

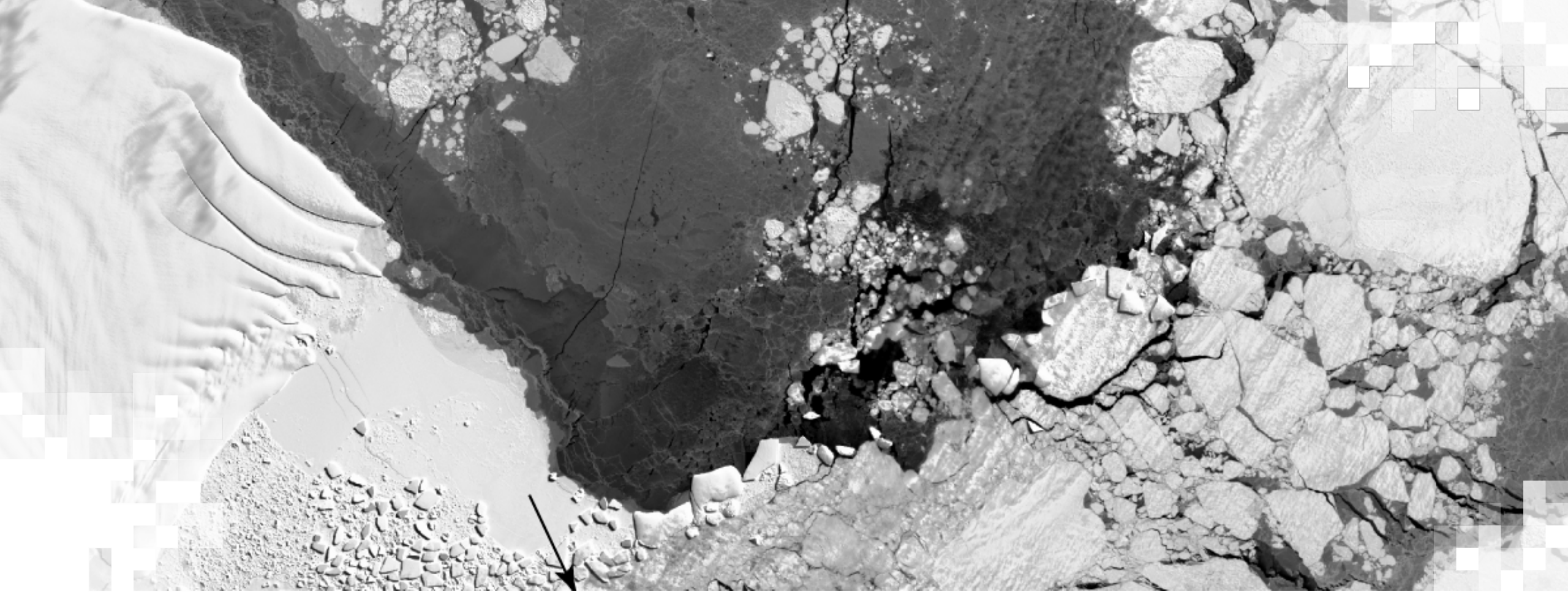
SAR para la Detección y el Monitoreo de Inundaciones, el Hielo Marino y la Subsistencia del Suelo por Extracción de Agua

1^{ra} Sesión: Detección y Monitoreo de Hielo Marino con SAR

Malin Johansson, UiT La Universidad Ártica de Noruega

24 de octubre de 2023





1^{ra} Sesión: Detección y Monitoreo de Hielo Marino con SAR

Objetivos de la 1^{ra} Sesión

Al finalizar la 1^{ra} Sesión, los participantes podrán:

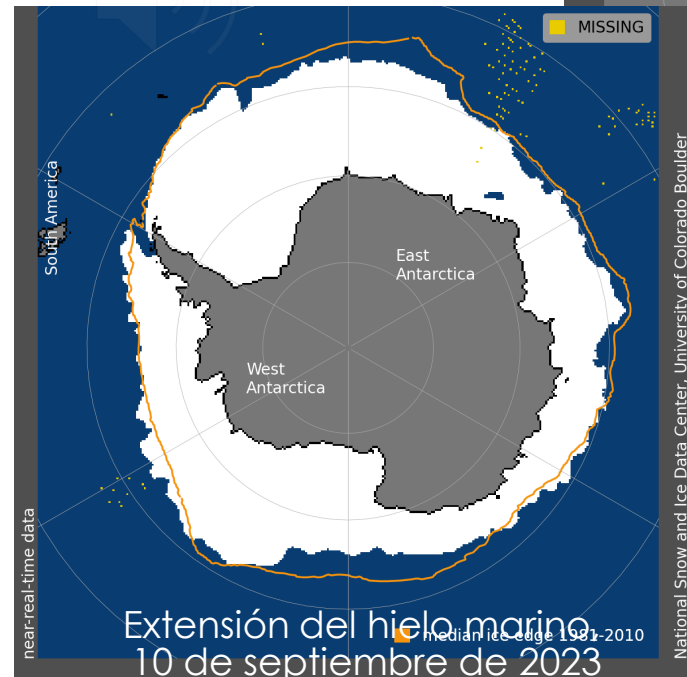
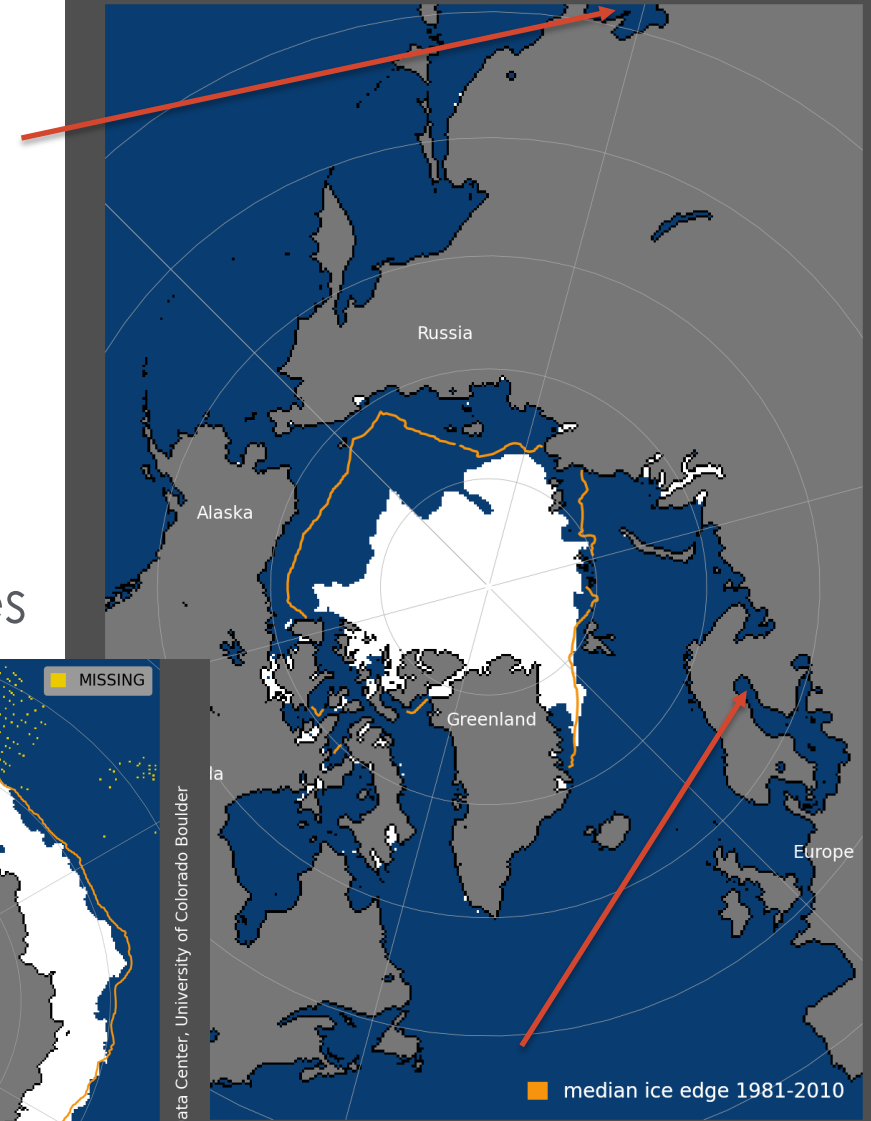
- Entender el mecanismo para poder monitorear el hielo marino
- Entender los retos en monitorear el hielo marino
- Entender cómo las características del hielo marino se pueden extraer usando imágenes SAR de polarización singular y doble
- Entender cómo las imágenes SAR pueden apoyar el transporte marítimo seguro y los modelos climáticos



¿Qué es el Hielo Marino?

- Hielo que se forma al congelarse el agua del mar
 - Salado
- Cubre el océano Artico
- Rodea la Antártida
- Ocurre de manera estacional en los mares subpolares

Sea Ice Extent, 27 Sep 2023



¿Cómo es el Hielo Marino?

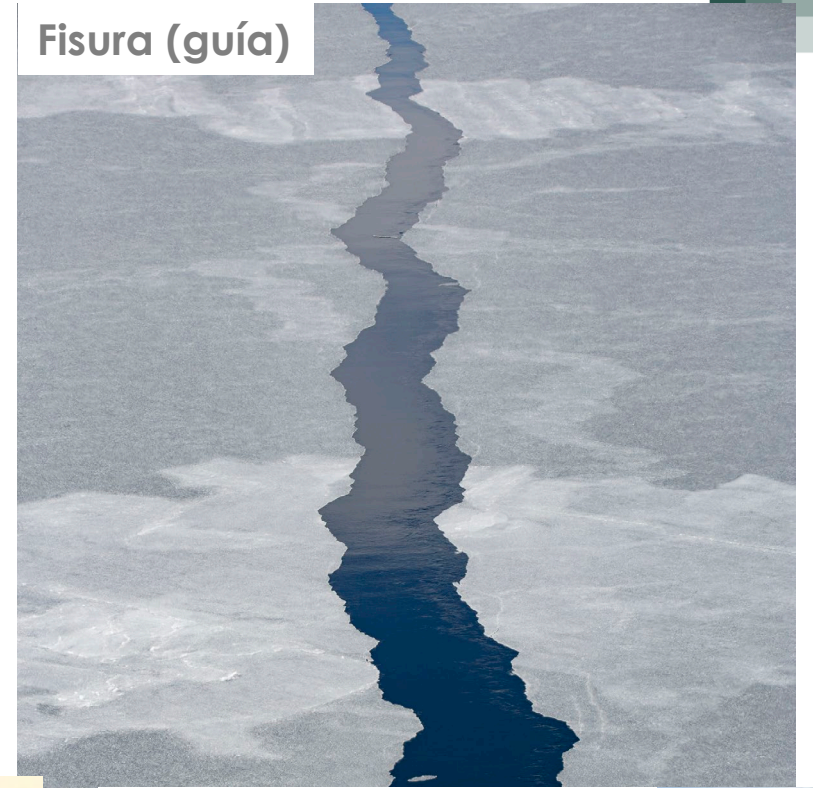
Capas de hielo nilas



Hielo panqueque



Fisura (guía)



Hielo de 1^{er} año delgado



Hielo de 1^{er} año rugoso



Hielo de 1^{er} año variado



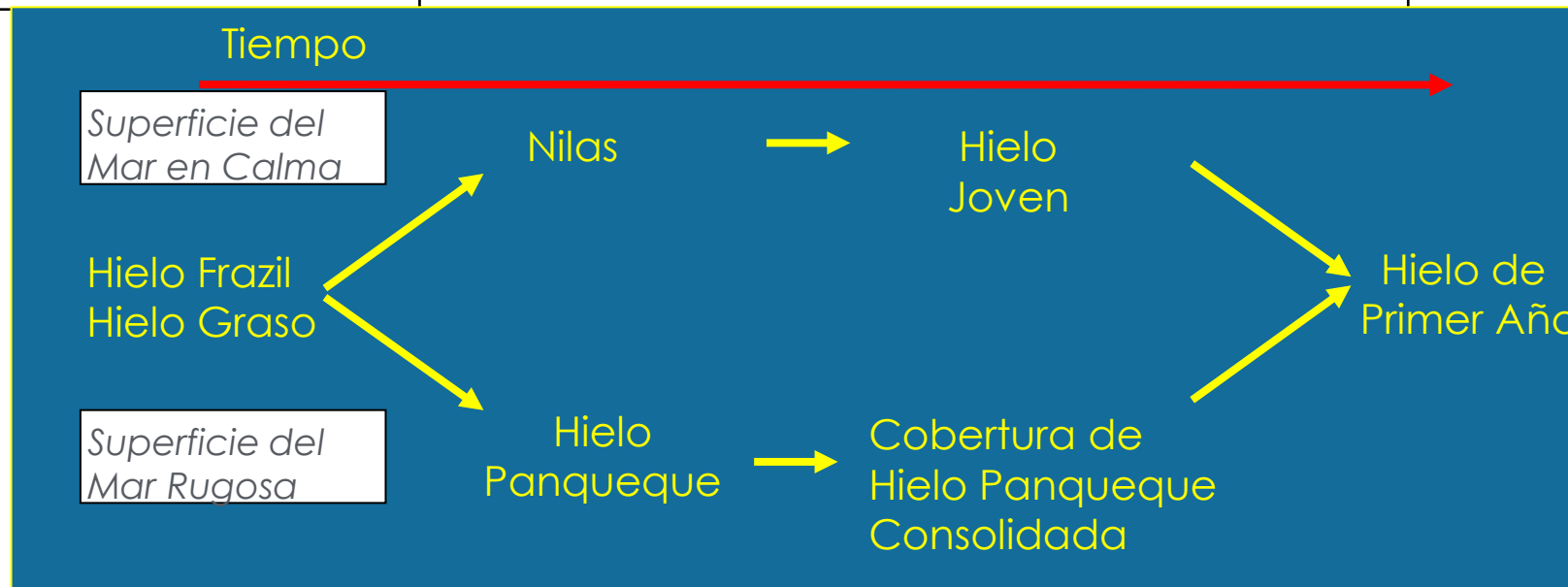
Clases y Mecanismos de Formación de Hielo

Salinidad

Clase	Descripción	Espesor
Hielo Nuevo	Hielo que comenzó a crecer hace unas horas o días	0 – 10 cm
Hielo Joven	Transición entre hielo nuevo y hielo de primer año	10 - 30 cm
Hielo de Primer Año	Hielo de no más de un crecimiento invernal	30 – 200 cm
Hielo Viejo	Hielo que ha sobrevivido al menos el deshielo de un verano; La mayoría de las características topográficas son más suaves que en el hielo del primer año	> 200 cm

Alta

Baja

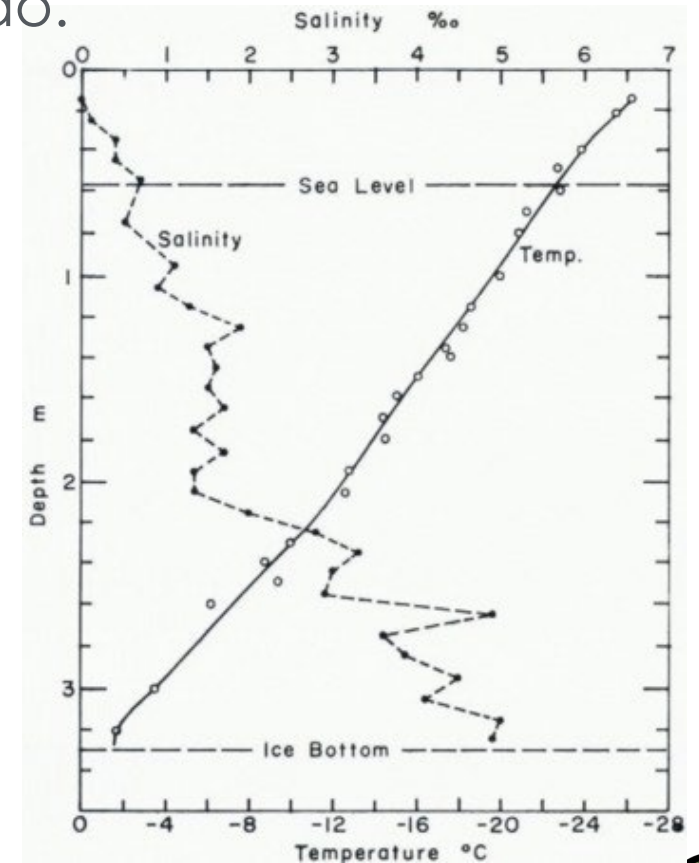


¿Cómo es el Hielo Marino?

- El hielo marino incluye bolsas de salmuera y burbujas de aire.
- A medida que el hielo envejece y se deforma, la salinidad, la densidad, la rugosidad de la superficie y la topografía irán cambiando.



Fotos: J. Landy



Cox y Weeks, 1974



¿Cómo es el Hielo Marino?

- Muestra de hielo marino vista desde cerca

Granular

Columnar

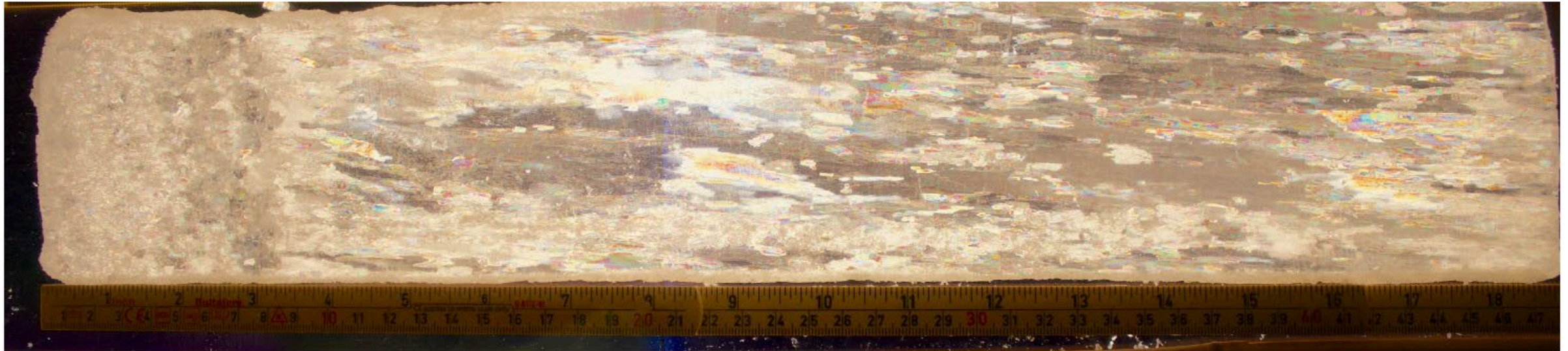


Foto: J. Osanen



¿Cómo Se Desintegra?

- En verano se derrite
 - Primero se derrite la nieve
 - Se forman estanques de deshielo



Foto: T. Karlsen



¿Cómo Se Desintegra?

- En verano se derrite
 - Primero se derrite la nieve
 - Se forman estanques de deshielo
 - El albedo disminuye (es decir, aumenta la absorción de calor)

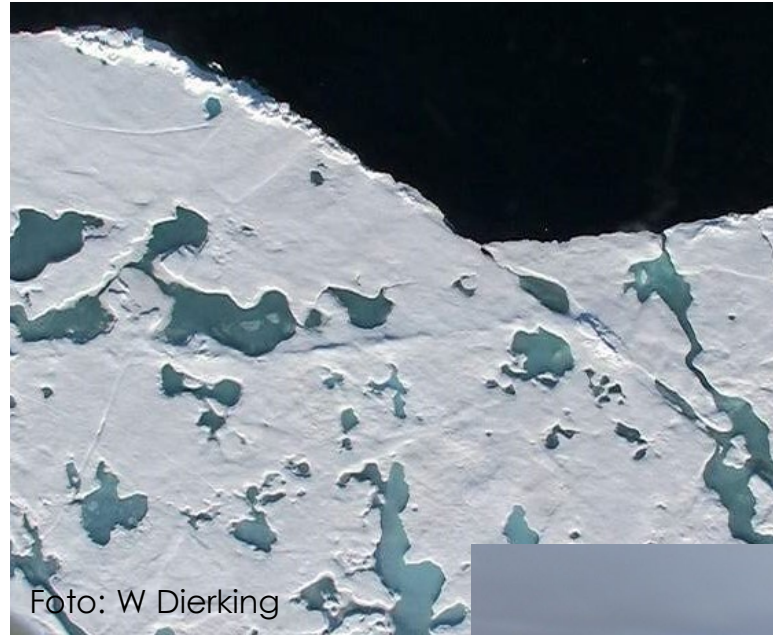


Foto: T. Karlsen



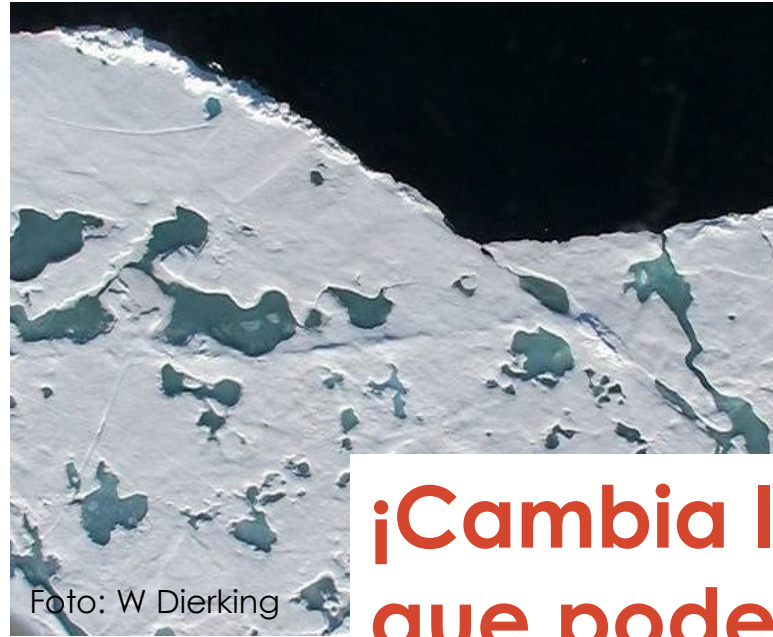
¿Cómo Se Desintegra?

- En verano se derrite
 - Primero se derrite la nieve
 - Se forman estanques de deshielo
 - El albedo disminuye (es decir, aumenta la absorción de calor)
 - Debido a la interacción con el océano, se rompe en fragmentos más pequeños



¿Cómo Se Desintegra?

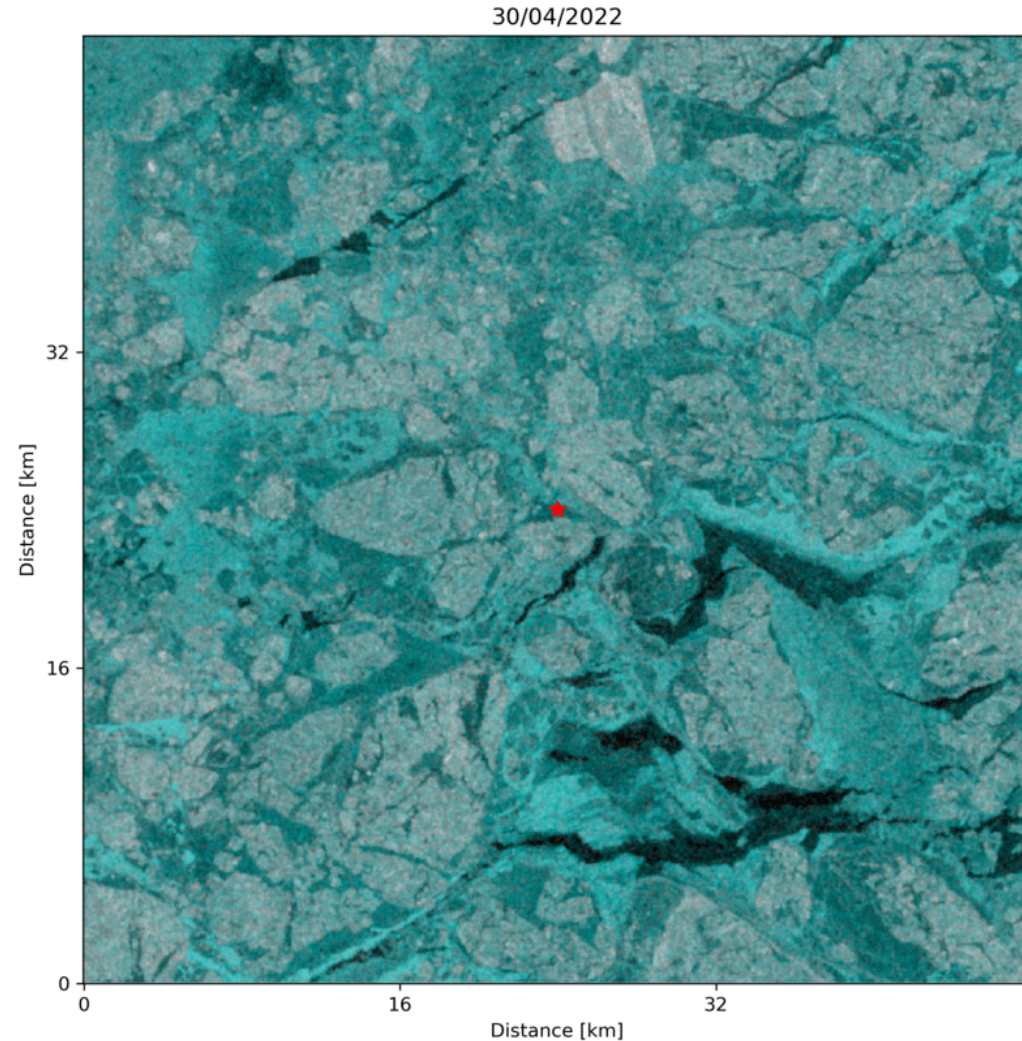
- En verano se derrite
 - Primero se derrite la nieve
 - Se forman estanques de deshielo
 - El albedo disminuye (es decir, aumenta la absorción de calor)
 - Debido a la interacción con el océano, se rompe en fragmentos más pequeños



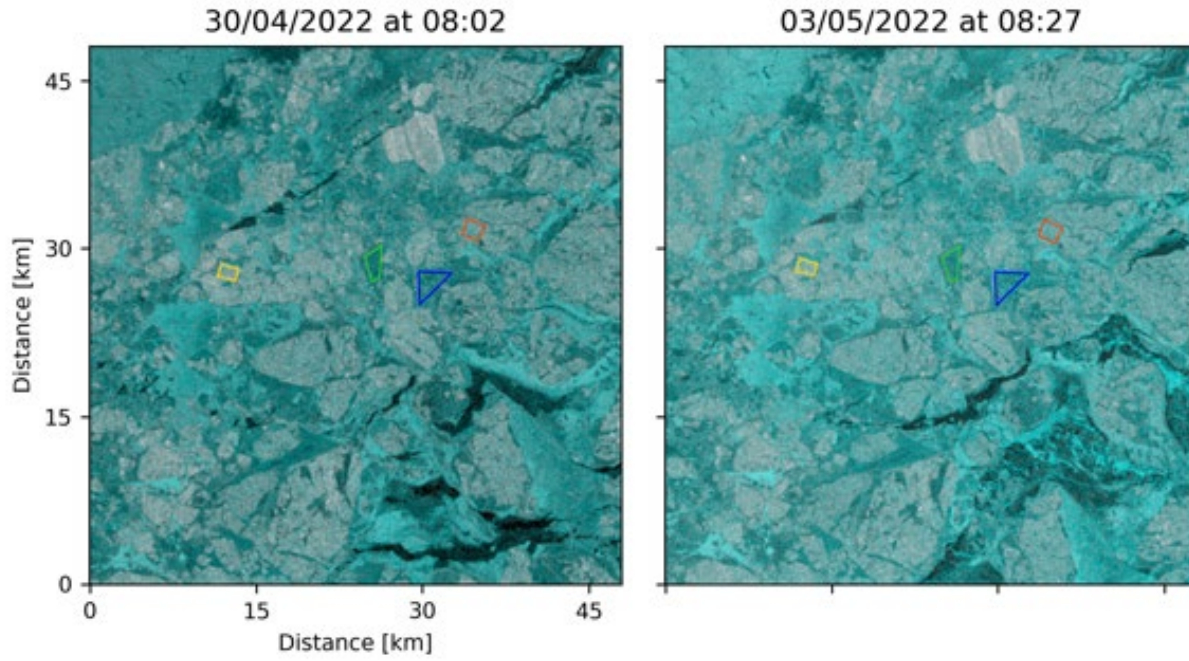
¡Cambia la señal que podemos observar con SAR!



¿Cómo es el Hielo Marino en Imágenes SAR?

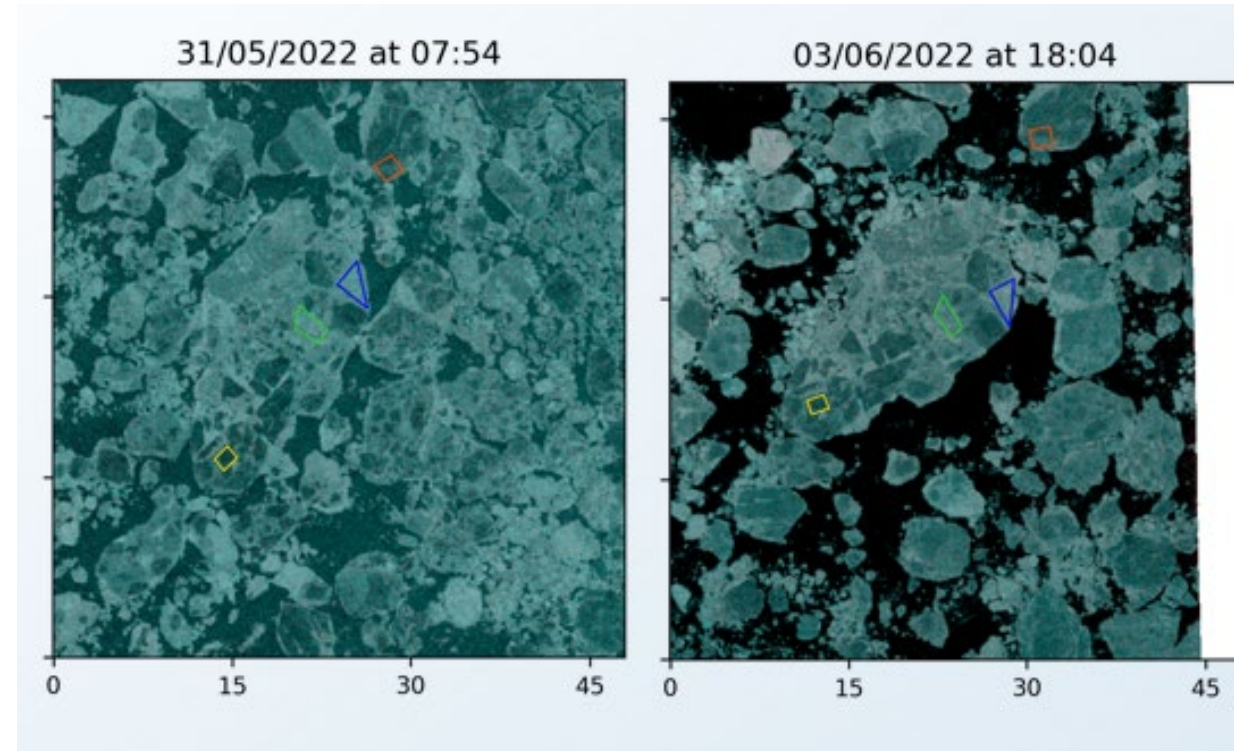


¿Cómo Se Ve el Hielo Marino en Imágenes SAR?



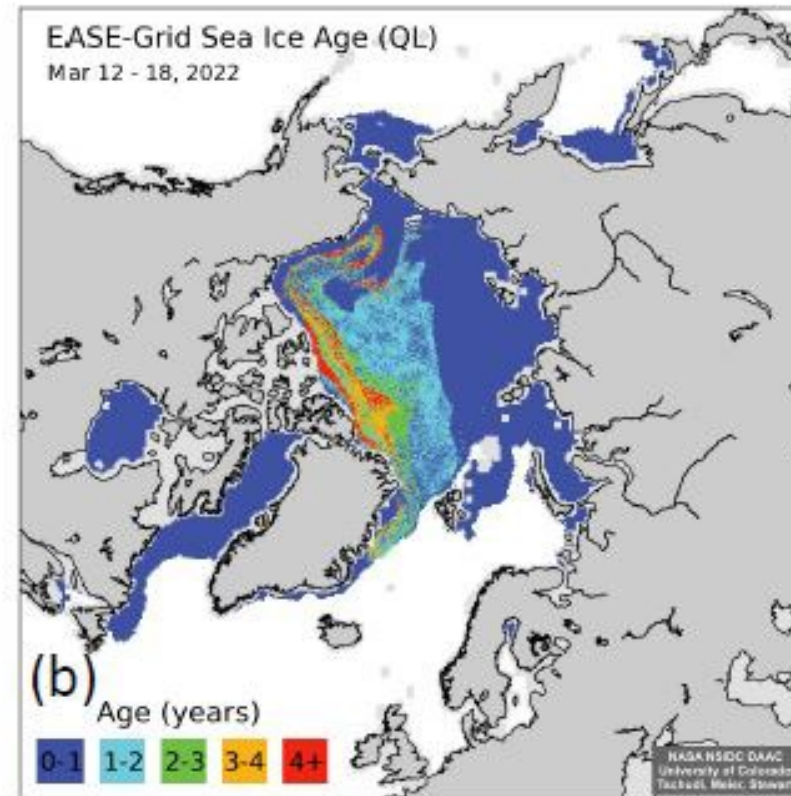
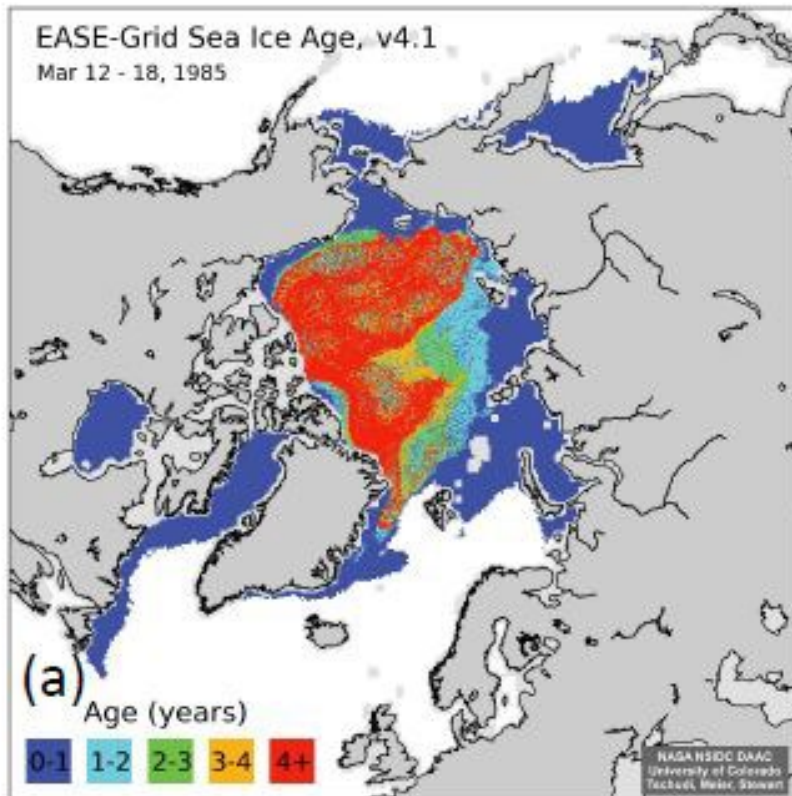
Congelamiento

Deshielo



Cambios al Hielo Marino en el Océano Ártico

- El hielo más grueso está desapareciendo.

