



# Herramientas Geológicas y Geoquímicas para la Exploración de Esmeraldas en Colombia

*GABRIEL FELIPE NINO VASQUEZ*

*NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY*

*EMERALD EXPLORERS GROUP*



**EMEX**  
GROUP

— EMERALD —  
EXPLORERS



# Quienes somos?



**National  
Taiwan  
University**

- Un grupo de investigación enfocado en la comprensión de las características de formación, mineralización, ubicación y ocurrencia de esmeraldas colombianas.
- Nuestra sede es el departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Taiwán <sup>(1)</sup>.

(1) De acuerdo con los rankings de QS World University:

\* 72ª mejor universidad del mundo.

\* 45ª mejor universidad del mundo en Ciencias de la Tierra y del Mar.

# MOTIVACION

- + Aumentar el conocimiento científico sobre la génesis de las esmeraldas colombianas a través de la aplicación de nuevos métodos de desarrollo en las zonas mineras donde se explotan estos berilos verdes.
- Disminuir las incertidumbres de exploración al dar amplios argumentos científicos, combinando diferentes herramientas geológicas.



Tomada de revista DINERO

# VISIÓN

- Ser una de las fuentes más confiables para la exploración de esmeralda en Colombia, por medio de la implementación de análisis geológicos y geoquímicos.
- A mediano plazo, proporcionar análisis exploratorios de alta calidad para fines académicos y privados en otros depósitos de esmeralda en el mundo.



Tomada de revista DINERO



# ANTECEDENTES

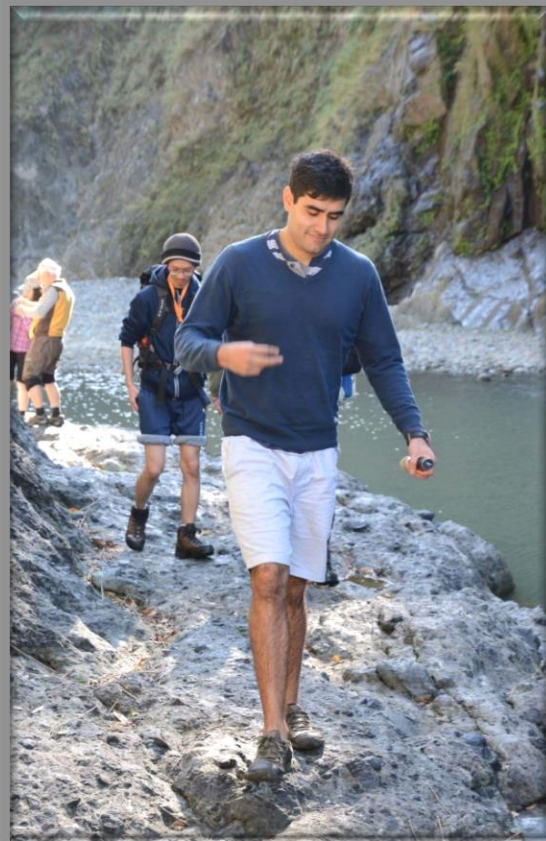


- Dos salidas de campo realizados en los cinturones esmeraldíferos de occidente y oriente, con científicos e inversionistas internacionales
- Recolección de muestras y datos geológicos en diferentes minas localizadas en ambos cinturones
- El trabajo de campo, el análisis de laboratorio y la interpretación geológica permitieron el resultado más significativo para el proyecto hasta el momento, la tesis de maestría titulada: Análisis geológico y geoquímico para la exploración de esmeralda en la Formación Muzo a lo largo del cinturón esmeraldífero occidental, Colombia, la que tuvo una muy buena aceptación académica.



# MIEMBROS

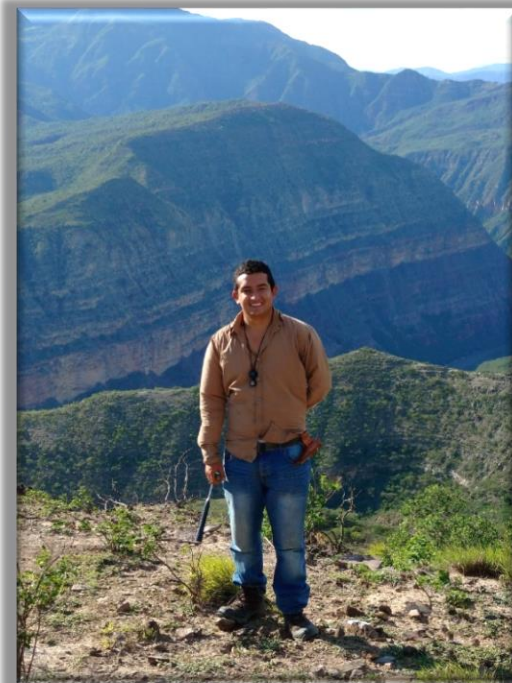
**SHENG- RONG SONG PHD**



**GABRIEL NIÑO Msc.**



**GERMAN  
MORENO**



**JUAN DIAZ**

# RECURSOS

- La Universidad Nacional de Taiwán ofrece laboratorios de alta tecnología que nos permiten realizar estudios detallados, incluidos en esta red tenemos los siguientes \*:

- RAMAN Lab
- Laboratorio de geocronología
- Laboratorio SEM-EDS
- ICP-MS LAB
- XRF LAB
- Laboratorio de análisis de microscopio electrónico
- Laboratorio de análisis elemental
- Laboratorio de DRX
- XRF Lab
- Microsonda electrónica



\* Entre otras facilidades accesibles para nosotros en otros institutos y universidades.



# PARTNER



CDTEC  
GemLab

- El CDTEC es uno de los mayores laboratorios especializados en certificación e investigación de gemas, especialmente esmeraldas, para las cuales cuenta con equipos de alta tecnología y personal capacitado, que garantiza un servicio y una confiabilidad de alta calidad.



# INTRODUCCIÓN SOBRE LAS PIEDRAS PRECIOSAS

# ¿Qué propiedades tienen las piedras preciosas?

- RAREZA
- CALIDAD, la cual depende de:
  - 1. Translucidez (Ausencia de notorias inclusiones).
  - 2. Dureza 7.5-10 en la escala de Mohos.
  - 3. Color.
  - 4. Ausencia de fracturas mayores.
  - 5. Tamaño y peso (usualmente medido en quilates).
  - 6. Corte, talla, pulido.

