

# Diversos Estilos de Mineralización y Alteración en el Depósito de Plata-Zinc-Plomo de La Pitarrilla, Durango, México: Ejemplo de un Sistema Magmático Hidrotermal con zonificación Vertical

Claire M. J. Somers<sup>1</sup>, Harold L. Gibson<sup>2</sup>, Ron Burk<sup>3</sup>, Martin Samilpa-Viramontes<sup>4</sup> y Francisco Loera<sup>4</sup>

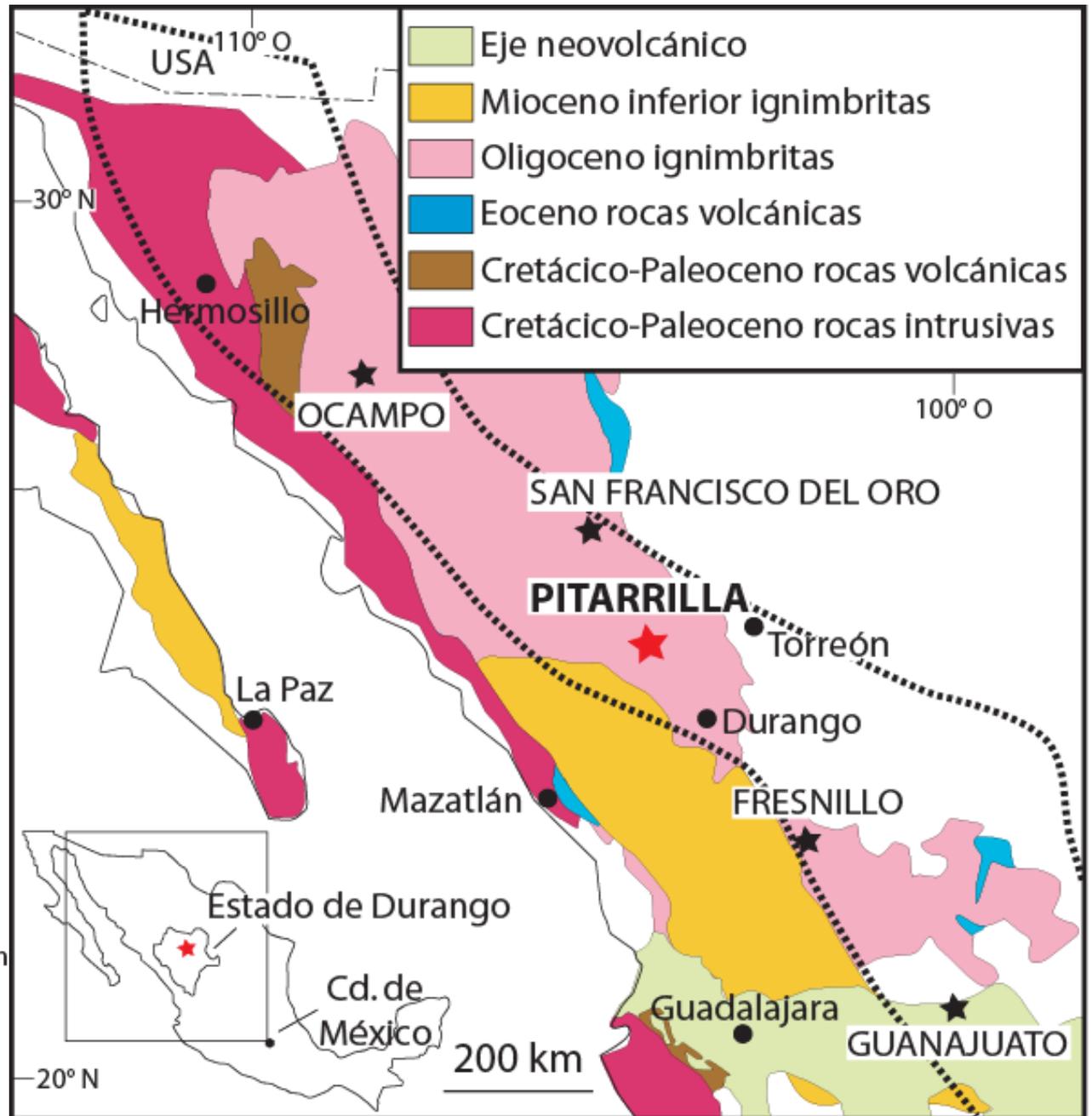
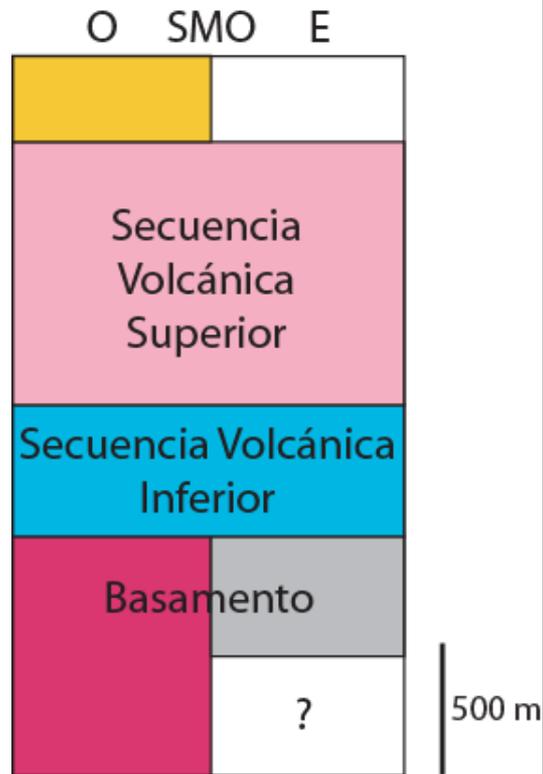
<sup>1</sup>Teck Resources Limited, Vancouver, Canada

<sup>2</sup>Mineral Exploration Research Centre, Laurentian University, Sudbury, Canada

<sup>3</sup>Silver Standard Resources Inc., Vancouver, Canada

<sup>4</sup>Silver Standard Resources Inc., Durango, Mexico

# Geología Regional



Después de Ferrari et al. (2007)

# Historia de la Exploración

- Octubre 1995: La Cuesta International Inc. (LCI) fue la primera en reconocer el potencial minero de La Pitarrilla
- Mayo 2002: LCI hizo un acuerdo con Silver Standard Resources Inc. (SSRI) para explorar las concesiones
- Octubre 2003: SSRI anunció el descubrimiento de la zona mineralizada del Cordón Colorado
- De 2003 a 2009: SSRI barrenó un total de ~ 215,000 metros para definir las cinco zonas mineralizadas de Ag-Zn-Pb en el depósito La Pitarrilla
- Agosto 2008: SSRI reportó en la zona central de Breccia Ridge recursos de **172.6 Mt (M+I)** conteniendo **409 Moz Ag**

# Geología del Depósito

## Intrusiones

-  Sill superior máfico
-  Diques y sills félsicas
-  Sill inferior máfico

## Formación Casas Blancas

-  Domo riolitico Encino
-  Volcaniclástico superior
-  Volcaniclástico inferior

## Formación Cardenas

-  Toba lítica
-  Toba estratificada
-  Toba cristalina de pómez
-  Toba y toba de lapilli lítica

