



**INSTITUTO
DE INGENIEROS
DE MINAS
DEL PERÚ**

**JUEVES
MINERO**

Valoración de las calizas en la exploración y la ingeniería geológica

JUEVES MINERO

Dr. Aldo A. Alvan
Dirección de Geología Regional, INGEMMET

10 de Octubre de 2024



¿Cómo se usaban las calizas?

El uso de calizas se remonta a la actual Israel, alrededor del año 7000 a.C. Los suelos se fabricaban a partir de cal hidratada que se calentaba y se colocaba como pavimento.

Las pirámides egipcias (ca. 2500 a.C), y todavía se utiliza hoy en día en industrias y arquitectura modernas.

Hoy en día, los suelos de piedra caliza siguen siendo muy populares. Son un elemento valioso en la construcción de viviendas, ya que son duraderos, hermosos, funcionales y fáciles de mantener.



Coliseo romano, Italia.



Pirámides de Giza, Egipto.

¿Cómo se usaban las calizas?

El uso de calizas se remonta a la actual Israel, alrededor del año 7000 a.C. Los suelos se fabricaban a partir de cal hidratada que se calentaba y se colocaba como pavimento.

Las pirámides egipcias (ca. 2500 a.C), y todavía se utiliza hoy en día en industrias y arquitectura modernas.

Hoy en día, los suelos de piedra caliza siguen siendo muy populares. Son un elemento valioso en la construcción de viviendas, ya que son duraderos, hermosos, funcionales y fáciles de mantener.



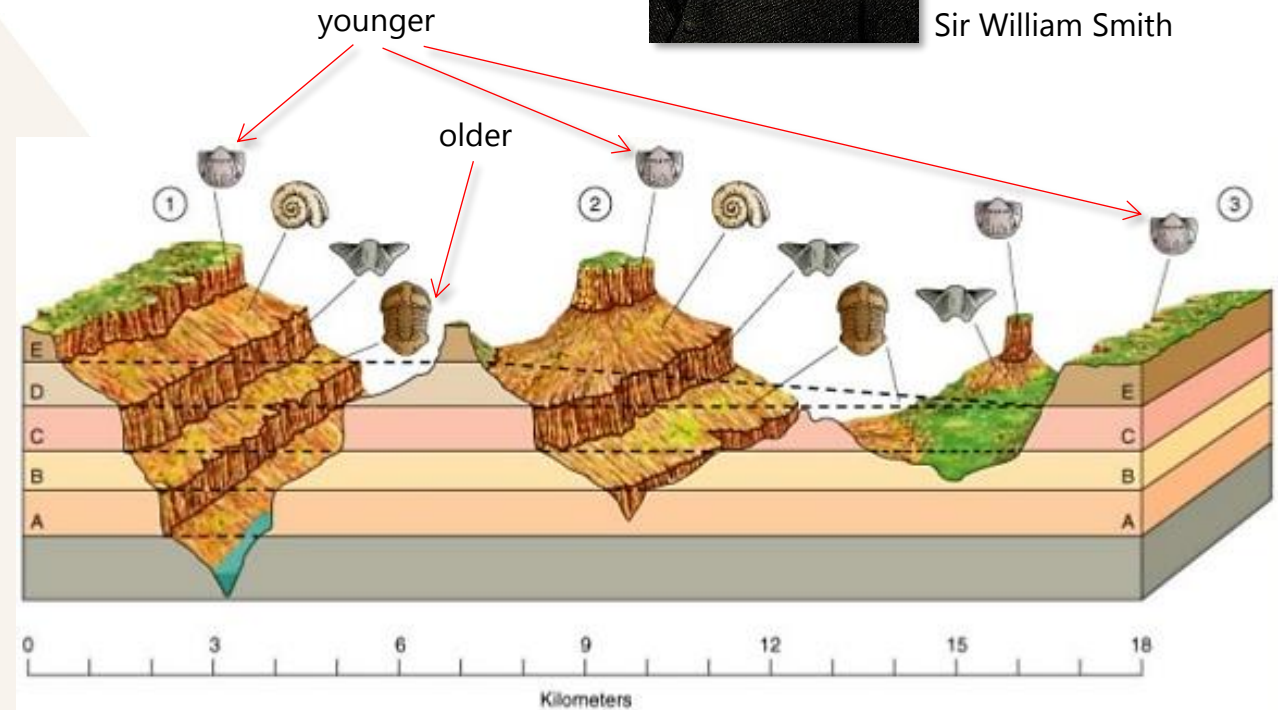
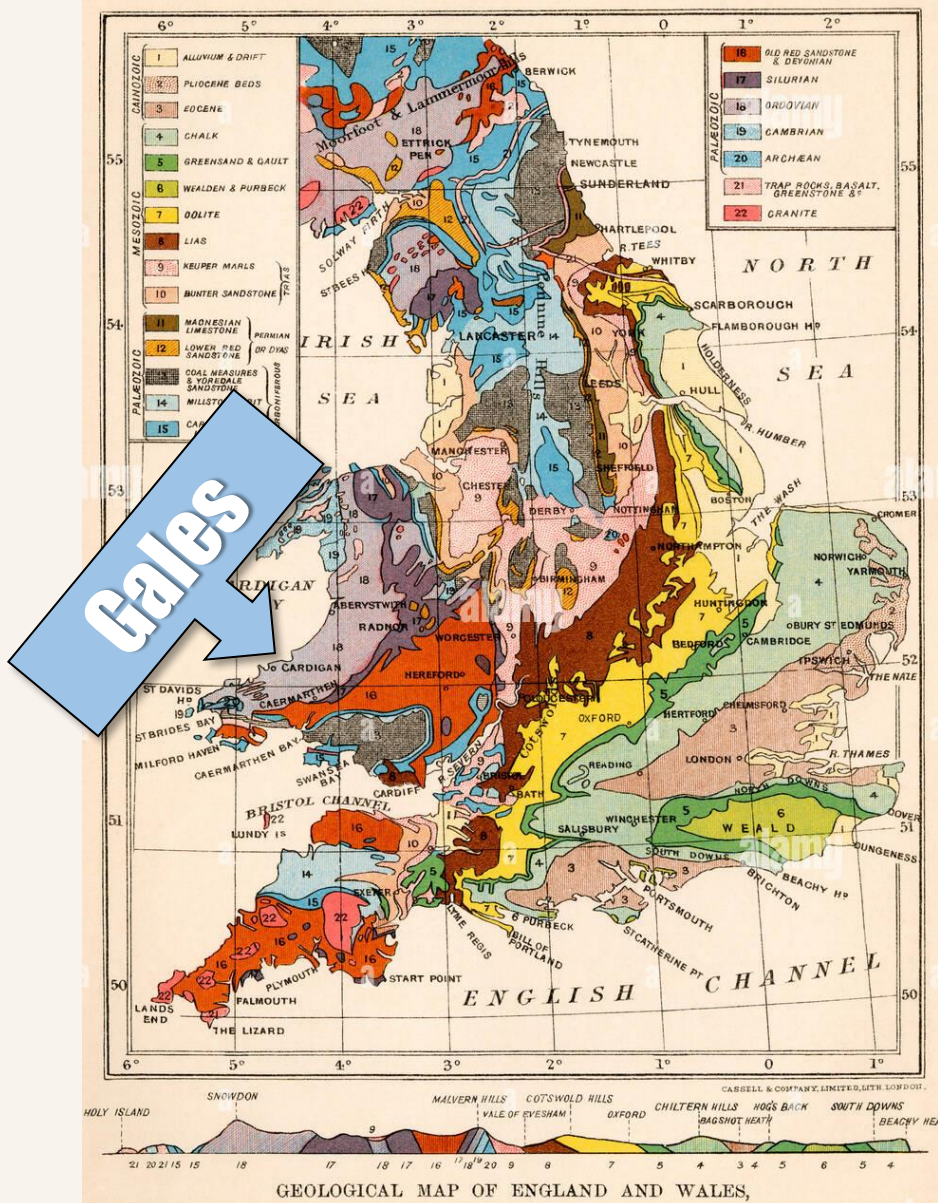
Calzadas romanas, líneas rojas, Europa.

¿Cómo se usaban las calizas?

Principio de Sucesión Faunística



Sir William Smith

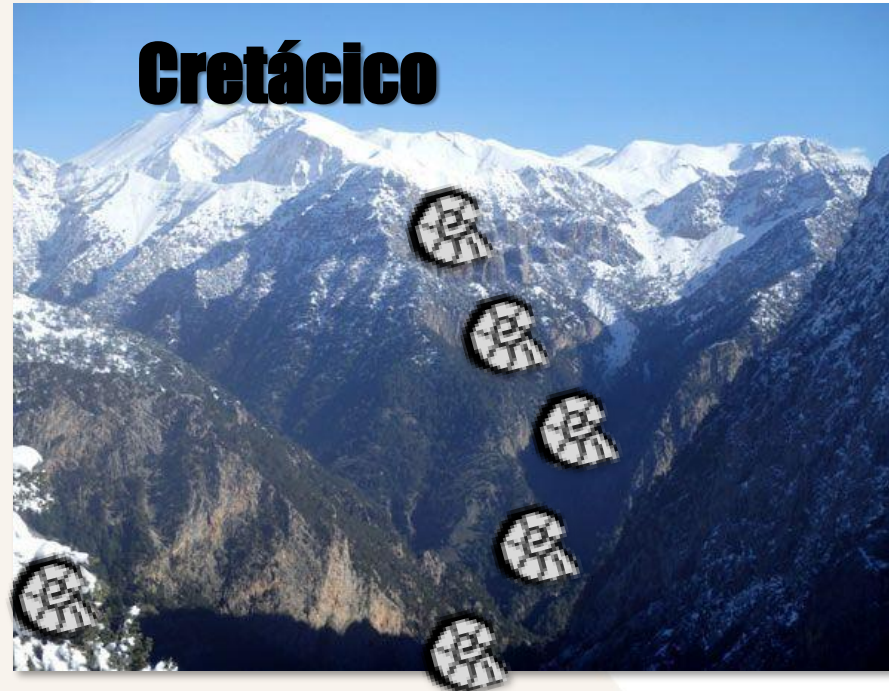


Esquema fundamental de la correspondencia de estratos.
1, 2 y 3 representan secciones estratigráficas

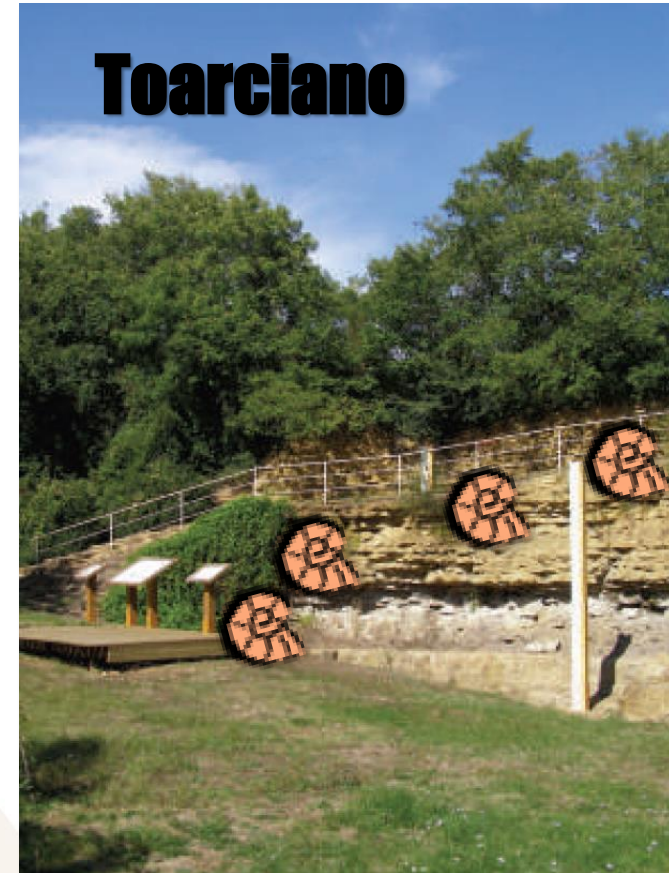
¿Cómo se usaban las calizas?



Montañas del Jura, norte de los Alpes



Isla de Creta, sur de Grecia



Lomas de Thouars, sur de Saumur, Francia

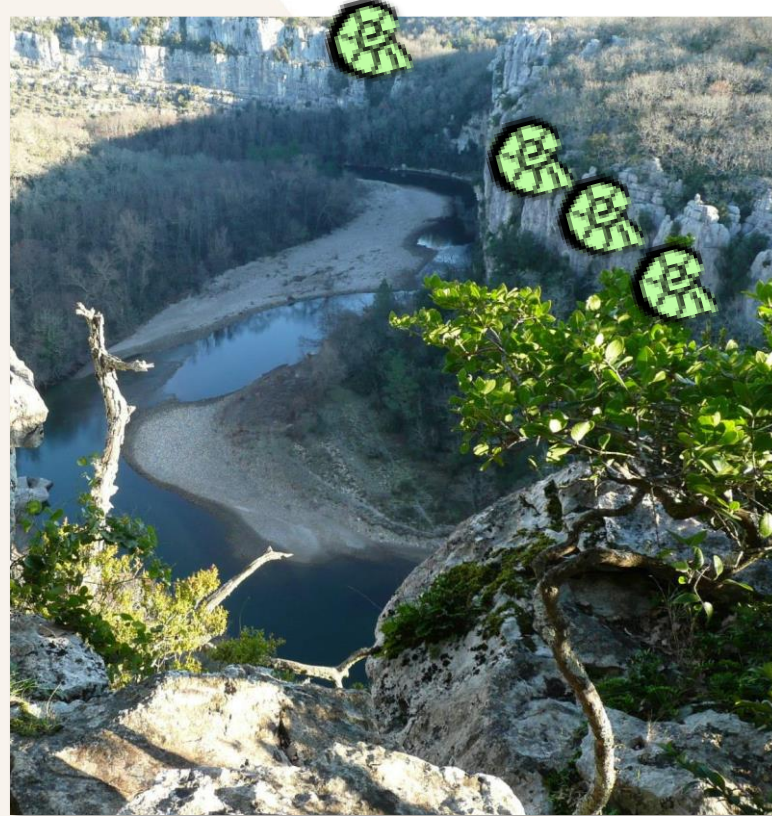
¿Cómo se usaban las calizas?

Maastrichtiano



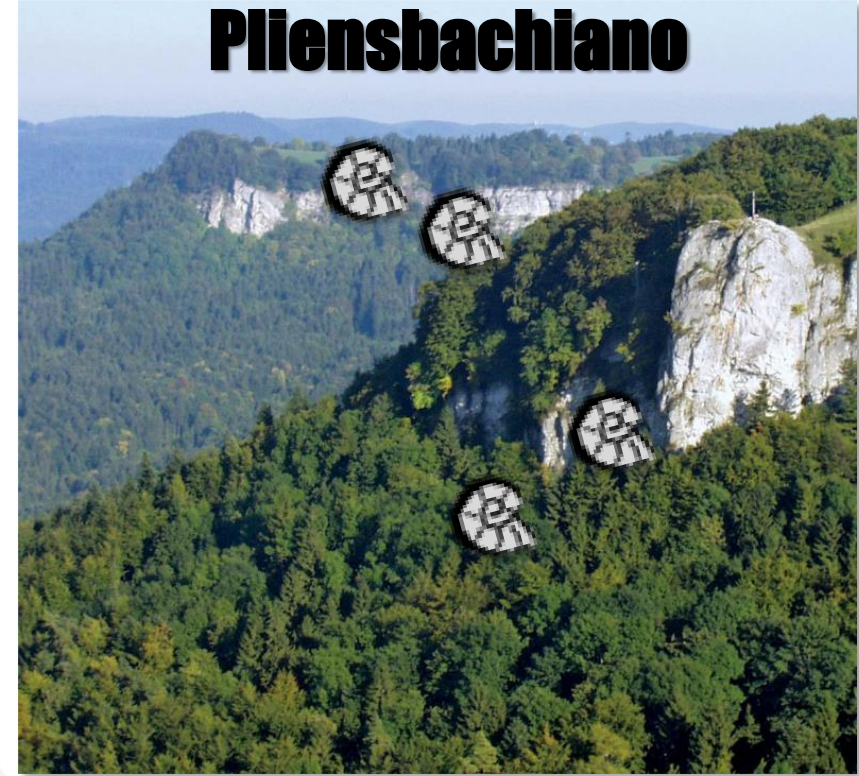
Canteras de cal de Maastricht, Holanda

Berriasiano



Montañas de Berrias, Francia.

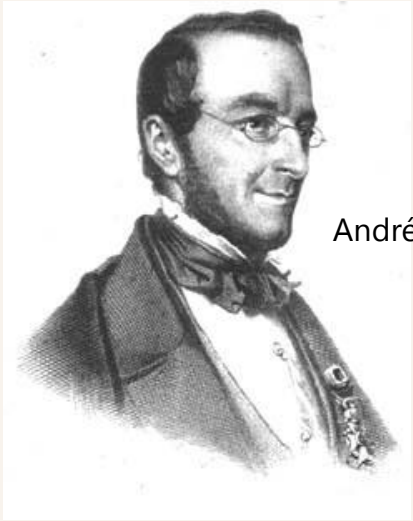
Pliensbachiano



Montañas de Swabian Alp, localidad de Pliensbach, Stuttgart, sur de Alemania.



¿Cómo se usaban las ca



André Dumont (nació en Liège, 1775), Reino de Francia.

André Dumont, geólogo francés. Su primer trabajo fue la realización de la Memoria Geológica de Liège, publicado en 1832.

Unos años más tarde, se volvió profesor de mineralogía y geología, después Rector de la Universidad de Liège.



¿Cómo se usaban las calizas?

Concepto de las unidades cronoestratigráficas en 1930.

Reseña de la subdivisión de la formación jurásica.

Formación cretácica.				
Jurásico superior (blanco)	Malm	superior medio inferior	Titoniano (Portlandiano) Kimmeridgiano Oxfordiano Caloviano	superior medio inferior
Jurásico medio (pardo)	Dogger	superior medio inferior	Batoniano Bajociano	
Jurásico inferior (negro)	Liásico	superior medio inferior	Aaleniano Toarciano Domeriano Pliensbachiano Lotaringiano Sinemuriano Hettangiano	 Liásico
Formación triásica (Rético = Infraliásico).				

