



# Tecnosoles

Recuperación ambiental



**PLORAMINERÍA**

Recursos y Reservas para la exploración Minera en Colombia

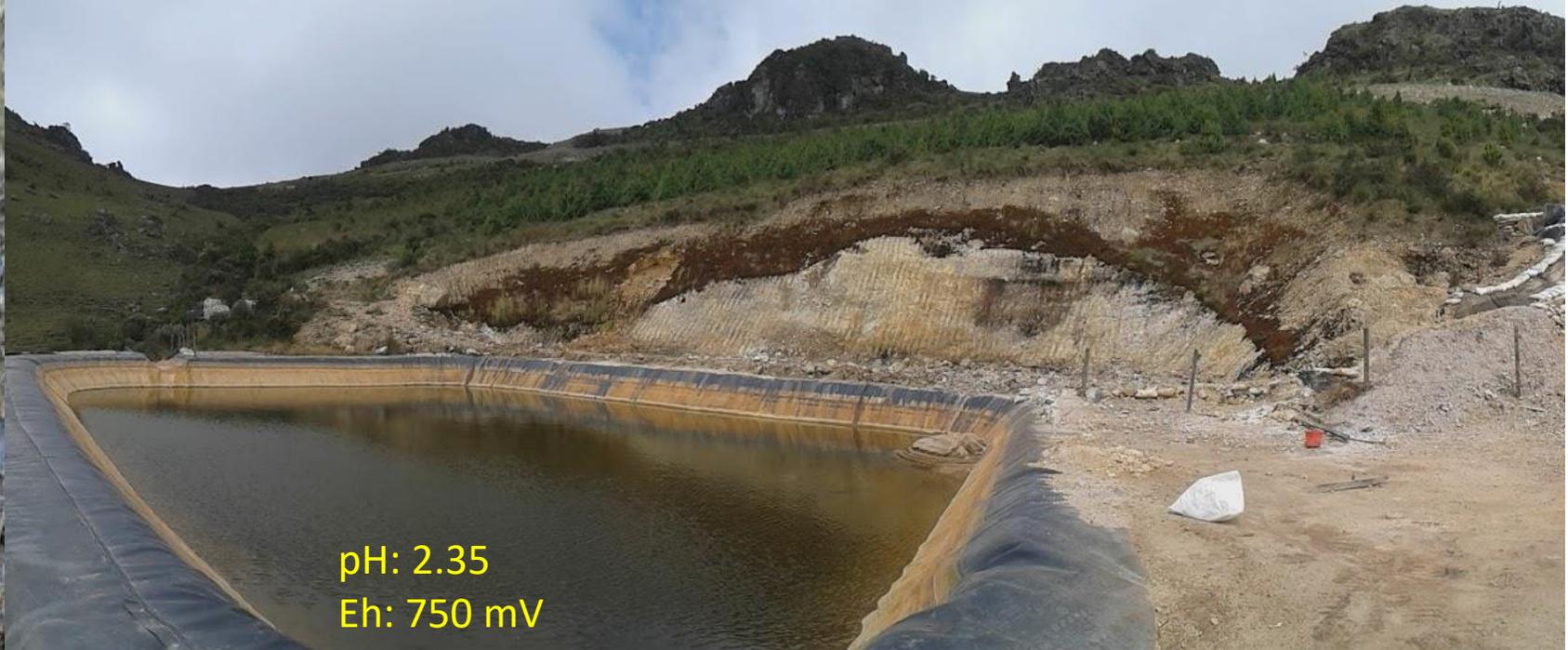


# Impactos generados...





pH: 0.7  
Eh: 950 mV



pH: 2.35  
Eh: 750 mV

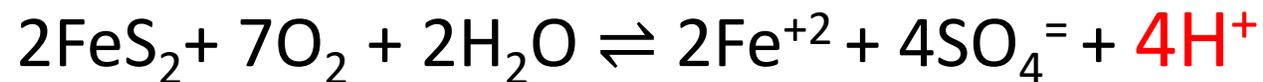


# Lo primero es entender el problema

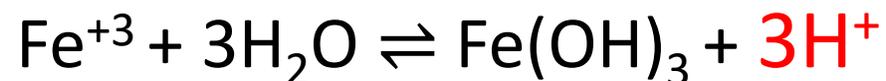
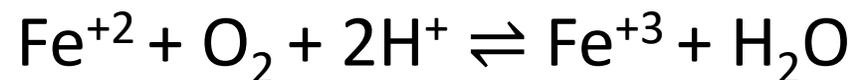
El 99 % de la solución está en comprender como surge!!

# Proceso de alteración mineralógica

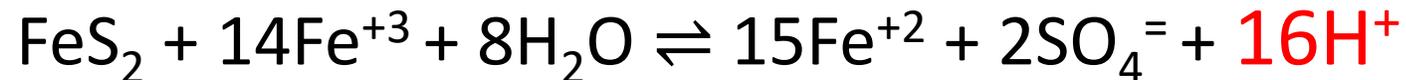
- Generación de aguas ácidas de mina



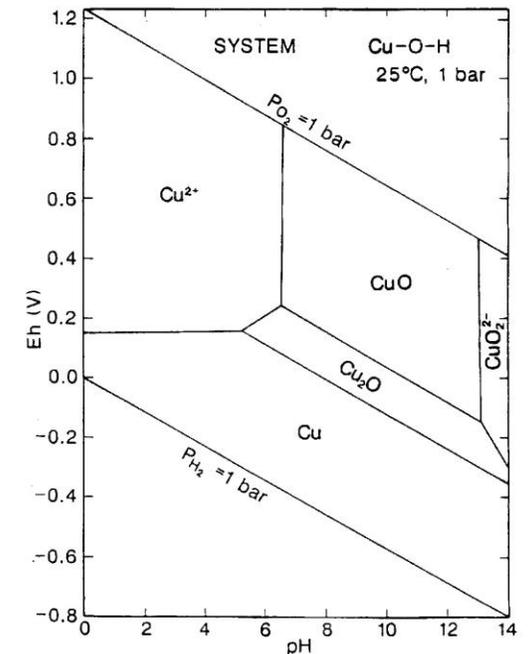
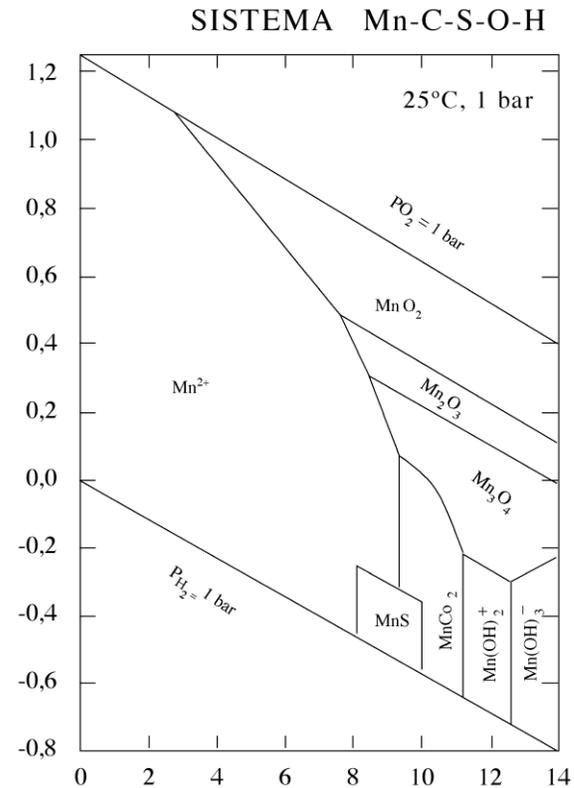
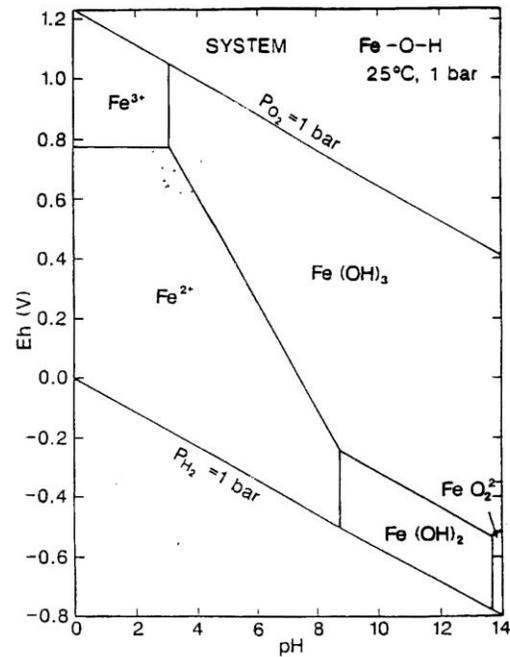
1.- Sistema rico en oxígeno oxidante,  $\text{pH} > 3,5$



