

#LaUISqueQueremos



Escamas Minerales

1948 - 2018

Patrimonio
educativo y cultural
de los santandereanos

Agenda

- **Definiciones y Generalidades**
- **Módulo de Precipitación**
- **Módulo de Depositación**
- **Módulo de Remoción**
- **Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos**
- **Agradecimientos**
- **Referencias**

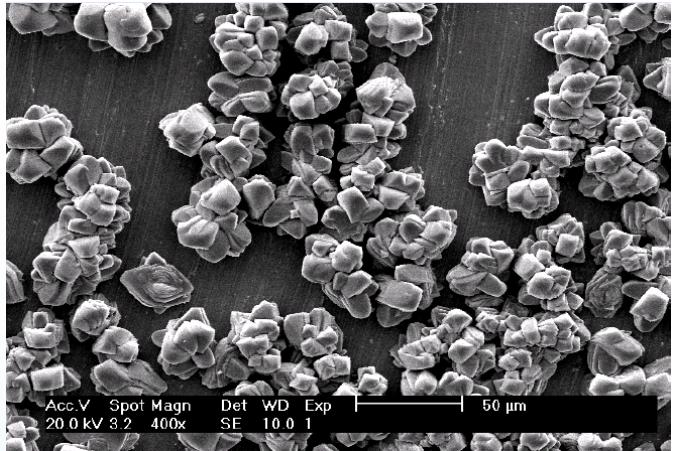
Agenda

- **Definiciones y Generalidades**
- Módulo de Precipitación
- Módulo de Depositación
- Módulo de Remoción
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos
- Agradecimientos
- Referencias



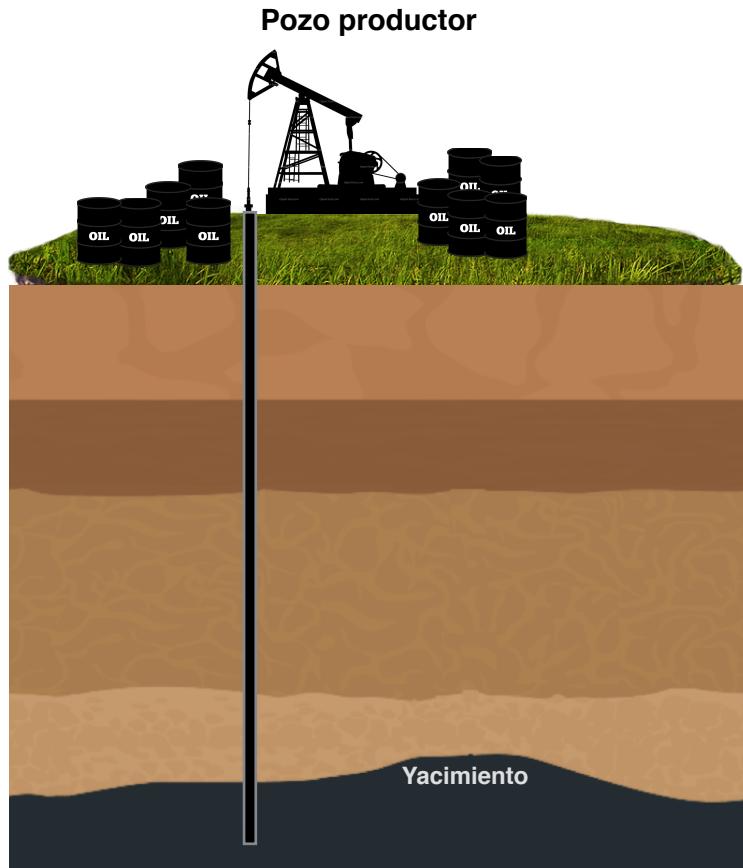
Definiciones y Generalidades

Una **Escama Mineral** es cualquier **depósito** cristalino resultado de la **precipitación** de compuestos minerales presentes en el **agua**.

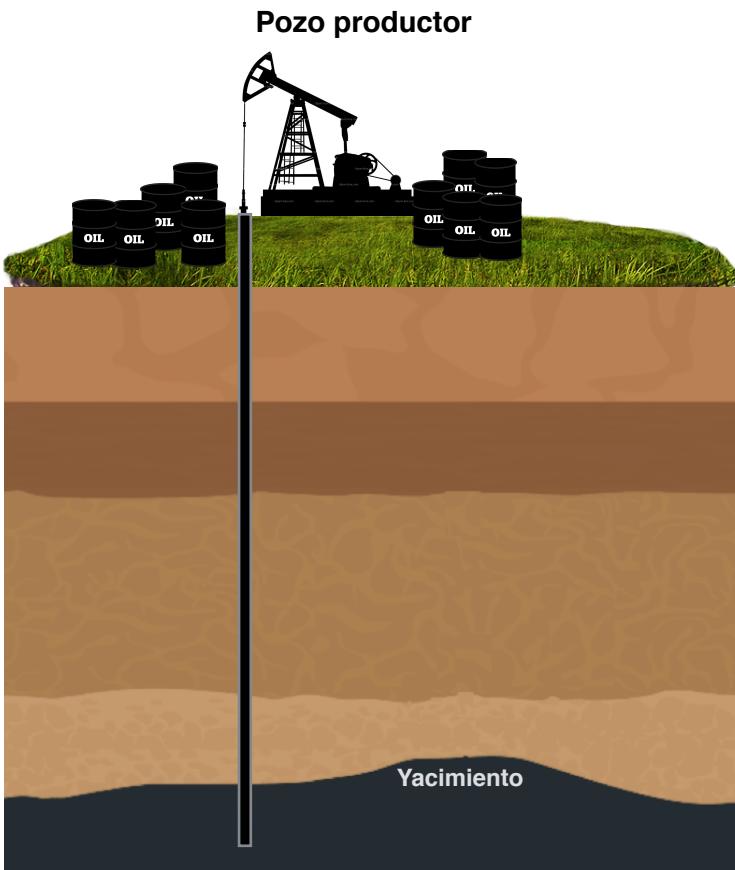


● **Escama Mineral**
Corrosión FeS

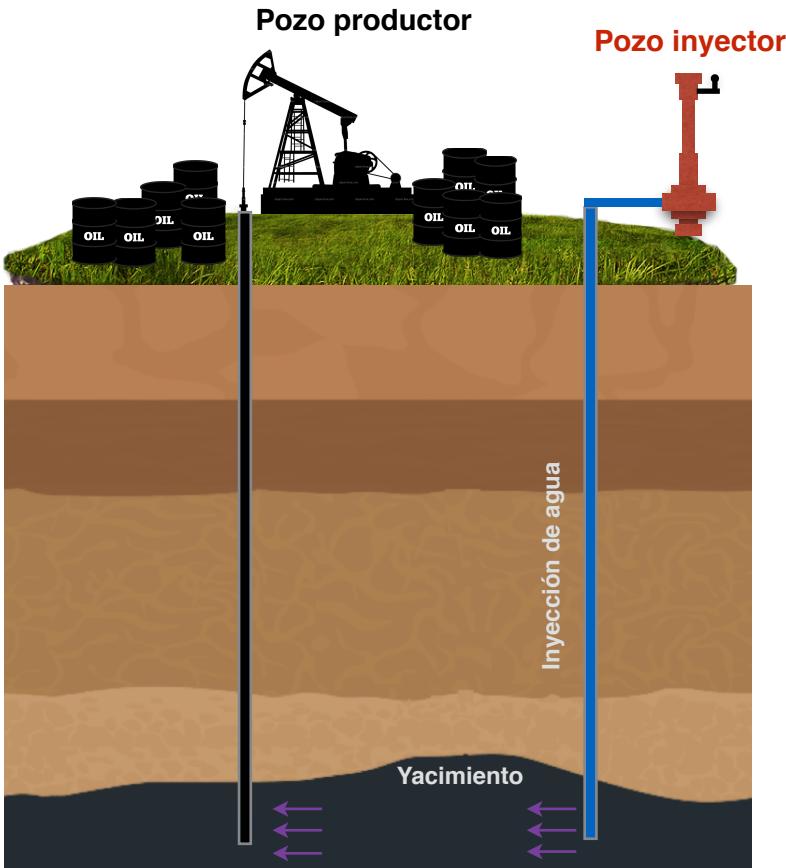
Definiciones y Generalidades



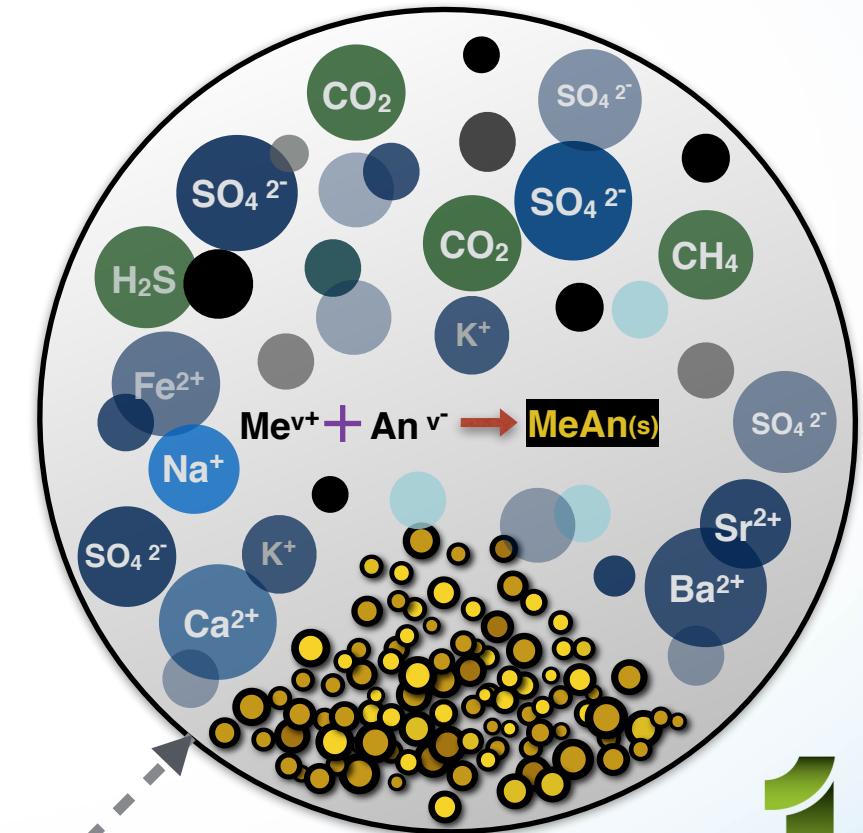
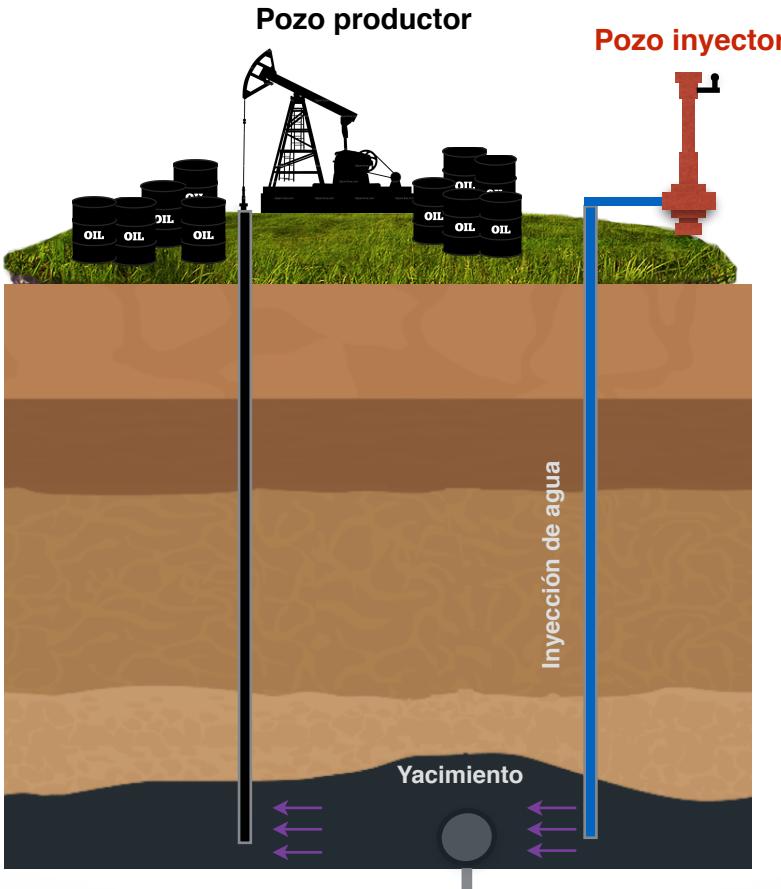
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$ 