División de la formación cretácica

Cretácico superior	Santonico	Daniano (? formación de Puca) Maestrichtiano Campaniano Santoniano Coniaciano (= Emscheriano)
Cretácico medio		Turoniano Cenomaniano Albiano (+ Vraconiano) (= Gault)
Cretácico inferior	Neocomico	superior { Aptiano Barremiano inferior { Hauteriviano Valanginiano
Jurásico		Titoniano (= Portlandiano)

Steinmann (1930)

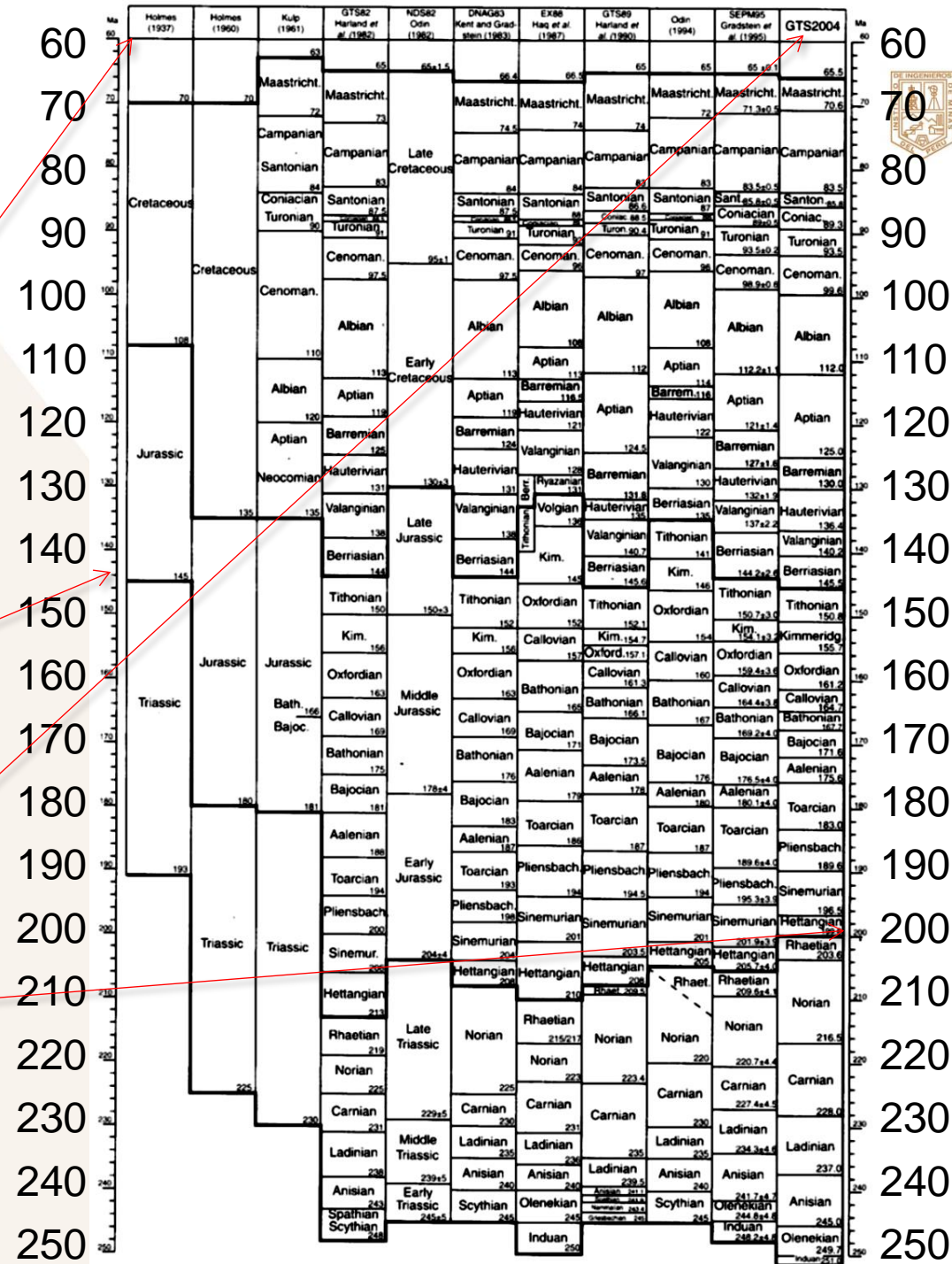
Steinmann (1930)

¿Cómo se usaban las calizas?

Por ejemplo, véase la comparación de avances en las escalas de tiempo geológico para el Mesozoico

Holmes (1937) – 145 Ma

GTS (2004) – 201 Ma



¿Cómo se usaban las calizas?

Eonotema Eratema

Sistema

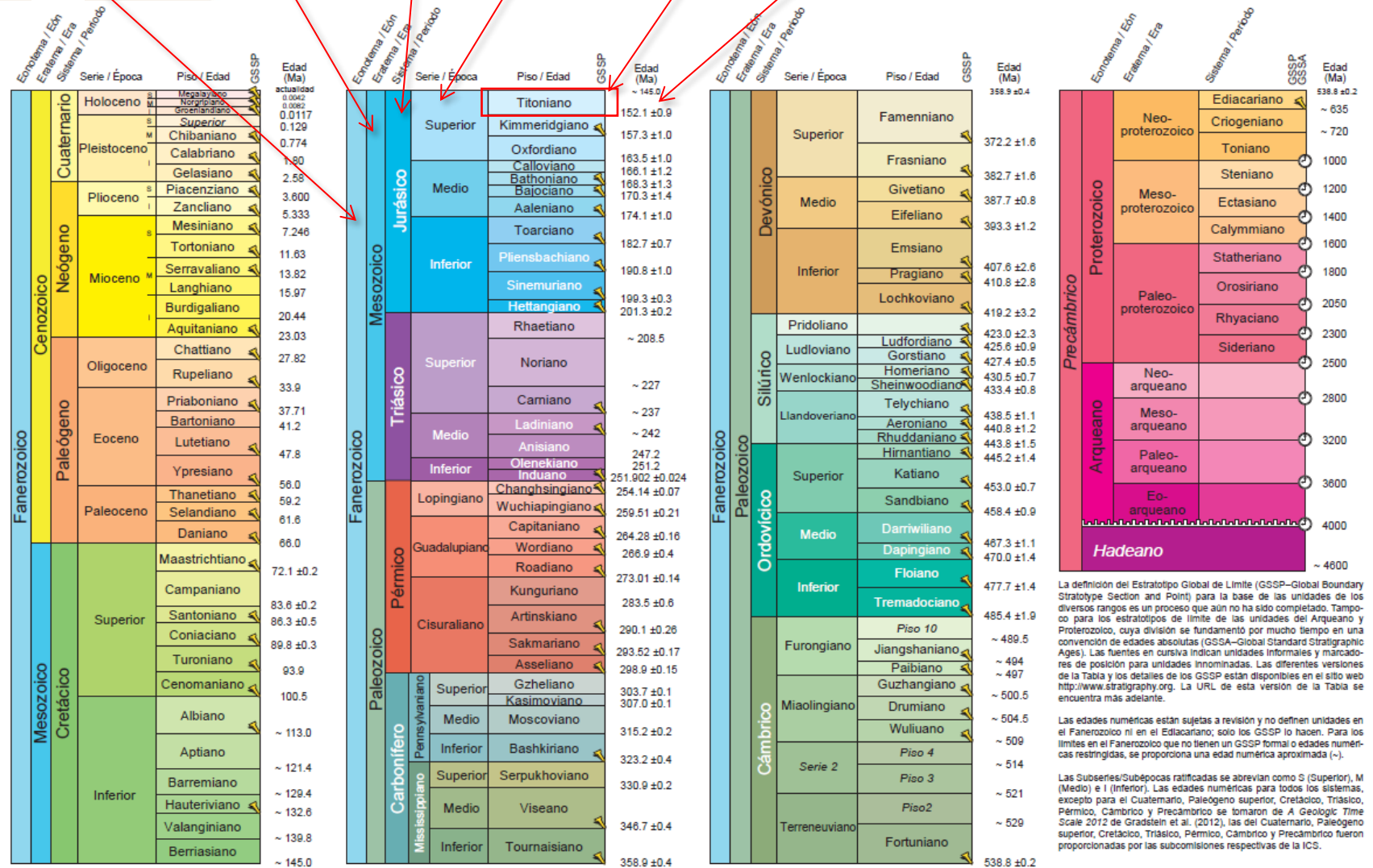
Serie

Piso

Edades (en números o rangos)



Tabla Cronoestratigráfica Internacional
Comisión Internacional en Estratigrafía (ICS)



La norma de colores se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGM-IUGS) - www.cogm.org



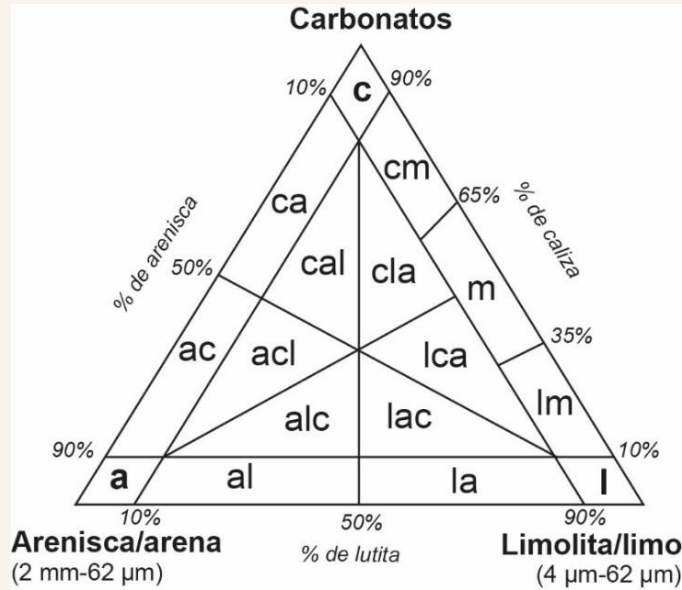
Esta tabla cronoestratigráfica es una adaptación al español de América y una edición del Servicio Geológico Colombiano (SGC). La coordinación estuvo a cargo de Juan Carlos Gutiérrez-Marco de la Universidad Complutense de Madrid y Jorge Gómez Tapias del SGC, quienes recibieron contribuciones de diversas subcomisiones estratigráficas, servicios geológicos y profesionales radicados en México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. En Venezuela, la terminología cronoestratigráfica sigue las pautas del castellano de España.



Tabla diseñada por K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, N. Car International Commission on Stratigraphy (IUGS), febrero de 2022
Citar como: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. and Fan, J.-X. (2013; actualizado) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02spanishAmer.pdf>

Exploraciones



c = caliza
 ca = caliza areniscosa
 cal = caliza areno-limolítica
 cla = caliza limo-areniscosa
 cm = caliza margosa
 m = marga
 lm = lutita margosa
 ac = arenisca calcárea
 acl = arenisca calcárea-limolítica
 alc = arenisca limolítica-calcárea
 al = arenisca limolítica

a = arenisca
 la = limolita areniscosa
 lac = limolita areno-calcárea
 lca = limolita calcárea-areniscosa

l = limolita



arenisca feldespática o arcosa?



arenisca cuarzosa o cuarzoarenita?

mm
 (1 μm=0.001 mm)

Granulometría
 (según Wentworth, 1922)

Bloques		guijarro	
64	muy grueso	Grava o clasto (conglomerado)	
32	grueso		
16	medio		
8	fino		
4	muy fino		
2	muy grueso	Arena (arenisca)	
1	grueso		
0.50	medio		
0.25	fino		
0.125	muy fino		
0.062	grueso	Limo (limolita)	
0.032	medio		
0.016	fino		
0.008	muy fino		
0.004	Arcilla (arcillita)		Arcilla

Wentworth (1922)

"Lutita"

Exploraciones

TEXTURA DEPOSITACIONAL VISIBLE/RECONOCIBLE					Textura depositacional no reconocible
Componentes no encontrados juntos durante la depositación			Componentes unidos durante la depositación		
contiene lodo carbonatado (arcilla /limo fino)		No hay lodo y es soportado por granos			
Soportado de lodo		Soportado de granos poca matriz			
<10% granos	>10% granos	soportado por granos			
granos de 0.04 a 2 mm					
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalino
5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
Floatstone (granos largos soportado por matriz)		Rudstone (soportado por granos >2mm)		Framestone	
30 mm		30 mm		1m	
los componentes son aloctonos				Bindstone	00 mm
más de 10% de granos >2mm				Bafflestone	00 mm
				los componentes son autoctonos	

Clasificación de texturas depositacionales de Dunham (1962) y modificada por Hallsworth & Knox (1999), y Embry & Klovan (1971).

Estos últimos complementan la clasificación de Dunham (1962) y añaden 5 nuevos tipos (**Floatstone, Rudstone, Framestone, Bindstone y Bafflestone**).

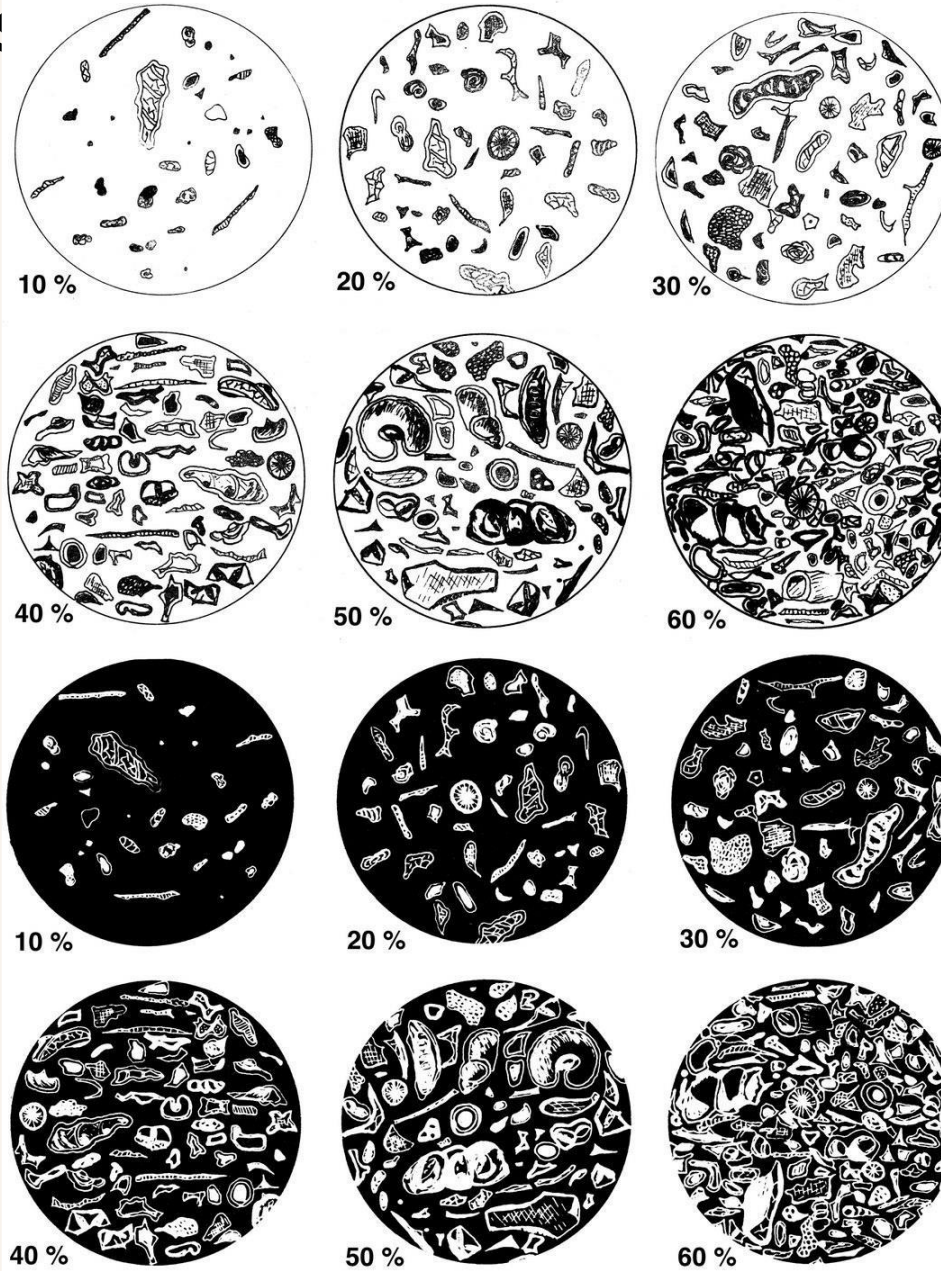
Los esquemas mostrados en la parte inferior de cada nomenclatura tienen una extensión de ~5 mm (Arriba) y ~30 mm (abajo).



Exploraciones

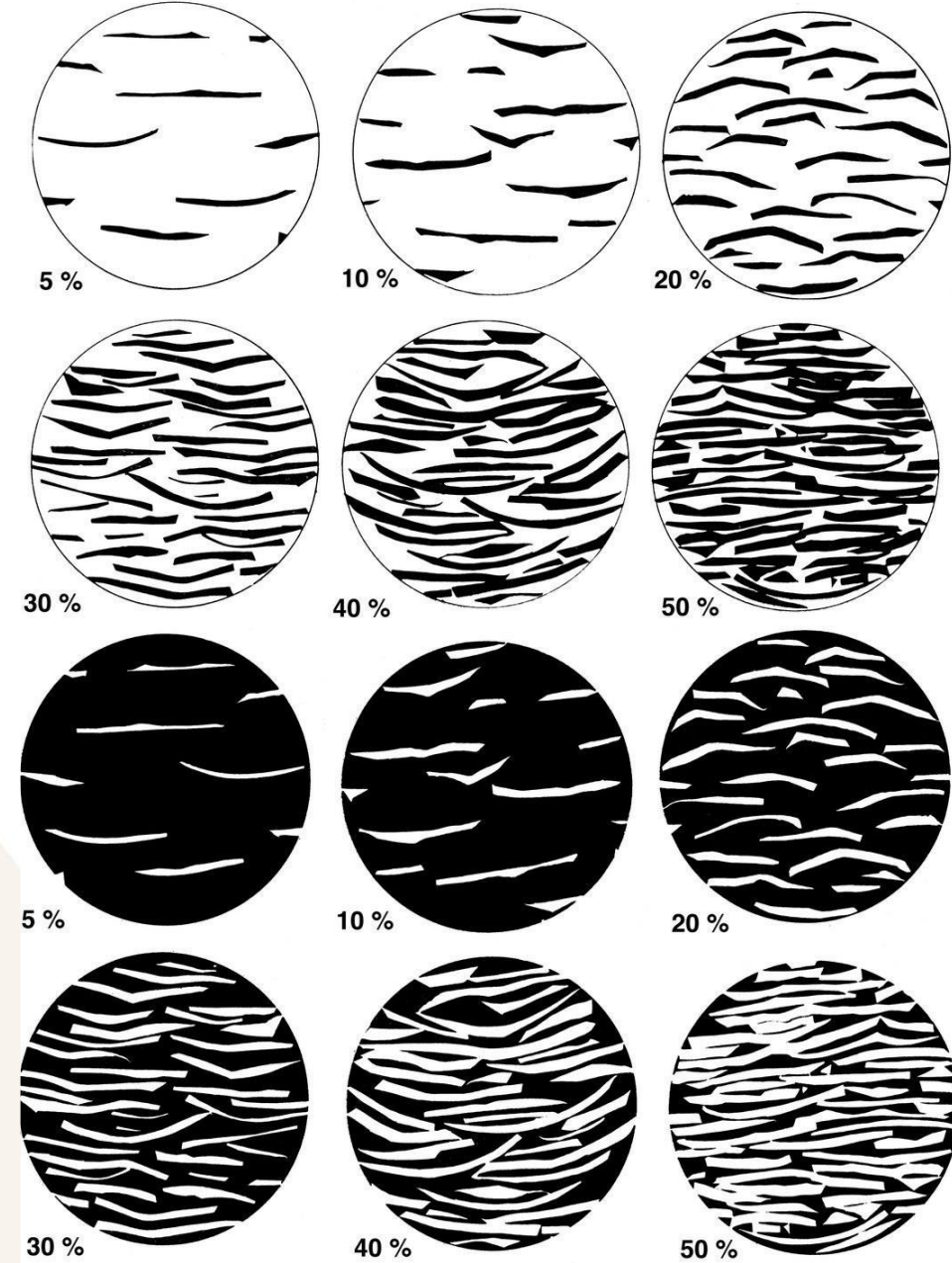
Para calizas

H The chart can be used to estimate the percentage of grains in limestones composed of various skeletal grains, lithoclasts and peloids



From: Baccelle, L. & Bosellini, A. (1965): Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocche sedimentarie. – Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie), Sezione 9, Scienze geologiche e paleontologiche, Vol.1, No. 3, 59- 62, 15 Pls.