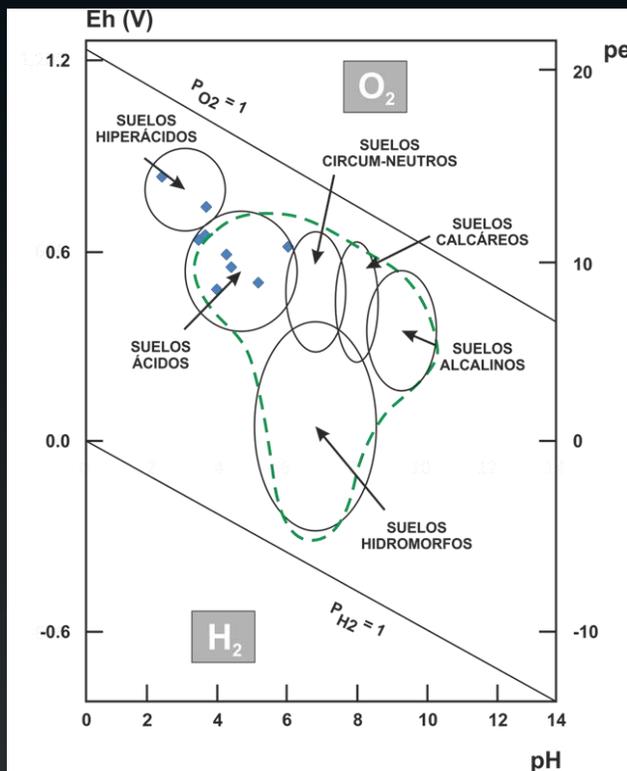
2.- Sistema ácido,  $\text{pH} < 3,5$



# Conociendo el funcionamiento del sistema se puede solucionar cualquier problema



MUESTRA-CODIGO	Reacción actual	Reacción oxidativa	Test NaF	CE Disol. Equi.	Índice ándico	Óx. Fe	Co	N	P	Pa	Elements de riesgo	Fuentes Ca, Mg, K, Fe y Al	Adsorp/Li xAs	Adsorp/Lix SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
						%								
<b>Roca caliza R-11</b>	Carb.	N	+	D					P	Pa		Ca, Mg, K, Al	111	
<b>S-77</b>	A	HA		S					P	Pa	As	Fe	246	
<b>S-78</b>	A	HA		D							As		19	29
<b>S-79</b>	A	HA		D		C: 1,9				Pa	As		90	28
<b>S-80</b>	A	A		D						Pa			48	44
<b>S-81</b>	A	HA		D			C		P	Pa	As		250	335
<b>S-82</b>	A	HA		D		C: 4,3							46	75
<b>DME S-83</b>	HA	HA		S	2,41	A: 2,1	C	N				Fe	531	1127
<b>S-84</b>	A	HA		D							Cu		217	64
<b>S-85</b>	A	A		D									-21	
<b>DME S-86</b>	A	HA		S	1.33	C: 1,2 A: 1,2	C		P	Pa	As		387	
<b>DMES-87</b>	HA	HA		S	1,67	C: 1,1 A: 2,7			P		As	Fe	513	1940
<b>DME S-88</b>	HA	HA		S						Pa	As		287	17
<b>DME S-89</b>	HA	HA		S	2,24	C: 1,2 A: 1,9	C		P	Pa	As	Fe	528	
<b>DMI S-90</b>	A	HA		D	1.0	C: 1,7 A: 1,0	C		p	Pa			306	478
<b>DME</b>	A	HA		D	1.46	C: 1,7 A: 1,5	C		P		As		429	151
<b>DEPOSITO-DME-Suelo</b>	A	HA		D		C: 2,2			P		As	Fe	34	



Muestra	pH	Eh	C.E	CARACTERISTICAS
		mV	$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	
<b>POZA DME</b>	2.30	833	6510	Hiperácida, hiperoxidante, Salina
<b>POZA DMI</b>	5.15	503	1844	Acida, Oxidante, Salobre
<b>DMO-Tiwinza</b>	3.62	740	443	Muy ácida, Hiperoxidante, Dulce
<b>AGUA INFILTRACION</b>	3.59	651	146	Muy ácida, Hiperoxidante, Dulce
<b>CANAL</b>	4.21	589	119	Acida, Oxidante, Dulce
<b>LAGUNA LA KIWILLAS</b>	6.05	616	40	Débilmente ácida, Hiperoxidante, Dulce
<b>LAGUNA AURORA</b>	3.93	479	79	Muy ácida, Oxidante. Dulce
<b>QDA PTE LA HIERBA</b>	4.35	550	593	Acida, Oxidante, Salobre
<b>LAGUNA LA HUACA</b>	3.38	636	963	Hiperácida, hiperoxidante, Salobre

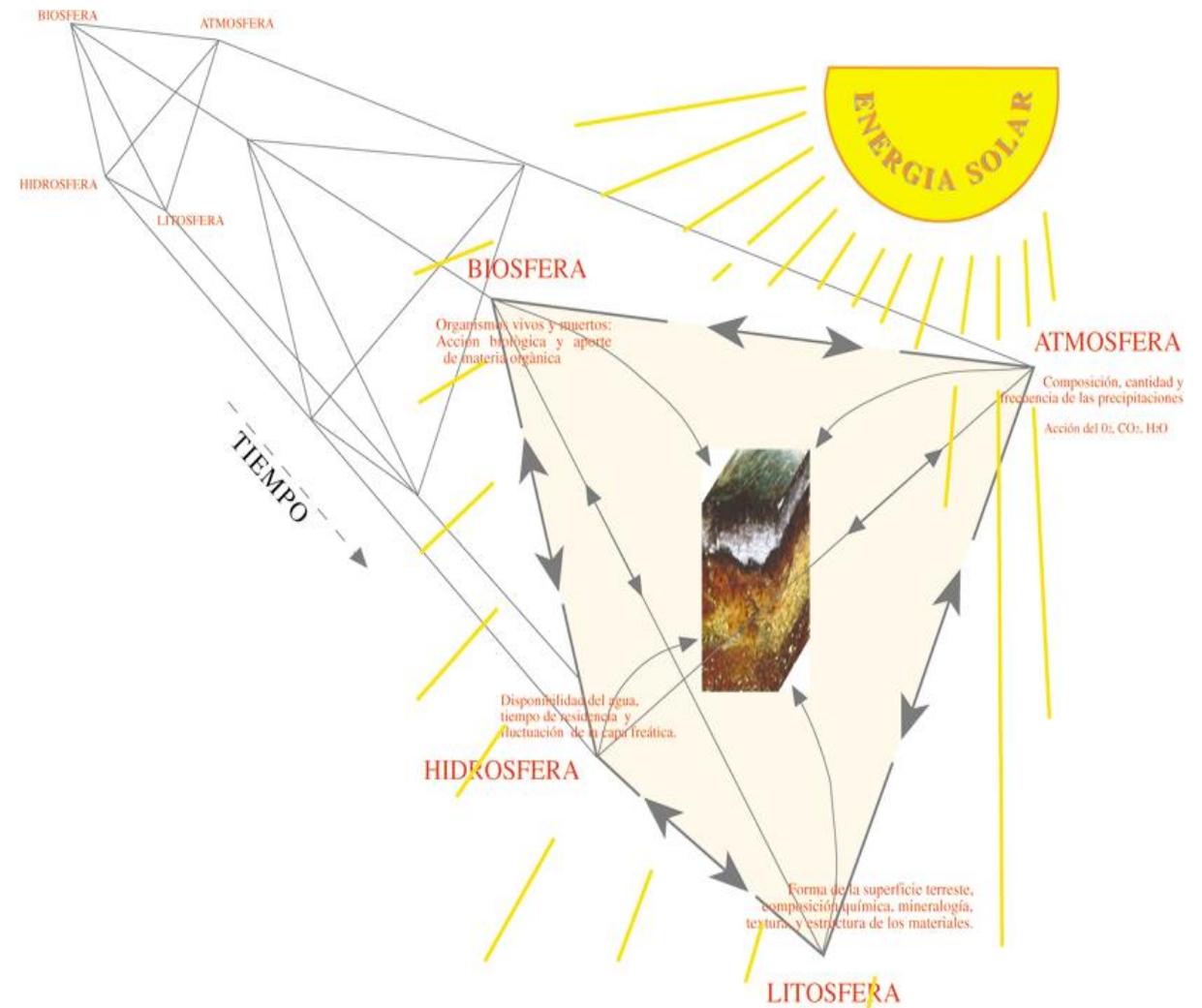
### Principios a seguir para la recuperación:

- Eliminar  $\text{Fe}^{3+}$  de los sistemas biogeoquímicos superficiales cuando el  $\text{pH} < 4,0$
- Incrementar la concentración de reductores que consuman el exceso de oxidantes.

Comprendiendo como se  
origina el problema....

