>
Rondas de unidades de 55 lbs (tambos de 25 Kg)	<b>30</b>	
Precio del suplemento de la unidad ERD (aplica descuentos por volumen)	<b>USD \$35/lbs</b>	<b>1,650 lbs</b>
<b>TOTAL (NO INCLUYE FLETE)</b>	<b>USD \$57,750</b>	

🚰 Se calcula al menos 30 % ahorro en la aplicación de remediador ERD = costo compensado.

🚰 90,000 lbs de ERD requerido x \$ 1.50/lbs = \$ 135,000.

🚰 Uso de 30 % menos de ERD = 67,500 X \$1.50/lbs = \$101,250 (ahorro de \$ 33,750).

🚰 ERD más 1,650 lbs de Provect-CH4 x \$ 35/lbs = \$57,750 → \$159,000 (añada \$24,000 ≈ 15 %)

🚰 67,500 lbs de ABC-CH4 x 1.80/lbs = 121,500 (\$13,500 menos que ERD solo).

🚰 Se evita el uso de planes de contingencia; Seguridad y eficacia aseguradas.

# Contenido de la Presentación



 **Introducción a Provectus Environmental Products, Inc.**

 **Biotecnologías ambientales:**

**Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Inhibidor de Metano.

**ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Reactivo Antimetanogénico ERD\* en Líquido.**

**Provect-IR<sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ISCR\*\*, Sólido.

**Provect-IRM<sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ISCR, para la Inmovilización de Metales Pesados.

**AquaBlok-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Recubrimiento Reactivo Antimetanogénico.

**Provect-OX<sup>TM</sup>** — ISCO\*\*\* Auto activado / Reactivo de Biorremediación Mejorado.

 **¿ISCR o ERD?**

 **Servicios**

\* Enhanced Reductive Deshalogenation \*\* *in situ* Chemical Reduction \*\*\* *in situ* Chemical Oxidation

# ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> — Reactivo ERD

## Antimetanogénico Líquido



🔹 **Provect-CH<sub>4</sub> puede ser utilizado para suplementar un sinnúmero de remedidores orgánicos / donadores de H.**

→ **Aceites**

→ **Lecitinas**

→ **Aceites Emulsificados**

→ **Azúcares (lactato, dextrosa, glucosa)**

→ **Varios compuestos liberadores de hidrógeno**

→ **Fuentes de carbón de origen vegetal (e.g. celulosa y hemicelulosa)**

→ **Remedidores con base a ZVI y carbón**

🔹 **El desempeño y efectividad de los reactivos anteriores depende de un enorme número de factores y parámetros.**

🔹 **Reactivos Provectus:** Para proveer un producto diseñado para minimizar estas variables, se ha desarrollado ABC-CH<sub>4</sub>, en colaboración con Redox-Tech, LLC (Operando desde 2000).

# ¿Qué es Anaerobic BioChem (ABC®)?



- 60 % de carbón soluble en agua, consistente en:

- Glicerina
- Lactato de Etilo — Solvente verde.
- Ácidos Grasos — todos disueltos.

REDOX TECH, LLC   
*"Providing Innovative In Situ Soil and Groundwater Treatment"*

- Fosfato dipotásico, para proveer nutrientes y amortiguación de pH.
- Potasa cáustica o bicarbonato para controlar el pH.

¿Qué es ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> ?

- Incluye Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup> para alcanzar un mínimo de 50 ppm de RYR en acuíferos.
- EFECTIVIDAD ÚNICA EN EL CONTROL DE PRODUCCIÓN DE METANO.
  - Más seguro
  - Más eficiente (hasta 30 % menos cantidad de producto necesario para alcanzar el objetivo)

# Lineamientos de Aplicación ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>



💧 Precio de lista de USD\$ 1.80 + envío INCLUYE INHIBIDOR DE METANO

💧 APLICAN DESCUENTOS POR VOLUMEN.

💧 Presentaciones: bolsas de 5 lbs; tambores de 55 galones; totes de 250 y 325 galones.

💧 Las órdenes se pueden canalizar a través de Redox-Tech, LLC

- Alta permeabilidad requiere más ABC, con más ácido oléico.
- No recomendado cuando la concentración total de solventes clorinados no es mayor a 50 ppm, si no se adiciona cultivos de *Dehalococcoides spp.* (DHC).
- Potenciales de Óxido Reducción (ORP) menores a -175 mV, son comúnmente alcanzados.
- Tasas de carga de entre 0.04 y 0.1 lbs / pie cúbico de acuífero (tanto fase acuosa como fase sólida).
- Las tasas de carga dependen de los niveles de OPR y niveles de contaminantes.
- La dosificación de fosfato dipotásico y amortiguador, dependerán de los niveles de contaminantes y el pH presente.
- La adición de cultivos de DHC se requiere solo en el 5 % de los casos.

# ¿Cuál sería el costo de ABC-CH4®?



<b>Dimensiones del área de tratamiento</b>		
Ancho de la zona a tratar (perpendicular al flujo del acuífero)	266	Ft
Largo de la zona a tratar (paralelo al flujo del acuífero)	266	Ft
Profundidad hasta la parte superior de la zona a tratar	20	Ft
Profundidad hasta la parte más baja de la zona a tratar	45	Ft
Espesor de la zona a tratar	25	Ft
Volumen calculado	1'768,900	sq. Ft.
<b>Cálculos sobre el inhibidor de metano</b>		
Porosidad estimada	30	%
Volumen calculado del líquido impactado	530,670	sq. Ft.
Concentración objetivo de RYR (Receptores R Yodine) en acuífero	50	ppm
Cantidad de inhibidor de metano para el proyecto	1,656	lbs.
Rondas de unidades de 55 lbs (tambos de 25 Kg)	30	
Precio del suplemento de la unidad ERD (aplica descuentos por volumen)	USD \$35/lbs	1,650 lbs
<b>TOTAL (NO INCLUYE FLETE)</b>	<b>USD \$57,750</b>	

Se calcula al menos 30 % ahorro en la aplicación de remediator ERD = costo compensado.

90,000 lbs de ERD requerido x \$ 1.50/lbs = \$ 135,000.

Uso de 30 % menos de ERD = 67,500 X \$1.50/lbs = \$101,250 (ahorro de \$ 33,750).

ERD más 1,650 lbs de Provect-CH4 x \$ 35/lbs = \$57,750 → \$159,000 (añada \$24,000 ≈ 15 %)

67,500 lbs de ABC-CH4 x 1.80/lbs = 121,500 (\$13,500 menos que ERD solo).

Se evita el uso de planes de contingencia; Seguridad y eficacia aseguradas.

# Contenido de la Presentación



 **Introducción a Provectus Environmental Products, Inc.**

 **Biotecnologías ambientales:**

**Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Inhibidor de Metano.

**ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ERD\* en Líquido.

**Provect-IR<sup>TM</sup>** — **Reactivo Antimetanogénico ISCR\*\*, Sólido.**

**Provect-IRM<sup>TM</sup>** — **Reactivo Antimetanogénico ISCR, para la Inmovilización de Metales Pesados.**

**AquaBlok-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Recubrimiento Reactivo Antimetanogénico.

**Provect-OX<sup>TM</sup>** — ISCO\*\*\* Auto activado / Reactivo de Biorremediación Mejorado.

 **¿ISCR o ERD?**

 **Servicios**

\* Enhanced Reductive Deshalogenation \*\* *in situ* Chemical Reduction \*\*\* *in situ* Chemical Oxidation

# ¿Qué es la Reducción Química *in situ* (ISCR)

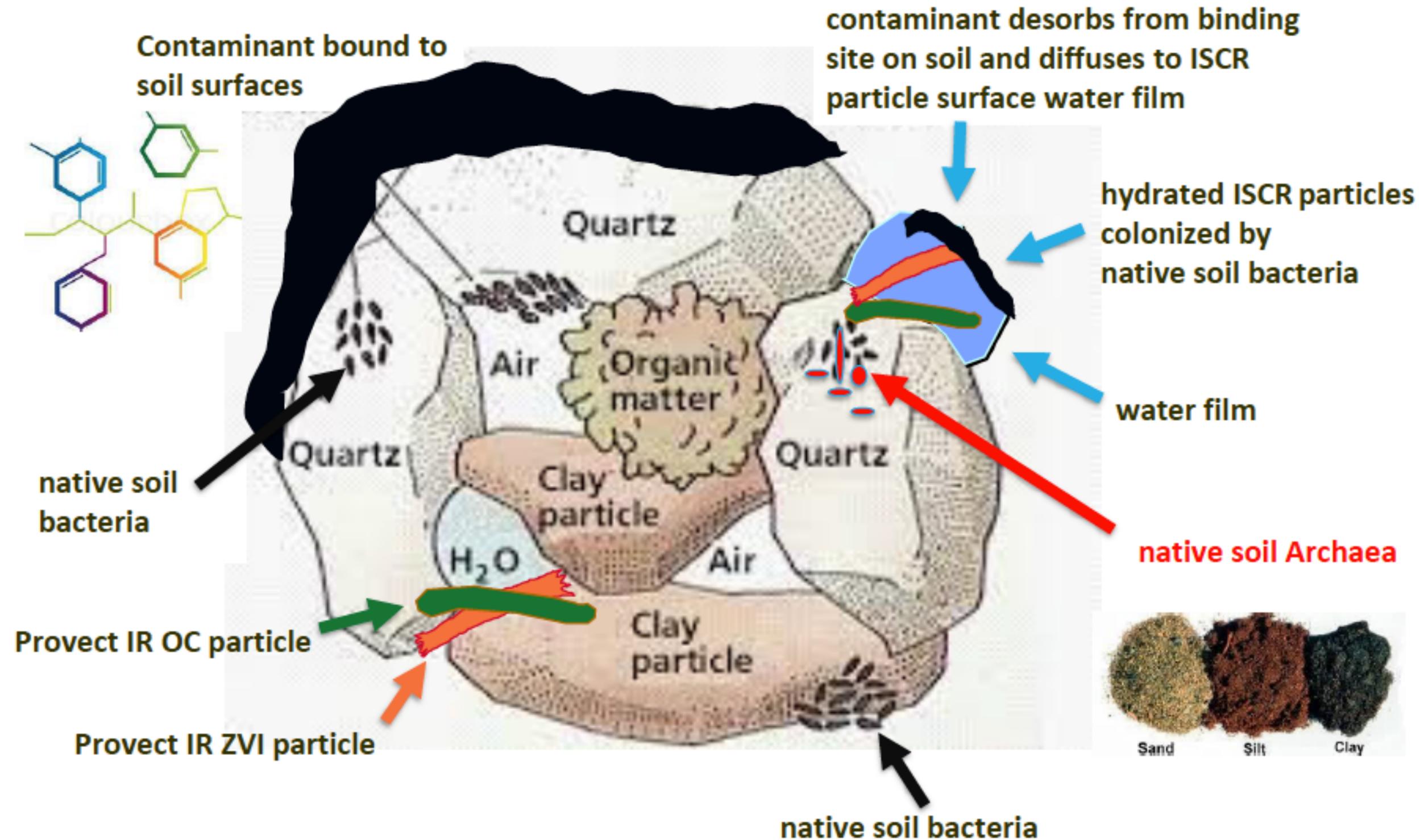


En 2004, la ISCR fue definida como “un proceso sinérgico que combina tanto reacciones abióticas, como reacciones bióticas, para crear condiciones altamente reductivas, en un ambiente rico en electrones” (Mueller y Brown, 2004).