EL USO PRINCIPAL ES: JOYERÍA Y OTROS ADORNOS



PICMUNDI ©



# Las piedras preciosas más importantes

DIAMANTE



ESMERALDA



RUBY



ZAFIRO



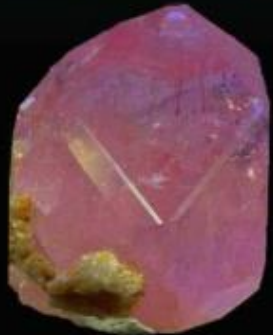
ESMERALDA:  
UN TIPO OF  
BERILO



Heliodor



Aquamarine



Morganite



Goshenite



Emerald

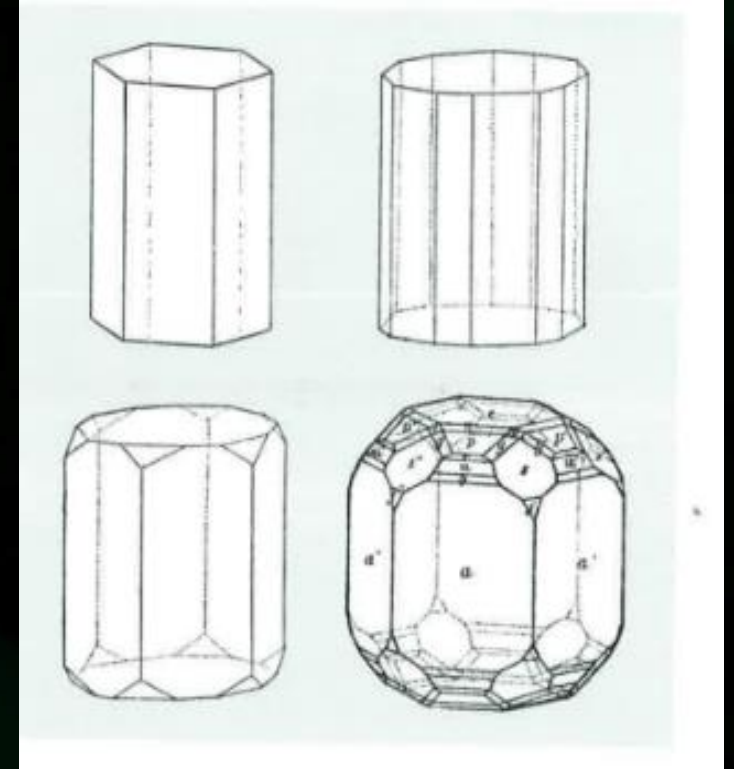


Bixbite



Maxixe

# ESMERALDA

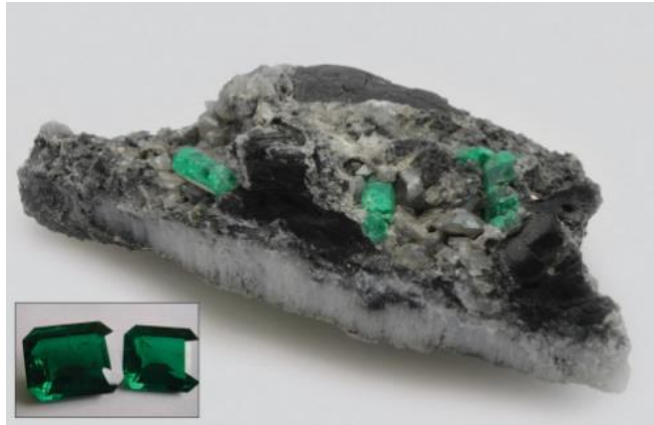


- Aluminosilicato de berilio  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ , con elementos traza como: **Cromo** y **Vanadio**
- Ciclosilicato en estructura de anillo.



## La esmeralda puede precipitar como:

- Mineral formado dentro de la roca (esquistos, gneises).
- Bolsas de minerales aislados (venas en fallas, brechas, cavidades lenticulares, drusas, cavidades miarolíticas o lentes de cuarzo)



- La esmeralda no puede soportar el estrés del transporte fluvial, por lo que rara vez se encuentra en depósitos secundarios.

# ESMERALDAS EN EL MUNDO

- Hay mineralizaciones de esmeraldas en todo el mundo, pero Colombia, Brasil, Zambia y Zimbawe son los principales productores.



The World of Emeralds in 2002

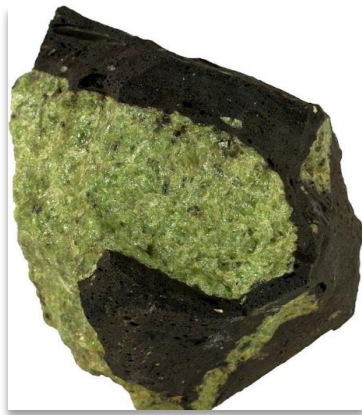
# EDAD DE LAS MINERALIZACIONES DE ESMERALDA...

- 2.97 mil millones de años (mesoarcaico): Sudáfrica.
- 2.6 mil millones de años (Neoarcaico): Australia, Zimbabwe.
- 2 mil millones de años (Paleoproterozoico): Brasil (Carnaíba, Socoto)
- 500 millones de años (Cámbrico): Brasil (Minas Gerais, St. Terezinha), Madagascar.
- 109 millones de años (Albiano-Cretácico): Canadá.
- 65-18 millones de años (Paleoceno- Eoceno): Colombia?, Austria.
- 34 millones de años (Eoceno): Bulgaria.
- 23 -9 millones de años (Mioceno): Pakistán.