...solo queda actuar

# ...empleando suelos



# Aprendemos de los suelos!

Existen más de **300 grandes tipos de suelos** en el mundo. Cada uno con sus mecanismos de estabilización de la M.O

Usamos los suelos naturales como modelos

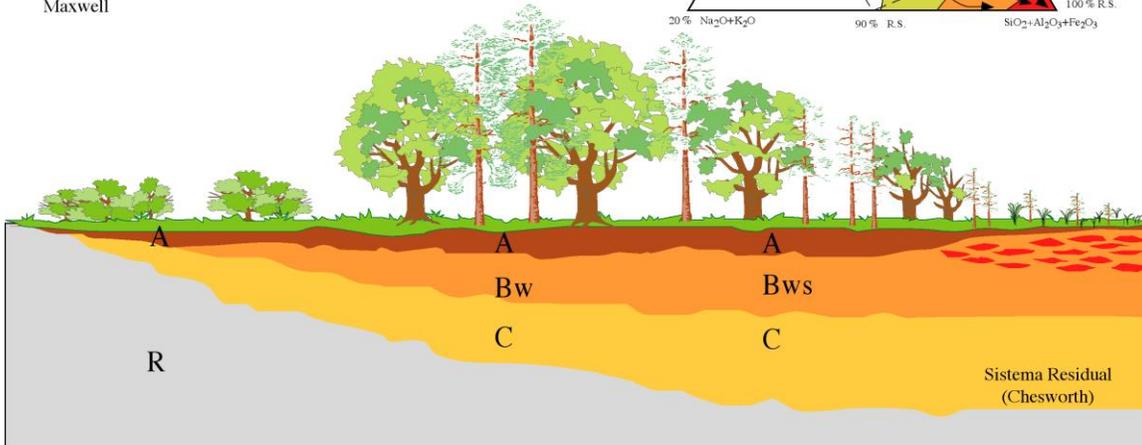
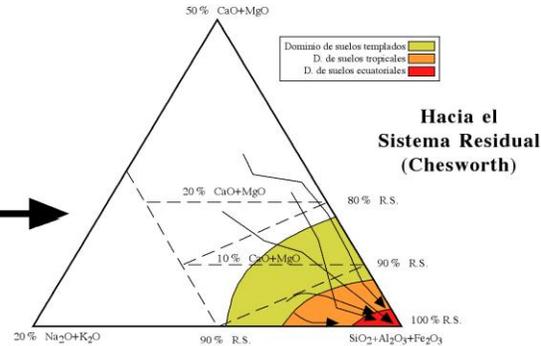
Proporcionamos un análisis integrado y multidisciplinar para resolver problemas ambientales



Diablillo de Maxwell

Imperativo termodinámico

La búsqueda del equilibrio



Leptosoles  
Entisoles

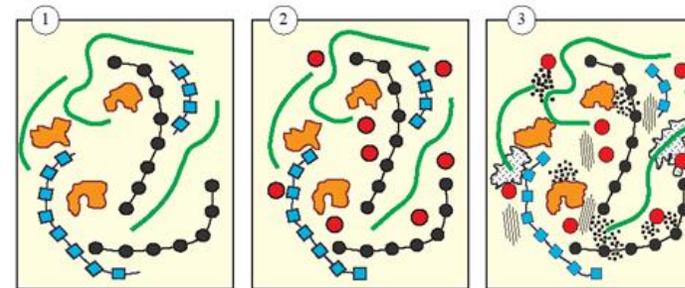
Umbrisoles / Phaeozem, Andosoles...  
Inceptisoles / Mollisoles, Andisoles...

Cambisoles  
Inceptisoles / Mollisoles, Luvisoles

Ferralsoles  
Oxisoles

Ferralsoles géricos  
Oxisoles, Plinthosoles

200 | 1000 | > 1.000.000 años en superficies estables



- cationes metálicos