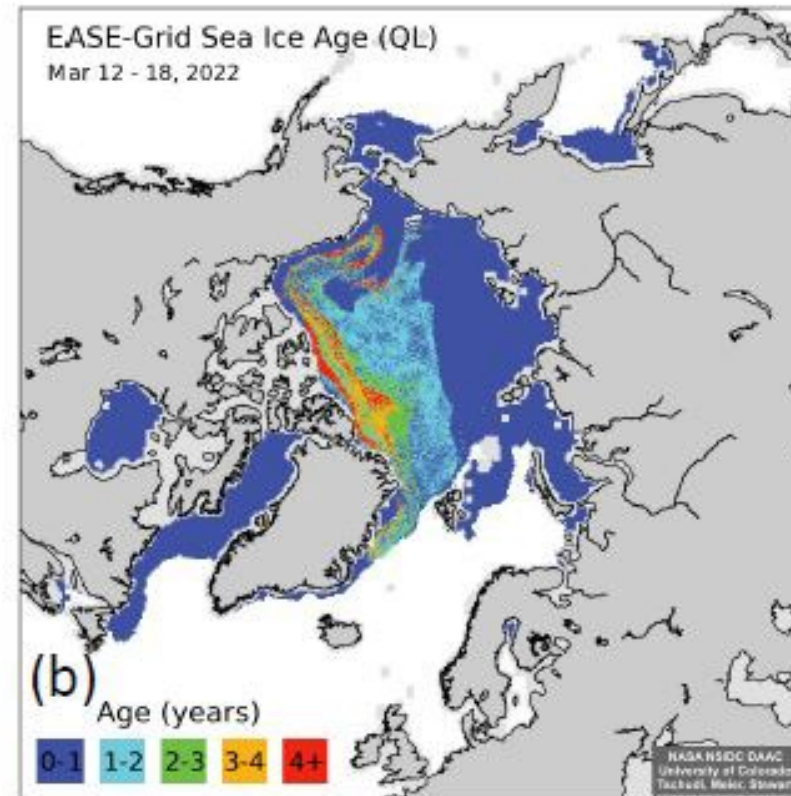
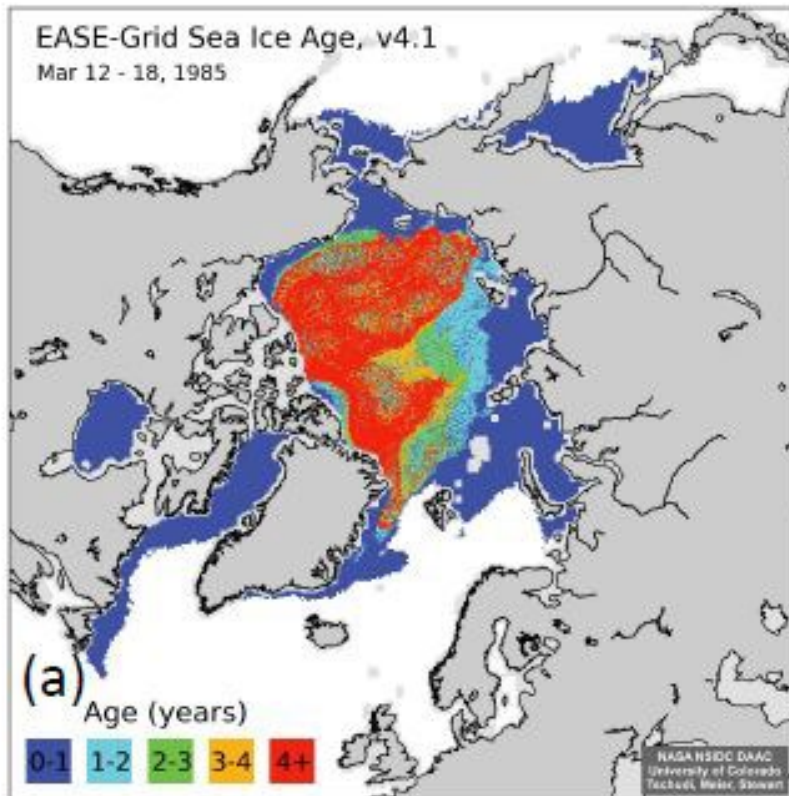


© NSIDC



Cambios al Hielo Marino en el Océano Ártico

- El hielo más grueso está desapareciendo.
- Hoy en día, la mayor parte del hielo marino del ártico tiene menos de un año de edad.

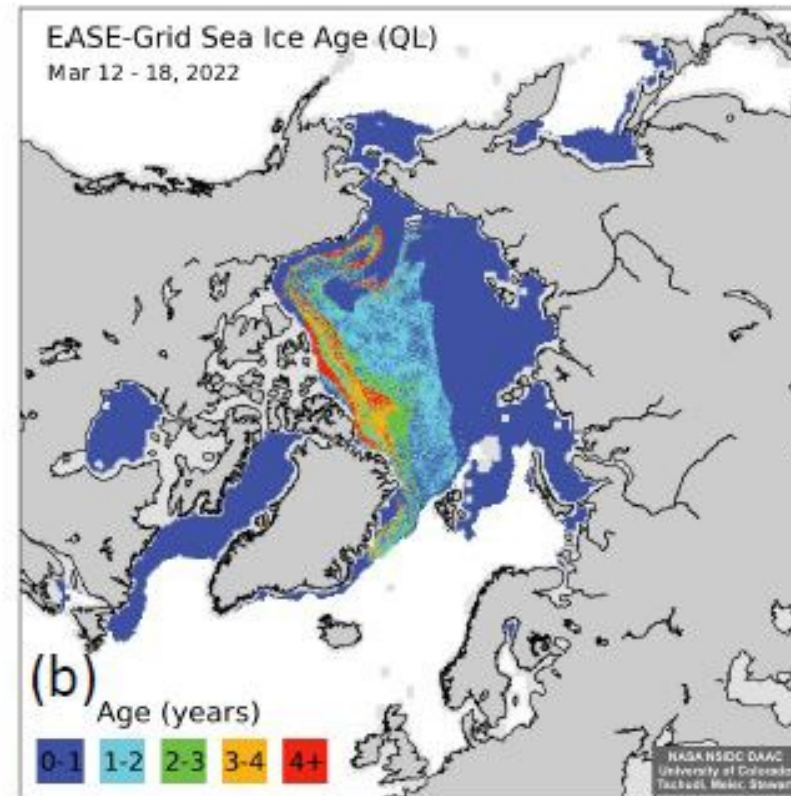
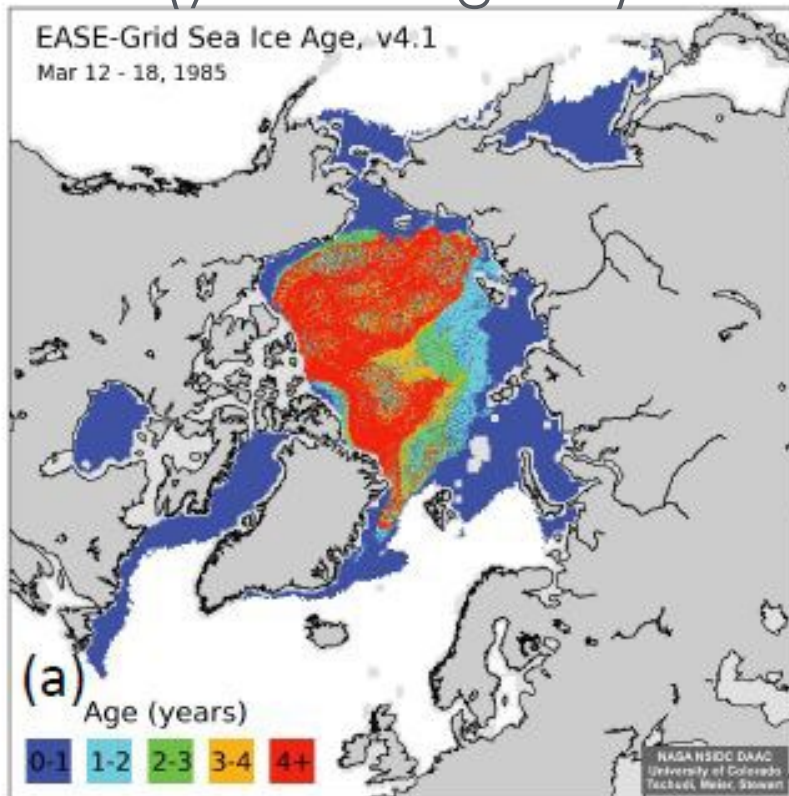


© NSIDC



Cambios al Hielo Marino en el Océano Ártico

- El hielo más grueso está desapareciendo.
- Hoy en día, la mayor parte del hielo marino del ártico tiene menos de un año de edad.
 - El más viejo (y el más grueso) está en el Oeste
 - El más joven (y más delgado) está en el Este

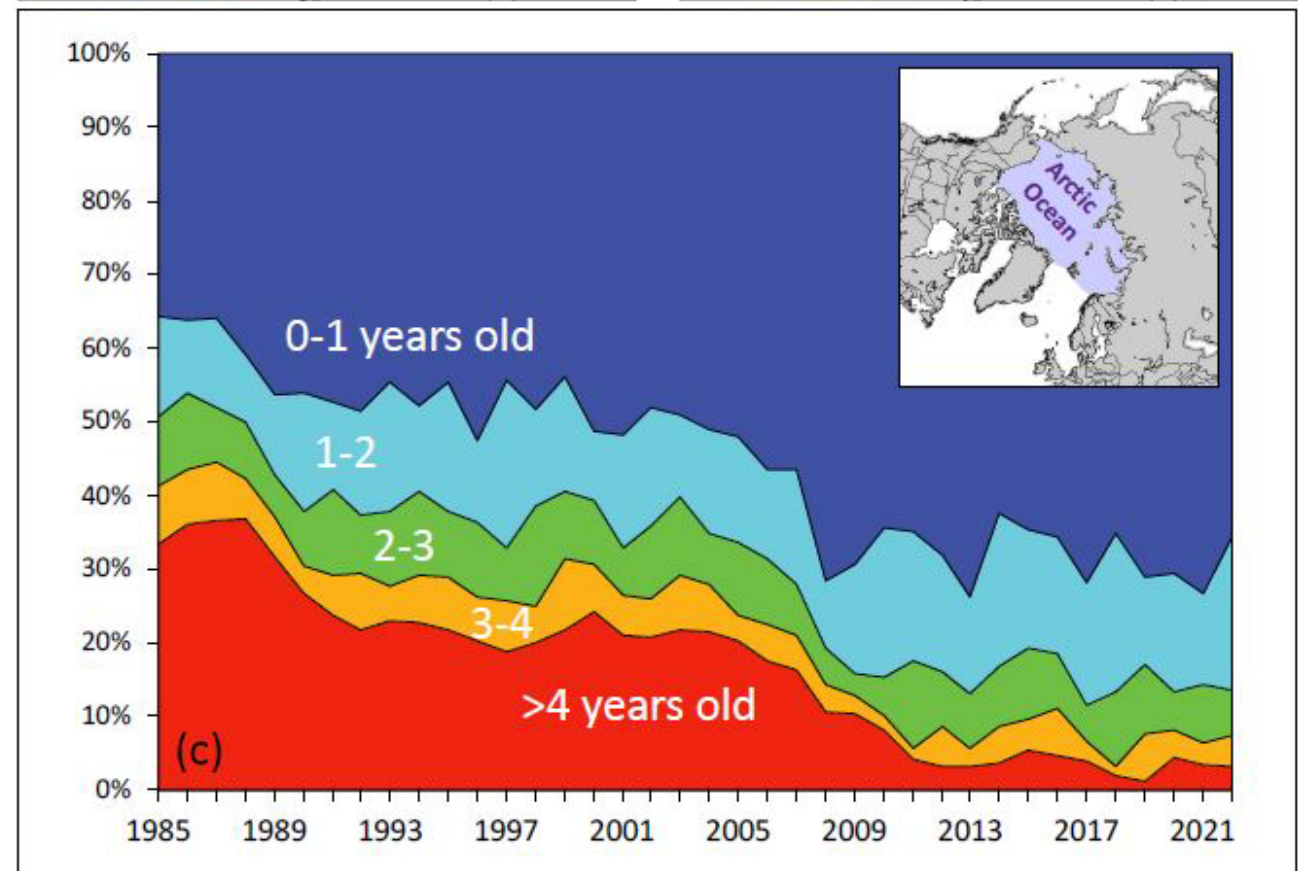


© NSIDC



Edad del Hielo Marino

- ¿Cómo se calcula la edad del hielo marino?
 - Se cuenta a partir del 1^{ro} de septiembre
 - La temporada de congelamiento

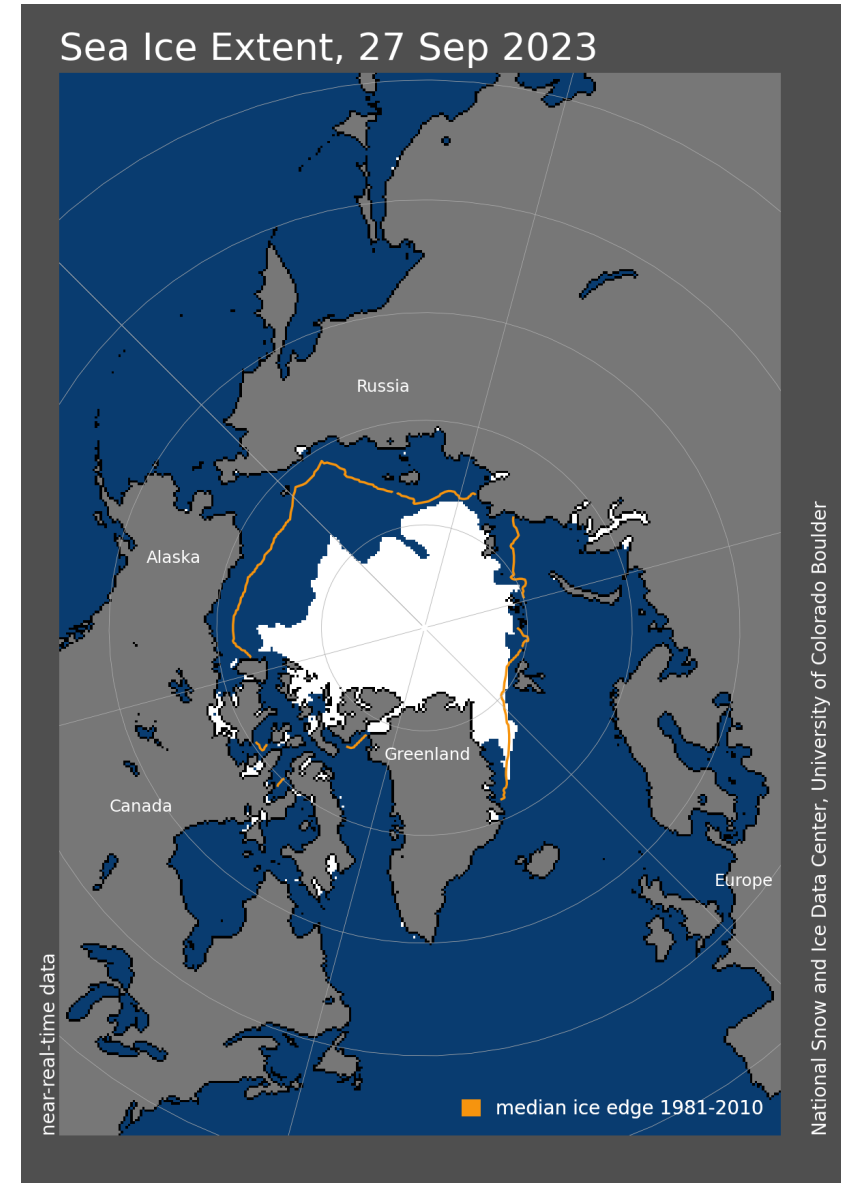


© NSIDC



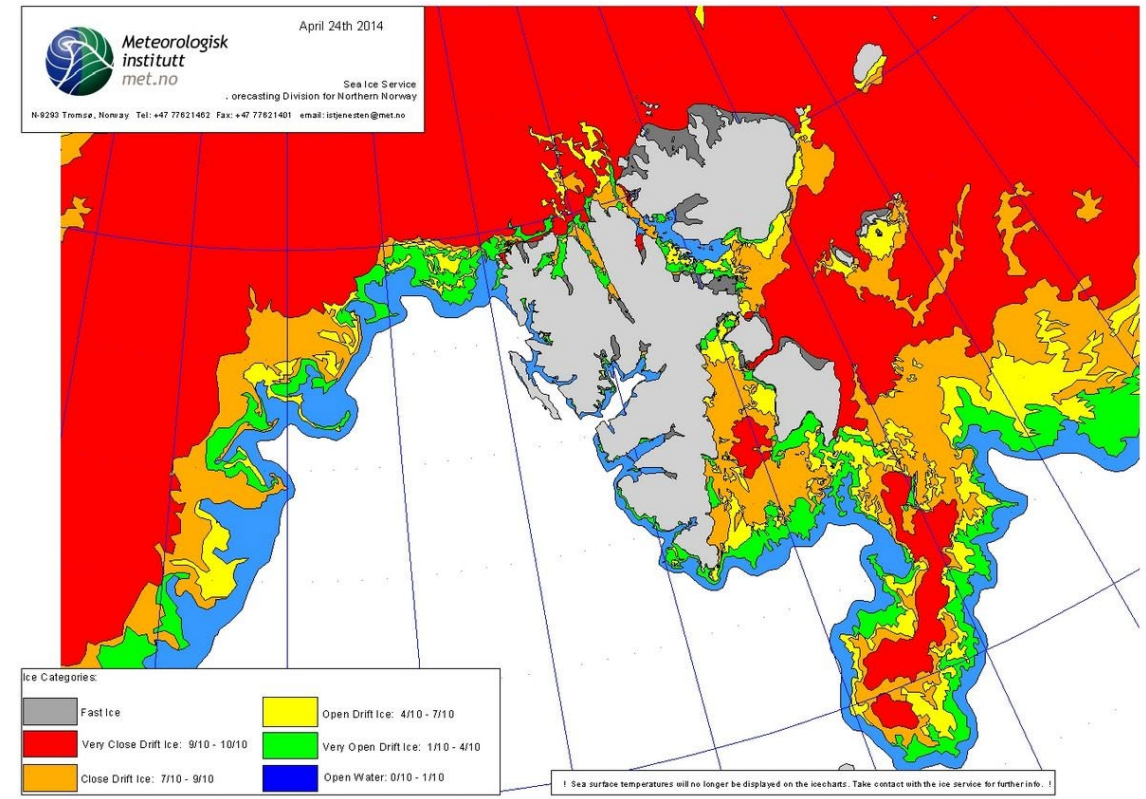
¿Qué Monitoreamos?

- ¿Qué parámetros se usan para describir las características de la cobertura del hielo en el ártico y en antártica?
 - Extensión de hielo marino



¿Qué Monitoreamos?

- ¿Qué parámetros se usan para describir las características de la cobertura del hielo en el ártico y en antártica?
 - Extensión de hielo marino
 - Concentración de hielo marino
 - Tipos de hielo marino



¿Qué Monitoreamos?

- ¿Qué parámetros se usan para describir las características de la cobertura de hielo en el ártico y en antártica?
 - Extensión de hielo marino
 - Concentración de hielo marino
 - Tipos de hielo marino
 - Etapa de desarrollo del hielo marino



Monitoreo y Detección de Hielo Marino

- Nomenclatura de la OMM
 - No es directamente compatible con imágenes SAR
- SAR no ve el espesor del hielo

Ice Stage of Development (SoD)


 Ice of undefined SoD [X]

 Open water [0]

 New ice [1]

 Nilas [2]

 Nilas (with frost flowers) [2]

 Young ice [3]

 Grey ice [4]

 Grey-white [5]

 First year [6]

 Thin first year ice [7]

 First stage first year [8]

 Second stage first year [9]

 Medium first year [1·]



Monitoreo y Detección de Hielo Marino

- Nomenclatura de la OMM
 - No es directamente compatible con imágenes SAR
- SAR no ve el espesor del hielo
- SAR “ve” la rugosidad de la superficie (a nivel de mm a dm) e inhomogeneidades de volumen (inclusiones de aire, bolsas de salmuera, granos de nieve grandes, etc.)

Ice Stage of Development (SoD)

 Ice of undefined SoD [X]

 Open water [0]


 New ice [1]

 Nilas [2]

 Nilas (with frost flowers) [2]

 Young ice [3]

 Grey ice [4]


 Grey-white [5]

 First year [6]

 Thin first year ice [7]

 First stage first year [8]

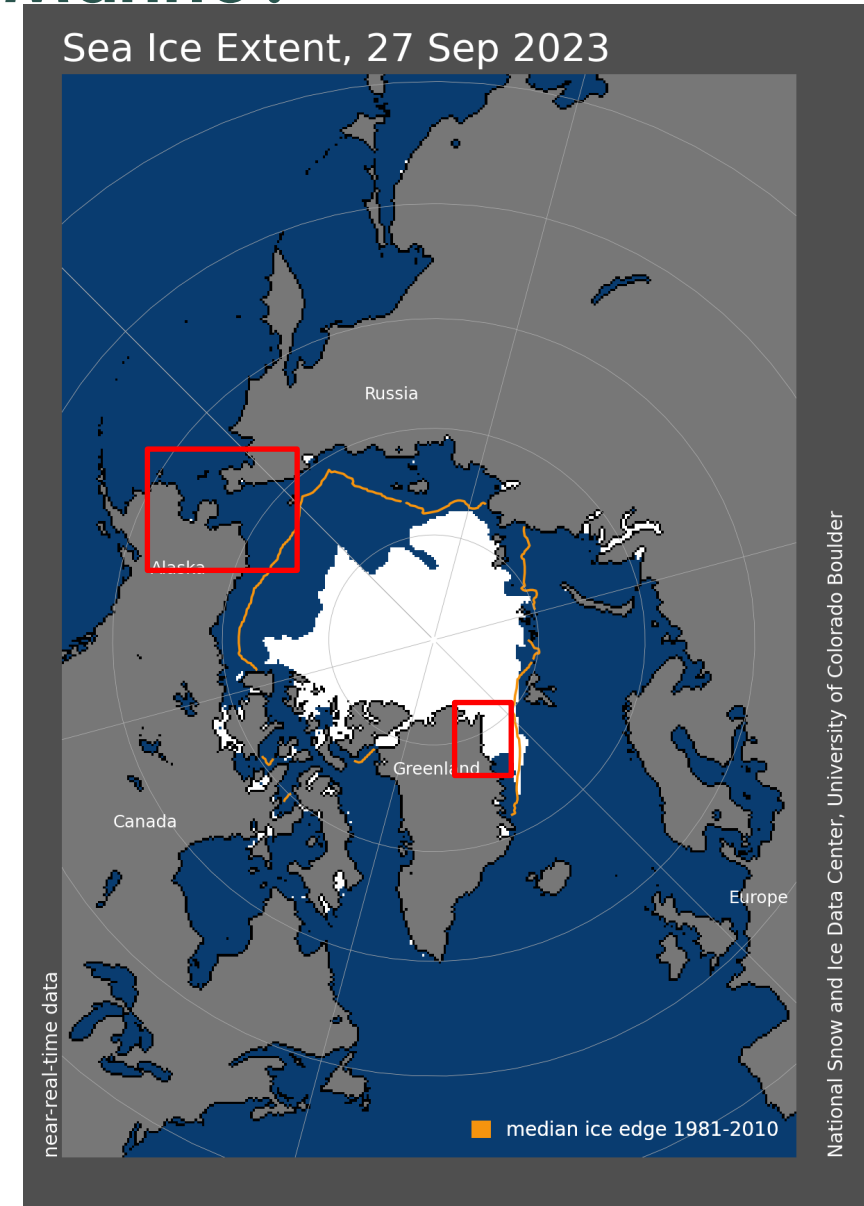
 Second stage first year [9]

 Medium first year [1·]



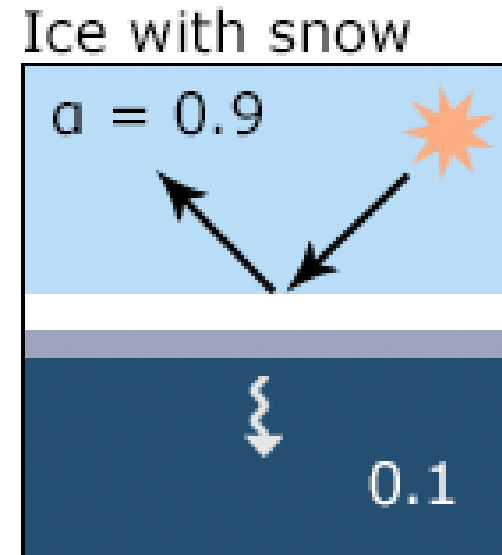
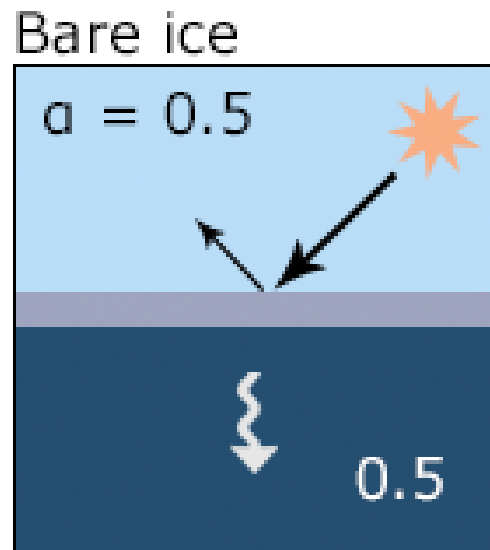
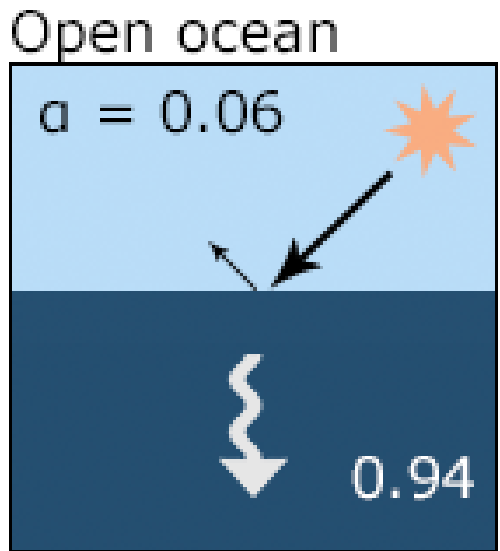
¿Cómo Varía la Extensión de Hielo Marino?

- Ciclo estacional
- Hielo a la deriva
 - Puertas al ártico
 - Estrecho de Bering – Conecta con el océano Pacífico
 - Estrecho de Fram – Conecta con el Atlántico
- El estrecho de Fram se encuentra entre Groenlandia y Svalbard
 - La deriva de hielo marino con el flujo más rápido



¿Por Qué Monitoreamos el Hielo Marino?

- Albedo:
 - Si no hay hielo, el océano absorbe el calor.
 - Presencia de hielo marino => mayor albedo => el hielo marino refleja más radiación solar entrante => la temperatura del océano sube menos
 - Hielo marino + nieve => albedo aún mayor



¿Por Qué Monitoreamos el Hielo Marino?

- Albedo
- Transporte
 - Peligro para las embarcaciones
 - Planificación de rutas de naves



Foto: NORCE



Foto: T. Karlsen



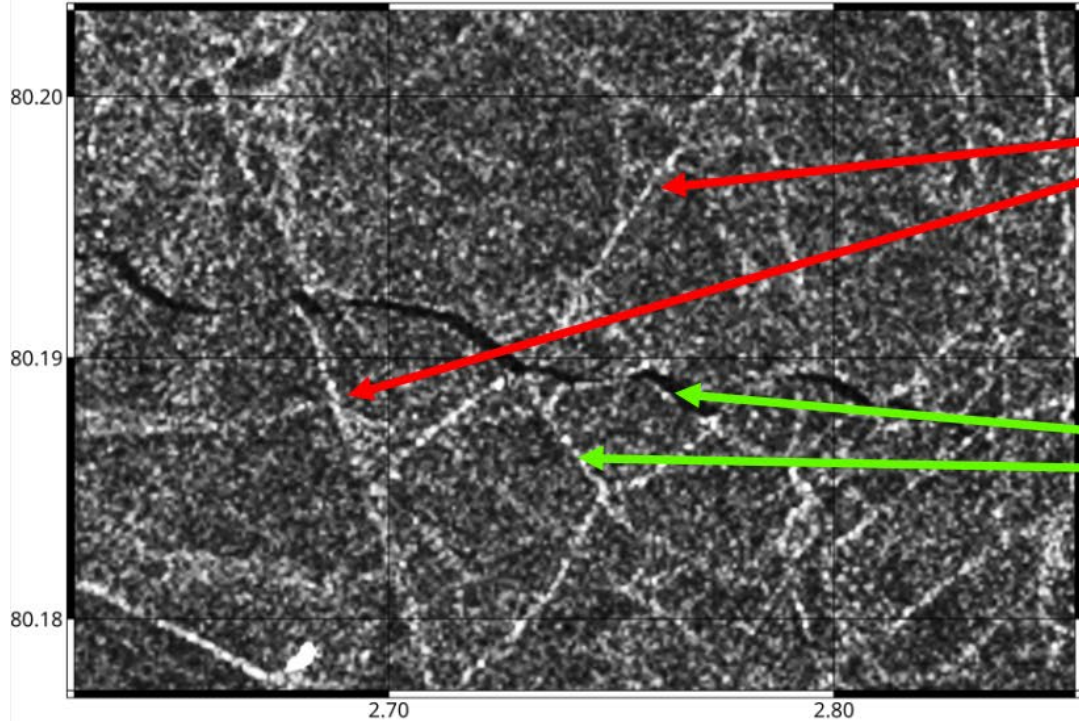
Foto: C. Zoelly



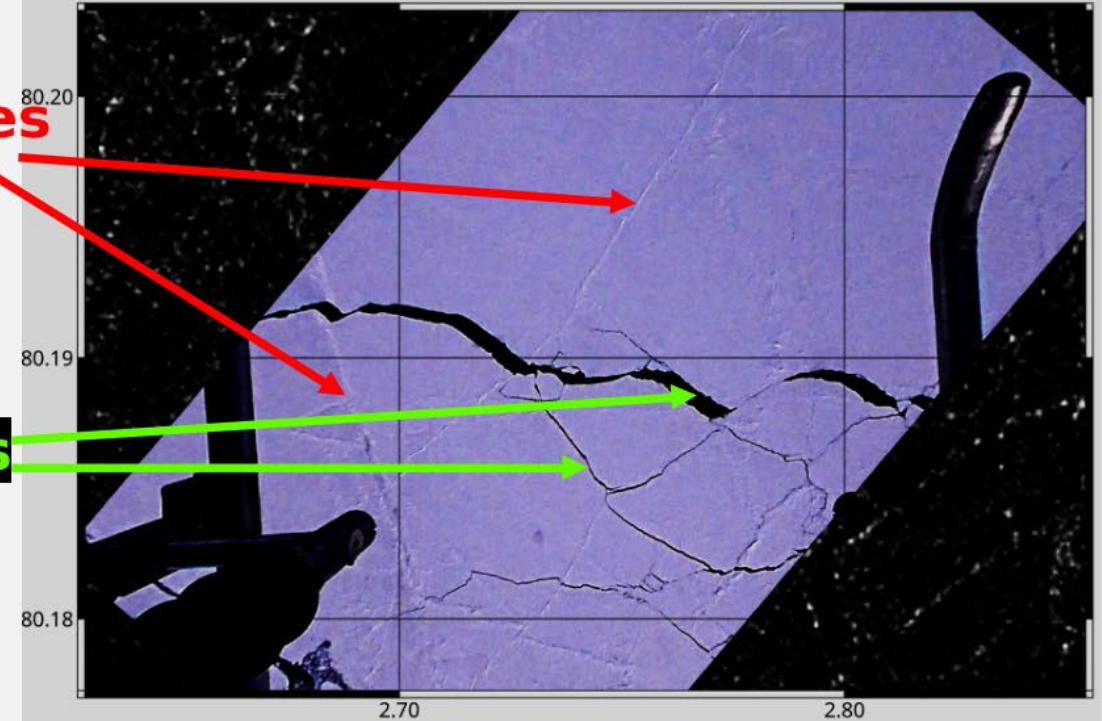
Mapeo Operativo del Hielo Marino

- Necesitamos imágenes SAR para optimizar la ruta de un barco rompehielos

SAR RCM image from 2023/06/01 06:00



Helipod image from 2023/06/01 10:00



Deriva de Hielo

- El hielo marino se mueve > fisuras y crestas

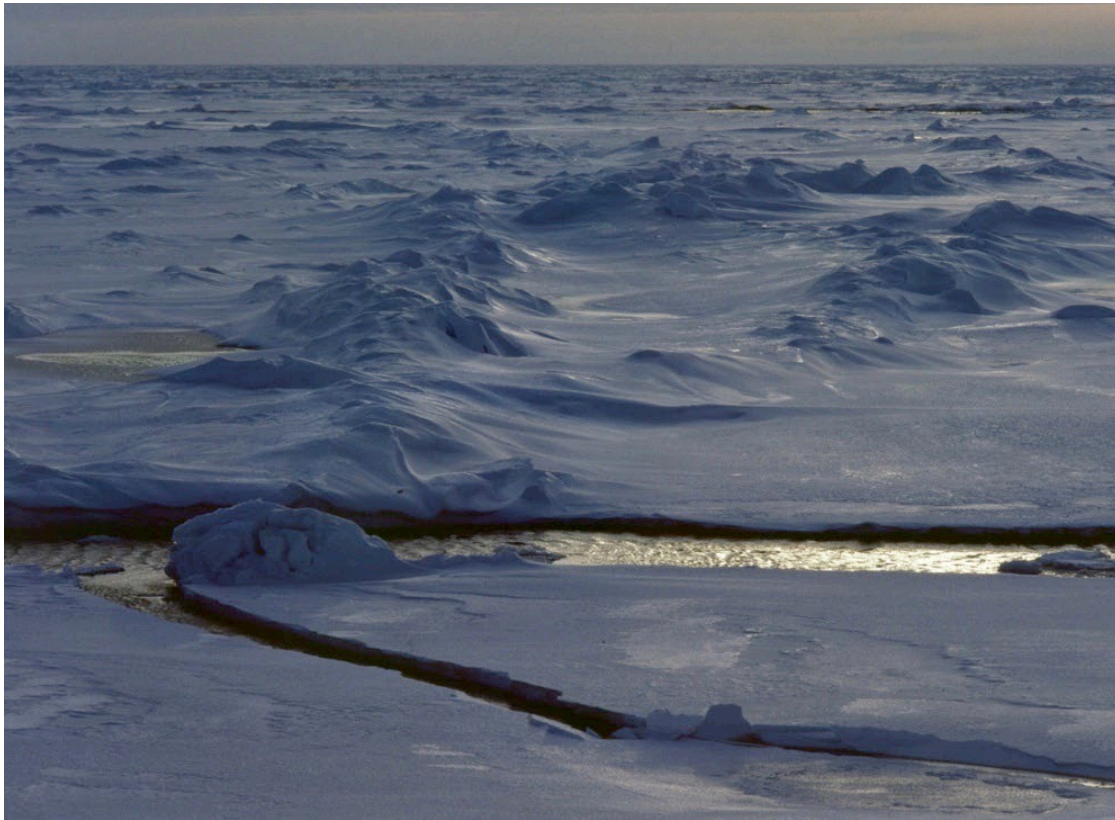
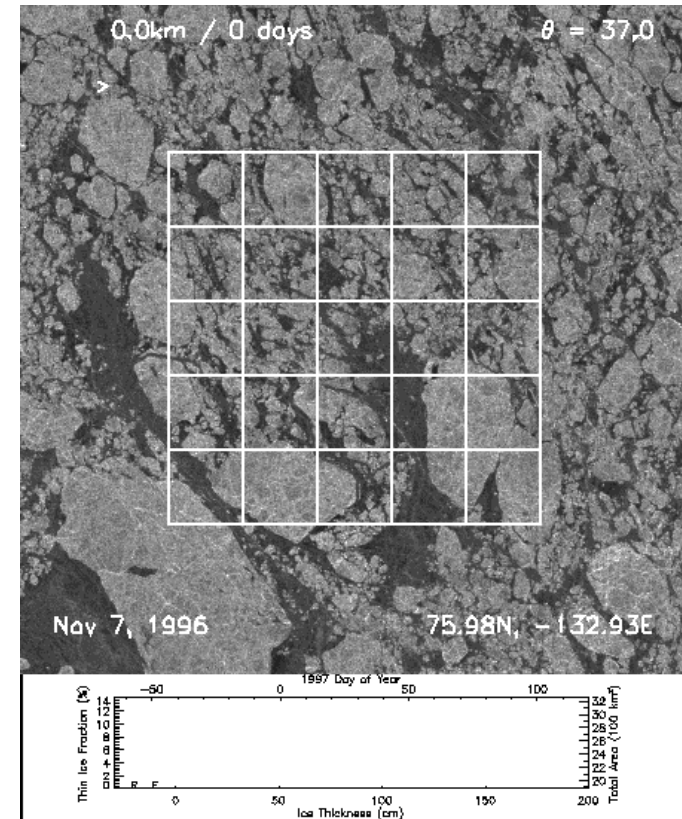


Foto: W. Dierking, 1991



Cortesía de R. Kwok



¿Por Qué Monitoreamos el Hielo Marino?

