

**Depósitos de Hierro
sedimentario y
Formaciones Ferríferas**

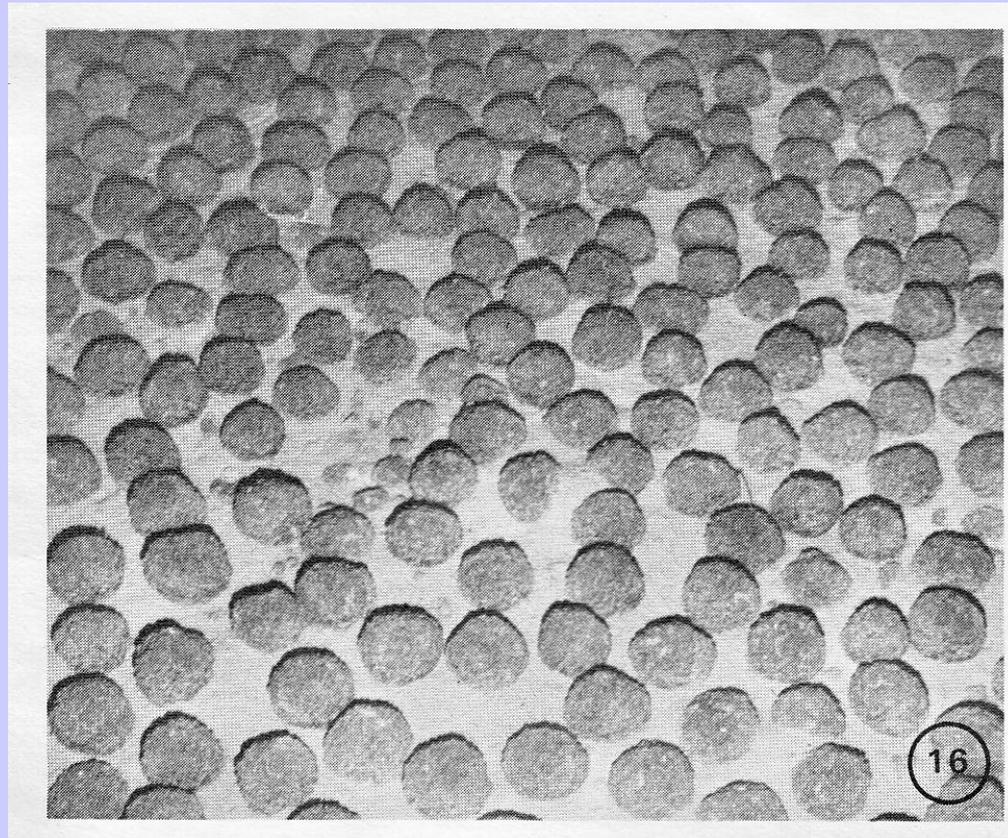
Introducción

- El hierro se encuentra en todas las rocas sedimentarias pero en bajas cantidades (3-8%)
- Se habla de **rocas ferríferas** (ironstones) cuando el contenido de hierro supera el 15%.
- El hierro existe en la naturaleza en dos estados de oxidación, divalente (+2) y trivalente (+3).
- La formación de los minerales de hierro está controlada por el Eh y pH del ambiente sedimentario y diagenético.
- La mayor parte del hierro sedimentario se formó en ambiente marino, y los depósitos fanerozoicos suelen contener fósiles marinos.

- En la actualidad se forma el hierro de los pantanos, **en pantanos** en latitudes medias y altas
- También se forman **nódulos de hierro y manganeso** en los fondos oceánicos.
- En ambiente **volcánico exhalativo**
- **Ninguno** de ellos explican completamente el origen del hierro sedimentario fósil

Vista de un campo de nódulos de Fe y Mn en el fondo marino profundo

20 cm



- Los depósitos antiguos pueden dividirse en los del **Precámbrico (Depósitos de Hierro Bandeado)** y los del **Fanerozoico**, de menor espesor y extensión, y comúnmente **oolíticos**

Fuente y transporte del hierro

Hay dos fuentes principales de hierro:

- la meteorización en los continentes (actualmente la fuente principal). En climas húmedos y tropicales libera el hierro de los silicatos y óxidos originales y los transporta en el agua o los concentra en suelos (luego erosionados).
- el vulcanismo (de mayor importancia sólo en el Precámbrico inferior -Arqueano- por el aporte de soluciones hidrotermales los océanos).