## Formación Pitarrilla

-  Miembro superior

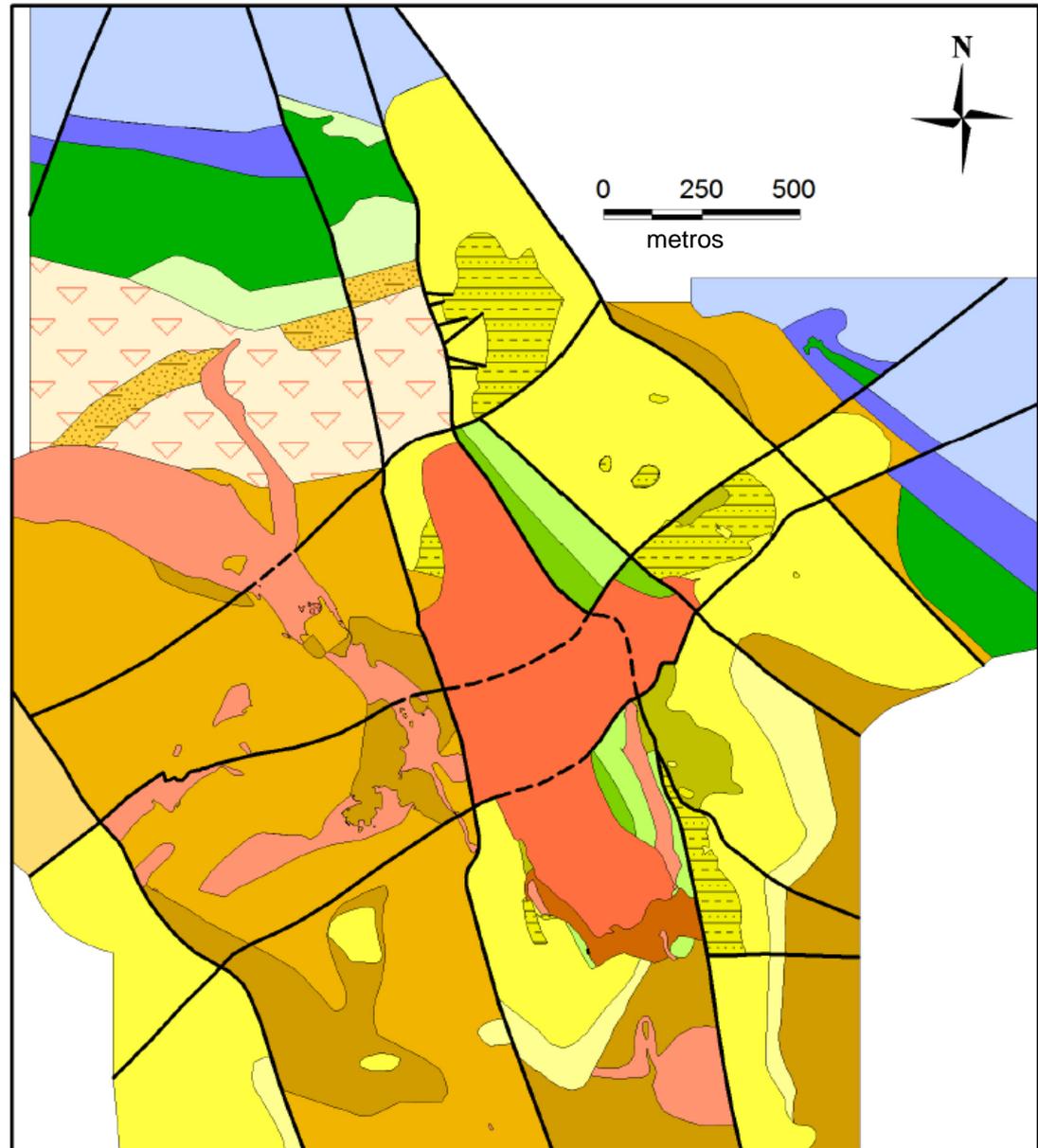
### *Miembro medio*

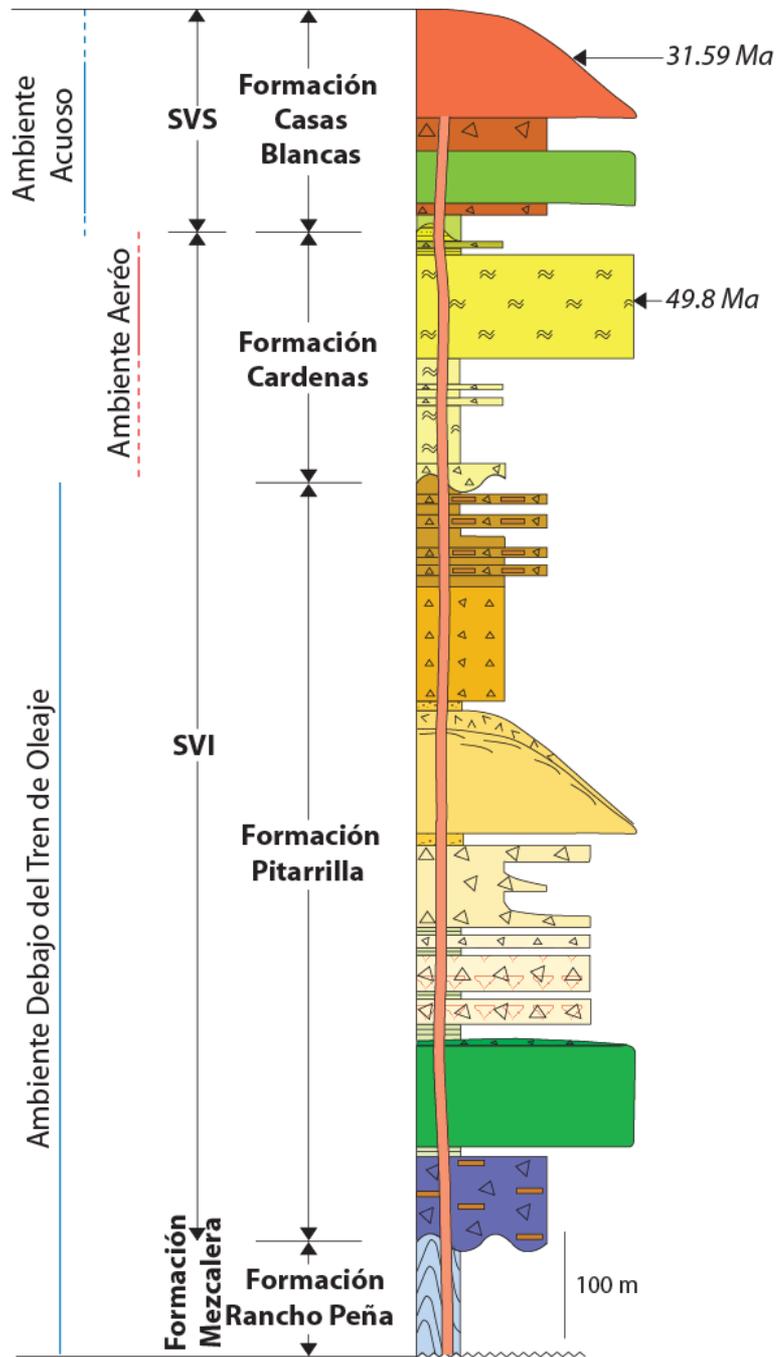
-  Toba de lapilli
-  Toba
-  Flujo
-  Tobas brecciadas
-  Miembro inferior
-  Miembro Manto Rico

## Formación Rancho Peña



Falla 





### Intrusiones

- Sill superior máfico
- Diques y sills félsicas
- Sill inferior máfico

### Formación Casas Blancas

- Domo riolitico Encino
- Volcaniclástico superior
- Volcaniclástico inferior

### Formación Cardenas

- Toba lítica
- Toba estratificada
- Toba cristalina de pómez
- Toba y toba de lapilli lítica

### Formación Pitarrilla

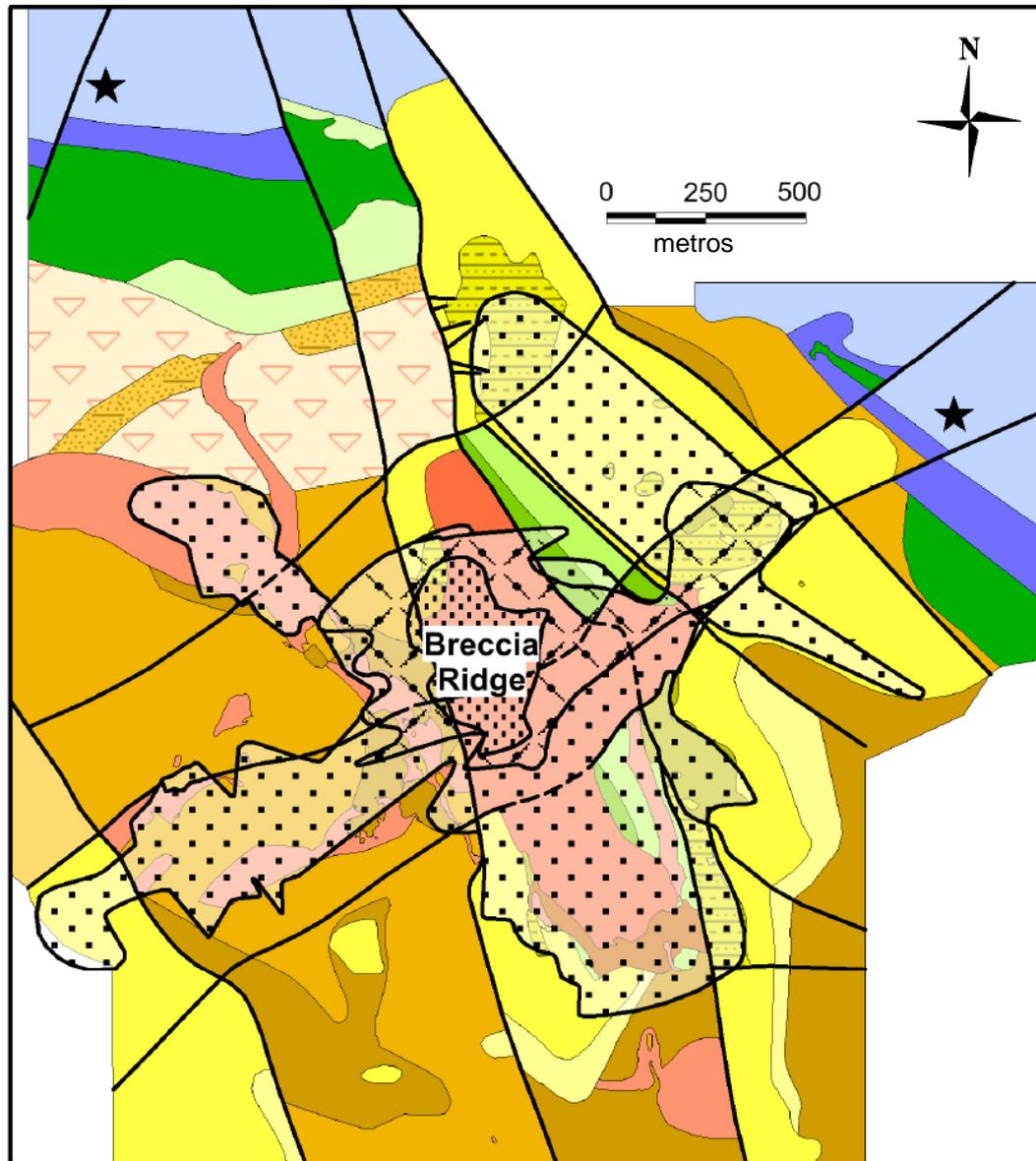
- Miembro superior
- Miembro medio**
- Toba de lapilli
- Toba
- Flujo
- Tobas breccias

