Tema 7: INVESTIGANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS SUELOS HELADOS DE LA ANTÁRTIDA

1. ¿Qué es realmente la Antártida (desde la geología)?

La **Antártida** no es solo hielo. Es:

- Un **continente completo**, más grande que Europa.
- Con **roca continental**, montañas, volcanes, cuencas sedimentarias.
- Cubierto en un **98 % por hielo**, pero **no formado por hielo**.

Bajo el casquete glaciar hay:

- Cordilleras (Transantárticas),
- Mesetas,
- Valles,
- Volcanes activos (como el Erebus),
- Antiguos paisajes hoy sepultados.

El hielo es una **capa reciente** en términos geológicos (decenas de millones de años), no la esencia del continente.

2. La Antártida en la historia de la Tierra. Antártida NO siempre fue fría

Esto es clave.

- Hace **200–180 millones de años**, la Antártida formaba parte de **Gondwana** junto con:
  - África,
  - Sudamérica,
  - Australia,
  - India.
- Tenía **climas templados e incluso bosques**.
- Hay **fósiles de plantas, suelos antiguos y carbón** que lo prueban.

El enfriamiento antártico ocurre cuando:

1. Se separa de Sudamérica y Australia.
2. Se abre el **Paso de Drake**.
3. Se establece la **Corriente Circumpolar Antártica**, que:
   - aísla térmicamente el continente,
   - impide la llegada de aguas cálidas.

Resultado: **glaciación progresiva** desde hace ~34 millones de años.

3. El hielo antártico: qué es y por qué importa. Tipos de hielo

En Antártida hay varios "mundos de hielo":

1. **Casquete glaciar continental**
   - Espesor medio: ~2 km (hasta 4 km).
   - Contiene **~70 % del agua dulce del planeta**.
2. **Glaciares de descarga**
   - Conectan el interior con el océano.
3. **Plataformas de hielo flotante**
   - Larsen, Ross, Filchner-Ronne.

El comportamiento del hielo **controla el nivel del mar global**.

4. ¿Qué es el PERMAFROST en la Antártida? Definición rigurosa

Permafrost es:

Suelo o roca que permanece a **≤ 0 °C durante al menos dos años consecutivos**.

No significa “todo congelado”:

- Puede contener **hielo**, pero también **sedimentos secos congelados**.
- Tiene una **capa activa** superior que **se descongela en verano**.

→ **En la Antártida:**

- Es el **permafrost más antiguo, frío y estable del planeta**.
- En algunas zonas lleva **millones de años sin descongelarse**.
- Especialmente importante en:
  - Antártida Marítima,
  - Valles Secos de McMurdo,
  - Zonas costeras libres de hielo.

5. ¿Por qué el permafrost antártico es clave para el cambio climático?
Porque es un **archivo climático** y un **sistema sensible**.

1. Es un termómetro geológico

- Cambios pequeños de temperatura producen:
  - engrosamiento o adelgazamiento de la capa activa,
  - inestabilidad del terreno,
  - cambios en drenaje.

El permafrost **responde antes que el hielo profundo**.

2. Guarda información del pasado
En el permafrost hay:

- Suelos fósiles,
- Materia orgánica antigua,
- Sales,
- Microorganismos preservados.

Es un **registro paleoclimático** excepcional.

3. Su degradación tiene consecuencias
Cuando el permafrost se altera:

- Se liberan gases (CO_2, CH_4 en otros permafrost).
- Cambia la estabilidad de laderas.
- Se modifican ecosistemas extremadamente frágiles.

6. ¿Qué se investiga hoy en el permafrost antártico?
Aquí entramos en el **trabajo real de campo** que hace el profesor y su equipo.

A. Temperatura del suelo

- Instalación de **sensores térmicos** a distintas profundidades.
- Registro continuo durante años.
- Objetivo: ver **tendencias**, no eventos puntuales.

B. Espesor de la capa activa

- Medición estacional:
  - cuánto se descongela en verano,
  - cuánto vuelve a congelarse en invierno.
- Es uno de los **mejores indicadores de calentamiento regional**.

C. Propiedades del suelo

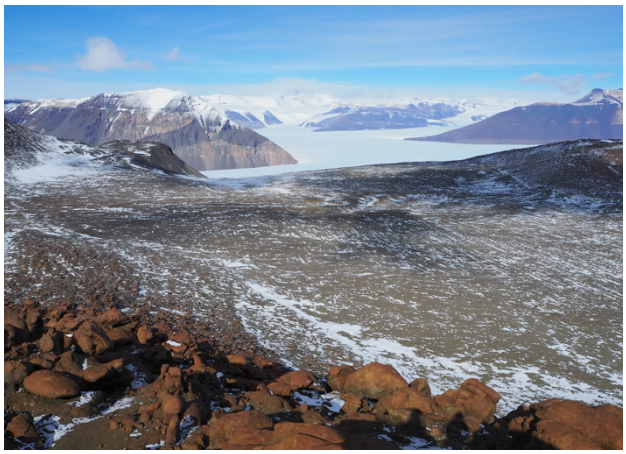
- Granulometría.
- Contenido en hielo.