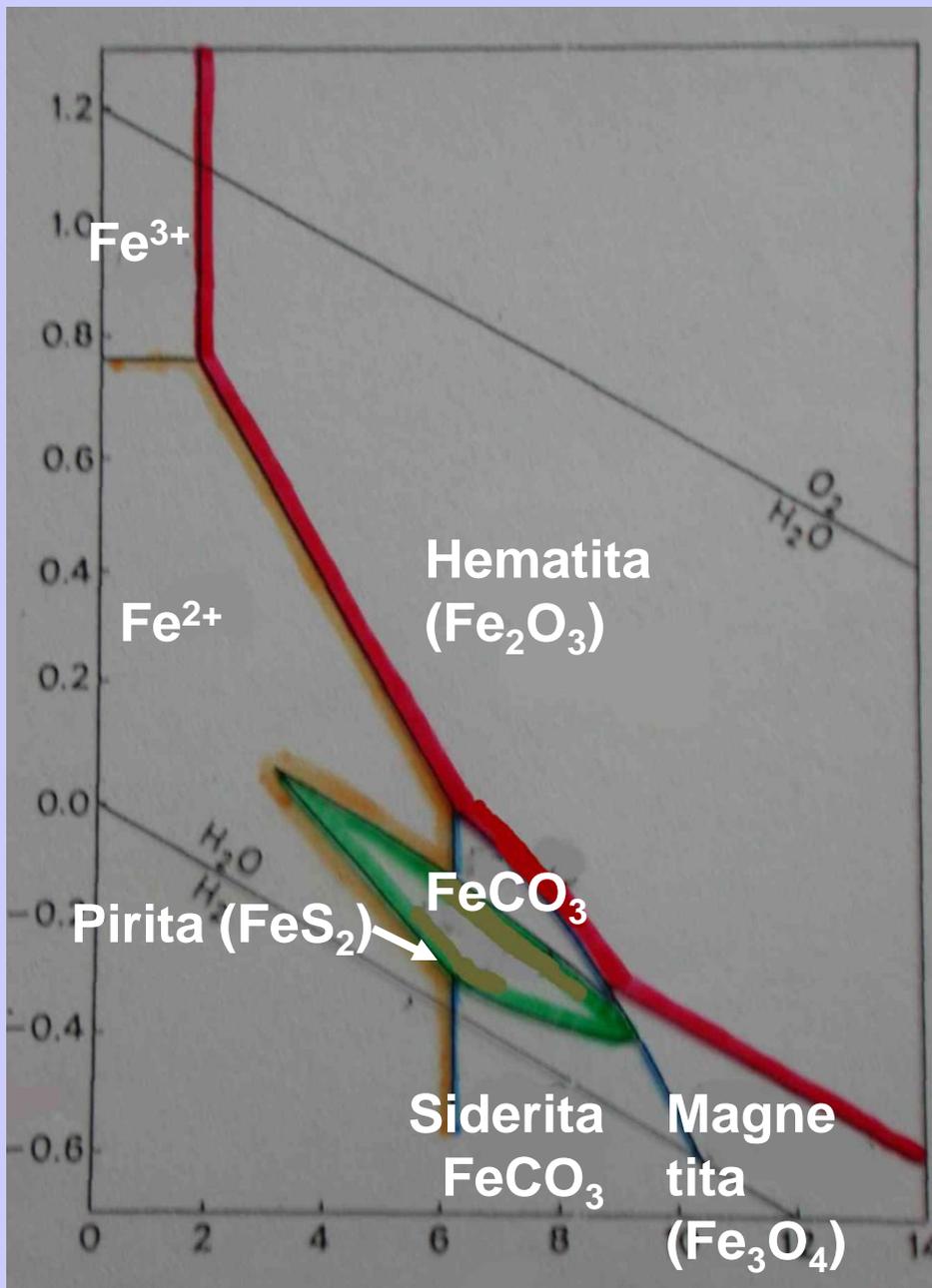
- El transporte en el agua (el agua dulce contiene aprox 1 ppm de hierro y el agua de mar sólo 0.003 ppm) es en forma de hidróxido férrico en una suspensión coloidal, estable por la presencia de M.O.; por adsorción y quelación en la M.O., o en las arcillas como componente o como films de óxidos.
- Ya depositado el hierro es liberado de las arcillas y de la M.O. y pasa a las aguas porales (Eh y pH apropiadas)
- Reprecipita para formar minerales de hierro.
- La formación de rocas ferríferas es favorecida por bajas tasas de sedimentación, bajo relieve y fuerte meteorización en los continentes

- Muchas formaciones de hierro del fanerozoico han sufrido considerable retrabajo en el fondo marino y forman parte de secuencias condensadas asociadas con eventos transgresivos.
- En el Precámbrico una atmósfera con menor contenido de oxígeno y mayor de CO₂ permitió el transporte del hierro como Fe⁺⁺, muy soluble.