ISCR **no es** biorremediación anaeróbica mejorada / ERD\*

Proceso	Remediador
Degradación Anaerobia Mejorada / ERD* — Deshalogenación Reductiva Mejorada	Melaza, aceites vegetales emulsificados, lactato de sodio, ácido poliláctico, proteína de suero de leche, compuestos simples liberadores de H <sub>2</sub> , ABC.
Reducción Química <i>in situ</i> / ISCR	Provect-IR™, ABC+, EHC®, DARAMEND®
Reactivos Antimetanógenos ISCR	Provect-IR™, Provect-IRM®, AquaBlok®-CH <sub>4</sub> , y en cierto grado ABC-CH <sub>4</sub> ™.

# Reactivos ISCR Convencionales (ca. 2003)

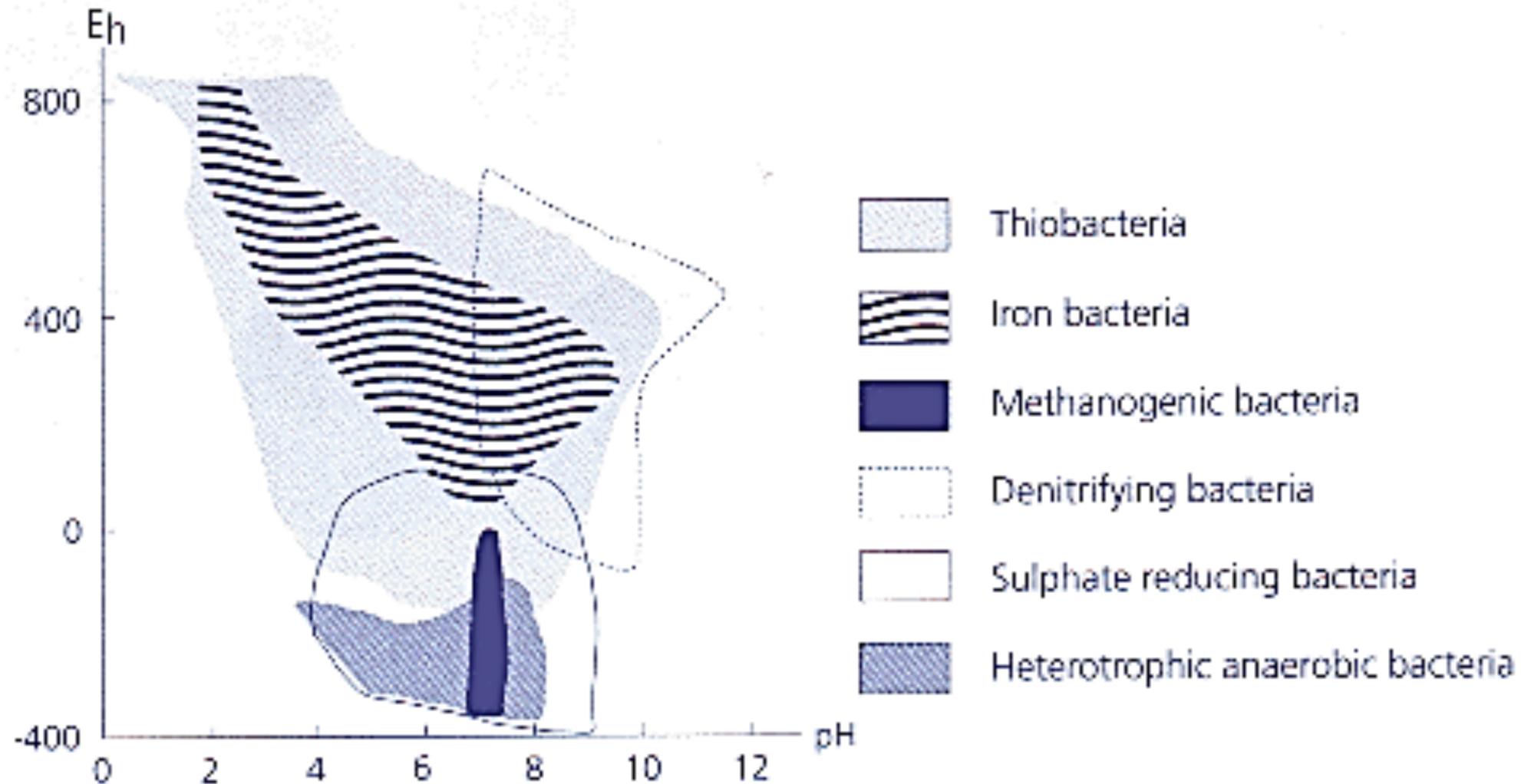




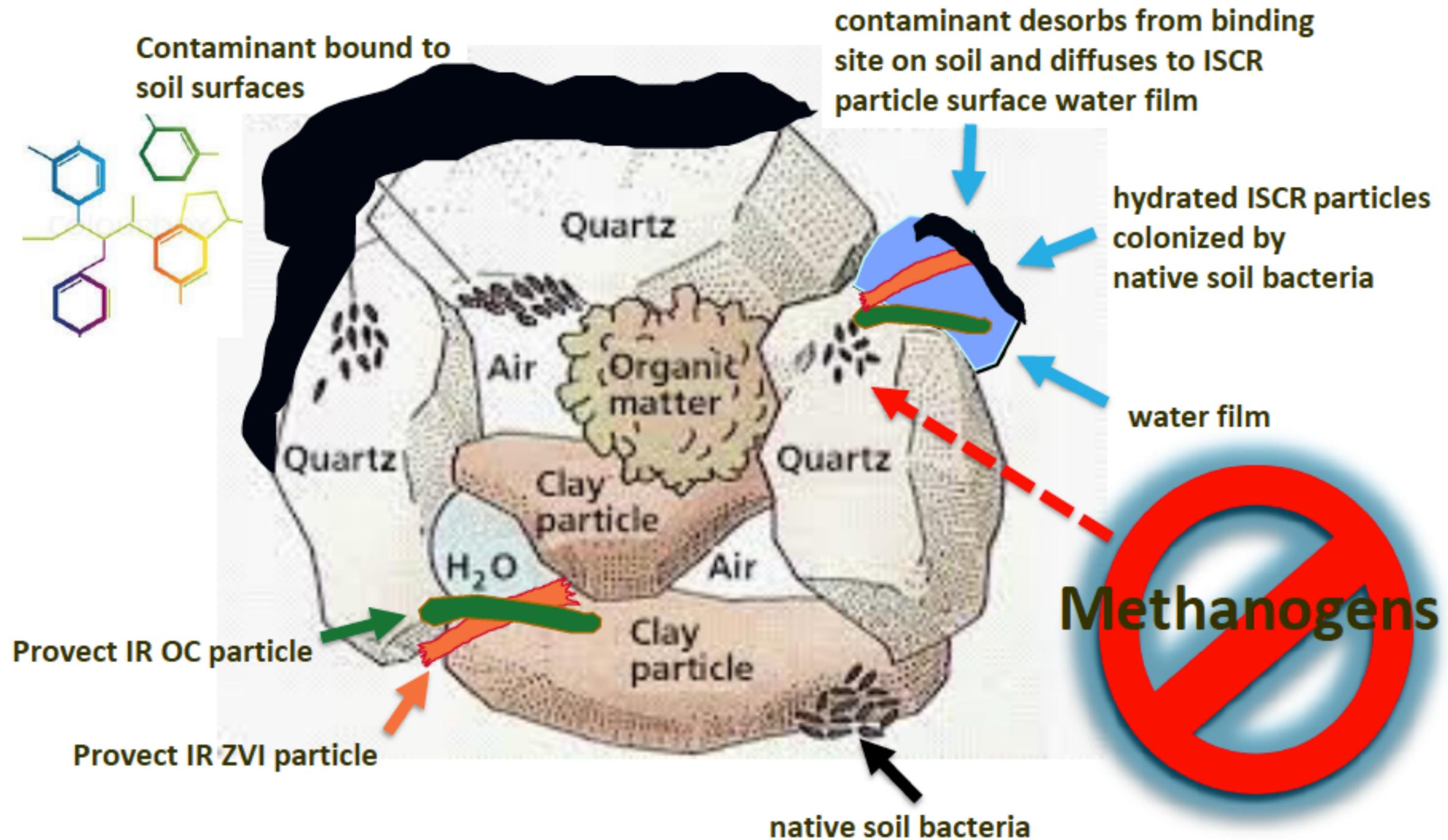
# Rangos ideales de Eh pH para el crecimiento bacteriano



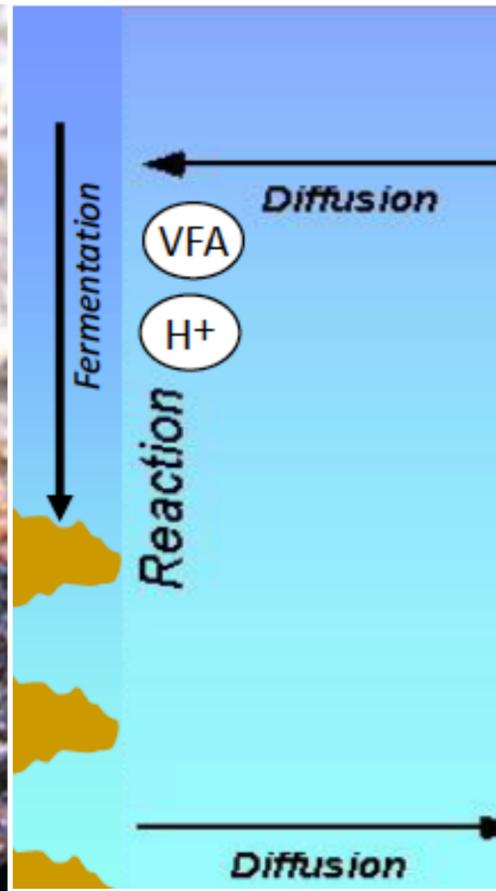
Microorganismo	Tiempo en Duplicar su Población
Dehalococoides spp.	24 a 48 horas
Metanógenos con citocromos	10 horas
Metanógenos sin citocromos	1 hora



# Provect-IR™ Reactivo ISCR Antimetanógeno, Sólido



# Beneficios de Reactivos Antimetanógenos ERD/ISCR



## **Más Eficiente:**

- 30 % más eficiente en el uso de donadores de H (Mueller *et al*, 2014)
- Permite a DHC y otros acetilenos de crecimiento lento, la oportunidad de competir.

## **Acción remediadora segura: Inhibe a los metanógenos.**

- Se han registrado [1,000 ppm CH<sub>4</sub>], que violan la legislaciones actuales y pendientes —> 10-28 ppm en acuíferos; 0.5% v/v en suelos y/o aire (e.g. 10 % LEL). [Explosividad CH<sub>4</sub>] = 5 % a 15 %.

## **Otros beneficios reportados:**

- Se evitan problemas con legislación y la implementación de planes de contingencia.
- Minimiza el potencial de metilación de Hg y otros metales pesados.
- Minimiza el impacto de COIS secundarios.