- Albedo
- Transporte
 - Peligro para las embarcaciones
 - Planificación de rutas de naves
 - Se usa como carretera



Foto: W. Copeland



¿Por Qué Monitoreamos el Hielo Marino?

- Albedo
- Transporte
 - Peligro para las embarcaciones
 - Planificación de rutas de naves
 - Se usa como carretera
- Erosión costera



¿Por Qué Monitoreamos el Hielo Marino?

- Albedo
- Transporte
 - Peligro para las embarcaciones
 - Planificación de rutas de naves
 - Se usa como carretera
- Erosión Costera
- Sistema Climático
 - Intercambios de calor y gases
 - Flujo de calor en la superficie del mar: 100 a 1000 W/m²
 - Hielo marino > 1m de grosor: 5-20 W/m²
 - La frecuencia y el tamaño de las fisuras y las polinias influyen en el flujo de calor regional.

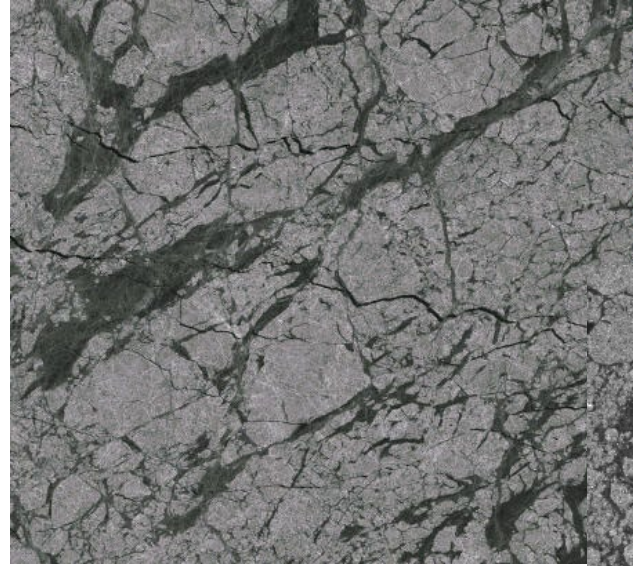
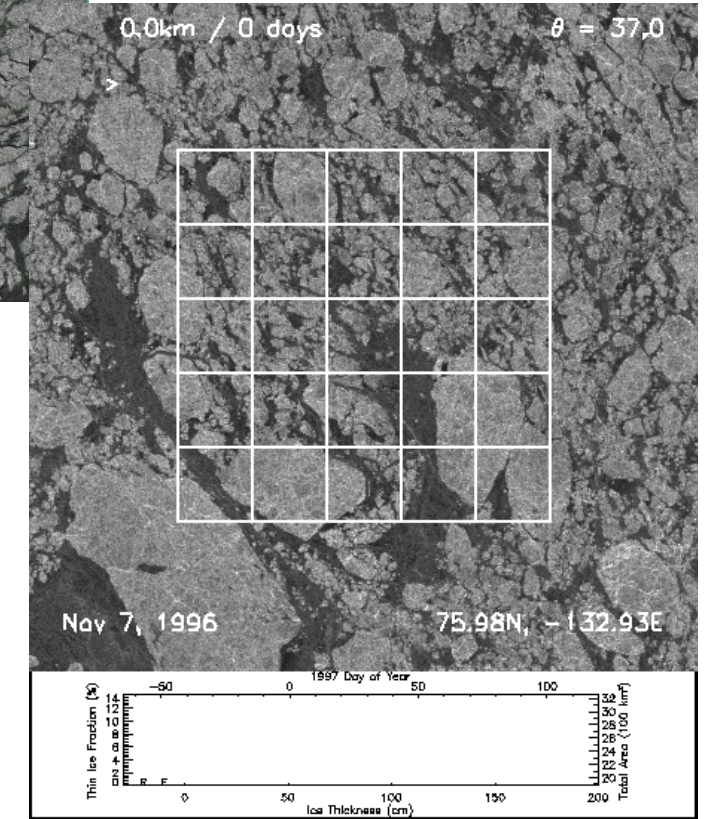


Imagen SAR, 100 x100 km

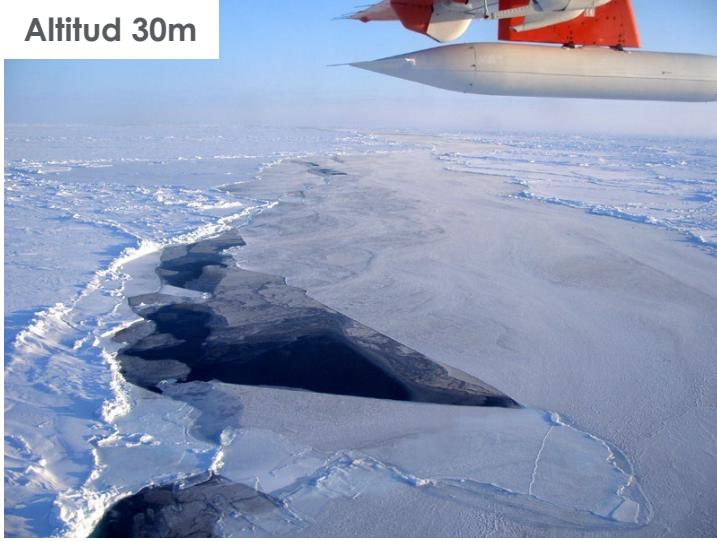


Cortesía de R. Kwok

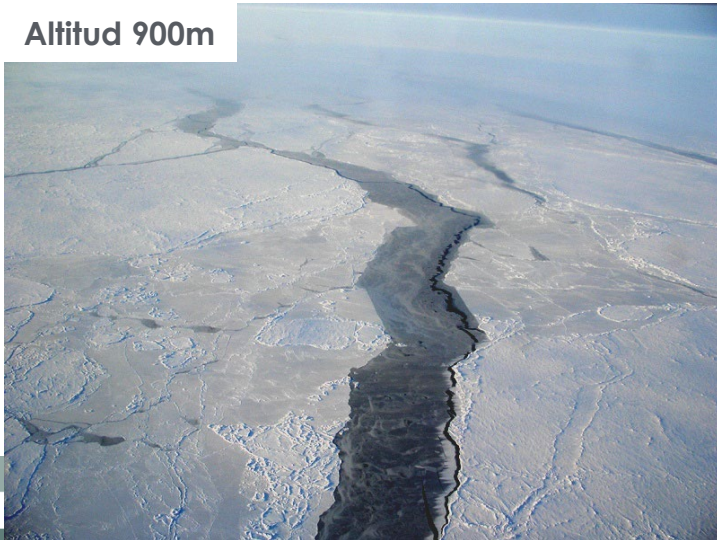


¿Cómo Monitoreamos el Hielo Marino?

Altitud 30m



Altitud 900m

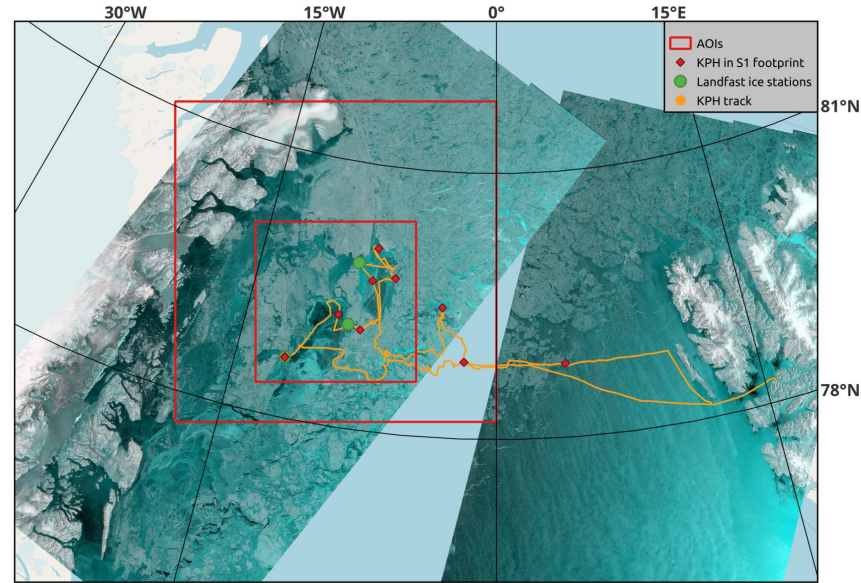
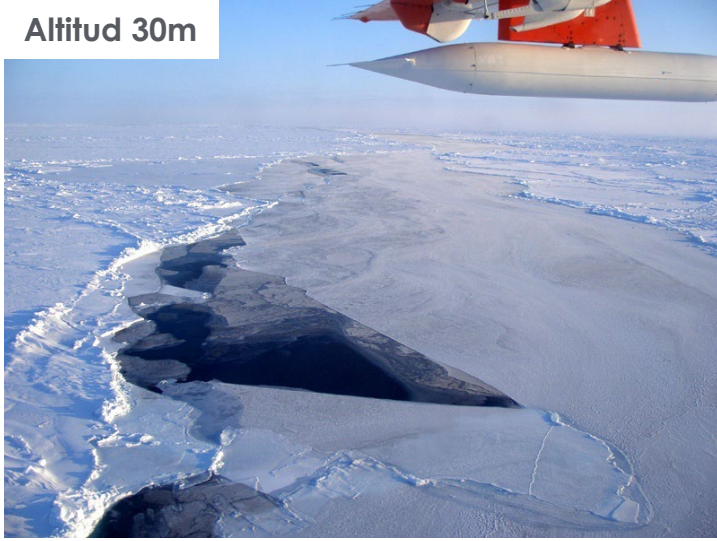


Fotos: W. Dierking



¿Cómo Monitoreamos el Hielo Marino?

Altitud 30m



Altitud 900m

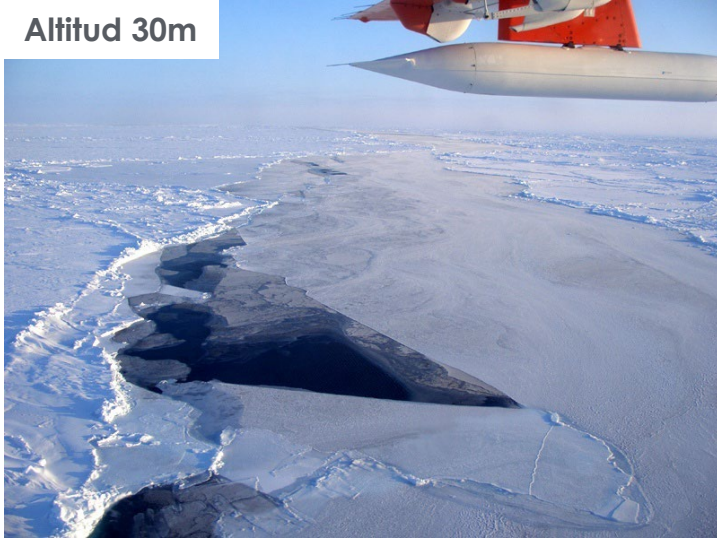


Fotos: W. Dierking

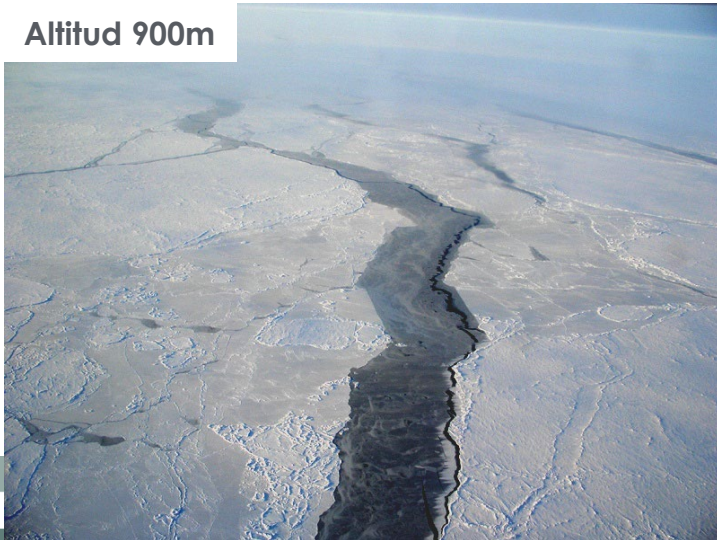


¿Cómo Monitoreamos el Hielo Marino?

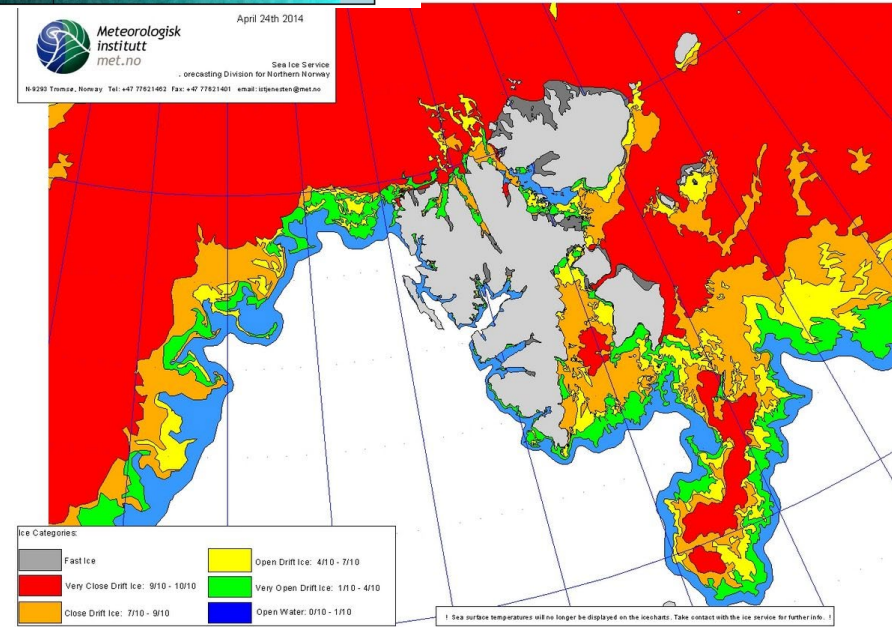
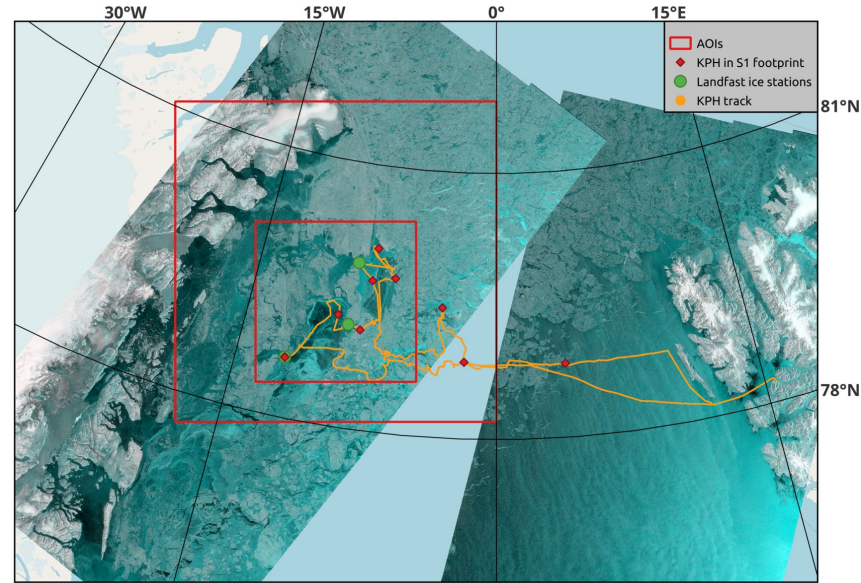
Altitud 30m



Altitud 900m



Fotos: W. Dierking



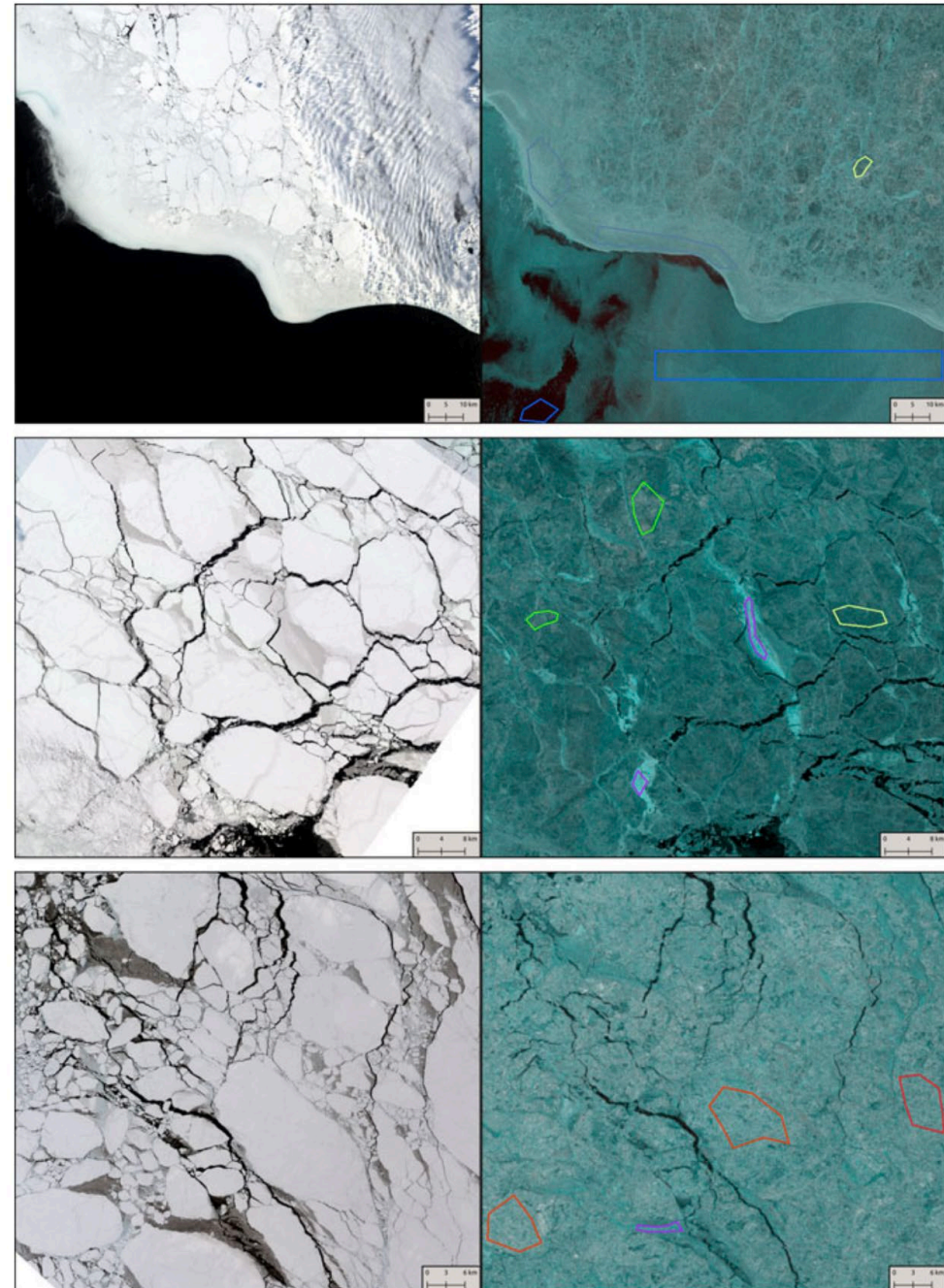
Mapas de Hielo Marino

- Dibujados a mano
 - Conocimiento experto
 - Trayectoria a partir de la secuencia de imágenes SAR
 - Imágenes de ayer (del pasado [horas a un día])
 - Información de los barcos
 - Otros sensores satelitales
 - Pronósticos meteorológicos
- Desafíos Restantes:
 - La IA puede ser útil para mejorar los mapas de hielo (bajo investigación)
 - Muy importante para evitar clasificaciones erróneas con respecto a condiciones de hielo peligrosas

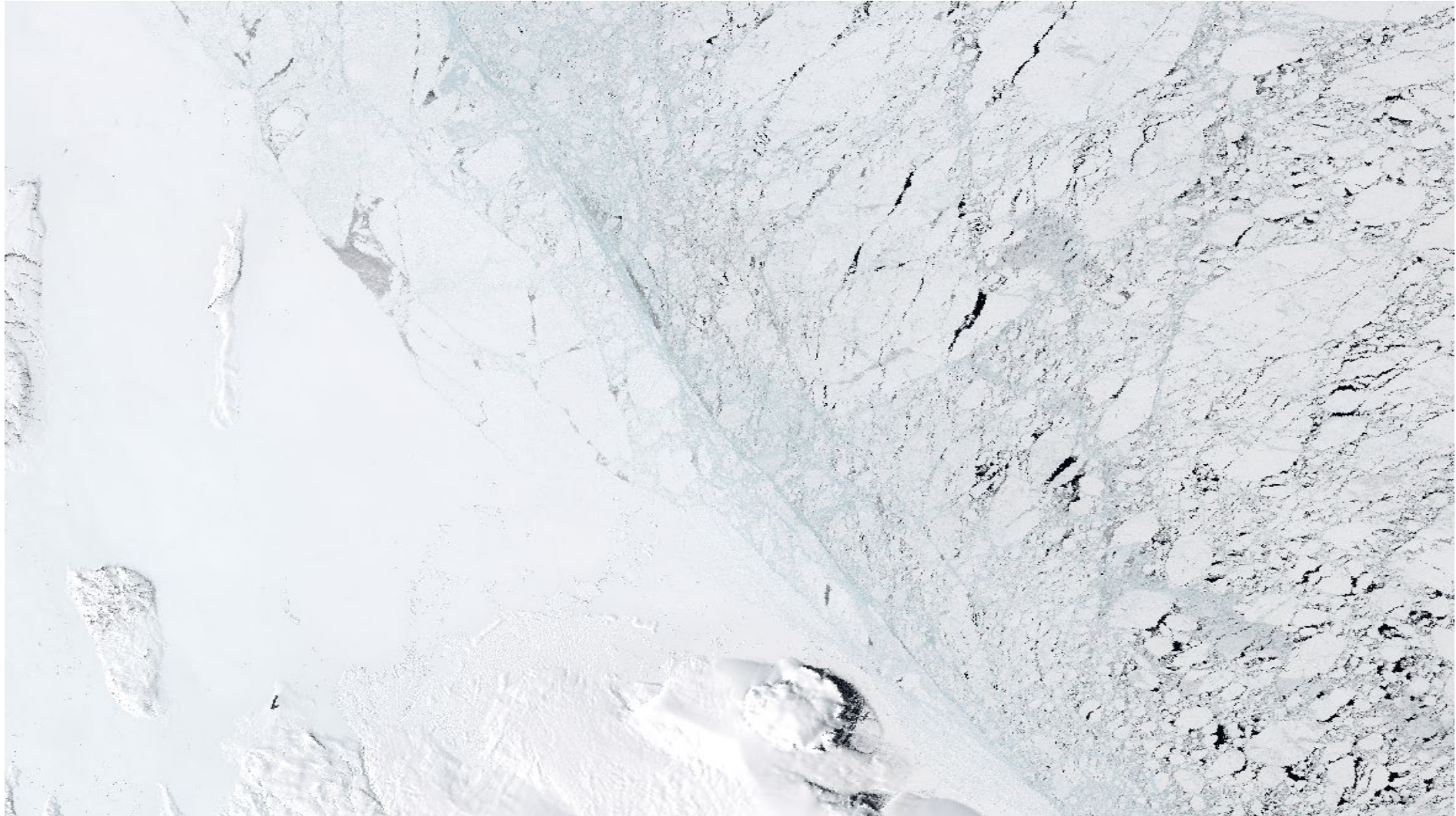


SAR vs. Imágenes Ópticas

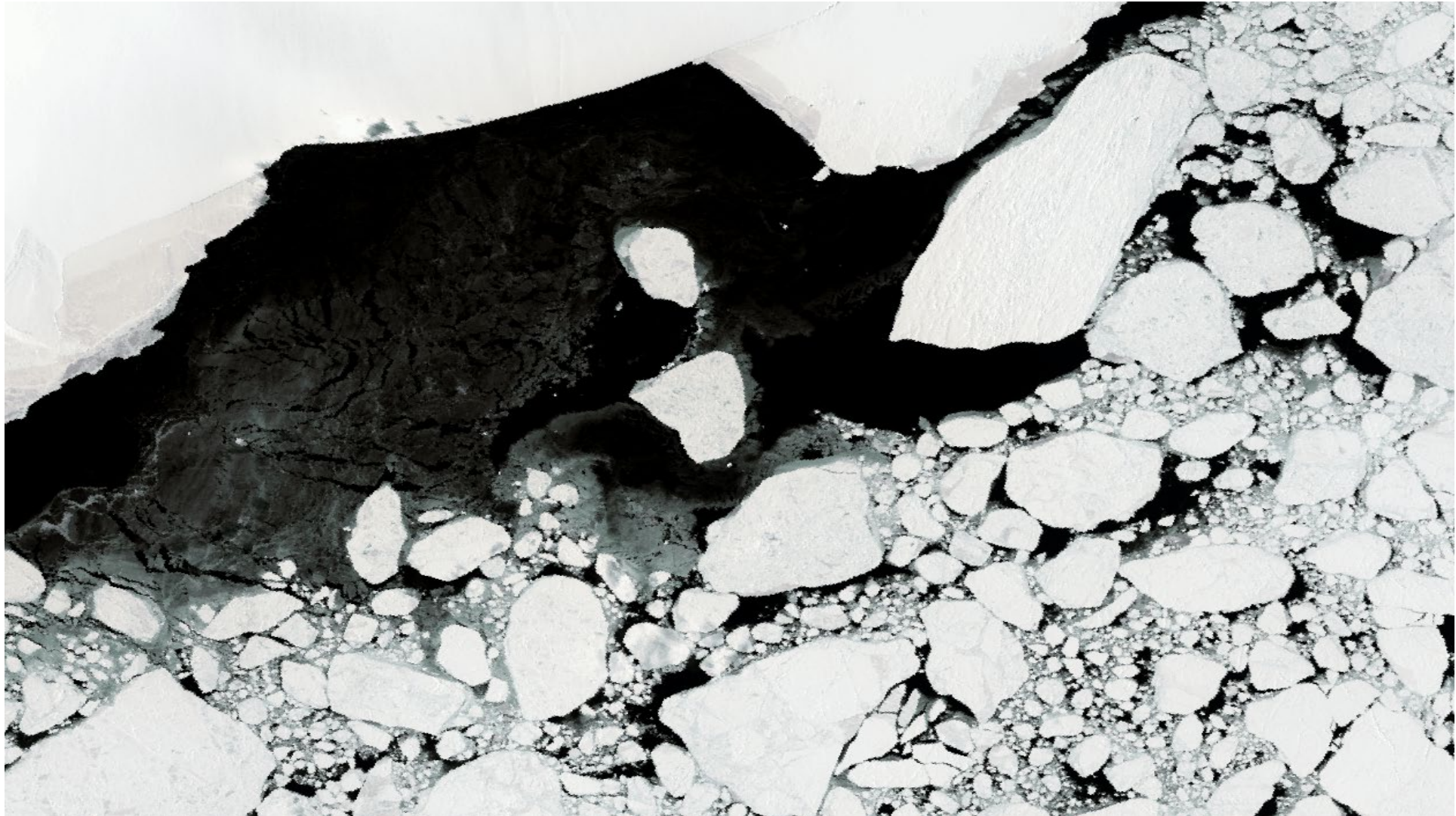
- Las imágenes SAR pueden penetrar a través de las nubes y funcionar durante la noche polar.
 - No es tan intuitivo interpretarlas
 - Se necesita entender la interacción de la señal de radar con el suelo
- Sentinel-2 a la izquierda
- Sentinel-1 a la derecha
 - Rojo = HV
 - Verde = HH
 - Azul = HH
- Imagen/compuesta de color falso



Sentinel-1 y Sentinel-2



Sentinel-1 y Sentinel-2



J. Lohse

Uso de SAR para Monitorear y Detectar el Hielo Marino

Positivos

- Funciona de noche
- Puede ver a través de las nubes
- Las áreas de hielo marino con topografía accidentada se pueden reconocer en las imágenes SAR
 - Se utiliza para la detección de áreas de hielo marino deformado



Uso de SAR para Monitorear y Detectar el Hielo Marino

Positivos

- Funciona de noche
- Puede ver a través de las nubes
- Las áreas de hielo marino con topografía accidentada se pueden reconocer en las imágenes SAR
 - Se utiliza para la detección de áreas de hielo marino deformado

Muy útil para el transporte marítimo seguro



Uso de SAR para Monitorear y Detectar el Hielo Marino

Desafíos

- Difícil de interpretar
 - Hay muchas escalas involucradas – de micro a km



Uso de SAR para Monitorear y Detectar el hielo marino

Desafíos

- Difícil de interpretar
 - Hay muchas escalas involucradas – de micro a km
- Hay muchos mecanismos de dispersión involucrados
 - El hielo joven y delgado puede ser brillante debido a las flores de hielo y tiene un aspecto similar al hielo viejo y grueso (hielo de varios años)



Foto: W. Guo

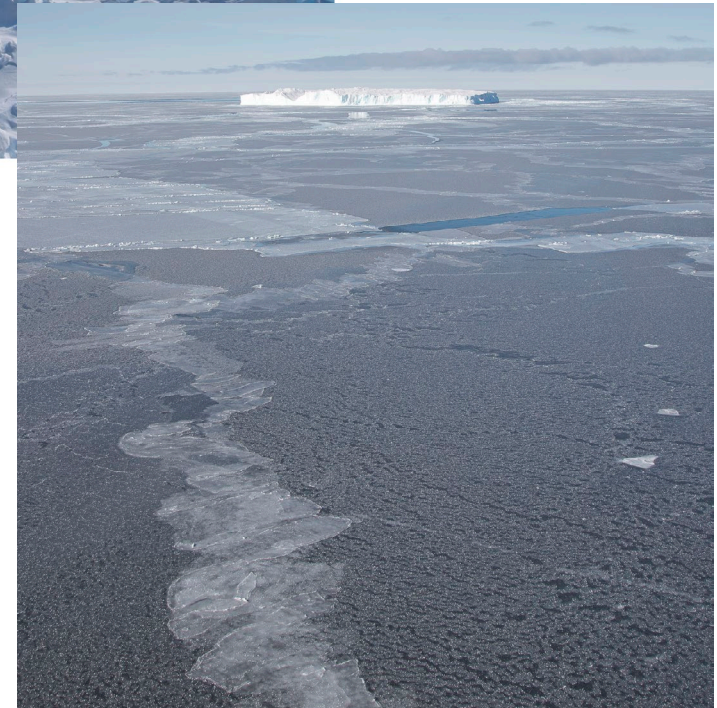


Foto: William Copeland

Uso de SAR para Monitorear y Detectar el Hielo Marino

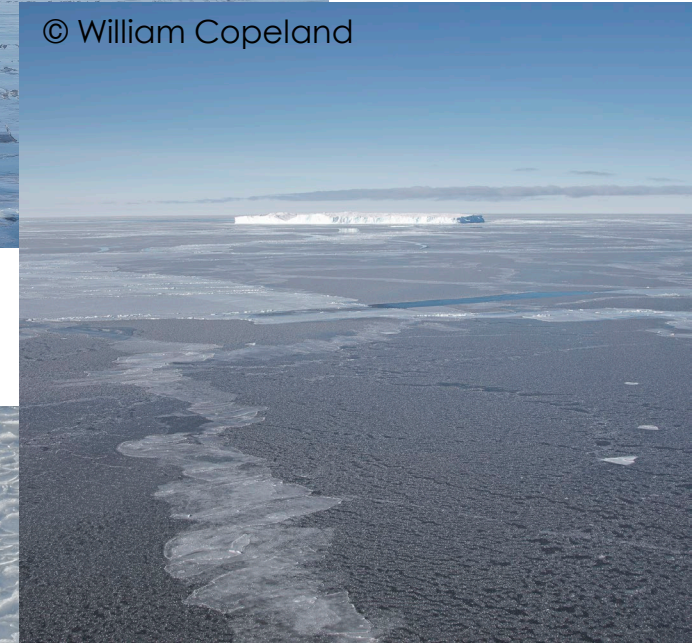
Desafíos

- Difícil de interpretar
 - Hay muchas escalas involucradas – de micro a km
- Hay muchos mecanismos de dispersión involucrados
 - El hielo joven y delgado puede ser brillante debido a las flores de hielo y tiene un aspecto similar al hielo viejo y grueso (hielo de varios años)
- El hielo joven tiene una amplia gama de firmas SAR

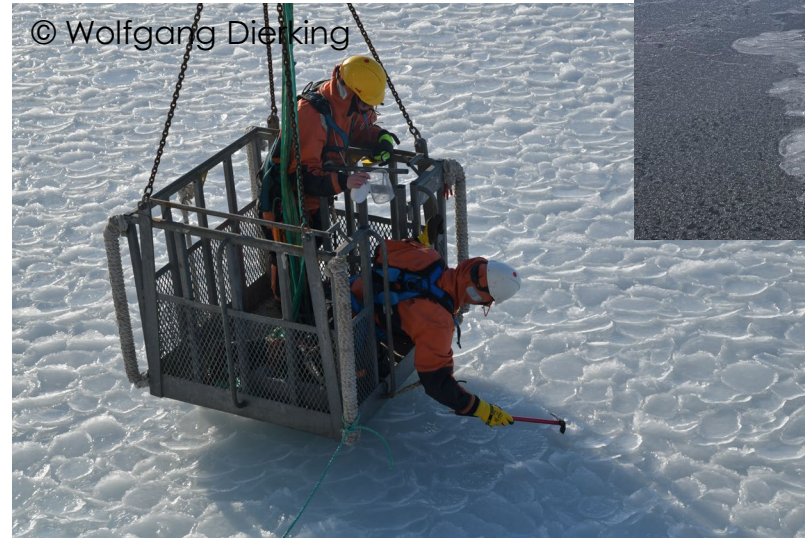
© William Copeland



© William Copeland

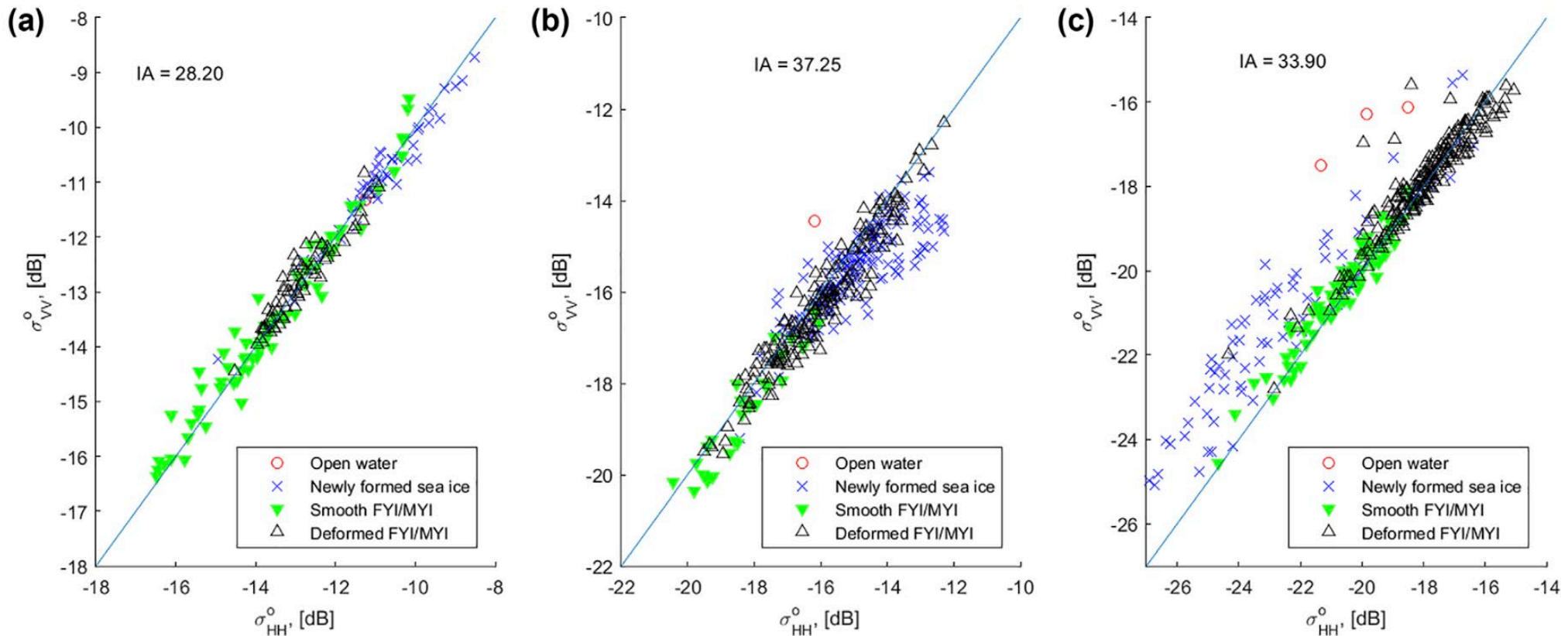


© Wolfgang Dieking



Uso de SAR para Monitorear y Detectar el Hielo Marino

- Evolución para hielo marino joven, liso y deforme
 - La variabilidad es mayor para el tipo de hielo joven



Uso de SAR para Monitorear y Detectar el Hielo Marino

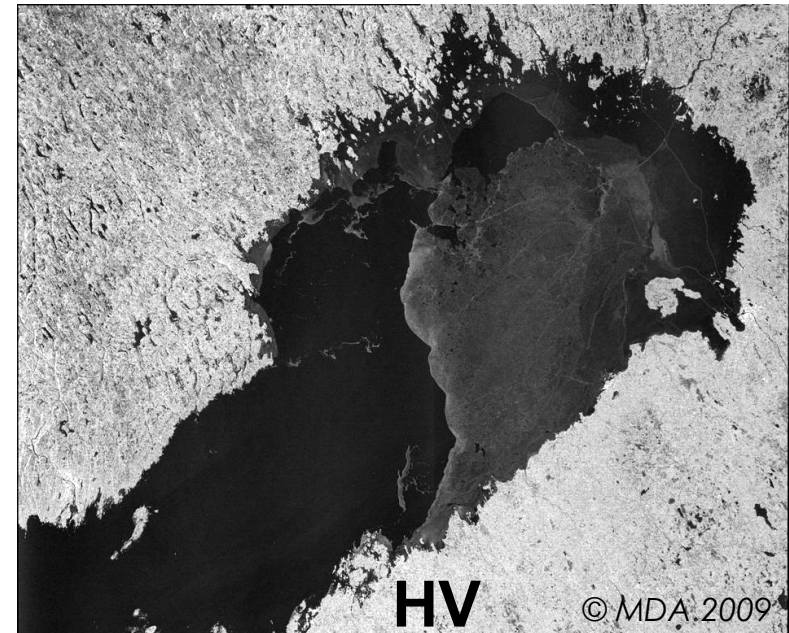
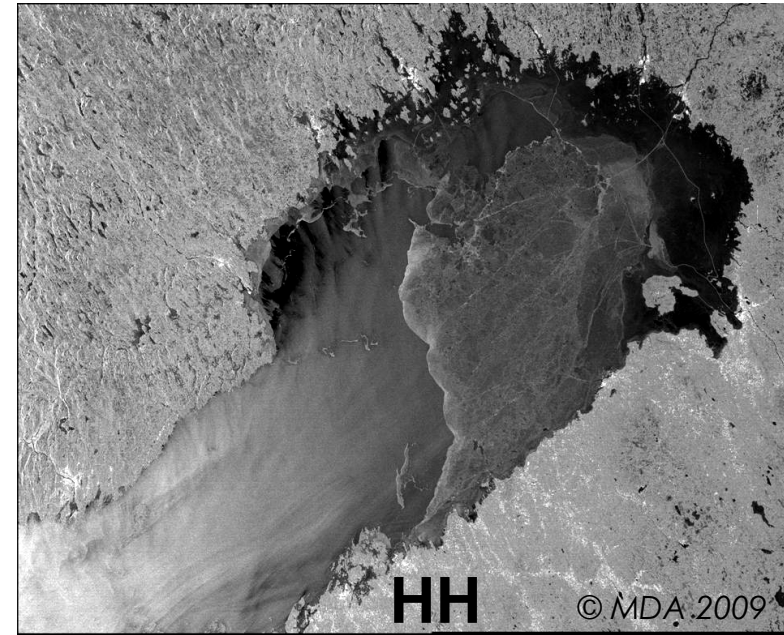
Desafíos

- Separación entre el océano abierto y el hielo marino -> depende de la velocidad del viento
- La propagación y dispersión de las ondas de radar en las capas de nieve y hielo provoca procesos de interacción complejos.
- La temporada de derretimiento lo cambia todo!
 - Separación entre el hielo marino húmedo, los estanques de deshielo en el hielo marino y el océano abierto



¿Qué Tipo de Datos SAR usamos?