Formación de los principales minerales de Hierro

- Depende del Eh y pH
- En general, el hierro aparece como un precipitado insoluble de hidróxido férrico y raramente como Fe^{2+} soluble.
- La precipitación de minerales de hierro también está controlada por la actividad química del ión carbonato (relacionada con la presión parcial del CO_2) y la actividad química del ión sulfuro.
- Otro factor principal es la cantidad de materia orgánica en el sistema, ya que la descomposición de la misma por bacterias crea condiciones reductoras.

Eh
volts



pH

Campos de estabilidad de distintas especies minerales de hierro, en condiciones de alto contenido de carbonato y bajo de sulfuro

Petrografía y presentación de los minerales de hierro.

Oxidos de hierro

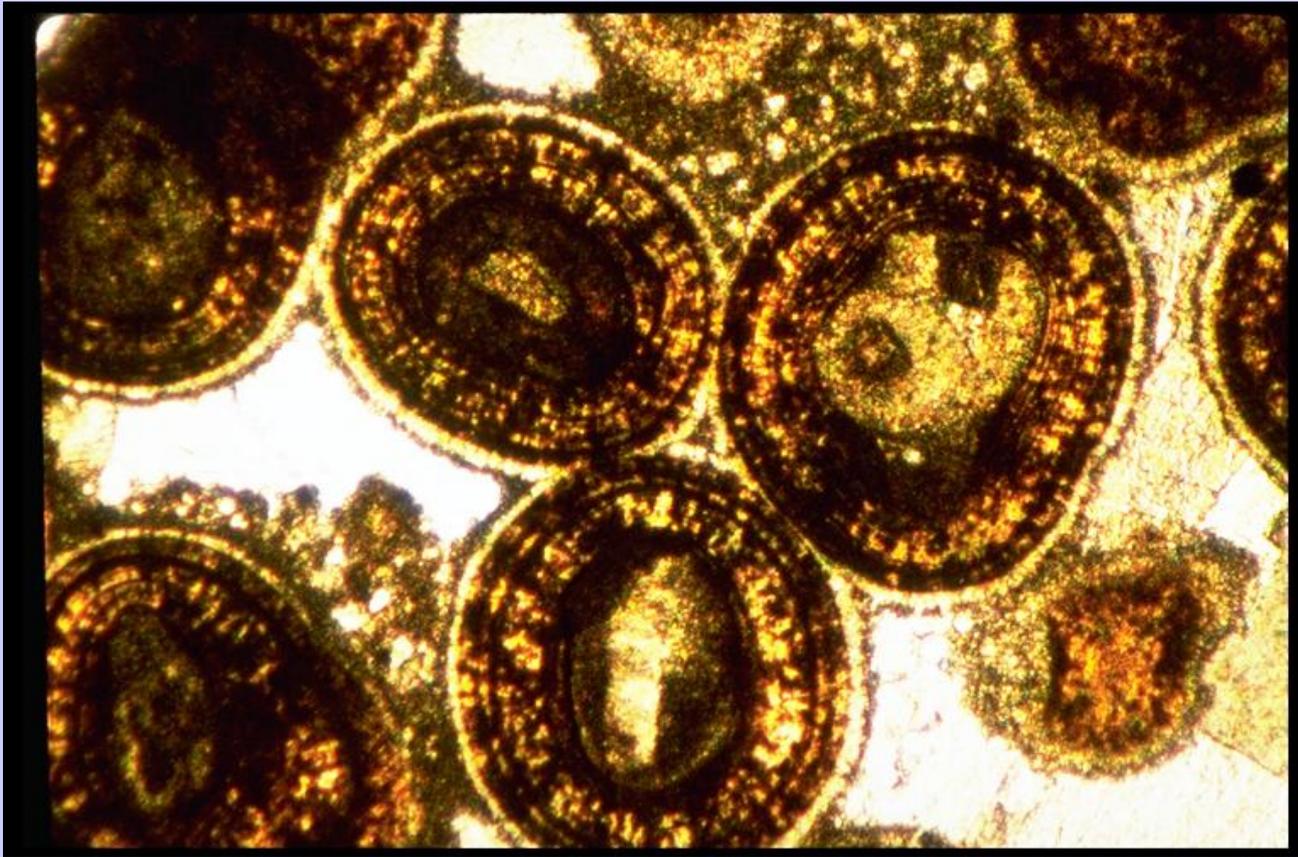
- La **limonita-gohetita** son formas **amorfas** o poco definidas de hierro hidratado, **de color amarillento a castaño rojizo** producidas por alteración meteórica de minerales de hierro o por precipitación en forma de pátinas.
- La **hematita** es la forma más común, de **color rojo o gris brillante** (especular) tanto en el Precámbrico como en el Fanerozoico, en hierro bandeado u oolítico
- La **magnetita** es abundante en los depósitos precámbricos, interlaminada con chert, aunque no abunda en los depósitos fanerozoicos.