- Conductividad térmica.
- Salinidad.

Todo esto controla **cómo responde el suelo al calor**.

D. Geomorfología periglaciar

Se estudian formas como:
- Polígonos de hielo.
- **Solifluxión** (proceso geológico de movimiento lento de la capa superficial del suelo, saturada de agua, que fluye pendiente abajo por gravedad, formando a menudo lóbulos o coladas lentas sobre un basamento estable. Este movimiento se debe a que el agua satura y debilita los materiales, reduciendo su resistencia y permitiendo que se deslicen como una masa viscosa, afectando principalmente a materiales arcillosos o limosos).
- Deslizamientos superficiales.
- Grietas térmicas.



Son **formas activas**, no fósiles.

7. ¿Cómo se investiga en la Antártida?
Logística
- Bases científicas (españolas, argentinas, chilenas, etc.).
- Ventanas de trabajo muy cortas (verano austral).
- Temperaturas extremas, viento, aislamiento total.

→ **Métodos**
- Trabajo **manual y preciso**, no maquinaria pesada.
- Instrumentación enterrada.
- GPS de alta precisión.
- Fotogrametría.
- Comparación interanual.

Nada se improvisa: **cada dato cuesta esfuerzo físico y riesgo**.

8. ¿Qué se sabe ya gracias a décadas de investigación?
Hechos sólidos (no opiniones)
- La **Península Antártica** es una de las zonas que **más rápido se calienta del planeta**.
- El permafrost allí:
  - se está **calentando**,
  - tiene **capas activas más profundas**,
  - muestra **inestabilidad creciente**.
- Algunas plataformas de hielo han colapsado, como Larsen A y B.

⇒ **En la Antártida Oriental**
- El sistema es más estable,
- pero **ya se detectan cambios térmicos sutiles**.

Y en geología, lo sutil es lo peligroso a largo plazo.

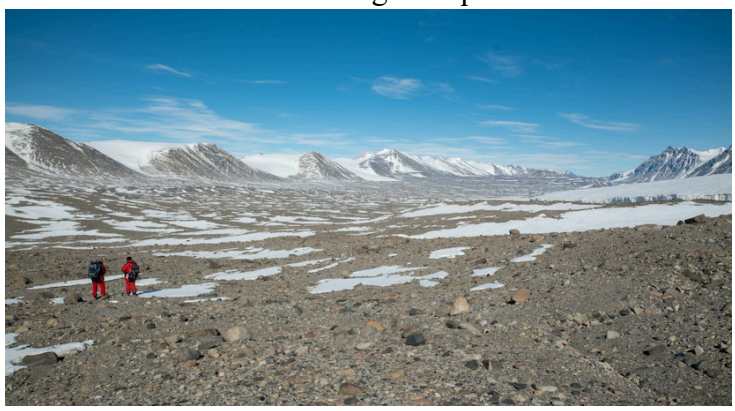
9. La Antártida como "laboratorio del futuro"
La Antártida sirve para:
- Entender **cómo responde la Tierra al calentamiento** sin interferencia humana directa.
- Comparar con:
  - Ártico,

- Siberia,
- alta montaña.

- Validar modelos climáticos globales.
-

10. Sobre el trabajo del profesor

El hecho de que **Miguel Ángel de Pablo Hernández** esté investigando permafrost antártico indica que trabaja en:



- **Geología climática moderna**.
- **Interfaz geología–clima–criosfera**.
- Una de las áreas **más relevantes científicamente hoy**.

Esto no es divulgación: es **ciencia de base** que alimenta informes internacionales como este:

https://bgm.revistas.csic.es/index.php/bgm/article/view/259/258

👉 **Idea final**

La Antártida no es el "fin del mundo": es el **centro de gravedad climática del planeta**.

Su permafrost es un sensor natural, lento pero fiable, que nos está diciendo cómo cambia la Tierra cuando se altera el equilibrio térmico global.

⇒ PERMAFROST ÁRTICO vs PERMAFROST ANTÁRTICO

⇒ Comparación geológica, climática y dinámica

1. Contexto geográfico y geológico

- **Permafrost Ártico**

- Se desarrolla sobre **continentes habitados**:
  - Siberia,
  - Alaska,
  - Canadá,
  - Groenlandia.
- Afecta a:
  - llanuras extensísimas,
  - cuencas sedimentarias,
  - plataformas continentales emergidas.
- Está íntimamente ligado a **ecosistemas terrestres activos**.