- Principalmente imágenes ScanSAR
 - Cobertura
 - Últimamente HH+HV
 - Buenas firmas de retrodispersión



Satélite:
Radarsat-2
ScanSAR
Fecha: 2009-
04-24

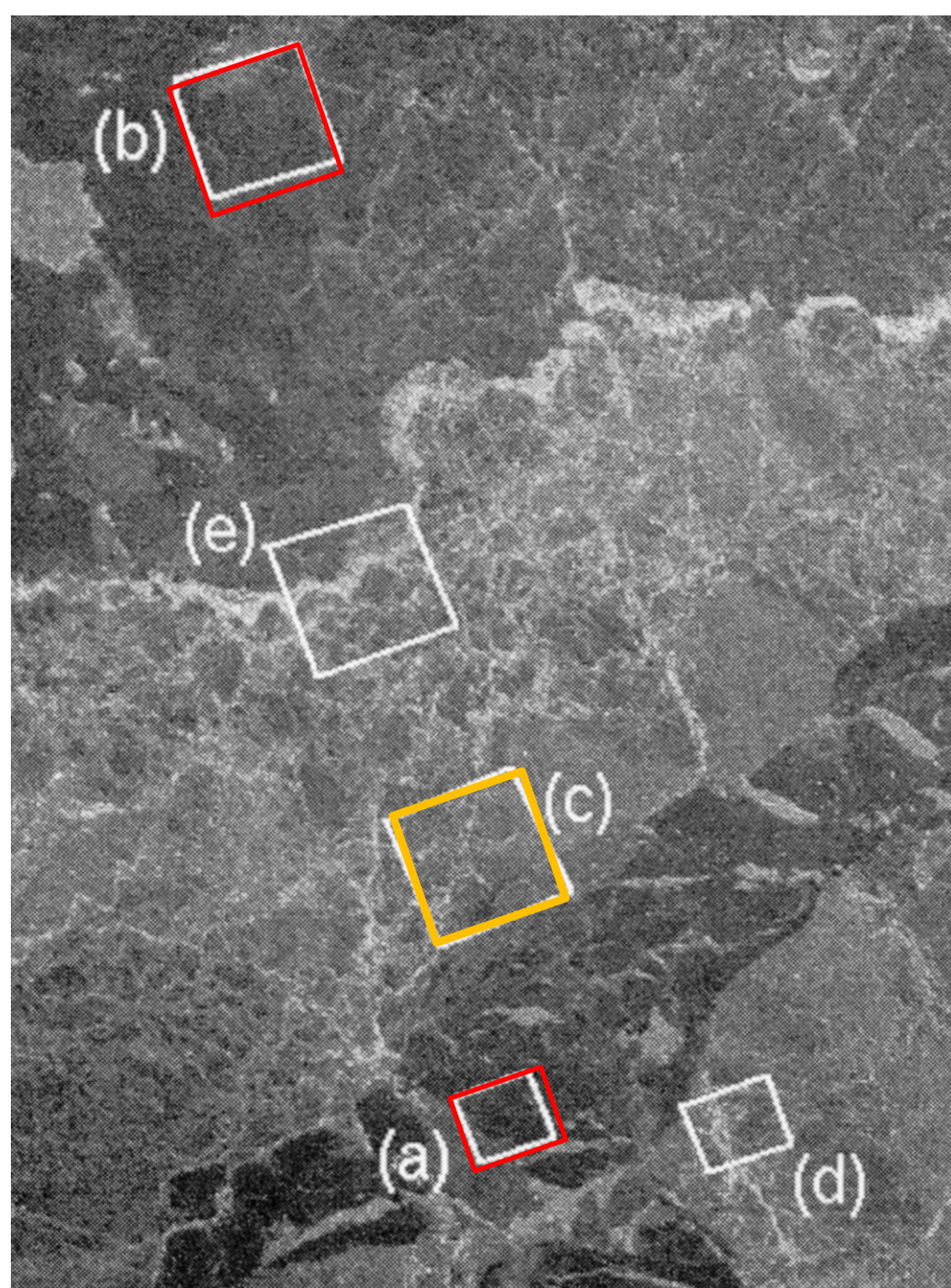


Firmas SAR

Imagen ERS-1 SAR de 1992-03-17 mostrando diferentes tipos de hielo en cuadros:

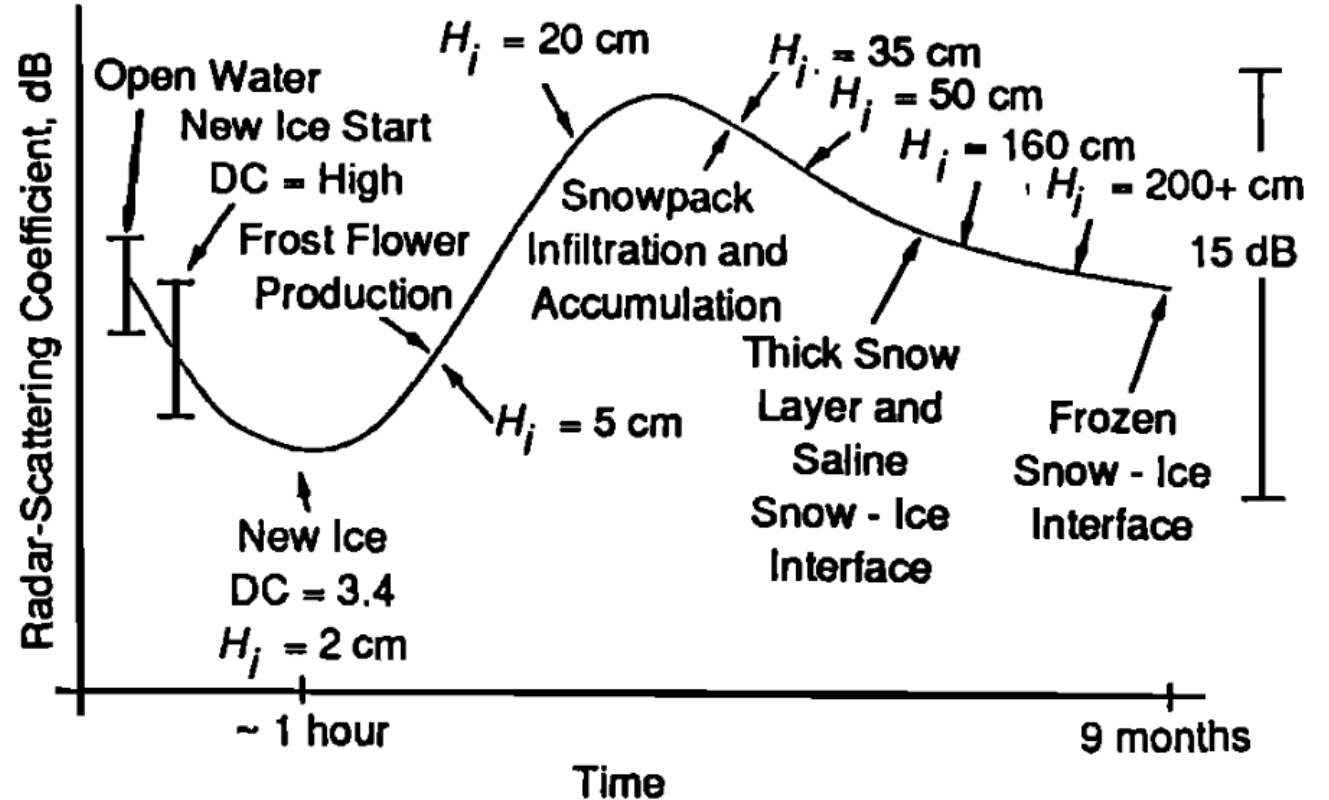
- a) Hielo nivelado liso
- b) Hielo nivelado rugoso
- c) Hielo estriado
- d) Hielo montañoso
- e) Campos de escombros
- f) Barrera de hielo a la deriva (brash) atascada

Cortesía de P. Dammert et al



Firmas de Retrodispersión del Hielo Marino

Ice Growth Process



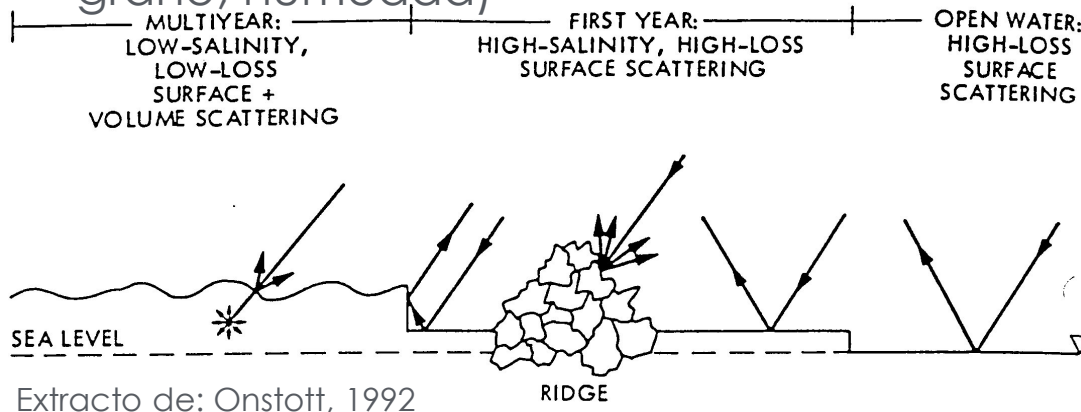
Extracto de: Onstott, 1992



Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

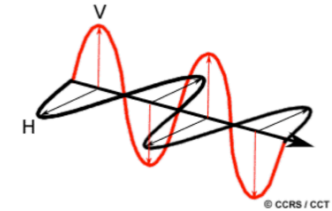
Hielo Marino

- Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)
- Porosidad e inclusiones - Dispersión
- Rugosidad superficial y topografía
- Capas
 - Nieve/Hielo Marino
 - Hielo Marino/Agua
- Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)

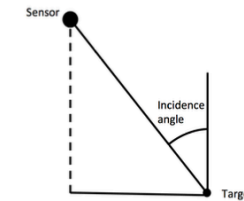


• Sensor parameters

• Polarization

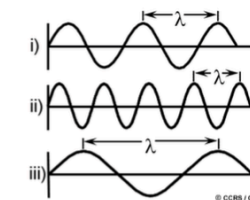


• Incidence angle θ



• Resolution, sensor noise, ...

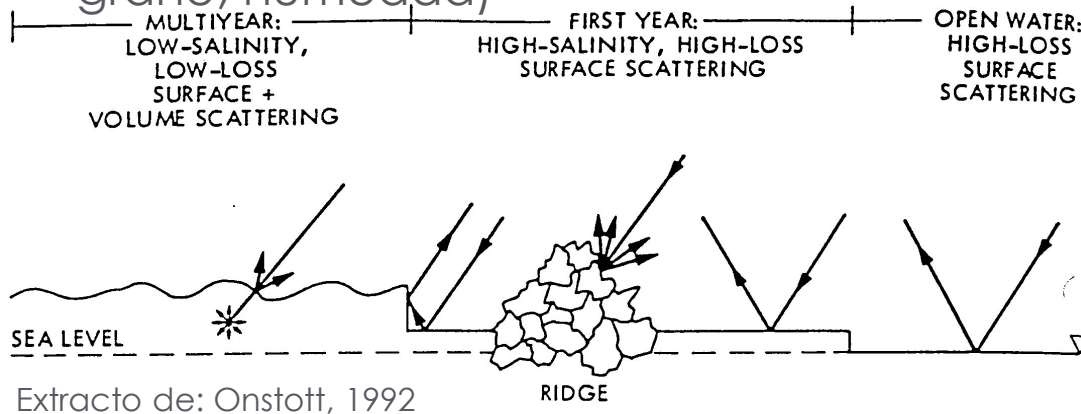
• Frequency



Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

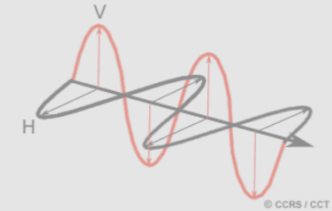
Hielo Marino

- Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)
- Porosidad e inclusiones - Dispersión
- Rugosidad superficial y topografía
- Capas
 - Nieve/Hielo Marino
 - Hielo Marino/Agua
- Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)

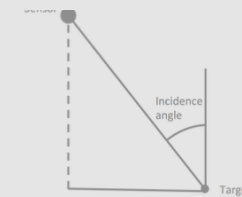


• Sensor parameters

• Polarization

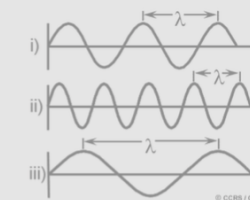


• Incidence angle θ



• Resolution, sensor noise, ...

• Frequency

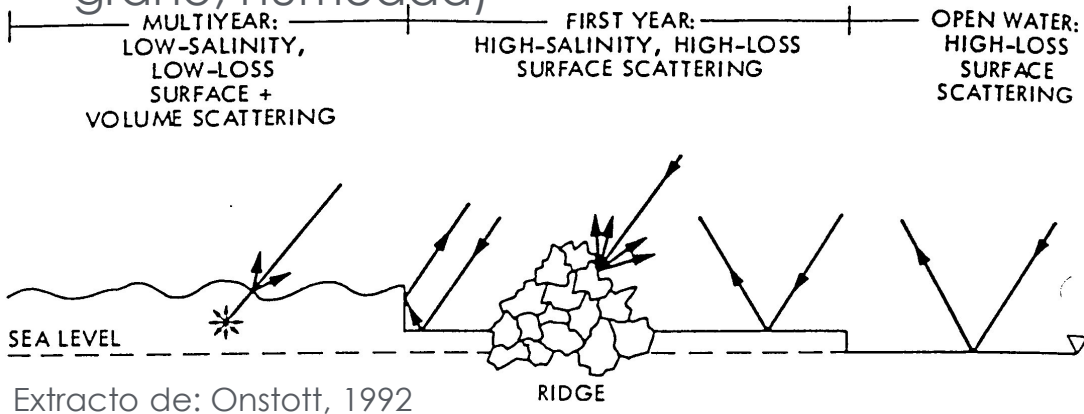


Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

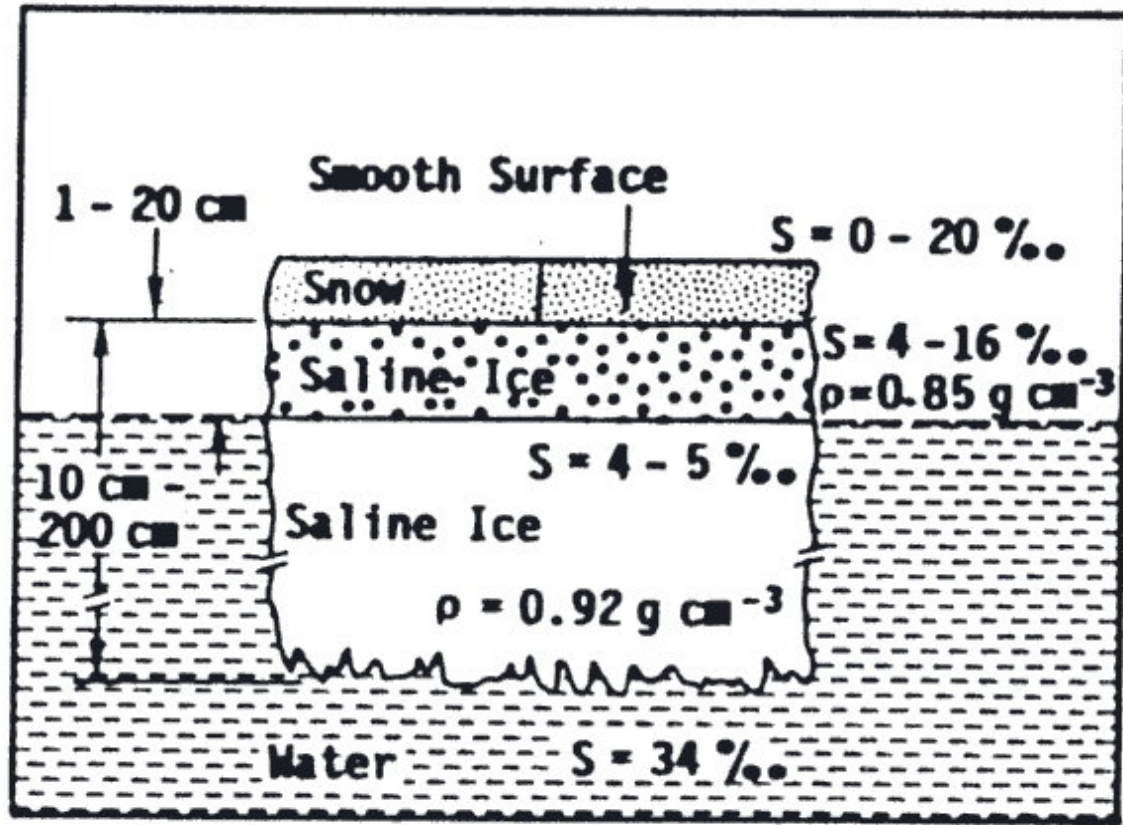


Hielo Marino

- **Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)**
- Porosidad e inclusiones - Dispersión
- Rugosidad superficial y topografía
- Capas
 - Nieve/Hielo Marino
 - Hielo Marino/Agua
- Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)



Salinidad del Hielo Marino



(b) First-Year Ice



Foto: J. Landy

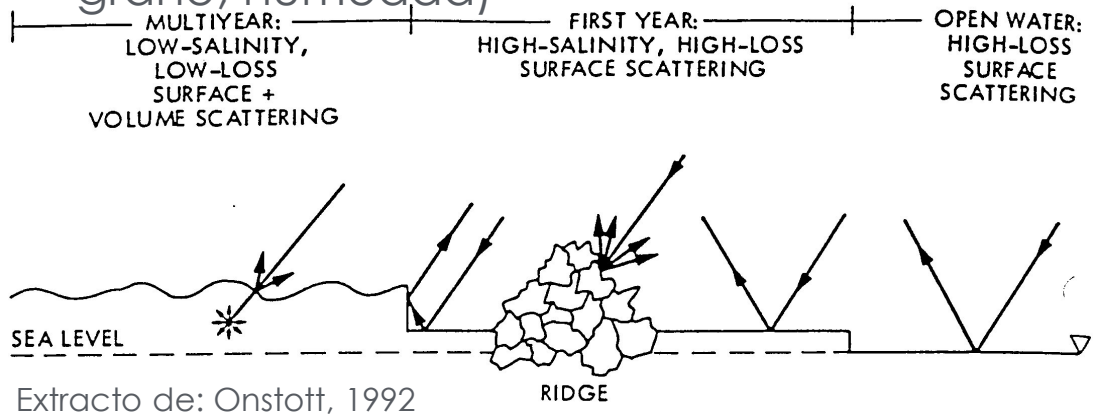


Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

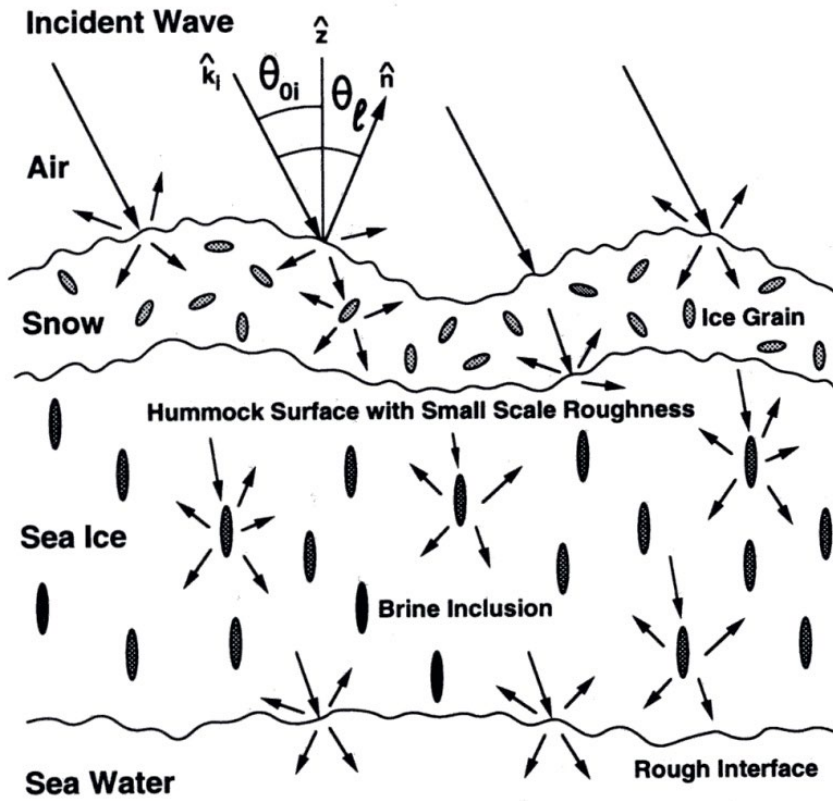


Hielo Marino

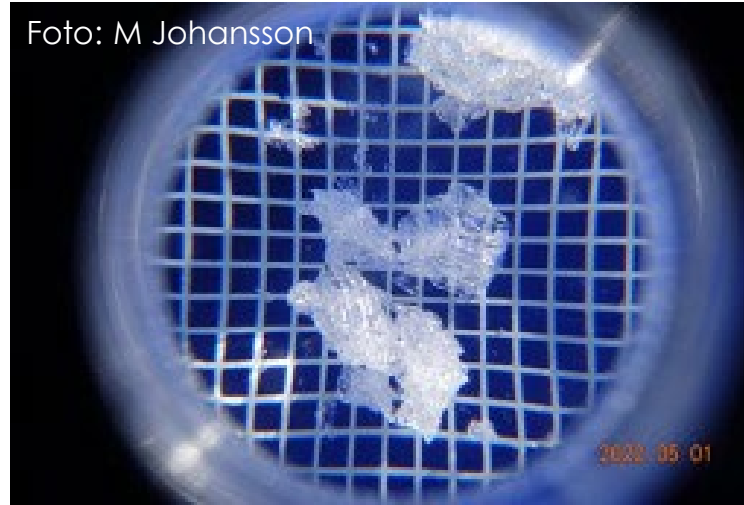
- Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)
- **Porosidad e inclusiones - Dispersión**
- Rugosidad superficial y topografía
- Capas
 - Nieve/Hielo Marino
 - Hielo Marino/Agua
- Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)



Dispersión por Parte del Hielo Marino



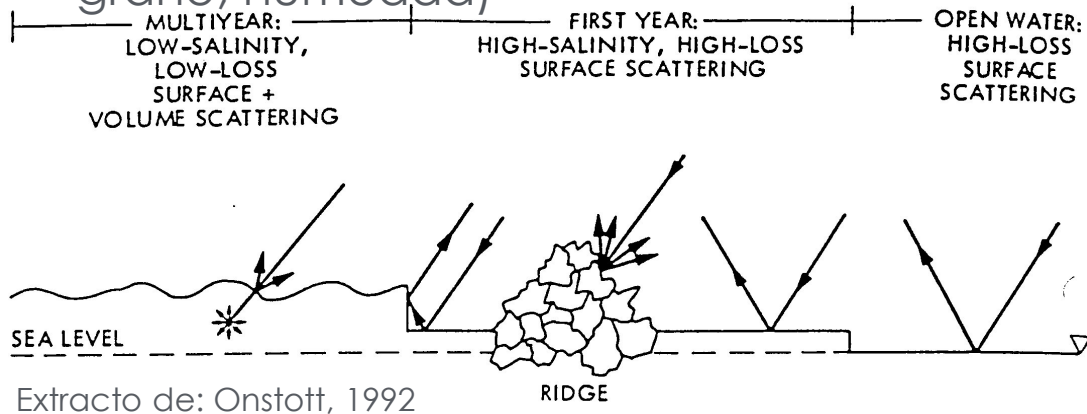
Dispersión de ondas por el hielo marino (from Nghiem et al., [1995]).



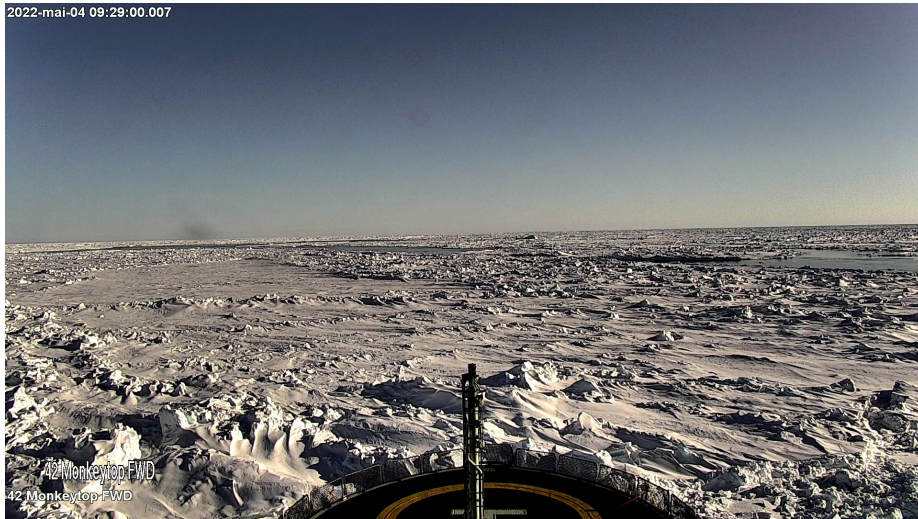
Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

Hielo Marino

- Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)
- Porosidad e inclusiones - Dispersión
- **Rugosidad superficial y topografía**
- Capas
 - Nieve/Hielo Marino
 - Hielo Marino/Agua
- Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)

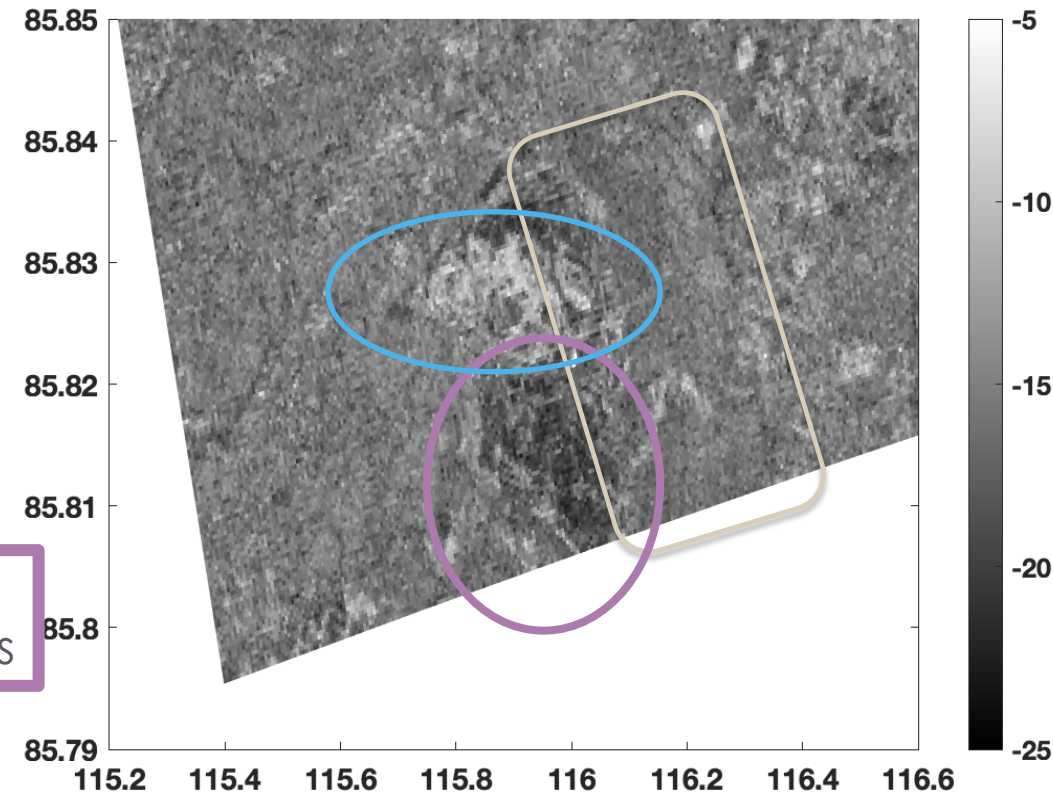


Deformación y Rugosidad del Hielo Marino



Espesor: < 1m
Nieve: 10 cm

Banda-C: 10 Nov. 2019



Hielo Joven

Crestas

Estanques de Derretimiento Recongelados

© MDA, M. Johansson 2019
MOSAIC Expedition



Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

Hielo Marino

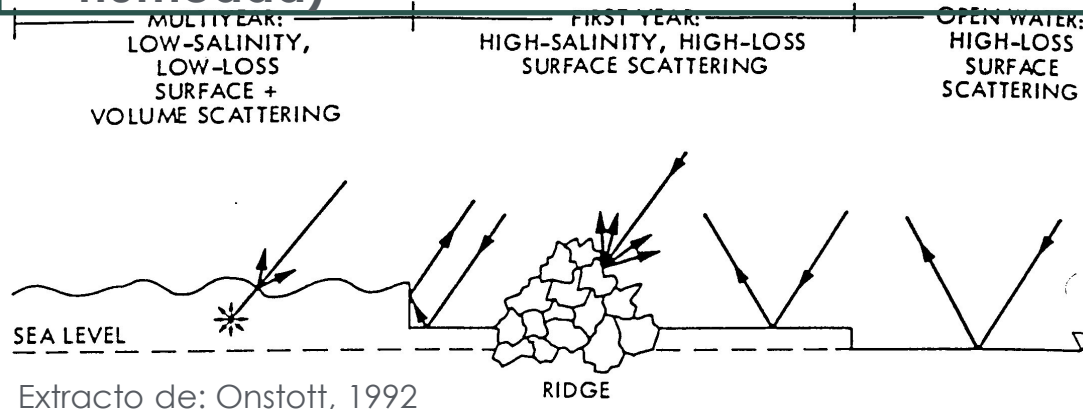
- Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)
- Porosidad e inclusiones - Dispersión
- Rugosidad superficial y topografía

- **Capas**

- Nieve/Hielo Marino

- Hielo Marino/Agua

- **Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)**



La Señal de Radar Penetra a Través de la Nieve Seca



Escáner Lineal de Color
AWI/Optimare
Aéreo



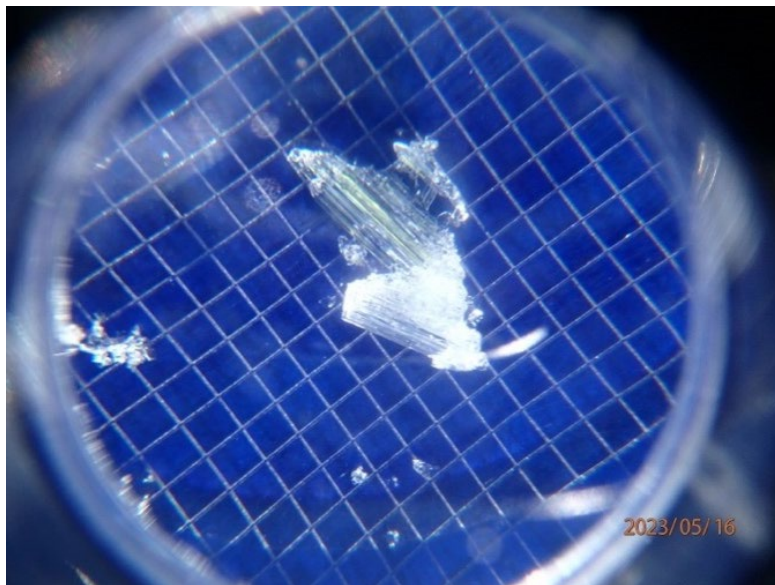
3 km

DLR ESAR:
L-Band
R: X-Pol.
G: H-Pol.
B: V-Pol.