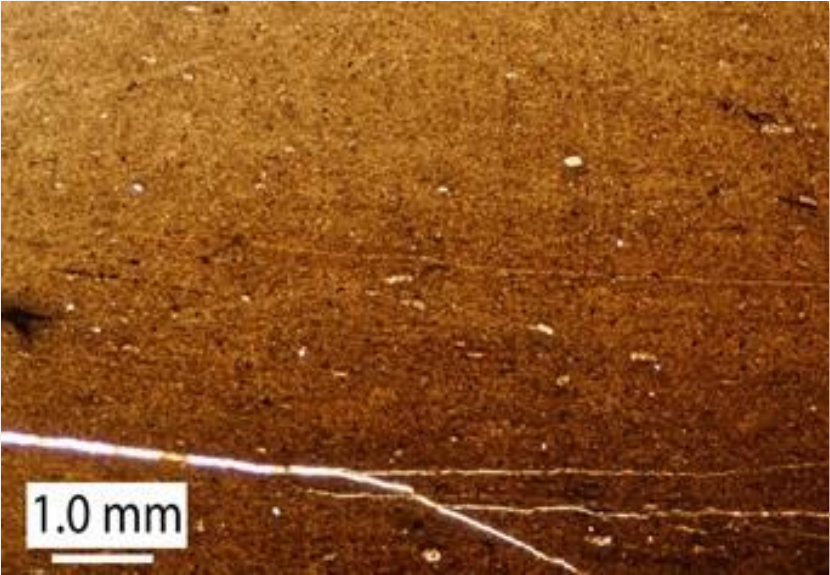
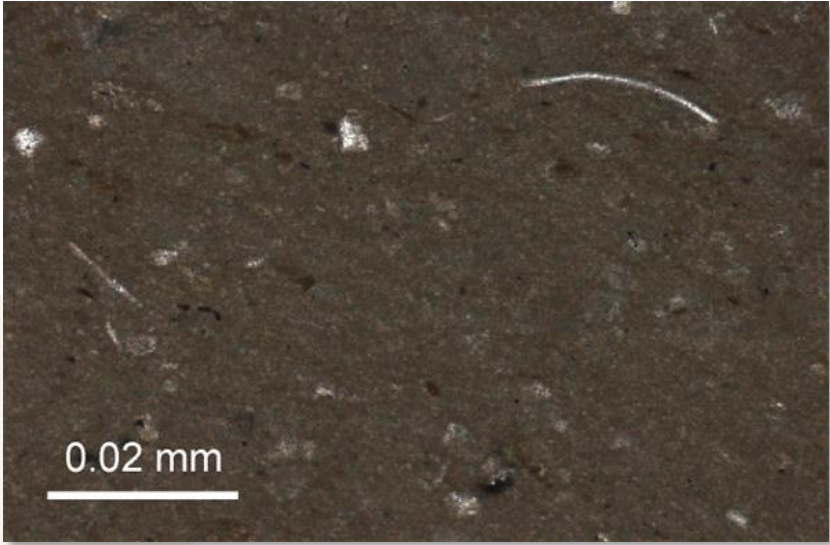
G The chart can be used to estimate the percentage of shells or platy fossils (e.g. phylloid algae)



From: Baccelle, L. & Bosellini, A. (1965): Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocche sedimentarie. – Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie), Sezione 9, Scienze geologiche e paleontologiche, Vol.1, No. 3, 59- 62, 15 Pls.

Exploraciones

Caliza mudstone

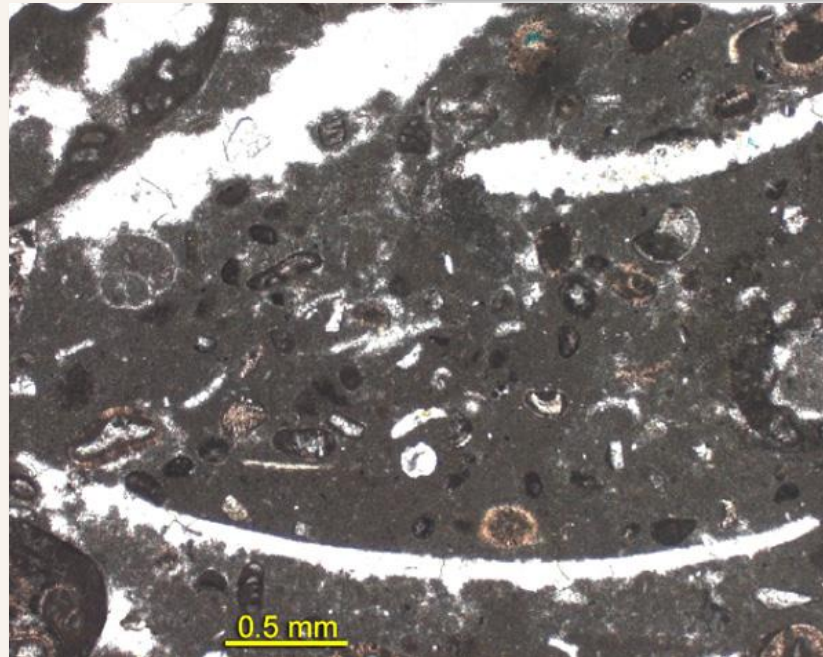
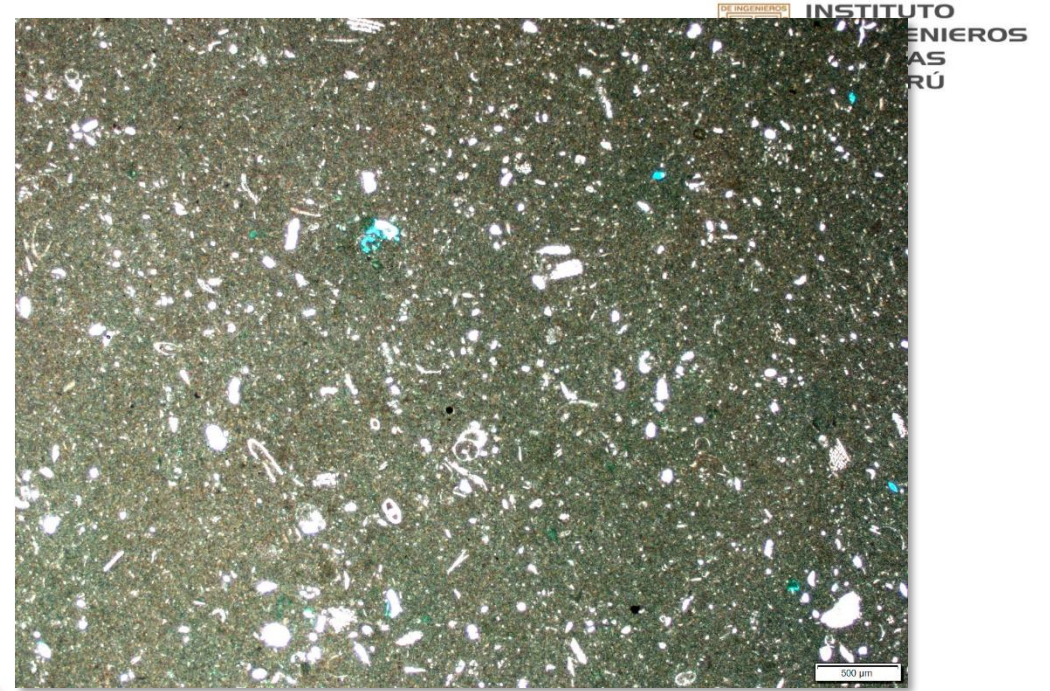


...caliza mudstone gris clara, en estratos de...



Exploraciones

wackestone de...



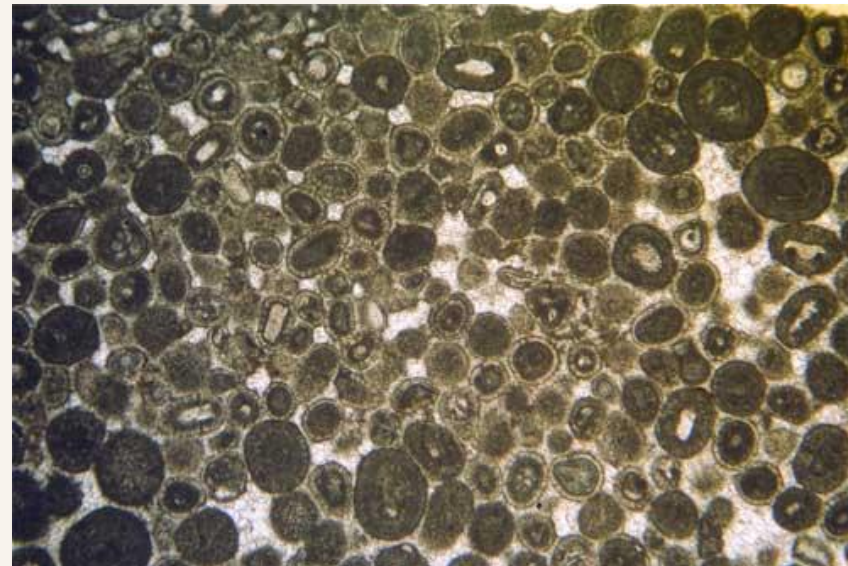
...caliza wackestone gris clara
con ostrácodos, dispuestos
en estratos de...

Exploraciones

Caliza grainstone de...



Ooides y peloides (pellets)



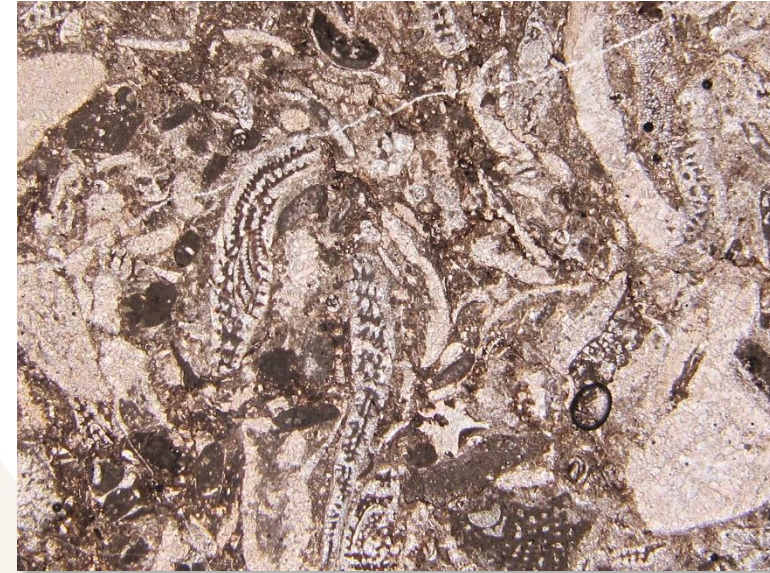
...caliza grainstone gris
verdosa de ooides,
dispuestos en estratos de...

Ooides y peloides



Exploraciones

Caliza grainstone de...



Foraminíferos y
ooides



Foraminíferos y
ooides

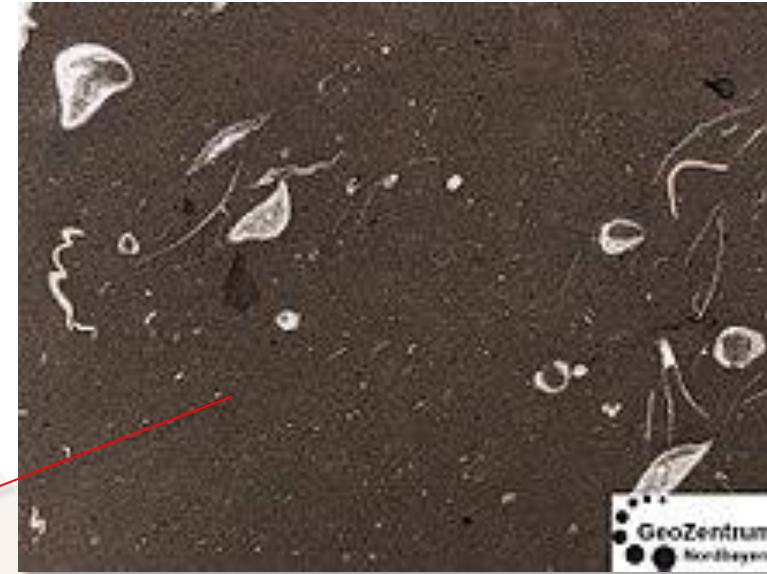
...caliza grainstone gris
verdosa de foraminíferos
(meandropsínidos),
dispuestos en estratos de...

Exploraciones

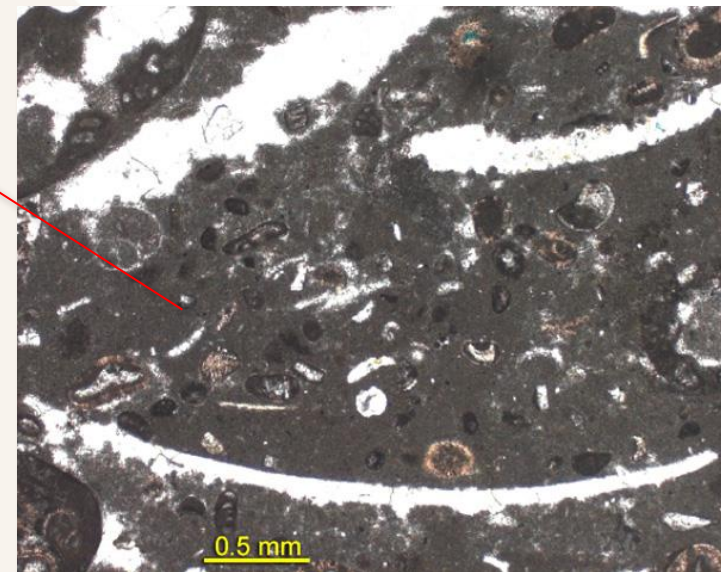
Floatstone de bivalvos ... (con matriz de mudstone)



...caliza floatstone de bivalvos con matriz de wackestone gris verdosa de ostrácodos y foraminíferos (globulares), dispuestos en estratos de...



...de mudstone

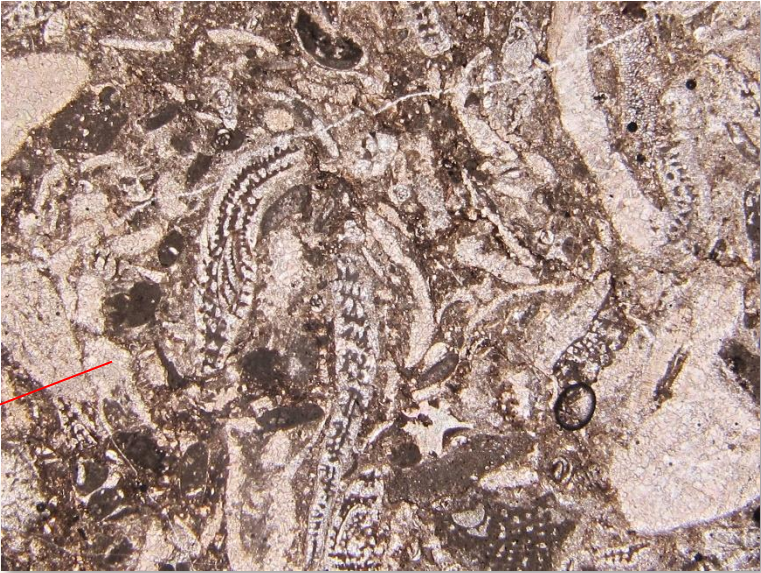


... de wackestone



Exploraciones

Rudstone de crinoideos ... (con matriz de grainstone de ...)



...de
foraminíferos y
ooides



... de ooides

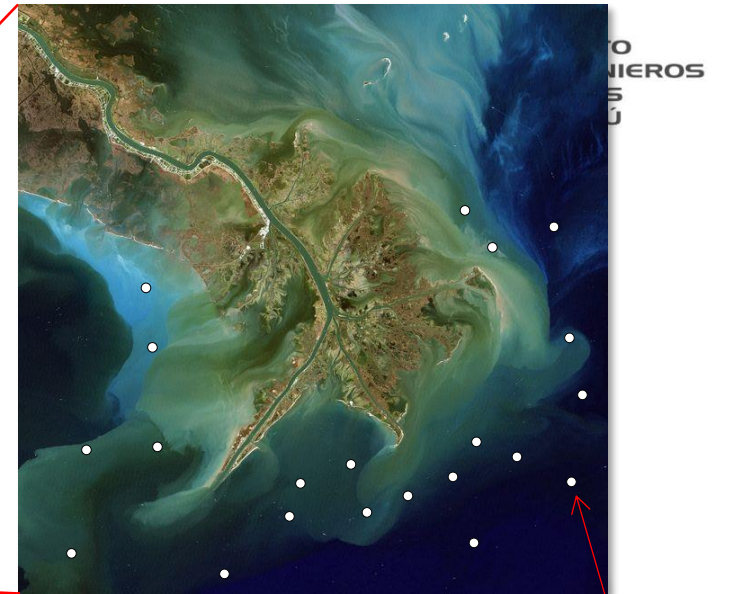
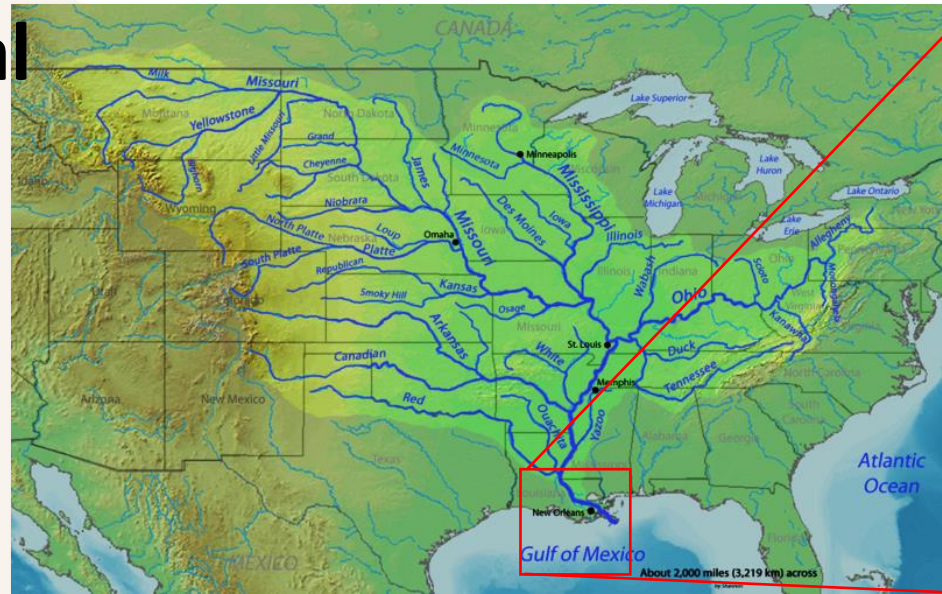
...caliza rudstone de crinoideos con matriz de grainstone gris parduzco de ooides, dispuestos en estratos de...