- Miembro inferior
- Miembro Manto Rico

### Formación Rancho Peña

-

# Estilos de Mineralización



235.4 Mt\* (M+I;  
óxidos y sulfuros) con  
leyes de Ag promedio  
entre 75 y 120 g/t Ag

Mineralización asociada a los óxidos de hierro



Mineralización asociada a los sulfuros



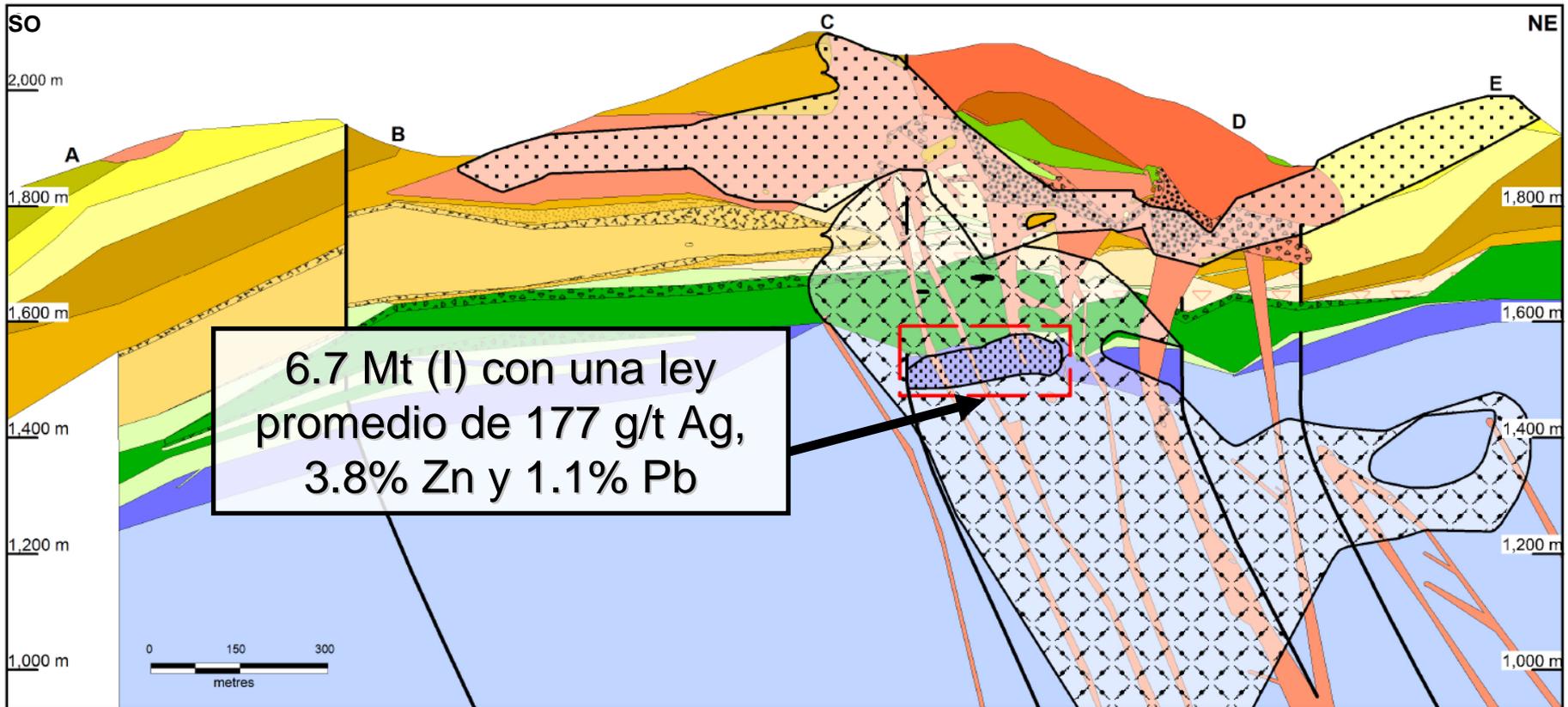
Mineralización en vetillas y diseminada



Mineralización reemplazamiento semimasivo

\* Ewert et al. (2008) and McCrea (2006)

# Mineralización Asociada a los Sulfuros

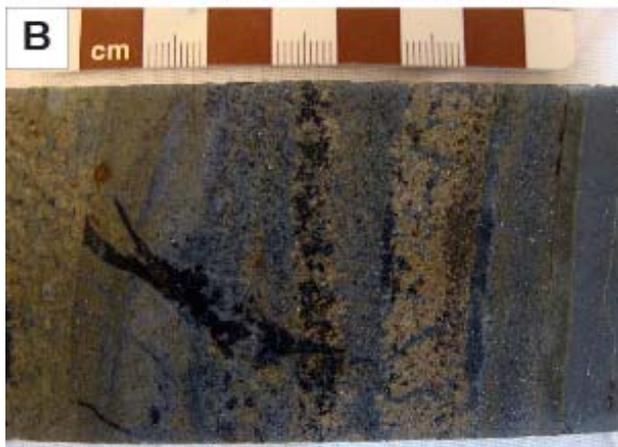
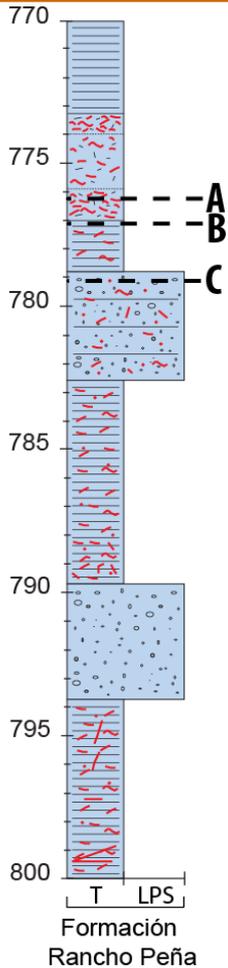
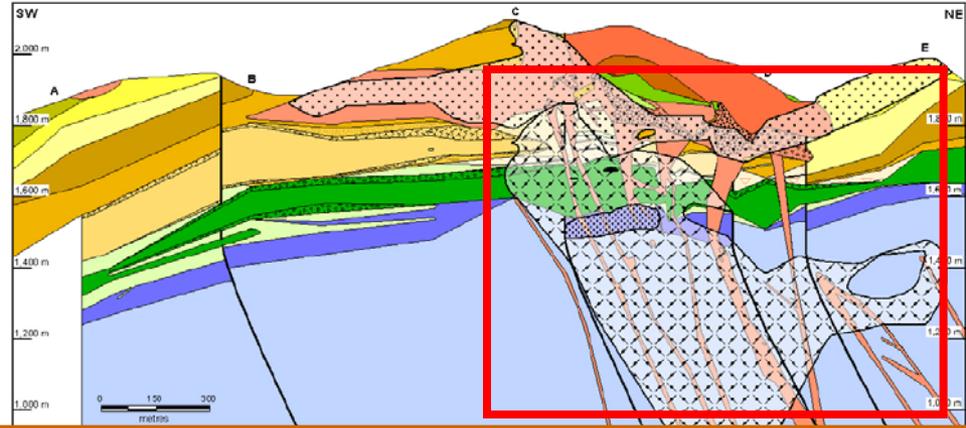


## Mineralización asociada a los sulfuros

-  Mineralización en vetillas y diseminada
-  Mineralización en reemplazamiento semimasivo
-  Mineralización en vetas con sulfuros masivos

67 Mt ( M+I; cutoff de 65 g/t Ag) con una ley promedio de 90 g/t Ag y un contenido combinado Zn+Pb de 2.2% (Ewert et al., 2008)