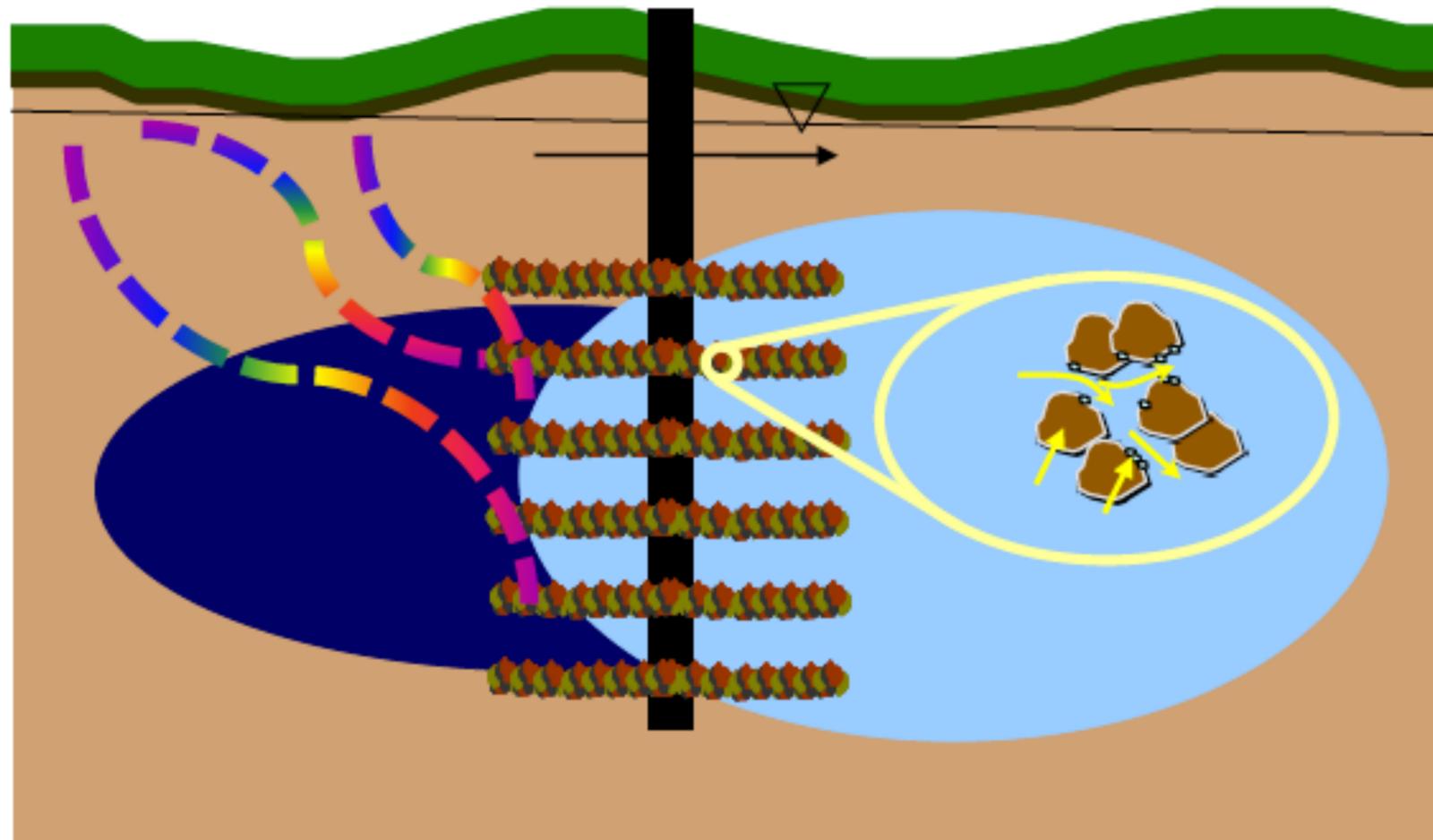
# Provect-IR<sup>TM</sup> Reactivo ISCR Antimetanógeno, Sólido



- Múltiples fuentes de carbón orgánico, hidrofílico, complejo, de liberación prolongada (Kelp, materia vegetal, Propionato de Calcio @ 390 g de donadores de H / Lbs de producto.
- 10 % peso en ZVI micronizado (partículas  $\approx 10 \mu\text{m}$ ) @ 25 sqFt área reactiva.
- Nutrientes integrados (extracto de levaduras), vitaminas, minerales, especialmente balanceados para estimular anaerobios selectos.
- Secuestrantes de oxígeno, para mantener la reactividad del ZVI.
- Empacado en bultos de 50 lbs o empaques de 2,000 lbs.



# Inyección al subsuelo de sólidos convertidos en lodos



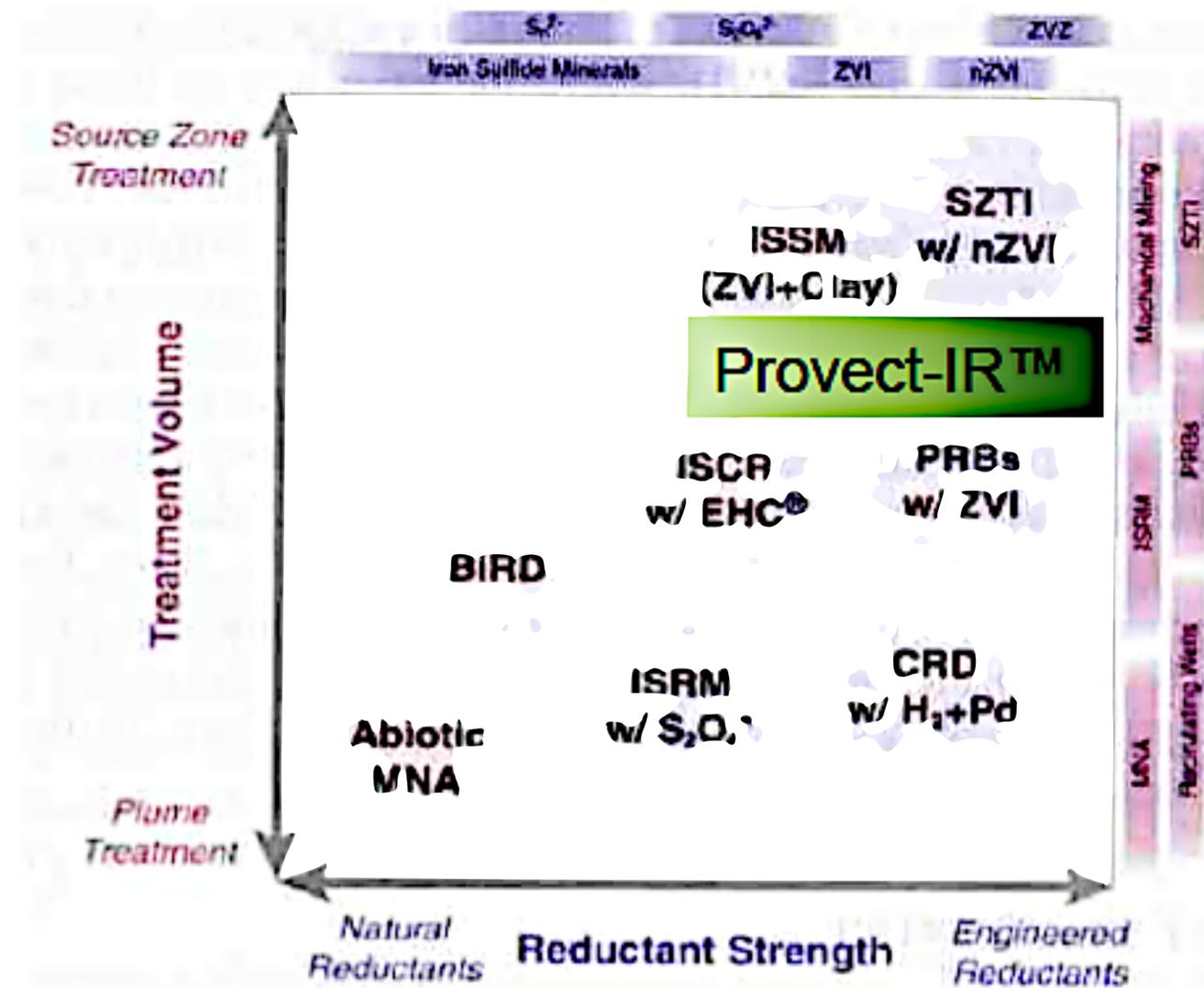
Figures adapted from Mueller et al, 2012 Redox-Tech's Third Biennial Southeastern In Situ Soil and Groundwater Remediation Conference

# Provect-IR™, ¿cuál es el costo?



Componente / Característica	Provect-	Otros
Donadores de H orgánicos complejos múltiples, con distintos tiempos de liberación, <b>llámese Kelp más mezclas vegetales especialmente seleccionadas, y propionato listo para fermentarse.</b>	SI	NO
Inhibidor Metanogénico Integrado (patente pendiente)	SI	NO
Secuestradores químicos de oxígeno, para mantener condiciones reductoras durante la mezcla e inyección de ZVI.	SI	NO
Vitaminas Integradas, micro y macro nutrientes especialmente seleccionados para el crecimiento de microorganismos anaerobios benéficos, <b>llámese extractos de levadura que contiene compuestos nitrogenados, carbón, sulfuro, nutrientes traza, vitaminas del complejo B, y otros factores de crecimiento, importantes para el desarrollo de microorganismos de interés.</b>	SI	NO
Primer de Propionato de Calcio, como enriquecedor de anaerobios nativos.	SI	NO
Formulaciones modificadas para la inmovilización de metales pesados.	SI	SI
Tamaño promedio de las partículas del ZVI ( $\mu\text{m}$ ), tamaño estimado no confirmado.	15	Prom. 75
% por peso de ZVI	10	40
Superficie reactiva de ZVI / Lbs, <b>basado en el tamaño de partícula del producto.</b>	25	Prom. 19
Gramos de donadores orgánicos de H / Lbs de producto	390	272
Rango de precio \$/lbs, basado en información publicad y disponible al público	\$1.50 - \$2.35	\$2.00 - \$2.65

# Provect-IR™, ¿cómo se compara?



- La figura ilustra el mapa de tecnologías ISCR que actualmente están en práctica. El eje horizontal representa la fuerza de las reacciones reductoras que se desencadenan continuamente, desde las moderadas (minerales que contengan  $Fe^{II}$  y  $S^{II-/-}$ ), hasta la muy fuertes ( $Fe^0$  y  $Zn^0$ ). El eje vertical representa la forma de aplicar el remediador en sitio, desde su posicionamiento superficial para mitigar migraciones de gas, hasta la inyección a subsuelo/acuífero para impacto directo del químico sobre la zona a tratar.

# Provect-IRM<sup>TM</sup>, Reactivo ISCR Antimetanógeno, para la estabilización de metales pesados.



Contaminante	Mecanismo de tratamiento en la zona ISCR
As (III, V)	Precipitación reductiva con minerales oxidados de hierro. Precipitación en forma de sulfuro de arsénico y mezcla de sulfuros de Fe-As
Cr(IV), Mo(VI), Se(IV,VI), U(VI)	Precipitación reductiva con minerales oxidados de hierro y adsorción a óxidos de hierro.
Me <sup>2+</sup> (Hg, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni)	Los cationes metálicos se precipitan como sulfuros, por acción de reducción de sulfatos a sulfuros por parte de microbiota heterotrófica estimulada. Adsorción a productos oxidados de hierro (e.g., el hierro se oxida en forma de oxihidróxidos).