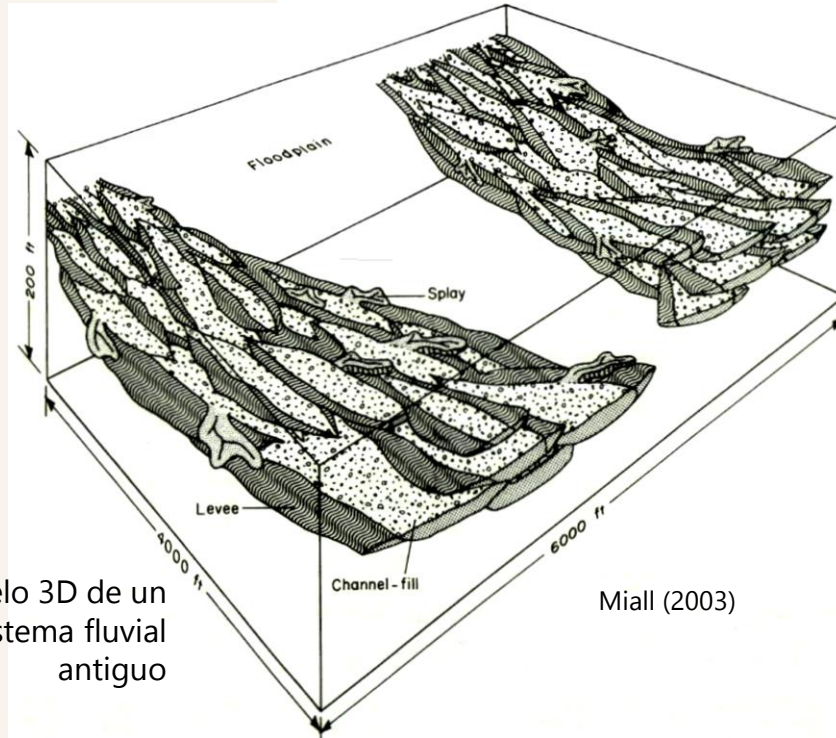
Sedimentología actual



PhD. Andrew Miall. Geólogo sedimentólogo de la Universidad de Toronto, Canadá. Con numerosas publicaciones en el entendimiento de los procesos fluviales por medio de la hidrodinámica.



Plataforma petrolera



Modelo 3D de un sistema fluvial antiguo

Miall (2003)

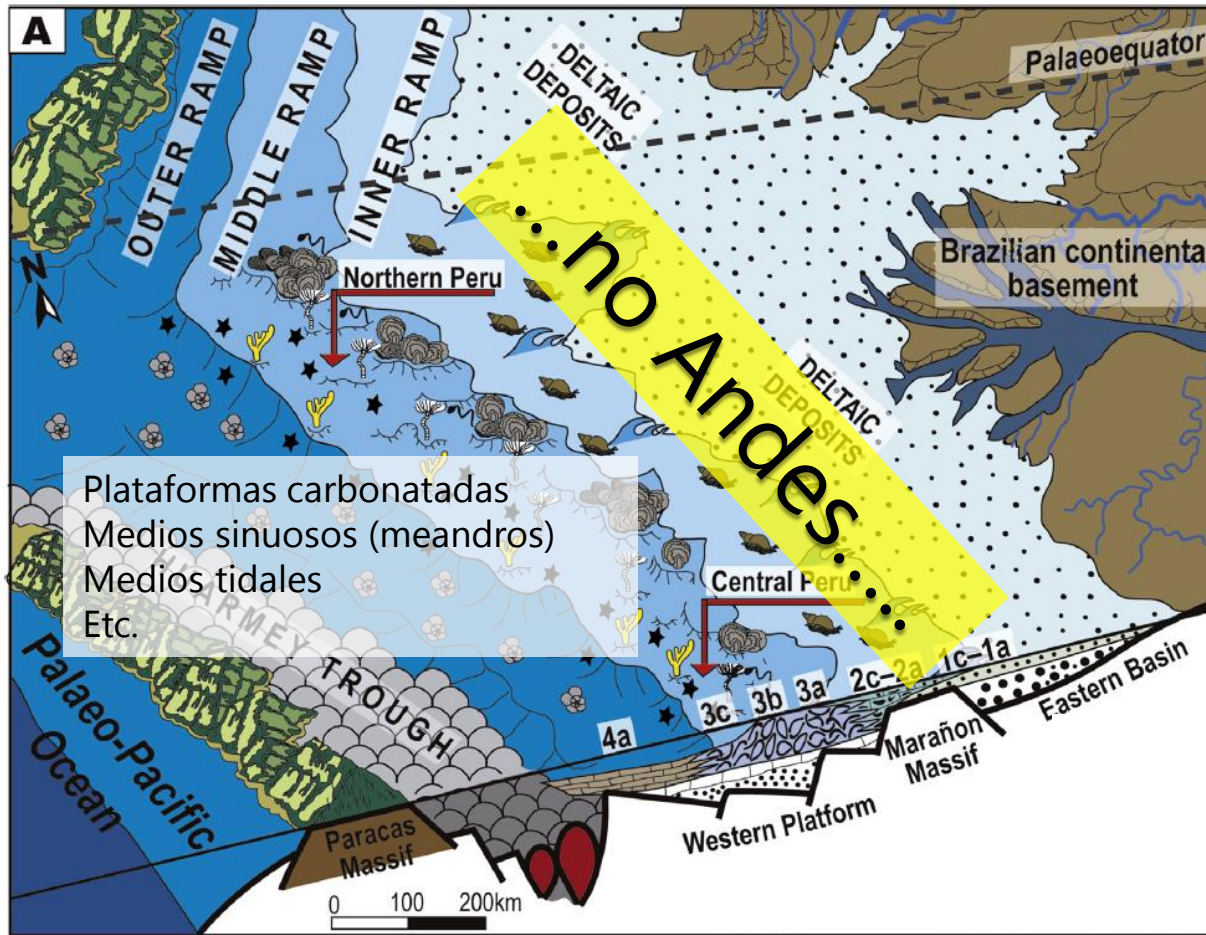
Basados en:

- Sísmica
- Perforaciones
- Petrofísica
- Sedimentología de superficie
- Etc.



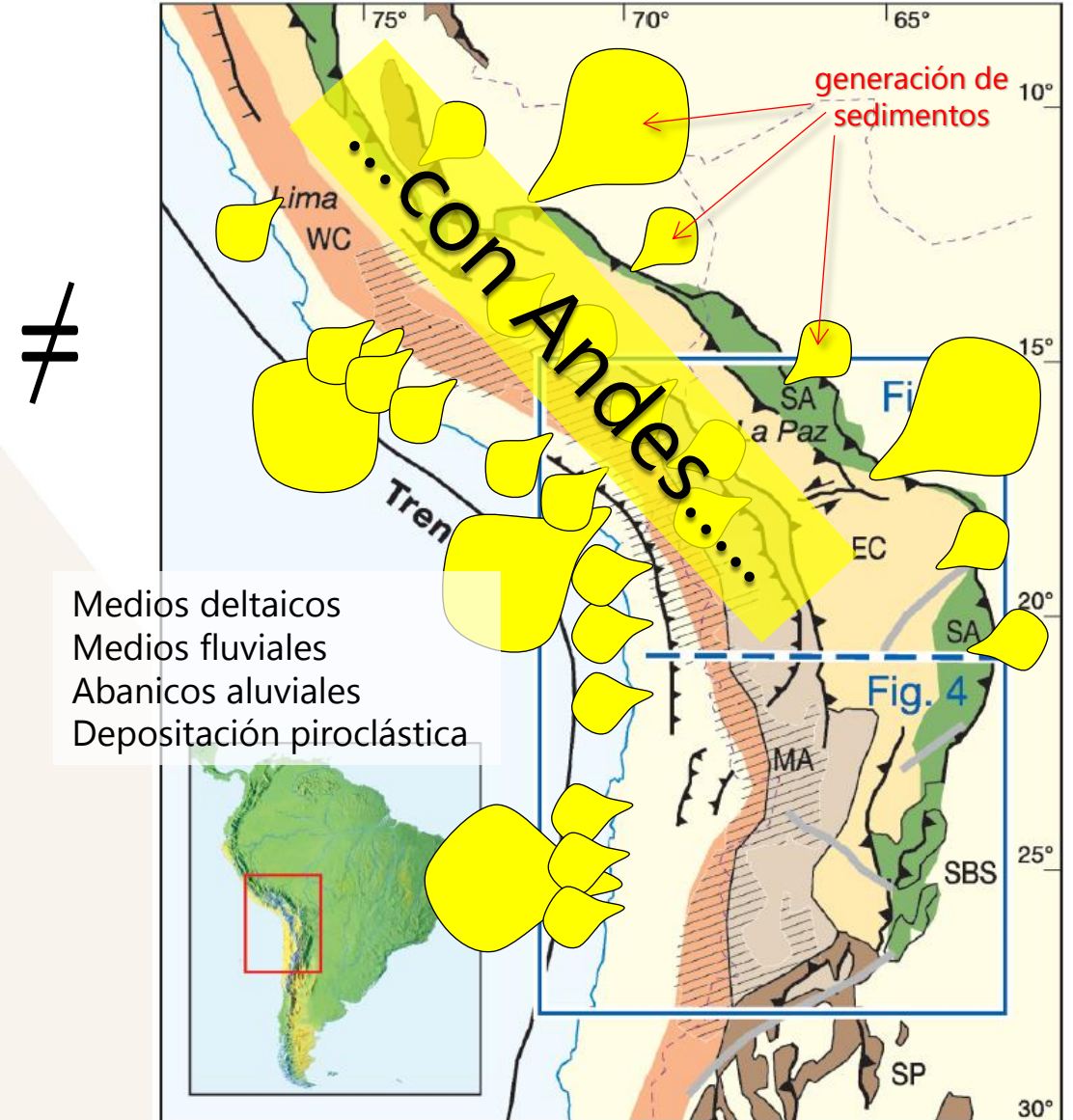
Origen

Digamos... en el Paleozoico y Mesozoico Peruano



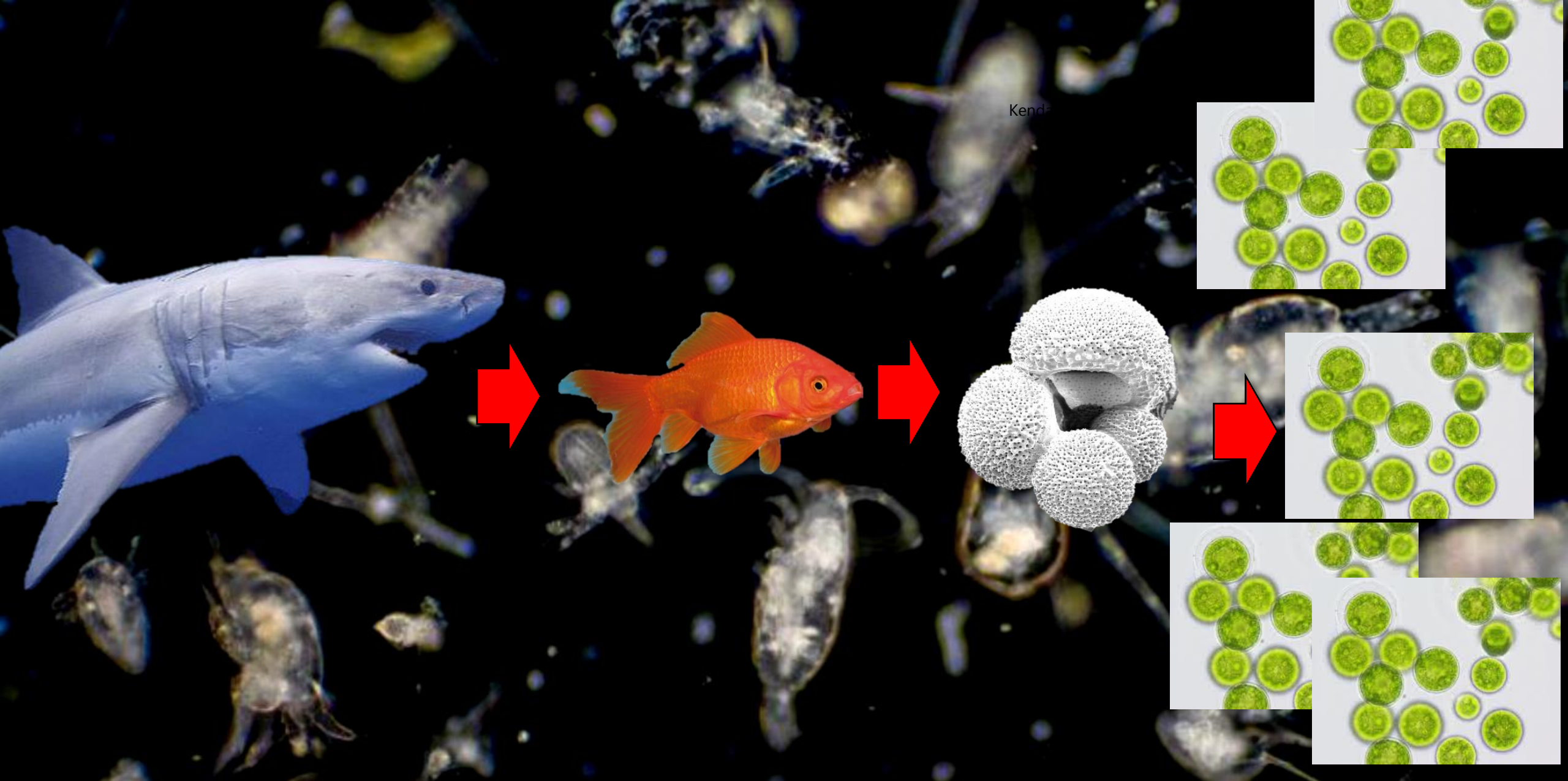
Modificado de Navarro-Ramírez et al. (2017)

Digamos... en el Cenozoico Peruano

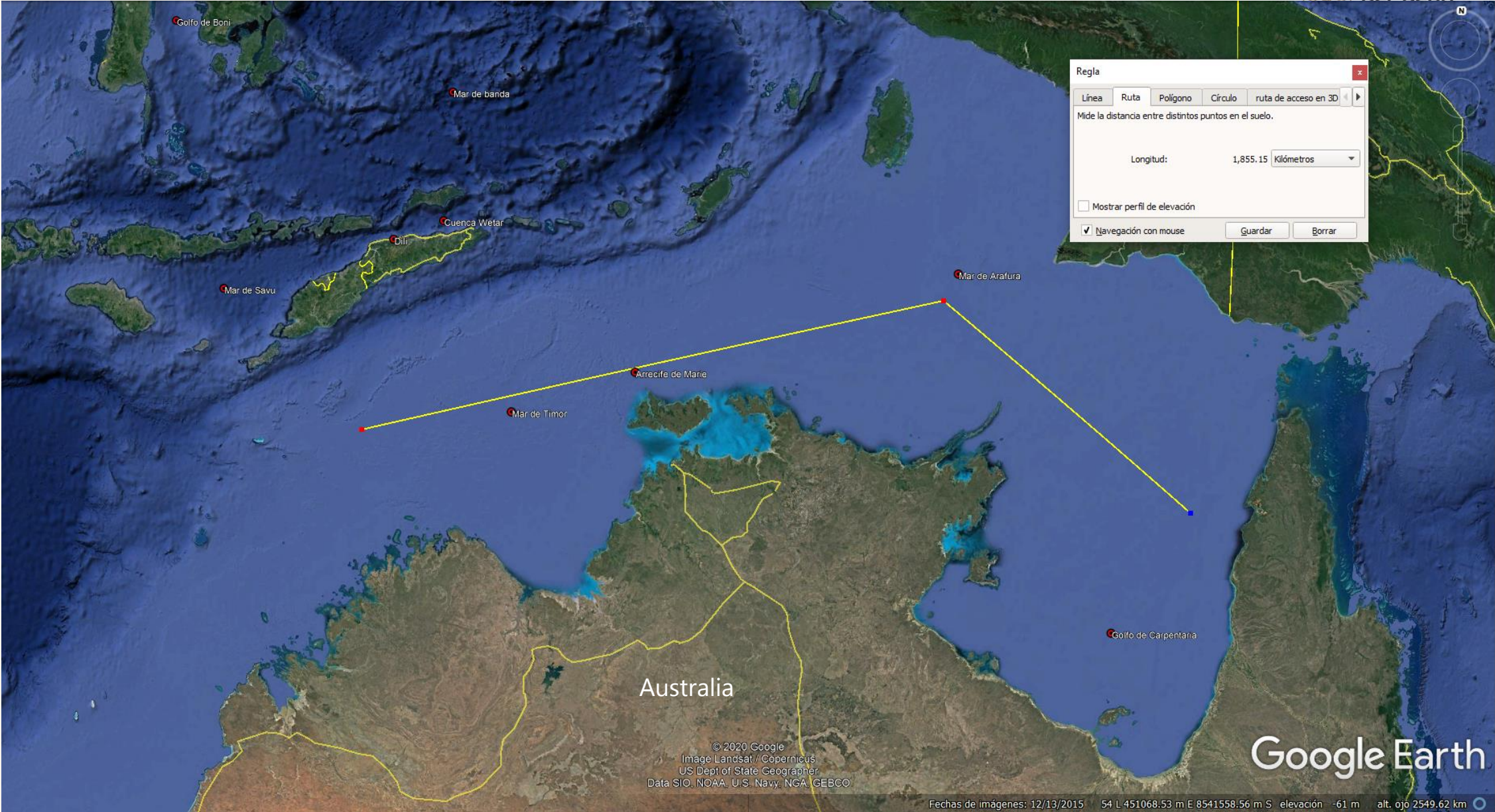


Modificado de Oncken et al. (2006)