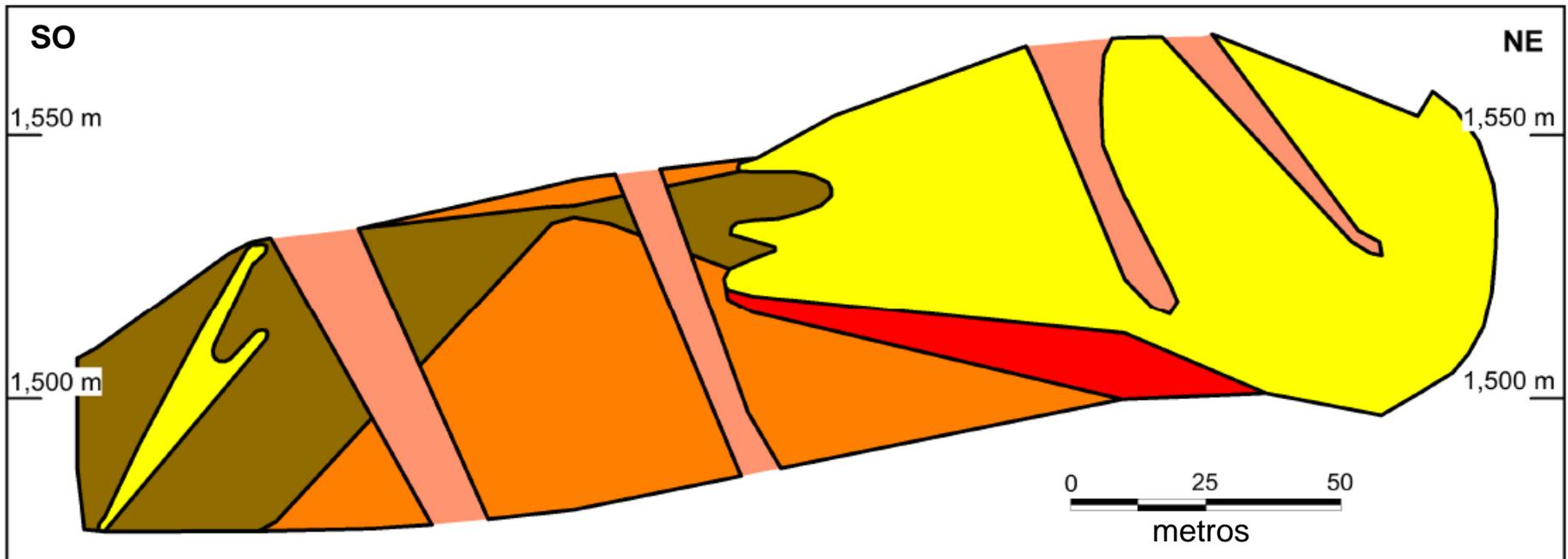
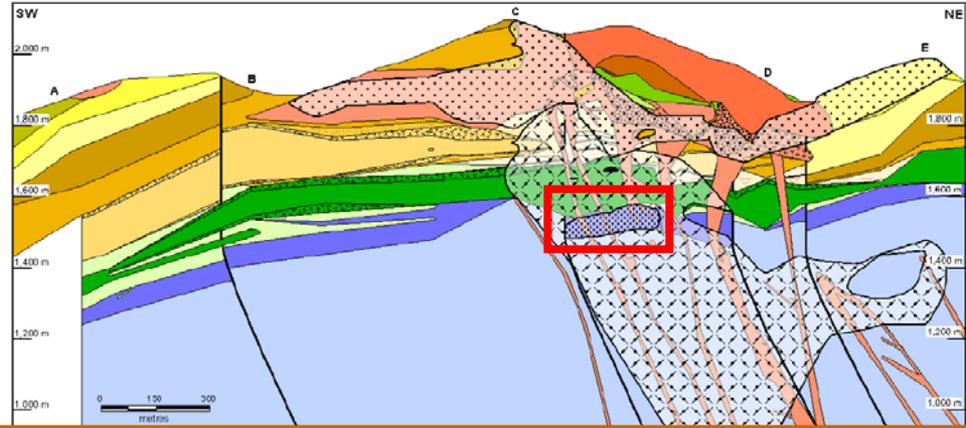
# Mineralización en Vetillas y Diseminada



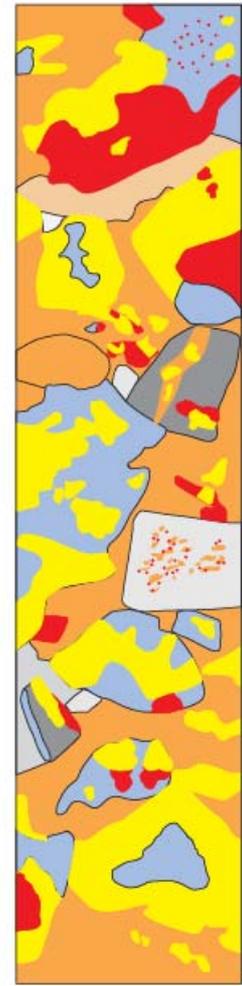
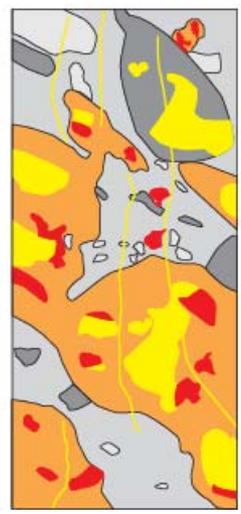
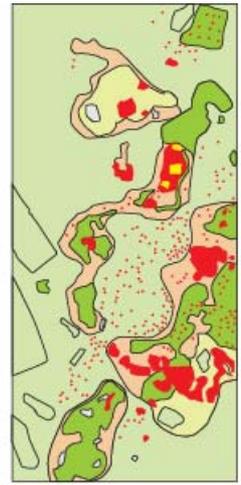
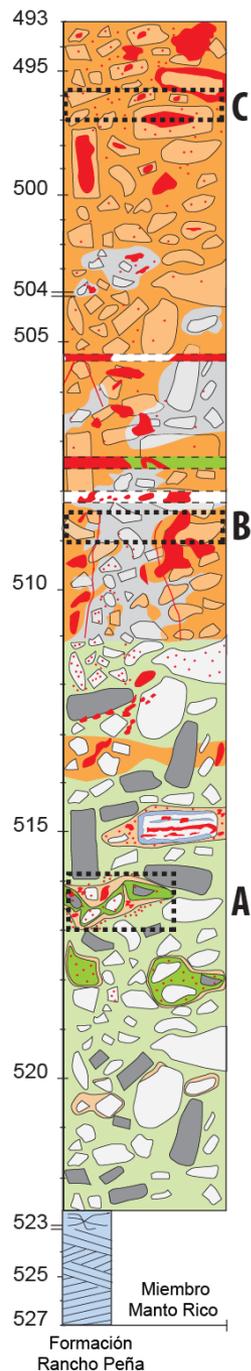
- Mineralogía de los sulfuros:  
Esf, pi, mca, gla, cpi, pir, api ± tetrahedrita, boulangerita, ullmannita, gersdorffita, freieslebenita
- Alteración:  
Clorita, carbonatos de hierro, kaolinita, montmorillonita, illita



# Mineralización en Reemplazamiento Semimasivo



# Mineralización en Reemplazamiento Semimasivo

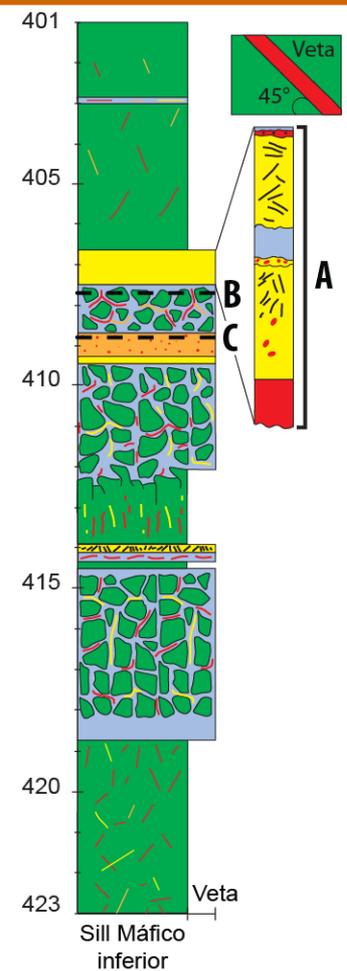
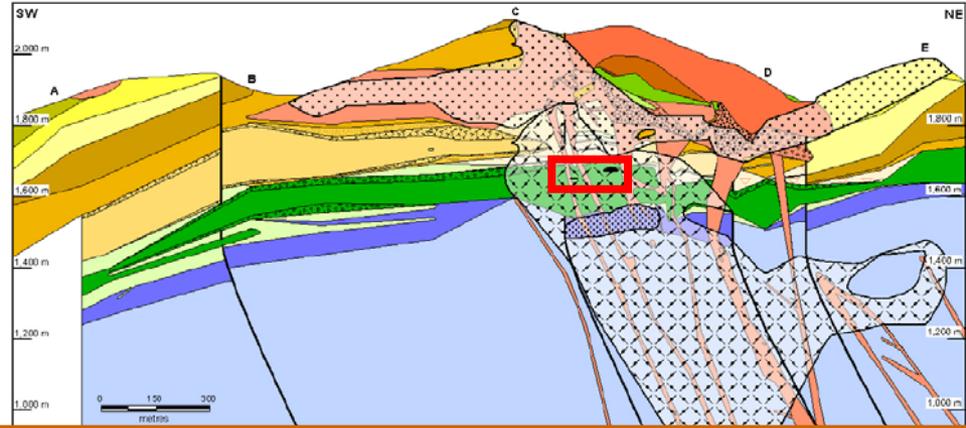