# Provect-IRM<sup>TM</sup>, inhibe la biometilación de metales pesado



- 💧 Con la posible excepción del Pb, casi todos los elementos de los grupos IV, V y VI, pueden ser biometilados (Bentley y Chasteen, 2002).
- 💧 Los metilmetales(metaloides) son usualmente volátiles y con frecuencia mucho más tóxicos que su contraparte inorgánica hidrofóbica, debido a su incrementada solubilidad en agua (*e.g.*, metilmercurio).
- 💧 Los microorganismos son los principales responsables de la biosíntesis de organometalos (Challenger, 1945), y los metanógnenos son los principales actores en en dicha producción (Michalke, *et al.*, 2006)

# Provect-IRM™, inhibe la biometilación de metales pesado



**Metilmetales(oides)  
volátiles producidos  
por cultivos de  
metanógenos  
(Archaea spp)**

	Metal/Metaloides				
	As	Bi	Se	Te	Sb
<i>Methanobacterium formicicum</i>	AsH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> AsH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As, X	BiH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> BiH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> BiH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	SbH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> SbH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SbH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanobrevibacter smithii</i>	CH <sub>3</sub> AsH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As	CH <sub>3</sub> BiH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> BiH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SeS (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub> , X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanococcus vanielli</i>	CH <sub>3</sub> AsH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As, X	CH <sub>3</sub> BiH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SeS	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanolacinia paynteri</i>	n.d.	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> BiH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SeS, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub> , X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanlobus tindarius</i>	n.d.	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	CH <sub>3</sub> SbH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanoplanus limicola</i>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SeS, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub> , X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te, X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanosarcina barkeri</i>	AsH <sub>3</sub> , X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi*	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub>	n.d.	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanosarcina mazei</i>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanosphaera stadtmanae</i>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As	CH <sub>3</sub> BiH <sub>2</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> BiH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Bi	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SeS, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Se <sub>2</sub> , X	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Te	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb
<i>Methanothermobacter thermautotrophicus</i>	AsH <sub>3</sub>	n.d.	n.d.	n.d.	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb



# Contenido de la Presentación



 **Introducción a Provectus Environmental Products, Inc.**

 **Biotecnologías ambientales:**

**Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Inhibidor de Metano.

**ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ERD\* en Líquido.

**Provect-IR<sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ISCR\*\*, Sólido.

**Provect-IRM<sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ISCR, para la Inmovilización de Metales Pesados.

**AquaBlok-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — **Recubrimiento Reactivo Antimetanogénico.**

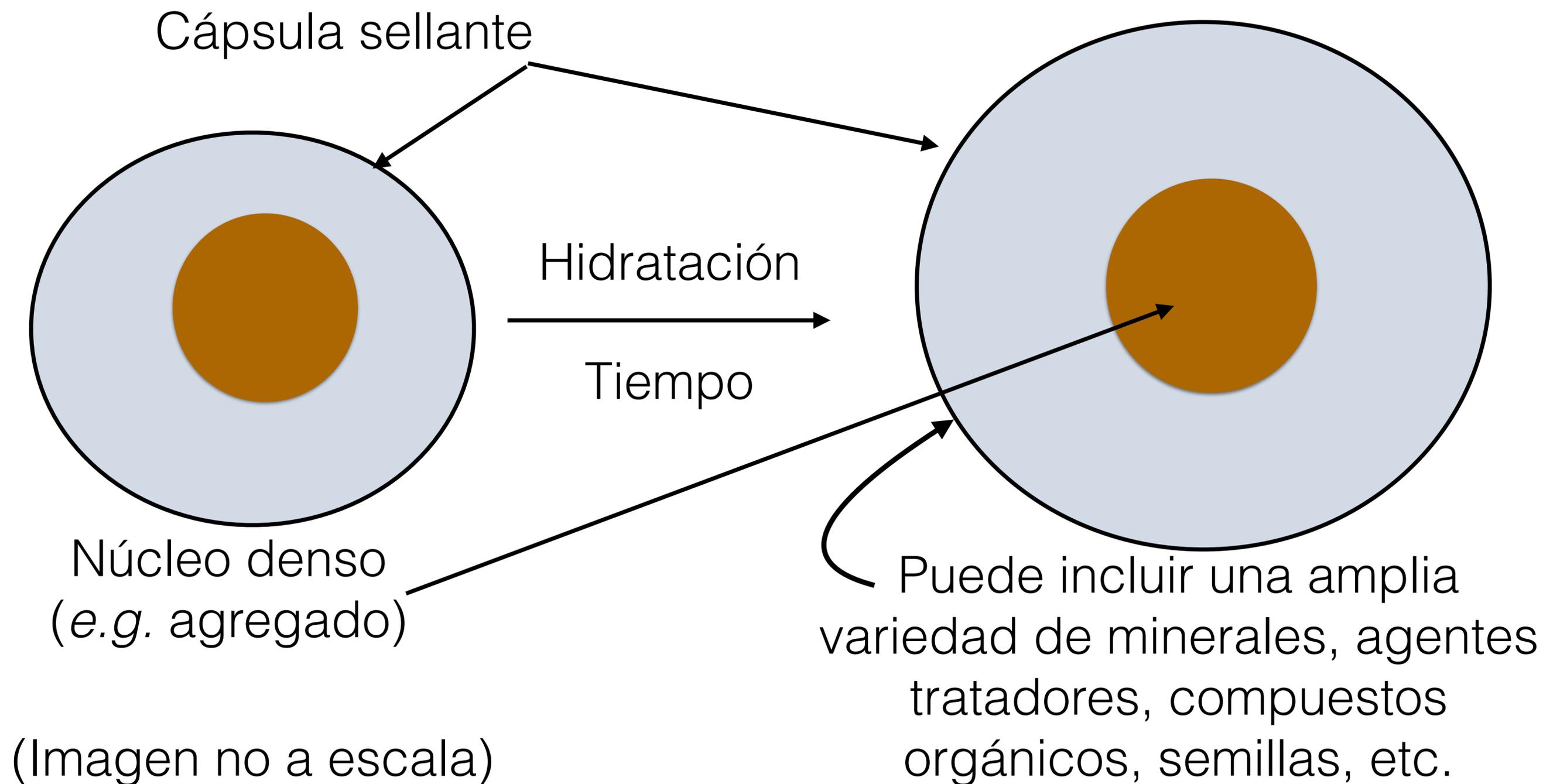
**Provect-OX<sup>TM</sup>** — ISCO\*\*\* Auto activado / Reactivo de Biorremediación Mejorado.

 **¿ISCR o ERD?**

 **Servicios**

\* Enhanced Reductive Deshalogenation \*\* *in situ* Chemical Reduction \*\*\* *in situ* Chemical Oxidation

# AquaBlok-CH4™, Tecnología Antimetanogénica de encapsulamiento *in situ*



# AquaBlok-CH4<sup>TM</sup>, comportamiento en agua del producto básico



# AquaBlok-CH4<sup>TM</sup> métodos de implementación



# Evidencia de “recontaminación” NO debida a migración a través del encapsulamiento



**Sección transversal de un núcleo (2.5 años después de implementación de AquaBlok-ch4™)**

Nuevo sedimento

Capa limpia libre de filtraciones de AquaBlok™

Barrera definida

Antiguo sedimento contaminado

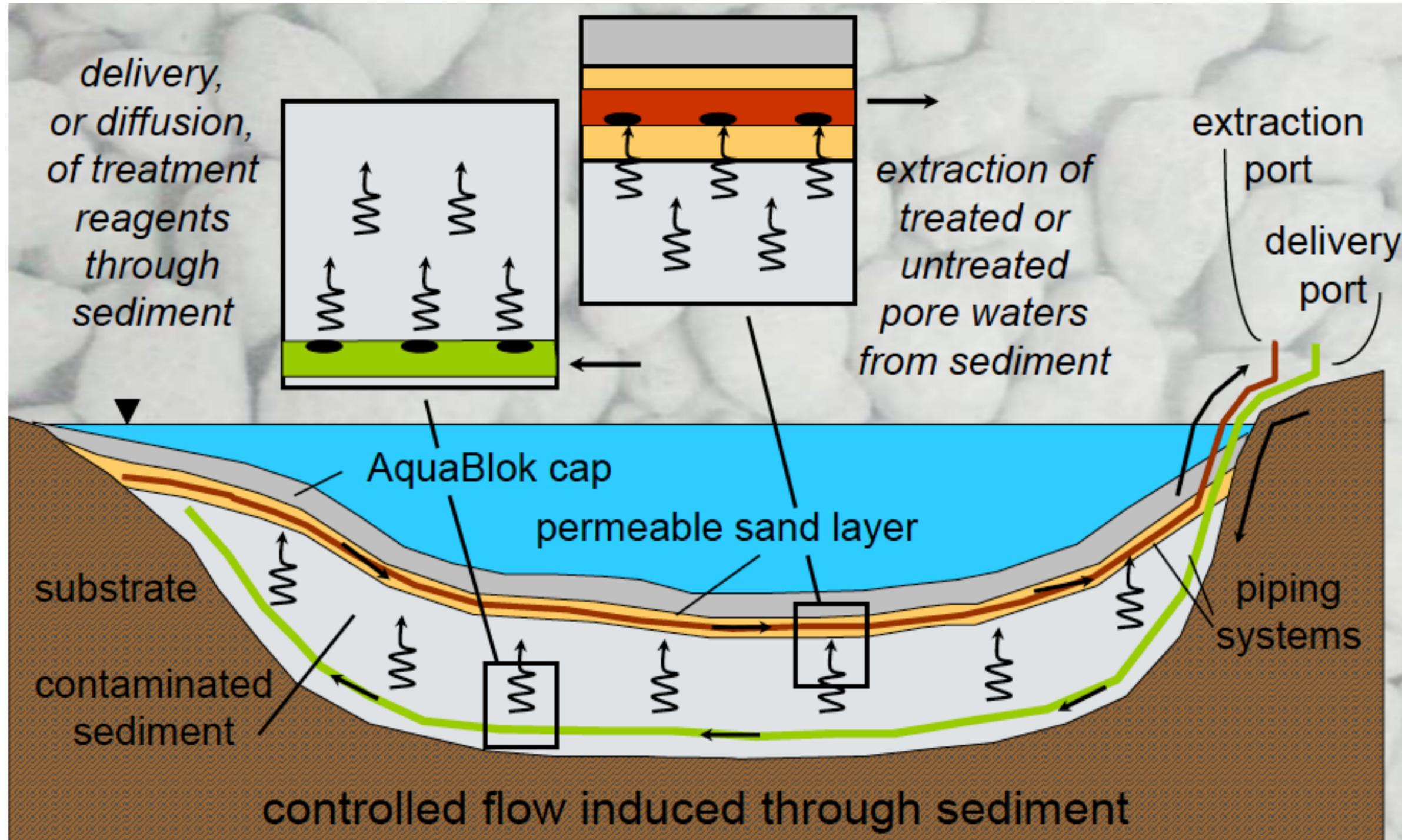


# Problemática que desarrolla la metanogénesis



- **La metanogénesis es causada por una estimulación de flora microbiana, como resultado de agitar sedimentos.**
- **La ebullición de metano puede causar la rotura de la cápsula, migrando a través de esta hacia la superficie.**
- **Puede causar la formación de metilmetales(oides)**