👉 Es un permafrost **continental, biológico y sedimentario**.

- **Permafrost Antártico**

- Se desarrolla en un **continente prácticamente deshabitado**.
- Aparece solo en:
  - zonas **libres de hielo**,
  - laderas,
  - costas,
  - valles secos (como McMurdo).
- Se asienta sobre:

- **roca cristalina**,
- depósitos glaciares antiguos,
- suelos extremadamente pobres.

👉 Es un permafrost **geológico, mineral y extremo**.

2. Edad y estabilidad

- **Ártico**

- Edad típica: **decenas de miles de años** (Pleistoceno tardío).
- Ha sufrido:
  - avances y retrocesos,
  - descongelaciones parciales,
  - reorganizaciones frecuentes.

👉 Es **joven y dinámico**.

- **Antártida**

- En algunas zonas:
  - **cientos de miles a millones de años**.
- Ha permanecido:
  - congelado de forma casi continua,
  - con variaciones mínimas.

👉 Es el **permafrost más antiguo y estable de la Tierra**.

3. Temperatura

- **Ártico**

- Temperaturas del permafrost:
  - entre **–1 °C y –10 °C** (muchas zonas cerca del umbral).
- Muy sensible a:
  - pequeños aumentos térmicos,
  - cambios estacionales.

👉 Está **al borde del deshielo**.

- **Antártida**

- Temperaturas:
  - frecuentemente **< –15 °C**,
  - en valles secos incluso **< –20 °C**.
- Lejos del punto de fusión.

👉 Es **frío profundo**, no marginal.

4. Capa activa (active layer)

- **Ártico**

- Espesor:
  - de **30 cm a varios metros**.
- Se descongela **cada verano**.
- Es dinámica:
  - se espesa rápidamente con el calentamiento.

👉 Es el **talón de Aquiles** del permafrost ártico.

- **Antártida**

- Espesor:
  - muy reducido,
  - a veces **centímetros** o inexistente.
- En muchas zonas **no hay descongelación real**.

👉 La capa activa es **mínima o casi ausente**.

5. Contenido orgánico y carbono

- **Ártico**

Aquí está una diferencia **crítica**.

- Suelos ricos en:
  - materia orgánica,
  - restos vegetales,
  - turbas.
- Al descongelarse:
  - liberan **CO_2**,
  - liberan **CH_4 (metano)**.

👉 Es una **bomba climática potencial**.

- **Antártida**

- Suelos **casi sin materia orgánica**.
- Muy pobres en carbono.
- Dominan:
  - minerales,
  - sales,
  - hielo antiguo.

No es una fuente directa de gases de efecto invernadero.

👉 Esto es clave: **el interés del permafrost antártico no es el carbono, sino el clima y la estabilidad**.

6. Relación con ecosistemas

- **Ártico**

- Vegetación:
  - tundra,
  - musgos,
  - líquenes.
- Fauna y microbiología activa.
- Fuerte interacción:
  - suelo ↔ plantas ↔ clima.

👉 Es un sistema **bio-geo-climático**.

- **Antártida**

- Ecosistemas extremadamente limitados:
  - microbios,
  - algas,
  - líquenes aislados.

- Interacción biológica mínima.

👉 Es casi un sistema **puramente geológico**.

7. Procesos geomorfológicos asociados

- **Ártico**

- Termokarst:
  - colapsos,
  - lagos,
  - subsidencias.
- Solifluxión activa.
- Inestabilidad generalizada del terreno.

👉 El paisaje **está cambiando ahora**.

- **Antártida**

- Procesos dominantes:
  - contracción térmica,
  - polígonos de hielo,
  - creep muy lento.
- Cambios:
  - sutiles,
  - milimétricos,
  - a largo plazo.

👉 El paisaje es **lento, silencioso, pero muy informativo**.

8. Sensibilidad al cambio climático

- **Ártico**

- Respuesta:
  - rápida,
  - visible,
  - amplificada (feedback positivo).
- Ya está:
  - descongelándose,
  - deformándose,
  - emitiendo gases.

👉 Es una **zona de impacto inmediato**.

- **Antártida**

- Respuesta:
  - lenta,
  - retardada,
  - pero muy significativa como señal.
- Cambios pequeños → **indicadores globales**.

👉 Es una **zona de diagnóstico**, no de explosión.

9. Importancia científica comparada

- **Ártico**

Sirve para estudiar:

- impactos directos del calentamiento,
- riesgos geotécnicos,
- emisiones de carbono,
- efectos ecológicos.