# Mineralización en Reemplazamiento Semimasivo

MINERAL	TEMPRANO $\longrightarrow$ TARDÍO
Pirrotita	_____
Marcasita	_____
Pirita	_____
Esfalerita	_____
Calcopirita	_____
Galena	_____
Tetrahedrita	_____
Stannita	_____
Ramdohrita	_____

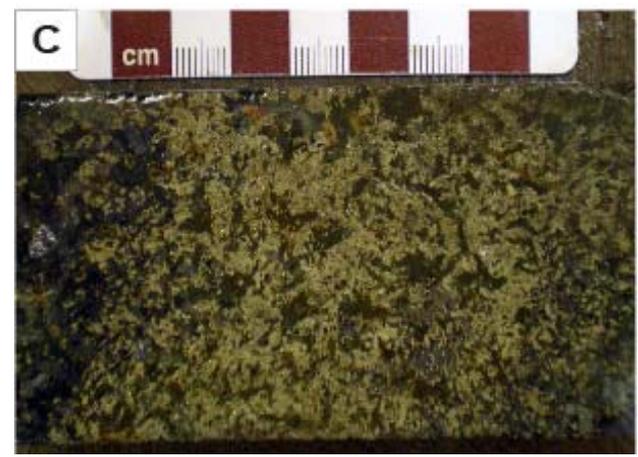
200  $\mu$ m

# Mineralización en Vetas con Sulfuros Masivos



Cuatro estilos de vetas con sulfuros masivo:

- Calcopirita-galena (altas leyes)
- Arsenopirita
- Marcasita-pirita-esfalerita
- Pirrotita-marcasita-pirita



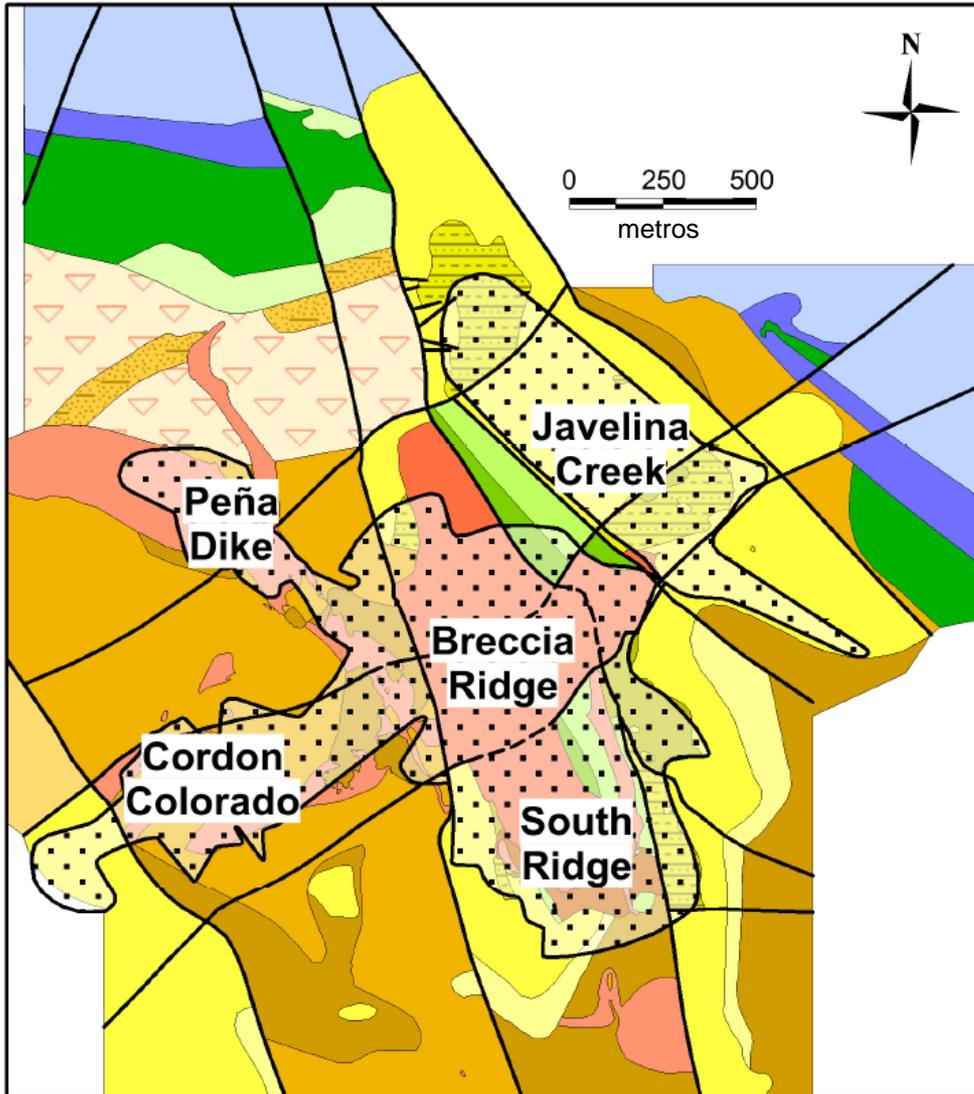
# Mineralización en Vetas con Sulfuros Masivos

MINERAL	TEMPRANO  TARDÍO
Pirrotita	
Marcasita	
Pirita	
Arsenopirita	
Esfalerita	
Calcopirita	
Galena	
Tetrahedrita	
Miargirita	

200 um



# Mineralización Asociada a los Óxidos de Hierro



- 5 zonas:
  - Breccia Ridge
  - Cordón Colorado
  - Peña Dike
  - Javelina Creek
  - South Ridge

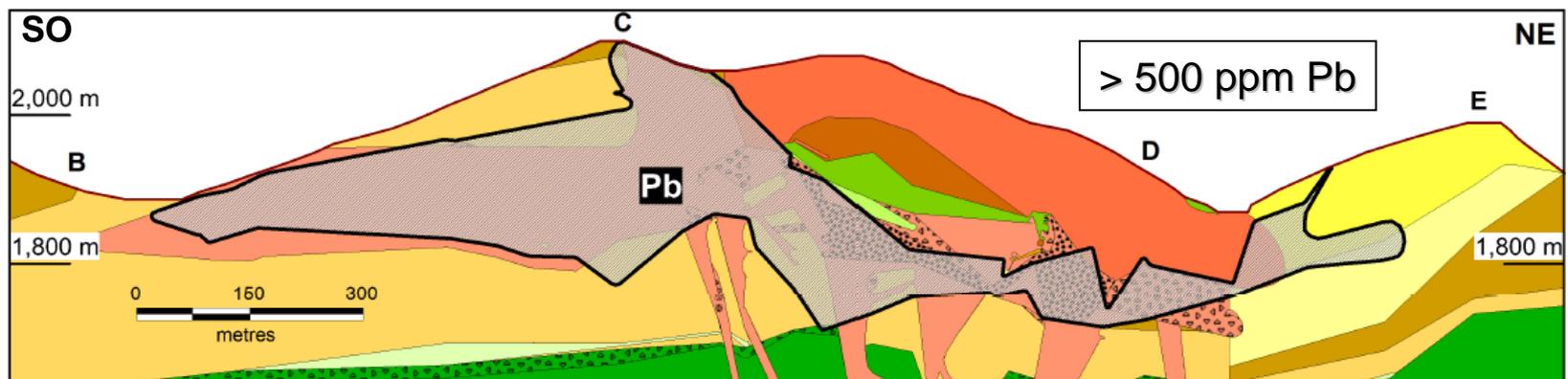
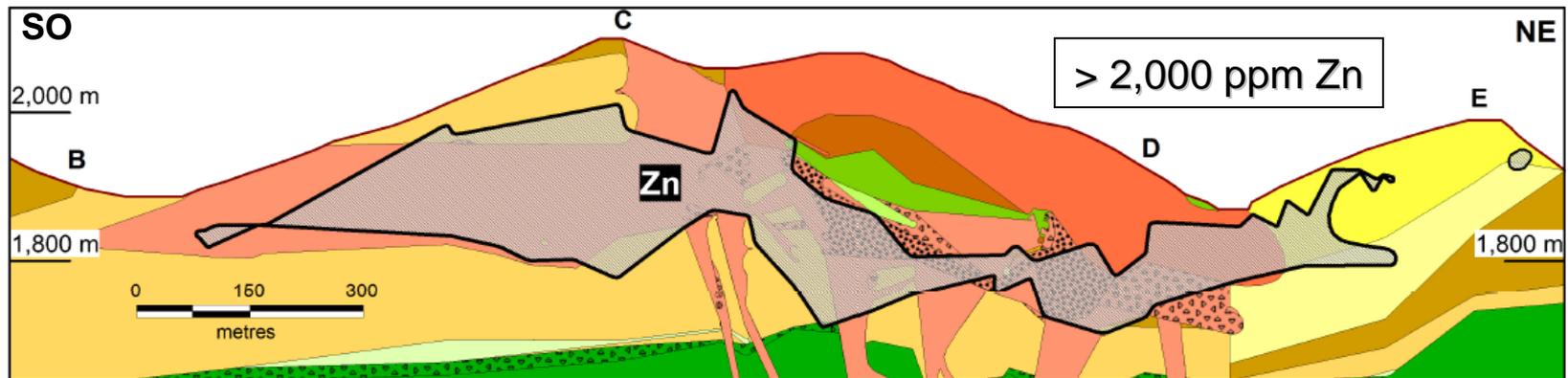
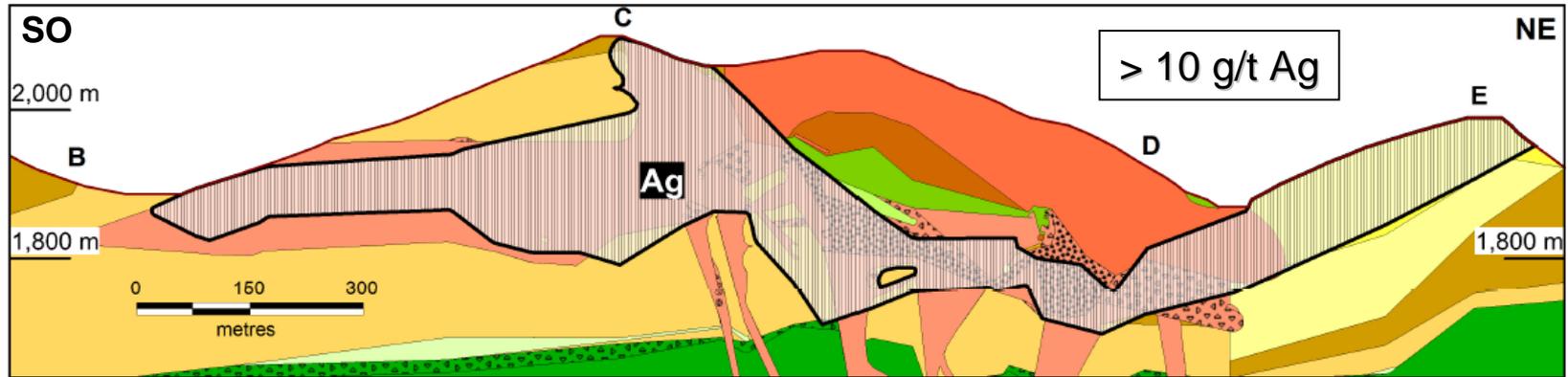
=