# Facilitando el tratamiento *in situ* de sedimentos

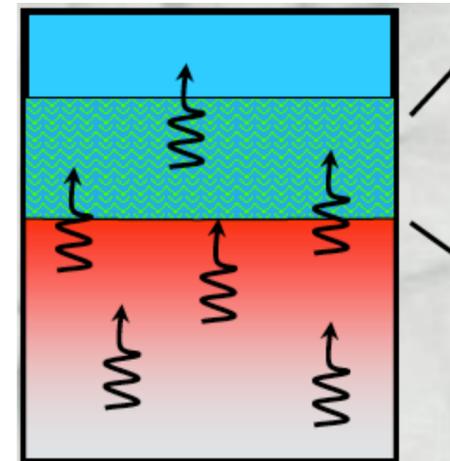


# Barrera Reactiva Horizontal (hPRB) para tratamiento de sedimento *in situ*

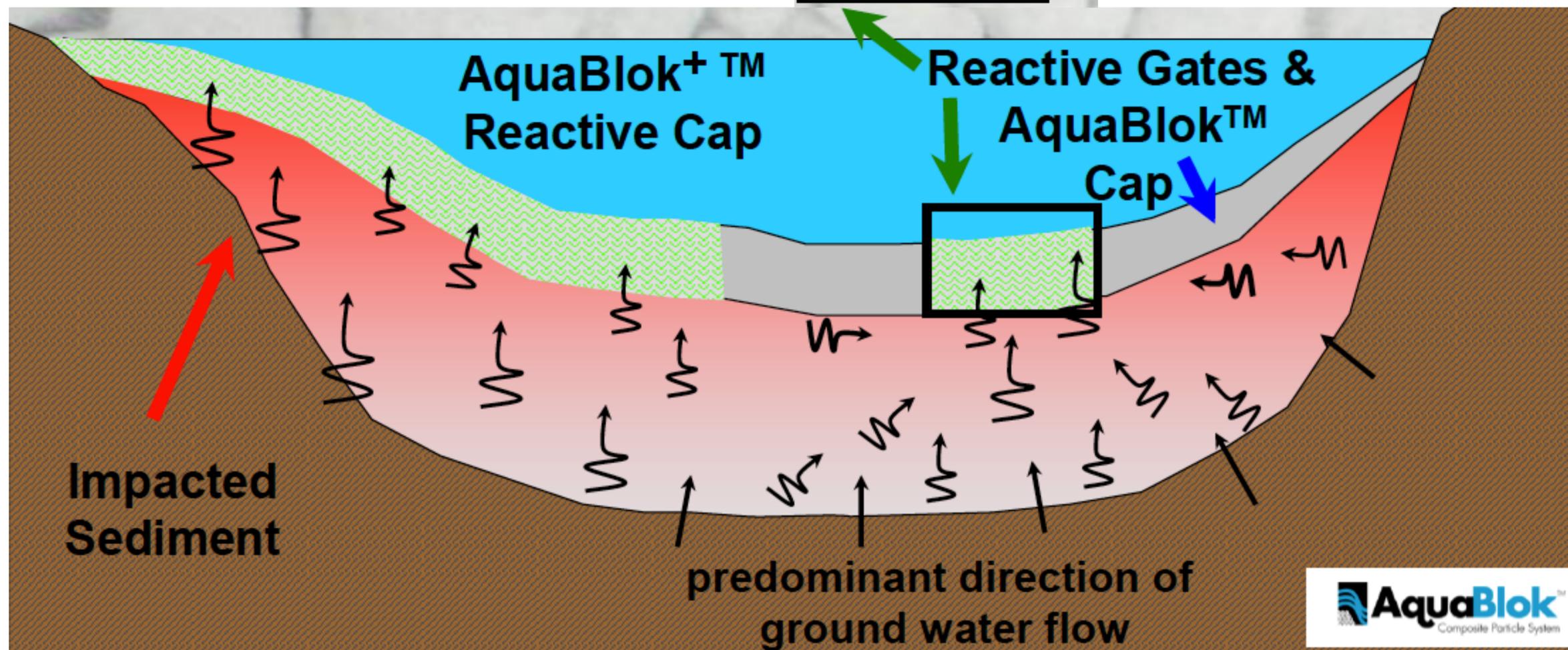


## Barrera Reactiva Contigua

El sedimento impactado filtra agua por debajo de la barrera de baja permeabilidad por medio de la **barrera reactiva**



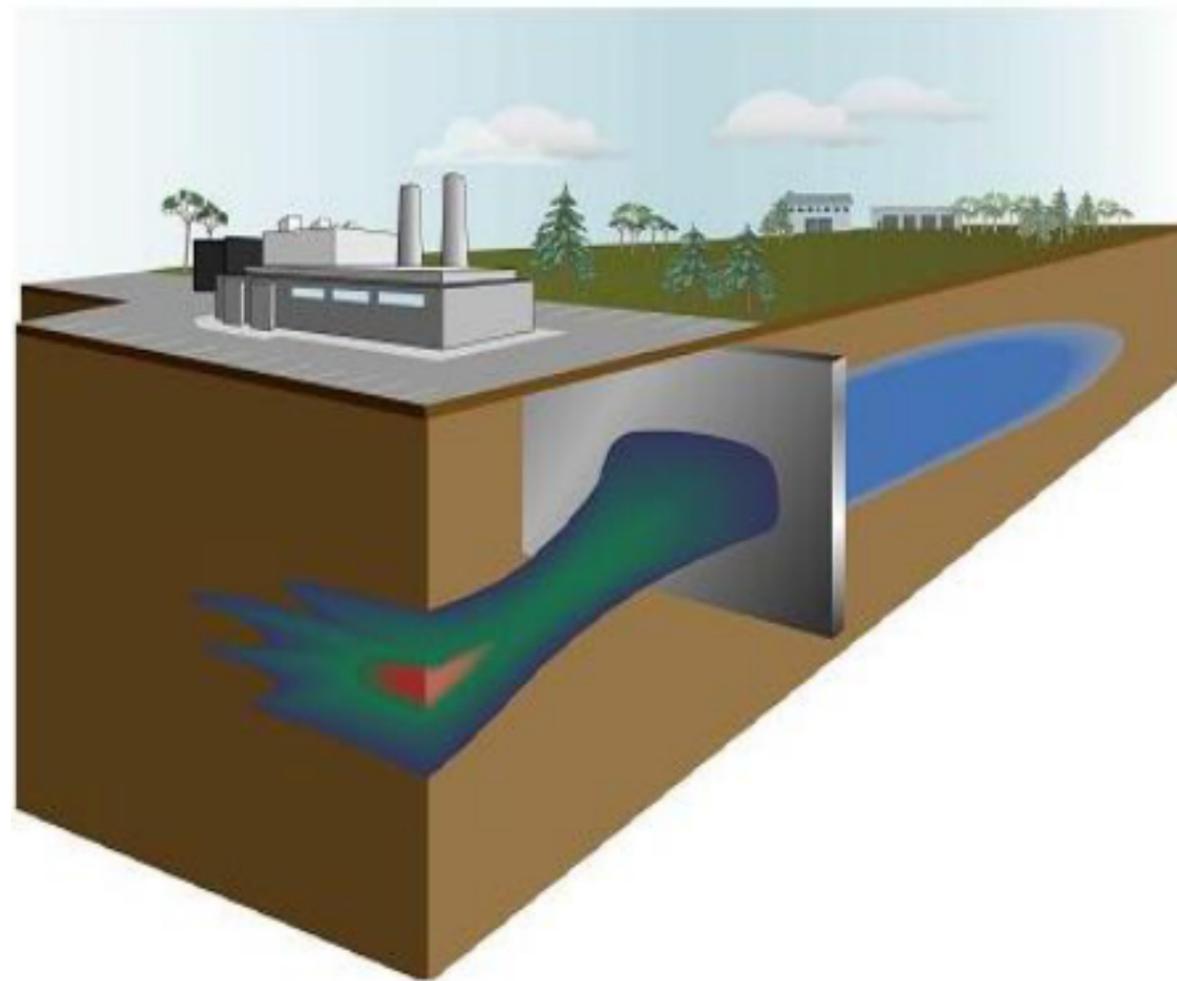
”**Compuertas**” de tratamiento altamente permeables (incluyen medios reactivos, ZVI, agentes amortiguadores, microorganismos y otros materiales)



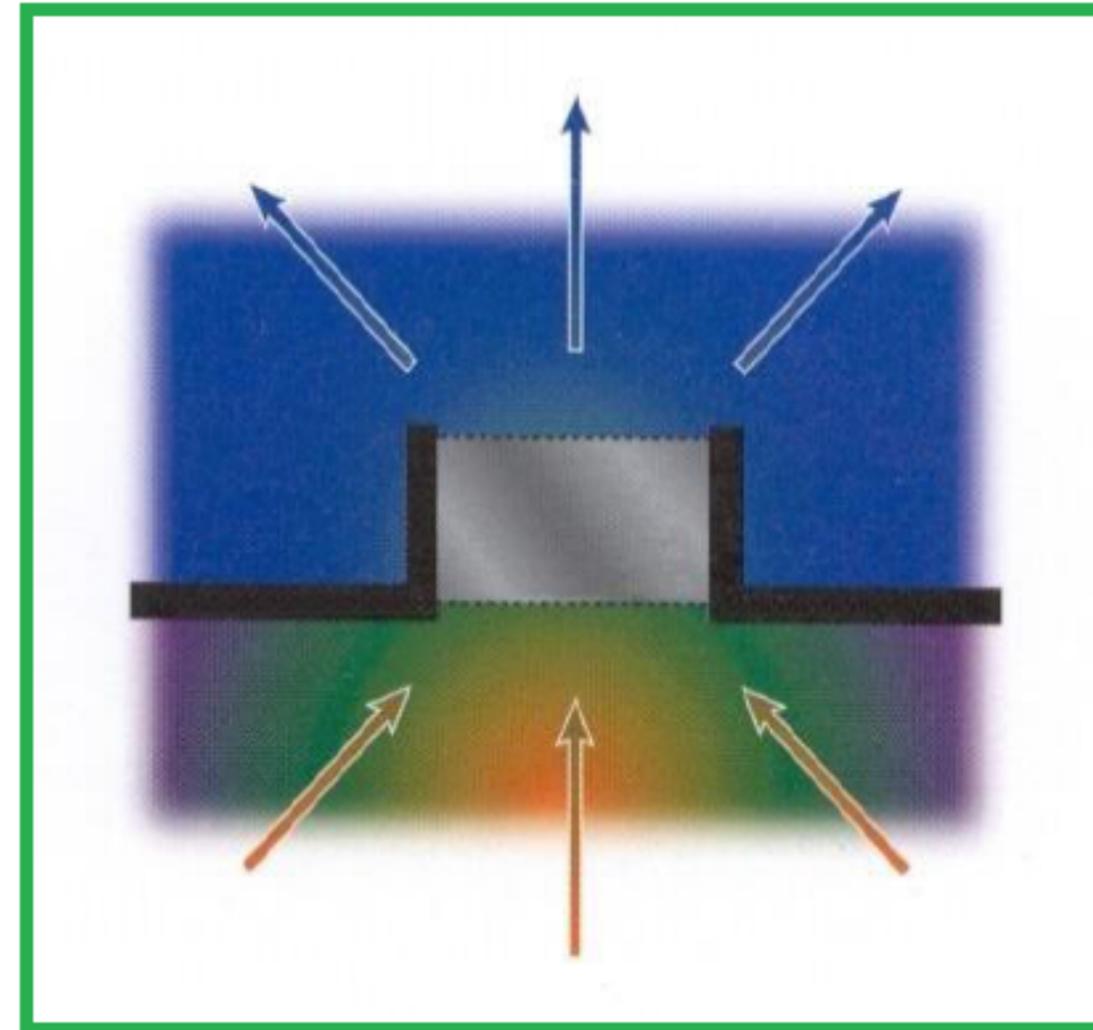
# Configuración de la Barrera Vertical Reactiva



## Barrera Vertical Reactiva



## Embudo y Compuerta



- 💧 Mitiga los problemas por ebullición
- 💧 Reduce el potencial de metilación de metales (Hg).