- **Antártida**

Sirve para estudiar:

- límites térmicos del sistema terrestre,
- estabilidad a largo plazo,
- respuesta del suelo sin interferencia humana,
- analogías planetarias (Marte).

👉 Es un **laboratorio geológico puro**.

10. Resumen comparativo esencial

ASPECTO	ÁRTICO	ANTÁRTIDA
Edad	Joven	Muy antiguo
Temperatura	Marginal	Muy baja
Capa activa	Gruesa	Mínima
Carbono	Muy alto	Muy bajo
Sensibilidad	Muy alta	Baja pero significativa
Tipo de sistema	Biogeológico	Geológico
Riesgo climático	Directo	Indicador global

⇒ EL PERMAFROST ANTÁRTICO COMO INDICADOR DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

1. Introducción

La Antártida constituye uno de los espacios más singulares del planeta desde el punto de vista geológico y climático. A diferencia de otros continentes, su aislamiento geográfico, la ausencia de actividad industrial y la protección legal derivada del Tratado Antártico convierten este territorio en un auténtico laboratorio natural para el estudio de los procesos ambientales a gran escala.

En las últimas décadas, el interés científico por la Antártida ha aumentado notablemente, no solo por el comportamiento de sus grandes masas de hielo, sino también por la respuesta de los suelos helados —el denominado **permafrost**— frente al incremento de las temperaturas globales. El permafrost antártico, aunque menos extenso que el ártico, presenta características únicas por su antigüedad, estabilidad y escasa influencia biológica, lo que lo convierte en un excelente sensor geológico del cambio climático.

El presente trabajo analiza el papel del permafrost antártico en el contexto del cambio climático, describiendo su formación, sus características, los métodos de investigación empleados y las principales evidencias observadas en las investigaciones recientes desarrolladas en la Antártida, con especial atención a los trabajos realizados por equipos científicos españoles.

2. Marco geológico y climático de la Antártida

La Antártida es un continente rocoso cubierto en más de un 98 % por hielo. Bajo el casquete glaciar se encuentran cordilleras, mesetas, volcanes activos y antiguos paisajes hoy sepultados. Desde el punto de vista geológico, la Antártida no siempre fue un continente helado: durante el Mesozoico formó parte del supercontinente Gondwana y albergó climas templados e incluso bosques.

El enfriamiento progresivo del continente se produjo tras su separación de Sudamérica y Australia, lo que permitió el establecimiento de la Corriente Circumpolar Antártica. Esta corriente oceánica aisló térmicamente el continente, favoreciendo el desarrollo de un clima extremadamente frío y la formación del casquete glaciar continental.

Actualmente, la Antártida se divide en tres grandes regiones: Antártida Oriental, Antártida Occidental y la Península Antártica. Esta última es la zona climáticamente más sensible y donde se detectan con mayor claridad los efectos del calentamiento reciente, siendo también el área donde se concentra gran parte del estudio del permafrost.

3. El permafrost: definición y características

El **permafrost** se define como el suelo o la roca que permanece a una temperatura igual o inferior a 0 °C durante al menos dos años consecutivos. No se trata necesariamente de suelo completamente congelado, sino de un sistema térmico complejo que incluye:

- El **permafrost propiamente dicho**, permanentemente congelado.
- La **capa activa**, una franja superficial que se descongela durante el verano y vuelve a congelarse en invierno.

En la Antártida, el permafrost se desarrolla principalmente en zonas libres de hielo, como áreas costeras, islas y valles secos. A diferencia del permafrost ártico, el antártico es extremadamente frío, muy antiguo y pobre en materia orgánica, lo que reduce su papel como fuente directa de gases de efecto invernadero, pero aumenta su valor como indicador climático.

4. Métodos de investigación del permafrost antártico

El estudio del permafrost antártico se basa en **investigación de campo prolongada en el tiempo**, con campañas repetidas y estaciones instrumentadas de forma permanente. Entre los principales métodos destacan:

- **Medición de la temperatura del suelo** a distintas profundidades mediante sensores térmicos.
- **Registro de la temperatura del aire**, la cobertura de nieve y la humedad.
- **Determinación del espesor de la capa activa**, especialmente en verano austral.
- **Observación de formas periglaciares** como polígonos de hielo, grietas térmicas y procesos de solifluxión.
- **Series temporales largas**, fundamentales para detectar tendencias y no solo variaciones puntuales.

En el caso de la investigación española, estas mediciones se realizan principalmente en las Islas Shetland del Sur, en enclaves como la Base Antártica Española Juan Carlos I, la Base Gabriel de Castilla y el entorno del Refugio Byers.