Petrografía y presentación de los minerales de hierro.

Carbonatos de hierro

La **siderita** es un constituyente principal de los depósitos precámbricos y fanerozoicos. Es el **cemento** de muchos ooides de berthierina y chamosita y puede **reemplazar** ooides y granos esqueléticos. Puede ser **fibrosa, formar agregados de grano muy fino o grandes cristales.**

Ooides de siderita en roca ferrífera



Petrografía y presentación de los minerales de hierro.

Sulfuros de hierro

La **pirita** es un constituyente de muchos sedimentos ricos en hierro, aunque rara vez forma la mayor parte de ellos, **siempre aparece en forma secundaria**. Su precipitación se asocia a **ambientes anóxicos** o durante la diagénesis del agua de mar. Aparece en forma de **framboides**

Petrografía y presentación de los minerales de hierro.

Silicatos de hierro

- Los más importantes son la berthierina - chamosita, la greenalita y la glauconita.
- La **berthierina** es una arcilla 1:1 del grupo de la serpentina y la **chamosita** es una clorita trioctaédrica con Fe^{++} como el catión divalente dominante.
- La **berthierina** es el mineral sedimentario o de la diagénesis temprana y se transforma en chamosita a temperaturas que oscilan entre 120° y 160° C, o profundidad de más de 3 km.

Petrografía y presentación de los minerales de hierro.

Silicatos de hierro

- La **berthierina-chamosita** aparecen típicamente en ooides de las ferrilitas del fanerozoico, o en forma de flecos o placas en fangolitas.
- El origen de la berthierina es posiblemente a partir de un gel de $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ y $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ estable a valores de Eh positivos.
- La conversión del gel a berthierina ocurriría durante la diagénesis temprana, ya que requiere Eh negativo y ausencia de sulfuro.

Petrografía y presentación de los minerales de hierro.