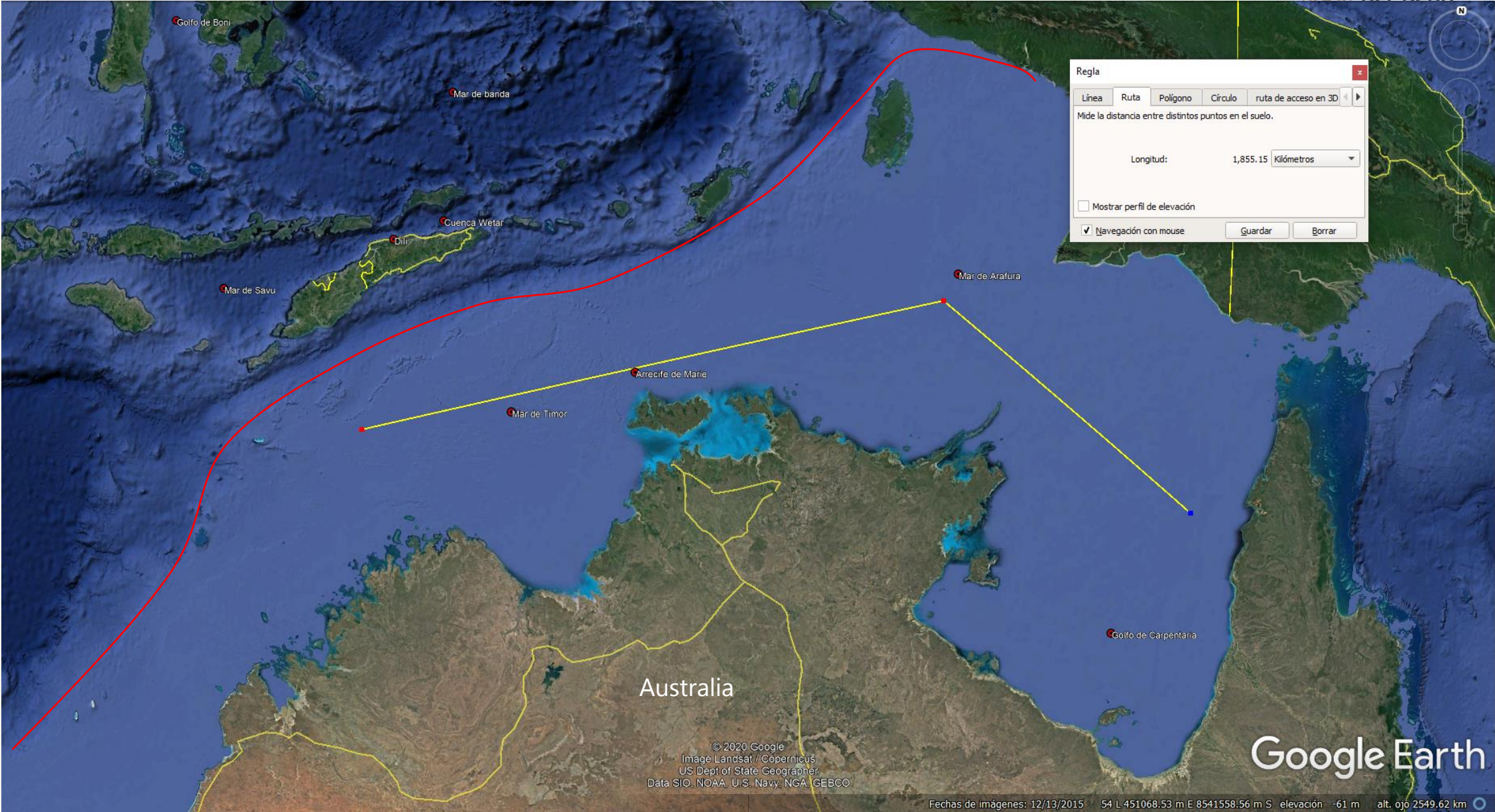
Origen



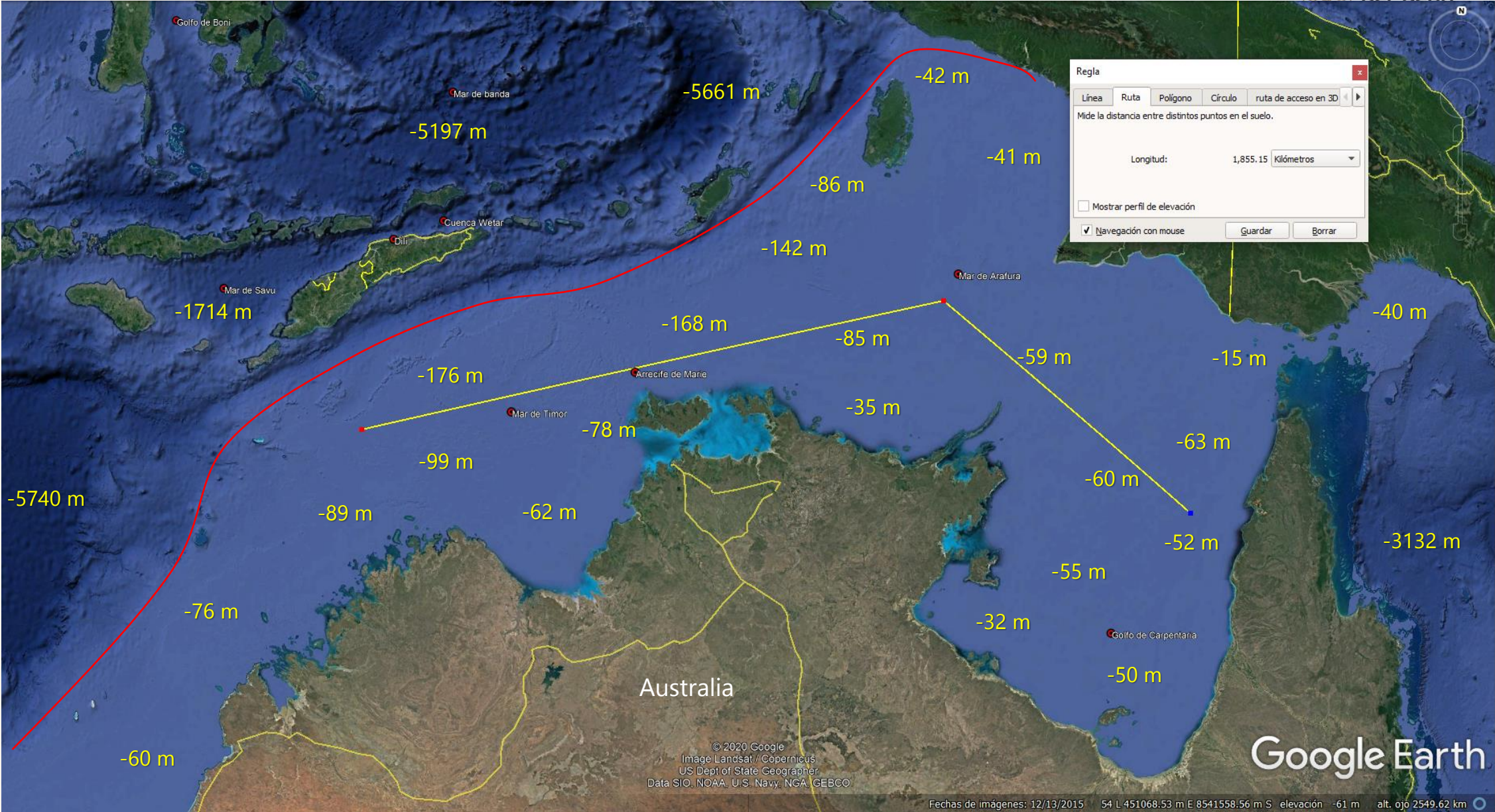
Anatomía de las Plataformas carbonatadas



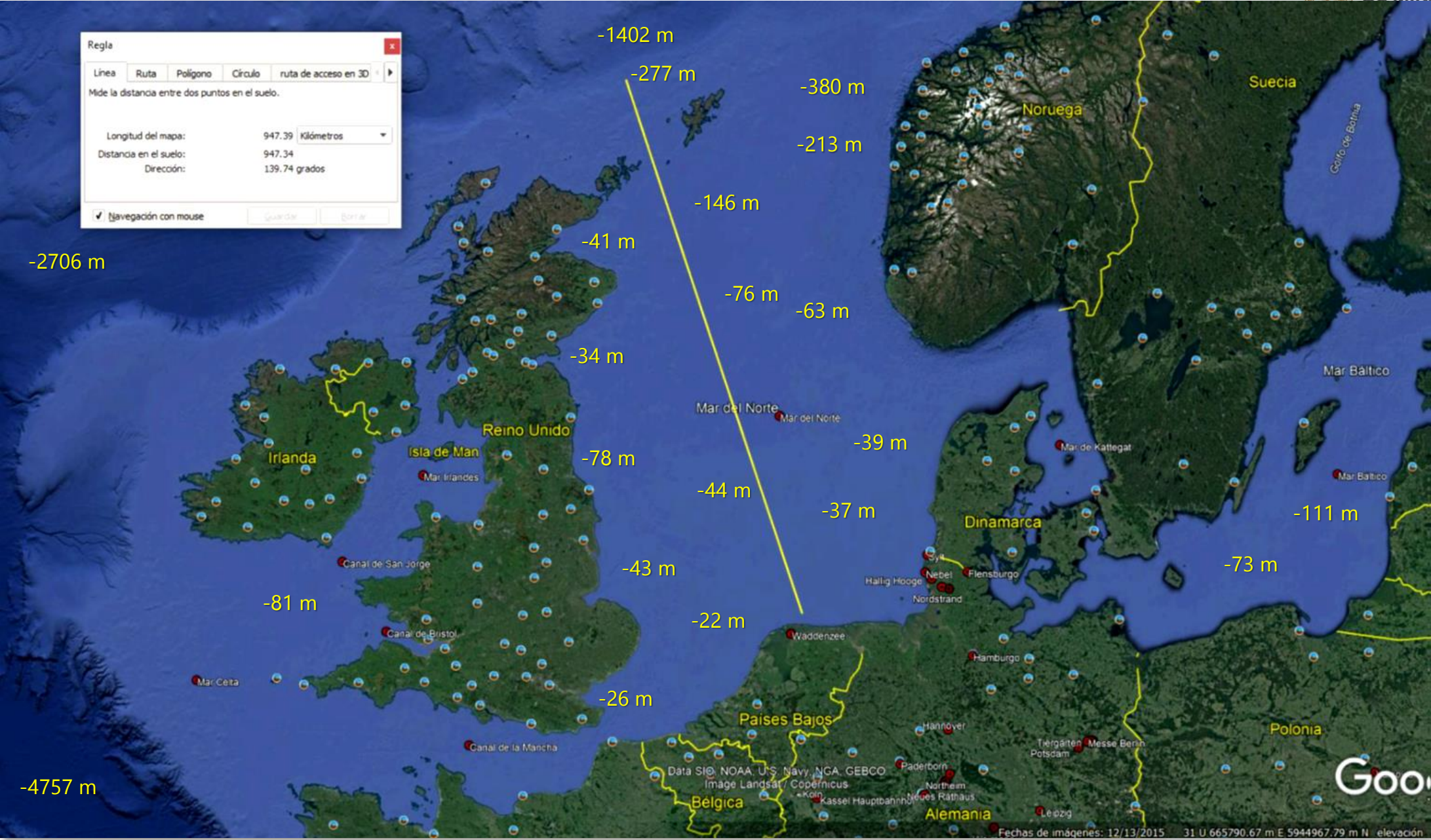
Anatomía de las Plataformas carbonatadas



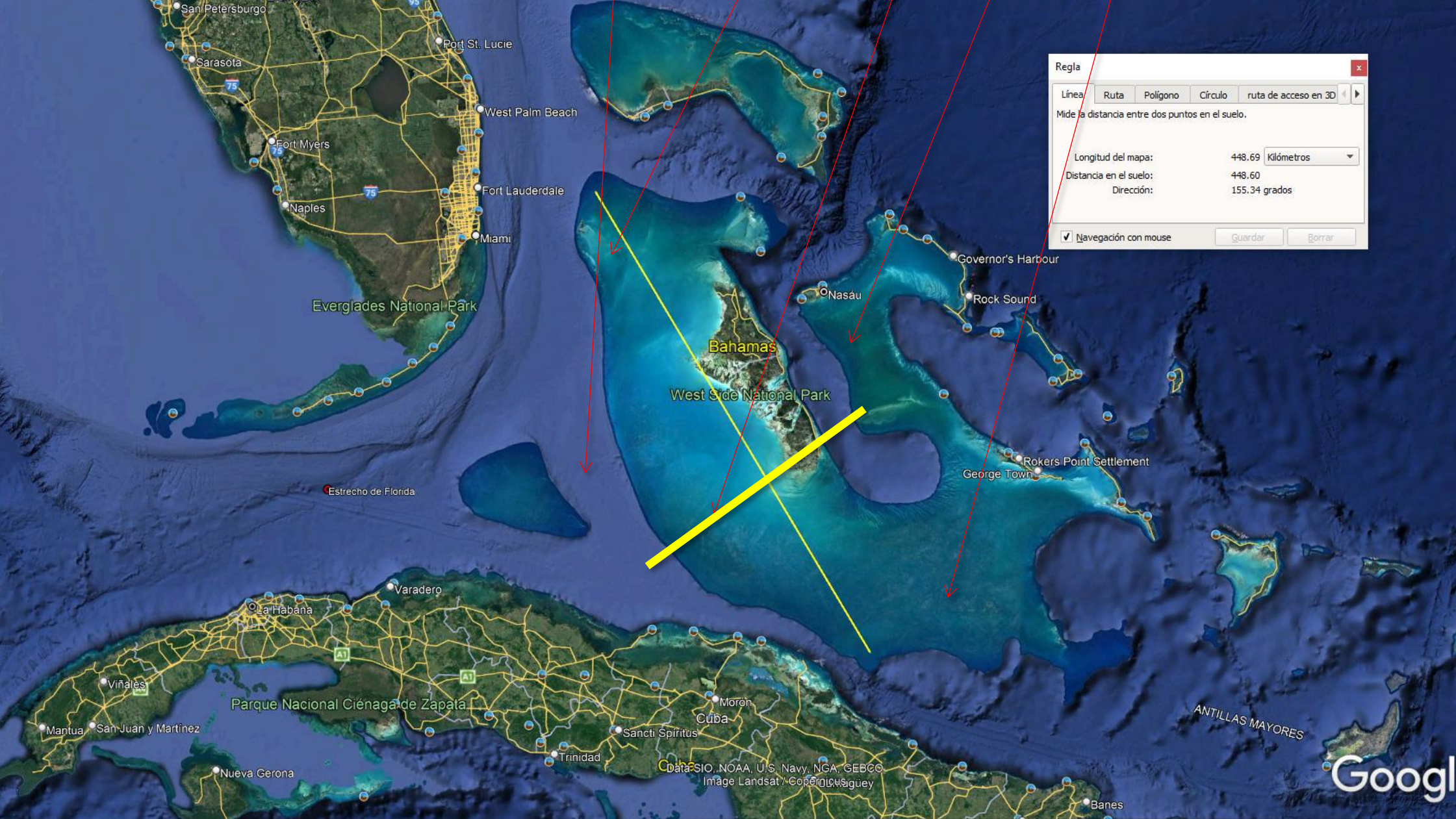
Anatomía de las Plataformas carbonatadas



Anatomía de las Plataformas carbonatadas



Anatomía de las Plataformas carbonatadas

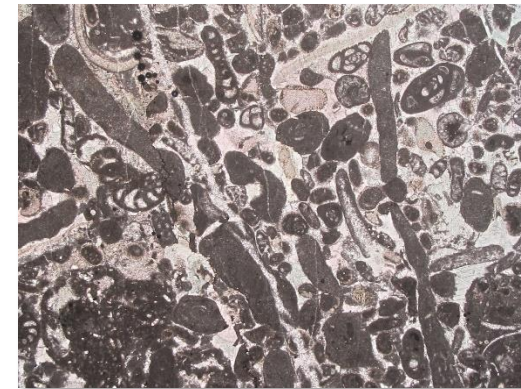


-683 m -6 m -11 m -2 m -3 m

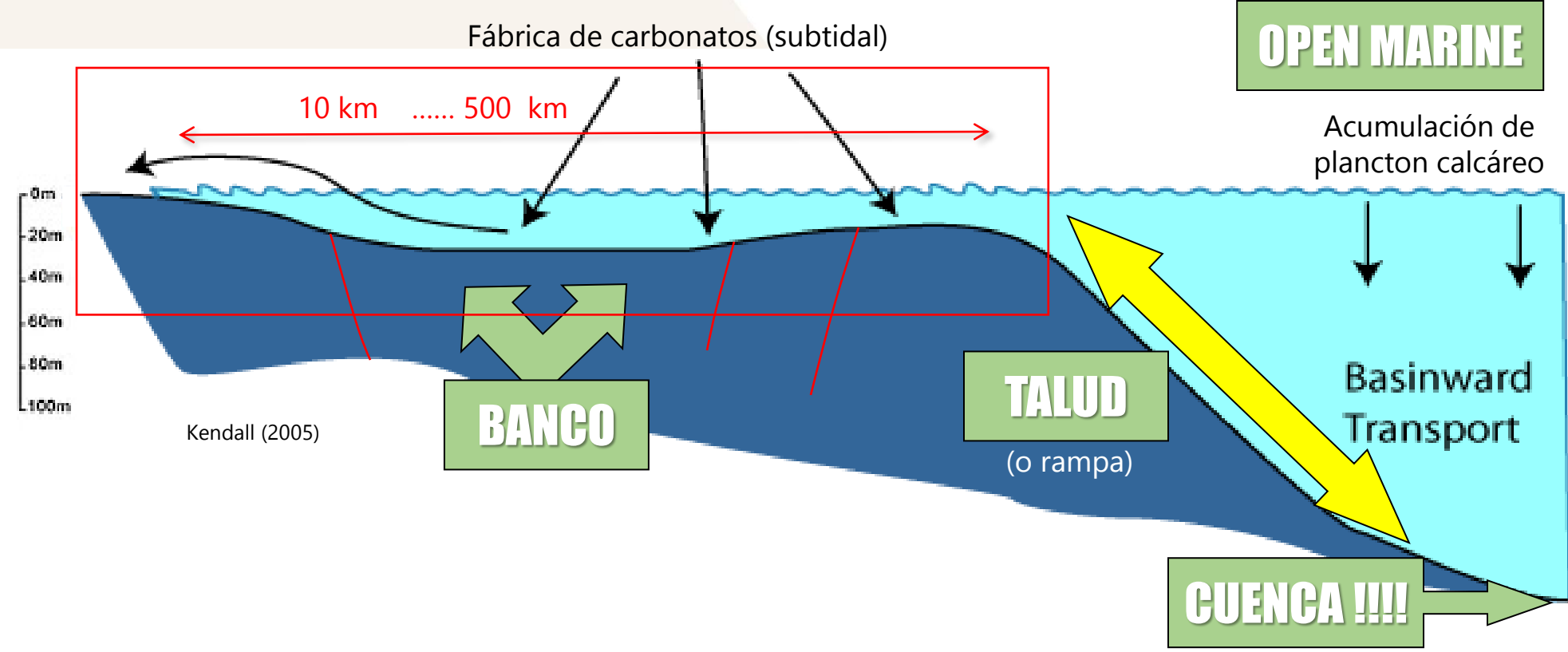
Anatomía de las Plataformas carbonatadas



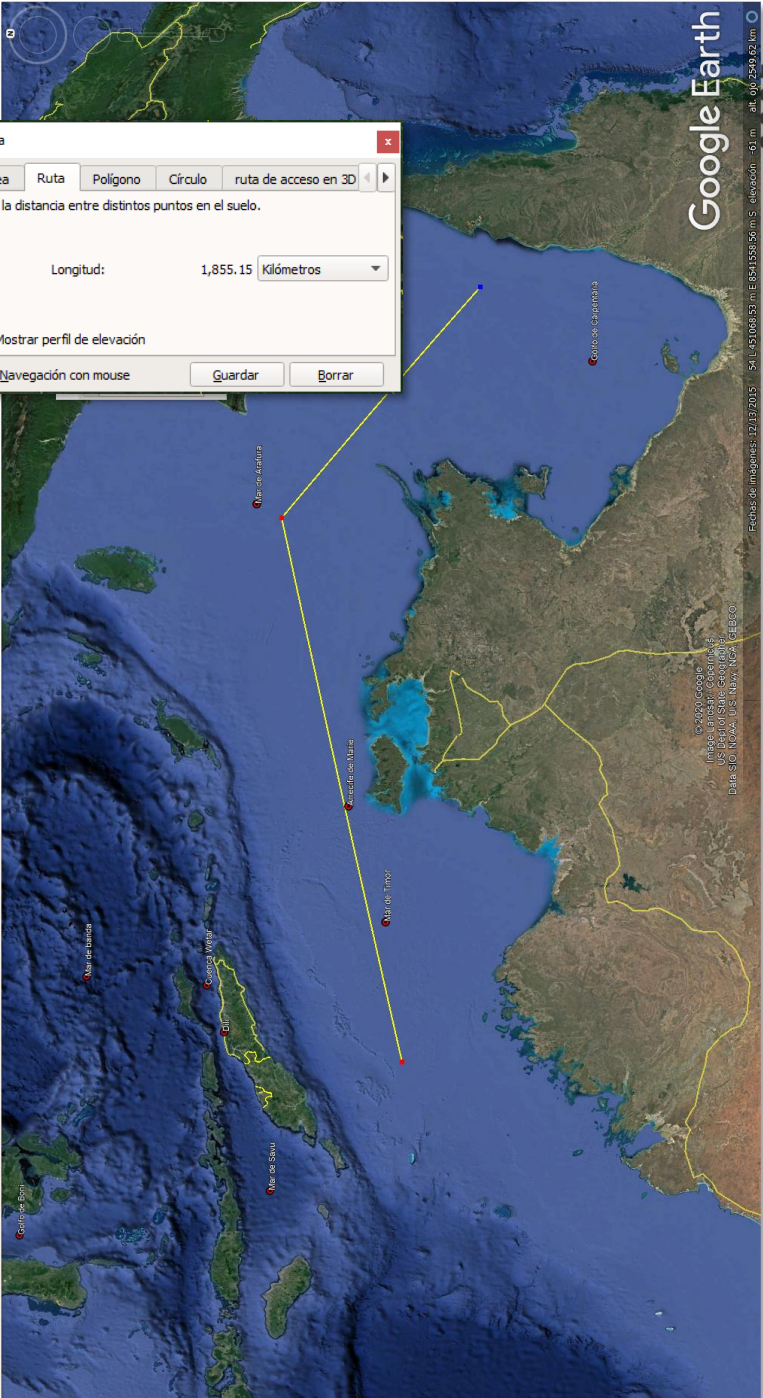
Costas de Sylt, norte de Alemania (mar del Norte).