- poliacáridos
- polipéptidos
- cadenas alifáticas
- fragmentos aromáticos
- arcillas cristalinas
- oxihidróxidos de Fe, Al y Mn
- materiales de bajo grado de orden



### ***Umbrisol ali-húmico (Galicia)***

- Sustancias húmicas metaestabilizadas por formas de Al reactivas.
- Más de 1.000 años de residencia del C
- 6-8 t C/ha/cm



### **“Alu-andic” Andosol**

- Complejos organoalumínicos. Adsorción en aluminosilicatos de bajo grado de cristalinidad,
- 10-12 tC/ha/cm
- 600-1000 tC/ha

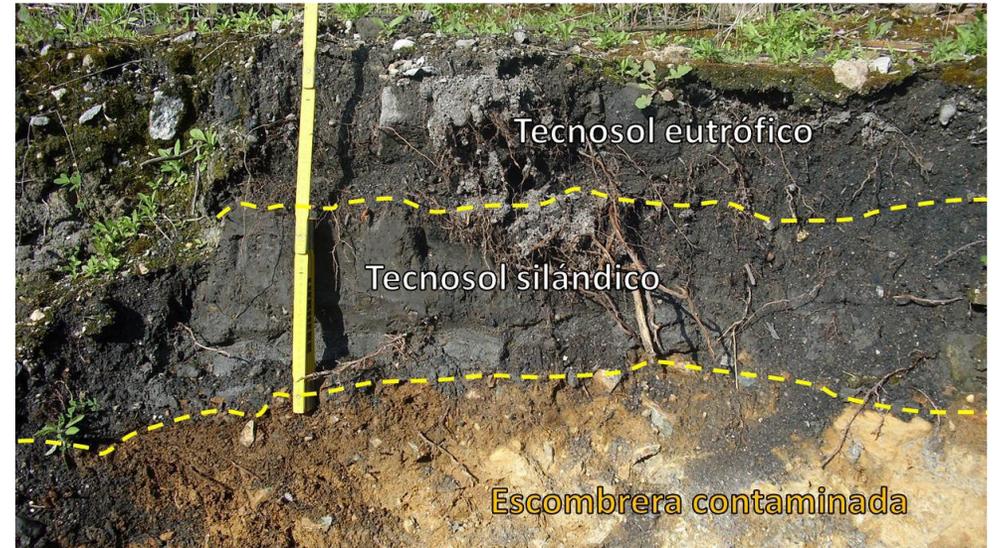
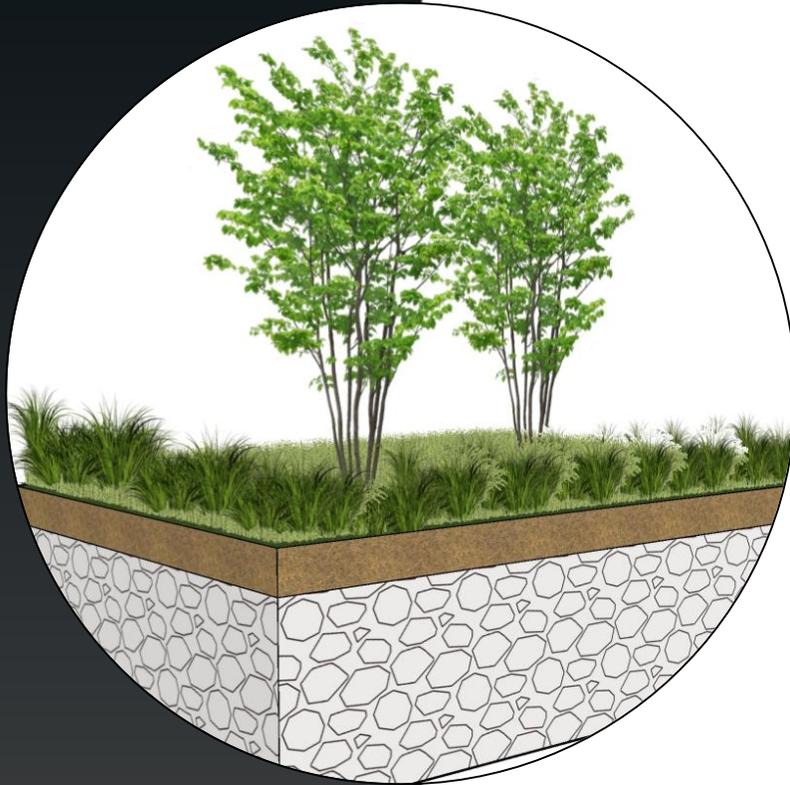


### ***Latossol húmico (Minas Gerais, Brasil)***

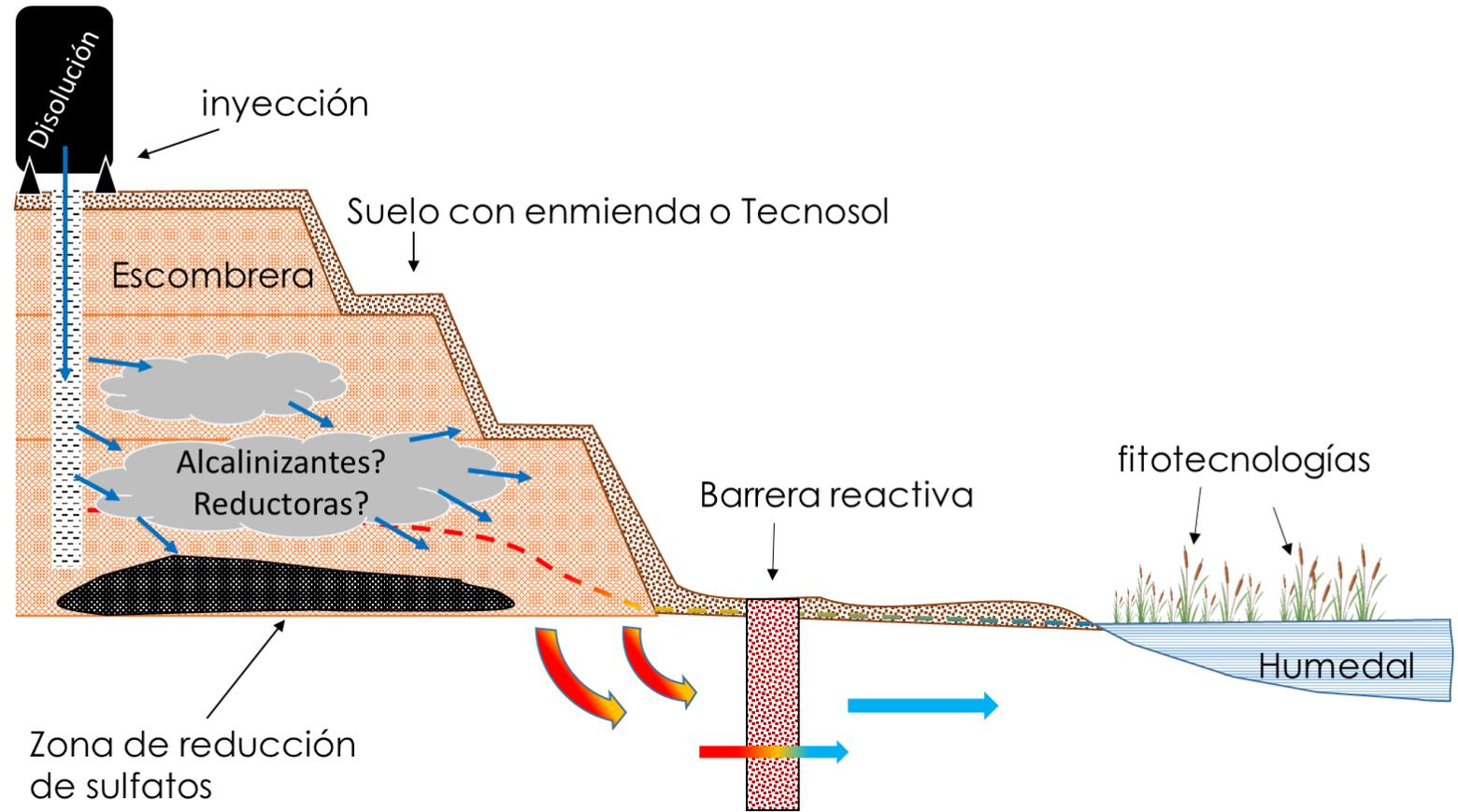
- M.O metaestabilizada por recalcitrancia intrínseca y enlaces con oxihidróxidos de Fe y caolinita.
- >10.000 años de residencia del C.
- 2-4 tC/ha/cm. > 50% C recalcitrante