# Contenido de la Presentación



 **Introducción a Provectus Environmental Products, Inc.**

 **Biotecnologías ambientales:**

**Provect-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Inhibidor de Metano.

**ABC-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ERD\* en Líquido.

**Provect-IR<sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ISCR\*\*, Sólido.

**Provect-IRM<sup>TM</sup>** — Reactivo Antimetanogénico ISCR, para la Inmovilización de Metales Pesados.

**AquaBlok-CH<sub>4</sub><sup>TM</sup>** — Recubrimiento Reactivo Antimetanogénico.

**Provect-OX<sup>TM</sup> — ISCO\*\*\* Auto activado / Reactivo de Biorremediación Mejorado.**

 **¿ISCR o ERD?**

 **Servicios**

\* Enhanced Reductive Deshalogenation \*\* *in situ* Chemical Reduction \*\*\* *in situ* Chemical Oxidation

# ¿Qué es Provect-OX™?



🔹 Agente ISCO = Persulfato de sodio + óxido de hierro.

➔ Oxidación química vía radical sulfato ( $\text{SO}_4^{\cdot-}$ ).

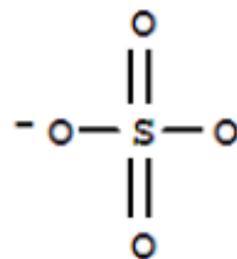
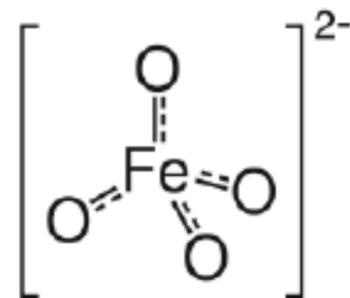
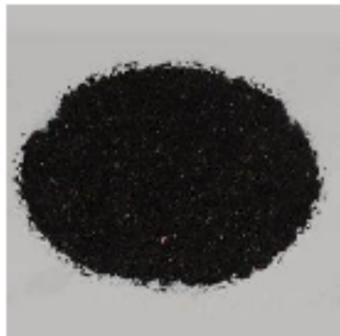
➔ Oxidación química vía radical ferrato ( $\text{Fe}^{6+}$ ).

🔹 Mejora la atenuación biológica mediante el proceso de reducción de sulfato y hierro.

🔹 El producto final de la reducción es pirita: una partícula abiótica reactiva, con sinética similar a ZVI (BiRD / pseudo ISCR).

🔹 Transiciones sencillas de oxidación a atenuación biológica a mineralización abioótica.

🔹 Proceso catalítico manejado con seguridad, sin los riesgos de activadores cáusticos violentos y extremos.



# Provect-OX™, Oxidación/Biorremediación integrada



\$1.80/lbs,  
incluye  
activador



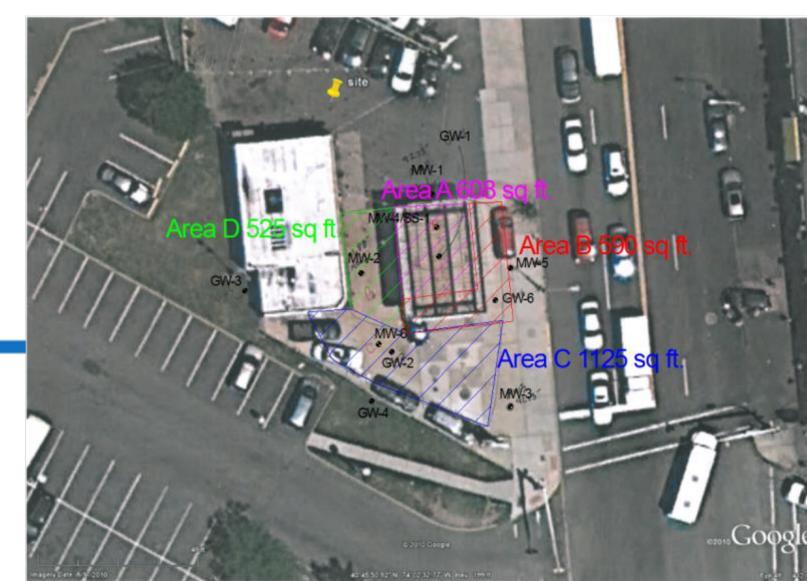
\$1.50/lbs,  
solo  
persulfato

- ➊ Manejado de manera segura.
- ➋ Todo puede ser incluido en una misma bolsa.
- ➌ Utiliza  $\text{Fe}^{+3}$  como activador.
- ➍ Se conserva oxidante.
- ➎ Forma nuevos compuestos oxidantes.
- ➏ Mejora la bioatenuación.
- ➐ Provoca la formación de pirita.
- ➑ Previene la formación de  $\text{H}_2\text{S}$ .
- ➒ Utiliza las cualidades oxidativas tanto del hierro como del sulfato.

- ➓ Cuando el  $\text{Fe}^{+2}$  quelado se utiliza como activador, el EDTA consume al oxidante.
- ➓ Cuando compuestos cáusticos se utilizan como activador:
  - ➔ Se tienen reacciones de corta duración.
  - ➔ Se forma  $\text{H}_2\text{S}$ .
  - ➔ Produce emisiones / metales secundarios.
  - ➔ Puede generar reacciones exotérmicas violentas.
  - ➔ Conlleva riesgos de seguridad y manejo.

**NO PROMUEVE LA BIOATENUACIÓN**

# Provect-OX<sup>TM</sup>, Caso de estudio – Sitio New Jersey.



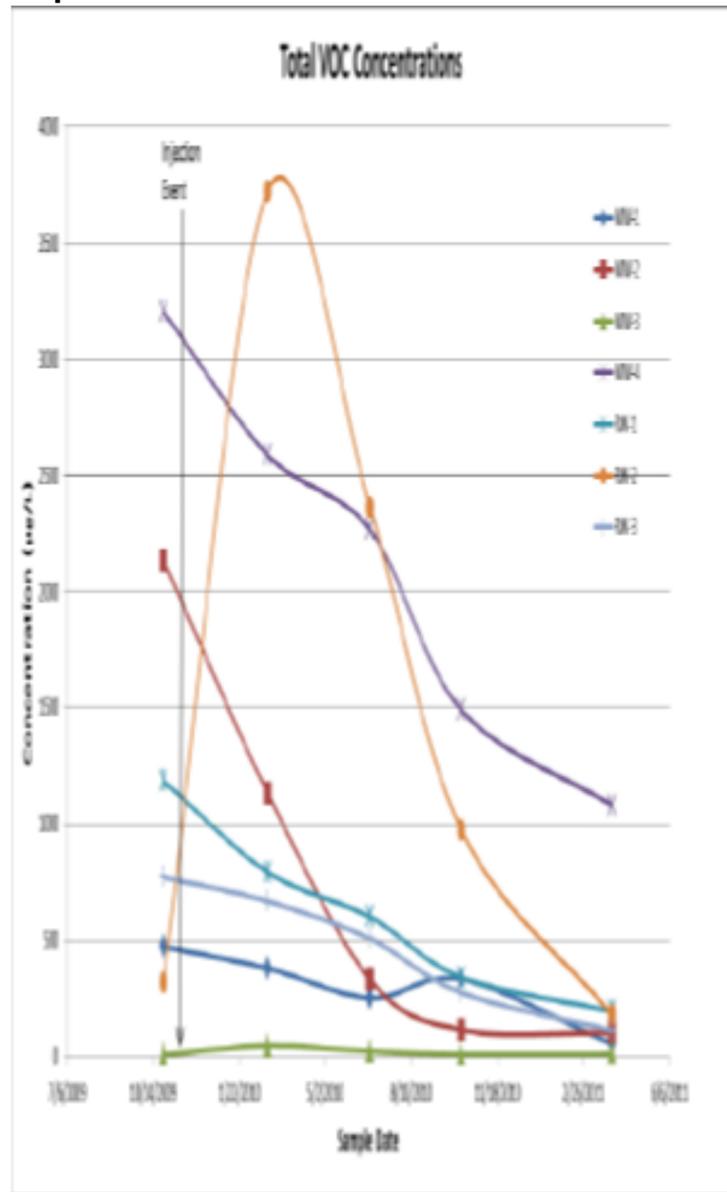
**4,392 lbs de material inyectado**  
**75 USG / 35' Profundidad**  
**Costo de material >\$8,000**

## POZO MW-2

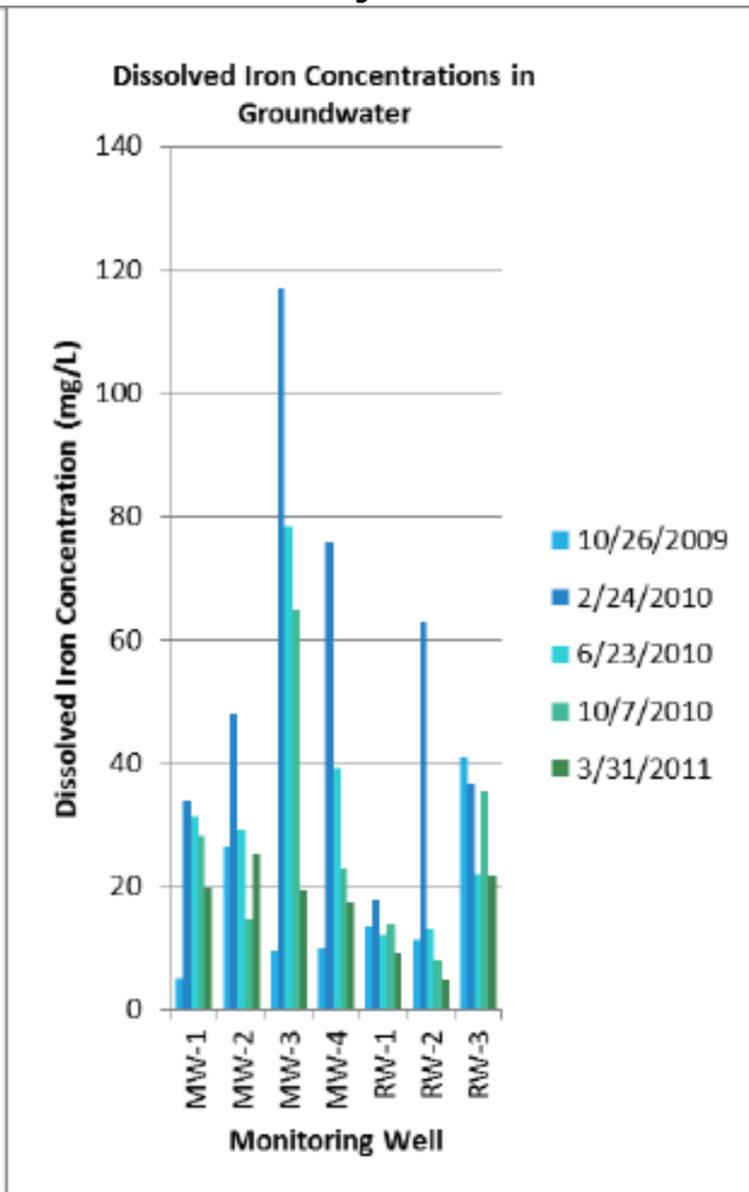
Fecha de Muestreo	20/06/13	02/10/13	26/11/13	28/02/14	25/05/14
pH	7.27	6.88	6.89	6.86	7.43
ORP (mV)	-14	+220	+86	+55	+929
D.O. (mg/l)	2.17	0.76	0.90	0.85	0.83
Conductividad (mS/cm)	0.29	3.44	1.52	2.38	1.55
Temp (°C)	17.7	20.4	17.0	12.2	14.3
Elevación del Acuífero	94.05	90.3	88.86	92.93	93.70
Sulfato (mg/l)	56.6	1,510	266	980	332
Fe Total (mg/l)	0.377	2.01	0.149	0.089	0.160
Fe Disuelto (mg/l)	0.294	1.83	0.0097	ND	ND
Benceno (ppmm)	ND	7.20	43.4	ND	ND
Toluento (ppmm=)	ND	2.33	0.38	ND	ND
Etilbenceno (ppmm)	ND	4.08	ND	ND	ND
Total de Xilenos (ppmm)	ND	21.04	3.16	ND	ND