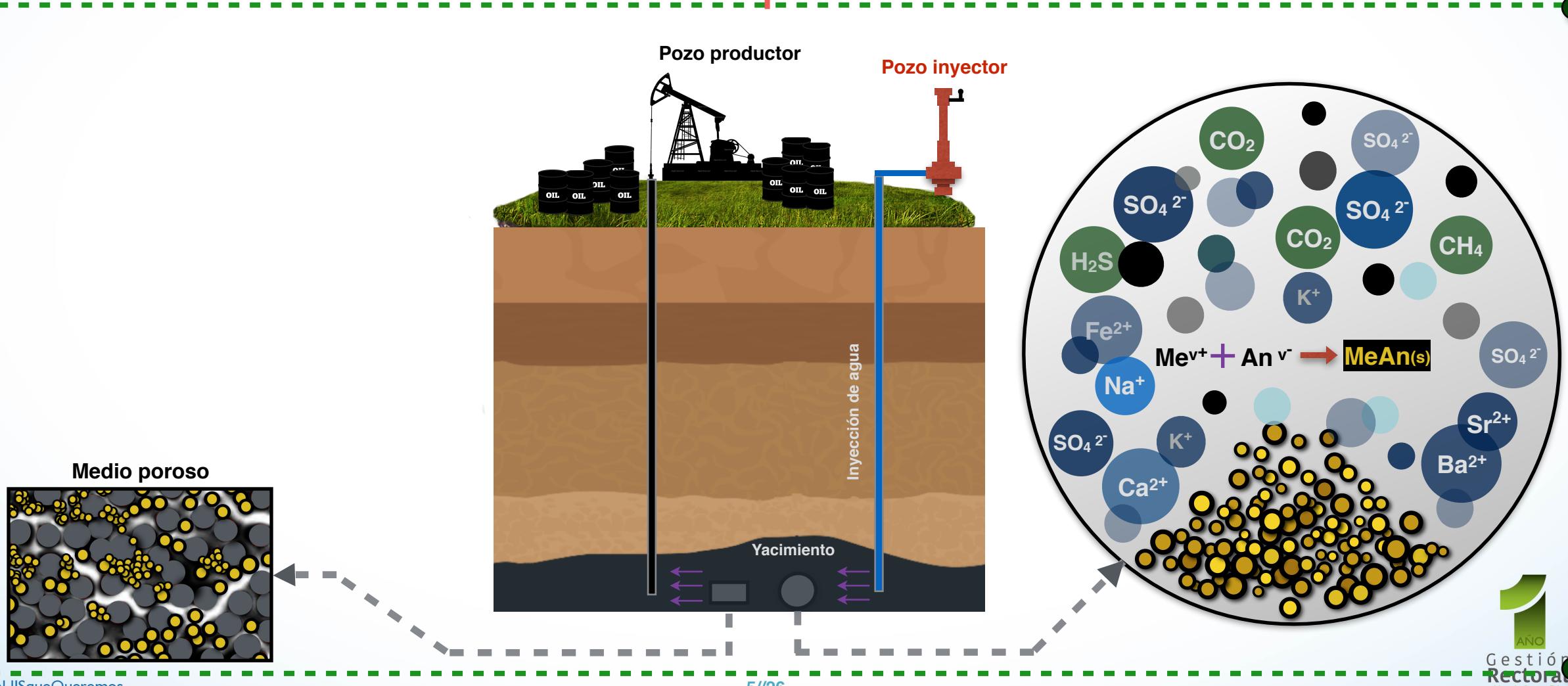
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$ 

Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$ 

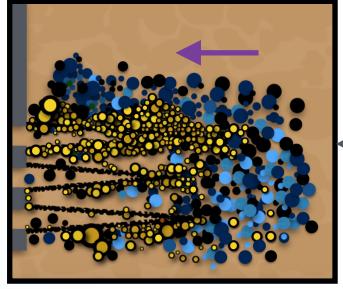
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$ 

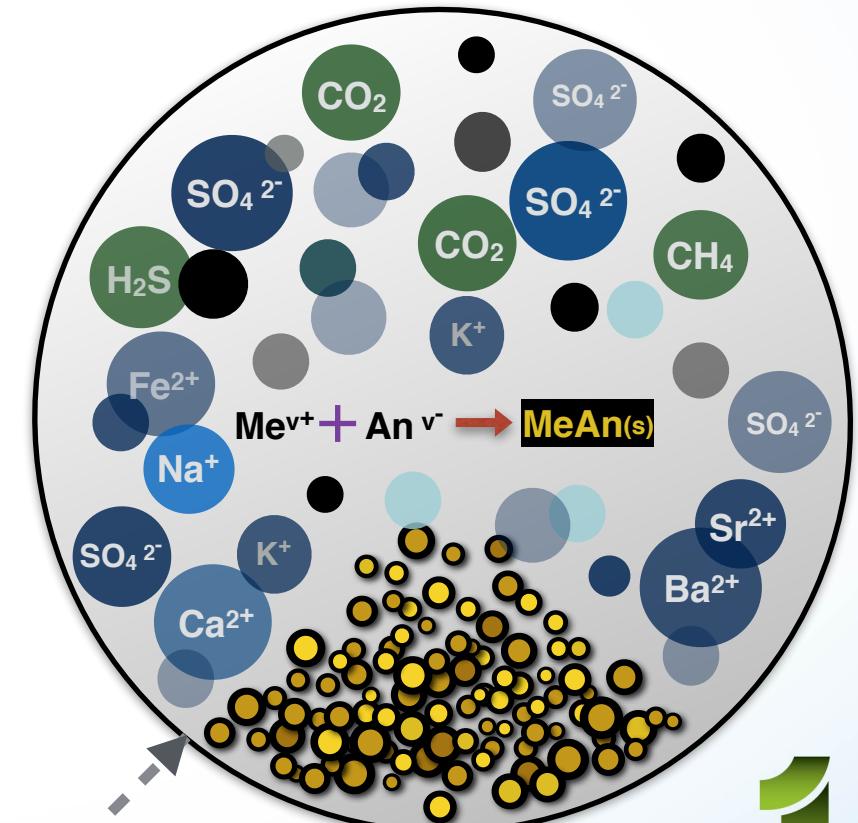
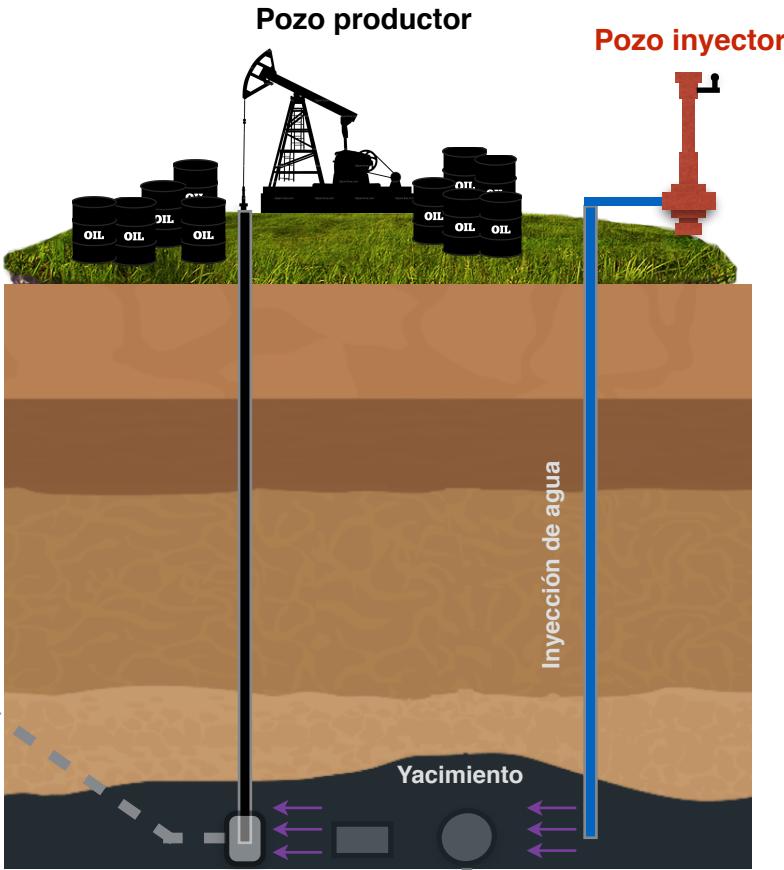
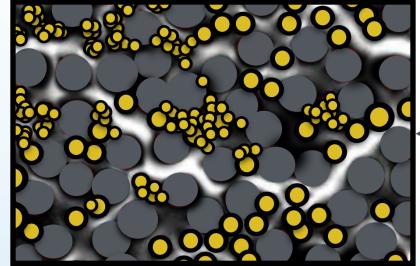
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$

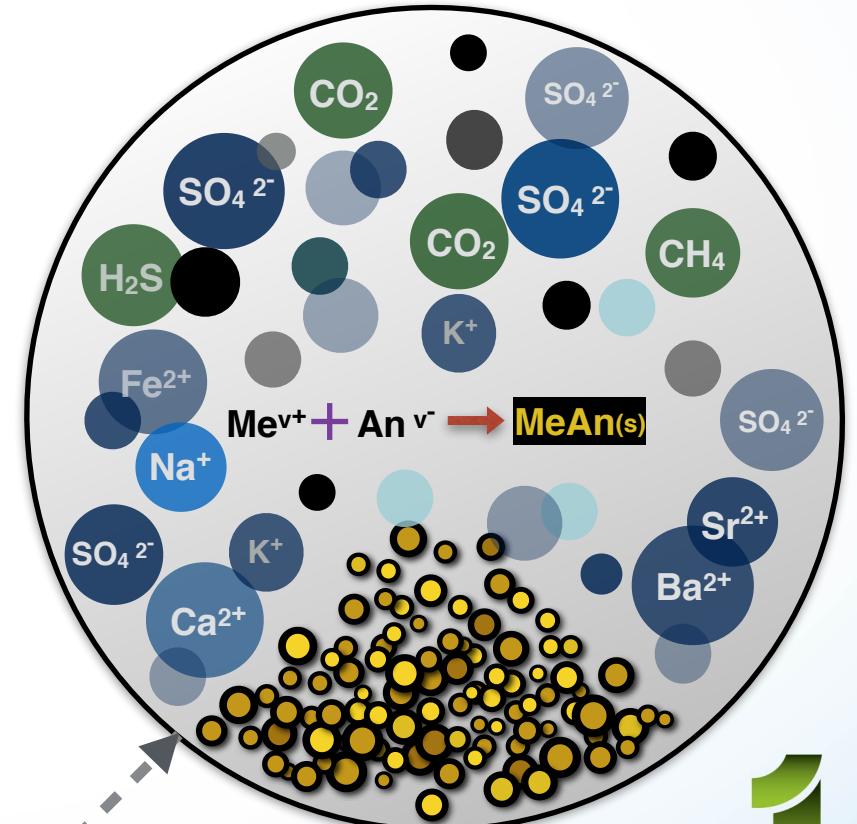
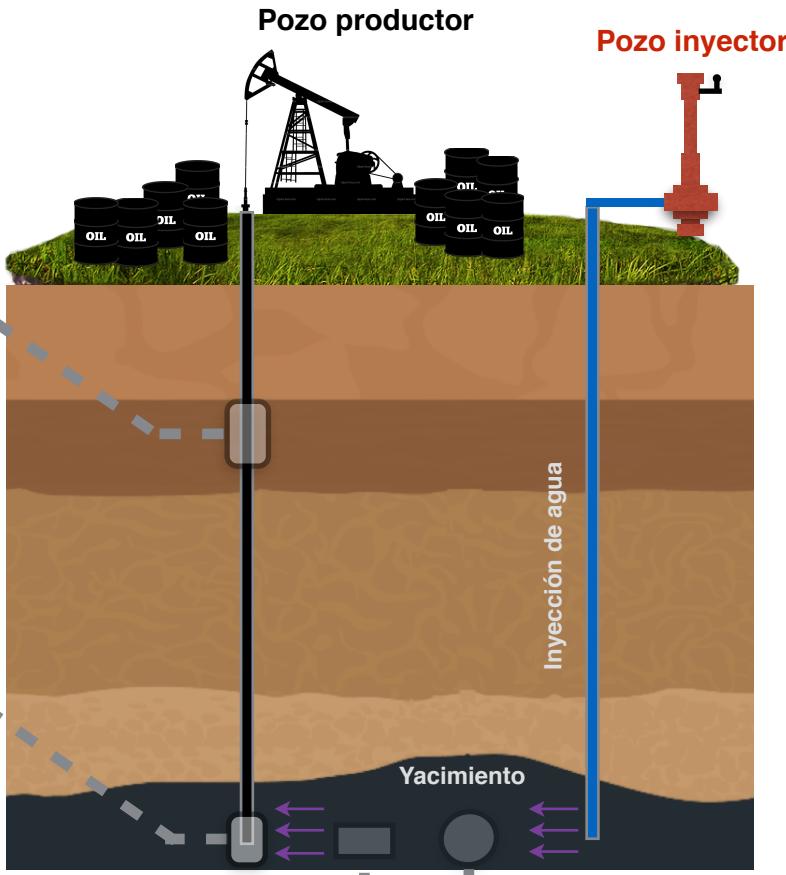
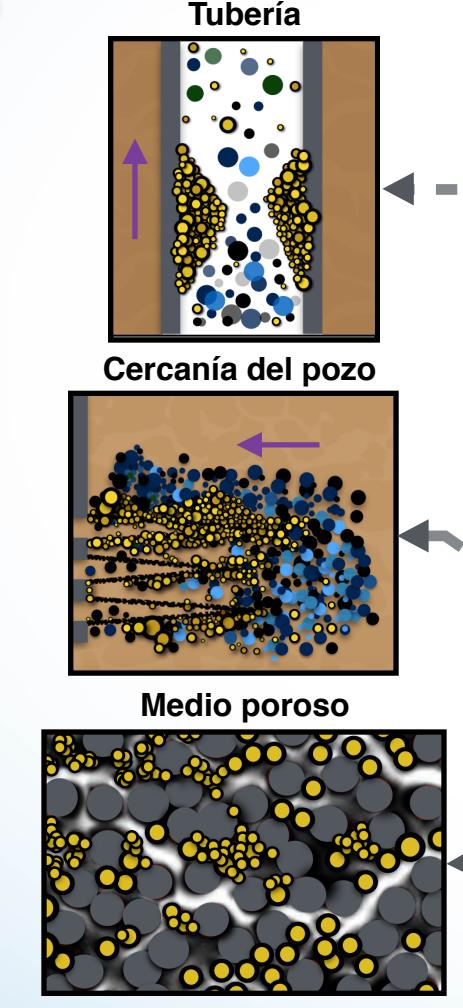
Cercanía del pozo