Anatomía de las Plataformas carbonatadas



Anatomía



Actual plataforma carbonatada al norte de Australia



Exploraciones



Calizas de la Fm. Jumasha (Cretácico superior), Mina Uchucchacua, Cia. Buenaventura.



Exploraciones

Mina Uchucchacua.

Es un yacimiento argentífero con contenido de manganeso hospedado en carbonatadas de la formación Jumasha superior, relacionado a intrusivos. Consiste de vetas y cuerpos de mineral asociados a sistemas de estructuras NW-SE. Destacan las fallas Uchucchacua, Cachipampa, Rosa y Sandra, entre otras.

La mineralogía es variada y compleja. La coexistencia de plata en sulfuros y abundante alabandita y calcosilina. El plomo y zinc se incrementan en los intrusivos. Se trabaja en la zona de Carmen-Casualidad y Huantajalla.

<https://www.buenaventura.com/es/operaciones>

RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL Y DE MICROFACIES CARBONATADAS DE LA FORMACION JUMASHA (K-SUP) EN LA MINA UCHUCHCACUA

Alver Paricahua¹, Omar Rodriguez², Aldo Alvan³

¹ BISA Ingeniería de Proyectos S.A, Av Carlos Villaran 790, Lima, Peru (aparicahua@bisa.com.pe)

² BISA Ingeniería de Proyectos S.A, Av Carlos Villaran 790, Lima, Peru (orodriguez@bisa.com.pe)

³ Consultor Independiente, Lima, Peru (aldo_alvan@yahoo.es)

1. Introducción

El centro minero Uchucchacua, está ubicado en una morfoestructura denominada como Faja Corrida y plegada del Marañón (Mégard, 1984) que afecta a unidades mesozoica de la cuenca occidental peruana (Formación Chicama, Grupo Goyllarisquizga y las unidades calcáreas del Cretácico). Se extiende desde Huancavelica por el Sur hasta Cajamarca por el norte, en ella se encuentran ubicados depósitos polimetálicos como Raura, Uchucchacua, Magistral, Antamina y epitermales como Yanacocha, Lagunas Norte.

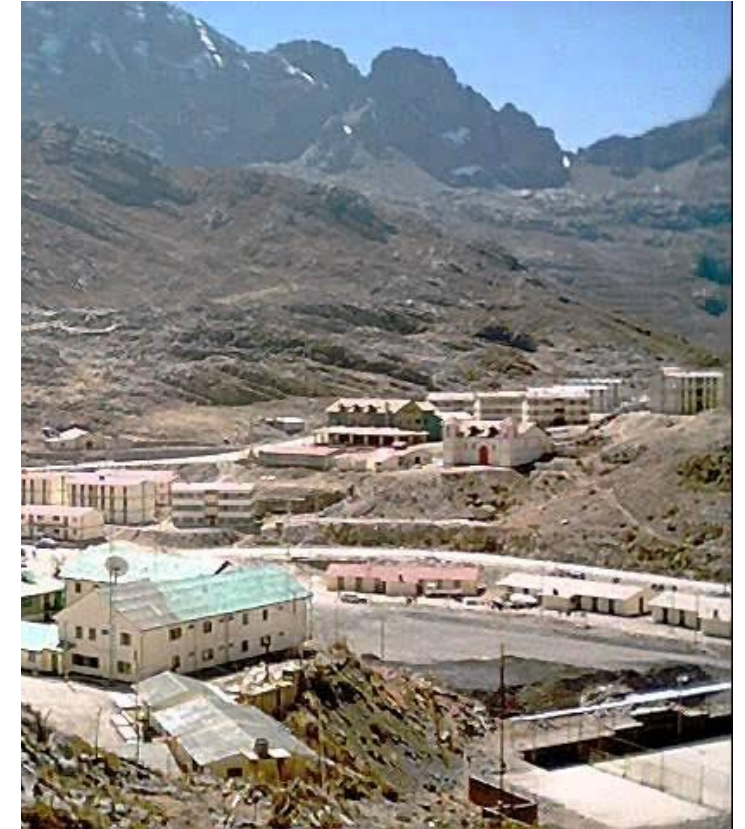
La mina Uchucchacua se ubica en el bloque oriental de la falla Chonta a lo largo de una zona de transferencia de dirección NE-SW conformada por la falla Cachipampa, donde también se encuentra el proyecto Yumpag.

La falla Uchucchacua, Tinquicocha-Cutacocha hacen cabalgar a la Formación Celendín sobre el Jumasha medio, lo cual implica un sistema de corrimientos complejos con diferentes eventos tectónicos pre mineral que han podido plegar fallas pre existentes.

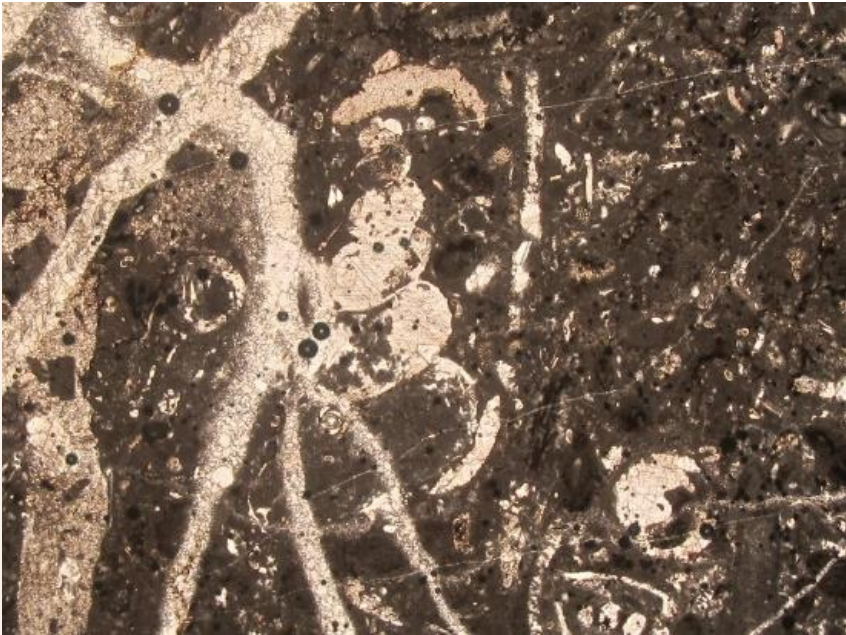
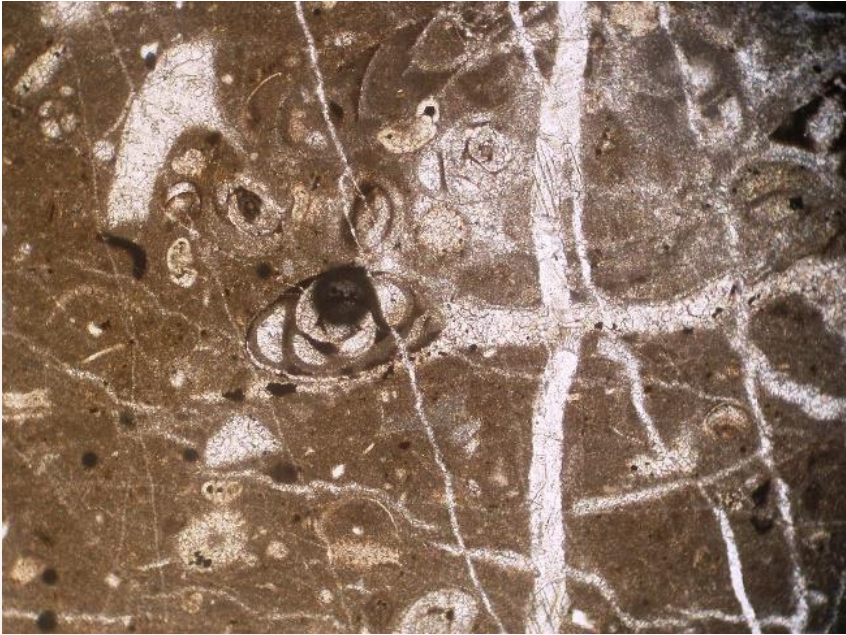
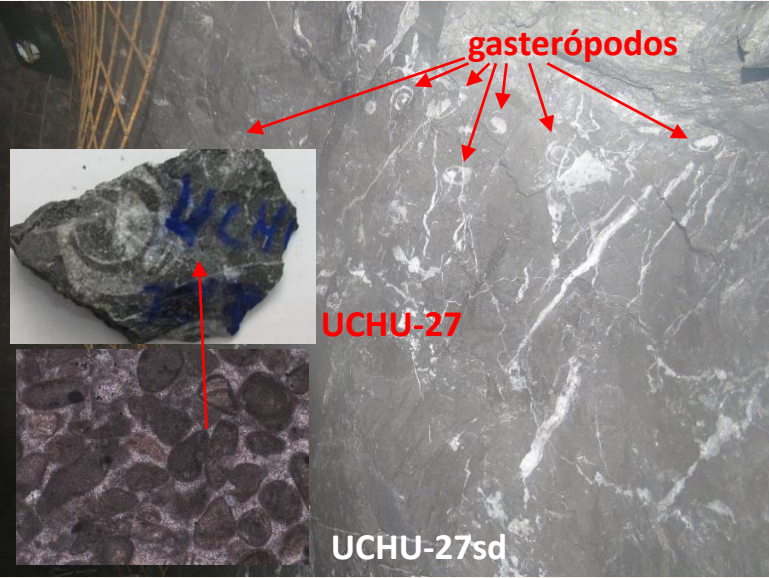
Las rocas carbonatadas de la Formación Jumasha constituyen un metalotecto muy importante en el centro y norte del territorio Peruano para la exploración, en la operación minera el desafío surge al momento de definir la organización estratigráfica y el contexto estructural de las rocas donde ocurre la mineralización, sin embargo, las variaciones laterales de facies complican la predicción y el primer paso para superar esta complicación es analizar estas rocas en términos de análisis de cuencas sedimentarias.

Compañía de Minas Buenaventura consideró clave la definición de estratos guías que sean correlacionables en el subsuelo con el objetivo de interpretar los horizontes con potencial de mineral. El primer paso es describir la petrografía de las calizas y determinar el contenido fósil (micro), el siguiente paso fue explicar cuál es la relación entre la composición petrográfica y la ocurrencia mineral, los resultados muestran evidencias contundentes acerca de la relación y ofrece pistas novedosas sobre la predicción de nuevos cuerpos con recursos minerales.

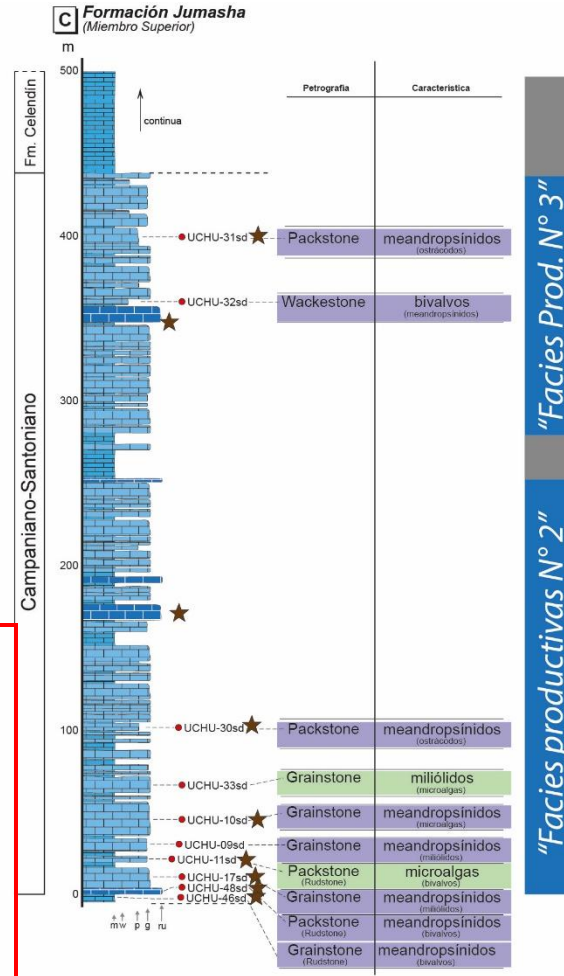
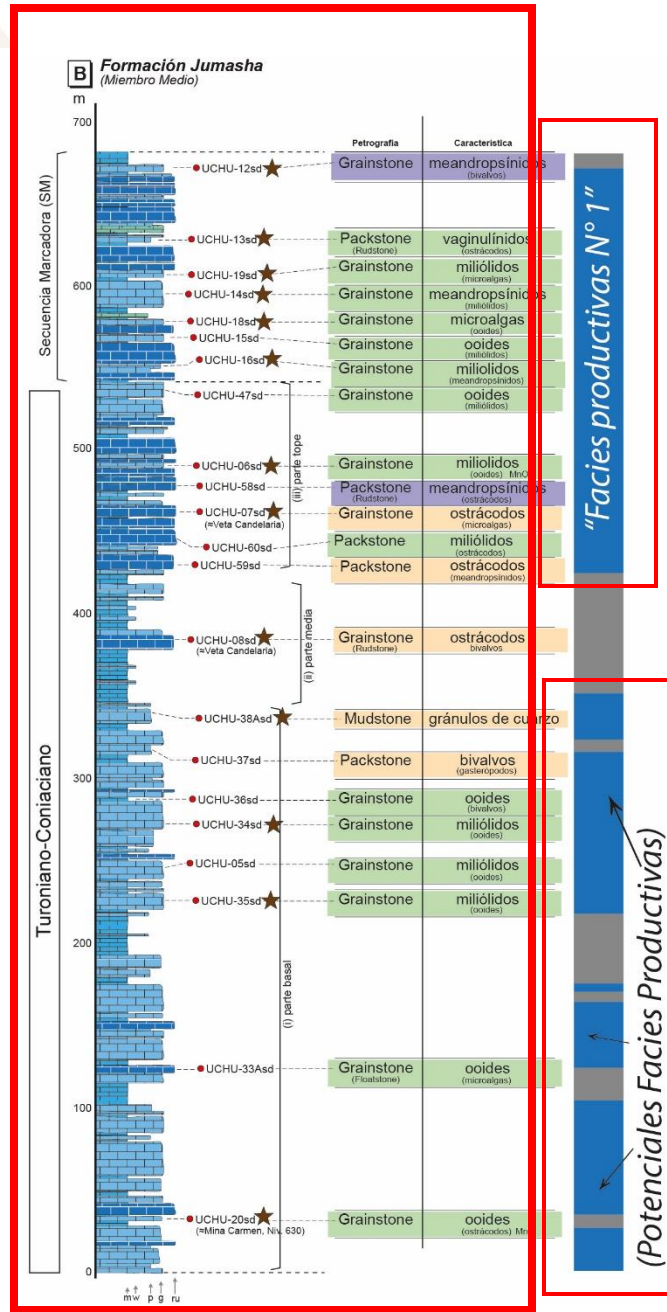
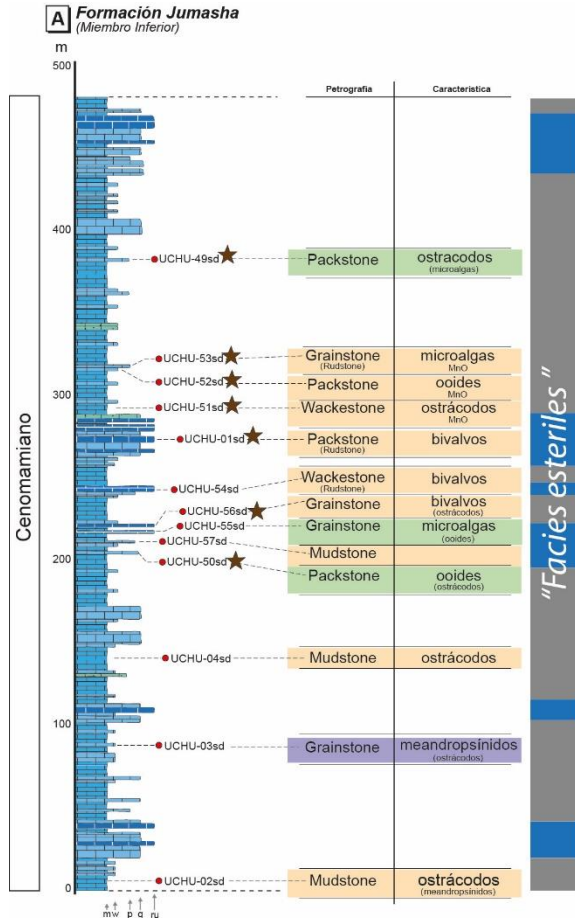
Las labores mineras que se vienen realizando en Uchucchacua ya han sobrepasado los 700 m de profundidad y tomando en consideración el buzamiento de bajo ángulo de los estratos, se supone que se ha superado largamente el espesor del miembro Jumasha medio y las labores se siguen desarrollando en las calizas que aparentan ser del Jumasha medio. En ese sentido se plantea que existen repeticiones tectónicas dentro de la mina. En efecto esta hipótesis también es considerada por los geólogos del proyecto Yumpag (R. Ligarda,).