Dinámica del Hielo Marino – La Influencia de la Nieve

- ARTofMELT (Atmospheric rivers and the onset of sea ice melt*)
- 7 de mayo al 15 de junio
- 28 fosas de nieve



Principio del Viaje = Nieve Seca



Final del Viaje = Nieve Húmeda

Fotos: T. Karlsen

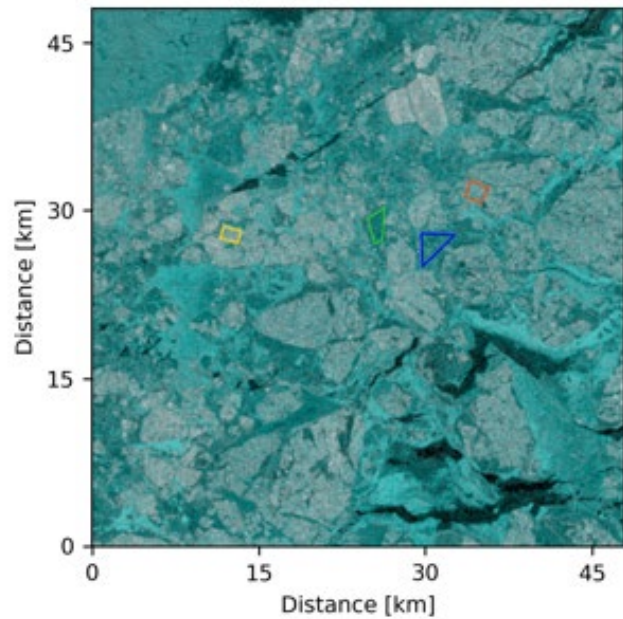
*Ríos atmosféricos y el inicio del derretimiento de hielo marino



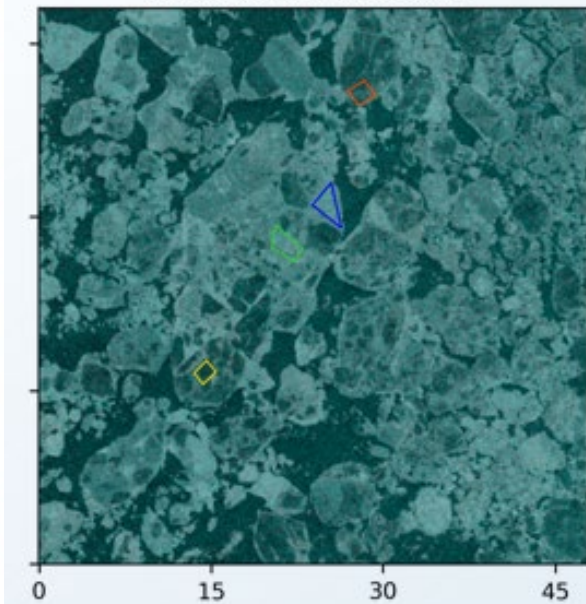
La Influencia de la Nieve

Congelamiento Derretimiento

30/04/2022 at 08:02

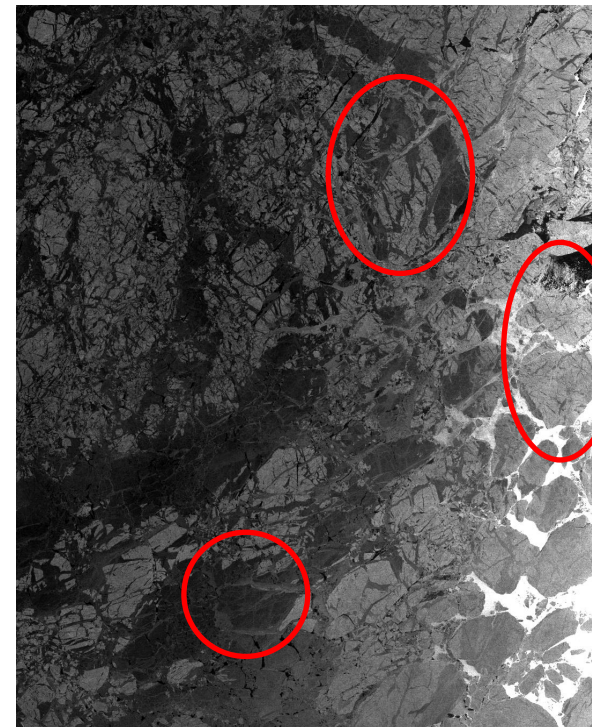


31/05/2022 at 07:54

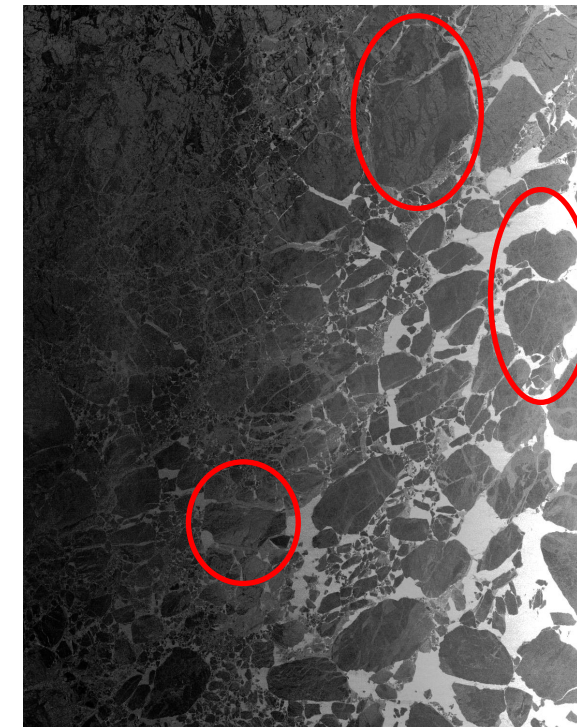


C. Taelmann et al, 2023

HH, 02-06-2008



HH, 05-06-2008



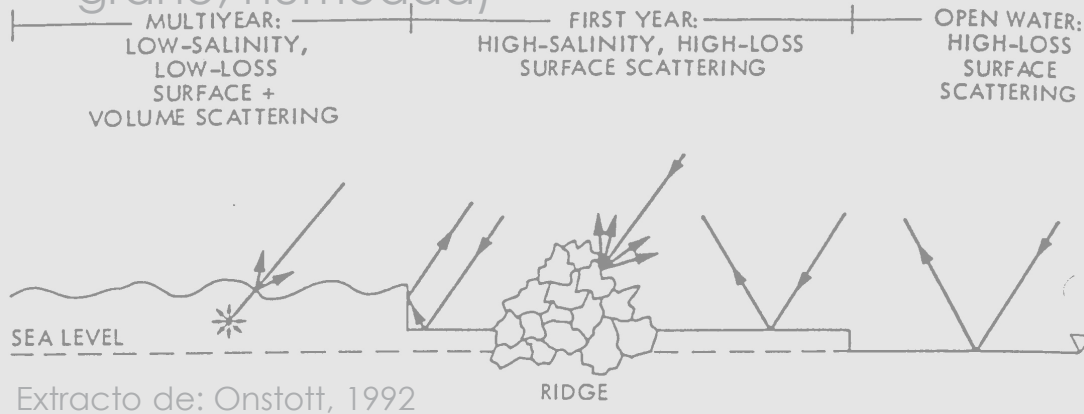
© ASAR Images



Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

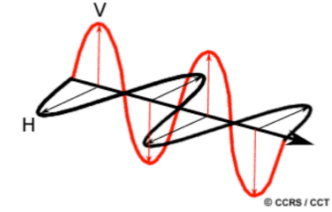
Hielo Marino

- Diferencia de salinidad (constante dieléctrica, profundidad de penetración)
- Porosidad e inclusiones - Dispersión
- Rugosidad superficial y topografía
- Capas
 - Nieve/Hielo Marino
 - Hielo Marino/Agua
- Capa de nieve (densidad, tamaño de grano, humedad)

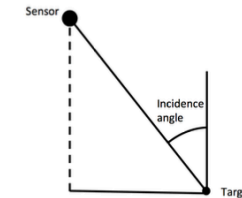


• Sensor parameters

• Polarization

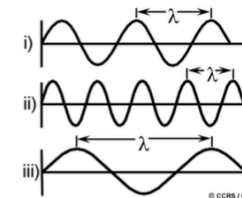


• Incidence angle θ



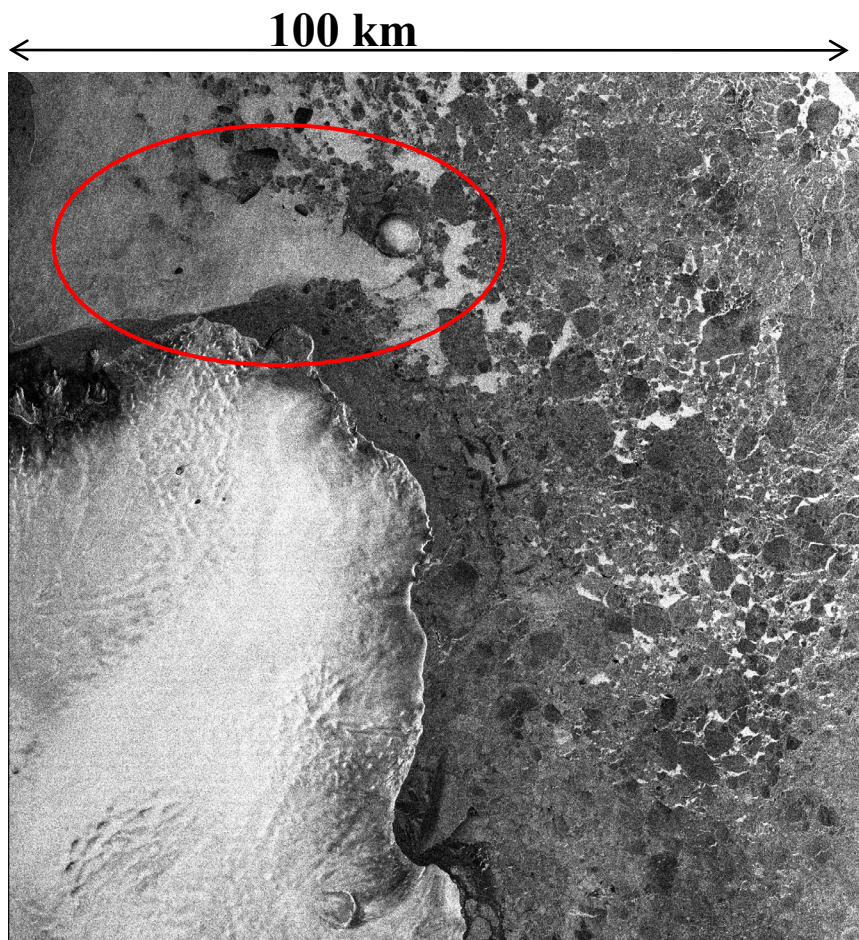
• Resolution, sensor noise, ...

• Frequency

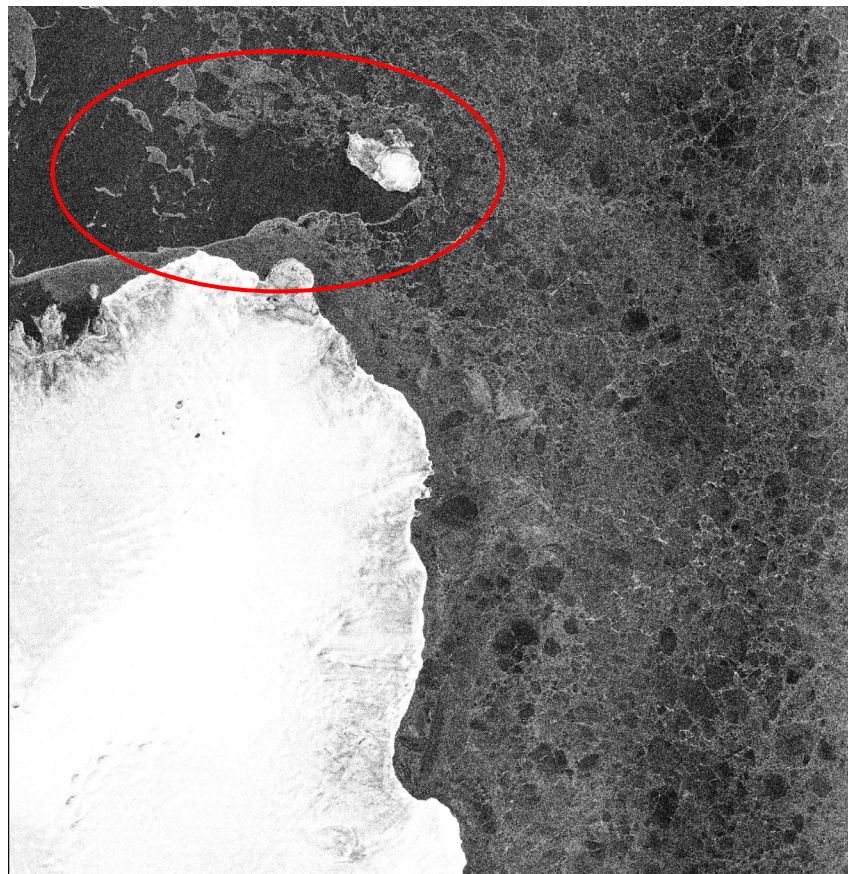


Firmas de Retrodispersión del Hielo Marino

ASAR, 17 mar. 2007
(Campaña ICESAR)



Polarización HH

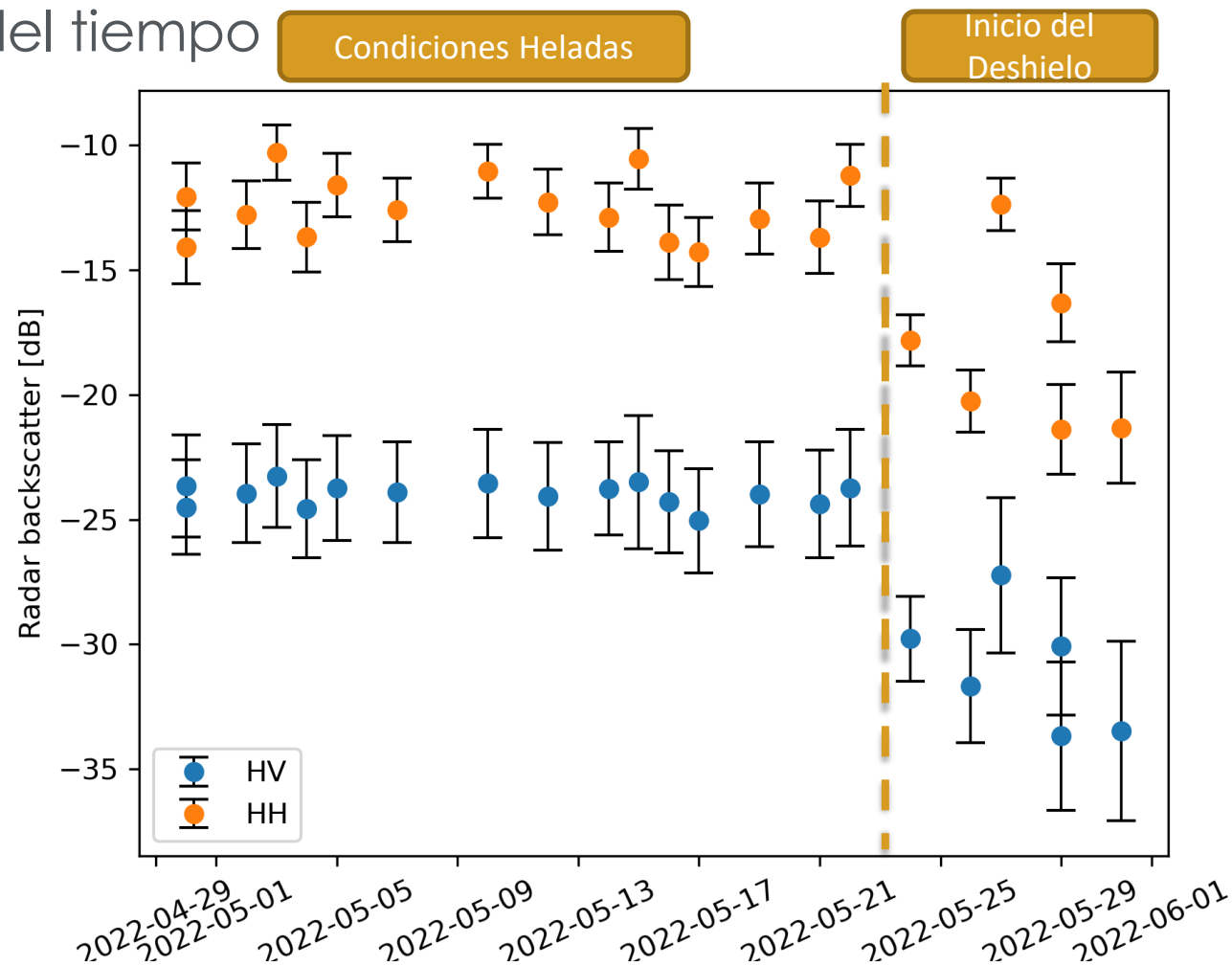
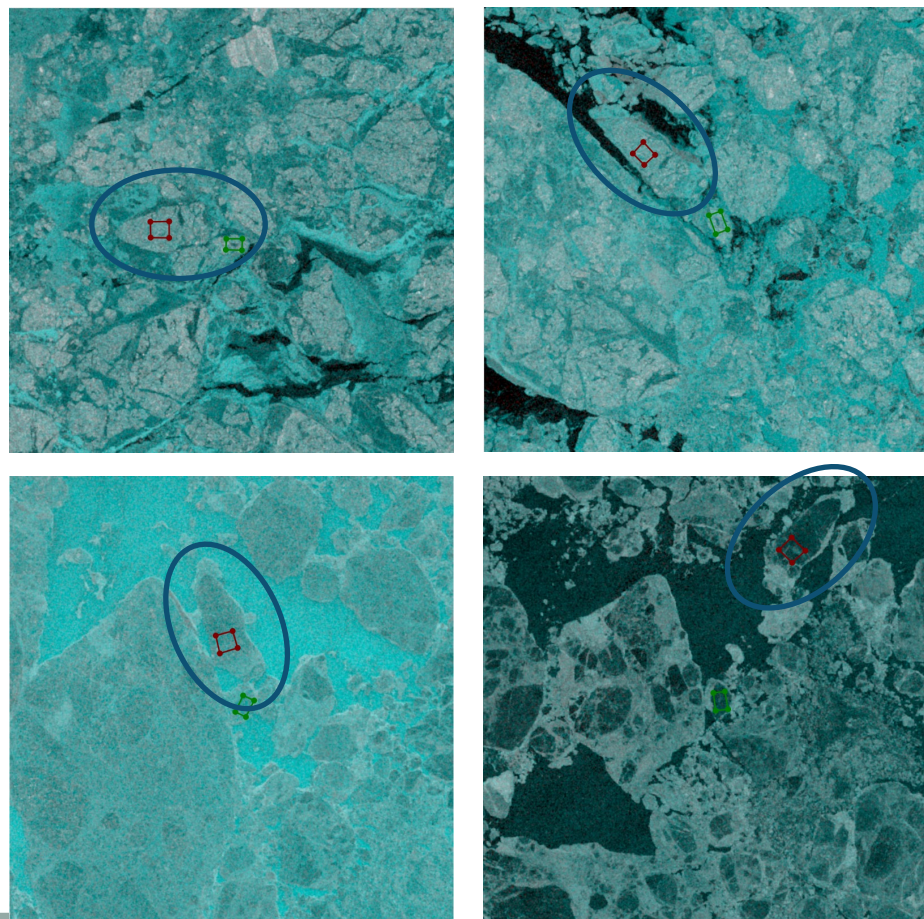


Polarización HV



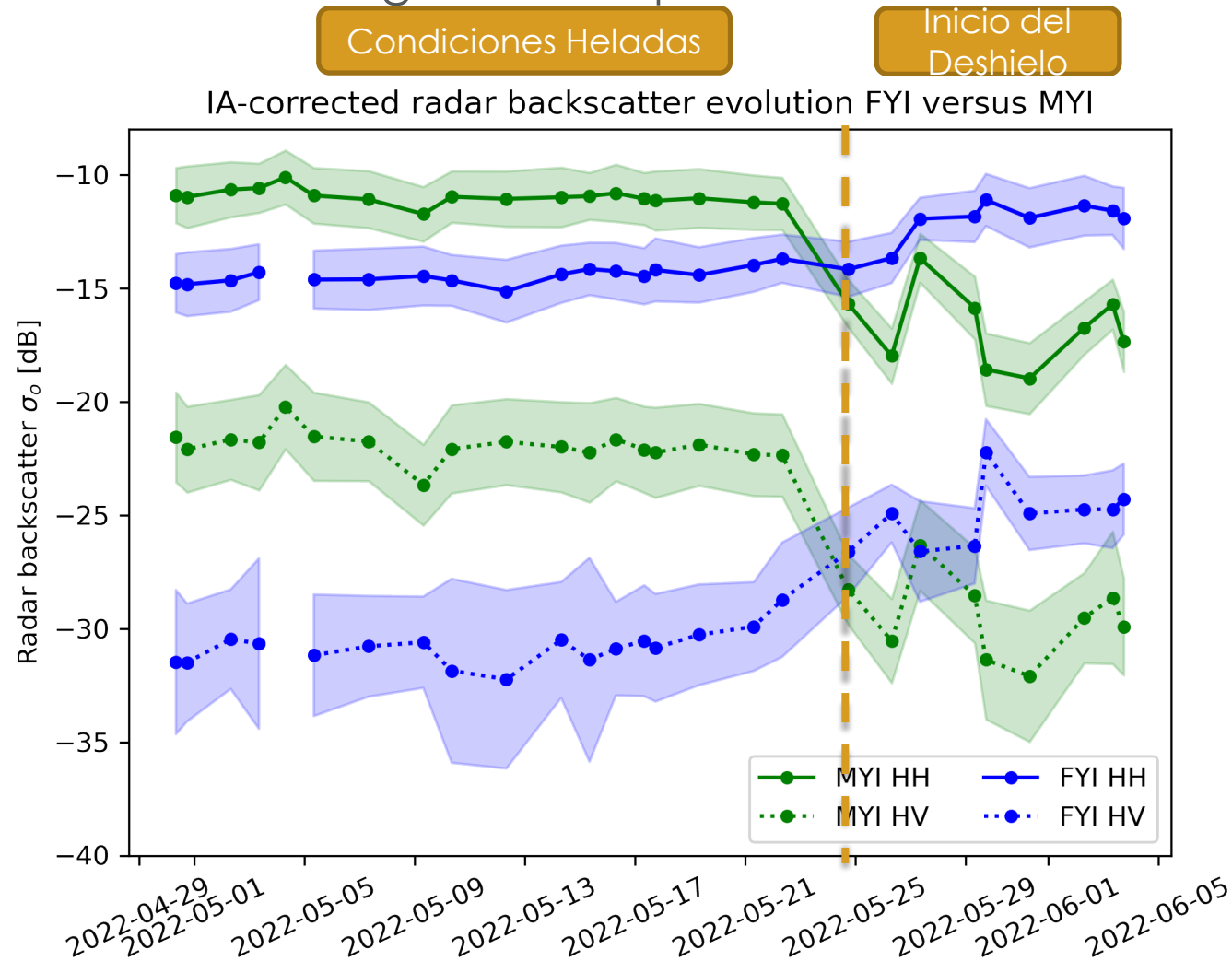
Firmas de Retrodispersión del Hielo Marino

- Monitorean el mismo hielo a lo largo del tiempo
 - Témpano de hielo multianual



Firmas de Retrodispersión del Hielo Marino

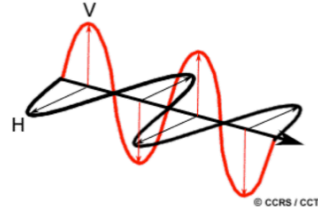
- Monitorean el mismo hielo a lo largo del tiempo



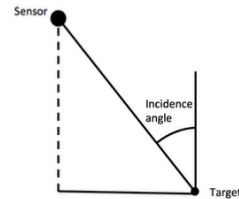
Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

- **Sensor parameters**

- Polarization



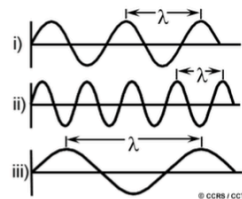
- Incidence angle θ



- Resolution,
sensor noise,

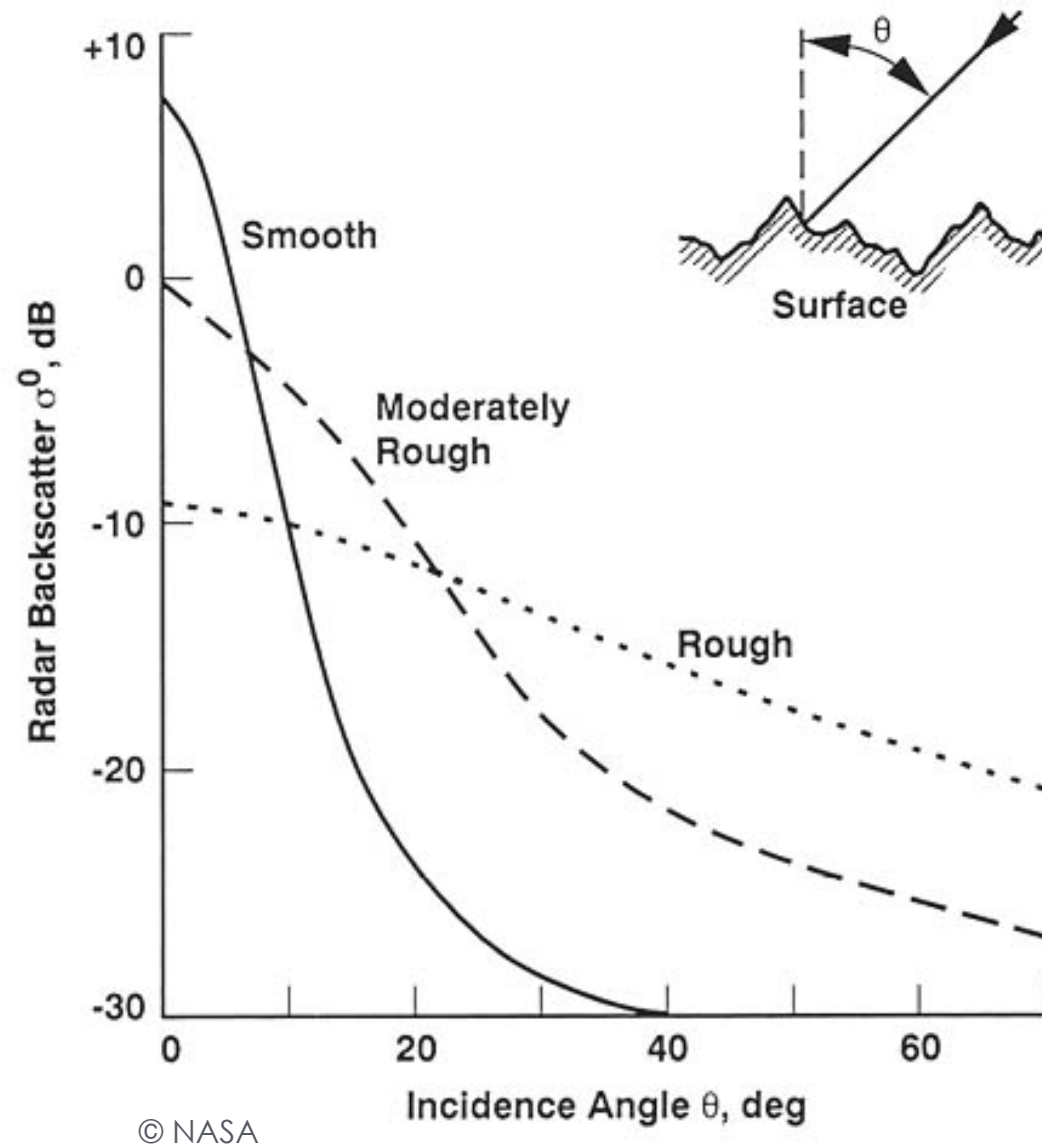
...

- Frequency



Ángulo de Incidencia

- La retrodispersión del radar se reduce con el aumento del ángulo de incidencia.



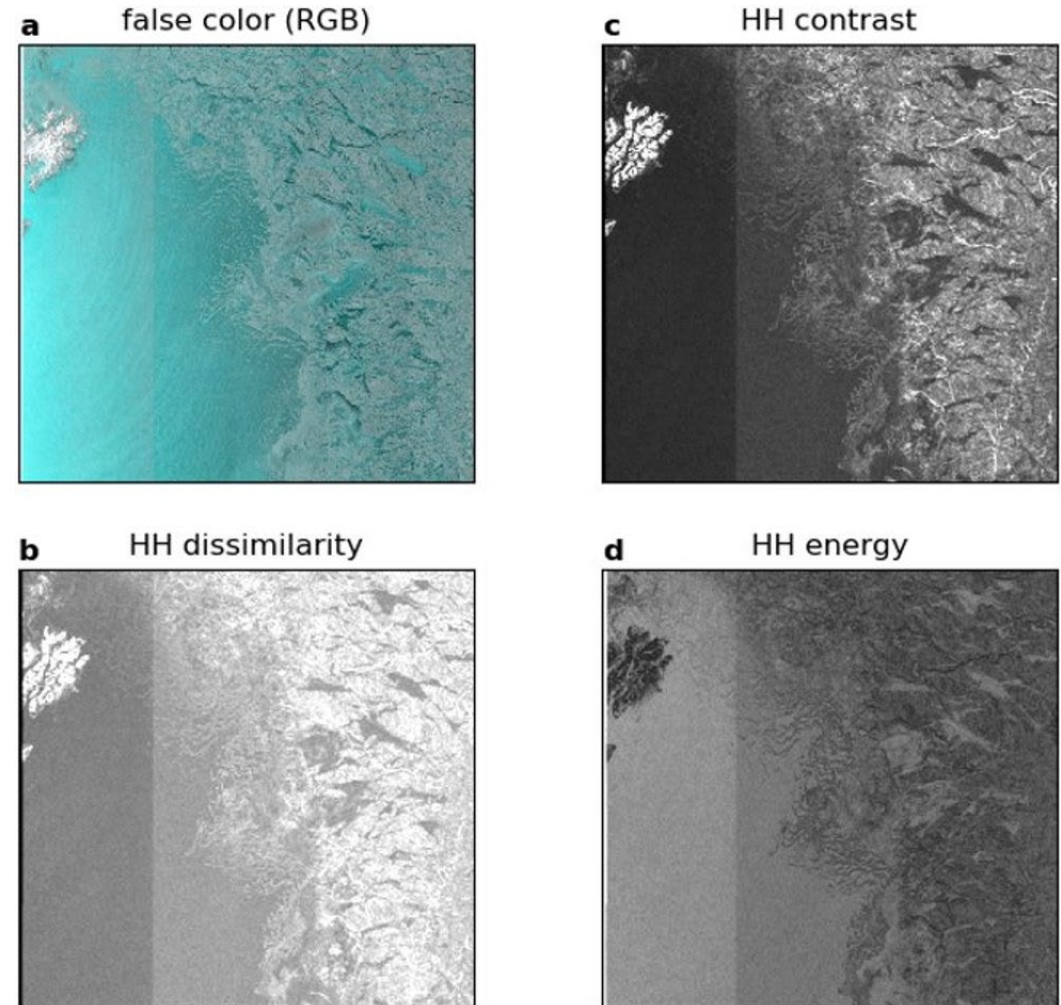
© NASA



Ángulo de Incidencia

- Podemos corregir el efecto en todas las imágenes
 - 0.22 dB/grado para banda-C
- Tipos generales de hielo, por lo tanto, no son una corrección perfecta
- O una corrección para cada tipo de hielo

(Mahmud et al, 2018)

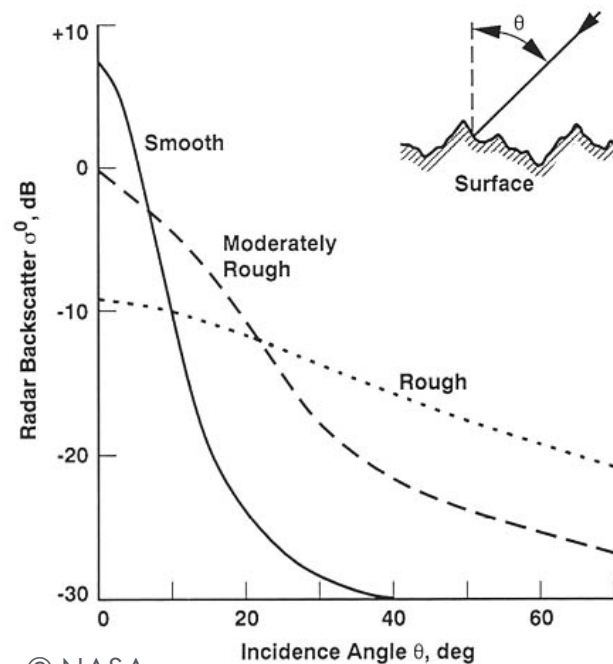


Lohse et al, 2021

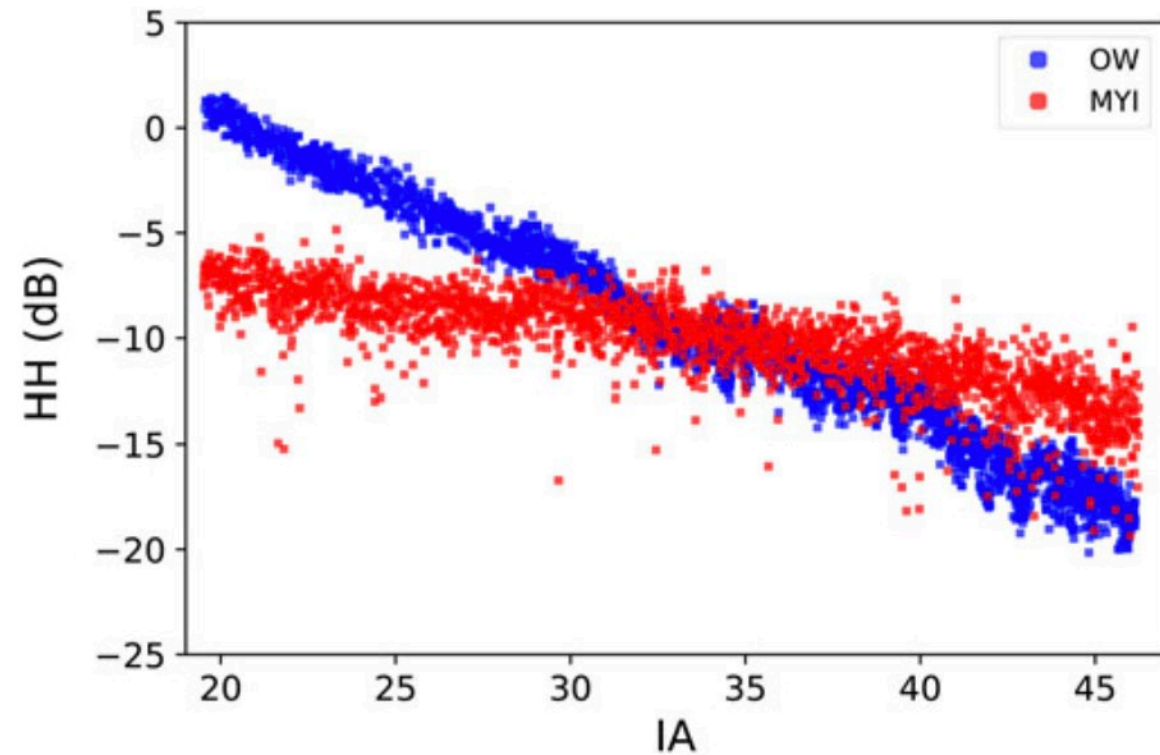


Ángulo de Incidencia

- La retrodispersión del radar se reduce con el aumento del ángulo de incidencia.
- El cambio en la escena depende del material en el suelo.