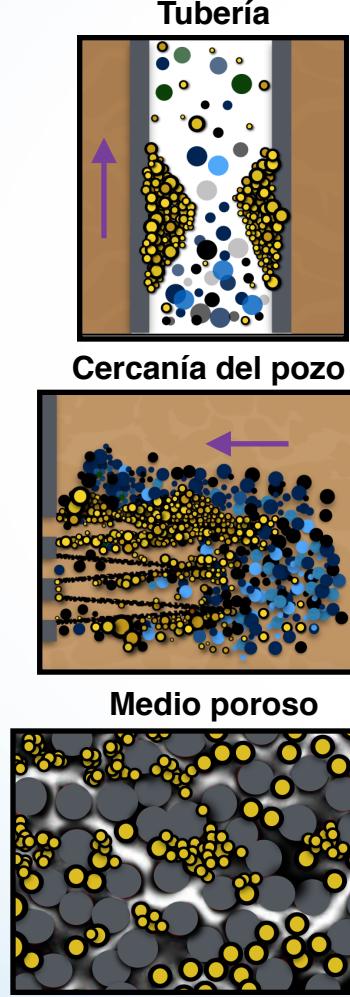
Medio poroso



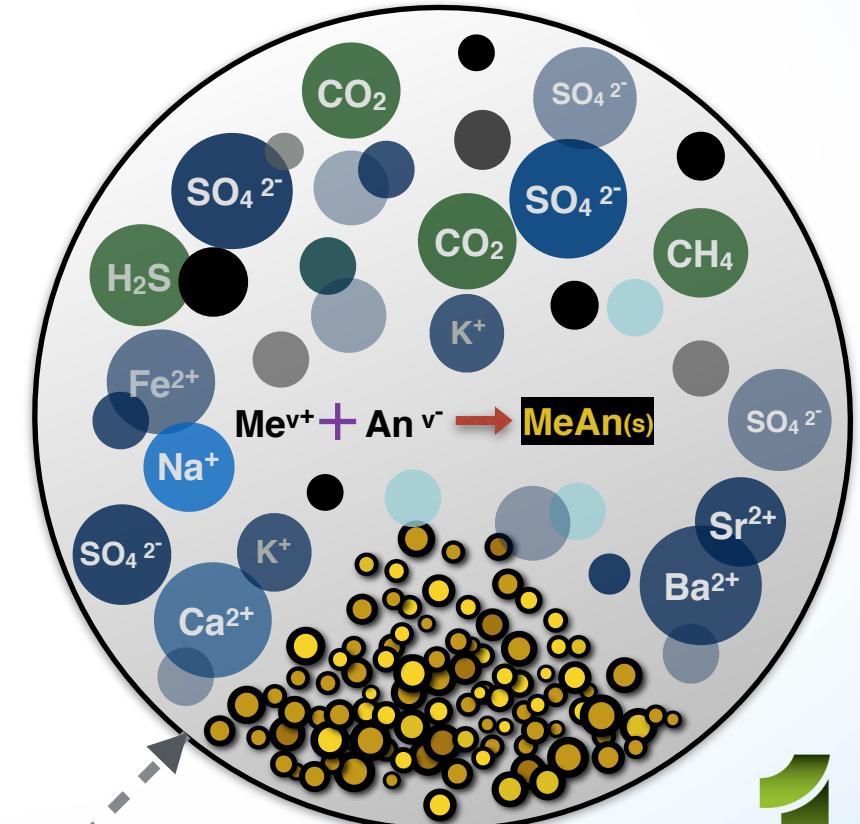
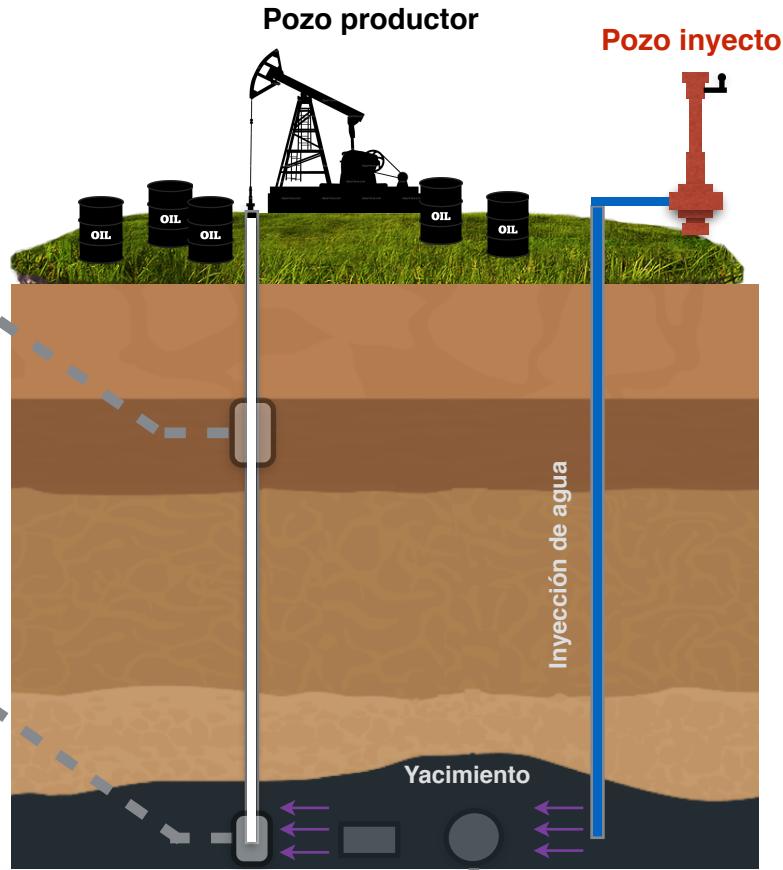
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


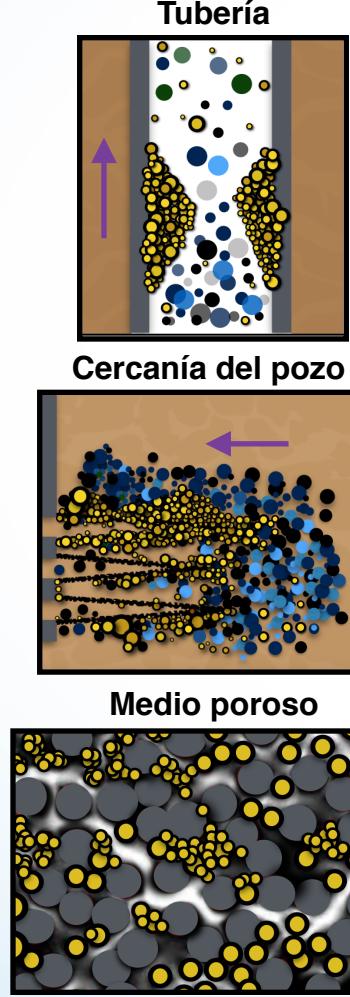
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


25%

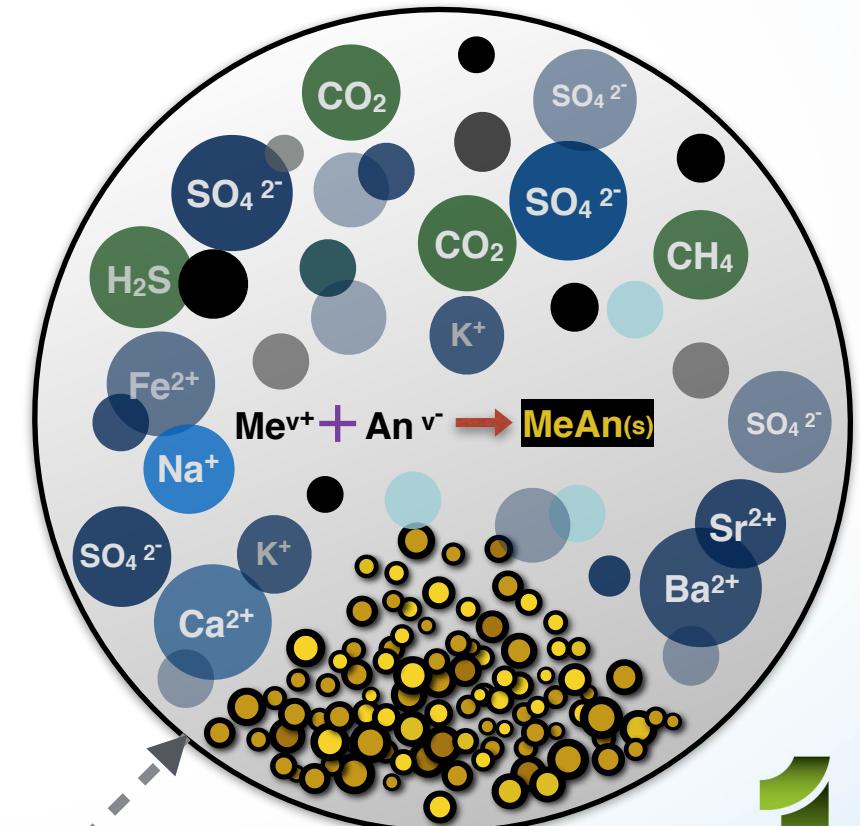
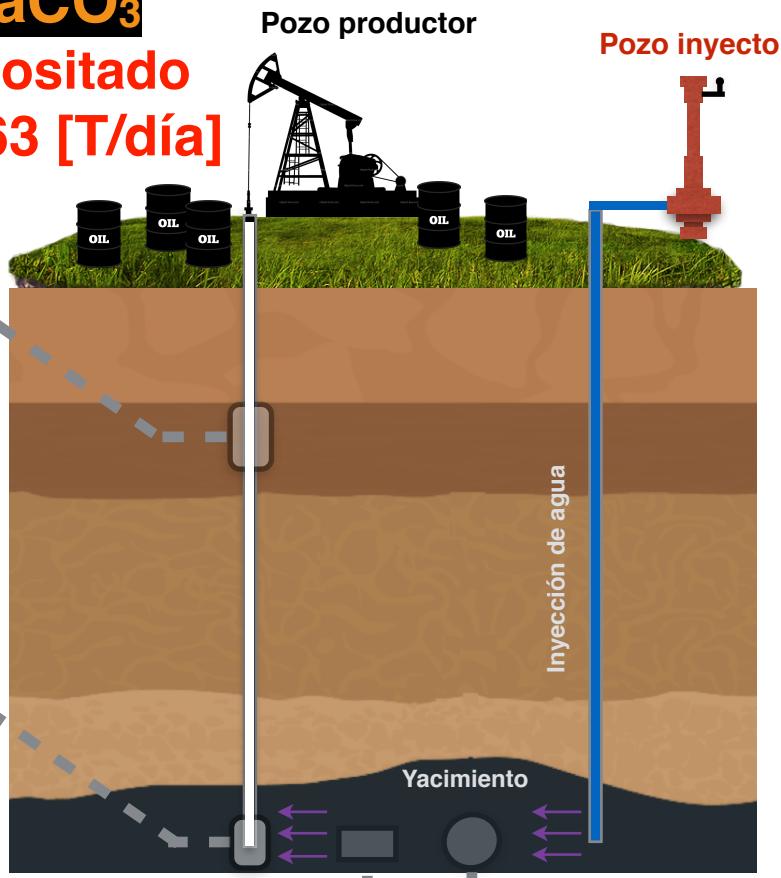


Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


25%

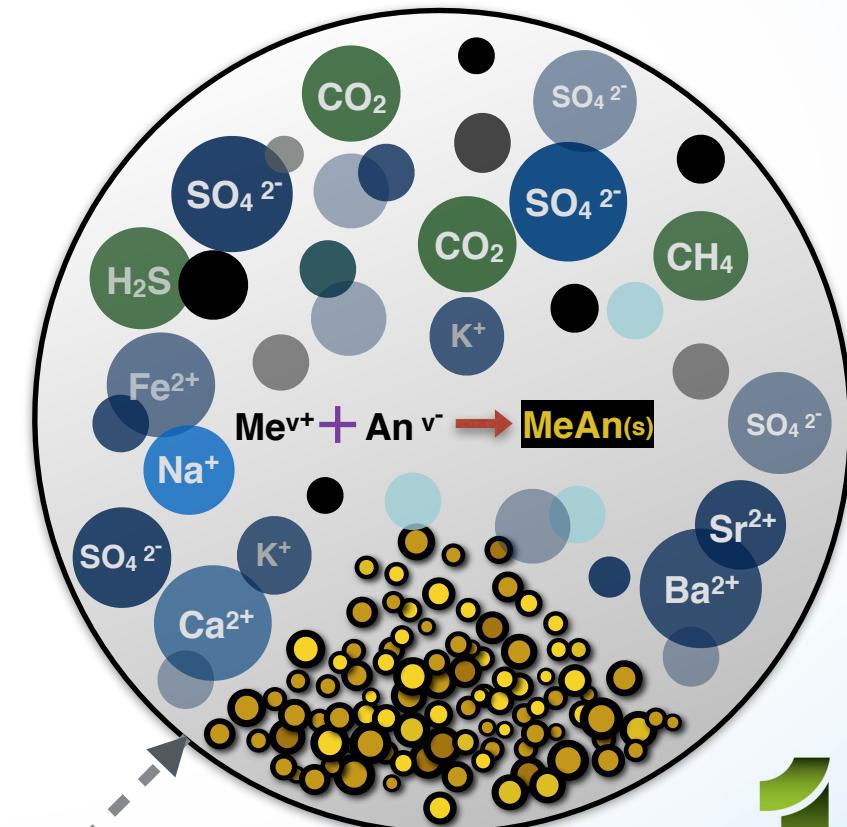
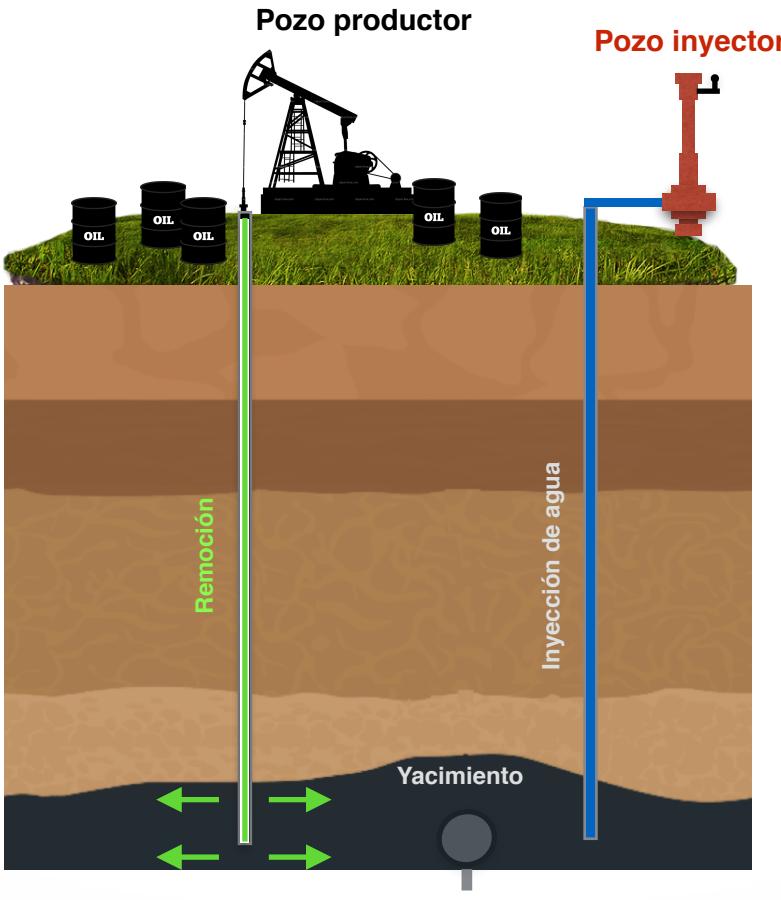
CaCO_3
Depositado
28 - 63 [T/día]



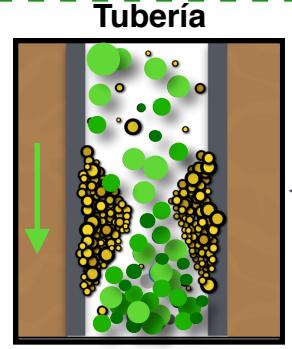
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$

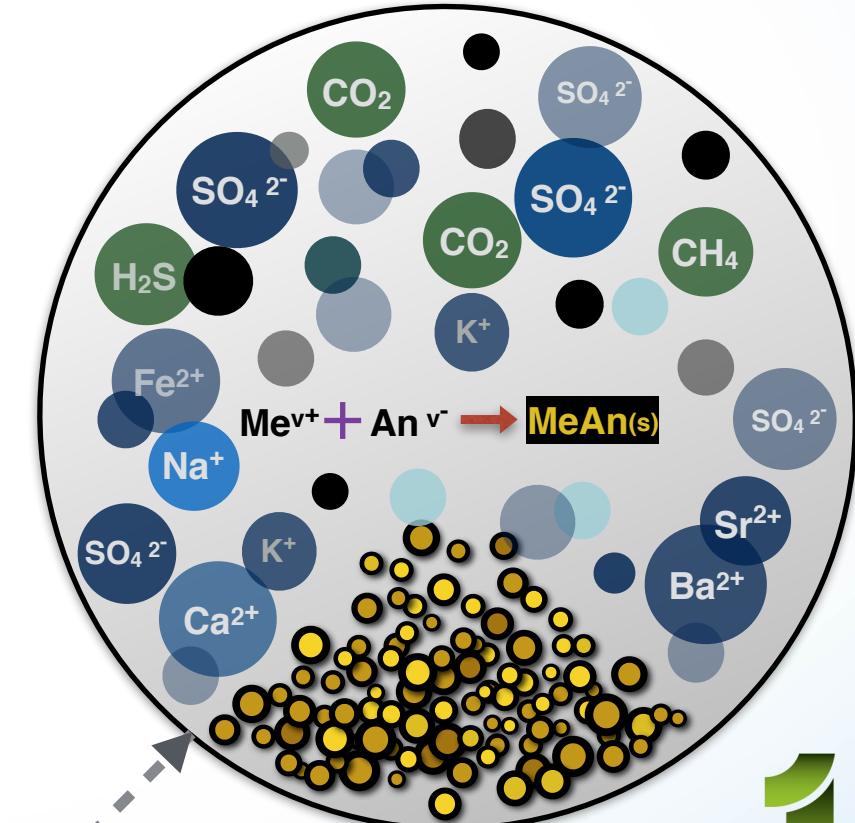
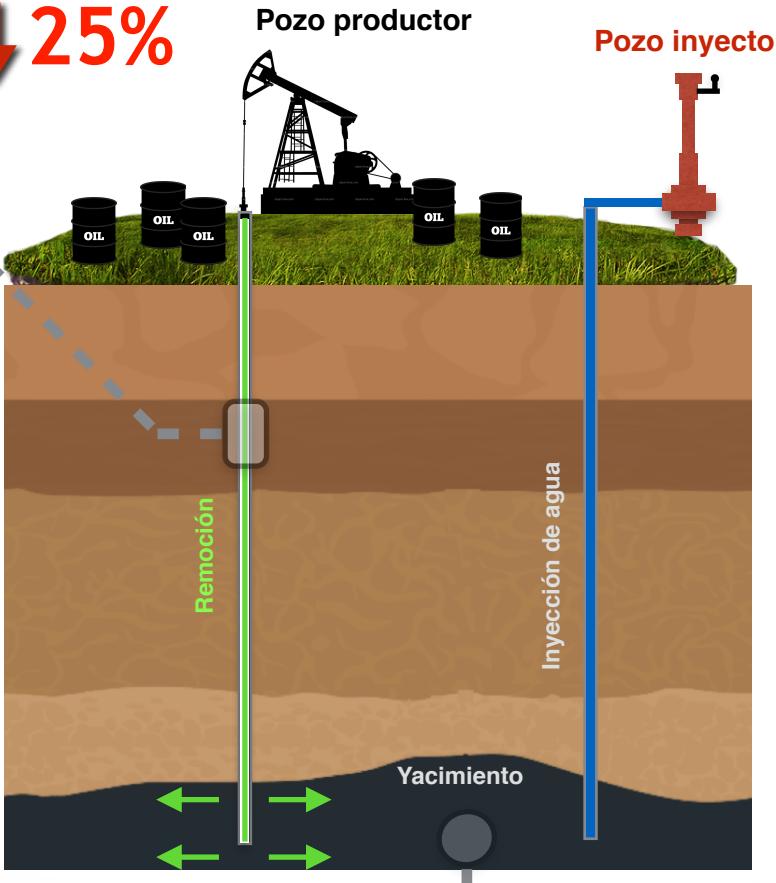
↓ 25%



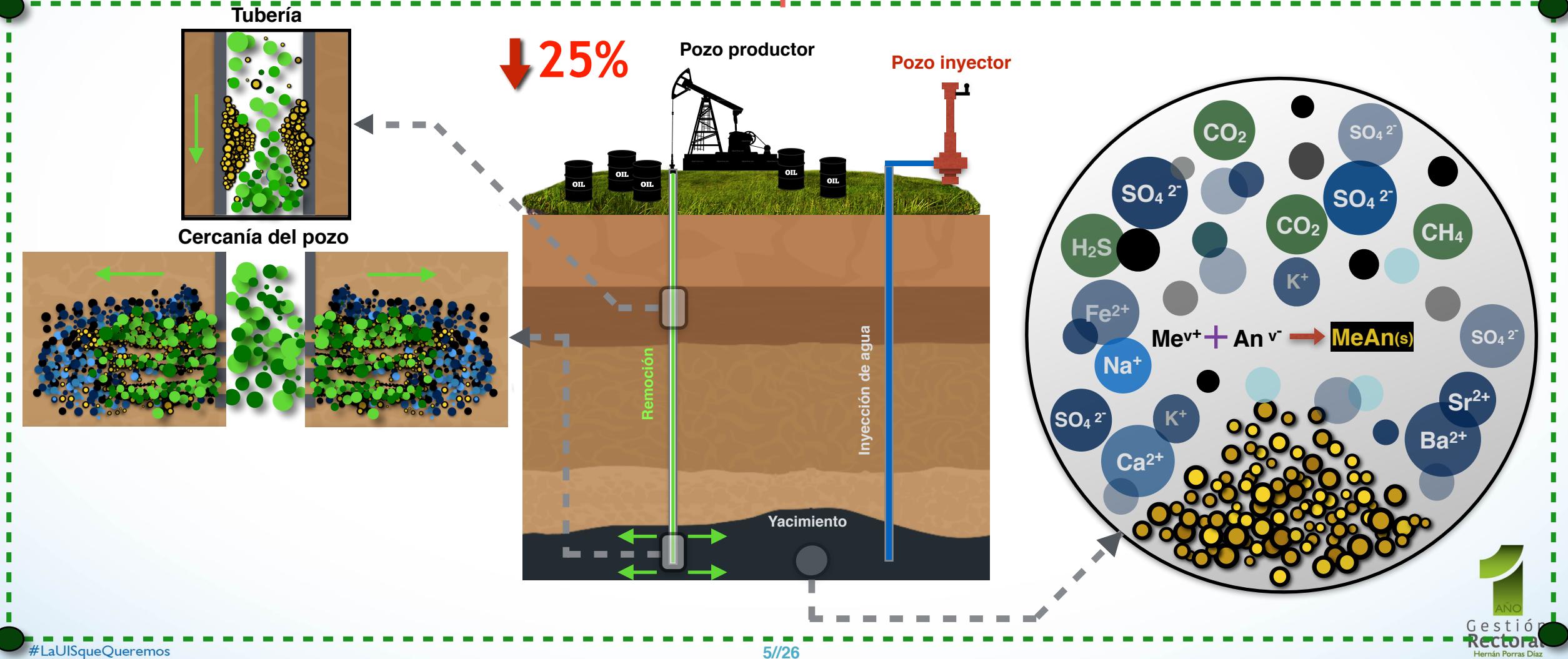
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