# ¿Que es un Tecnosol?

Es un suelo diseñado y elaborado con residuos/artefactos orgánicos e inorgánicos para cumplir funciones y propiedades específicas para la restauración



# ...CÓMO LO APLICAMOS?

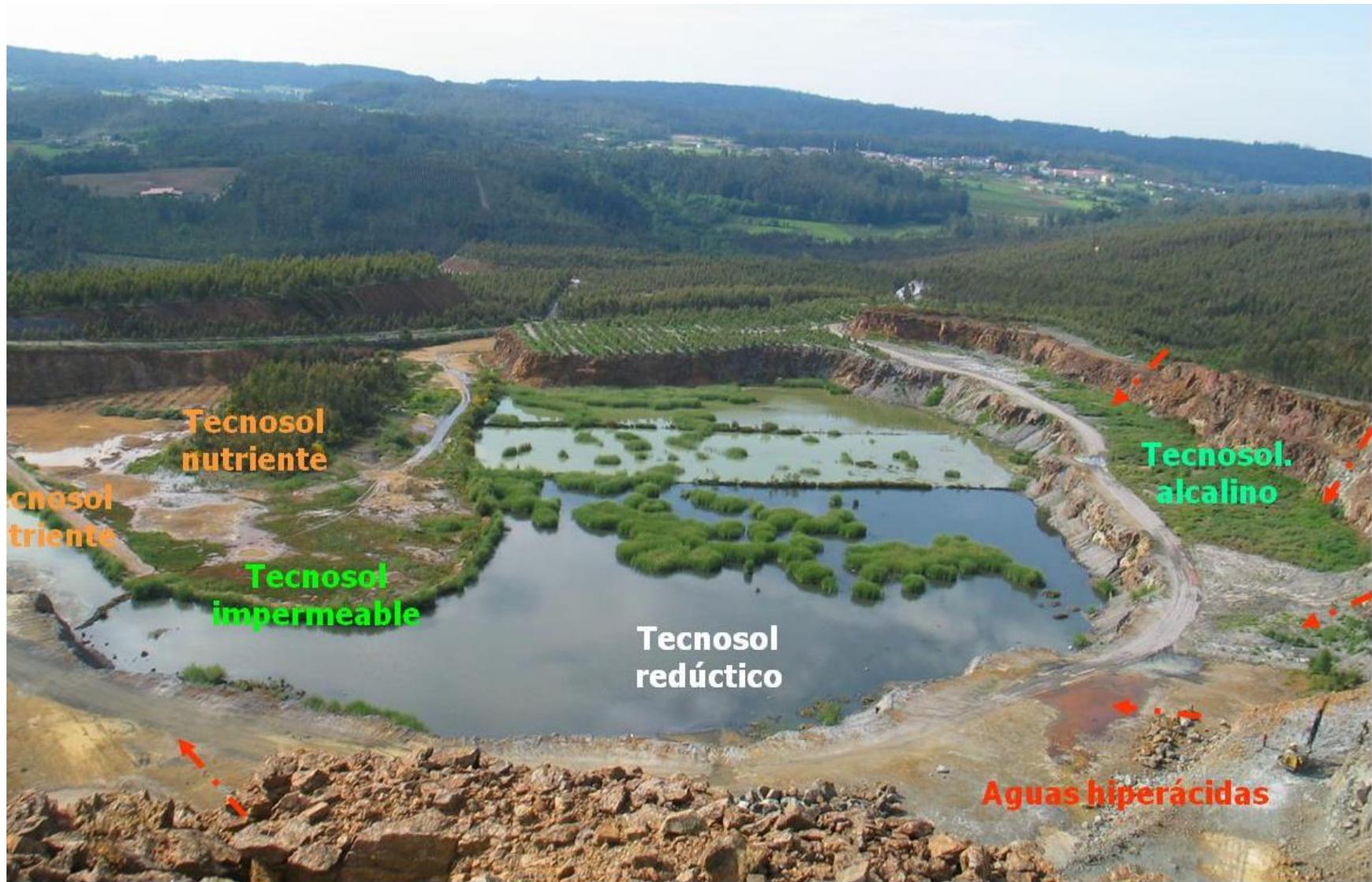


# Corta de Bama (Touro)

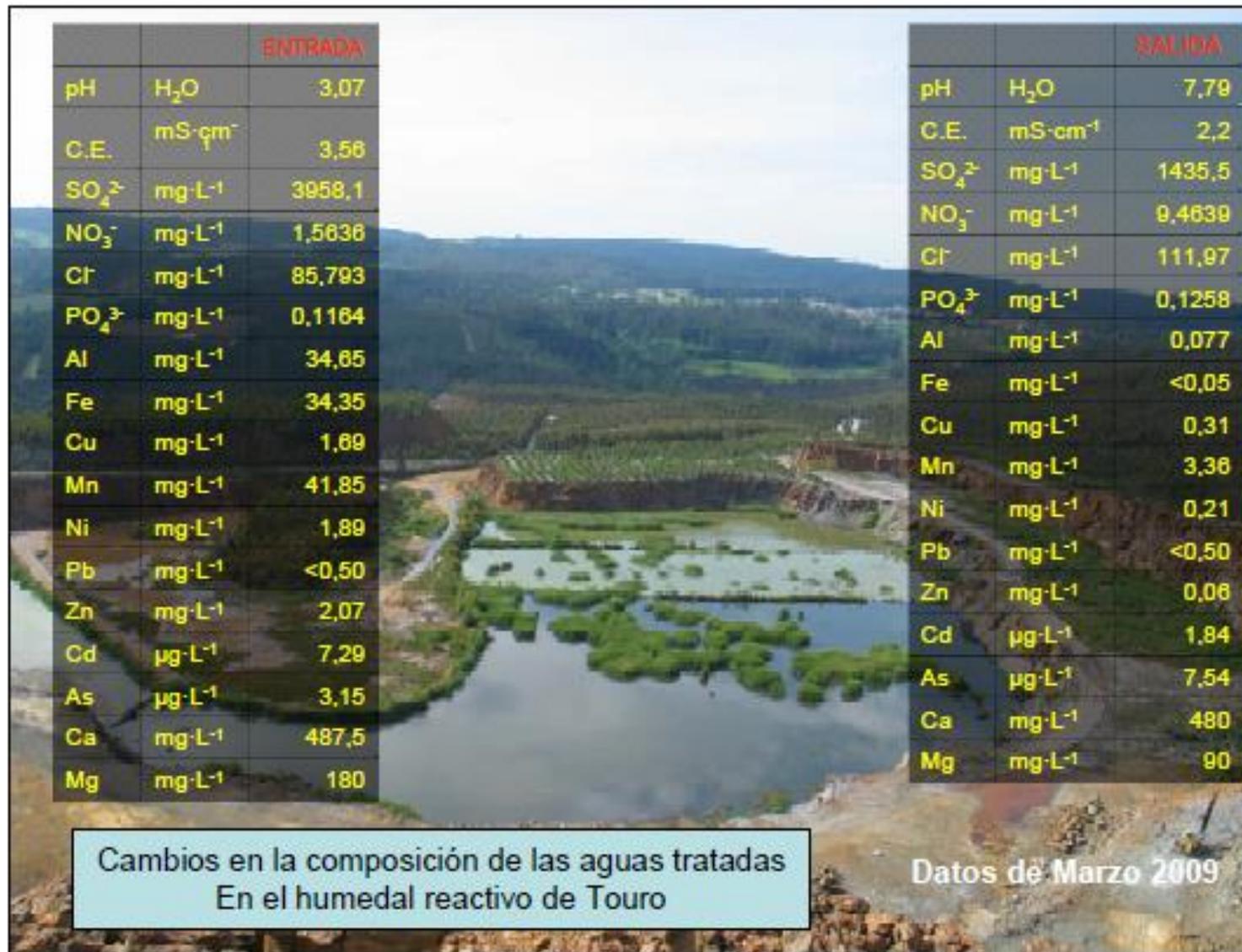
## Sulfuros de Cu



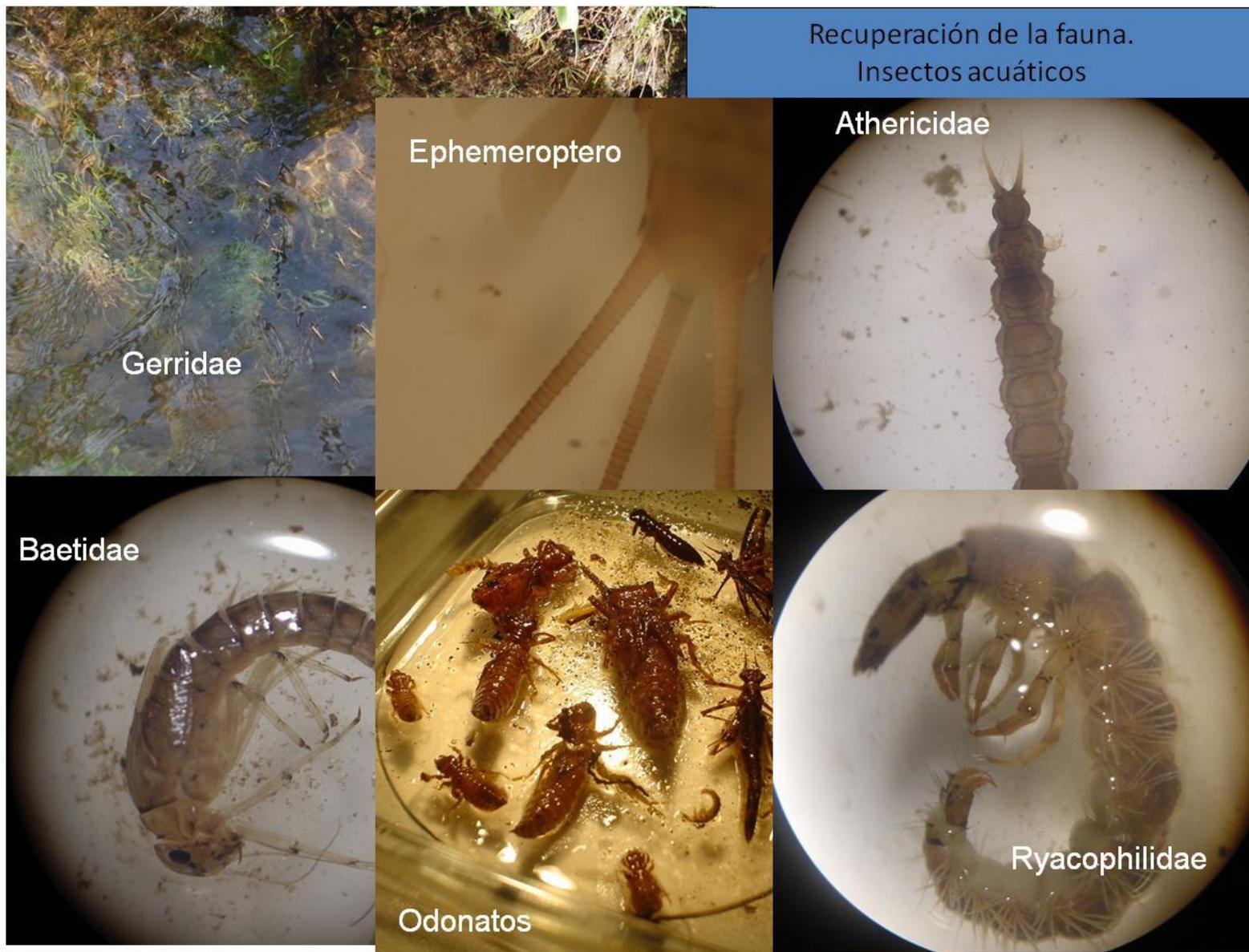
# ...QUÉ SE HIZO?



...FUNCIONÓ?



# SI MEJORAMOS LAS CONDICIONES AMBIENTALES...



## REESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA...

Recuperación de la fauna



# Taludes (Touro)



# Mina As Pontes

5 km<sup>2</sup> hueco



# Mina As Pontes

Alteración de piritas asociadas al lignito



# Mina As Pontes

5 km<sup>2</sup> Lago

206 m Prof. Máx.