Exploraciones



Exploraciones



Potencial de recepción mineral
dominancia de:

- Facies "esteriles" (mudstone/wackestone)
- Facies "productivas" packstone/grainstone/rudstone

"Facies Productivas N° 1"

"Facies Productivas N° 2"

"Facies Productivas N° 3"

Exploraciones

B Formación Jumasha (Miembro Medio)

Secuencia Marcadora (SM)	Petrografía	Característica
UCHU-12sd	Grainstone	meandropsinidos
UCHU-13sd	Packstone	vaginulínidos
UCHU-19sd	Grainstone	milíolidos
UCHU-14sd	Grainstone	meandropsinidos
UCHU-18sd	Grainstone	microalgas
UCHU-15sd	Grainstone	oides
UCHU-16sd	Grainstone	milíolidos
UCHU-47sd	Grainstone	oides
UCHU-06sd	Grainstone	milíolidos
UCHU-58sd	Packstone	meandropsinidos
UCHU-07sd (veta Candelaria)	Grainstone	ostrácodos
UCHU-60sd	Packstone	milíolidos
UCHU-59sd	Packstone	ostrácodos
UCHU-08sd (veta Candelaria)	Grainstone	ostrácodos
UCHU-38Asd	Mudstone	gránulos de cuarzo
UCHU-37sd	Packstone	bivalvos
UCHU-36sd	Grainstone	oides
UCHU-34sd	Grainstone	milíolidos
UCHU-05sd	Grainstone	milíolidos
UCHU-35sd	Grainstone	milíolidos
UCHU-33Asd	Grainstone	oides
UCHU-20sd (veta Carmen, N° 630)	Grainstone	oides

Turoniano-Contiacoiano

700 m

600

500

400

300

200

100

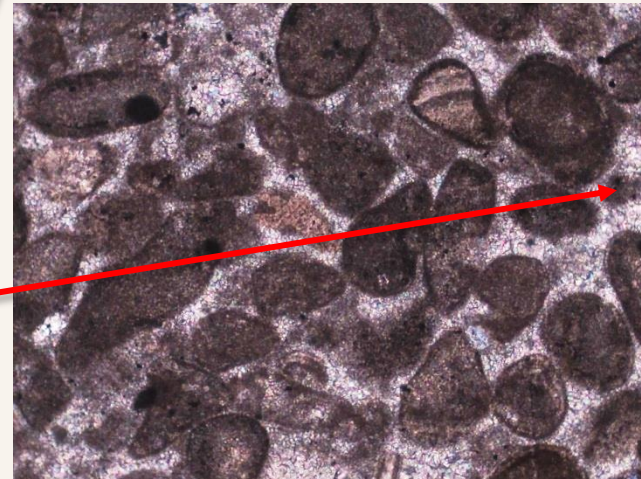
0

mw p g ru

Muestras con

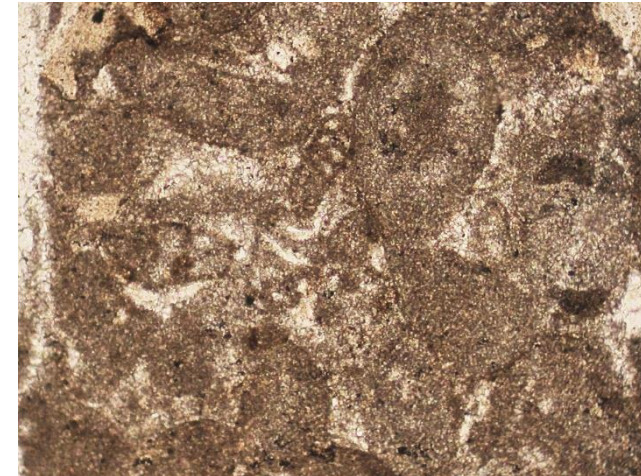


(Miembro Medio) UCHU-35

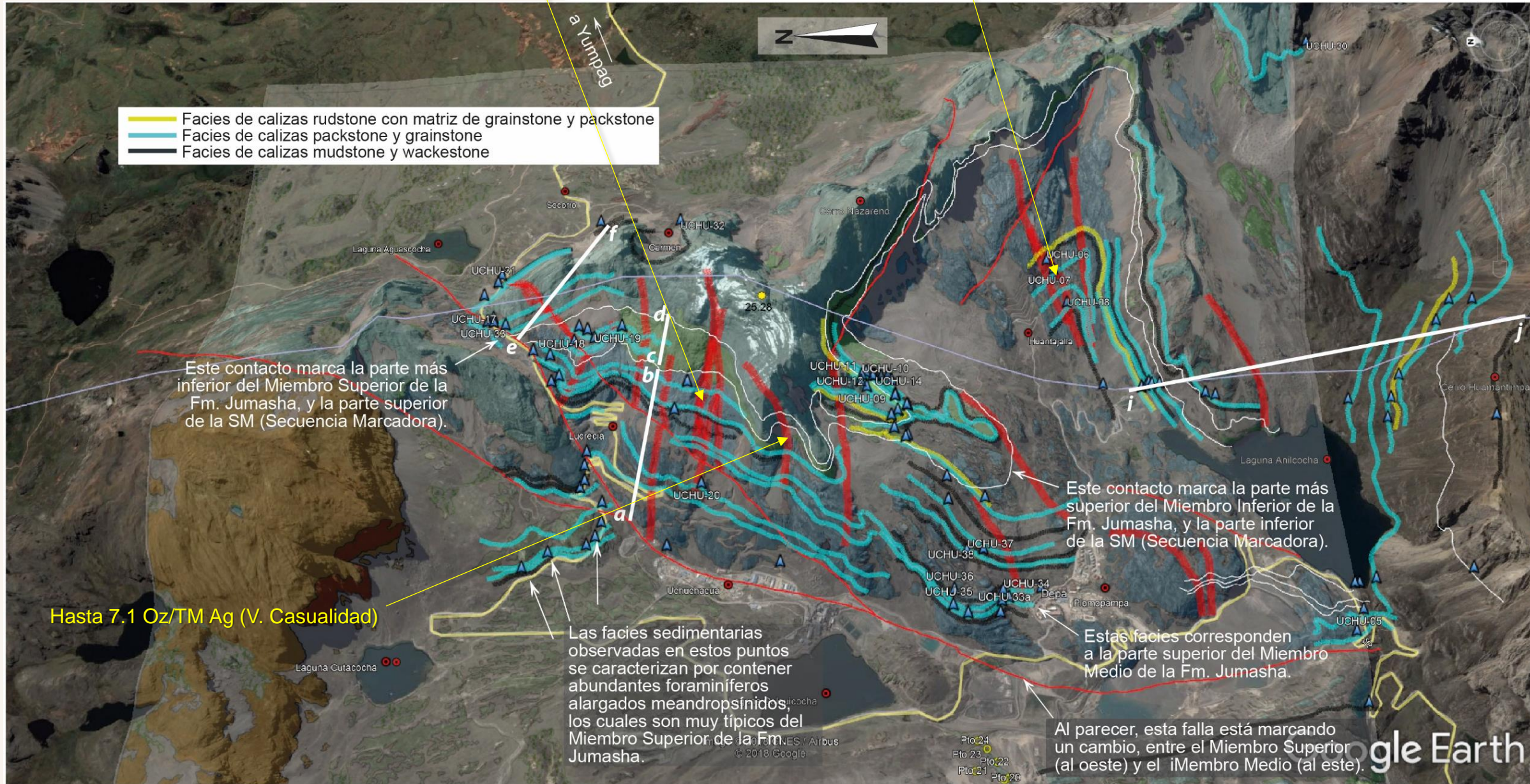


(Miembro Medio) UCHU-33

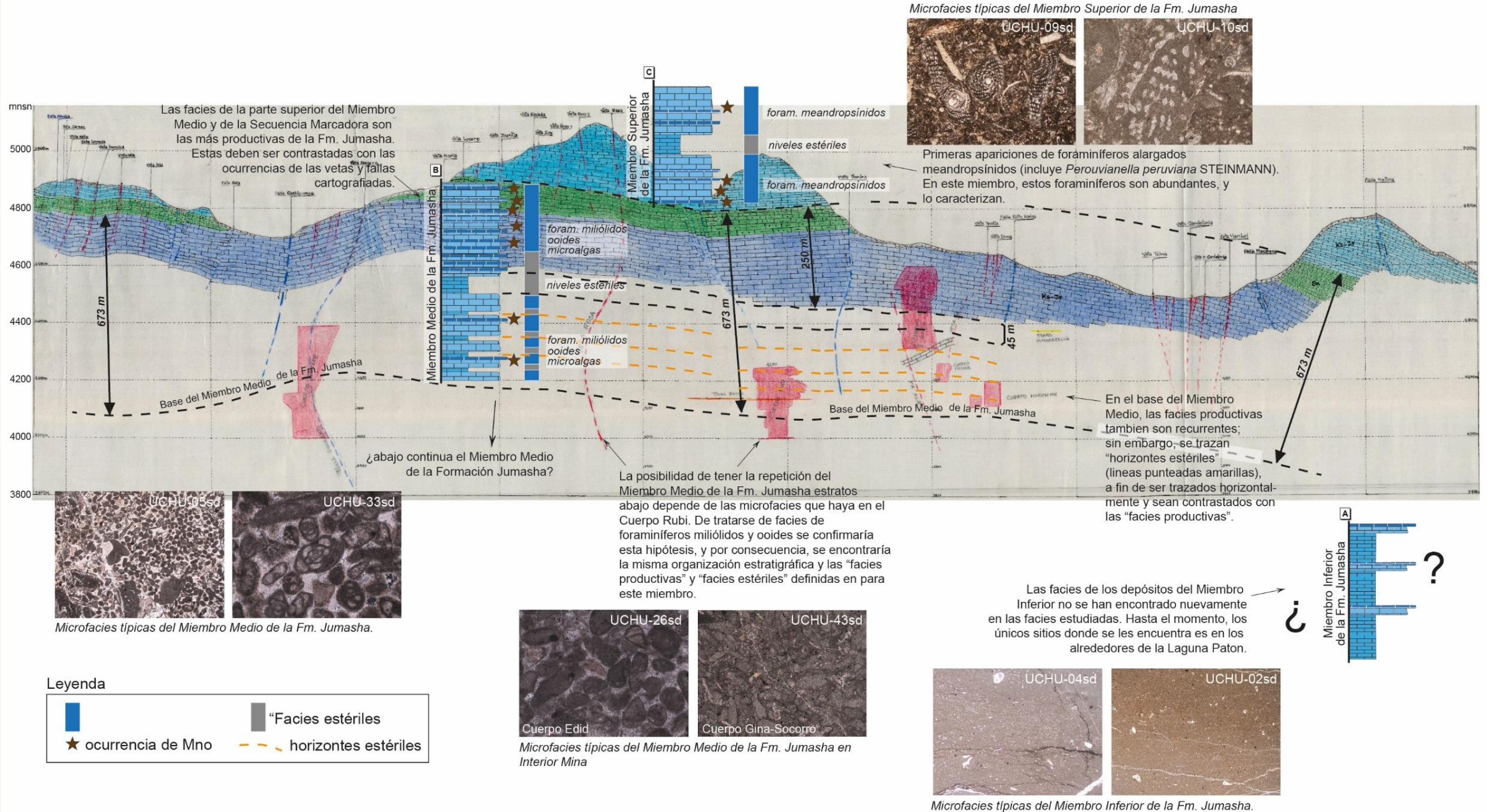
Muestras con mucha alteración (interior mina)



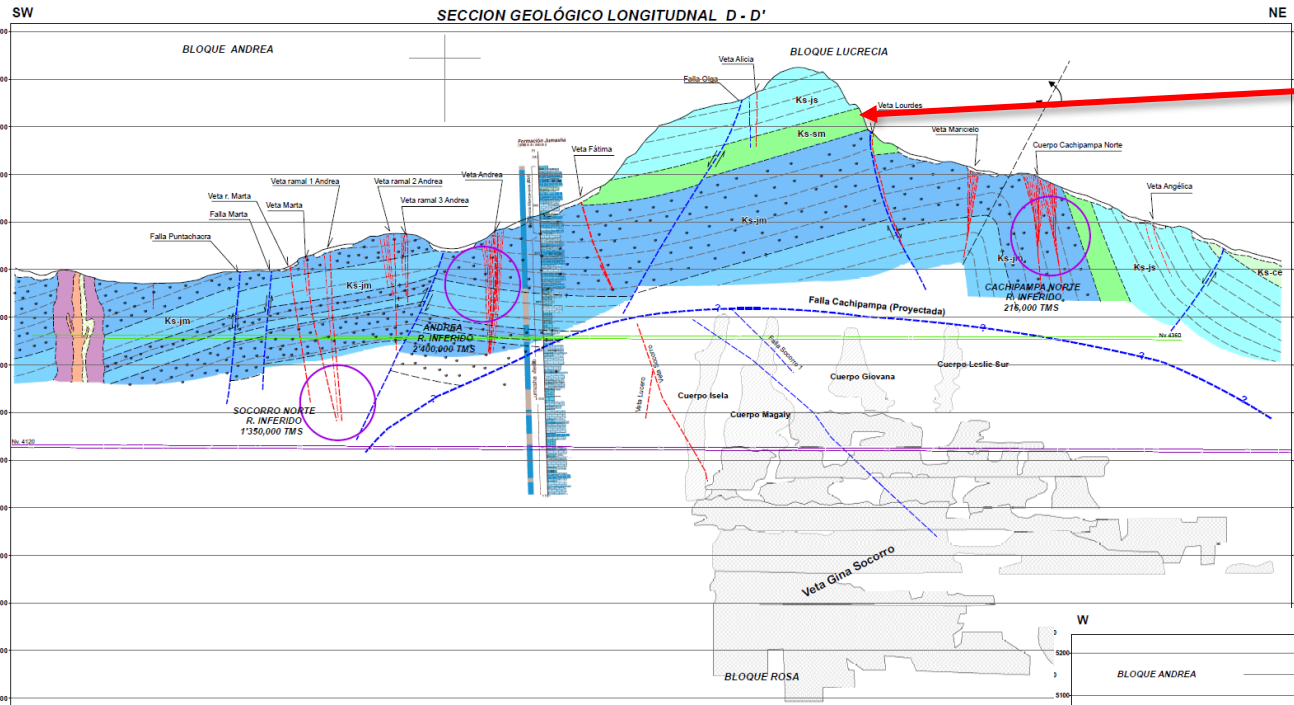
Exploraciones



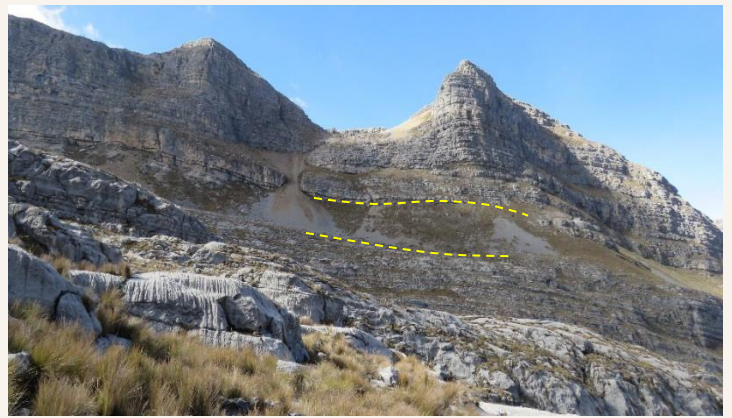
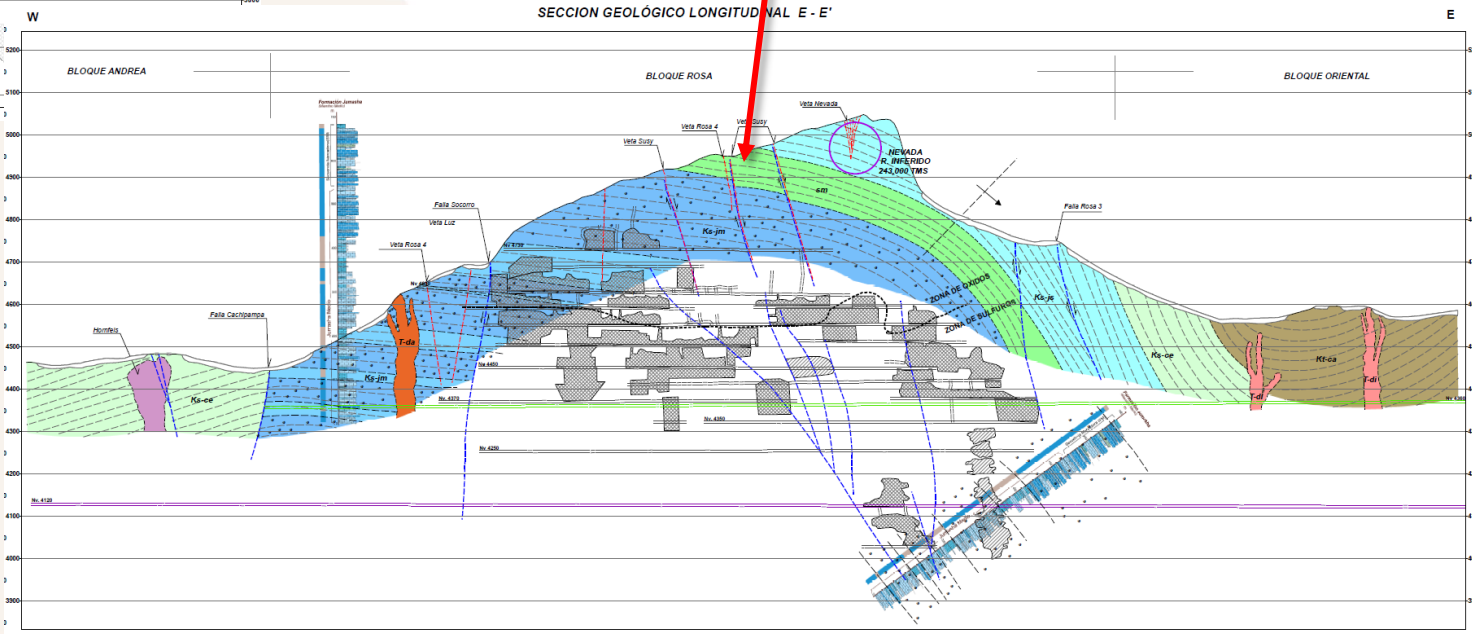
Exploraciones