116 Mt con leyes de plata promedio entre 90 y 122 g/t Ag (M+I; cutoff de 40 g/t Ag)

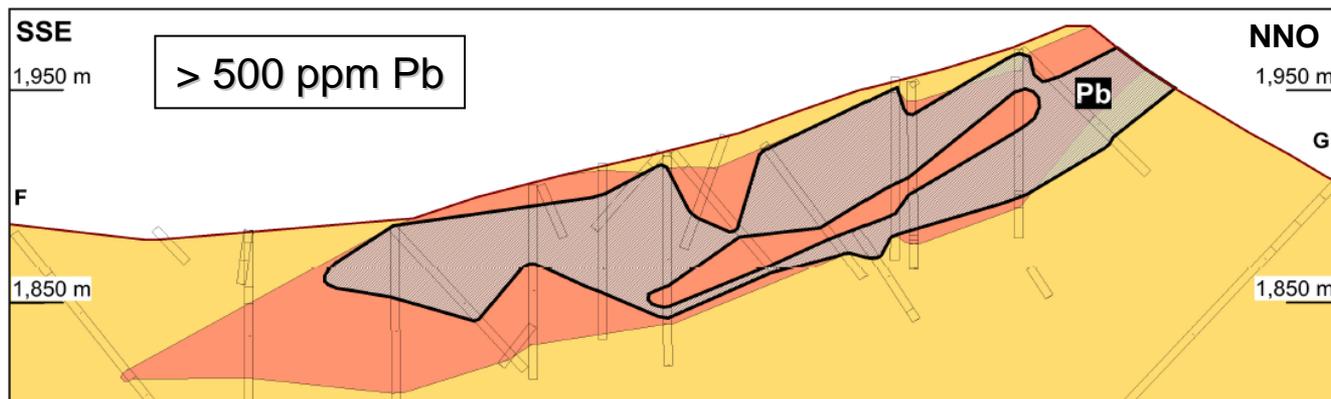
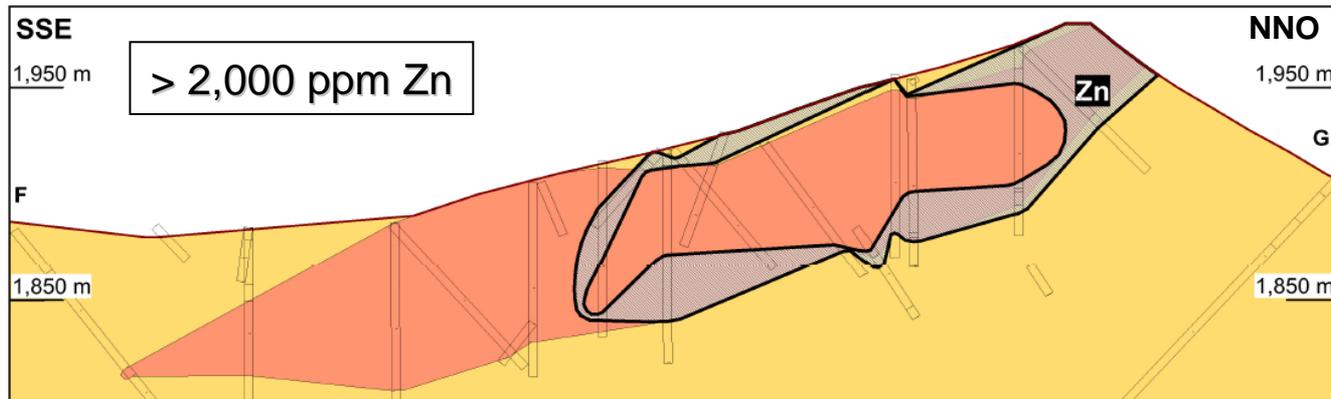
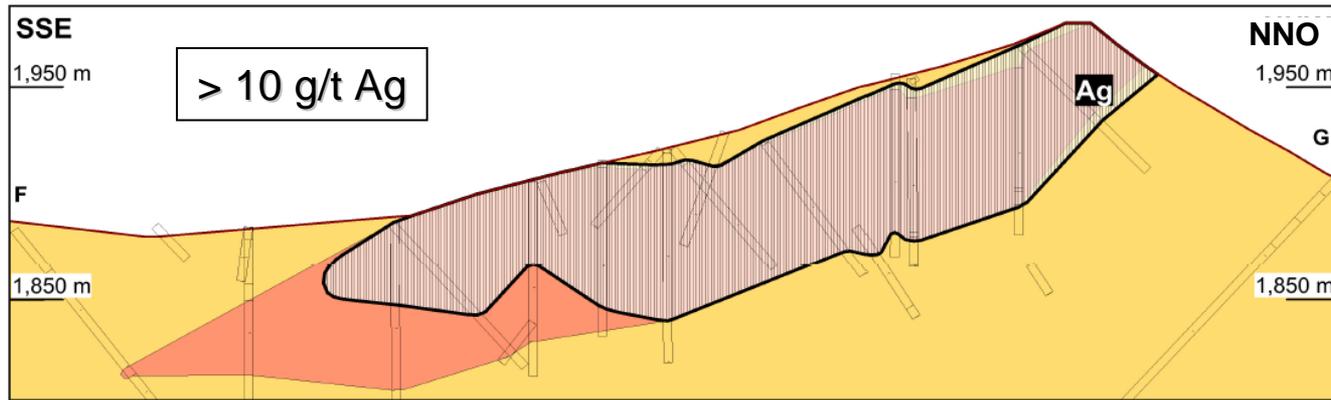
Mineralización asociada a los óxidos de hierro