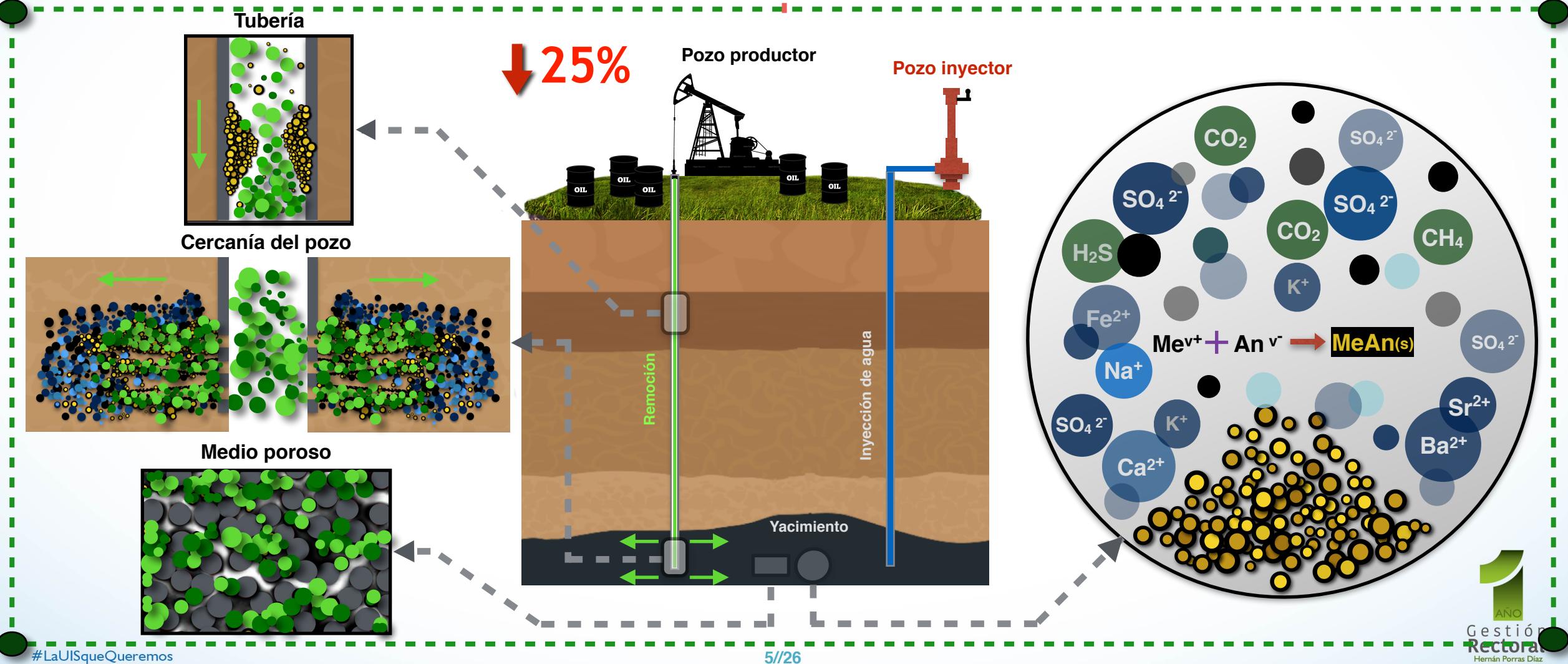
25%



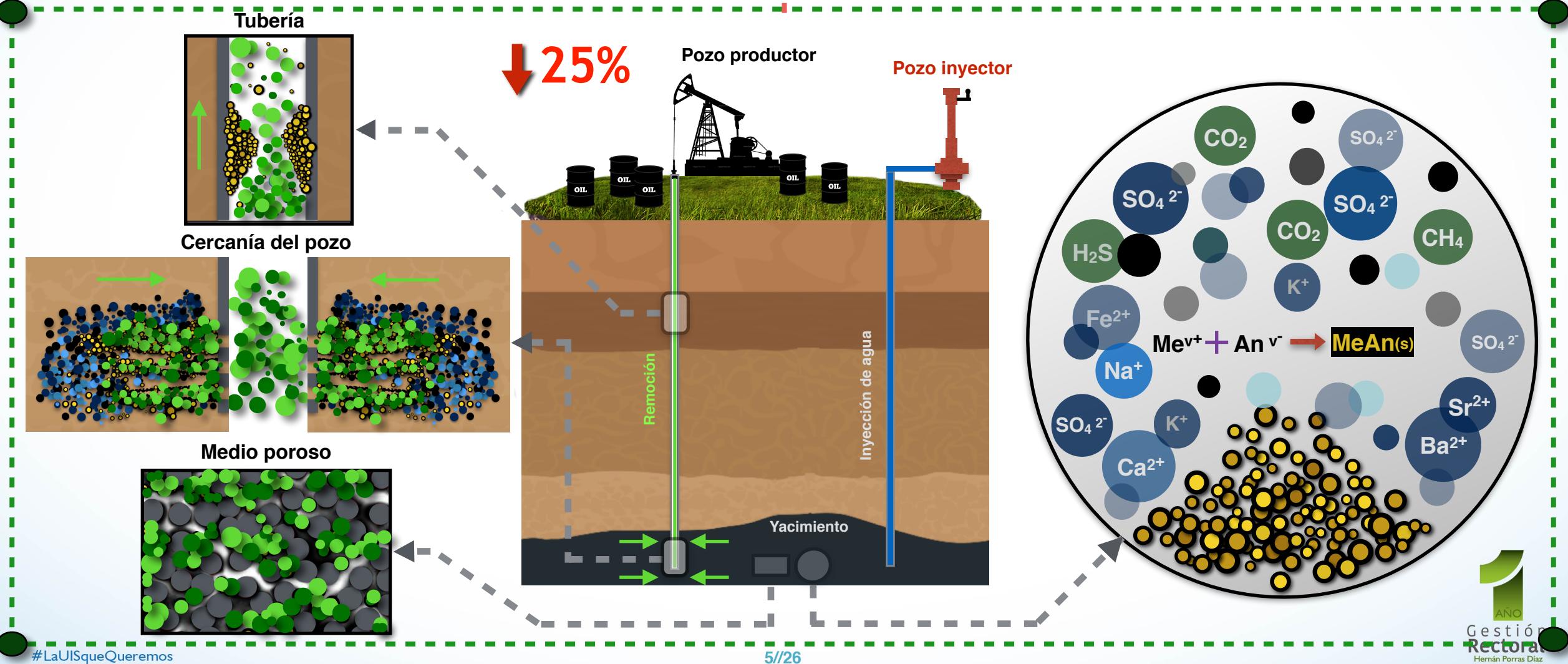
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


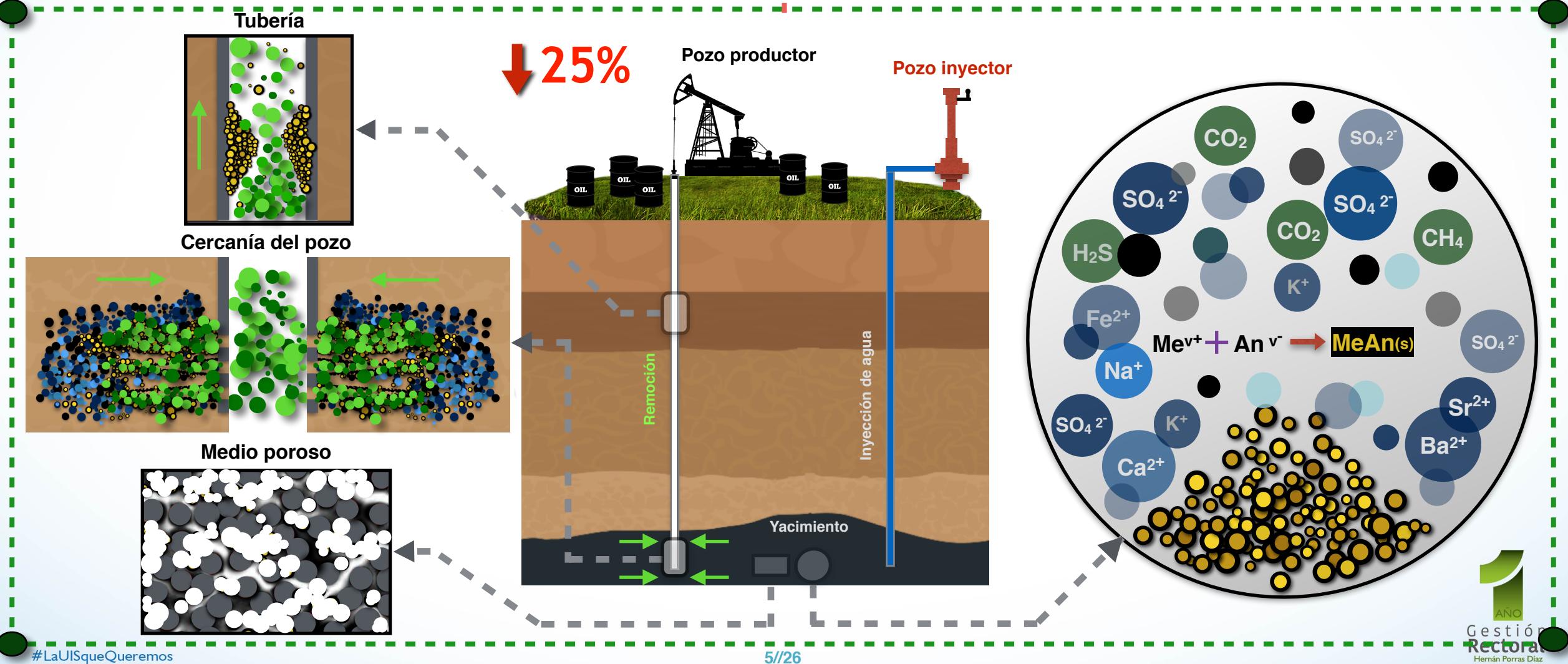
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


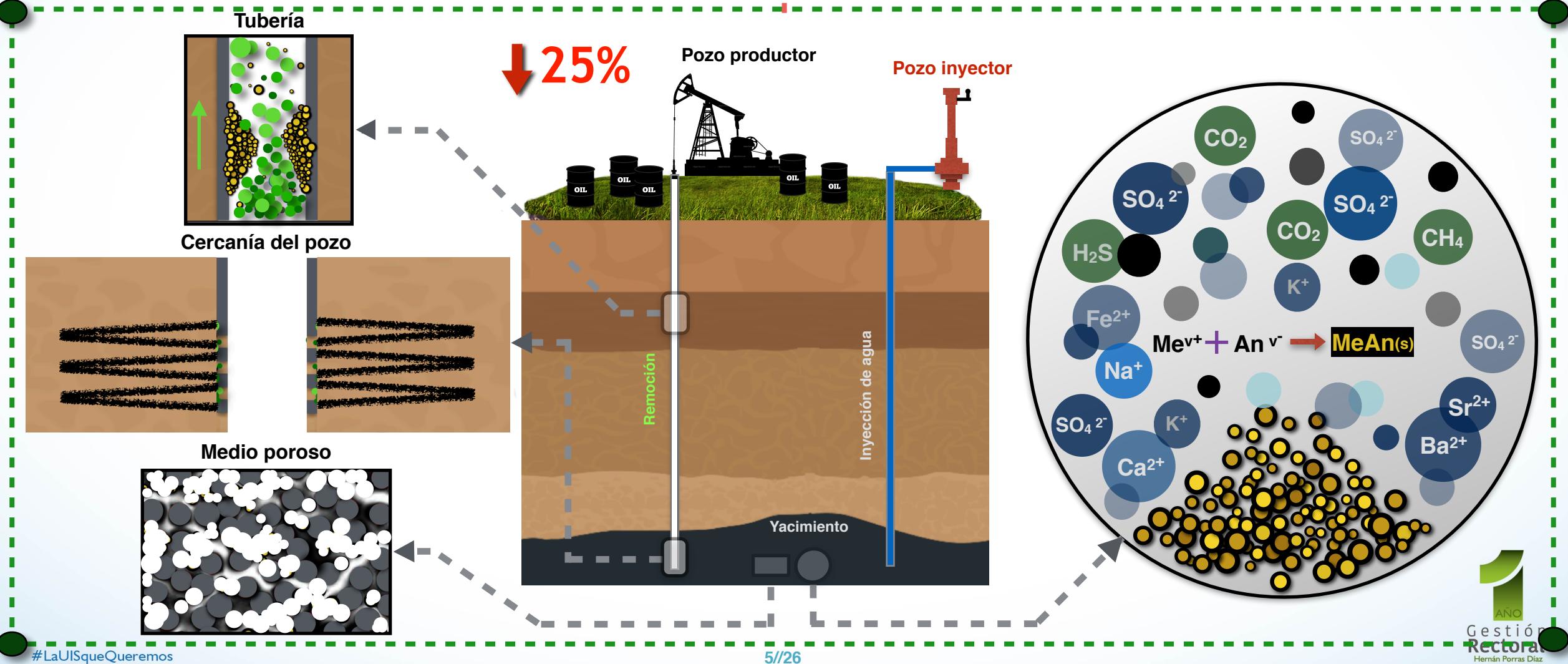
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