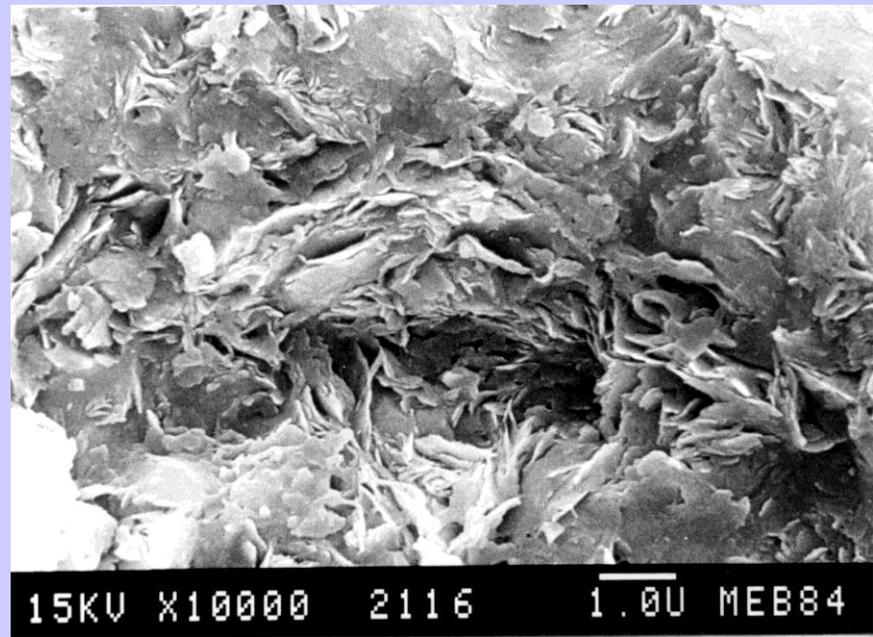
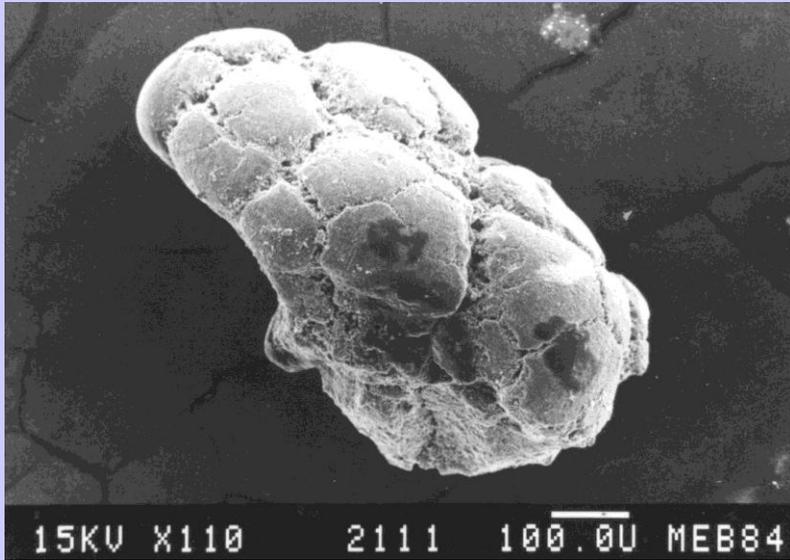
Silicatos de hierro

- La **greenalita** es un silicato de Fe hidratado que se interestratifica con chert en los depósitos del precámbrico.
- La **glauconita** es un mineral de arcilla rico en potasio y con una alta relación de Fe^{3+}/Fe^{2+} . con la estructura típica de una illita o de una esmectita.
- Suele formar pellets de color verde oscuro, con estructura microcristalina.
- La glauconita se forma en las plataformas, entre 20 y 500 m, con bajas tasas de sedimentación, junto con materia orgánica en ambiente subóxico.

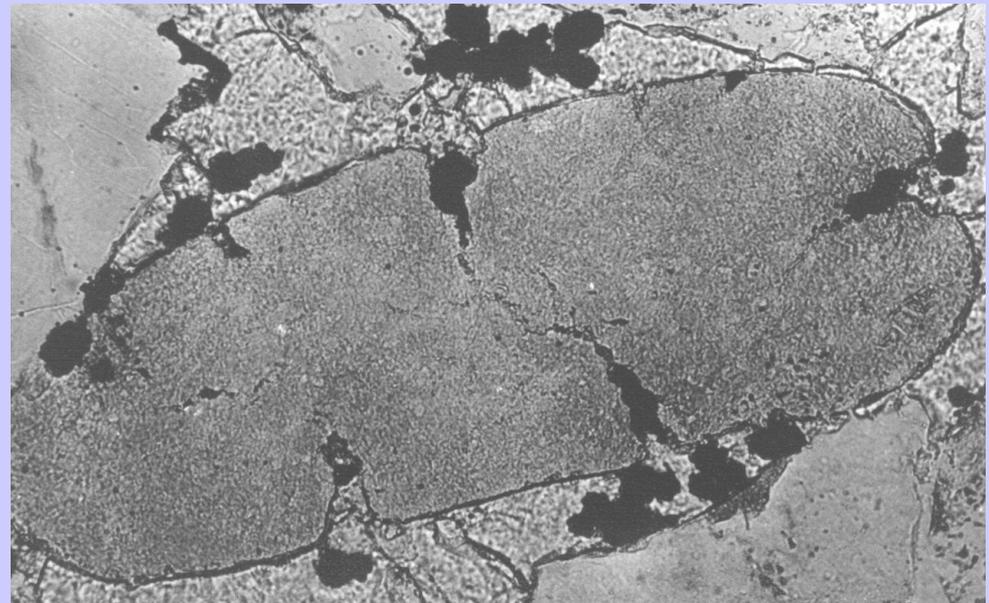


Microfotografía del hierro oolítico de la Formación Gunflint. La matriz se filtró en los poros intergranulares y anulares, y muestra textura geopetal. Los ooides consisten de chert, silicatos y óxidos de hierro. Muestran grietas de contracción y forman una trama abierta con contactos tangenciales. El espacio poral no relleno de matriz tiene megacuarzo drúsico. Muestra de Mink Mountain, Ontario. © Society for Sedimentary Geology