5. Evidencias observadas y relación con el cambio climático

Los datos obtenidos en las últimas décadas muestran una tendencia clara:

- Incremento progresivo de la **temperatura media anual del aire**.
- Aumento de la **temperatura media del suelo**.
- **Engrosamiento de la capa activa**, que permanece descongelada durante más tiempo cada año.
- Aparición de **inestabilidad en suelos previamente muy estables**.

Aunque estos cambios son más sutiles que los observados en el Ártico, su importancia radica en que afectan a un sistema tradicionalmente considerado muy estable. La degradación del permafrost antártico no implica grandes emisiones de carbono, pero sí señala una alteración del equilibrio térmico global.

6. Comparación con el permafrost ártico

El permafrost ártico y el antártico responden de manera diferente al calentamiento:

- El **permafrost ártico** es más joven, más cálido y rico en materia orgánica, por lo que su descongelación tiene consecuencias inmediatas para el clima global.
- El **permafrost antártico** es más frío, antiguo y mineral, actuando principalmente como **indicador geológico** del cambio climático.

Esta diferencia convierte al permafrost antártico en un sistema clave para validar modelos climáticos y comprender la respuesta a largo plazo del planeta.

7. Importancia científica y social

El estudio del permafrost antártico permite:

- Comprender la interacción entre clima y geología.
- Anticipar posibles cambios futuros en regiones frías.
- Evaluar la estabilidad de infraestructuras científicas.
- Contribuir a los informes internacionales sobre cambio climático.

Además, refuerza la idea de la Antártida como patrimonio científico de la humanidad, donde la investigación se realiza en beneficio del conocimiento global.

8. Conclusiones

El permafrost antártico constituye uno de los indicadores más fiables del cambio climático a escala geológica. Su estabilidad histórica y su sensibilidad térmica lo convierten en un sensor natural que responde de forma gradual pero inequívoca al calentamiento global.

Las investigaciones desarrolladas en la Antártida muestran que incluso los sistemas más fríos y aparentemente inmutables comienzan a reflejar cambios cuando el equilibrio climático del planeta se altera. Por ello, el estudio del permafrost no solo aporta información sobre el presente, sino que permite anticipar escenarios futuros y comprender mejor el funcionamiento del sistema Tierra.

Vamos a pasar ahora a analizar cada una de las diapositivas que nos mandó el profesor

⇒ MAPA DE LA ANTÁRTIDA

Este mapa es clave para entender **dónde** se investiga.



⇒ Elementos importantes del mapa

- **Antártida Oriental**
  - Muy antigua, estable, extremadamente fría.
- **Antártida Occidental**
  - Más joven, tectónicamente activa, más sensible.
- **Península Antártica**
  - Clima más “suave”.
  - Donde **antes** y **mejor** se detecta el calentamiento.

⇒ **LECTURA GEOLÓGICA**

El permafrost **no se estudia en el centro del casquete**, sino en:

- zonas costeras,
- islas,
- península,
- áreas libres de hielo.

Porque ahí:

- hay suelo,
- hay interacción atmósfera–tierra,
- hay respuesta térmica detectable.



⇒ **ANTÁRTIDA INTERNACIONAL**

1. La Antártida es un **laboratorio internacional compartido**.
2. No pertenece a ningún país.
3. La ciencia es **cooperativa y comparativa**:
    - mismos métodos,
    - distintas regiones,
    - series largas.

Esto es esencial en permafrost:

- un dato aislado no vale,
- lo que importa es la **tendencia**.

⇒ **EL TRATADO ANTÁRTICO**

⇒ **Prohibiciones clave para entender por qué se puede investigar allí**.

- Explotación comercial.
- Armas.
- Residuos.
- Pruebas nucleares.

⇒ **Lectura científica**

La Antártida es: **El único continente dedicado legalmente a la ciencia y a la paz**

Esto garantiza que:

- los datos no están "contaminados" por intereses económicos,
- hay una cooperación científica internacional,
- protección del ecosistema antártico,
- los cambios observados son **naturales o climáticos**, no industriales locales.

⇒ **EL VIAJE AL "LABORATORIO"**



Aquí se muestra la **ruta hacia la Antártida** (Sudamérica → Paso de Drake).

- Muestra el **aislamiento extremo**.
- Explica por qué:
    - hay pocas estaciones,
    - los datos son valiosos,
    - cada campaña cuenta.

Desde el punto de vista científico:

- no se puede "ir cuando quieras",
- las mediciones deben ser **robustas y continuas**.

⇒ **LOGÍSTICA (AVIONES Y BARCOS)**



Qué nos dicen como geólogos:

1. **El trabajo de campo es limitado en el tiempo**
   - Ventana de verano austral.
2. **No se puede improvisar**
   - Instrumentos calibrados antes.