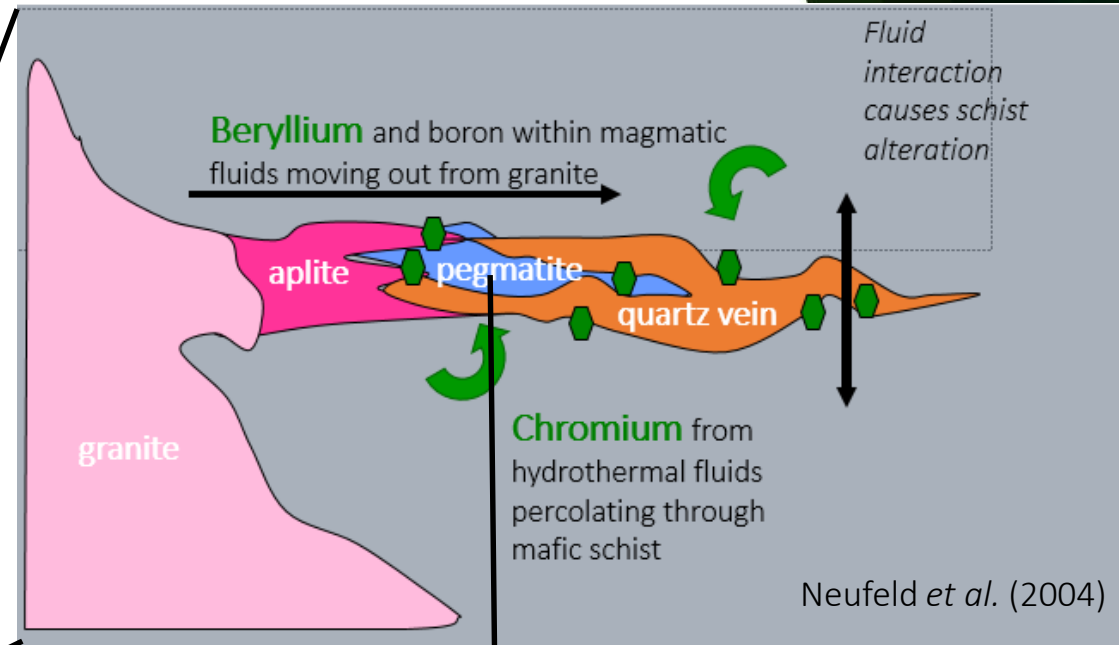
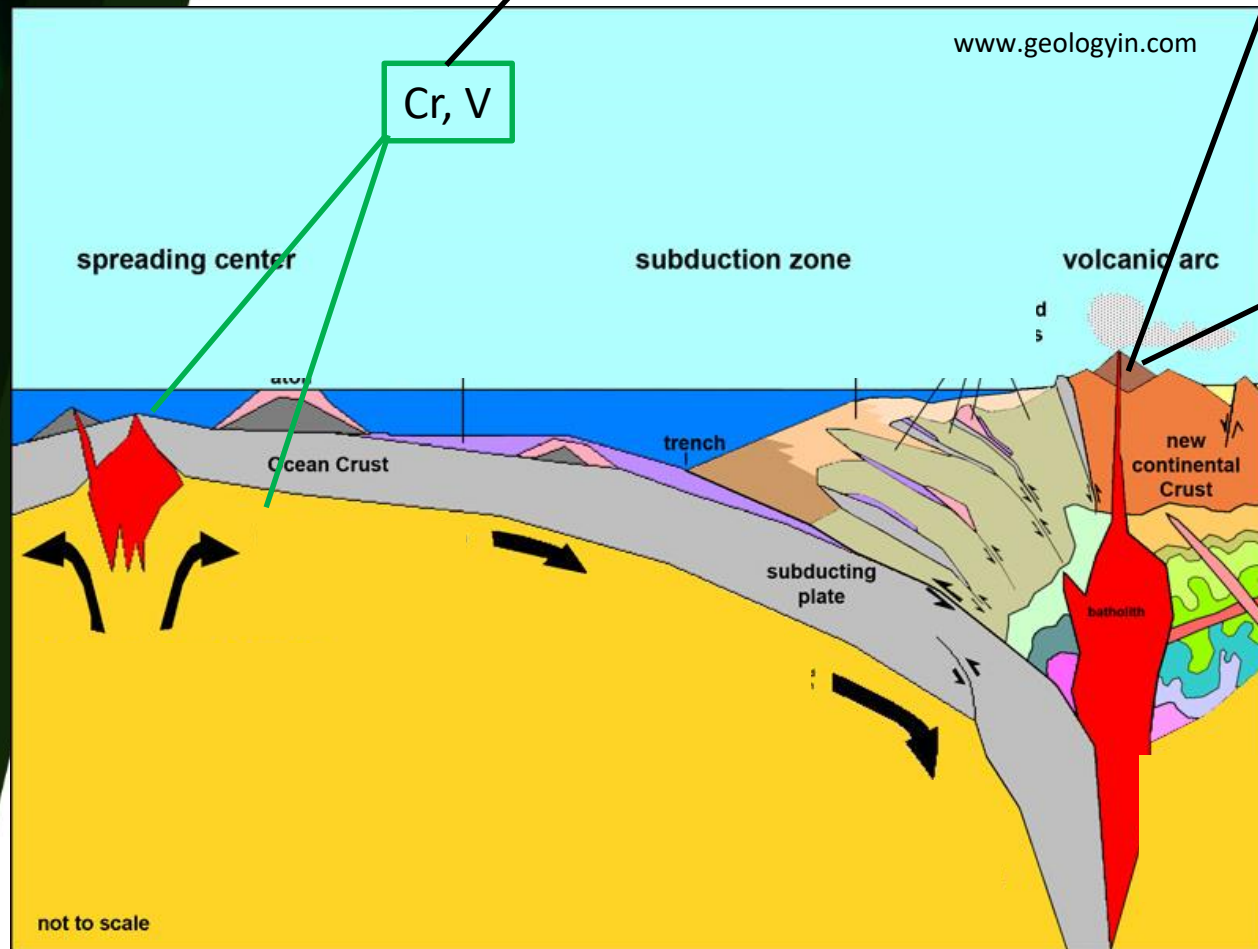


# ¿EL ORIGEN DE ESMERALD? ¿Por qué la esmeralda es tan rara?

- **Beryllium:** Raro en la corteza superior (1.5 ppm)<sup>1</sup>  
En rocas continentales (pegmatitas, magmas ricos en Al/Si, arcillolitas, shales).
- **Chromium, Vanadium:** 185, 230 ppm<sup>2</sup> en la corteza superior  
En rocas de corteza oceánica y manto superior (dunitas, peridotitas, basaltos) y lutitas negras



Peridotita



Pegmatita



Pero la fuente de Cr, Be y V  
es diferente en Colombia ...