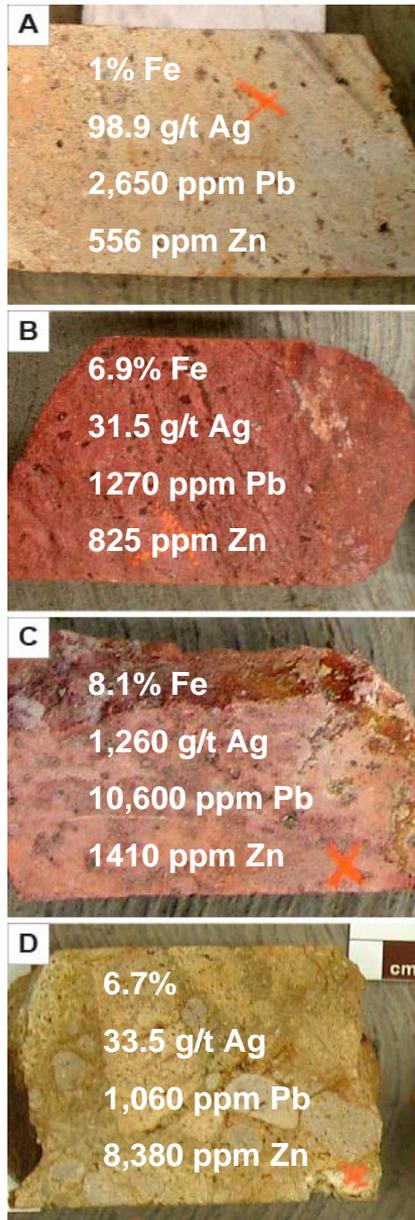
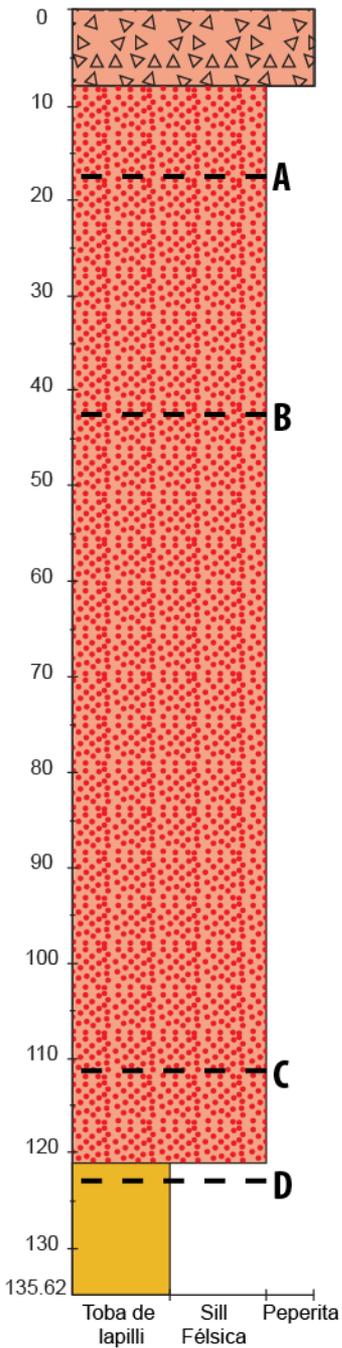
# Mineralización Asociada a los Óxidos de Hierro



# Mineralización Asociada a los Óxidos de Hierro



# Mineralización Asociada a los Óxidos de Hierro



- **Mineralogía:**

- Sulfuros de metales basicos:

Pi, esf, gla, cpi ± cinabrio, covellita

- Sulfuros de plata y seleniuros:

Sulfuro de plata: Acantita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )

Sulfuro de plata-seleniuro: Aguilarita ( $\text{Ag}_4\text{SSe}$ )

Seleniuro de plata: Naumannita ( $\text{Ag}_2\text{Se}$ )

- Haluros de plata:

Yoduro de plata: Iodargyrita ( $\text{AgI}$ )

Cloruro de plata : Chlorargyrita ( $\text{AgCl}$ )

Bromuro de plata : Bromargyrita ( $\text{AgBr}$ )

- Plata-mercurio:

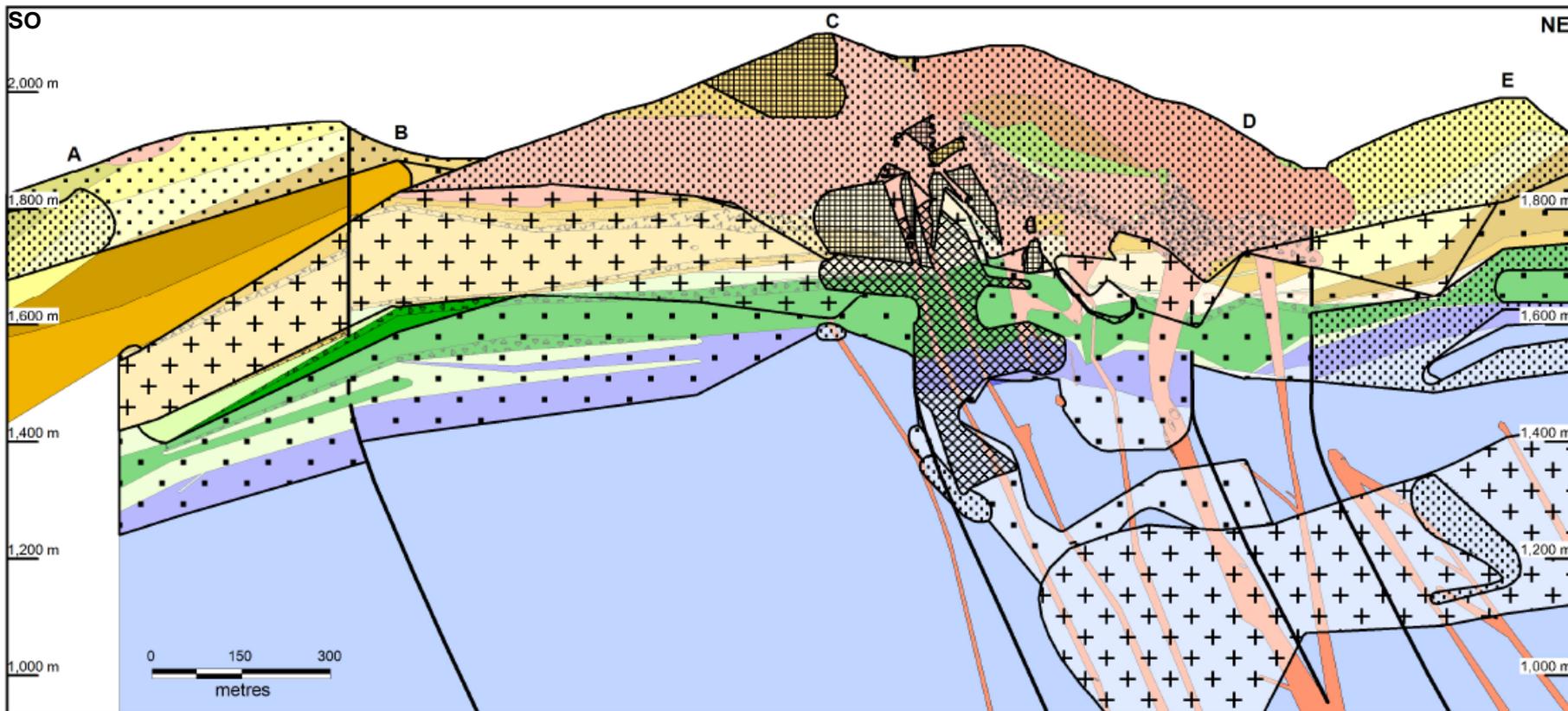
Imiterita (?):  $\text{Ag}_2\text{HgS}_2$

$\text{AgHgSI}$  (?)

- **Alteración:**

Hematita, limonitas, nontronita, halloysita, montmorillonita, kaolinita, buddingtonita ± moscovita, alunita, anhidrita