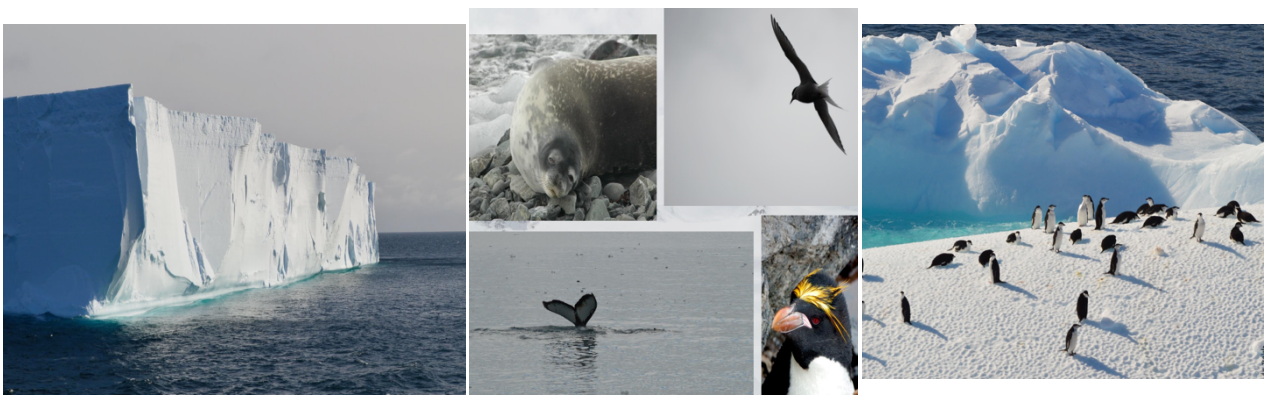
3. **El mantenimiento de estaciones es crítico**
   - si se pierde una, se pierde una serie temporal.

En permafrost, una serie larga (20–30 años) vale **más que mil medidas sueltas**.

⇒ **PAISAJES ANTÁRTICOS**

Aquí nos mostró el profesor **el medio físico real** donde se miden los suelos helados.





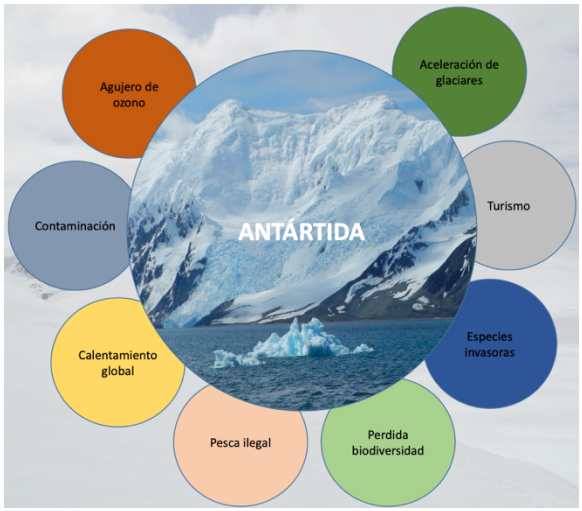
- Zonas costeras con:
  - hielo marino,
  - plataformas,
  - afloramientos rocosos.
- Áreas libres de hielo:
  - donde existe **permafrost**.
- Icebergs:
  - no son el objeto del estudio,
  - son el contexto climático.

◈ El mensaje es: **El permafrost vive en los márgenes, no en el centro del hielo.**

⇒ AMENAZAS SOBRE LA ANTÁRTIDA

En este esquema circular vemos las amenazas que acechan a la Antártida:

- calentamiento global,
- aceleración de glaciares,
- biodiversidad,
- turismo,
- contaminación,
- especies invasoras.