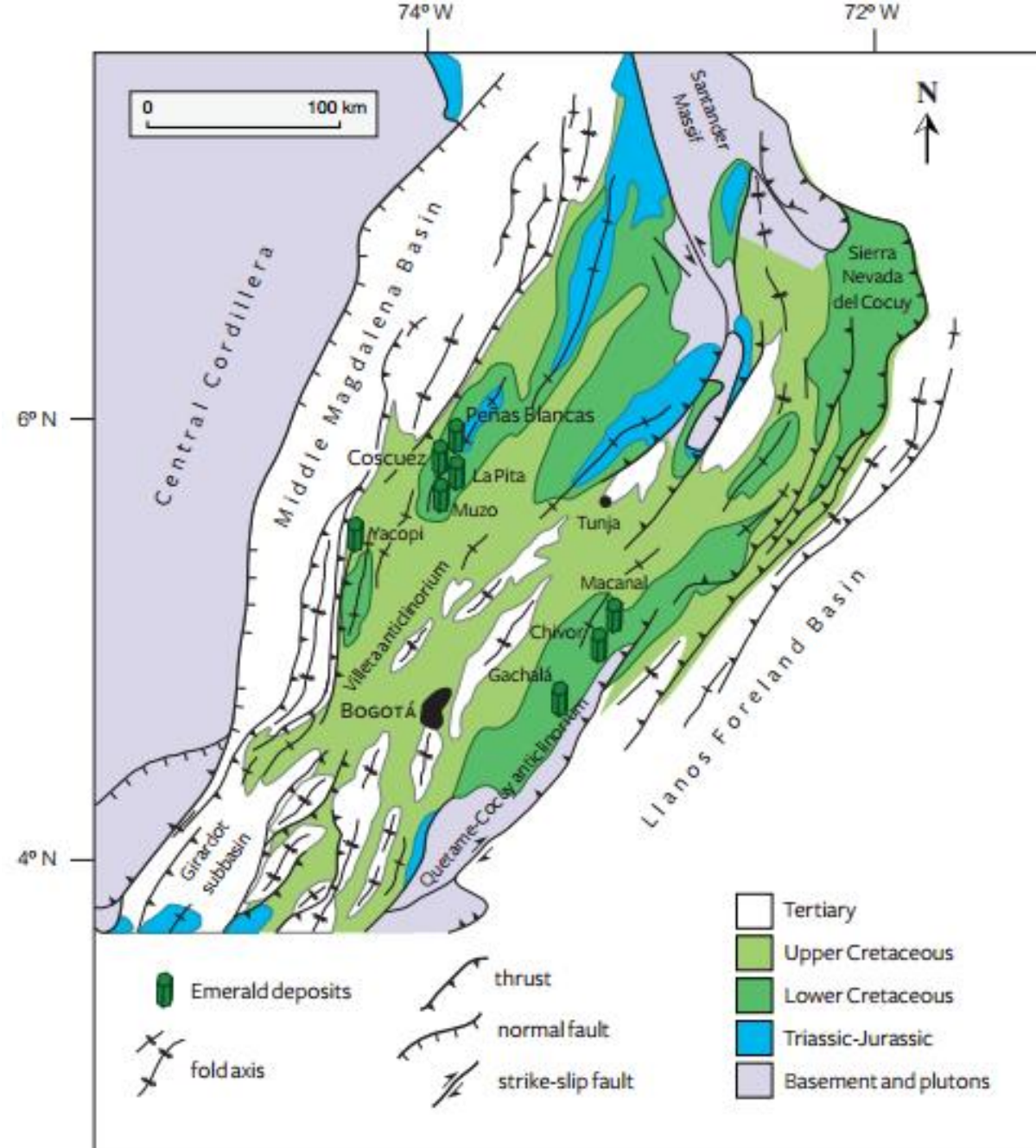
# DEPOSITOS DE ESMERALDAS EN COLOMBIA



EASTERN CORDILLERA AND  
EMERALD BELTS LOCATION

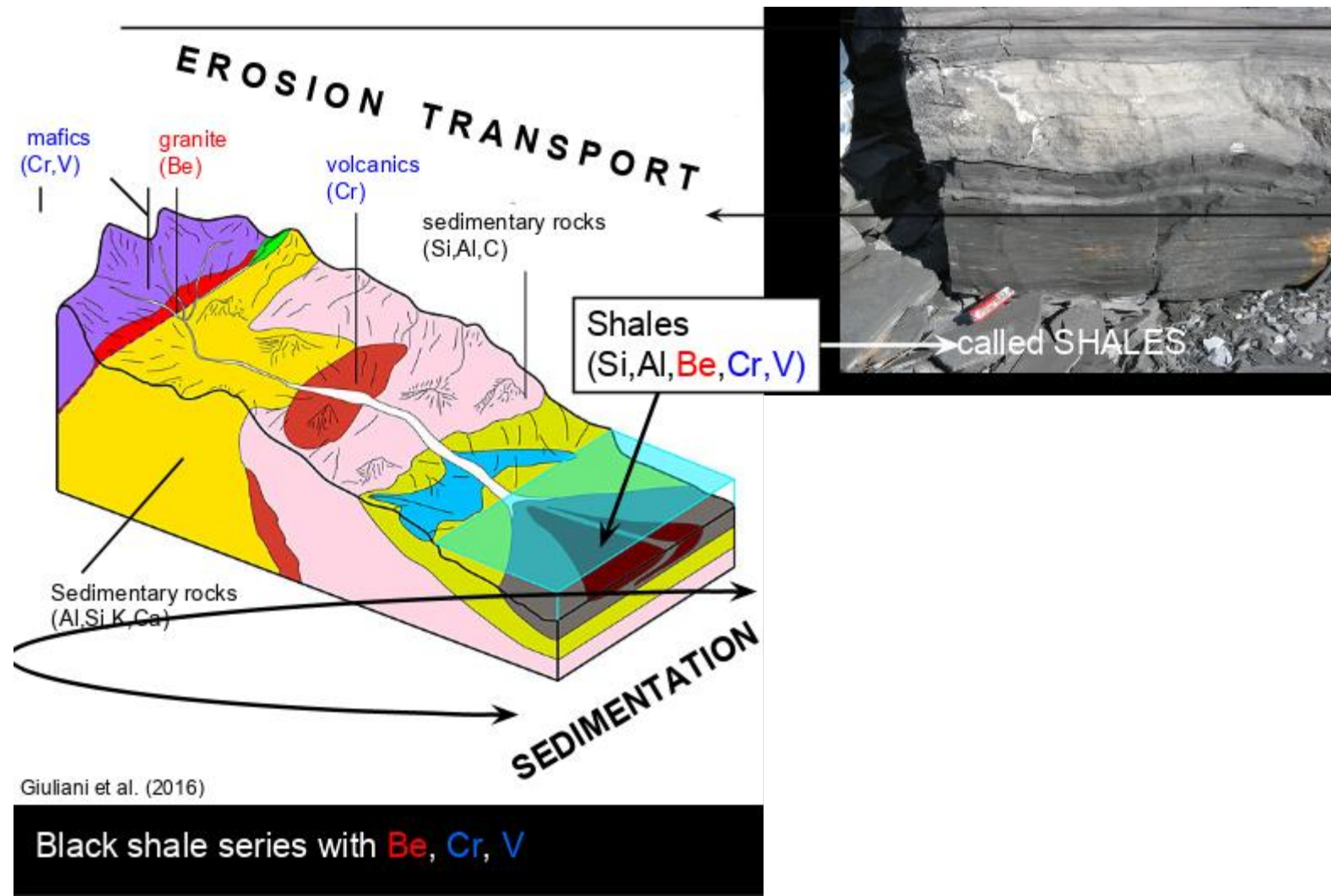
# Esmeraldas en Colombia

Las esmeraldas colombianas están ubicadas en el centro de Colombia, las dos regiones están separadas por 130 km.





# Cr, Be y V en rocas sedimentarias marinas





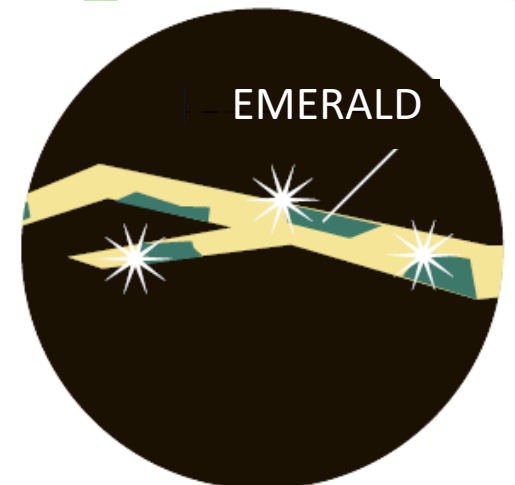
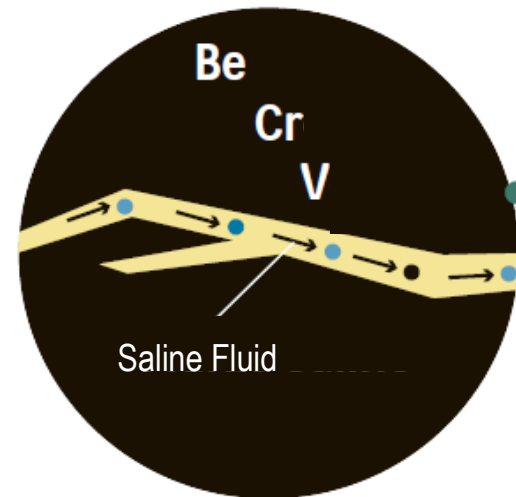
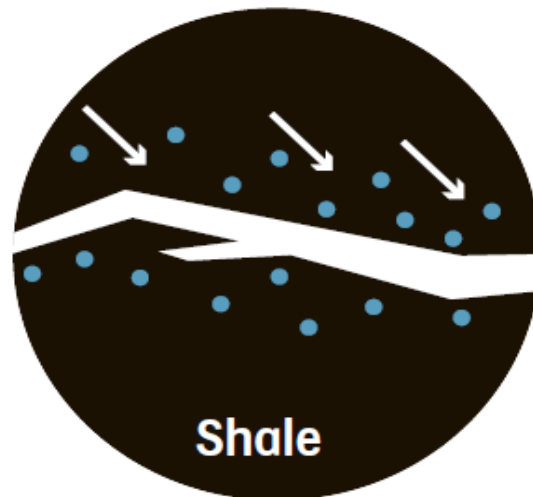
# Formación de depósitos colombianos asociados con los eventos de levantamiento de la Cordillera Oriental ...