# Provect-OX™, Caso de Estudio

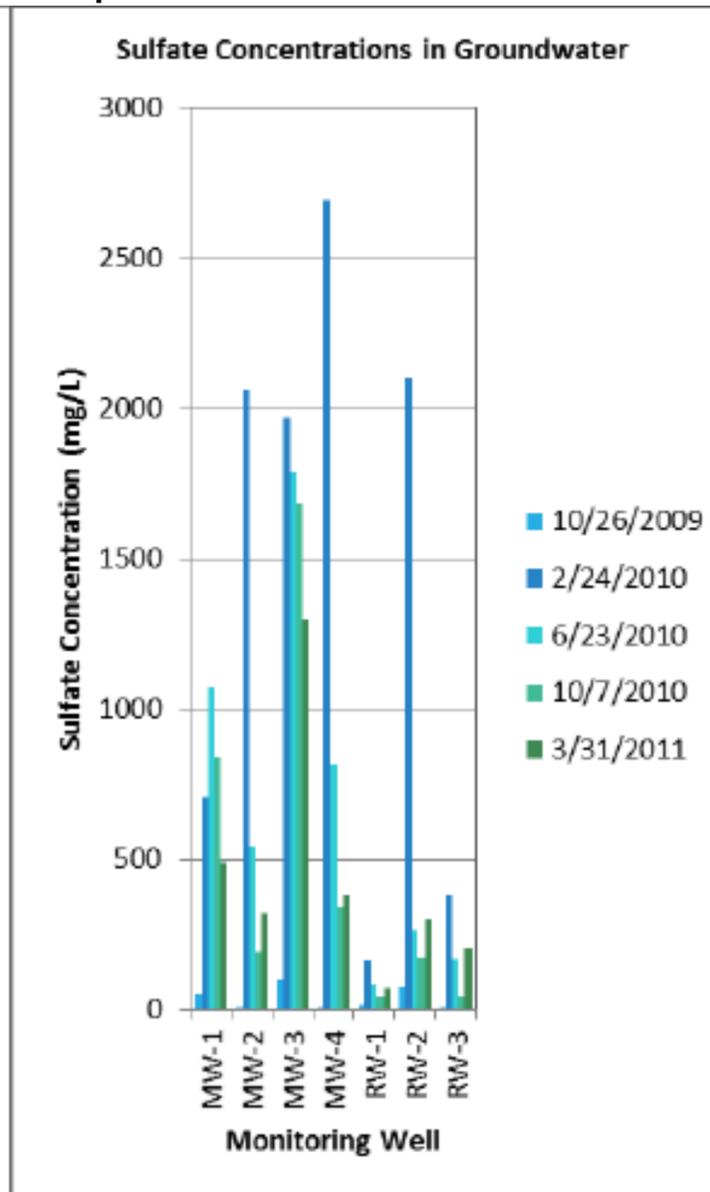
Se demuestra que la utilización de iones Fe y S como aceptadores finales de electrones



[VOC's]



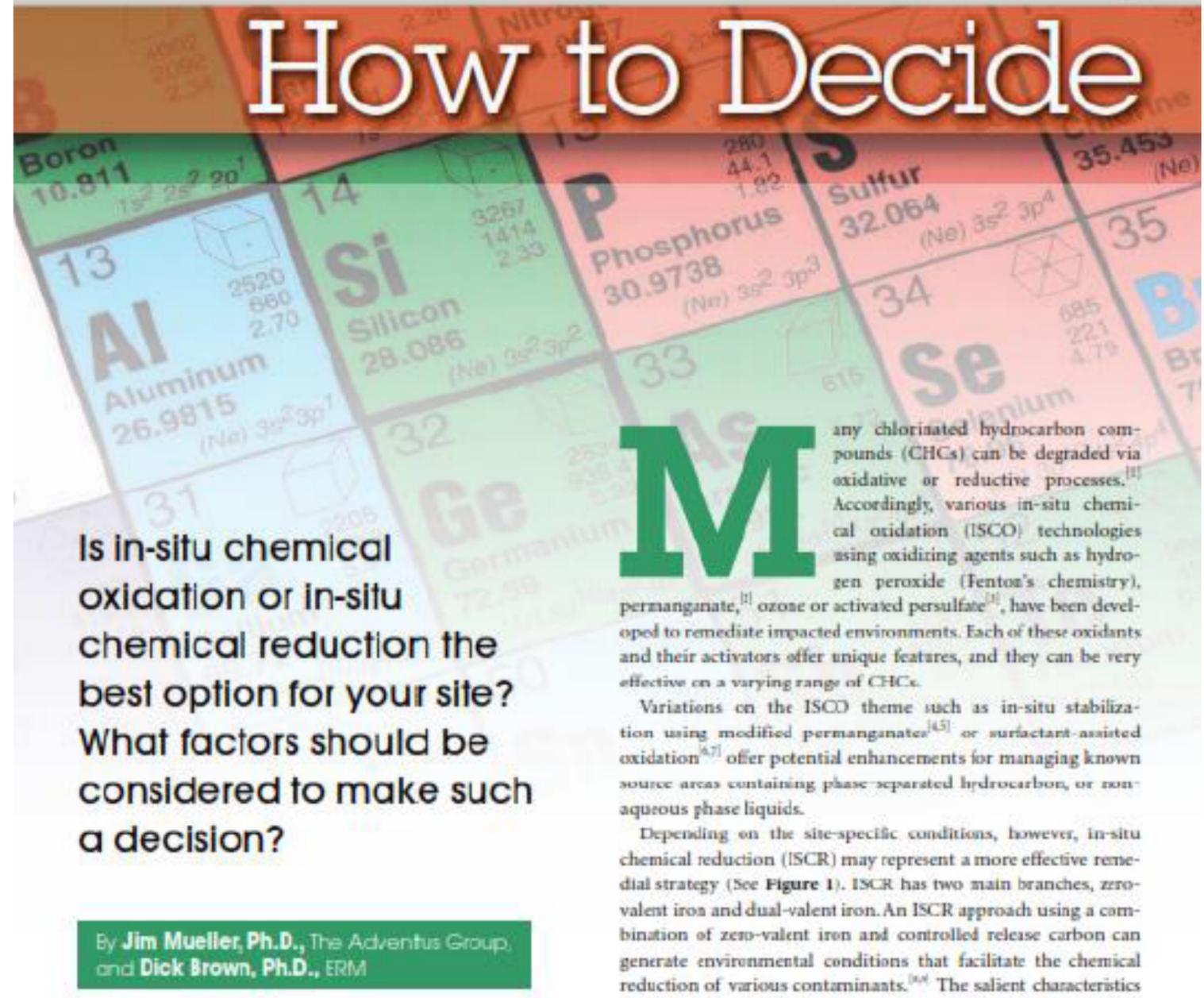
[Fe disuelto]



[S disuelto]

# Oxidation OR Reduction,

## How to Decide



Is in-situ chemical oxidation or in-situ chemical reduction the best option for your site? What factors should be considered to make such a decision?

By **Jim Mueller, Ph.D.**, The Adventus Group, and **Dick Brown, Ph.D.**, ERM

**M**any chlorinated hydrocarbon compounds (CHCs) can be degraded via oxidative or reductive processes.<sup>[1]</sup> Accordingly, various in-situ chemical oxidation (ISCO) technologies using oxidizing agents such as hydrogen peroxide (Fenton's chemistry), permanganate,<sup>[1]</sup> ozone or activated persulfate<sup>[2]</sup>, have been developed to remediate impacted environments. Each of these oxidants and their activators offer unique features, and they can be very effective on a varying range of CHCs.

Variations on the ISCO theme such as in-situ stabilization using modified permanganate<sup>[45]</sup> or surfactant-assisted oxidation<sup>[67]</sup> offer potential enhancements for managing known source areas containing phase-separated hydrocarbon, or non-aqueous phase liquids.

Depending on the site-specific conditions, however, in-situ chemical reduction (ISCR) may represent a more effective remedial strategy (See **Figure 1**). ISCR has two main branches, zero-valent iron and dual-valent iron. An ISCR approach using a combination of zero-valent iron and controlled release carbon can generate environmental conditions that facilitate the chemical reduction of various contaminants.<sup>[66]</sup> The salient characteristics