Grano del Glauconita, vistas al Microscopio Electrónico de Barrido



Grano de Glauconita visto al microscopio de polarización



Formaciones de hierro bandeado precámbricas

Aparecen en ámbitos cratónicos en la mayor parte de los continentes.

Dos tipos: **Tipo Algoma**, de forma lenticular relativamente delgados y angostos a lo largo del rumbo, asociados estrechamente con rocas volcánicas, del Arqueano (2500 3000 Ma)

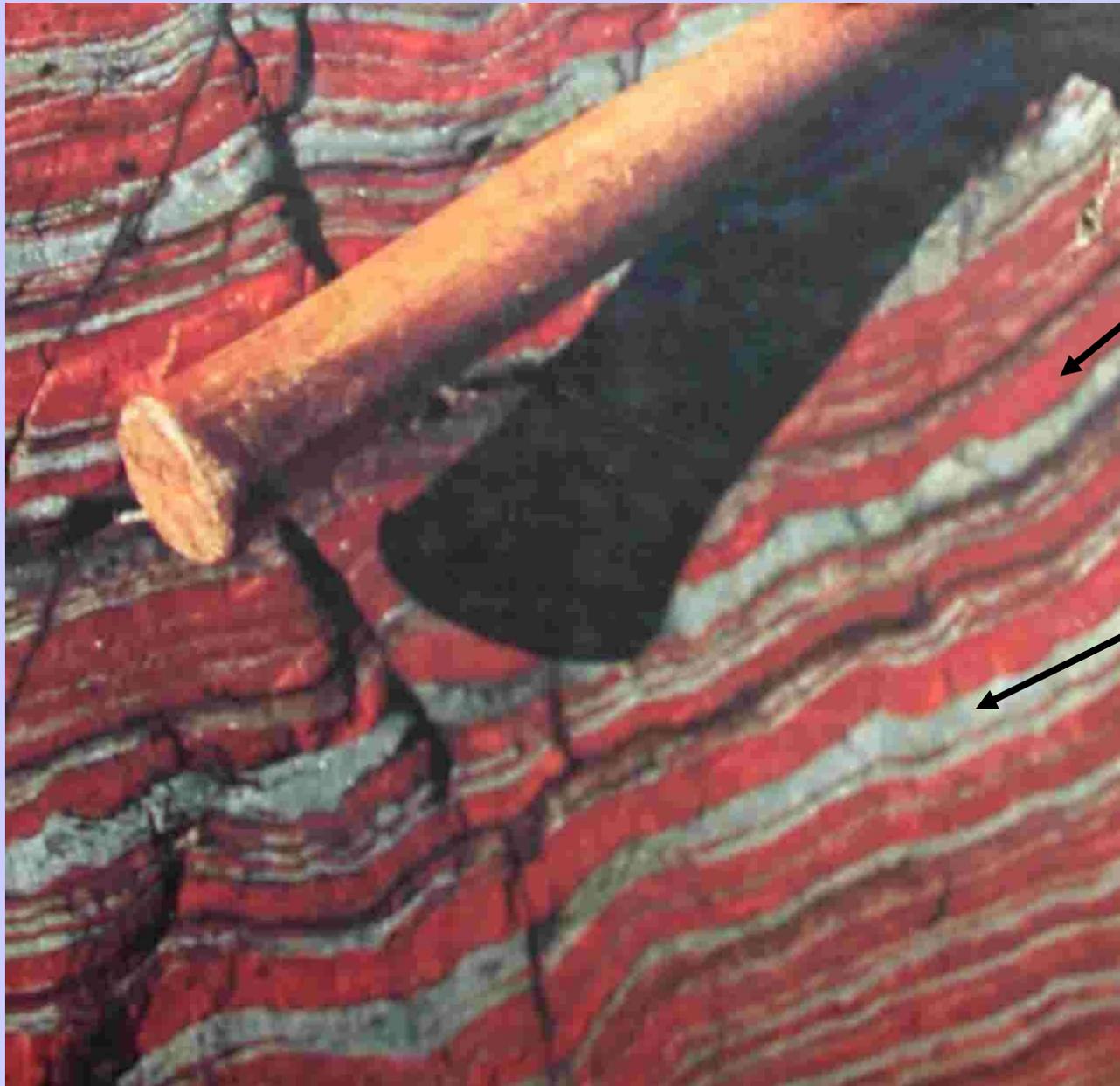
Tipo Superior, mas potentes y de gran extensión regional, del Proterozoico temprano o medio (1900-2500 Ma).