Movimientos tectónicos  
liberan aguas basinales y  
metamórficas.

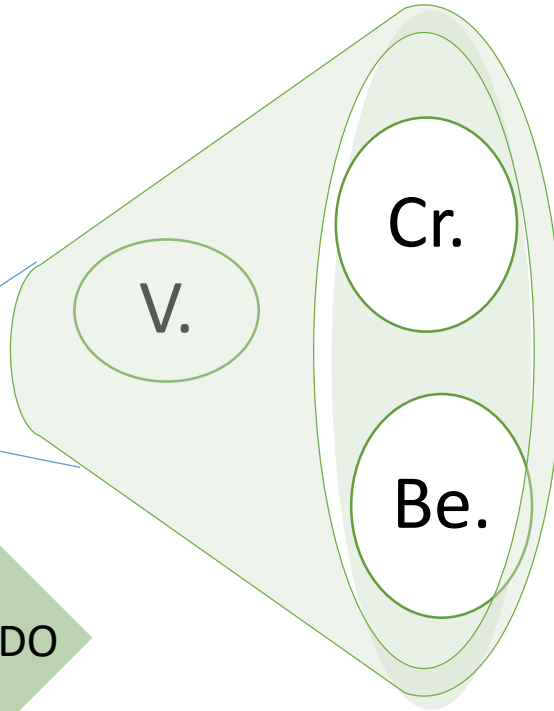
Pliegues y fallas  
resultantes movilizan  
fluidos a través de los  
espacios.

Los fluidos están en  
contacto con rocas  
altamente salinas  
**EVAPORITAS**

Los fluidos en contacto  
con el esquisto pueden  
disolver y transportar los  
elementos necesarios  
para la formación de E.



# De Berilio a Esmeralda, resumiendo CHEILLET 1994



+ Ca.

FLUIDO

TRANSPORT BY

Be movilizado por Compuestos de F-  
En fluido Na-Cl (Salmueras)



+ Fluorita



# TIPOS DE DEPÓSITOS DE ESMERALDA

## . Pegmatitas sin R. metamórficas.

Cr de R. ultrabásicas  
Be de pegmatitas y granites

E.g. Nigeria

## Pegmatites with R. metamórficas

Cr. de R. ultrabásicas y R. metamórficas.  
Be de pegmatitas

E.g. Monted Urales, Rusia

## R. metamórficas sin pegmatitas

Cr de R. ultrabásicas, básicas  
Y esquistos de talco  
Be de feldespato, fenaquita,  
Nodúlos de mica o unknow

E.g. Pakistan, Brazil, Austria

## Shales con venas y brechas

Cr, V, Be de shale

Colombia





# HERRAMIENTAS GEOLÓGICAS Y GEOQUÍMICAS PARA LA EXPLORACIÓN DE ESMERALDAS EN COLOMBIA

# Pasar de la minería informal a la formal

Una mejor comprensión de los procesos de mineralización que forman los depósitos de esmeralda en Colombia mejorará las actividades de exploración dentro de ambos cinturones.

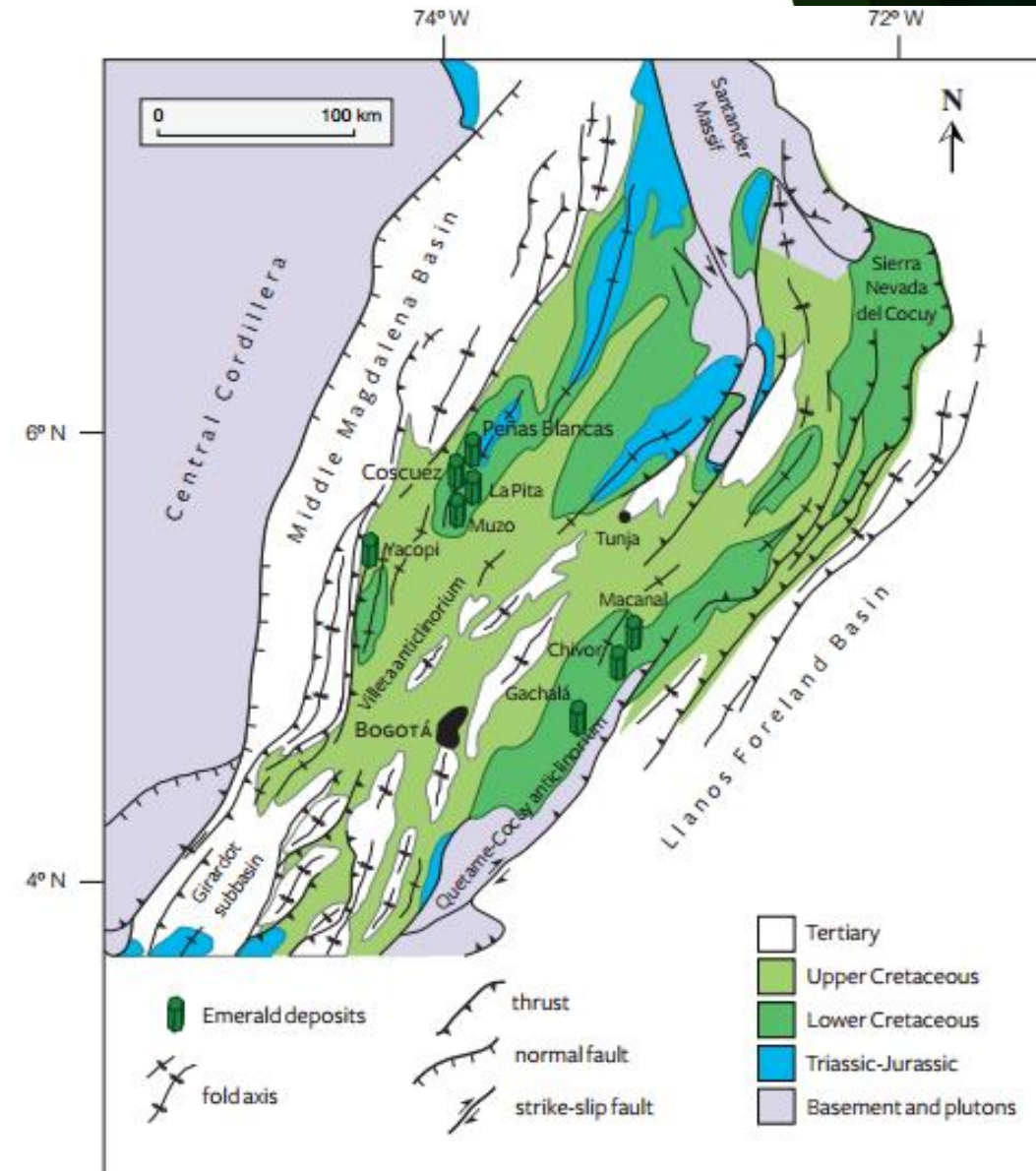


Los riesgos financieros y de seguridad disminuirán para los inversionistas y para los trabajadores en las minas respectivamente.



# 1. Geología General

Las ocurrencias de Esmeralda están ubicadas en una cuenca sedimentaria del Cretácico delimitado por rocas precámbricas.