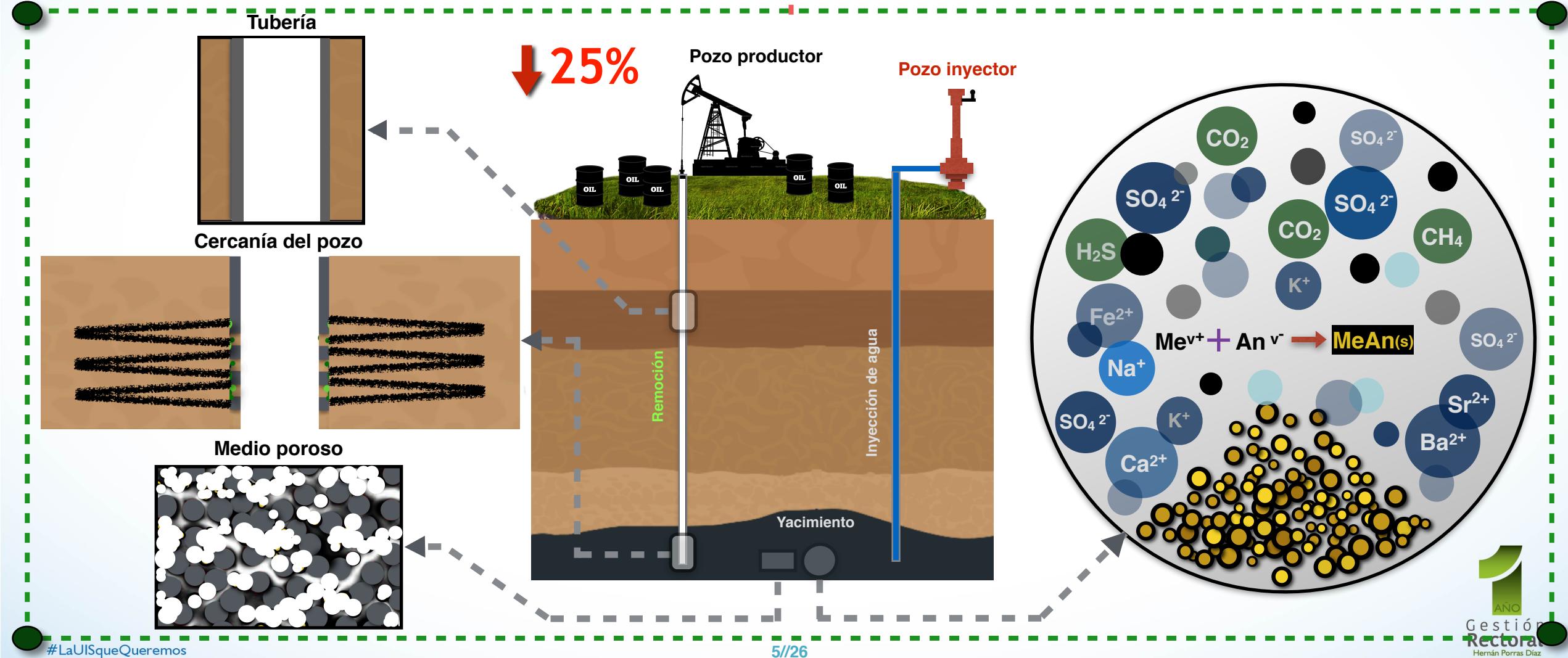
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


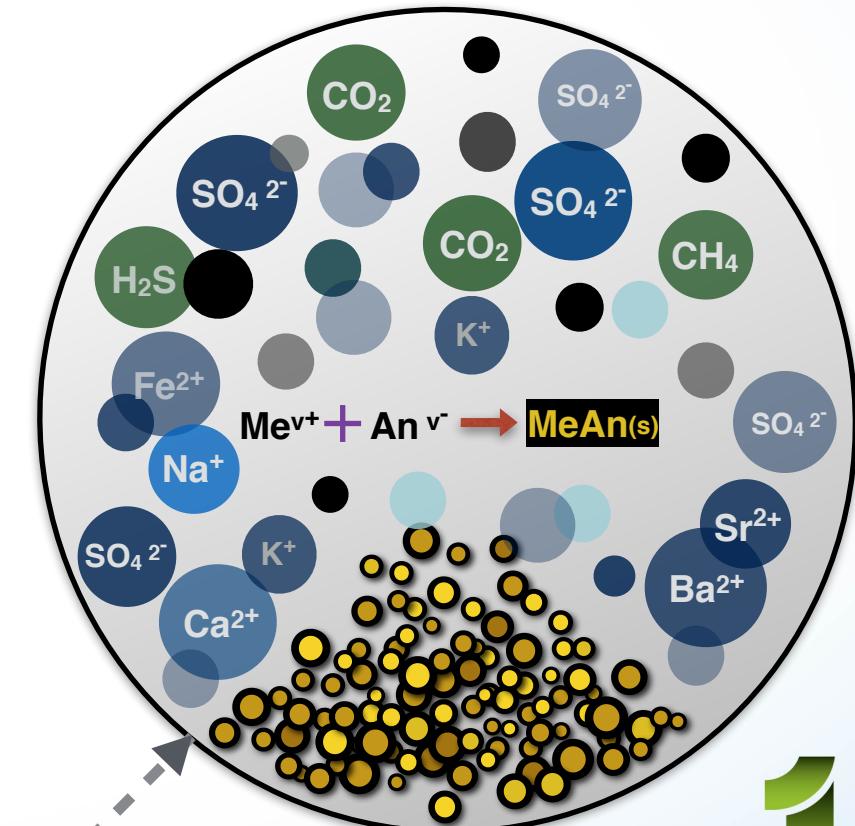
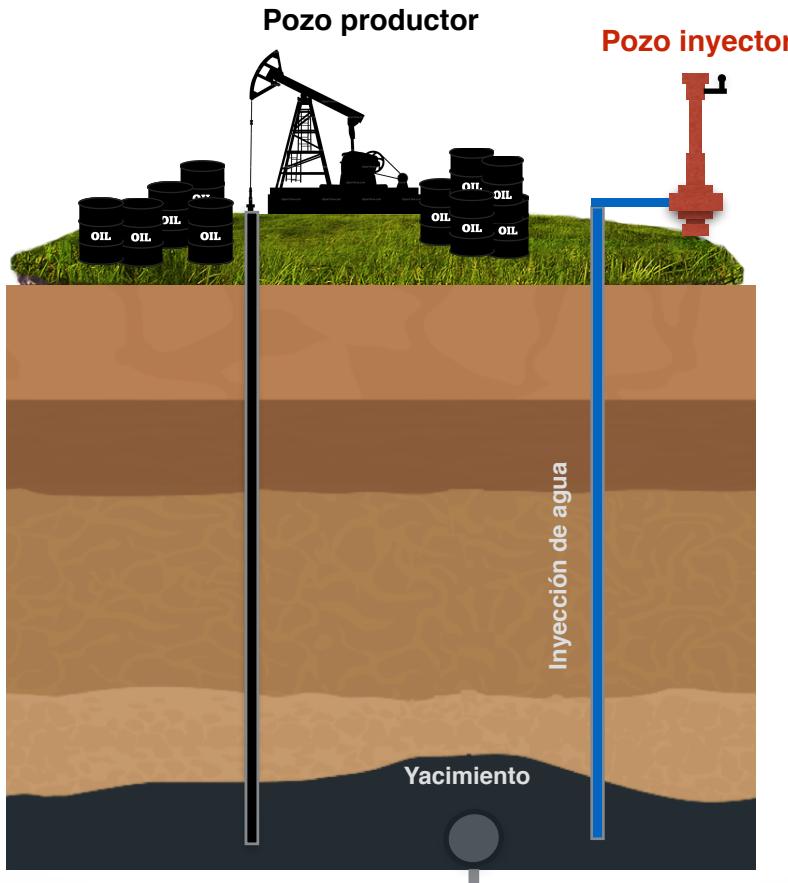
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$


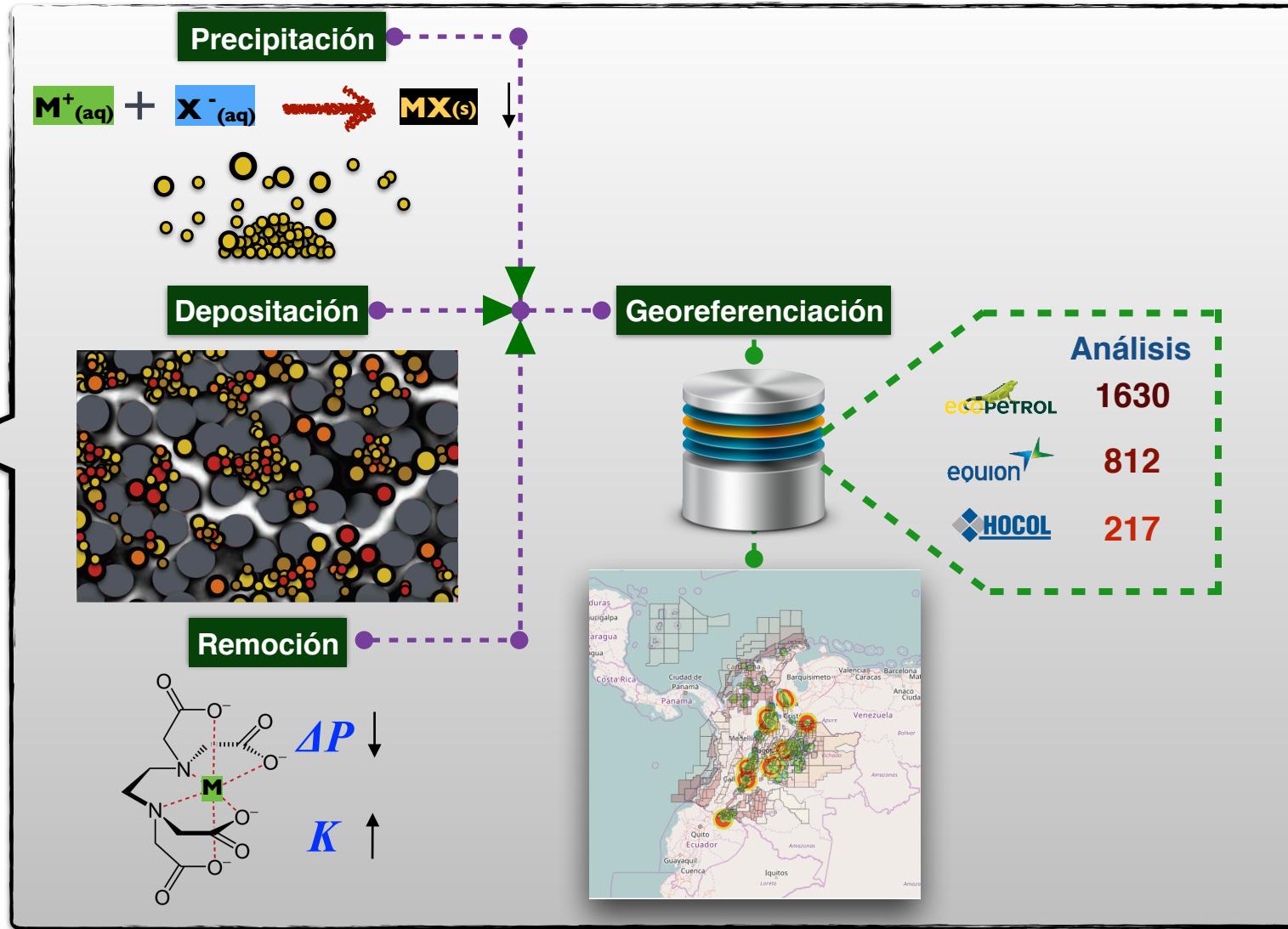
Definiciones y Generalidades

 $\Delta T, \Delta P \text{ y } x_i$ 

Definiciones y Generalidades



T, P, x y pH



Agenda

- Definiciones y Generalidades
- **Módulo de Precipitación**
- Módulo de Depositación
- Módulo de Remoción
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos
- Agradecimientos
- Referencias

Módulo de Precipitación

Índice de Saturación

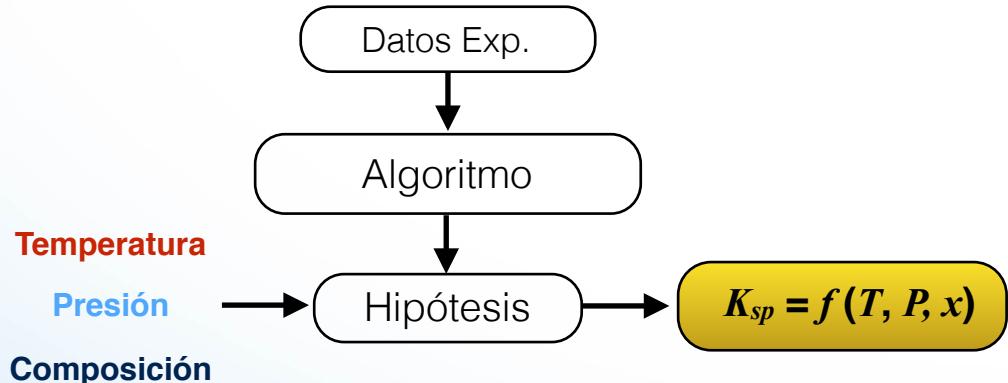
$$SF_{MeAn} = \log \left(\frac{[Me][An]\gamma_{Me}\gamma_{An}}{K_{sp}^{MeAn} = f(T, P, x)} \right)$$

$$\begin{aligned} SF_{MeAn} &> 0 \\ SF_{MeAn} &= 0 \\ SF_{MeAn} &< 0 \end{aligned}$$