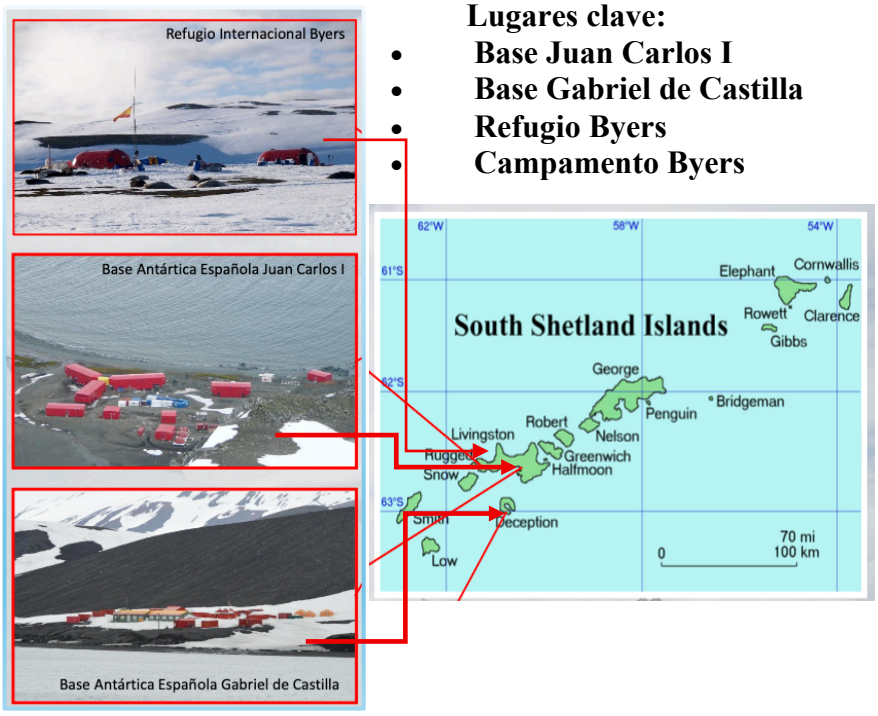
Lectura científica correcta

El permafrost está en el **centro invisible** de muchas de estas amenazas:

- si se degrada:
  - cambia la hidrología,
  - se inestabiliza el terreno,
  - se alteran ecosistemas,
  - se afectan bases científicas.

⇒ BASES ESPAÑOLAS Y TRABAJO DE CAMPO

A partir de aquí entramos en el **núcleo real de la investigación**.



Lugares clave:

- **Base Juan Carlos I**
- **Base Gabriel de Castilla**
- **Refugio Byers**
- **Campamento Byers**

Estas bases están en las **Islas Shetland del Sur**, una de las zonas:

- más templadas de la Antártida,
- más sensibles al calentamiento,
- ideales para estudiar permafrost "marginal".





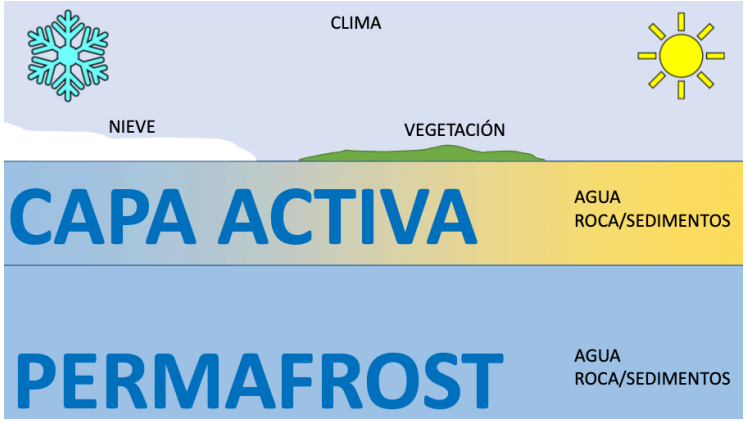


⇒ **<u>ESQUEMA DE PERMAFROST Y CAPA ACTIVA</u>**

Esta imagen es **esencial**.

Interpretación exacta

- **Permafrost**: suelo congelado permanentemente.
- **Capa activa**:
  - se congela y descongela cada año,
  - es la parte que responde primero al clima.
- Variables que la controlan:
  - temperatura del aire,
  - nieve (aislante térmico),



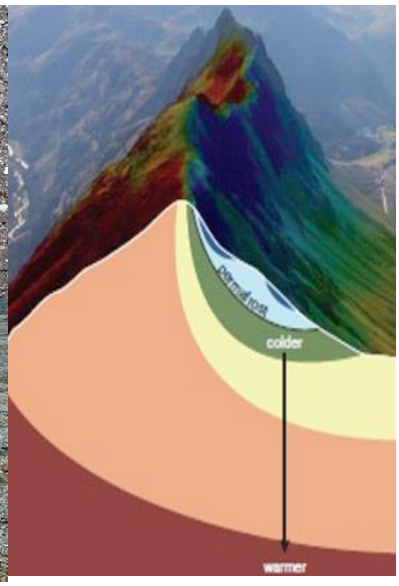
- agua,
- tipo de suelo y roca,
- vegetación (mínima en Antártida).

👉 **El objeto de estudio principal es la capa activa**, no solo el permafrost profundo.

⇒ **FORMAS PERIGLACIARES**

Aquí aparecen:
- grietas,
- polígonos,
- suelos estructurados.





Qué indican
- El permafrost **está activo**.
- Hay contracción térmica.
- Hay movimientos lentos del suelo.