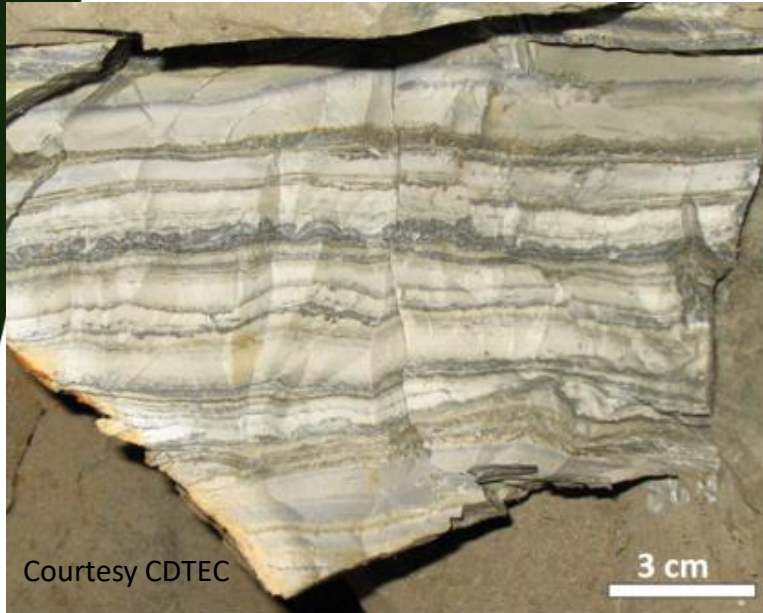


## 2. LITOLOGÍA GENERAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

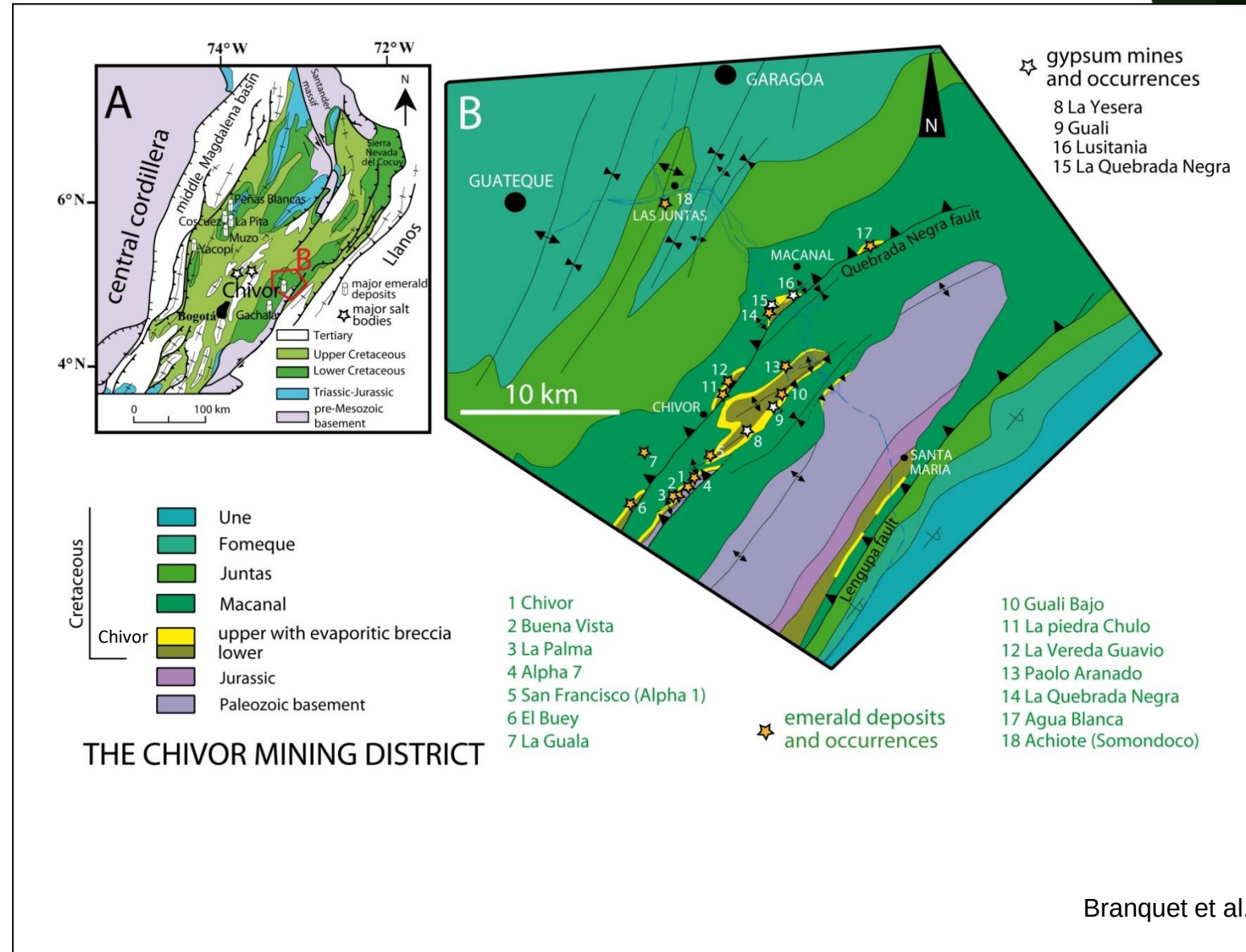
En el cinturón oriental las esmeraldas están en:  
- Macanal, Juntas y Formación Chivor.



Limolitas, Shale, Shale carbonoso, Lodolitas y evaporitas



Courtesy CDTEC



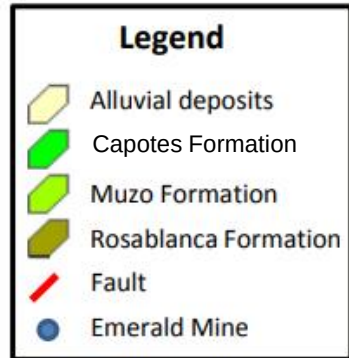
## 2. LITOLOGÍA GENERAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Cinturón occidental:

- Formación Rosablanca y Muzo



Shales carbonosos, síliceos y calcáreos, calizas







**Shale hidrotr**

**Brechamiento hidráulico**



## 4. Identificar diferentes asociaciones minerales a lo largo de los cinturones esmeralda.

El metasomatismo sufrido por las rocas caja debido a la acción del fluido en un sistema abierto permite la generación de nuevos minerales.

La asociación mineral no es exactamente la misma en todos los sectores ya que los cambios de la naturaleza del fluido depende del tiempo de interacción con las rocas y su composición

Identificar cada asociación mineral puede permitir definir características de la naturaleza del fluido en cada sector. (Carbonatos, plagioclasas, cuarzo, sulfuros, sulfatos, fluorita, etc).

Técnicas

Petrografía, Petrología, RAMAN, SEM-EDS, FTIR ESPECTROMETRO.