Precipitación
Equilibrio termodinámico
No ocurre precipitación

Constante de Producto de Solubilidad

$$K_{sp}^{MeAn} = f(T, P, x)$$



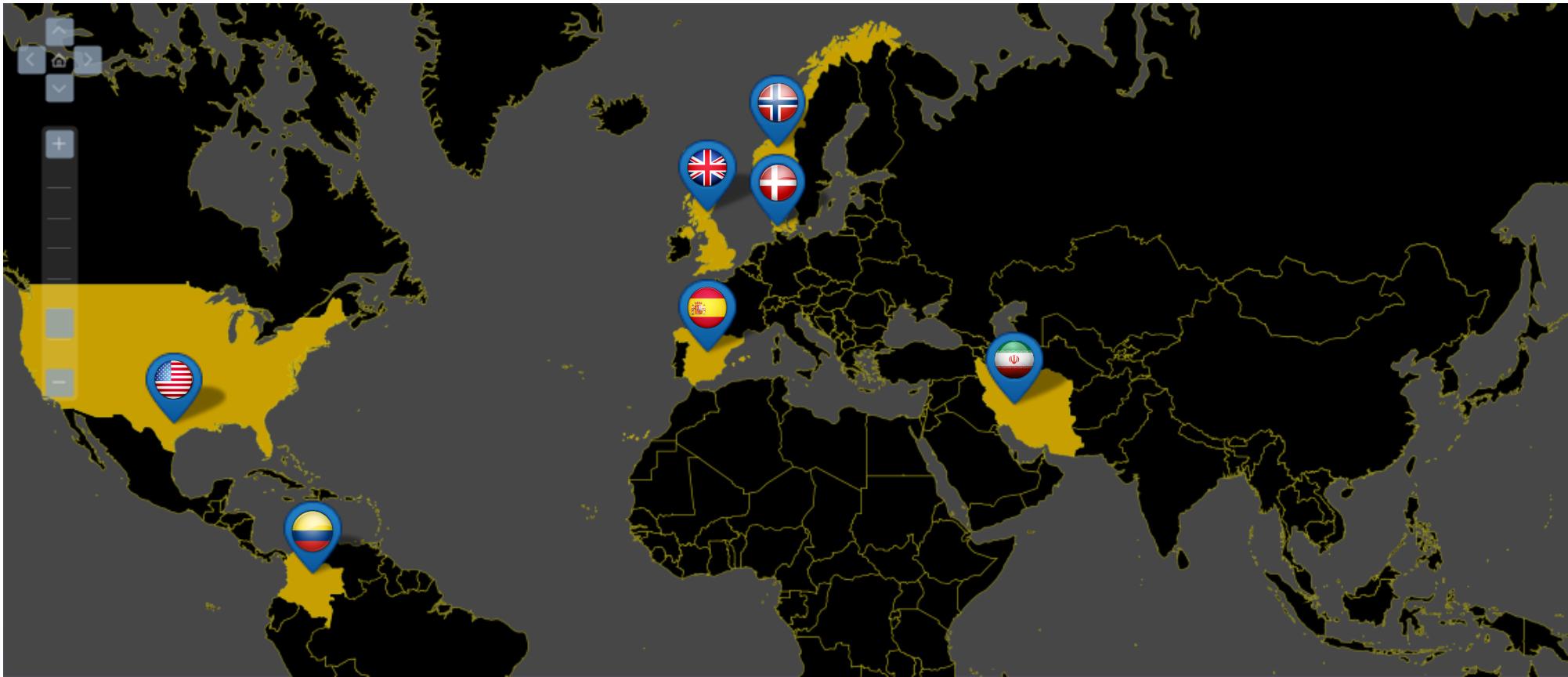
Coeficientes de actividad y de fugacidad

- Modelos termodinámicos de actividad
- Ecuaciones Cúbicas de Estado

Aproximaciones empíricas

- | | |
|---------------|------------|
| ● Stiff-Davis | ● Langlier |
| ● Oddo-Tomson | ● Ryznar |

Módulo de Precipitación

Universidad
Industrial de
Santander **ecopETROL**

#LaUISqueQueremos

Jesús D. Arrieta
et al., 2016

9/26

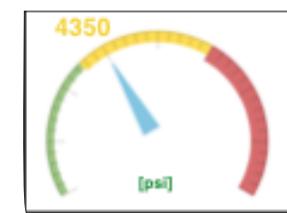
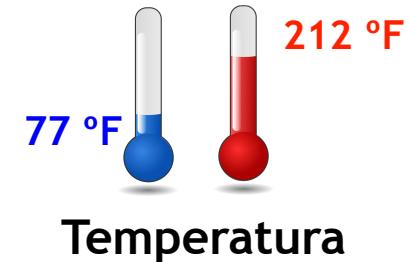
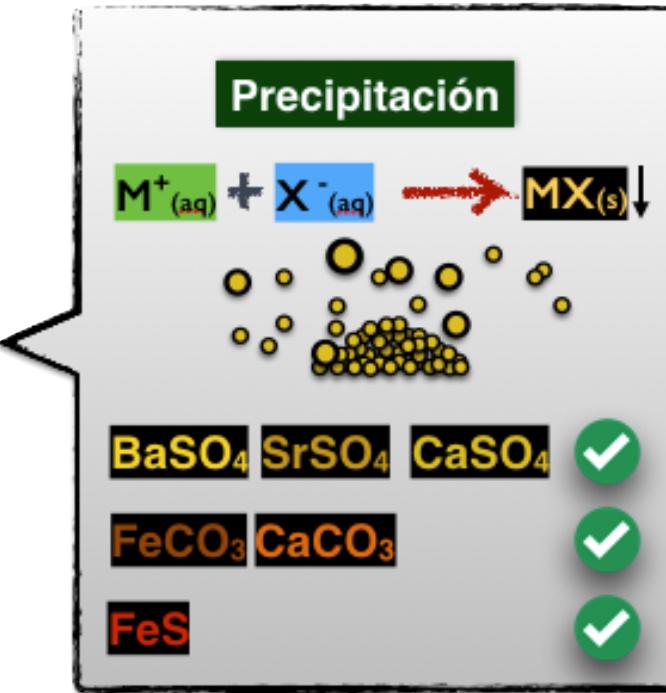
SP_v1.0



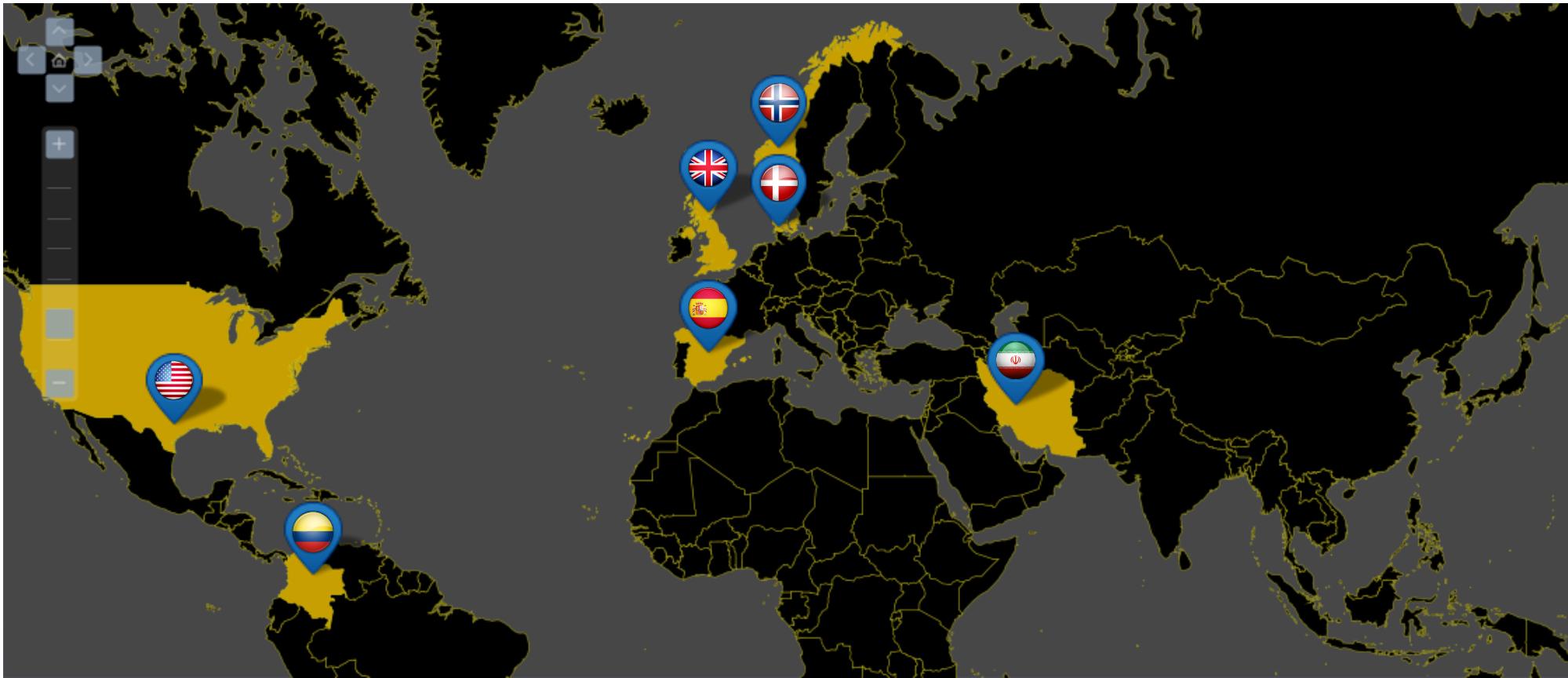
CaCO_3 BaSO_4
 FeCO_3 CaSO_4
 SrSO_4
 FeS

Módulo de Precipitación

SP_v1.0 (2016)



Módulo de Precipitación

Universidad
Industrial de
Santander **ecopETROL**

#LaUISqueQueremos

Jesús D. Arrieta
2018

11/26

SP_v2.0



BaCO_3 BaSO_4
 CaCO_3 $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 FeCO_3 SrSO_4
 SrCO_3 FeS

Módulo de Precipitación

- Análisis Fisicoquímicos

Na^{+1}	Cl^{-1}	$\text{CO}_2(\text{aq})$
K^{+1}	HCO_3^{-1}	$\text{SiO}_2(\text{aq})$
Ca^{+2}	CO_3^{-2}	
Mg^{+2}	SO_4^{-2}	
Ba^{+2}	HS^{-1}	
Sr^{+2}		
Fe^{+2}		

Temperatura
 347 °F
 77 °F

Presión
 10000 [psi]

Mezcla de agua

pH

SP_v2.0 (2018)



12/26

● ● ● **Precipitación**

$$\text{M}^+(\text{aq}) + \text{X}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{MX(s)}$$

● ● ● **Neutrales**

MgSO_4^0	SrSO_4^0	NaHCO_3^0
CaSO_4^0	BaSO_4^0	

● ● ● ● **Sólidos**

BaSO_4	FeCO_3	FeS
SrSO_4	CaCO_3	
CaSO_4	SrCO_3	
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	BaCO_3	

Agenda

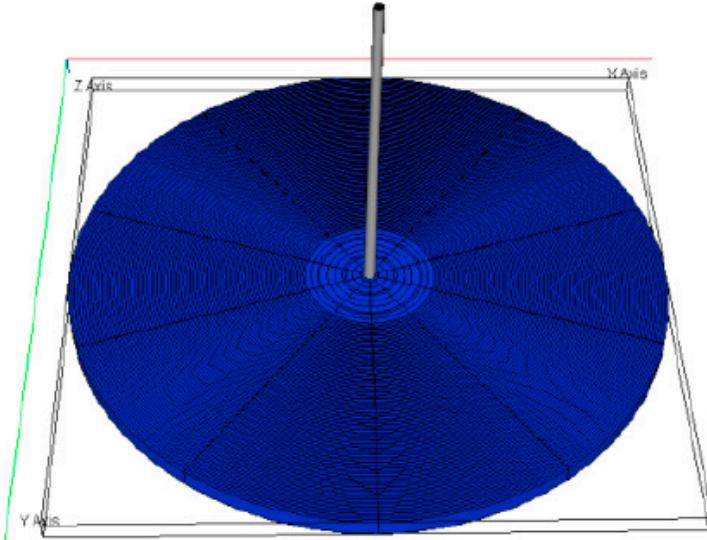
- Definiciones y Generalidades
- Módulo de Precipitación
- **Módulo de Depositación**
- Módulo de Remoción
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos
- Agradecimientos
- Referencias



Módulo de Depositación

INPUT

- Datos de Formación.
- Datos de Pozo.
- Datos de Producción.



OUTPUT

- Skin Total.
- Distribución de la escama depositada.
- Radio de penetración.



2 Modelos de Cálculo

- ✓ **Modelo Experimental (SINERGIA).**
- ✓ **Modelo Ecopetrol (Por Pruebas).**

Módulo de Depositación

Modelo Experimental (SINERGIA)

CaCO_3 (18 Experimentos)
 BaSO_4 (12 Experimentos)



Masa depositada
 Reducción de la Permeabilidad

Presión de Formación.
 Temperatura.