# Mina As Pontes

Interés turístico

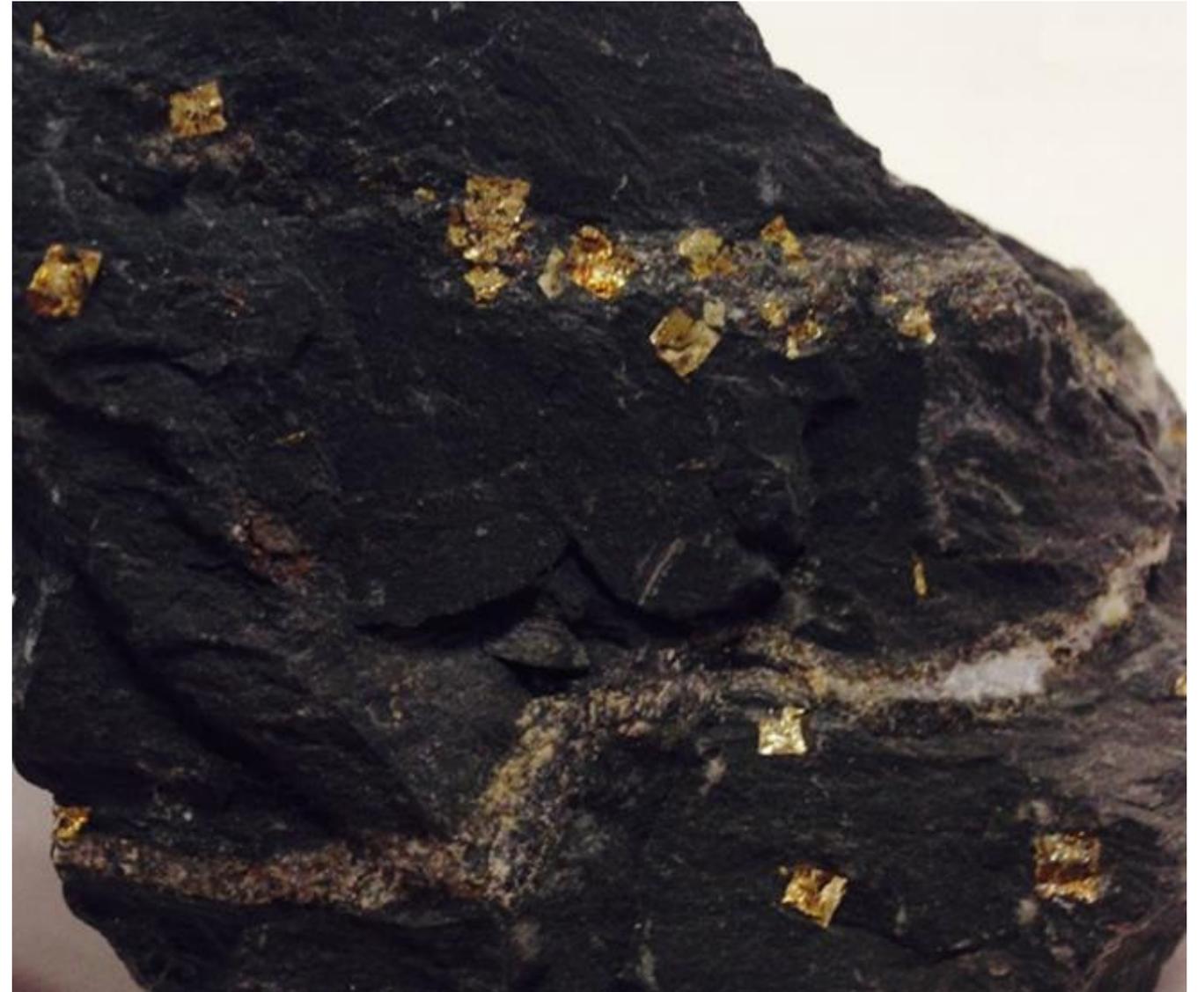
Club vela

Zona cinegética



Deposito estéril  
Túneles

## AMPELITAS CON SULFUROS (PIRITAS)



# Deposito estéril Túneles



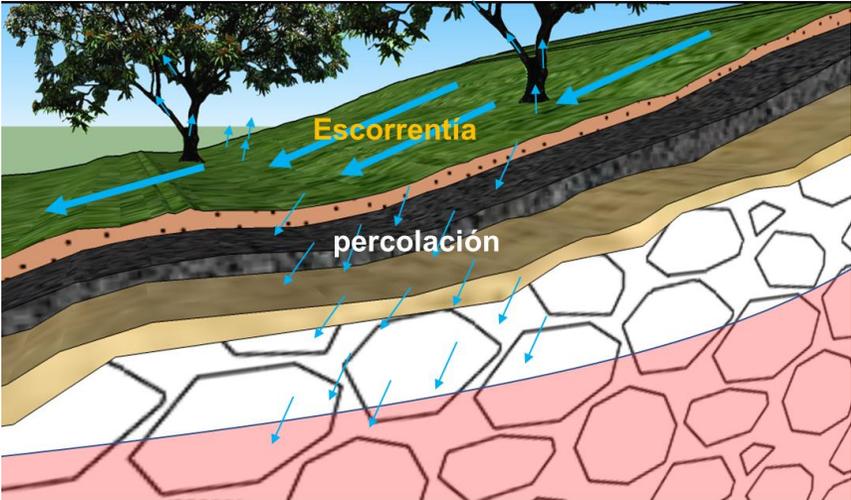
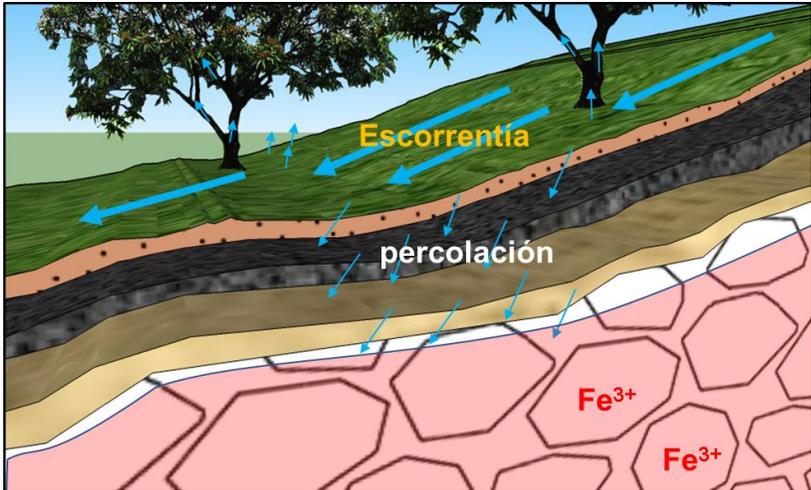
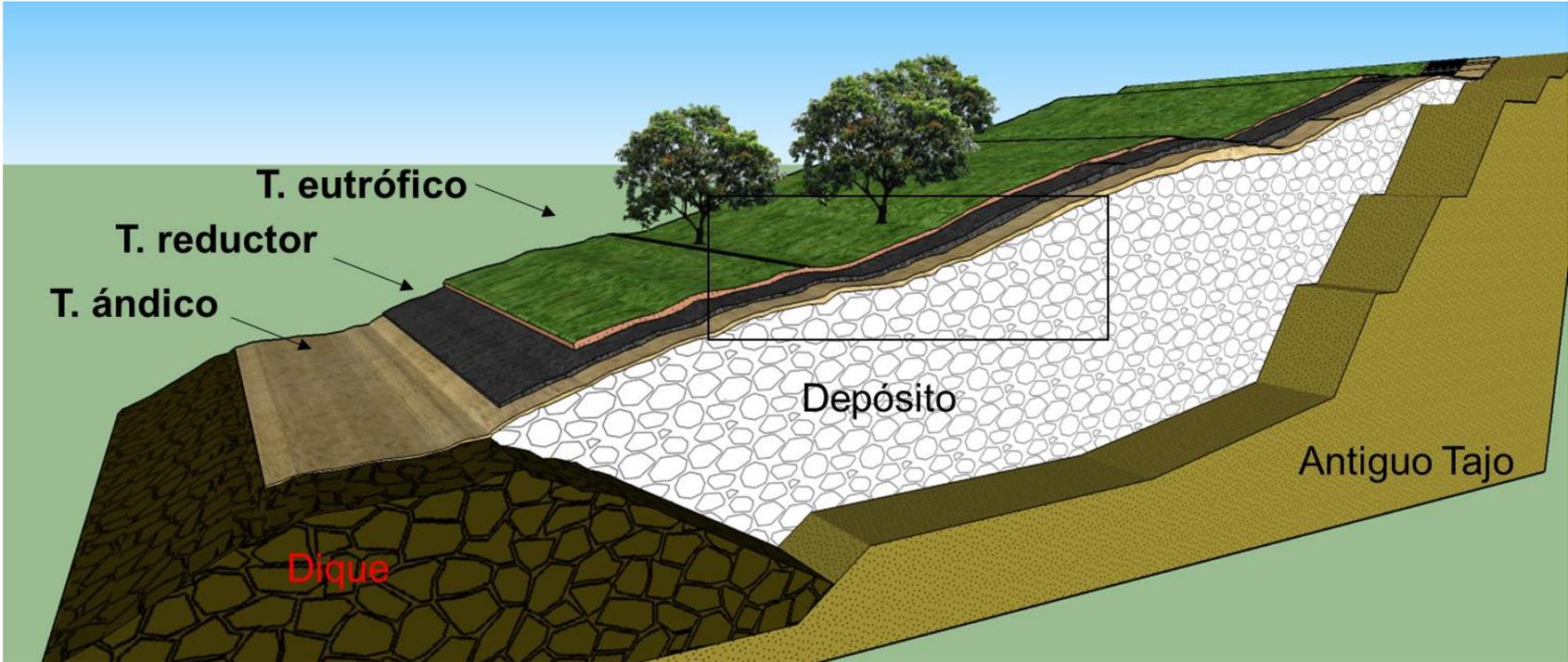
# Minera La Zanja