© NASA

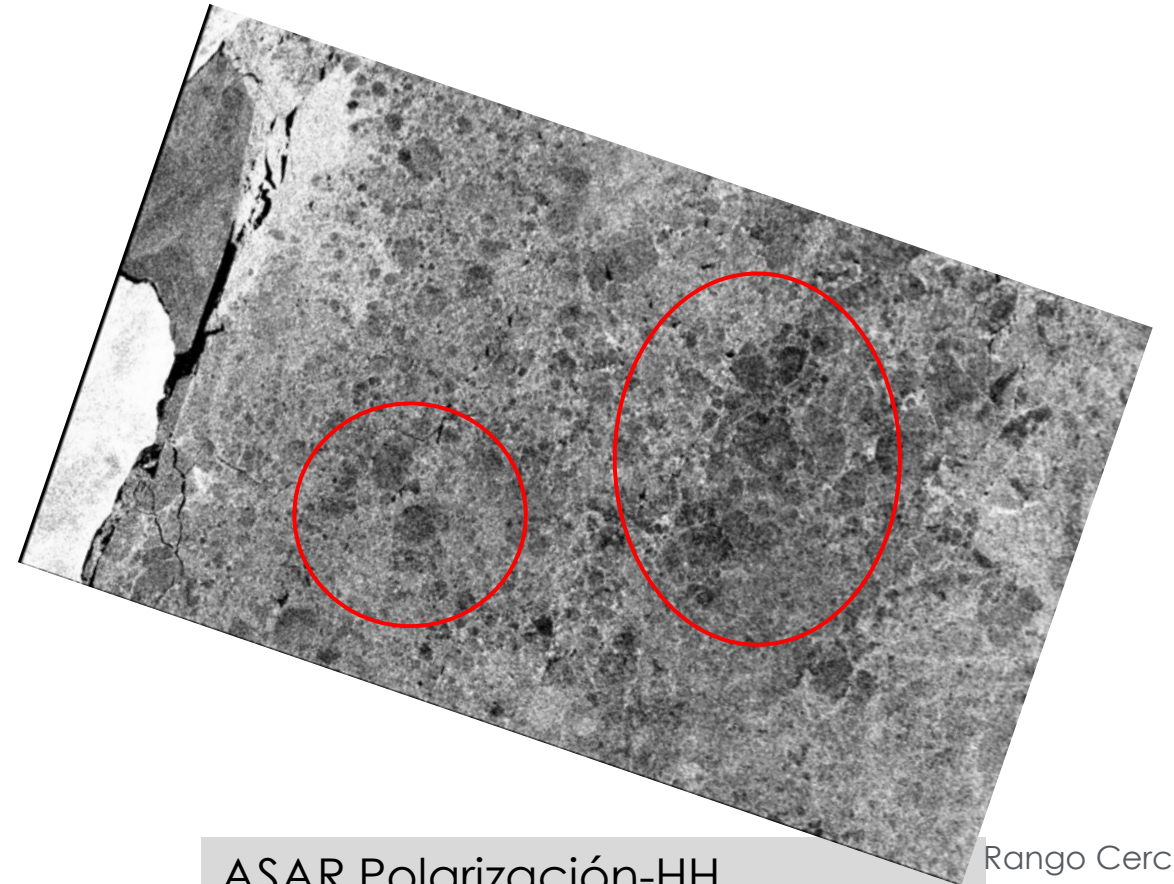


Ángulo de Incidencia

60 km



ASAR Polarización-HH
20. Marzo 2007, 9:11 UTC
Ángulo de Incidencia: 42 – 45°



ASAR Polarización-HH
21. Marzo 2007, 10:20 UTC
Ángulo de Incidencia: 19 – 22°

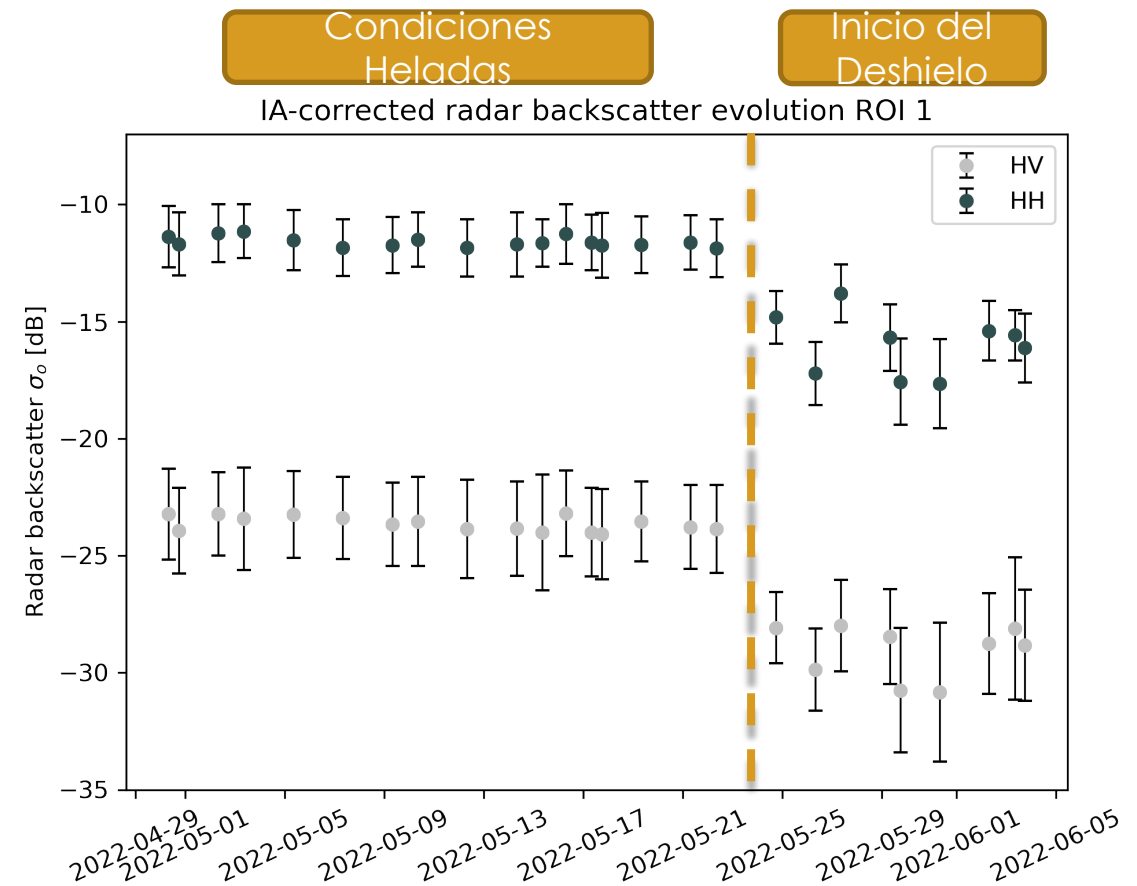
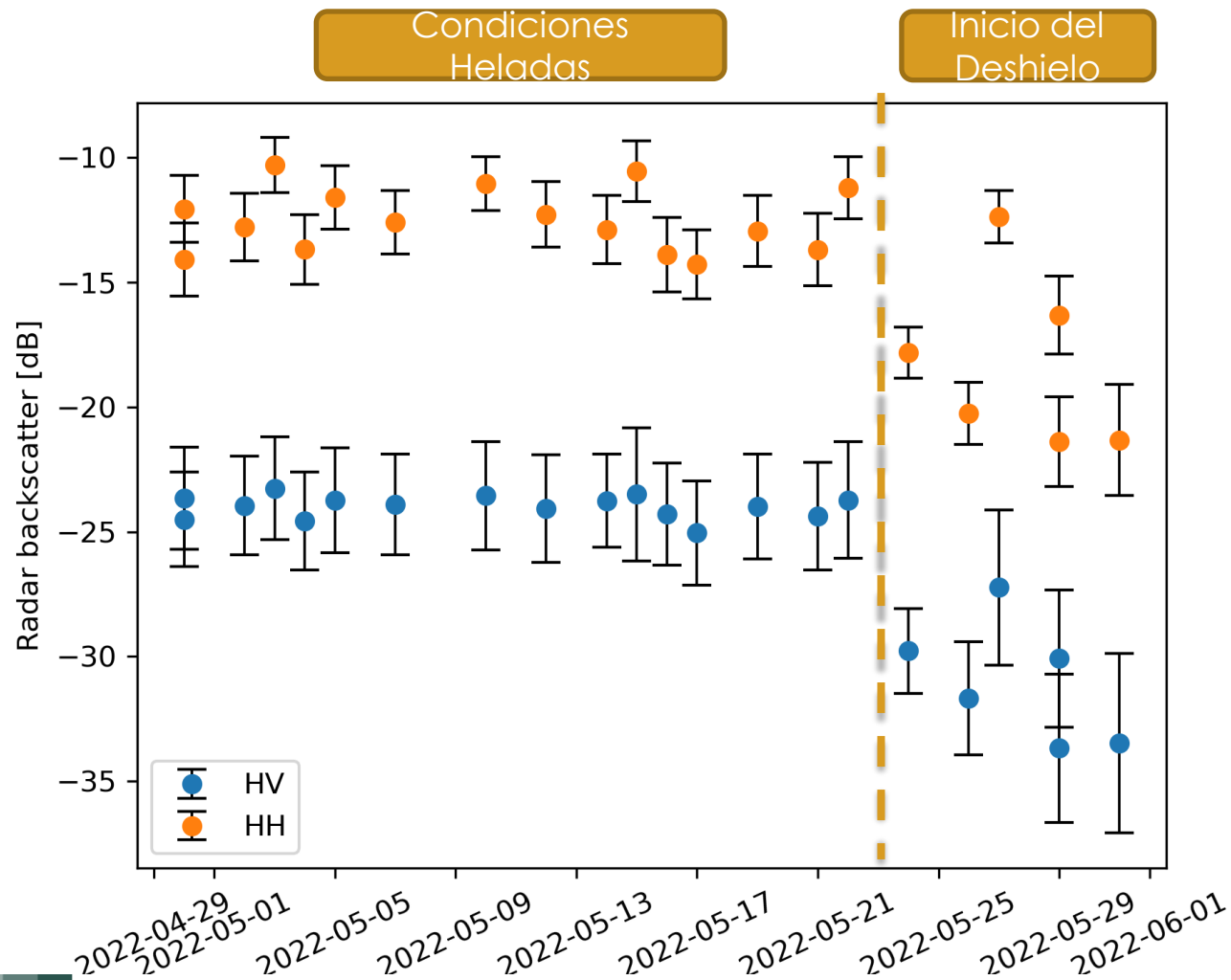
Rango Cercano

...dificulta la segmentación/clasificación (automática)



Firmas de Retrodispersión del Hielo Marino – Ángulo de incidencia

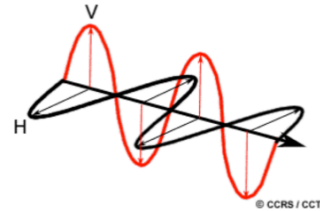
- Monitorean el mismo hielo a lo largo del tiempo



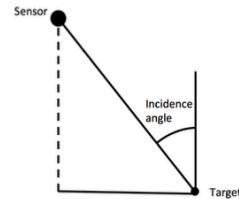
Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

- **Sensor parameters**

- Polarization

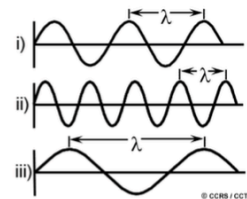


- Incidence angle θ

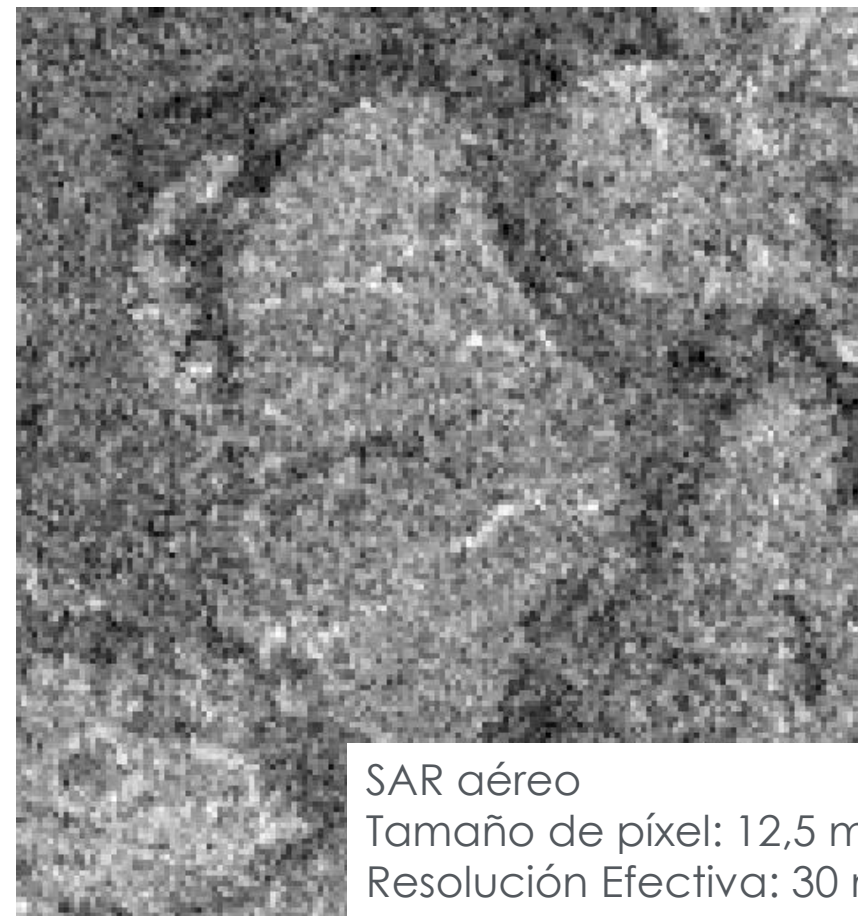
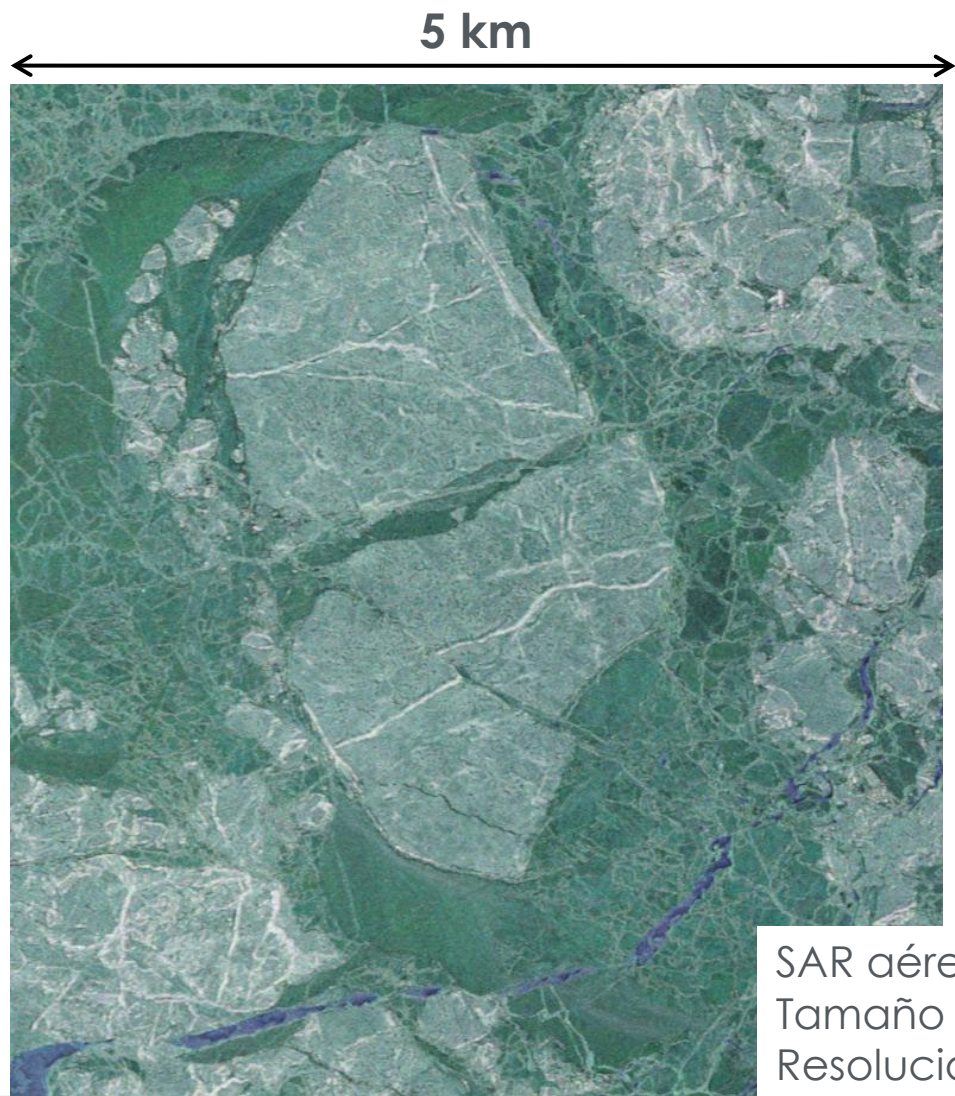


• Resolution,
sensor noise,
...

- Frequency



Efecto de la Resolución Espacial



Comparación Envisat ASAR – ESAR, Estrecho de Fram, 19 de marzo de 2007

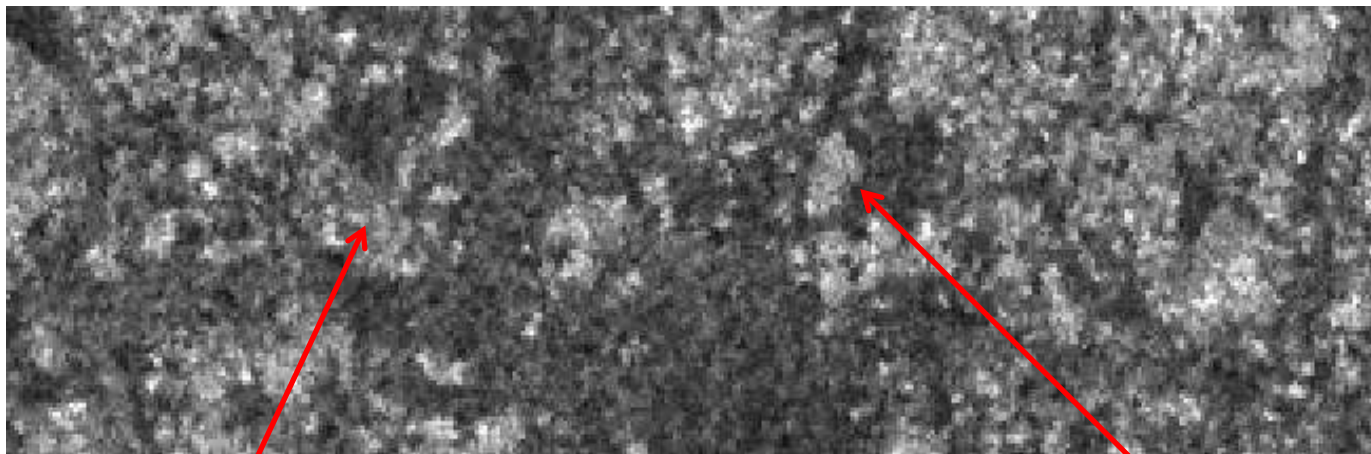


Imagen Envisat ASAR WSM
Polarización - HH
Ángulo de Incidencia 26°
Resolución 150 m

@ 11:22 UTC

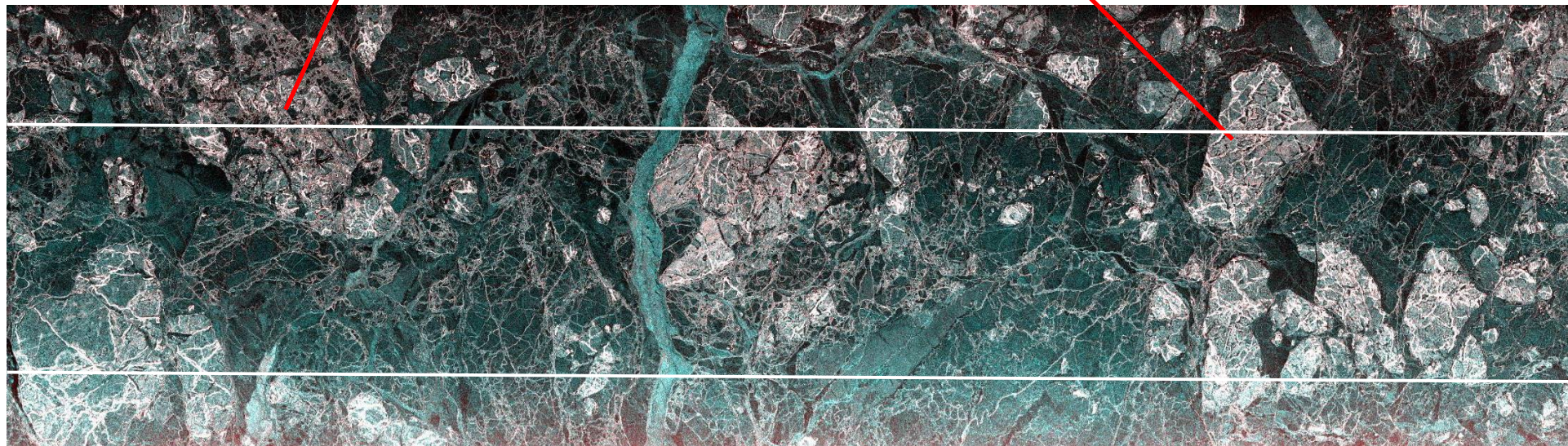


Imagen ESAR
(R-VH, G-VV, B-VV)
Resolución 2m

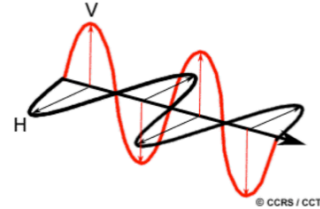
@ 12:26 UTC.



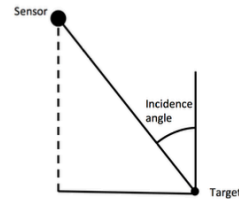
Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

- **Sensor parameters**

- Polarization



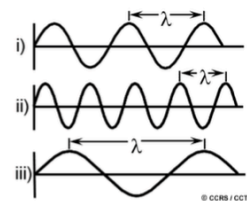
- Incidence angle θ



- Resolution, sensor noise,

...

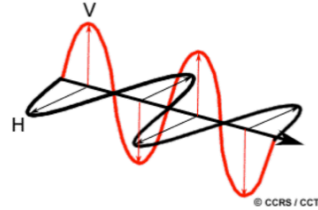
- Frequency



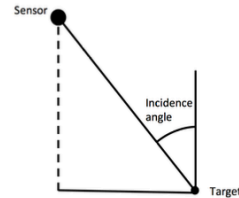
Muchos Factores Afectan la Señal de SAR

- **Sensor parameters**

- Polarization



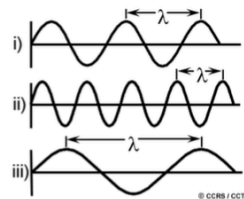
- Incidence angle θ



- Resolution, sensor noise,

...

- Frequency



Aspecto emocionante con NISAR (2024), ALOS-4 (2024), ROSE-L (2028)

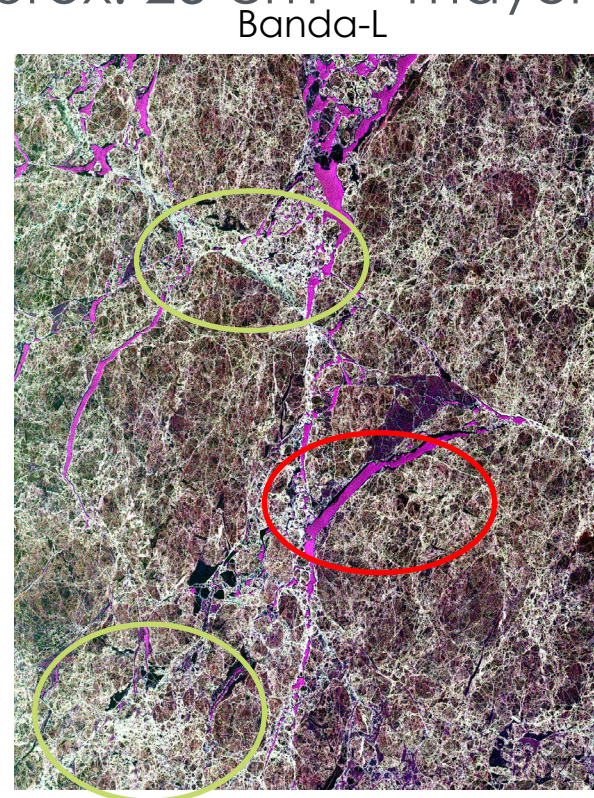
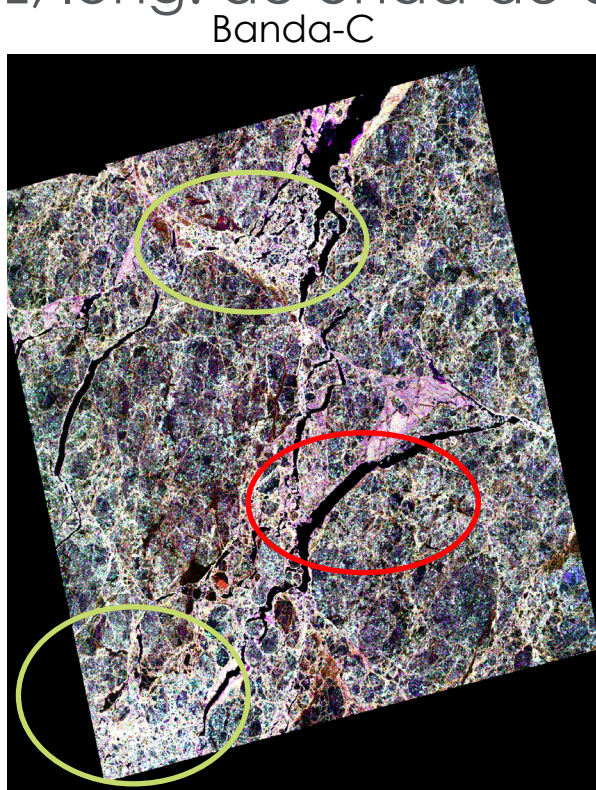
Misiones existentes ALOS-2 y SAOCOM



Frecuencia

Diferentes frecuencias tienen **diferentes profundidades de penetración.**

- Radar banda-X, longitud de onda de aprox. 3 cm -> poca profundidad de penetración
- Una señal banda-L, long. de onda de aprox. 23 cm -> mayor profundidad de penetración



Frecuencia

- Radar banda-X, longitud de onda de aprox. 3 cm -> poca profundidad de penetración
- Una señal banda-L, long. de onda de aprox. 23 cm -> mayor profundidad de penetración

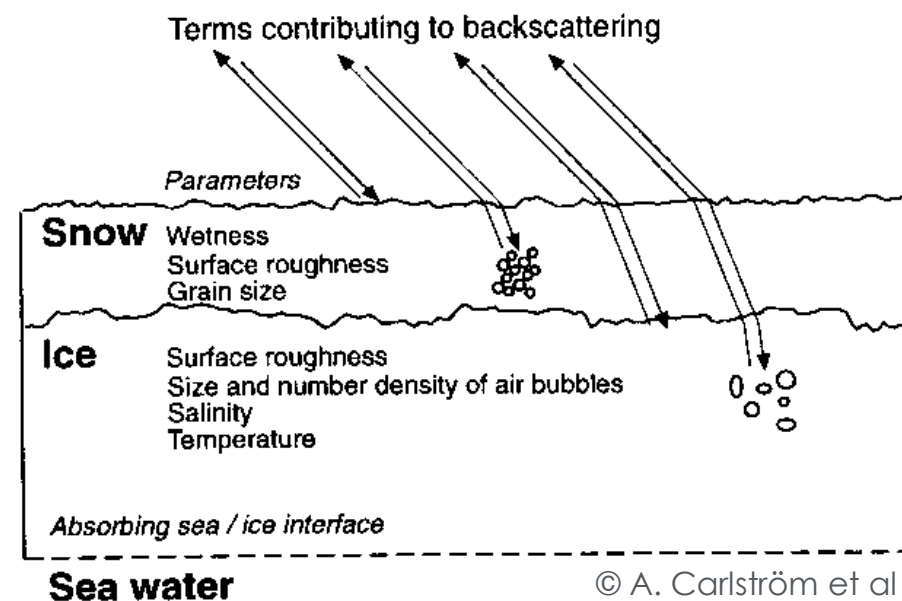
- Dispersión y atenuación debido a:

- Nieve
- Superficie de la Nieve/Hielo
- Volumen del Hielo
- Interfaz Hielo/Agua

- Banda-X y -C de la superficie

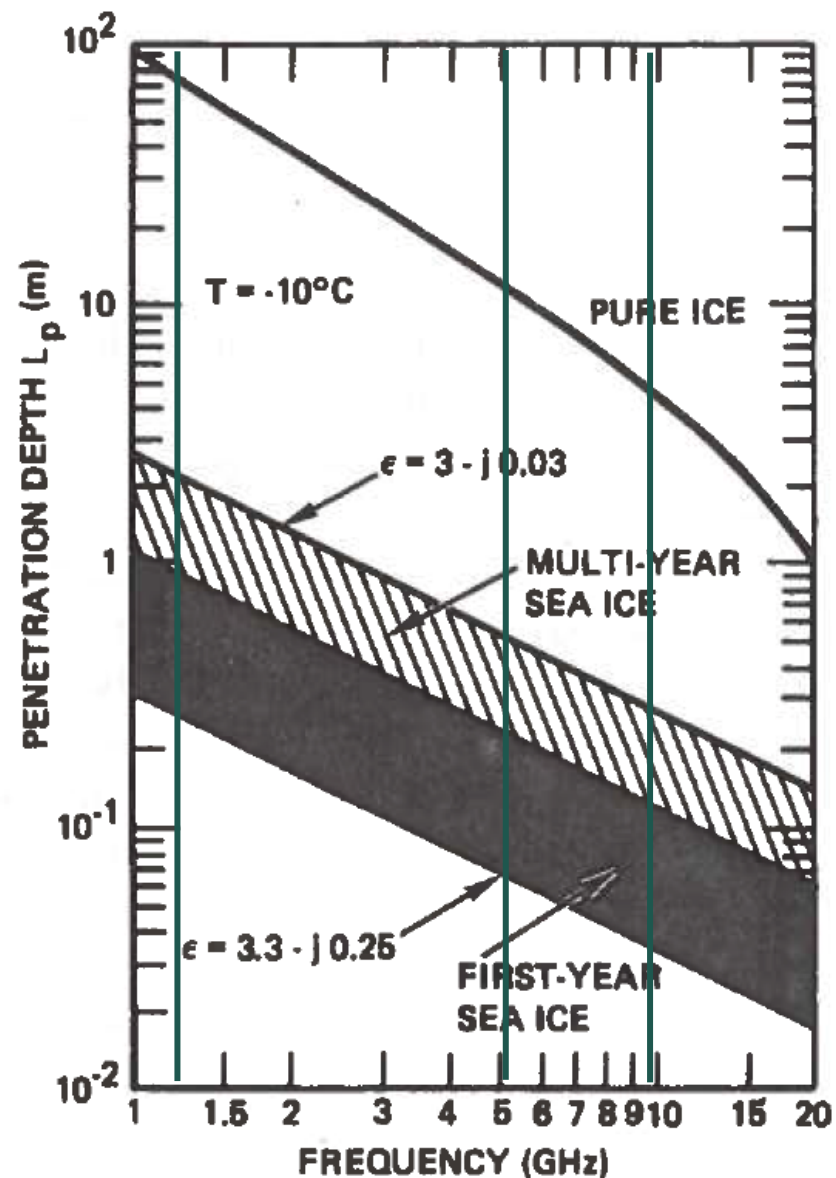
- Banda-S parcialmente de la superficie parcialmente del volumen del hielo

- Banda-L del volumen del hielo



Frecuencia

- Profundidad de penetración para diferentes tipos de hielo marino
- El cambio en la salinidad afecta a la constante dieléctrica.