SP_v2.0 (2018)

γ_{prec}

$$CD_{máx} = \gamma_{prec} * Q_w$$

$$\%Depos = f(\varphi_{prec}, K_o, Vel)$$

$$CD = \%Depos * CD_{máx}$$

$$\frac{K}{K_o} = f(\varphi_{prec}, K, \rho CD)$$

Consideraciones del Modelo

- Volumen de Producción determina el radio de Depositación.
- La depositación se da por igual en el radio alterado durante cada día.
- El radio de penetración es donde la permeabilidad se ha reducido un 1%.

Agenda

- Definiciones y Generalidades
- Módulo de Precipitación
- Módulo de Depositación
- Módulo de Remoción**
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos
- Agradecimientos
- Referencias

Módulo de Remoción

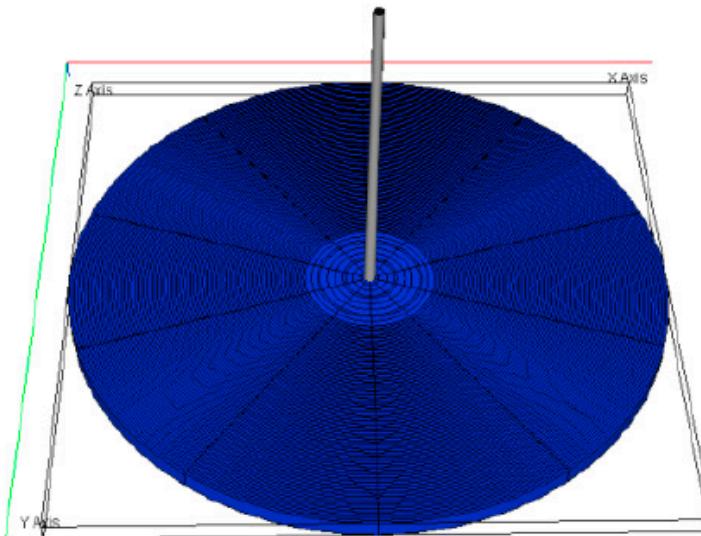
CaCO_3 (10 Experimentos)
 BaSO_4 (6 Experimentos)



Correlaciones experimentales:
 Masa removida
 Restauración de la Permeabilidad

INPUT

- Skin Total.
- Distribución de la escama depositada.
- Radio de penetración.
- Diseño del Tren de Tratamiento.



OUTPUT

- Skin Total después de tratamiento.
- Nueva distribución de escamas depositadas.
- Eficiencia del Tratamiento.

Módulo de Remoción

Tratamientos modelados por el módulo

Carbonato de Calcio	Rango de temperatura [°F]	Rango de Concentración
HCl	100-200	7.5-15%
EDTA	150-250	>0.1 M
Mezcla Acético-Fórmico	150-250	14.5-18%
Sulfato de Bario	Rango de temperatura [°F]	Rango de Concentración
DTPA	100-200	0.1-0.5 M
Bariex-H	100-200	0.1-0.5 M
EDTA	100-200	0.1-0.5 M

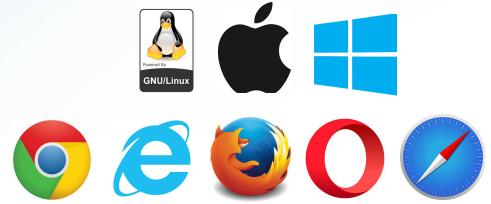
Consideraciones del Modelo:

- El tratamiento remueve una masa total distribuida de mayor a menor porcentaje desde el pozo hacia el radio tratado.
- La remoción ocurre con tratamientos dinámicos y estáticos de remojo

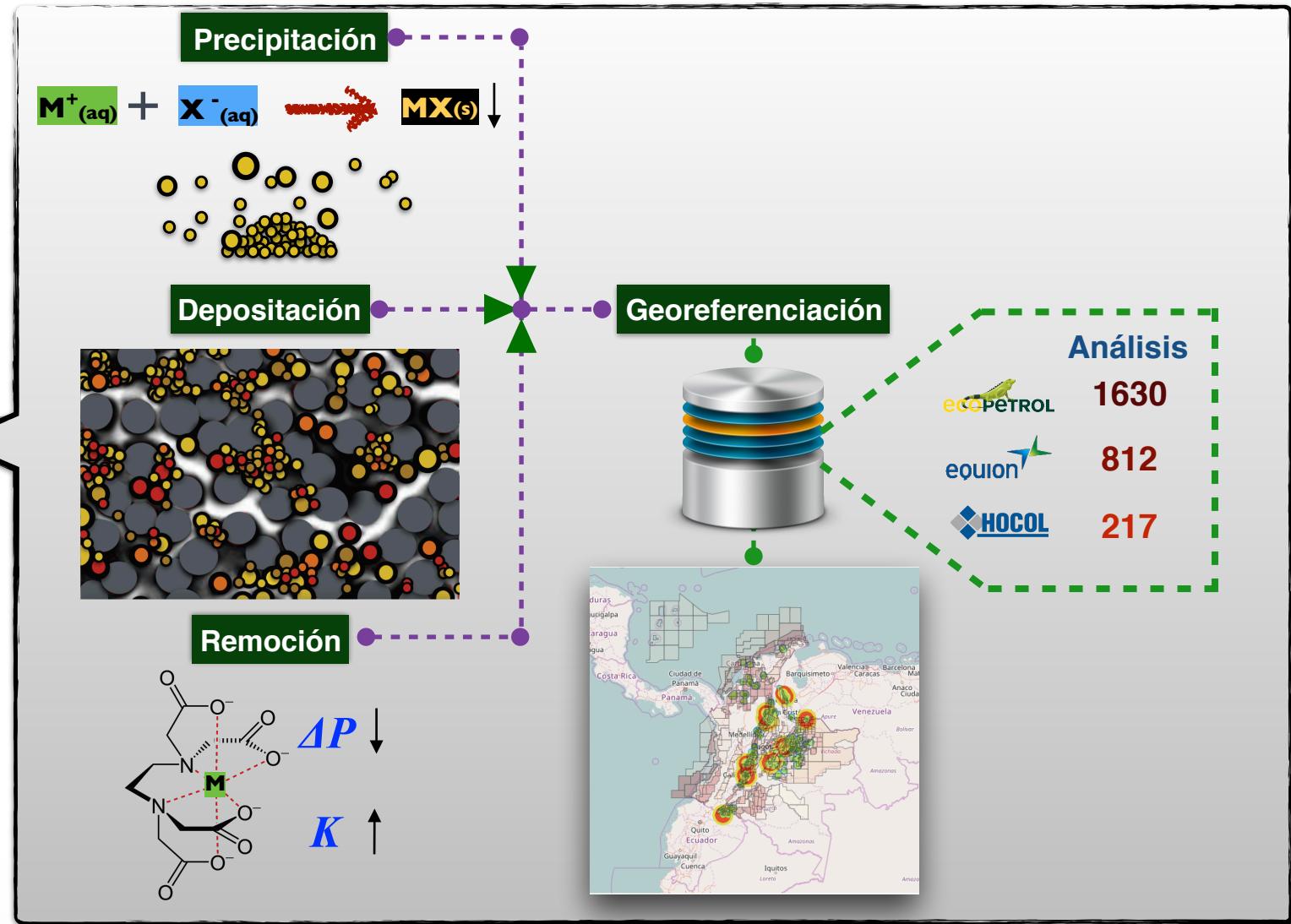
Agenda

- Definiciones y Generalidades
- Módulo de Precipitación
- Módulo de Depositación
- Módulo de Remoción
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos**
- Agradecimientos
- Referencias

Herramienta de Georeferenciación



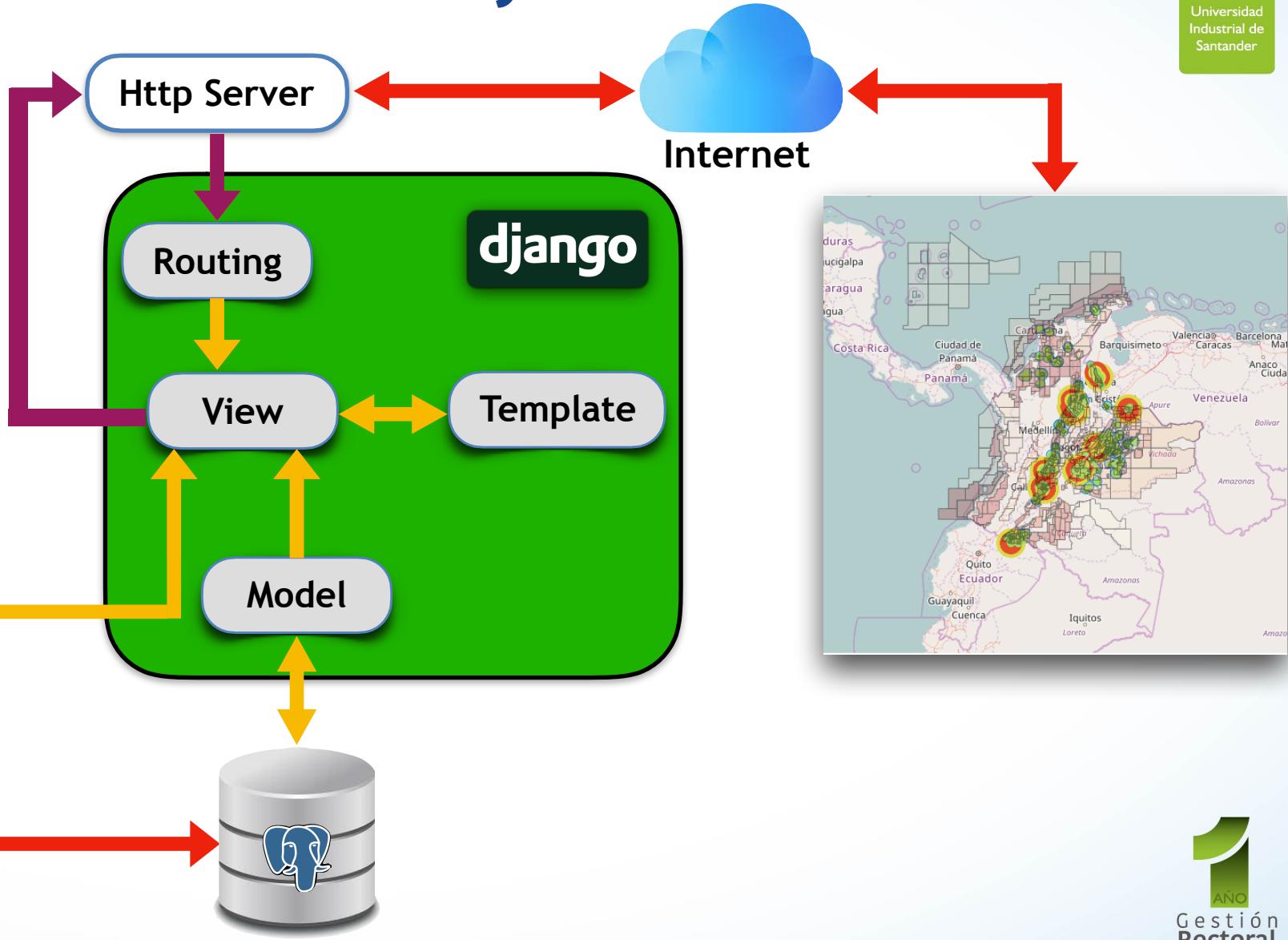
T, P, x y pH



Herramienta de Georeferenciación



Ph.D. Gabriel Pedraza
Asesor en Arquitectura
de Software



Agenda

- Definiciones y Generalidades
- Módulo de Precipitación
- Módulo de Depositación
- Módulo de Remoción
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos
- Agradecimientos**
- Referencias

Agradecimientos

Mesa de Trabajo Daño a la Formación



M.Sc. Alejandro Restrepo



M.Sc. Richard Zabala



Ing. Jorge Duarte

Ecopetrol - ICP



M.Sc. Wilson Cañas



Qco. Jose M. Usuriaga



M.Sc. Alvaro Prada



Universidad
Industrial de
Santander

Agradecimientos



Agenda

- Definiciones y Generalidades
- Módulo de Precipitación
- Módulo de Depositación
- Módulo de Remoción
- Herramienta Georeferenciada e Integración de Módulos
- Agradecimientos
- Referencias**

Referencias

- Jesus D. Arrieta (2016).** *Desarrollo de un herramienta computacional para la predicción de precipitados inorgánicos en sistemas de producción de crudo.* (**Tesis de Maestría**), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Santander.
- Alvaro Villar García (2017).** *Modelo determinístico de diagnostico de daño a la formación por depositación de escamas $CaCO_3$, aplicable a los campos colombianos del grupo empresarial Ecopetrol.* (**Tesis de Maestría**), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Santander.
- Raúl Andrés Martínez (2017).** *Modelo fenomenológico de remoción de daño a la formación asociado a la depositación de escamas inorgánicas del tipo Carbonato y Sulfatos.* (**Tesis de Maestría**), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Santander.

#LaUISqueQueremos

www.uis.edu.co



Universidad
Industrial de
Santander

Gracias
por su
atención

1948 - 2018

Patrimonio
educativo y cultural
de los santandereanos