Formaciones de hierro bandeado precámbricas

Se caracterizan por la **alternancia de láminas de chert e hierro** (hematita, magnetita, greenalita o siderita) en meso y microescala (5 a 0,2 cm), y se formaron en **ambientes marinos profundos en plataforma**, debajo de la base del tren de olas, o en albúferas. No había organismos excavadores. Cuando aparecen en aguas agitadas tienen rasgos de rocas carbonáticas (ooides, peloides, gránulos e intraclastos).

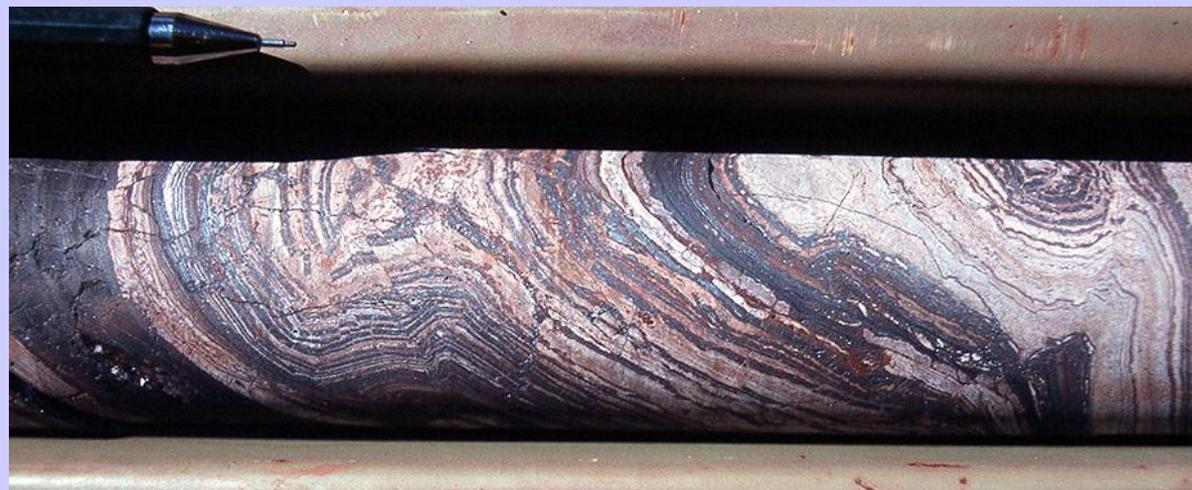
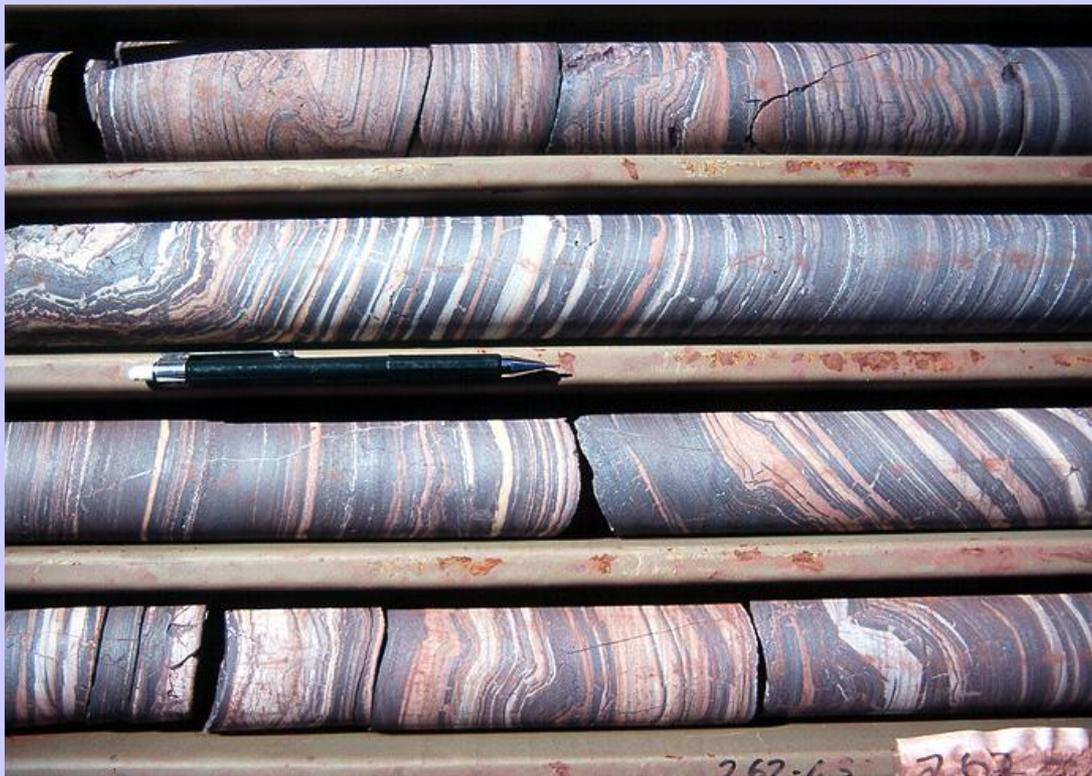
Los mecanismos de formación pueden atribuirse a estratificación de aguas (anóxicas abajo y óxicas arriba) que al mezclarse permiten la precipitación del hierro. Las inferiores tienen Fe^{2+} en solución. Las capas de sílice se forman por precipitación directa o por acumulación de esqueletos silíceos (chert)