Tomado de wikipedia



The Arkenstone, Rocks.com







Calcita en brecha



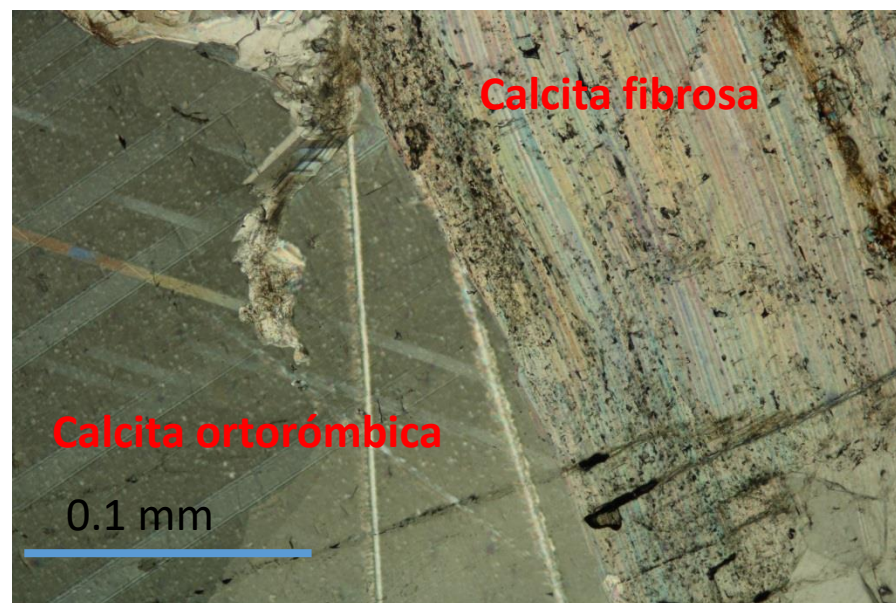
Calcita ortorómbica



Calcita productiva



Calcita en vena



Calcita fibrosa

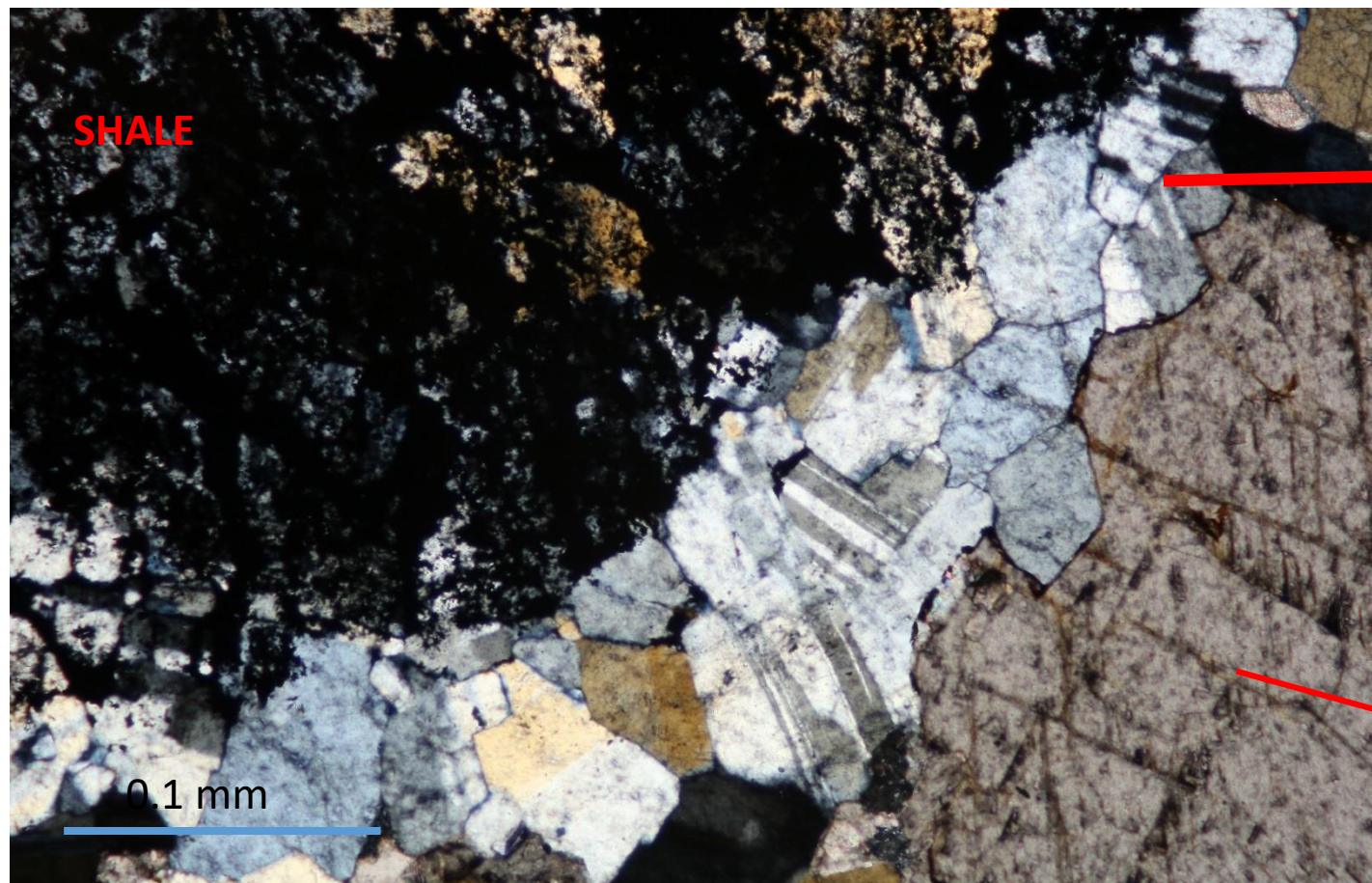
Calcita ortorómbica

0.1 mm



Calcita en geoda





SHALE

0.1 mm

Plagioclasa

Carbonato





CARBONATO 3

CARBONATO 2

CARBONATO 1

CARBONATO 4

0.1 mm



## 5. Geoquímica

El objetivo principal de la geoquímica es identificar la composición original del (de los) fluido (s) y de la roca huésped que interactúan entre sí en los diferentes sectores, para saber qué tan fuerte y capaz fue la interacción fluido-roca para movilizar los cationes y los aniones necesarios para la formación de la esmeralda.

Técnicas: Análisis de REE, geoquímica de isótopos estables, análisis isotópico de estroncio, análisis de IF, etc.

# CRITERIOS GEOQUIMICOS PARA LA EXPLORACION DE ESMERALDAS EN COLOMBIA

- Enriquecimiento de Na y empobrecimiento de Li, K, Ba, V, Cr y Mo en las rocas caja.
- Las lutitas negras se enriquecieron en CO<sub>2</sub>, Ca, Mg, Mn y Na, y empobrecimiento en K, Si, REE y Al.
- Anomalías bajas de K / Na?
- Alto Contenido de REE en carbonatos.
- Exploración en las intersecciones de zonas de falla.
- Fallas de despegue y charnelas de anticlinales.
- Parisita, halloysita, euclasa?