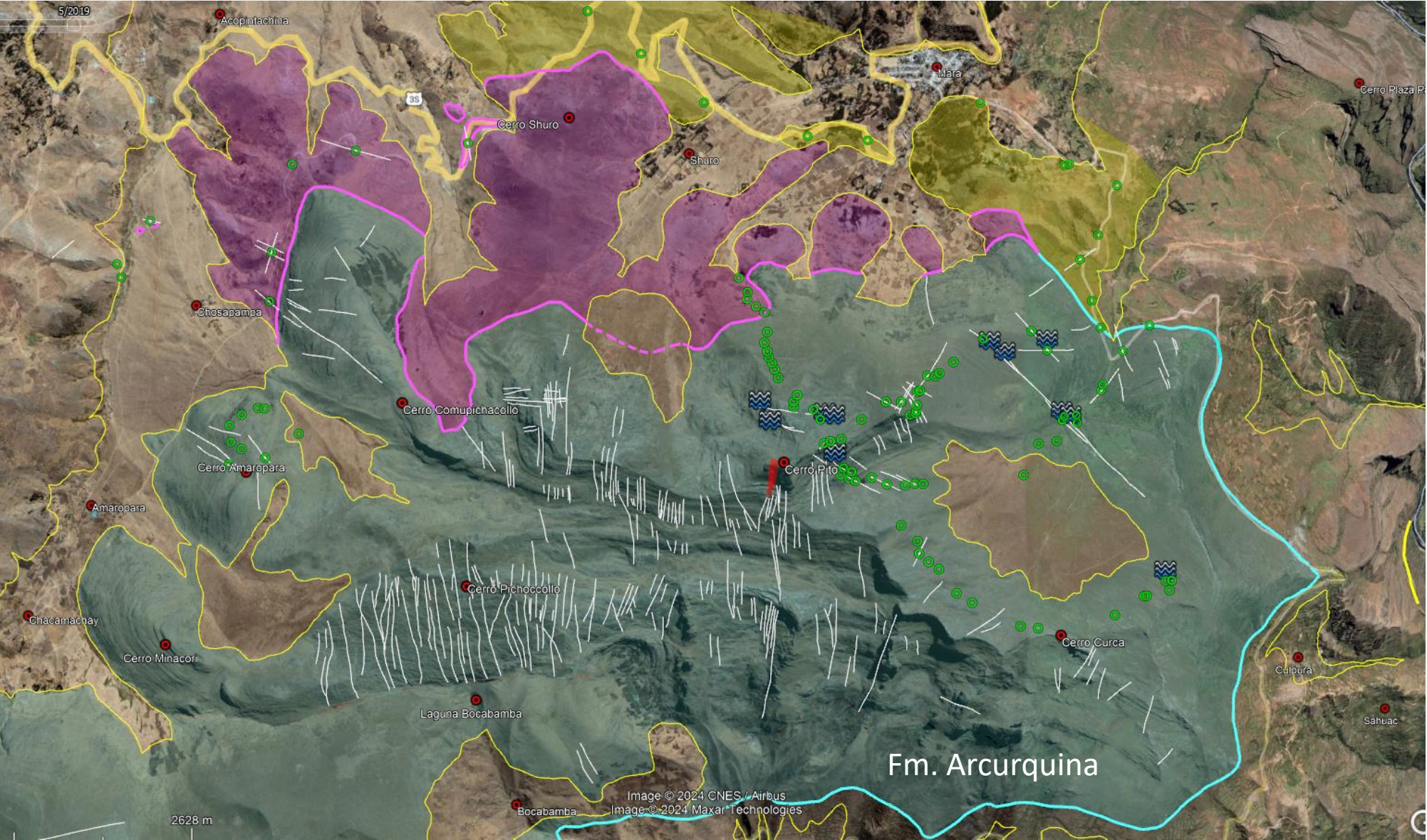
Exploraciones



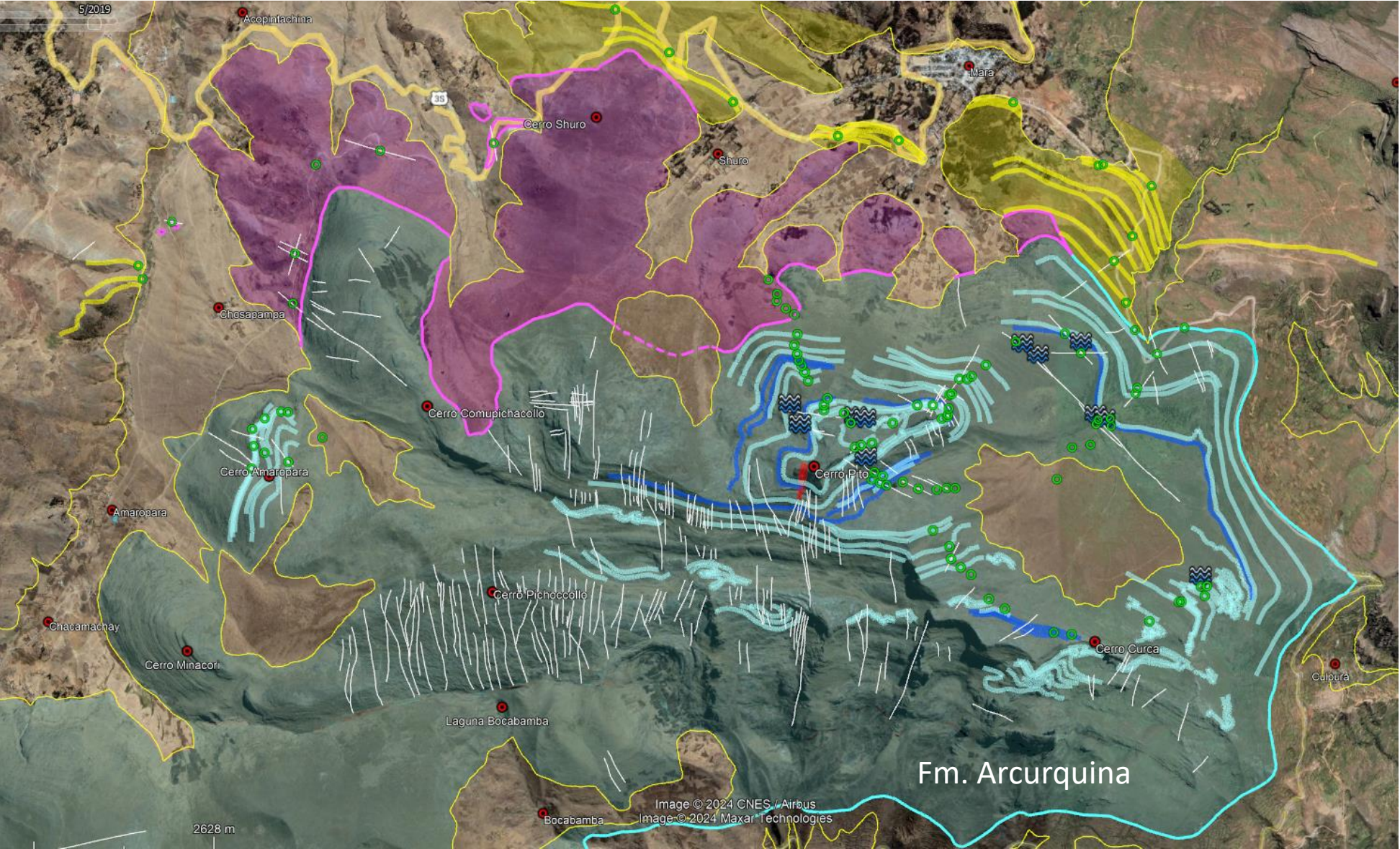
Secuencia Marcadora (SM)



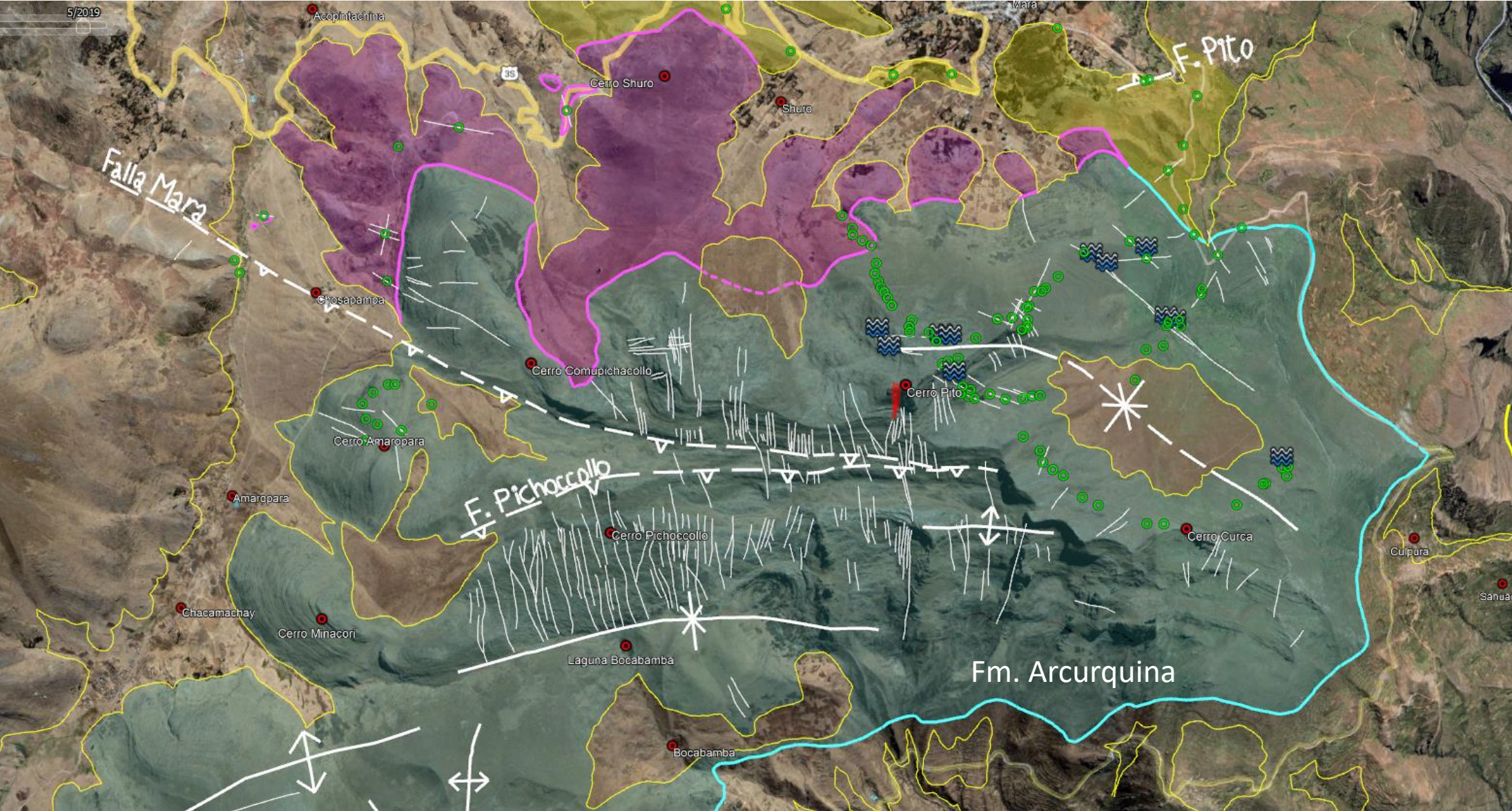
Karsticidad



Karsticidad



Karsticidad



Karst

5/2019

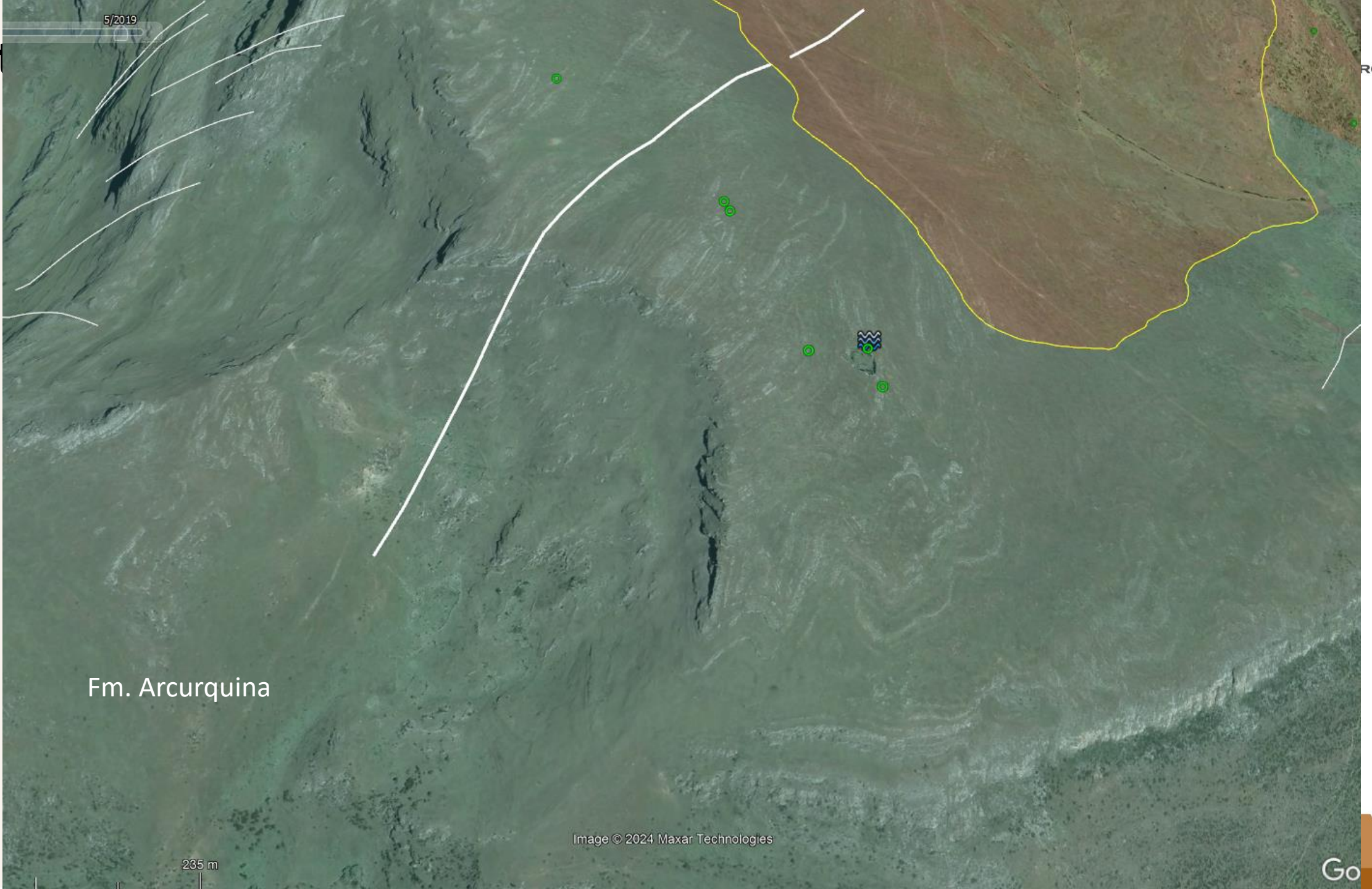
ROS

Fm. Arcurquina

Image © 2024 Maxar Technologies

235 m

Go



Kar

5/2019

2023

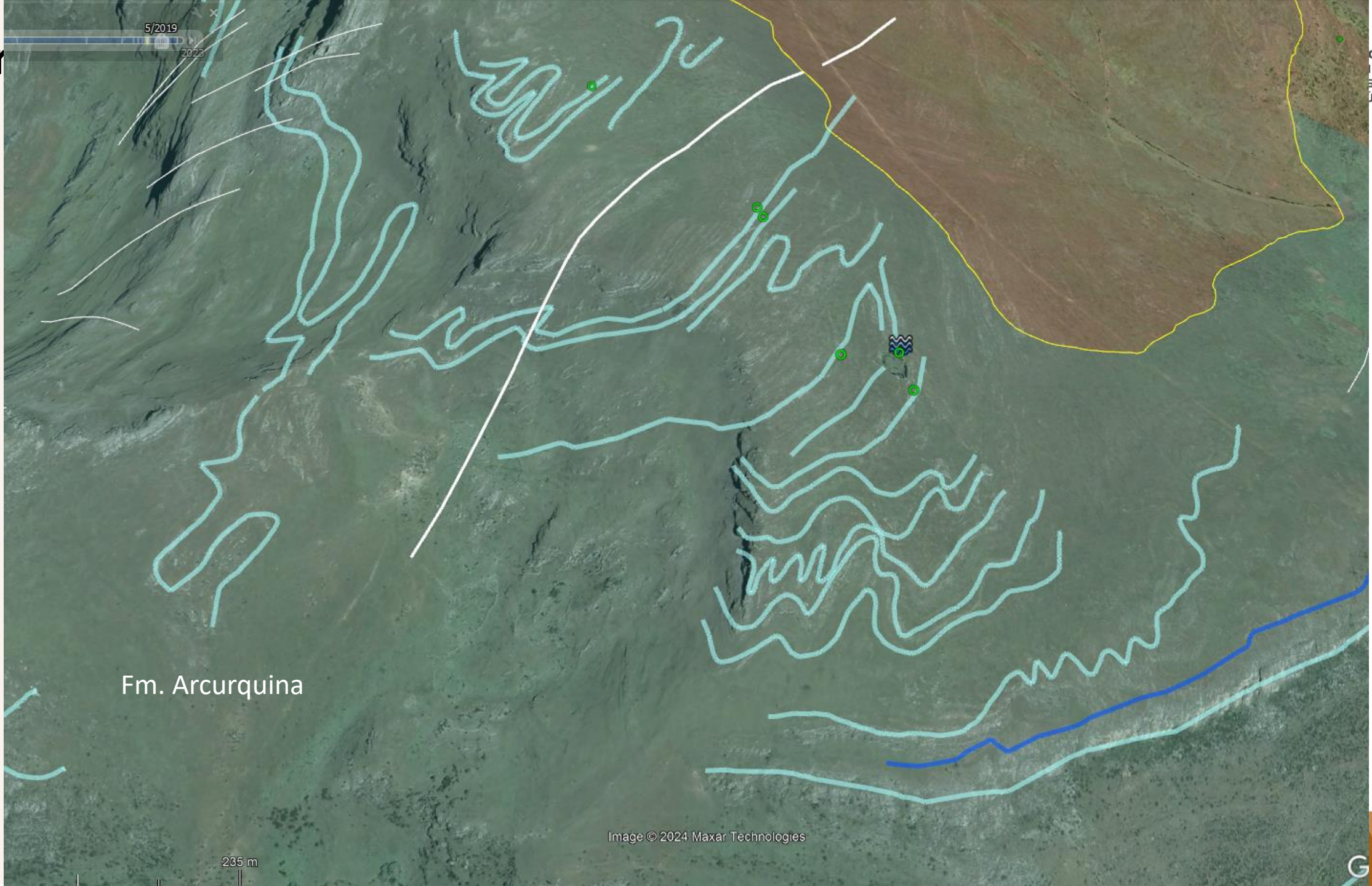
0
TIEROS
S
U

Fm. Arcurquina

Image © 2024 Maxar Technologies

235 m

G



Karsticidad



Gracias por su atención