Negaunee Iron Formation - PC, Tipo Superior, Michigan, USA



Jaspe
(sílice +
hematita)

Hematita
especular



Mina de Hierro Shishen, en el Desierto de Kalahari, Sudáfrica, Open Pit



**En Argentina existen depósitos de hierro
Fanerozoico (oolítico-pelletal) en las
Formaciones Sierra Grande y Zapla**

**Sierra Grande (Río Negro)
Zapla (Jujuy)**

**Ambas unidades presentan edad silúrica y se
acumularon luego de un periodo de glaciación
Ordovícica**



En Zapla se encuentra hierro oolítico-peloidal compuesto por (chamosita-hematita-siderita) en estratos fuertemente inclinados intercalados con cuarcitas. Se formaron en ambiente marino costero, contienen trilobites, braquiópodos y graptolites silúricos

Formación Sierra Grande

Hierro Oolítico Fanerozoico

- La Formación Sierra Grande está formada 1100 m de arenitas cuarzosas asociadas con conglomerados clasto-sostén, pelitas y capas de hierro sedimentario del Silúrico, que afloran extensamente en la región de Sierra Grande (Prov. de Río Negro).
- Esta unidad fue fuente de hierro para su explotación económica.
- Estos depósitos forman una cuña transgresiva mayormente clástica depositada en un mar epírico que cubrió amplias áreas del extremo sur de Sudamérica y de Sudáfrica durante la existencia del Gondwana.

Formación Sierra Grande

- Las rocas ferríferas son “ironstone” arenosas compuestas por ooides de grano mediano a fino (0,1 a 0,7 mm), cuarzo, granos carbonáticos y nódulos fosfáticos.
- Los ooides presentan un núcleo de chamosita y bandas de chamosita y óxidos de hierro concéntricas que rodean al núcleo.
- Los ooides se forman en aguas agitadas, ricos en hierro debido a la formación de residuos lateríticos por fuerte meteorización química en áreas de clima tropical, con alta temperatura e intensas precipitaciones.
- Por lo tanto se infieren climas cálidos y húmedos durante la formación de estas rocas y, probablemente, niveles del mar elevados que evitan erosión activa en los continentes y, por lo tanto el aporte clástico a los mares.

Formación Sierra Grande

- Desde el punto de vista paleoambiental, las sedimentitas de la Formación Sierra Grande acumularon en un ambiente marino abierto pero somero de hasta pocas decenas de metros de profundidad de agua, con fuerte influencia de tormentas. Las corrientes formadas por las tormentas habrían sido mecanismos eficientes para la movilización y distribución de las partículas hierro hacia zonas más profundas, ya que estos depósitos se asocian con facies de pelitas y pelitas heterolíticas.