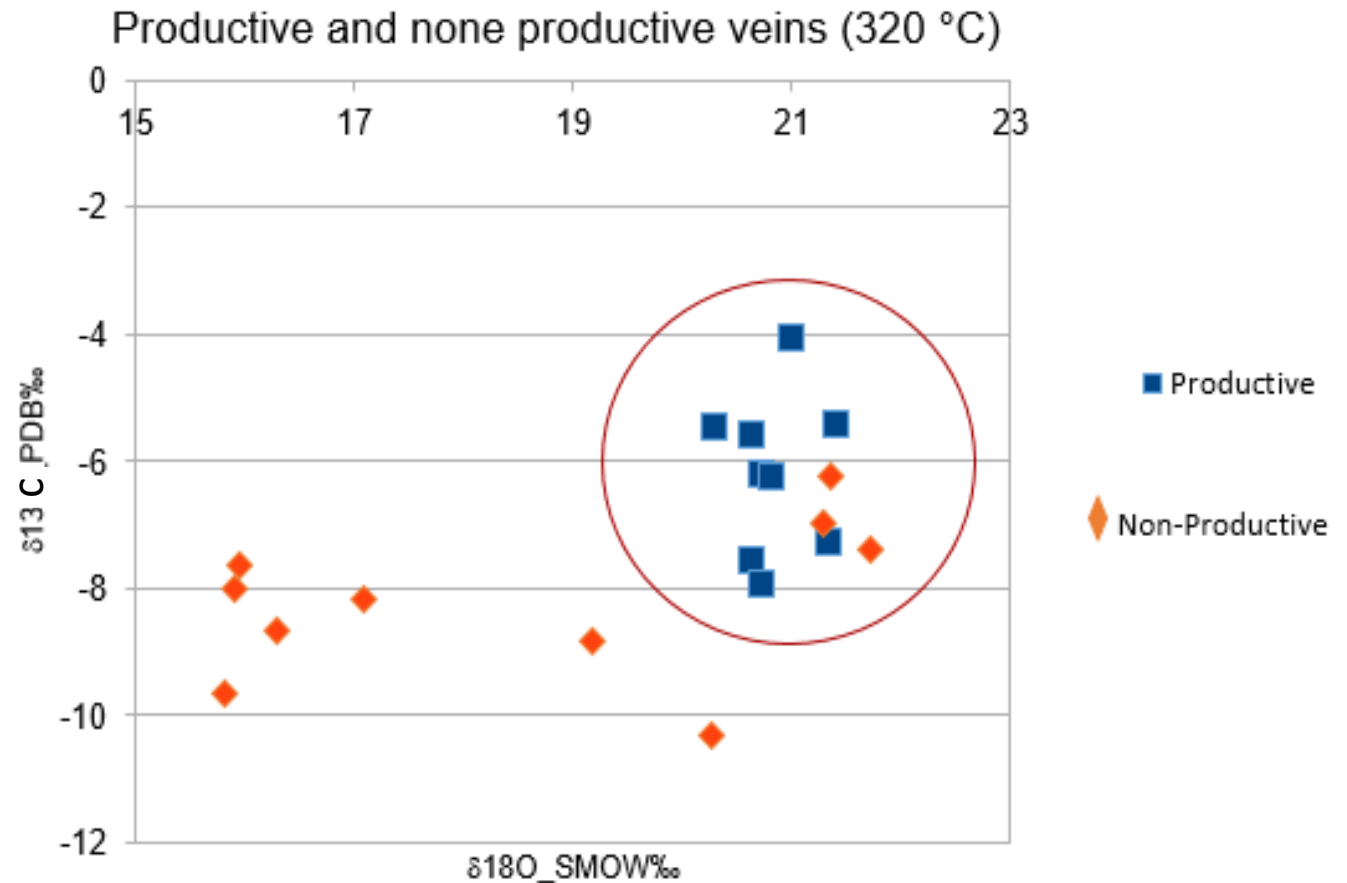




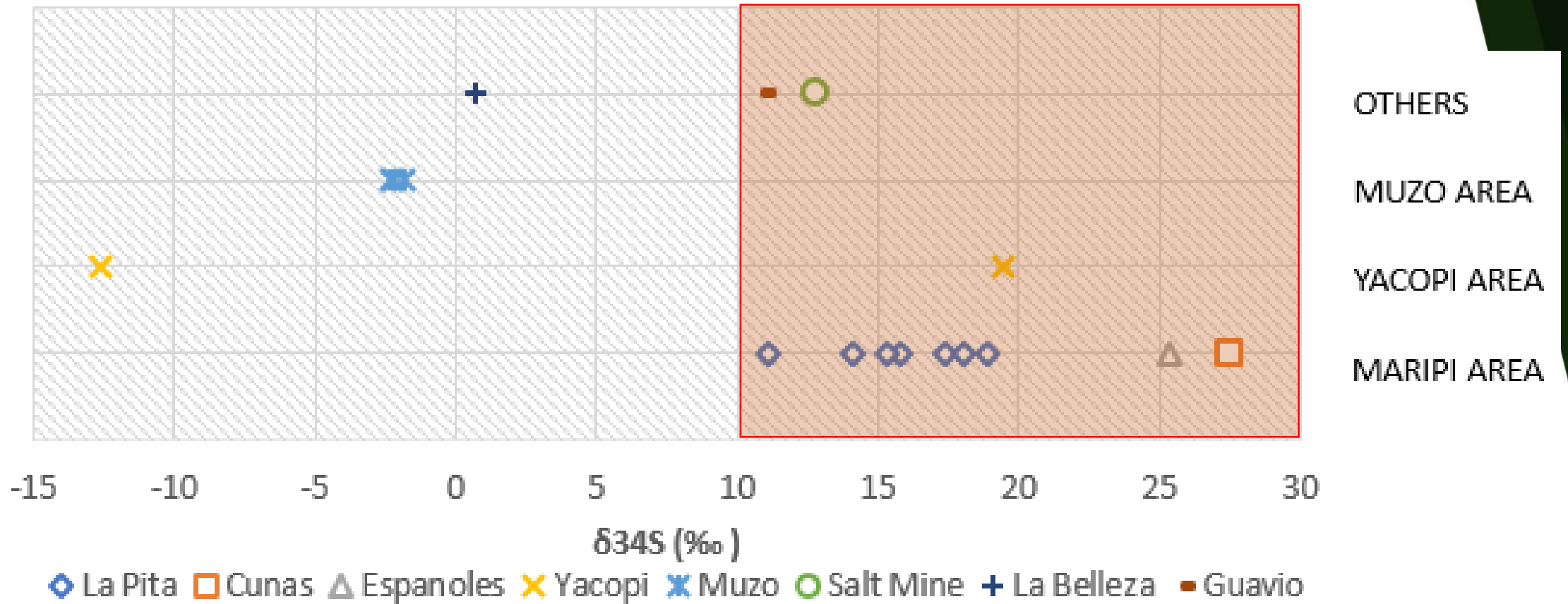


# COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE C, O Y S PARA EXPLORACIÓN EN COLOMBIA

- Un rango de  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) entre 18 a 21.8 ‰ y -4 a -10.3 ‰ para  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) representa la firma isotópica de los fluidos hidrotermales que condujeron a la mineralización de esmeralda para las minas visitadas.
- Cualquier calcita proveniente de vetas hidrotermales de la Formación Muzo en la WEB, con un valor isotópico cercano a este rango de valores y con el entorno geológico apropiado tiene la posibilidad de asociarse con esmeraldas.



# $\delta^{34}\text{S}$ IN PYRITES



Rango de evaporitas

Sedimentarias marinas



**EMEX**  
GROUP

— EMERALD —  
EXPLORERS