# Alteración Hidrotermal



Alteración de hematita



Débil alteración argílica



Alteración de turmalina



Alteración de limonita



Débil alteración de clorita



Alteración de carbonatos de hierro

Montmorillonita

Illita

Clorita



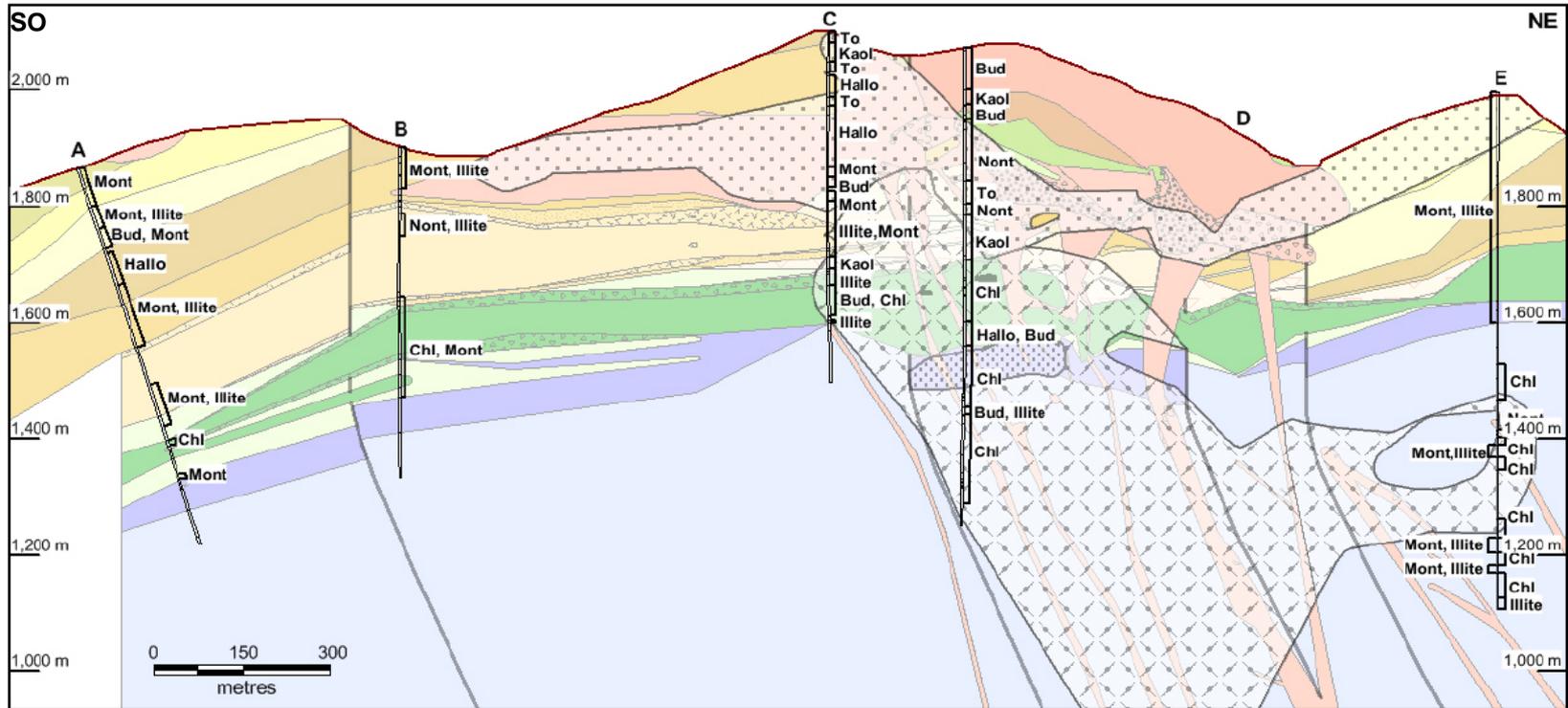
Buddingtonita, Turmalina,  
Halloysita, Kaolinita,  
Nontronita, Clorita, Illita ±  
Moscovita, Alunita, Anhidrita



Montmorillonita

Illita

Clorita



Alteración Distal (<600m)

Alteración Proximal



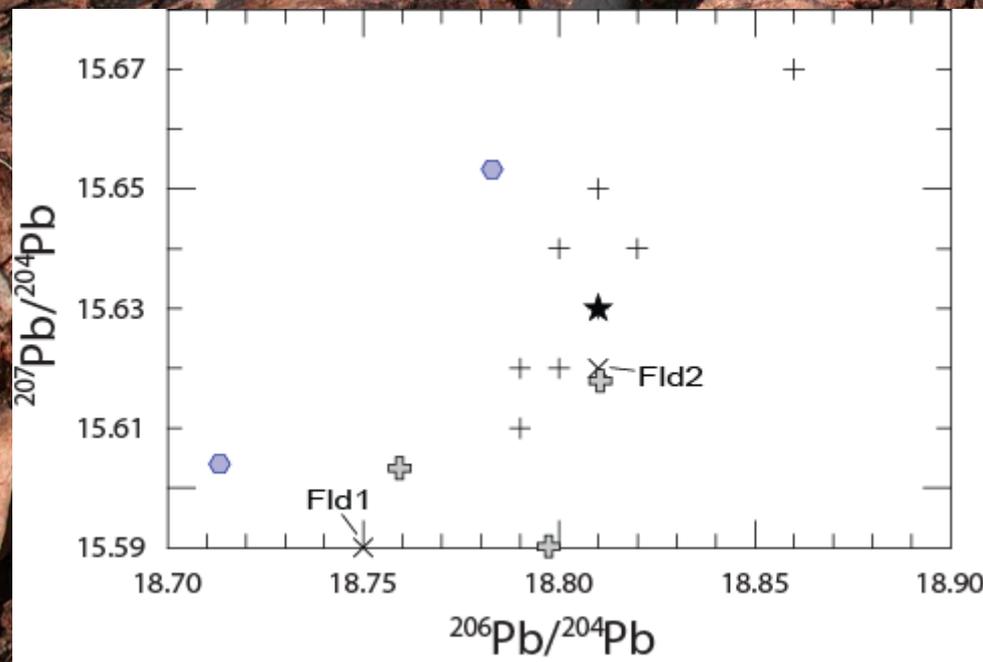
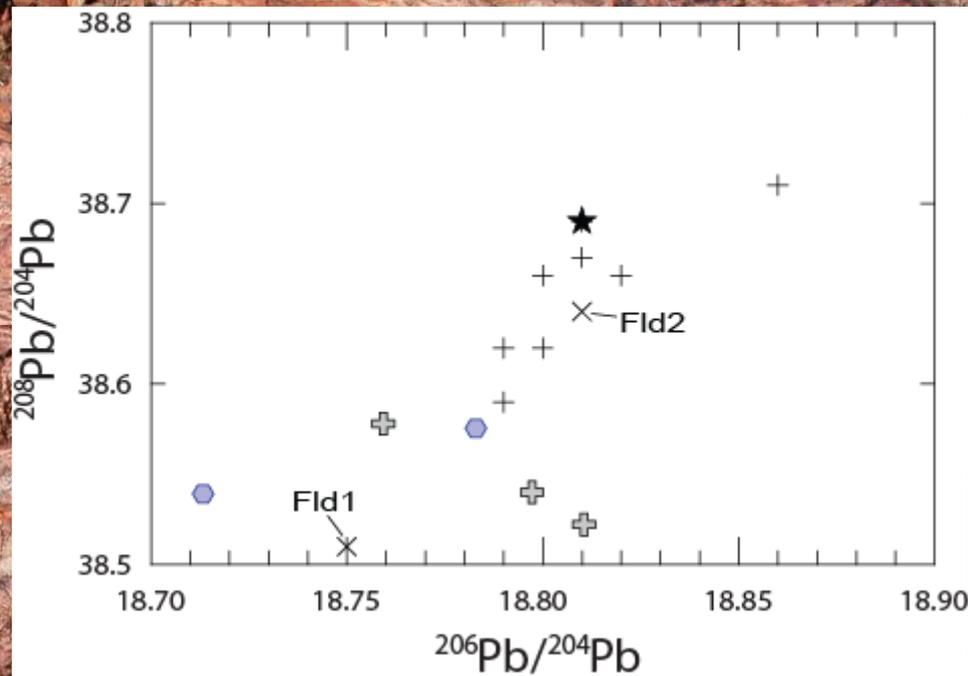
## Alteración Hidrotermal

- Rasgos comunes con otros depósitos polimetálicos epitermales en México:
  - Alteración argilica tal como kaolinita, illita, montmorillonita, halloysita
  - Clorita
- Rasgos poco comunes con otros depósitos polimetálicos epitermales en México:
  - Buddingtonita
  - Nontronita
  - Carbonatos de hierro
  - Turmalina

# Depósito de Ag-Pb-Zn de La Pitarrilla

- Rasgos comunes con otros depósitos polimetálicos epitermales en México:
  - Localización dentro del cinturón de la plata mexicano
  - Asociación al magmatismo de arcos calco-alcalinos y ambientes extensionales
  - Grandes variaciones en contenidos de plata y minerales básicos
  - Grandes variaciones de sulfuros y sulfosales y una secuencia paragenética parecida
  - Mineralización de sulfosales argentíferos
  - Vetas con sulfuros masivos y mineralización tipo manto
  - Similares tipos de alteración hidrotermal
- Rasgos no comunes con otros depósitos polimetálicos epitermales en México:
  - Mineralización asociada a óxidos de hierro
  - Alteración de turmalina

# Depósito de La Pitarrilla



## Intrusiones

★ Diques y sills félsicos

● Sill máfico superior

⊕ Sill máfico inferior

+ Galena de mineralización de sulfuros de McCreery (2007)

× Fespatos de mineralización de sulfuros de McCreery (2007)

# Conclusiones

- Mineralización muestra una asociación en tiempo y espacio con el domo riolítico del Oligoceno y relacionada con el complejo de diques-sills riolíticos
- Aplilamiento vertical de diferentes tipos de mineralización sobre varios cientos de metros
- Tipos de mineralización definidos por controles estructurales/litológicos/químicos de las rocas huésped
- La mineralización asociada a óxidos de hierro, puede indicar una mineralización asociada a sulfuros subyacentes. Los recursos en óxidos se están evaluando y podrían representar un potencial importante
- Si la turmalina en La Pitarrilla es un producto de un sistema inicial porfídico contemporáneo, los tipos de mineralización y alteración pueden haber resultado de un sistema híbrido porfídico-epitermal
- La presencia de anomalías de buddingtonita o ammonium, alteracion de la turmalina, y mineralización asociada a óxidos de hierro podrian ser importante

# Agradecimientos

- Silver Standard Resources Inc.
- NSERC Discovery Grant (HLG)
- G. Lozano, F. Loera, M. Samilpa-Viramontes, P. Bowen
- E.A. Villa de la Torre
- Michel Jébrak, Gary Beakhouse, Elisabeth Ronacher