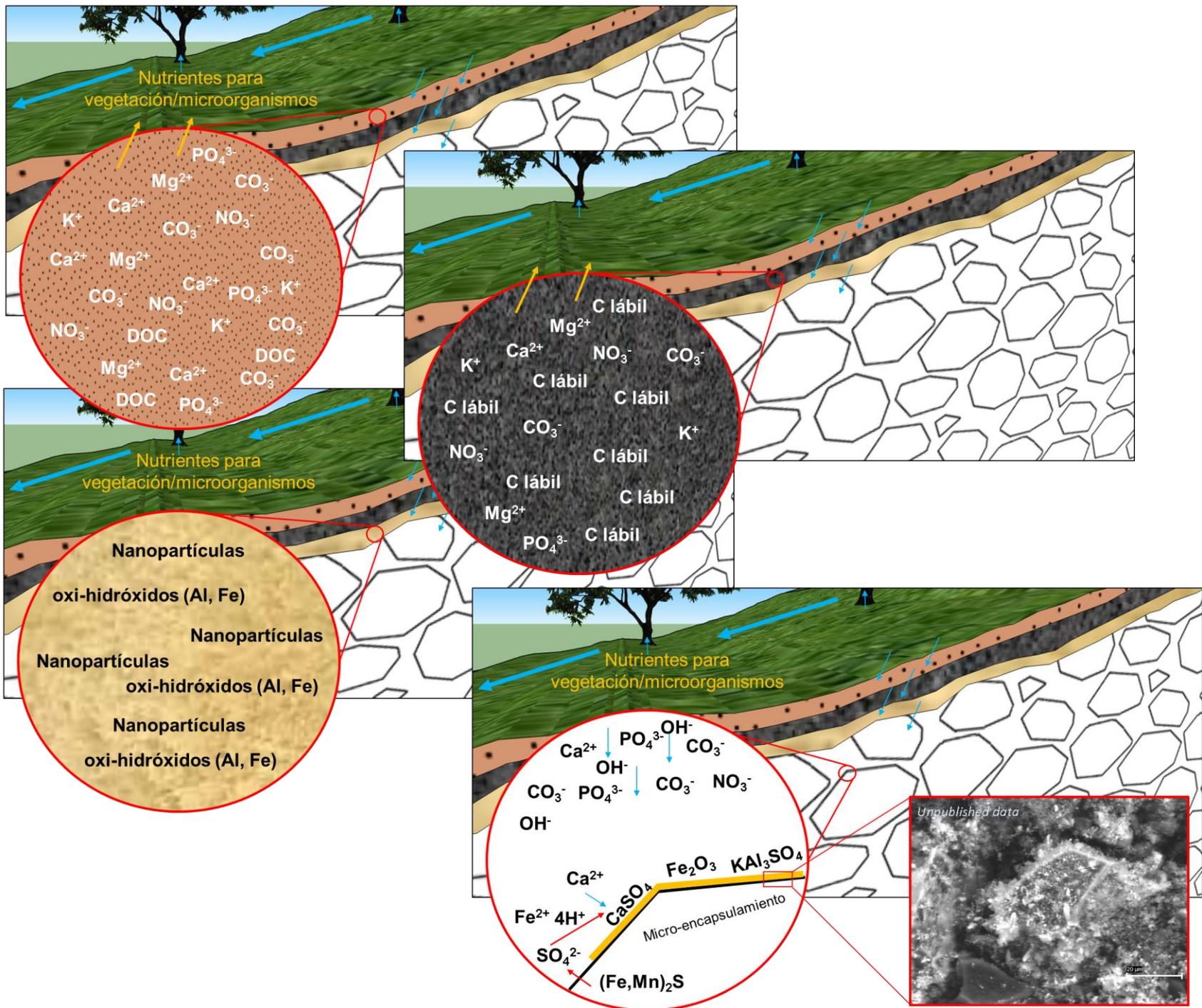
# Minera La Zanja



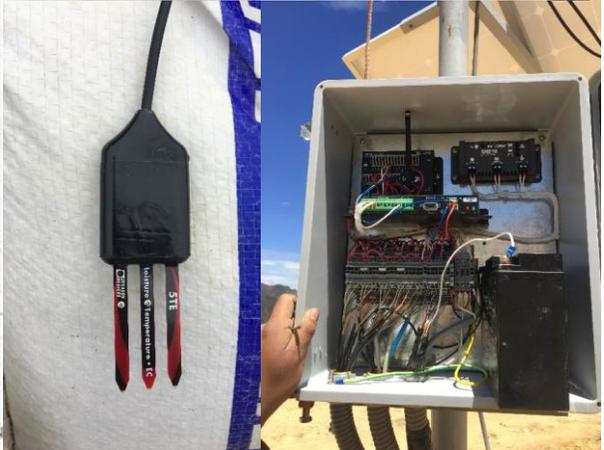
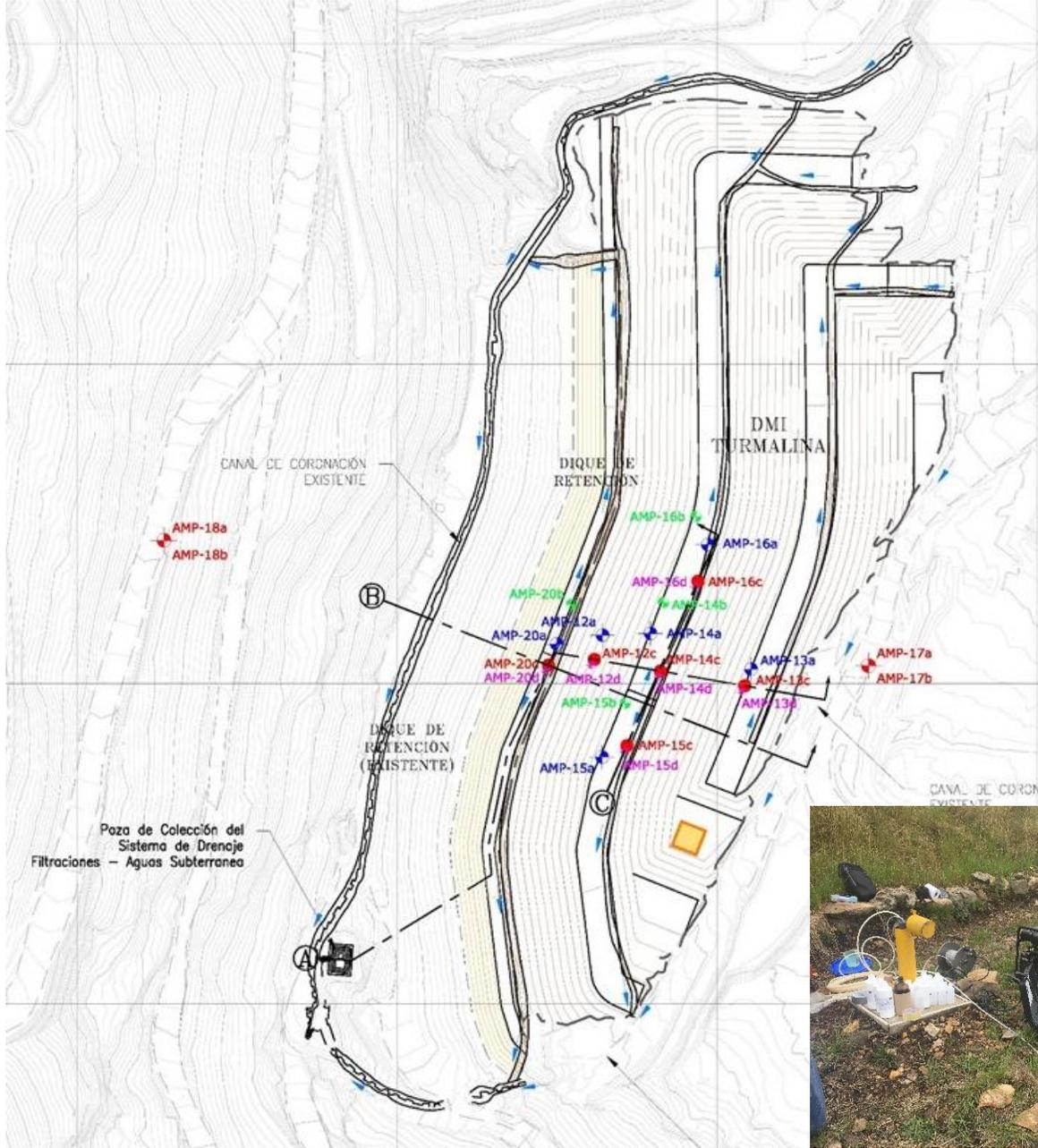
# Minera La Zanja



# Minera La Zanja

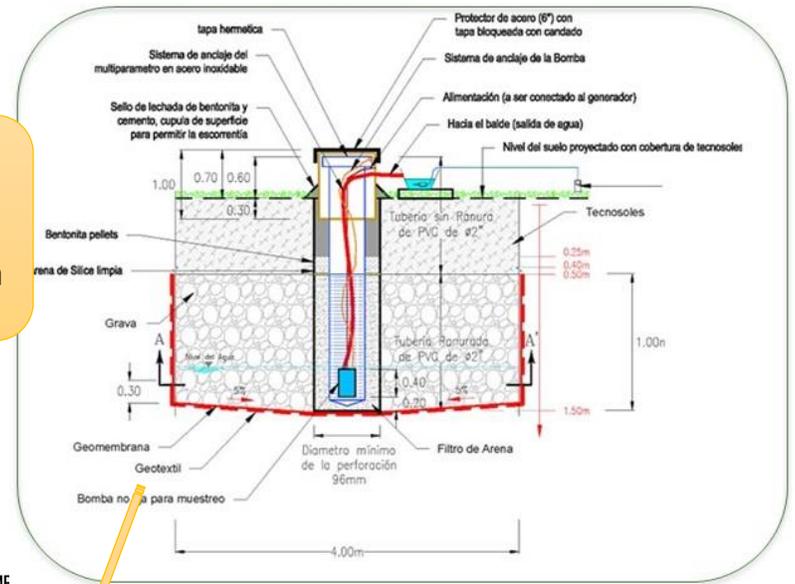


# Minera La Zanja



# Minera La Zanja

control de procesos hidrogeoquímicos y microbiológicos en el lixiviado bajo la cobertura de tecnosoles