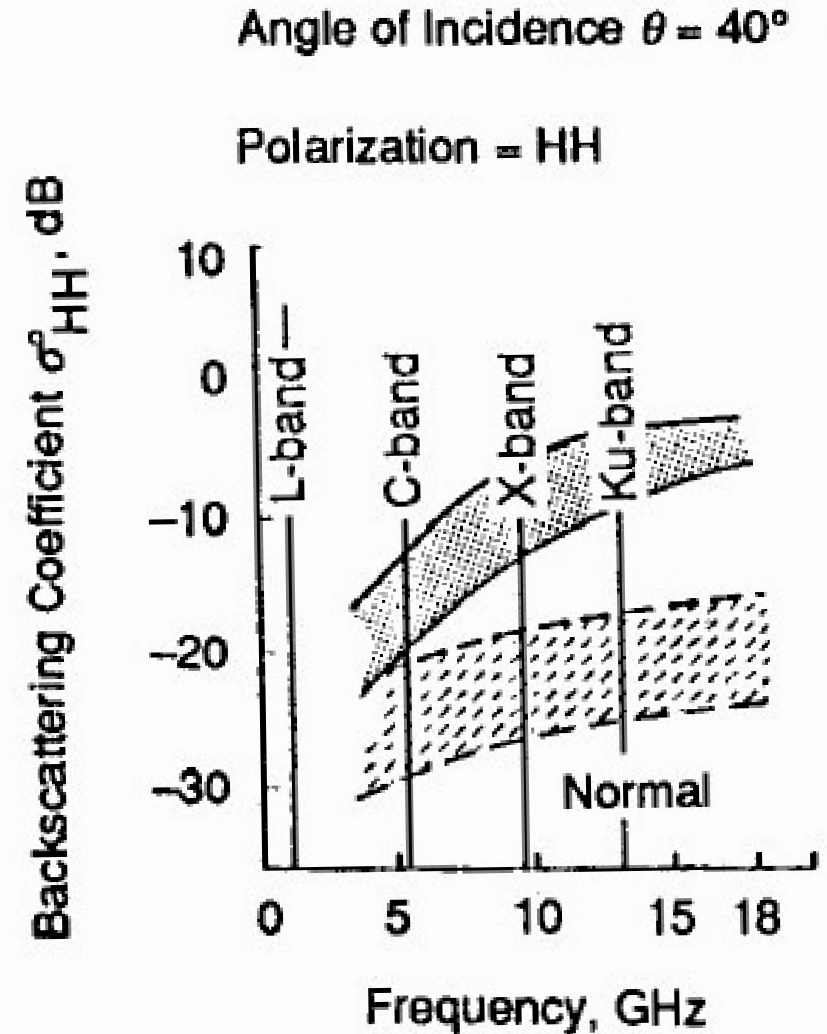


Extracto de: Ulaby et al. 1982

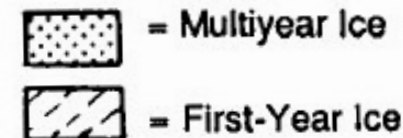


Frecuencia

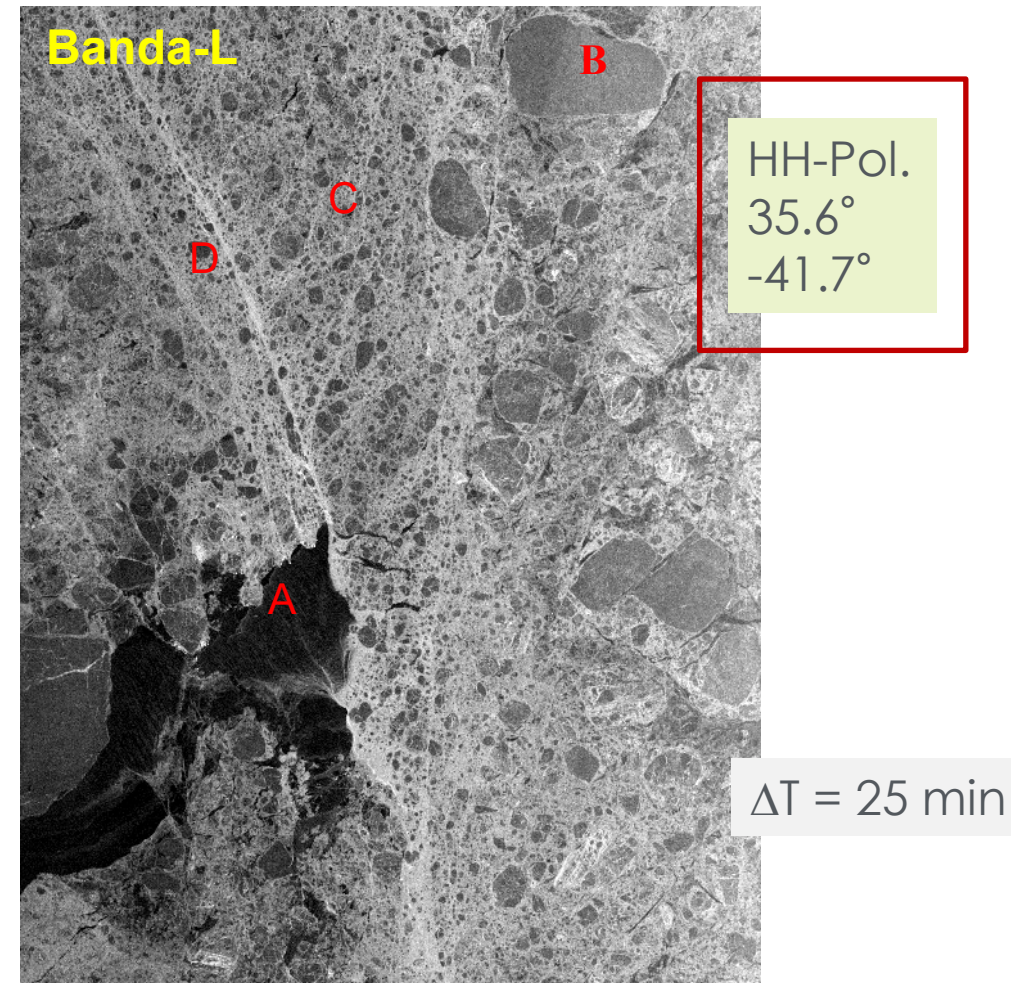
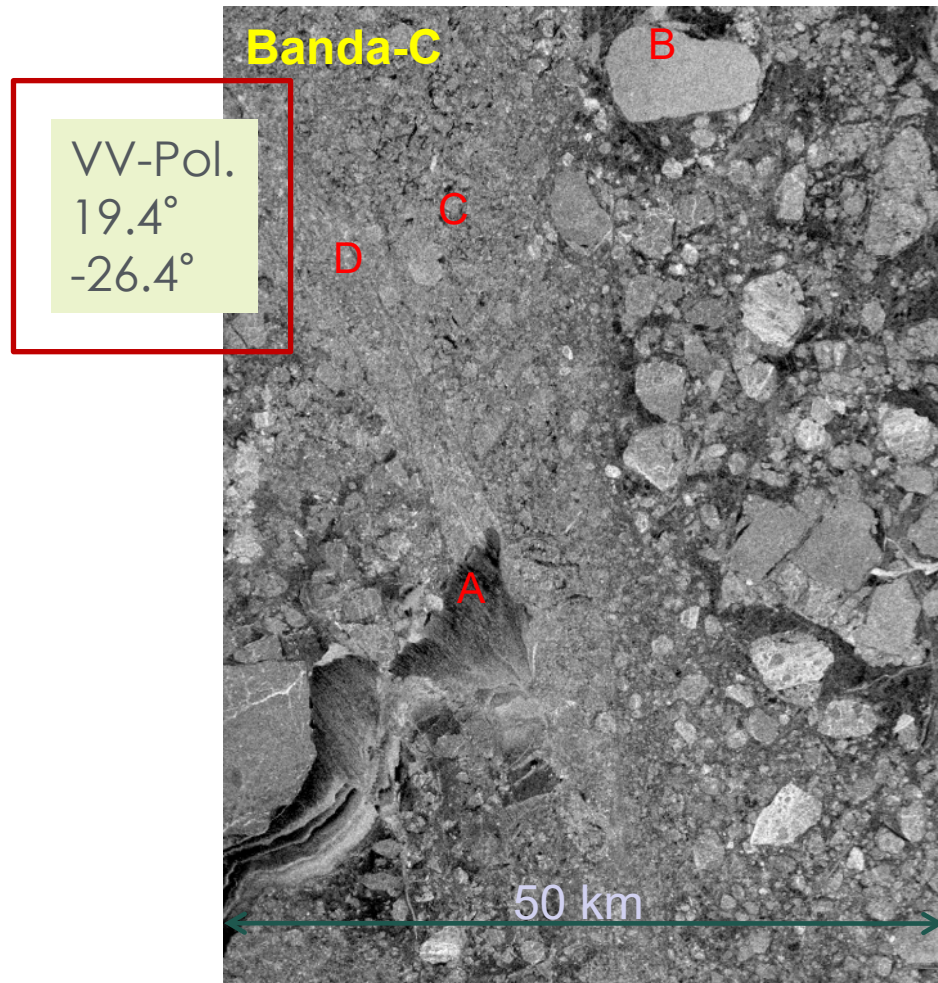
- Los datos de banda-X revelan el mayor contraste de intensidad entre el hielo de primer año y el de varios años
- Mayor sensibilidad a la nieve sobre hielo y a las características superficiales y subsuperficiales (unos cuantos centímetros de profundidad)
- Mayor sensibilidad al inicio del derretimiento



Extracto de: Onstott, 1992



Potencial del Uso de Multifrecuencia



ERS-1

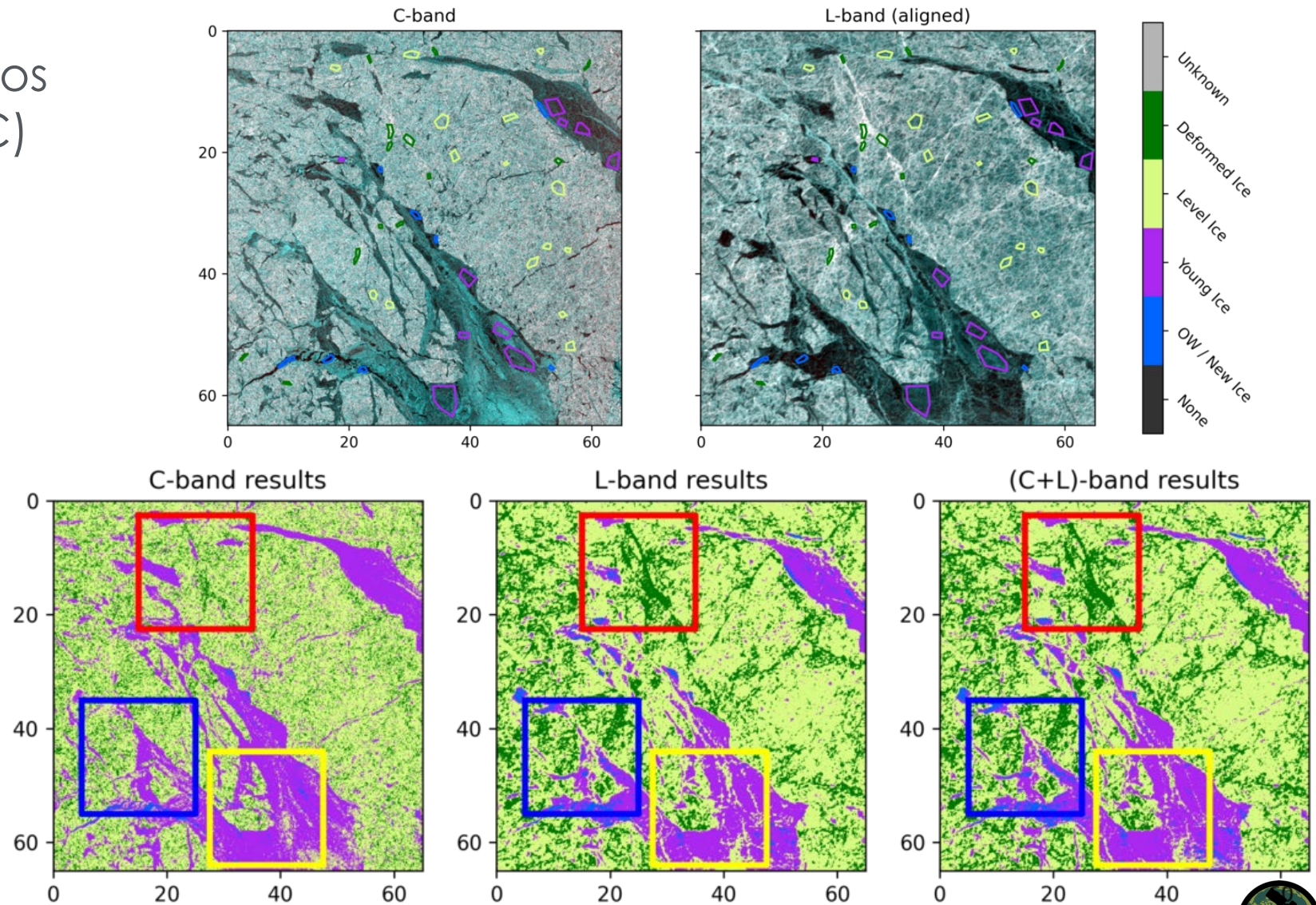
JERS-1

Costa de Groenlandia Oriental



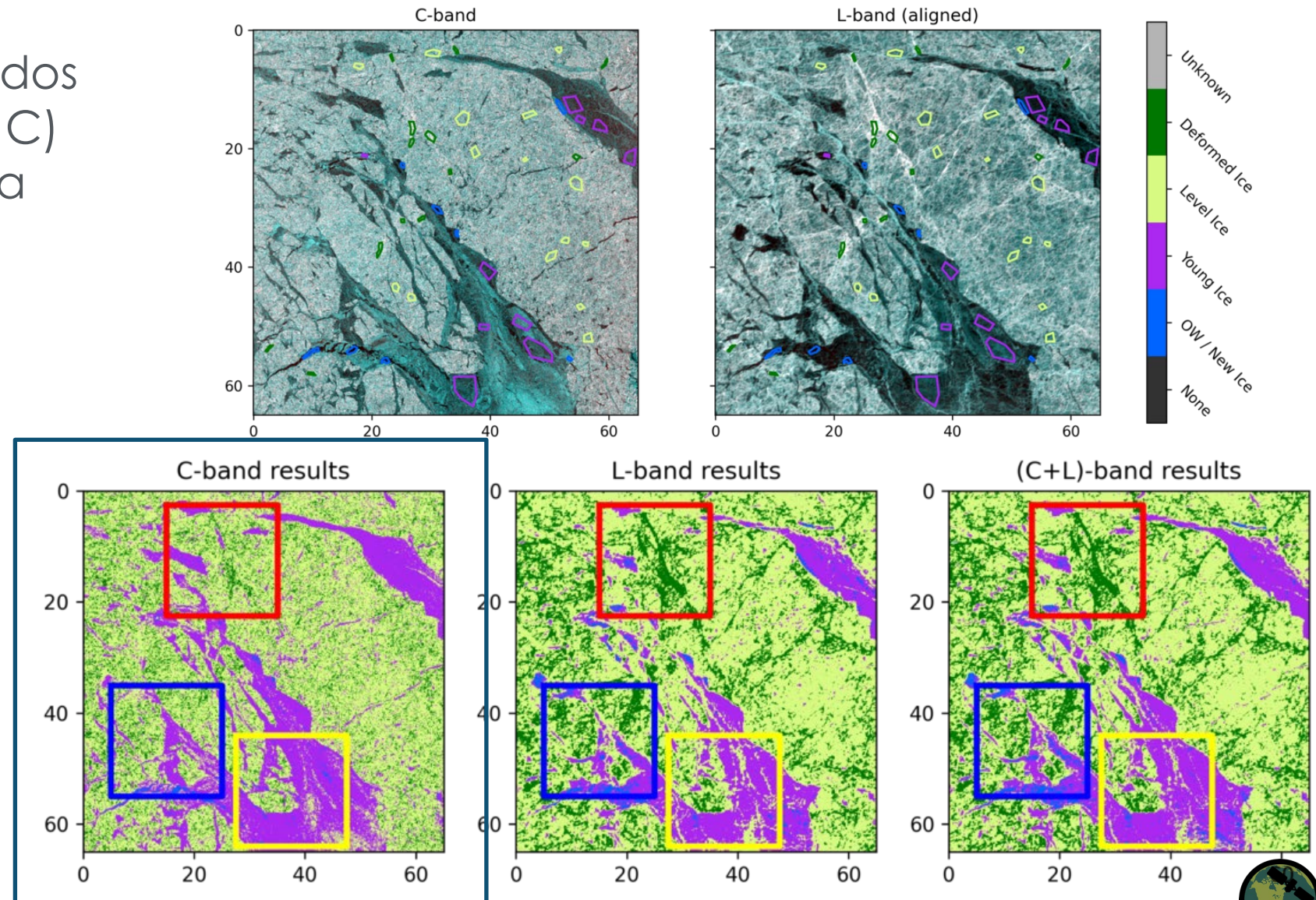
Potencial del Uso de Multifrecuencia

- La combinación de las dos frecuencias (banda L y C) mejora la precisión de la clasificación.



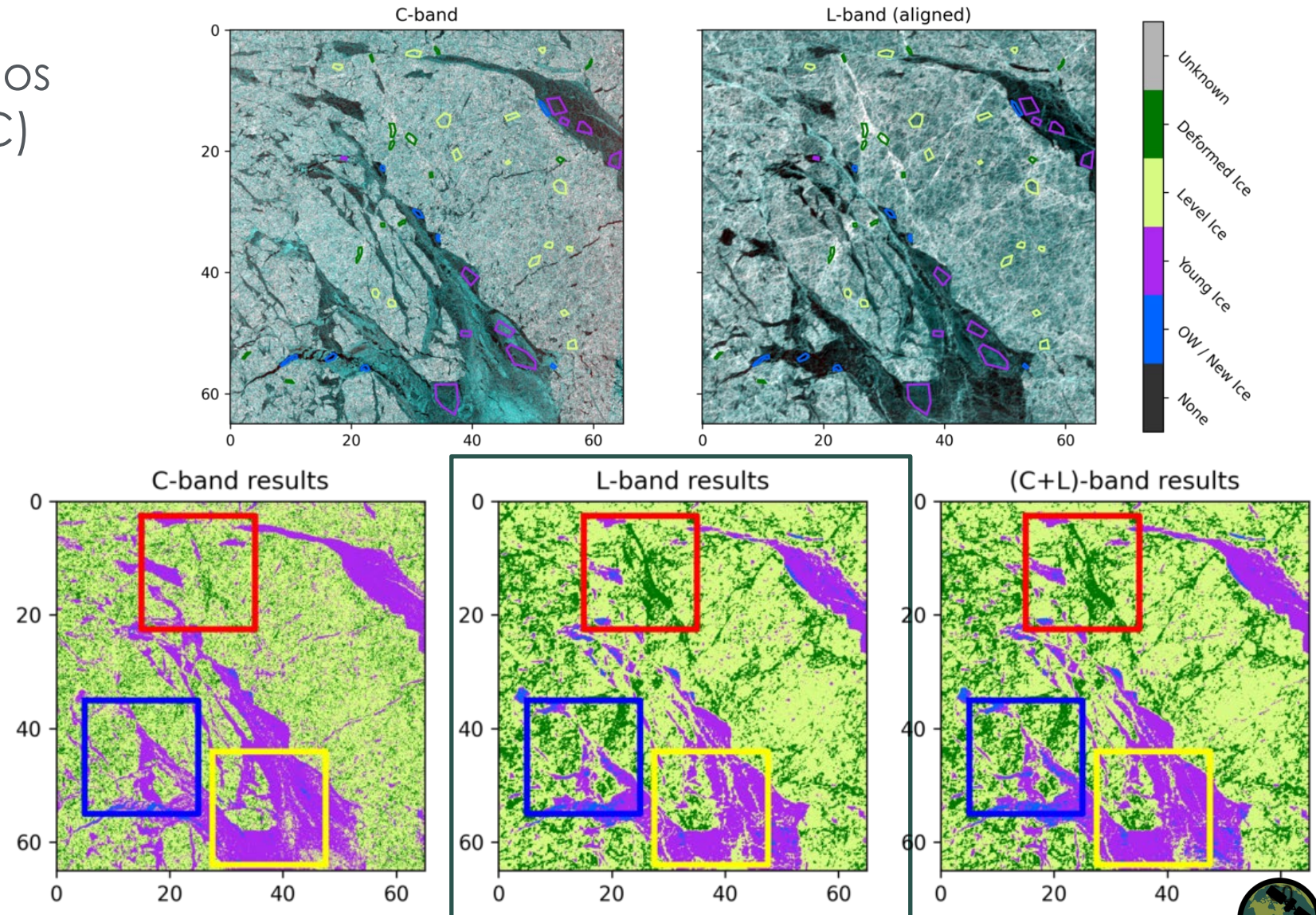
Potencial del Uso de Multifrecuencia

- La combinación de las dos frecuencias (banda L y C) mejora la precisión de la clasificación.



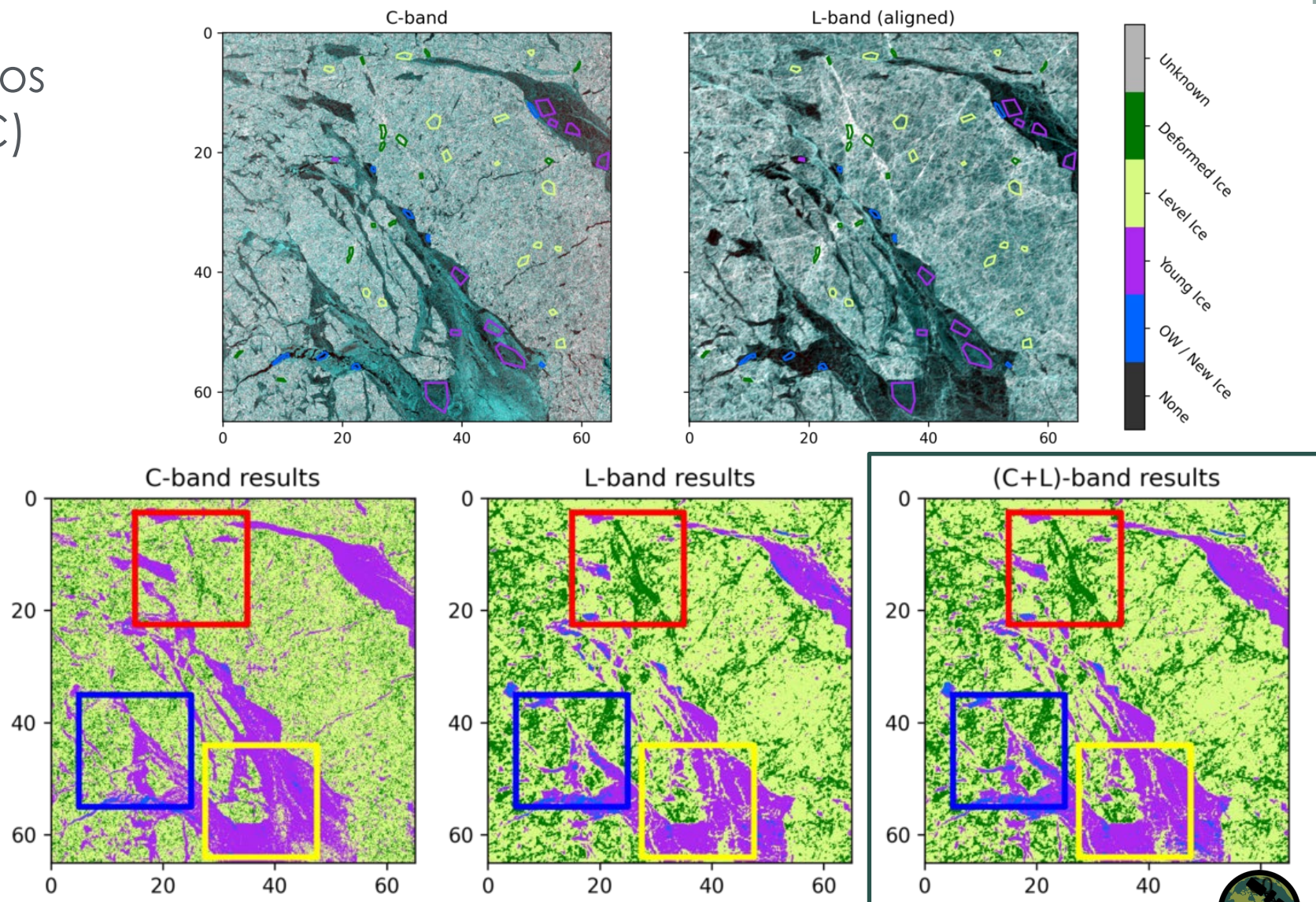
Potencial del Uso de Multifrecuencia

- La combinación de las dos frecuencias (banda L y C) mejora la precisión de la clasificación.

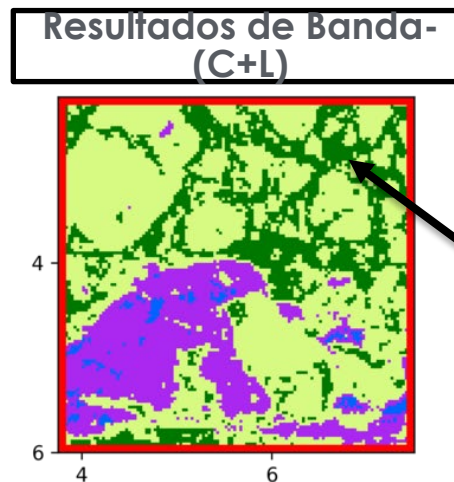
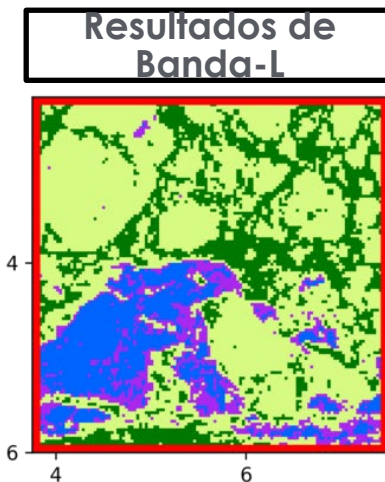
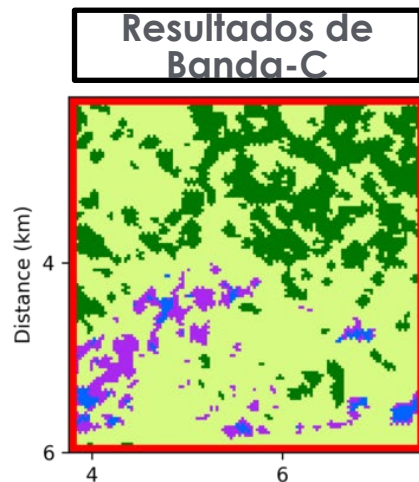
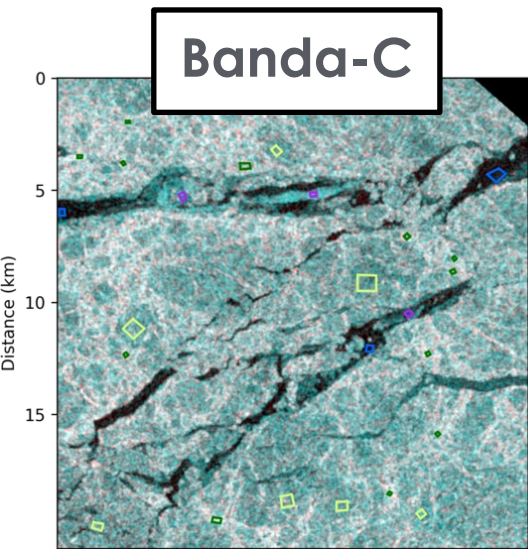
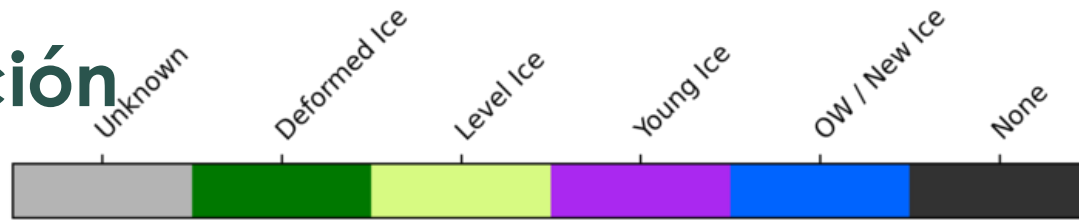


Potencial del Uso de Multifrecuencia

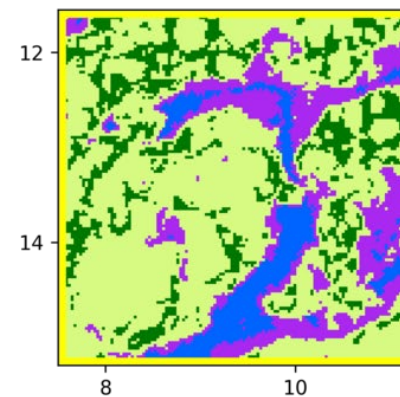
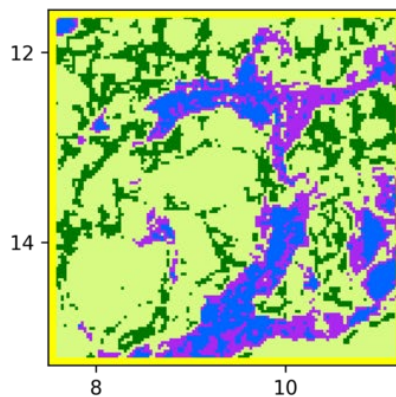
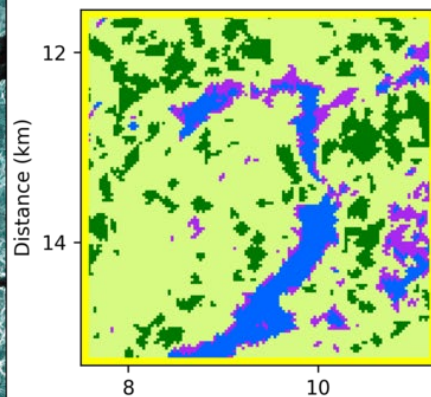
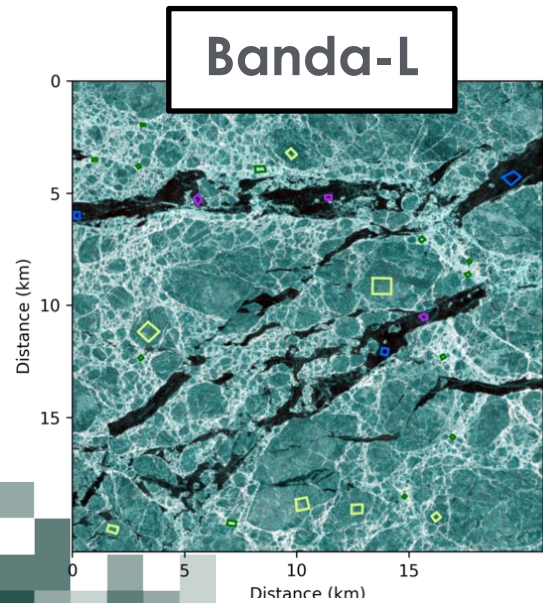
- La combinación de las dos frecuencias (banda L y C) mejora la precisión de la clasificación.



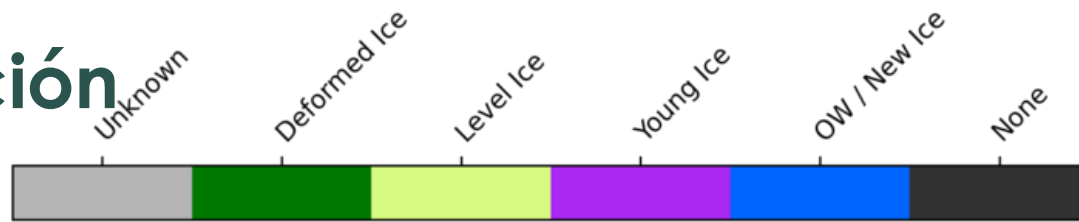
Resultados de la Clasificación



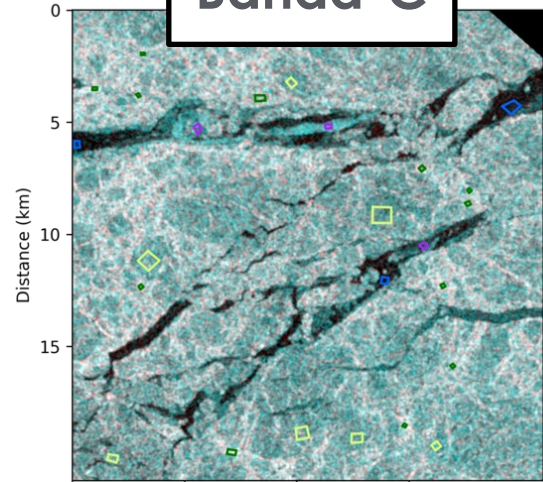
Banda-L o Banda-C y-L claramente son mejores para detectar **Hielo Deformado**.



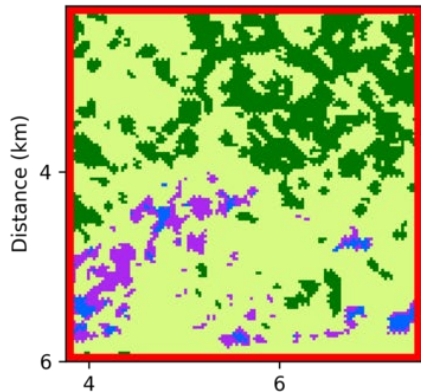
Resultados de la Clasificación



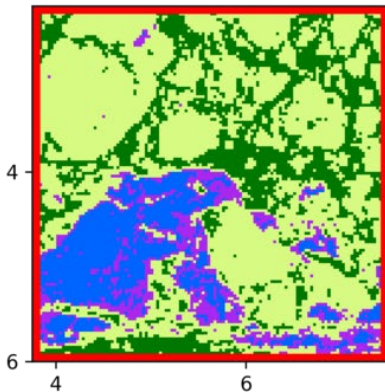
Banda-C



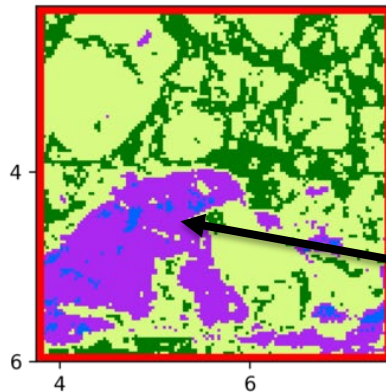
Resultados de Banda-C



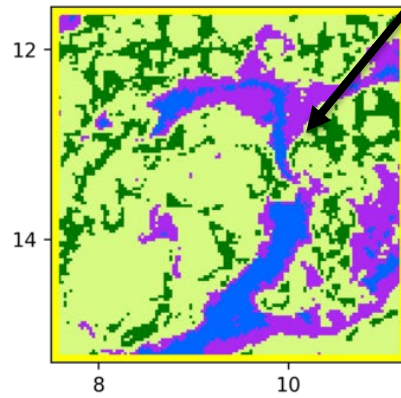
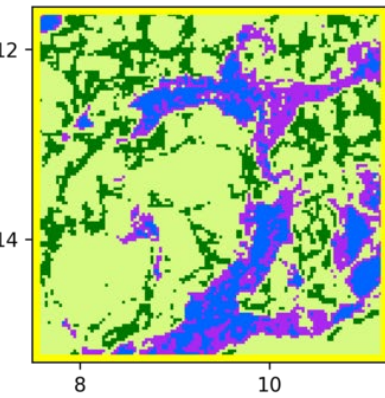
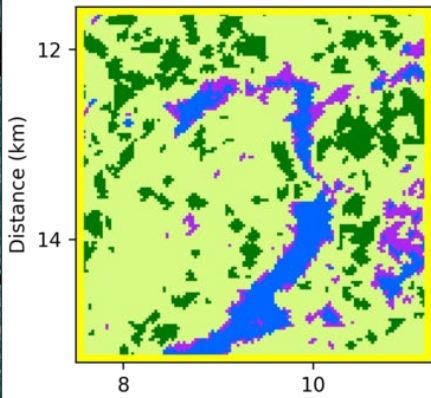
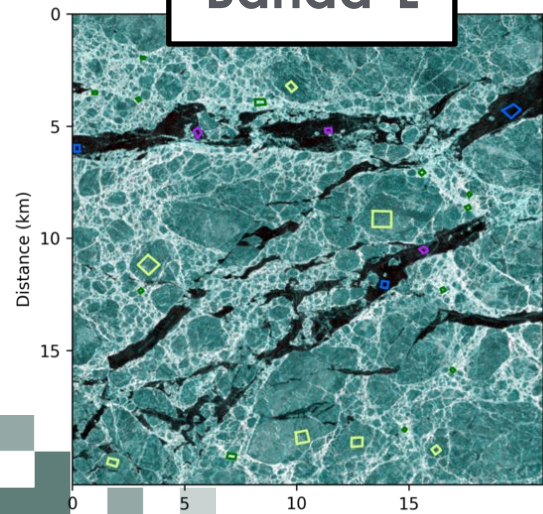
Resultados de Banda-L



Resultados de Banda-(C+L)



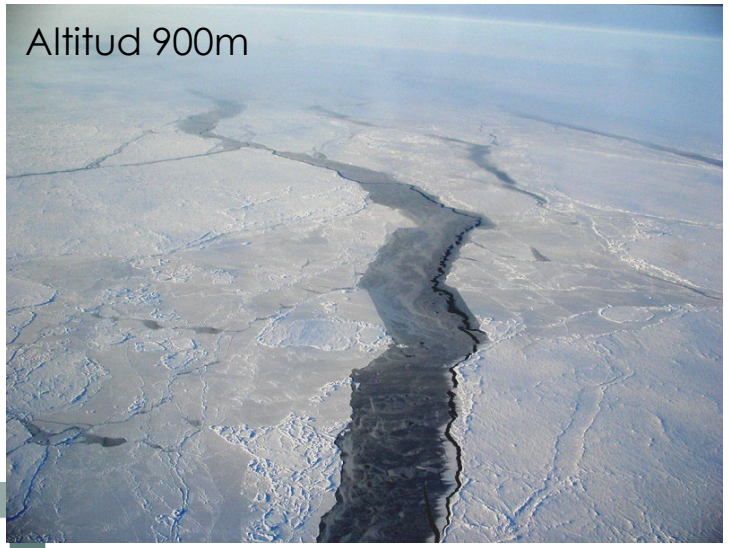
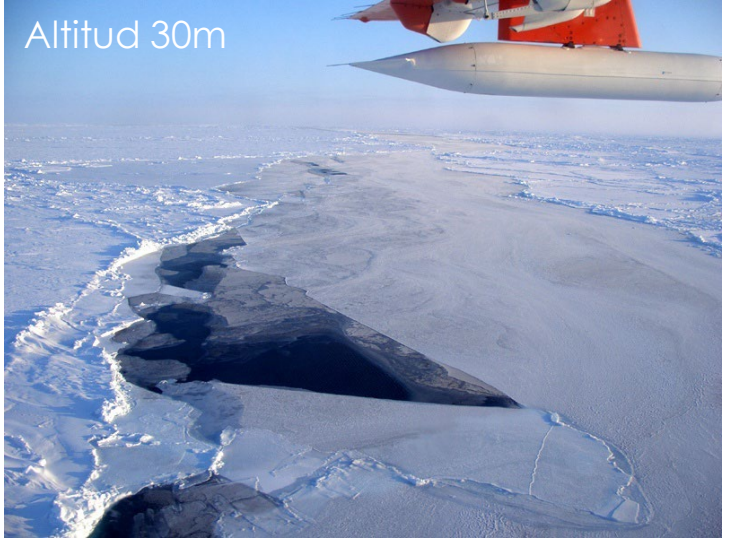
Banda-L



Solo la **combinación** de bandas -C y -L captura correctamente:
Hielo Joven y aguas abiertas dentro de sistemas de fisuras.