# COI's objetivos por tecnología

## ISCR

### Chlorinated Solvents

- PCE, TCE, cDCE, 11-DCE, VC
- 1122-TeCA, 111-TCA, 12-DCA
- CT, CF, DCM, CM

### Pesticides

- Toxaphene, Chlordane, Dieldrin, Pentachlorophenol

### Energetics

- TNT, DNT, RDX, HMX, Perchlorate

### Heavy Metals including

- As, Cr, Pb, Zn, Cd, Ni

## ISCO

### Chlorinated Solvents

- PCE, TCE, cDCE, 11-DCE, VC
- 1122-TeCA, 111-TCA, 12-DCA
- CT, CF, DCM, CM

### Pesticides

- Chlordane, Dieldrin, Pentachlorophenol

### Energetics

- TNT, DNT, RDX, HMX, Perchlorate

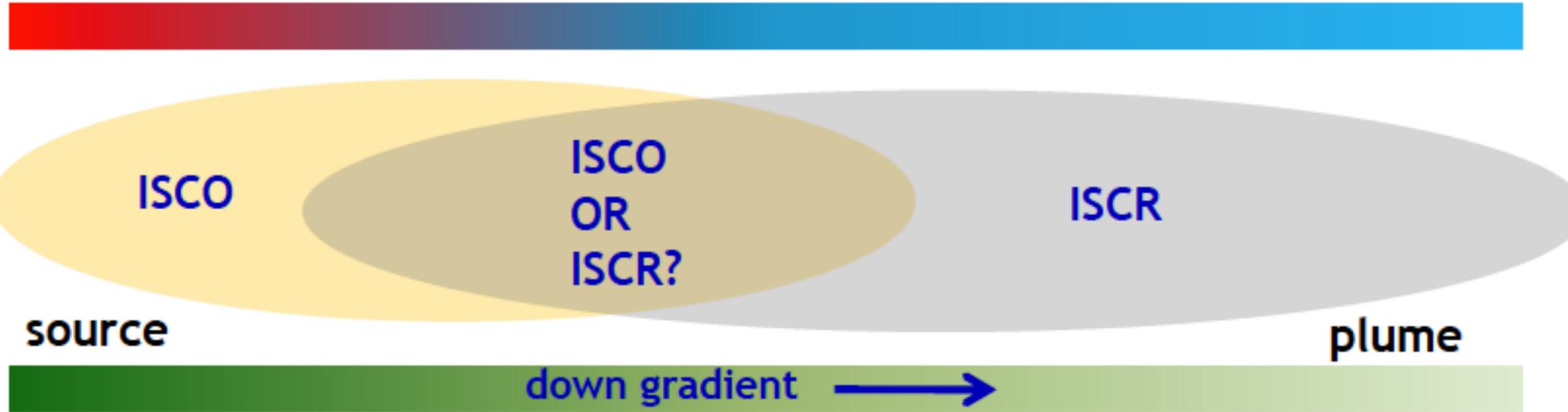
### Petroleum Hydrocarbons

- BTEX, TPH, Diesel

# Concentración de contaminantes

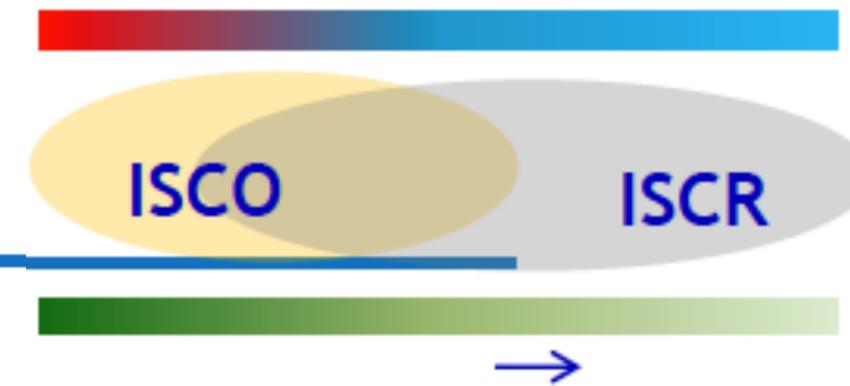


> 100 ppm    50 ppm    10 ppm    1 ppm    500 ppb    100 ppb    < 50 ppb



Medio	[Contaminante]	ISCO	ISCR
SUELO	Hasta 10 mg/kg	SI	SI
	> 10 mg/Kg	SI	POSIBLE
	Líquidos sin fase acuosa	SI	NO
ACUÍFERO	<1,000 ppm	NO	SI
	1-100 ppm	SI	SI
	>100 ppm	SI	NO

# Estrategias de aplicación de la remediación



	ISCR	ZVI	ISCO
<b>APLICABILIDAD DE BARRERA REACTIVA</b>	SI (VIDA ÚTIL 3 A MÁS DE 7 AÑOS)	SI (IDEAL PARA MANEJAR FUENTES DURADERAS)	TÍPICAMENTE NO APLICABLE DEBIDO A SU CORTA VIDA ÚTIL
<b>TRATAMIENTO DE EMANACIONES DISPERSAS</b>	MÁS EFICIENTE A BAJAS [COI's]	POSIBLE CON DIVERSAS BARRERAS REACTIVAS	PUEDE NO TENER EQUILIBRIO COSTO/BENEFICIO A BAJAS
<b>TRATAMIENTO DIRECTO DE LA FUENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· GENERALMENTE PARA ÁREAS CON DIVERSOS LSFA).</li> <li>· SE PUEDE APLICAR A LSFA RESIDUALES.</li> </ul>	SI	SI
<b>FUENTE CON LÍQUIDOS SIN FASE ACUOSA (LSFA)</b>		HIERRO O ARCILLA DE HIERRO A MEZCLARSE EN ZONAS CON LSFA.	LOS OXIDANTES HAN DEMOSTRADO TENER ÉXITO EN LSFA

# Logística y Costos del Sitio



Condiciones	¿Favorece ISCO?	¿Favorece ISCR?
Proximidad a receptores sensibles	Tal vez	SI
Acceso limitado a inyecciones	Tal vez	SI
Compatibilidad del remediador con recursos del subsuelo	Tal vez	SI
Riesgos de salud y seguridad derivados del manejo e inyección del remediador.	Tal vez	SI
Relativamente poco tiempo para aplicar el remediador	SI	Tal vez
Profundidades de inyección > ca. 100 Ft.	SI	Tal vez/ERD

Para casos donde el tratamiento se puede hacer con una aplicación del remediador, los costos de ISCR e ISCO son comparables.

Para sitios donde se necesitarán múltiples aplicaciones para alcanzar las metas de remediación:

- Los costos de ISCR pueden ser mayores (monitoreo a largo plazo y movilización de inyecciones).
- Los costos de ISCO pueden ser más bajos (corto tiempo entre aplicaciones, utiliza pozos previamente instalados).

# Servicios ofrecidos

---



 Evaluación del sitio incluida.

➔ Selección de tecnologías.

➔ Diseños de remediación conceptual.

➔ Estimación del costo de materiales.

 Revisión trimestral de los datos de desempeño por un año, a partir de la aplicación en sitio del tratamiento.

 Estudios de viabilidad en laboratorio.

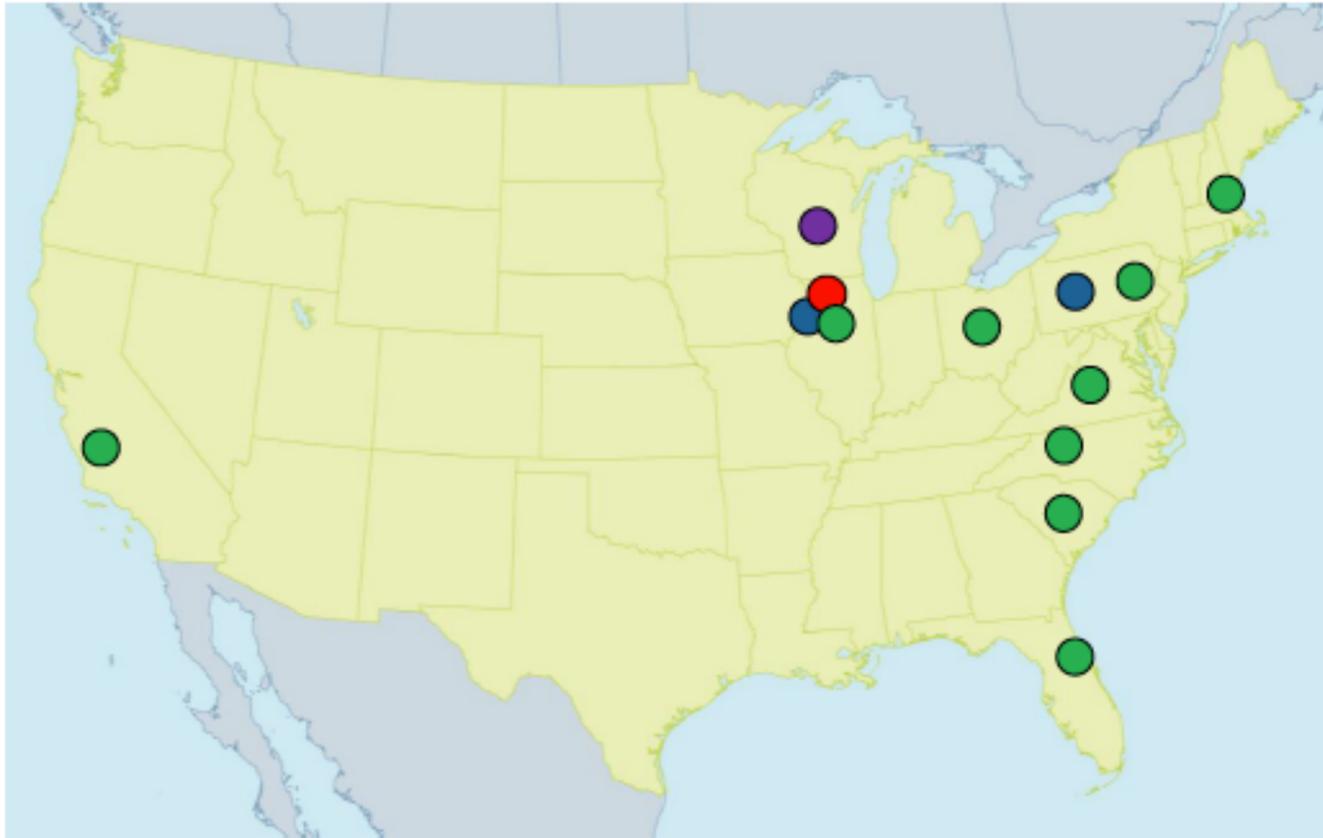
 Trabajos llave en mano, trabajos contratados bajo pago por resultados.

 Garantías específicas por proyecto.

# Muchas gracias. Preguntas, bienvenidas



[jim.mueller@provectusenv.com](mailto:jim.mueller@provectusenv.com)



**Provectus HQ**  
Illinois - Corporate HQ  
2871 W. Forest Rd., Ste. 2  
Freeport, IL 61032  
Phone (815) 650-2230  
[info@provectusenv.com](mailto:info@provectusenv.com)

**Provectus, SA**  
São Paulo, Brazil  
Bogota, Colombia

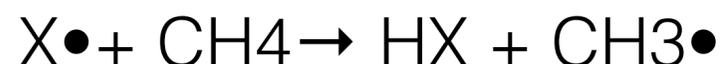
- Warehousing
- Offices
- Affiliate Offices
- Affiliate Lab

# ¿Problemas con clorometanos?



## Reacciones con halógenos

El metano puede reaccionar con halógenos, si se dan las condiciones propicias:



Donde X es un **halógeno: flúor** (F), **cloro** (Cl), **bromo** (Br) o **iodo** (I). El mecanismo de este proceso es llamado **halogenación de radicales libres**. **Es desencadenada por la exposición a rayos UV, u cualquier otro iniciador de radicales**. Un átomo de cloro es generado a partir de cloro elemental, el cual extrae un átomo de hidrógeno de una molécula de metano, resultando en la formación de **ácido clorhídrico (HCl)**. El radical metilo resultante ( $CH_3\bullet$ ), puede combinarse con otras moléculas de cloro, derivando en **cloruro metano ( $CH_3Cl$ )**, y un nuevo átomo de cloro. Reacciones similares pueden derivar en **dicloro metano ( $CH_2Cl_2$ )**, **cloroformo ( $CHCl_3$ )** y finalmente **tetracloruro de carbono ( $CCl_4$ )**, dependiendo de las condiciones de las reacciones y las proporciones de cloro y metano persistentes.



**Problema no probable con ERD/ISCR**  
**Puede llegar a ser un problema con ISCO**  
**Es un problema en PTAR (UV OX)**