Son **indicadores directos de temperatura del terreno**, más fiables que la foto de un iceberg.

⇒ **PERFIL TÉRMICO DEL PERMAFROST**

Qué se mide
- Temperatura:
  - en superficie,
  - en la capa activa,
  - en profundidad.
- Gradiente geotérmico.
- Profundidad de la base del permafrost.



👉 **Idea clave**

Pequeños cambios en la temperatura media anual:
- desplazan la isoterma de 0 °C,
- adelgazan el permafrost,
- engrosan la capa activa.

⇒ **EJEMPLOS DEL ÁRTICO (COMPARACIÓN)**

Aquí el profesor nos introduce imágenes d**el Ártico como advertencia**:
- colapsos,
- cráteres,
- infraestructuras dañadas.


El sorprendente deslizamiento de una ladera en Noruega convertido en video viral

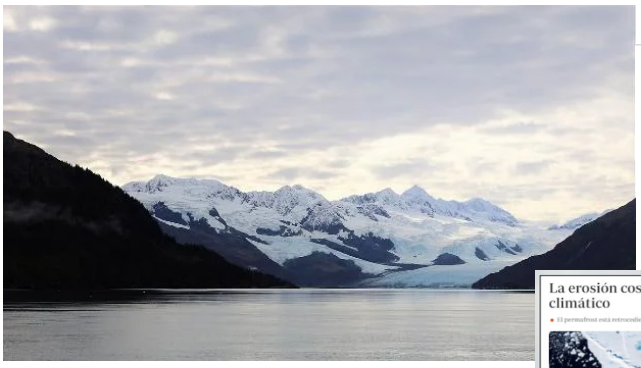
• Los expertos estudian si el espectacular siniestro en Alta es una expresión más del os deshielos en la superficie de la tierra y la desaparición del permafrost

ttps://www.youtube.com/watch?v=kpcBs5JBcPY





https://es.euronews.com/2020/07/13/se-agrava-la-tragedia-silenciosa-de-siberia-con-300-incendios-activos-y-temperaturas-inedi





👉 **Mensaje implícito:** "Esto es lo que pasa cuando el permafrost pierde estabilidad".











https://www.rtve.es/play/videos/informe-semanal/informe-semanal-permafrost-sos/5642919/

👉 Y la pregunta científica es:

- ¿la Antártida seguirá ese camino?,
- ¿o responderá de otra manera?

⇒ DATOS REALES QUE SE ESTUDIAN

Qué se mide exactamente

- Temperatura del aire.
- Temperatura del suelo.
- Espesor de deshielo (thaw depth).
- Duración de la capa activa (>45 días, >60 días).

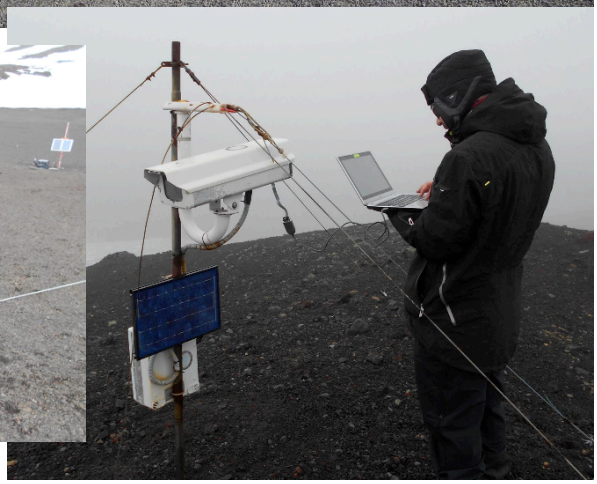
Qué se está viendo

- **Tendencias al alza**, no saltos bruscos.
- Respuesta clara del suelo al calentamiento atmosférico.
- Inestabilidad creciente en zonas marginales.

👉 Esto es **evidencia**, no opinión.







⇒ IDEA FINAL PARA QUE SE ENTIENDA BIEN

- El permafrost antártico no es una bomba de carbono como el ártico.
- Es un **sensor geológico extremadamente fino**.
- Cuando empieza a mostrar inestabilidad, es porque el sistema climático global está cambiando de verdad.

⇒ Por todo ello:

- Si estamos empezando a ver evidencias de la degradación del permafrost….
- Si el permafrost en algunos puntos es altamente inestable…
- Si los suelos congelados son sensibles a las temperaturas de la atmósfera….
- Si las temperaturas del aire en la Antártida están ascendiendo…

⇒ Surge la gran pregunta:

- ¿Cuánto tiempo de existencia le queda al permafrost antártico?
- ¿Qué consecuencias puede tener su degradación en la Antártida?
- ¿y a escala global?