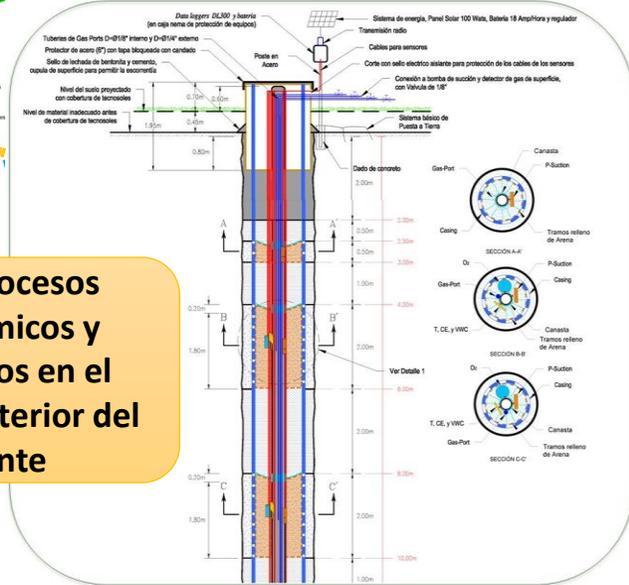


Control final de efluentes a la salida del componente

control de procesos hidrogeoquímicos y microbiológicos en la base del componente



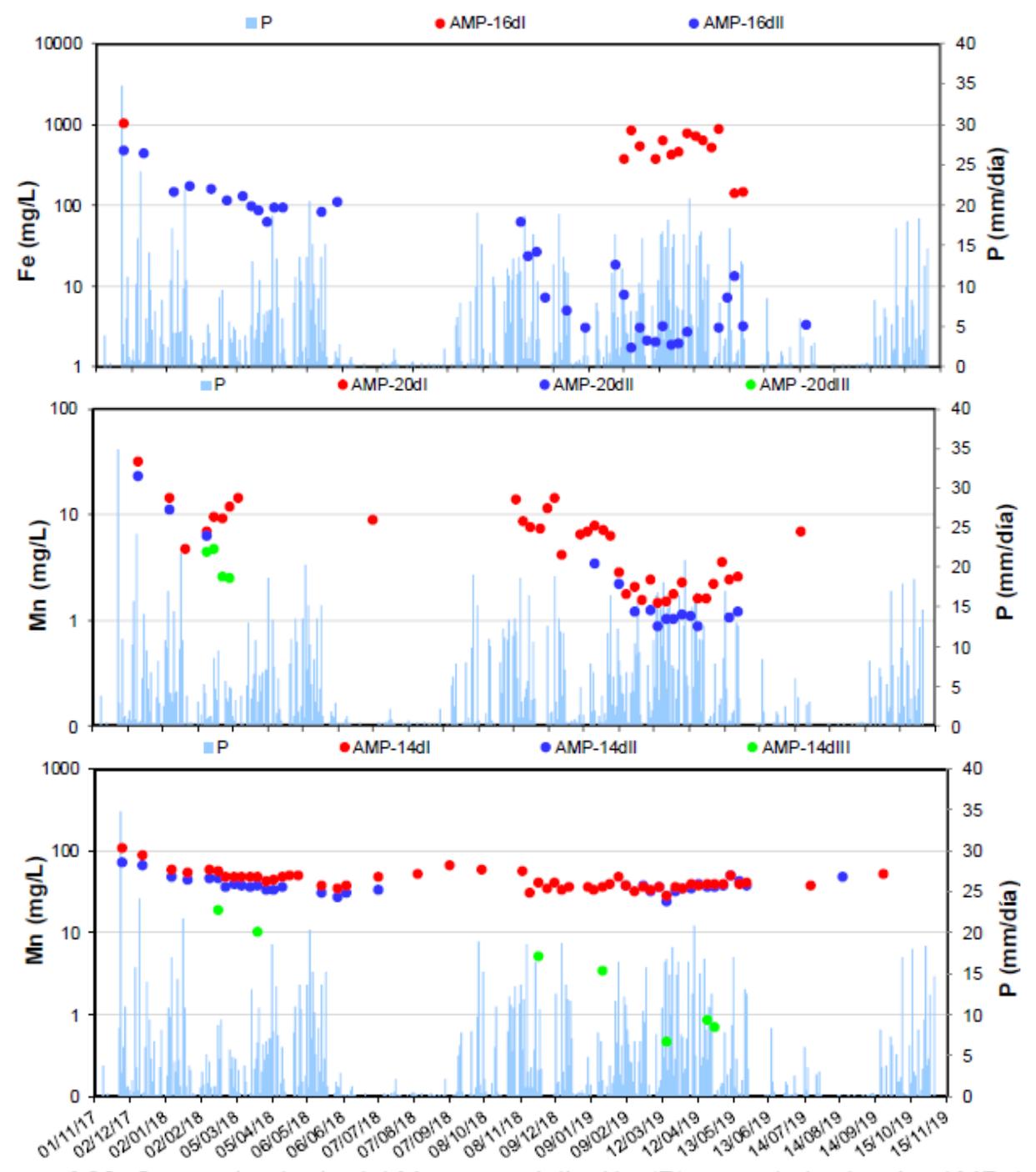
control de procesos hidrogeoquímicos y microbiológicos en el tránsito en el interior del componente



# Minera La Zanja

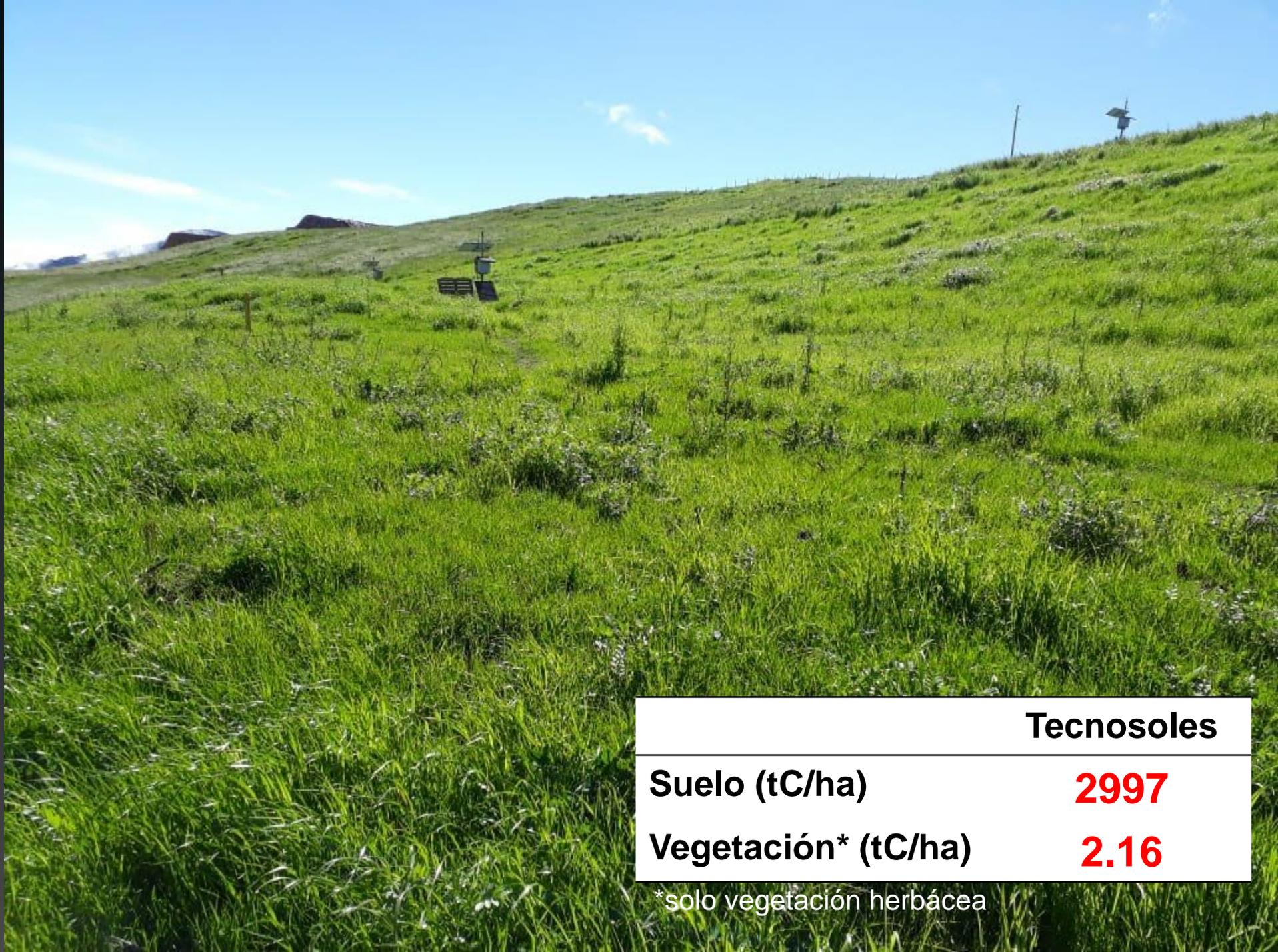
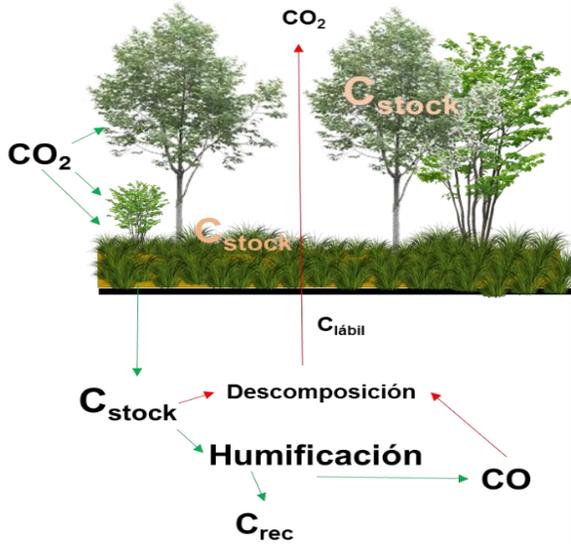


# Minera La Zanja



# Minera La Zanja

## Tecnosoles



	Tecnosoles
Suelo (tC/ha)	<b>2997</b>
Vegetación* (tC/ha)	<b>2.16</b>

\*solo vegetación herbácea

## Estado ecológico de la comunidad vegetal

	Zona Control	Antena (Suelo)	DMI Este (Suelo+MBP)	Turmalina (Tecnosoles)
% cobertura	73	56	85	<b>64 – 92</b> <b>81</b>
Altura estrato herbáceo (cm)	3,7 – 56 26	3,8 – 54 28	<b>1,0 – 90</b> <b>11</b>	<b>3,8 – 113</b> <b>82</b>
Productividad (g Peso seco/m <sup>2</sup> )	79 – 428 205	28 – 136 67	48 – 266 137	<b>240 – 868</b> <b>528</b>



## Riesgo ambiental del estrato herbáceo para animales domésticos

	Zona control	Turmalina (Tecnosol)	Antena (Suelo)	DMI Este (Suelo+arcilla)	LMT*
<b>As</b>	0,5 – 1,1 0,8	<b>&lt;0,1</b>	1,1 – 6,6 4,2	4,1 – 35 7,6	30 <sup>a,c</sup>
<b>Cu</b>	3.6 – 8.7 5,2	<0.4 – 17 3,2	12 – 43 22	6,1 – 10 8,2	15 <sup>a</sup> 40 <sup>b</sup> 250 <sup>c</sup>
<b>Hg</b>	< 0,02	< 0,02	0,02 – 0,05 0,03	0,02 – 0,03 0,03	0,2 <sup>a-c</sup>
<b>Mn</b>	236 – 1347 690	<b>62 – 269</b> <b>172</b>	256 – 1499 628	590 – 1398 879	2000 <sup>a-b</sup> , 400 <sup>c</sup>

LMT: Nivel máximo tolerable para animales que pastan en áreas adyacentes a MLZ (oveja, Gado, caballo) NRC (2005)





**...ES POSIBLE UNA MINERIA SOSTENIBLE !!**



**Gracias**