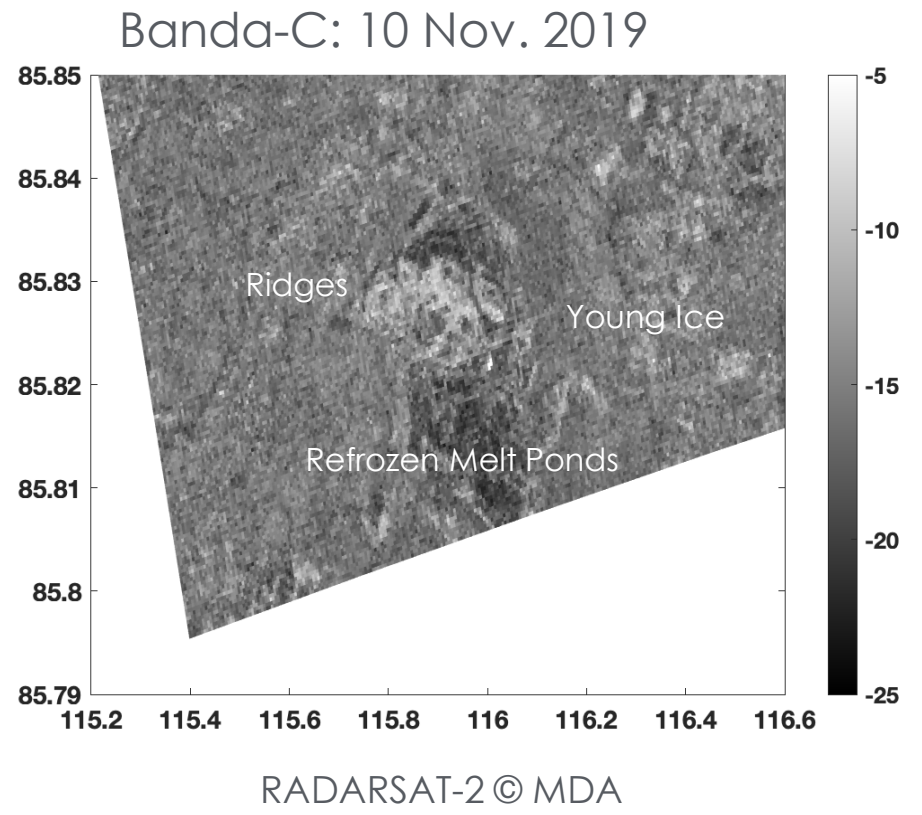


¿Cómo Monitoreamos el Hielo Marino?

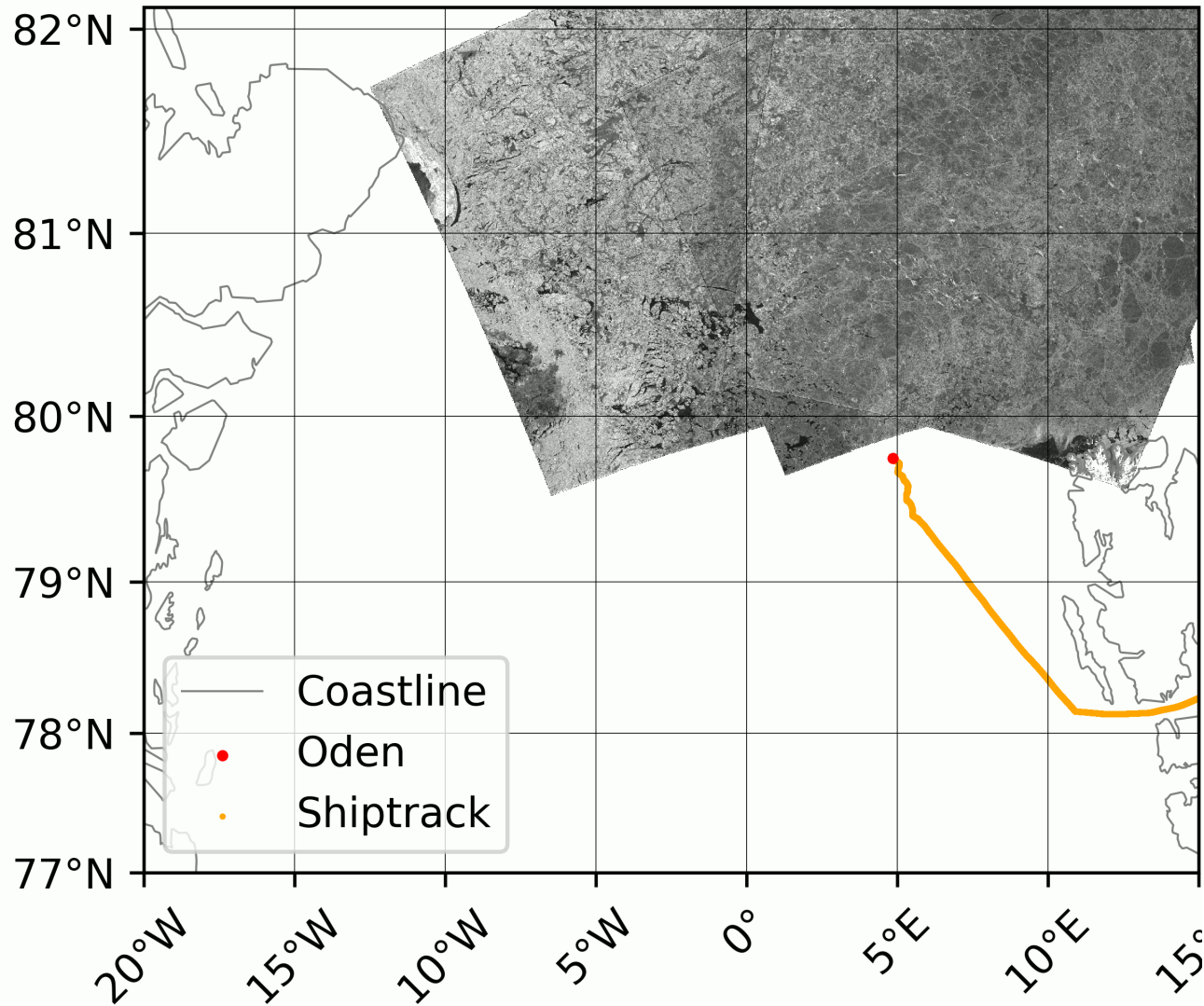


Fotos: W. Dierking

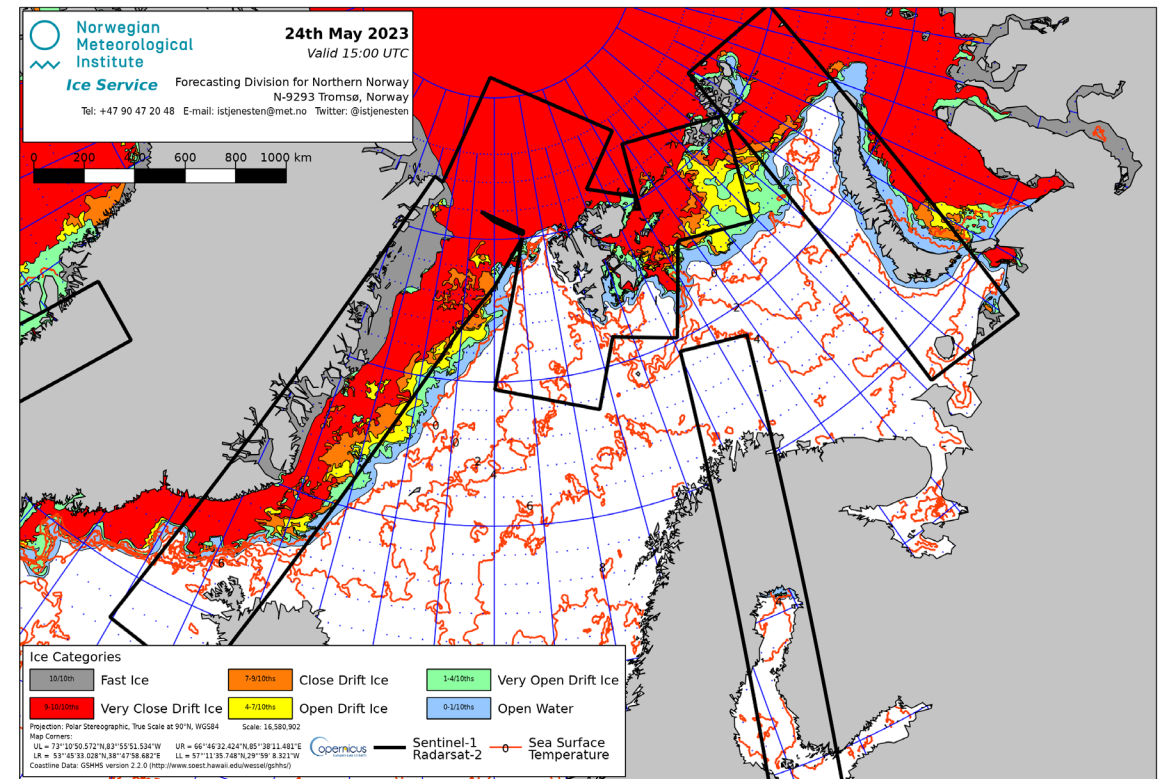
Fotos: T. Karlsen



updated: 2023-05-09T062832 UTC



- Utilice todas las imágenes disponibles gratuitamente para generar mapas de hielo

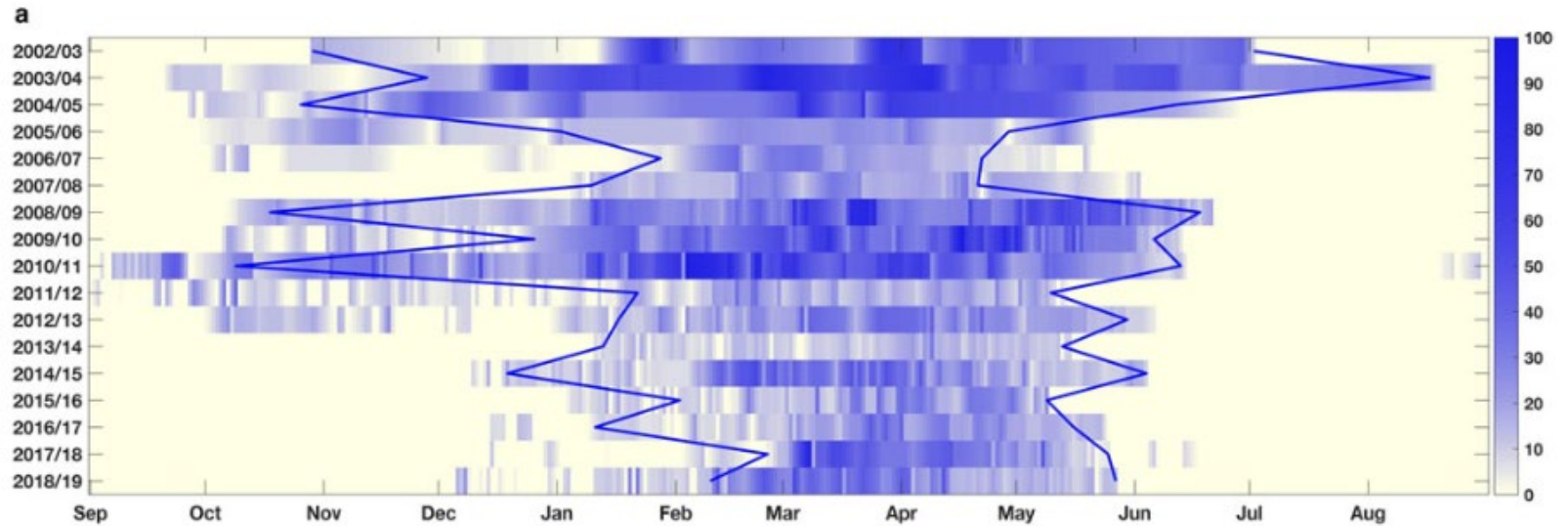
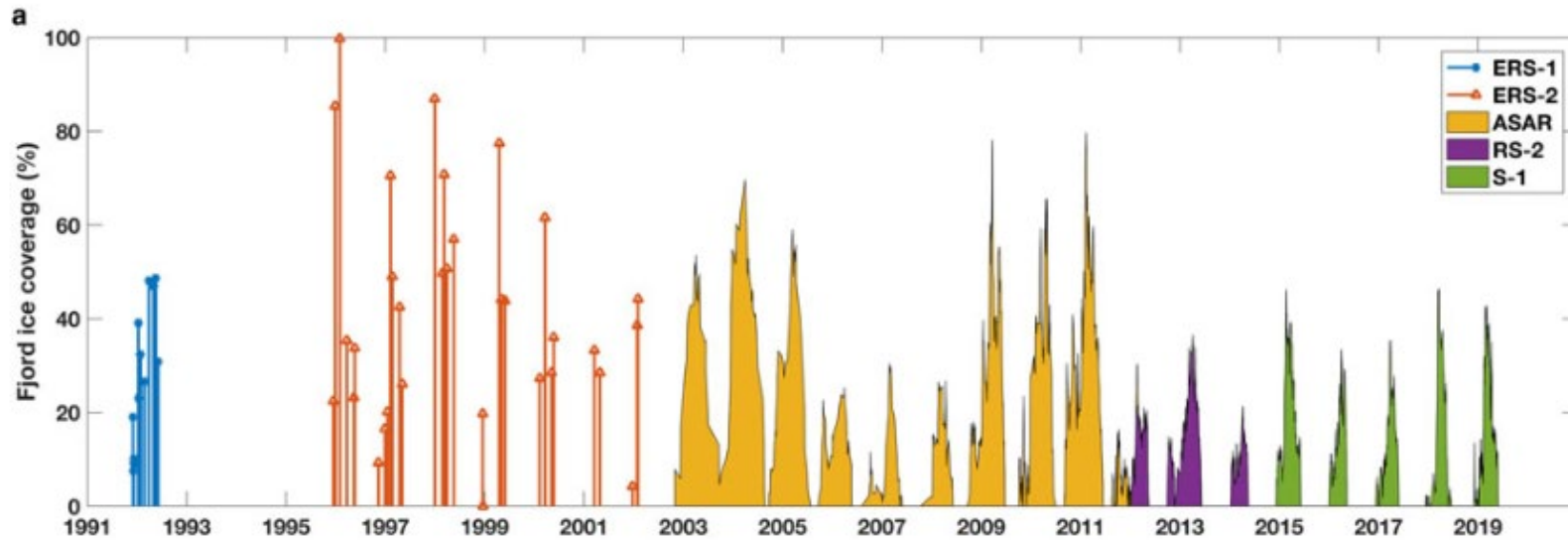


T. Karlsen, 2023

NASA ARSET – Measuring Floods, Subsidence, and Sea Ice with SAR

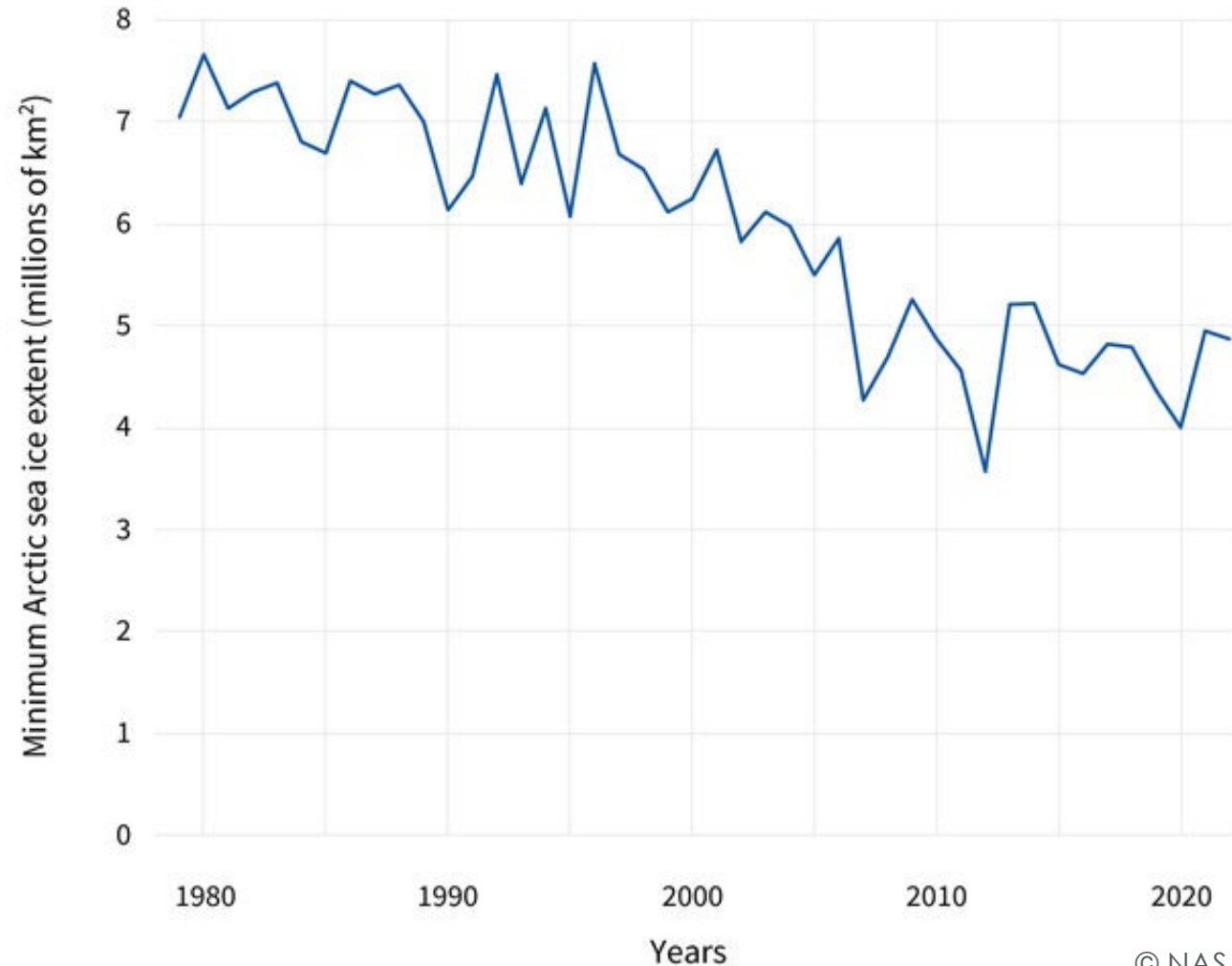


Monitoreo y Detección de Cambios Regionales



Monitoreo y Detección de Cambios Regionales

ARCTIC SEA ICE YEARLY MINIMUM



© NASA



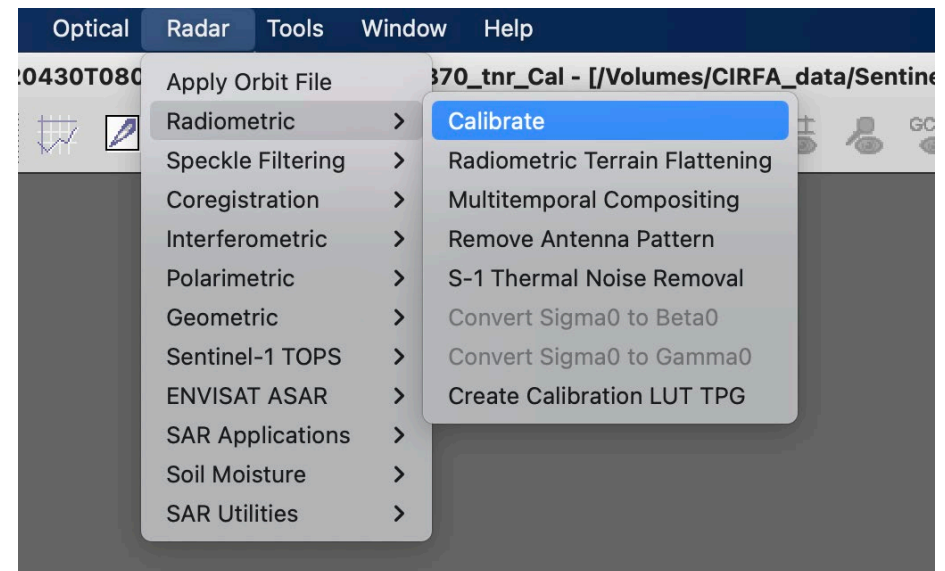
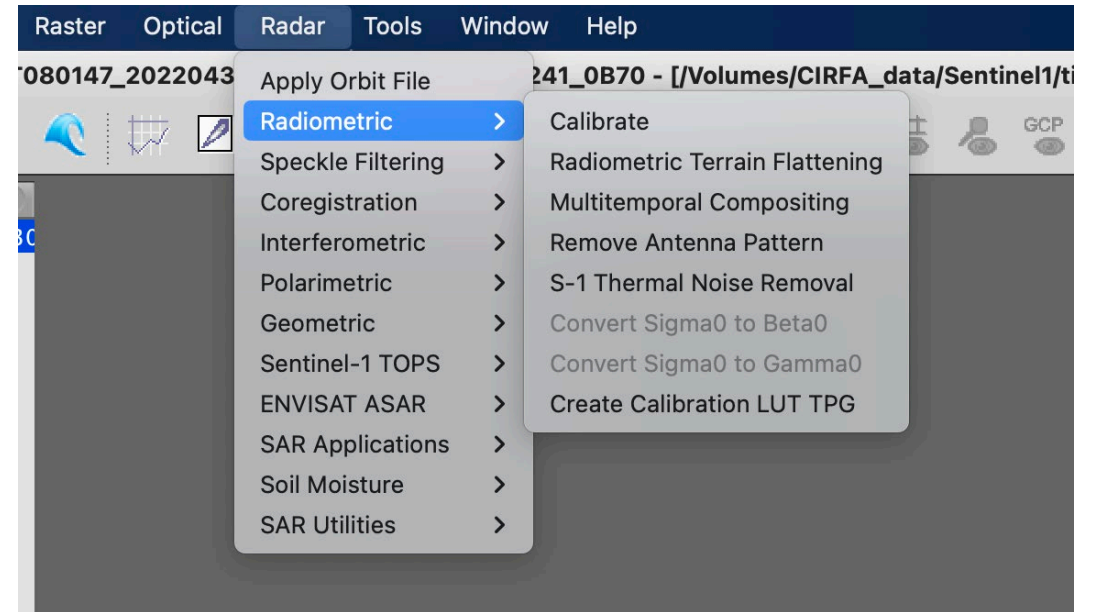
Resumen

- Observamos la rugosidad de la superficie con SAR, y en el hielo marino esta toma muchas formas.
- Las características específicas de los sensores como el ángulo de incidencia y la frecuencia, afectan la capacidad de detección y monitoreo.
- SAR se puede utilizar para detectar y monitorear el hielo marino.
 - Es preferible más de una polarización, ya que la polarización HV proporciona una mejor separación entre el agua abierta y el hielo marino.
 - Por lo general, no podemos obtener el espesor del hielo marino utilizando SAR, lo que dificulta las clases de la OMM.
 - Pero podemos identificar áreas con diferentes deformaciones.
 - El hielo joven y delgado es el tipo de hielo más desafiante: > puede parecer tanto agua lisa y abierta como un hielo multi año deformado.
 - Las series temporales se pueden utilizar en modelos climáticos.



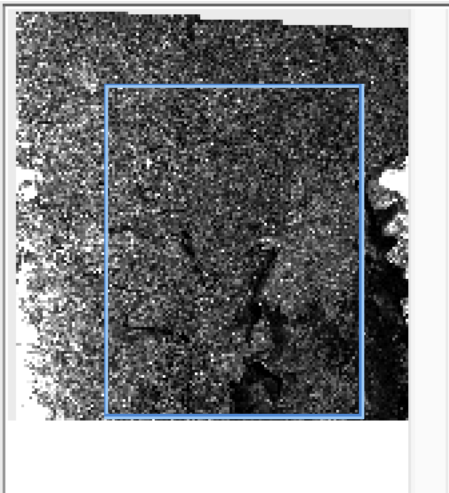
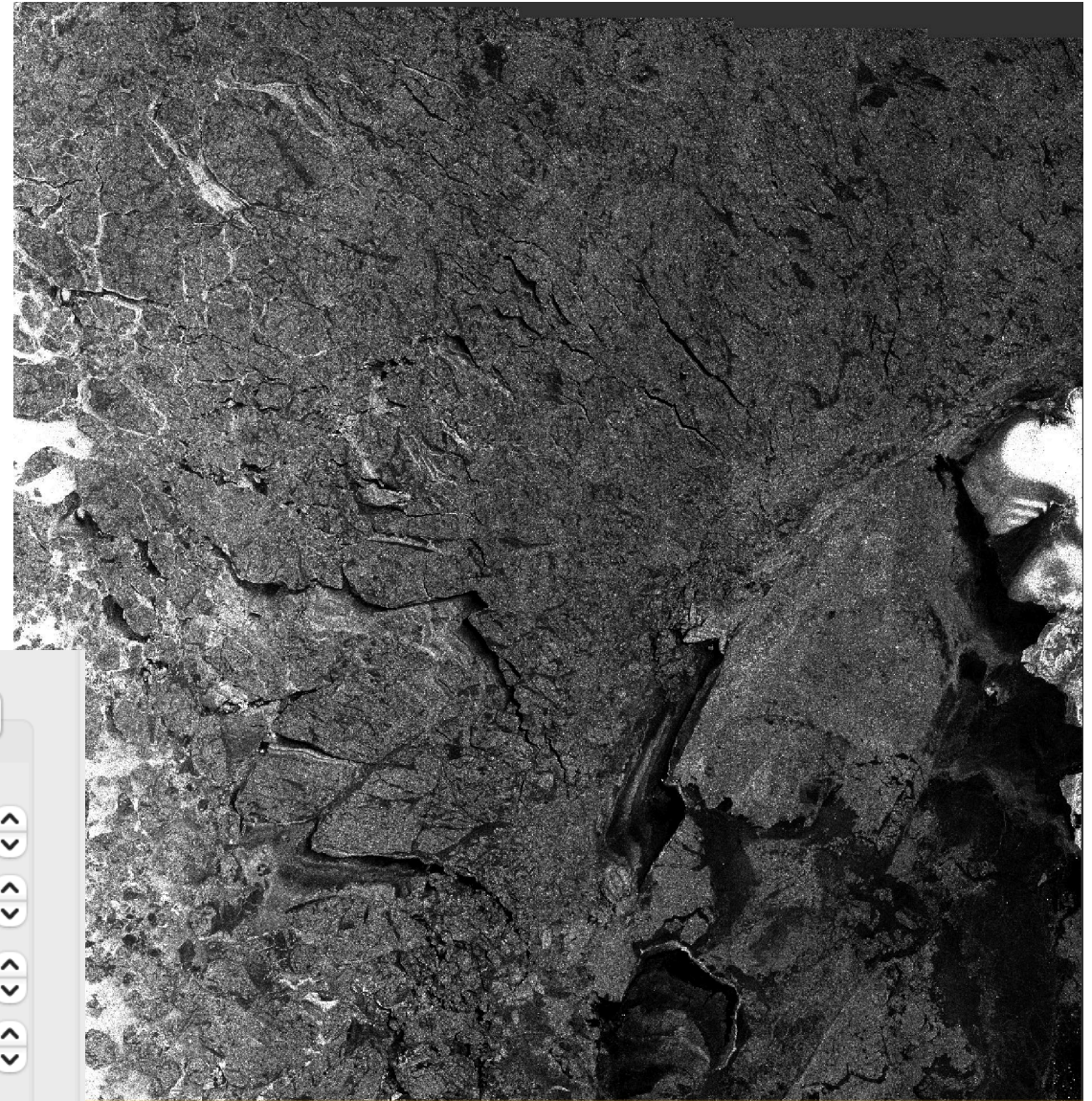
Realice su Propia Clasificación del Hielo Marino

- Clasifique el hielo deformado, nivelado, joven y aguas abiertas dentro de esta imagen:
 - S1A_EW_GRDM_1SDH_20220430T080147_20220430T080251_043000_052241_OB70.SAFE
- Abra el archivo en SNAP.
- Preprocesamiento:
 - Eliminación de ruido térmico-> Radar -> Radiometric -> S-1 Thermal Noise Removal
 - Calibración -> Radar -> Radiometric -> Calibrate



Realice su Propia Clasificación del Hielo Marino

- La imagen debería tener un aspecto similar al que se ve a continuación.
- El siguiente paso es hacer un subconjunto, principalmente para acelerar el proceso.
- El área debe recortarse de la siguiente manera:



Pixel Coordinates

Geo Coordinates

North latitude bound:

West longitude bound:

South latitude bound:

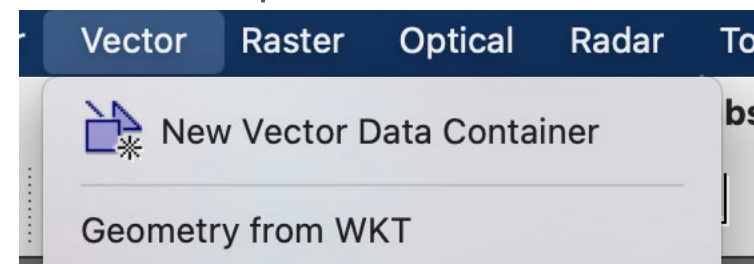
East longitude bound:



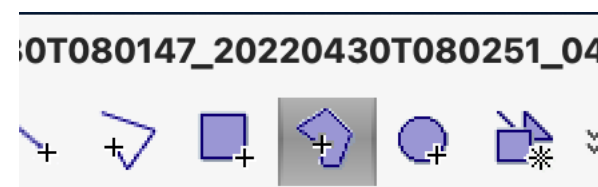
Realice su Propia Clasificación del Hielo Marino

- La imagen ya está lista para ser clasificada.
- Hoy haremos una clasificación con Random Forest.
- ¡Para ello necesitamos algunos datos de entrenamiento!
 - Hielo deformado
 - Hielo nivelado
 - Hielo joven
 - Agua abierta

- Los datos de entrenamiento se generan mediante la identificación de polígonos que contienen los diferentes tipos de hielo.

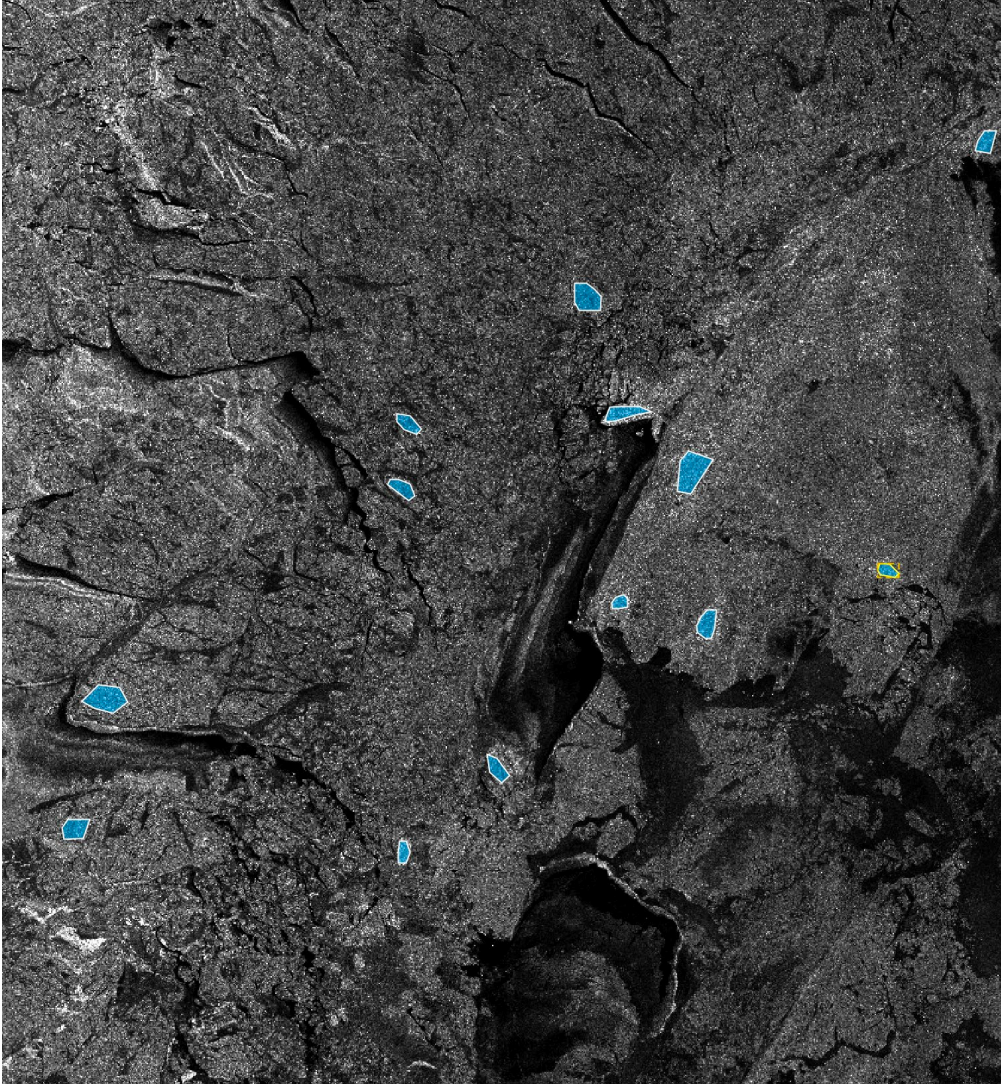


- Y se comienza a crear polígonos usando esto:

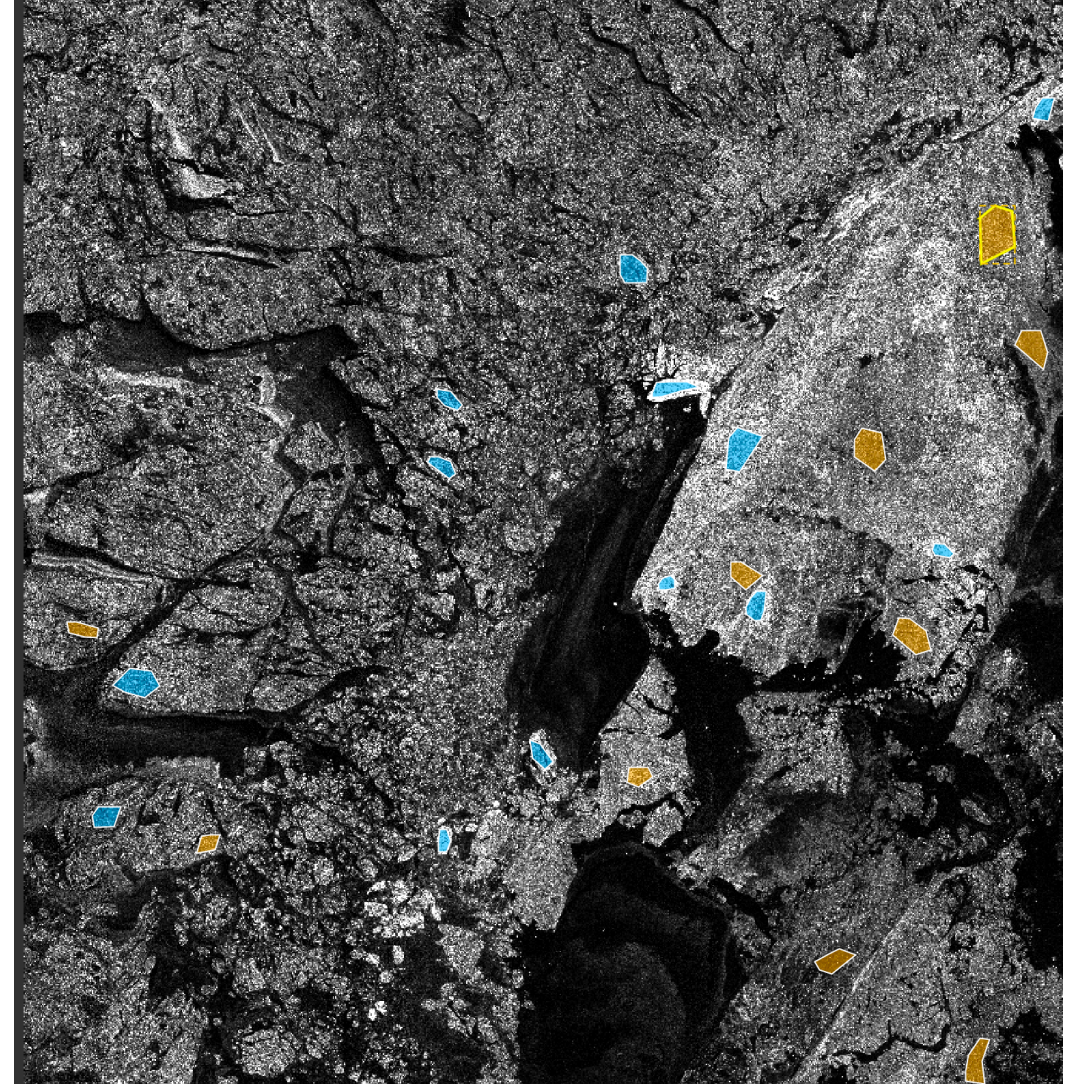


Polígonos de Hielo Marino Deformado (azul) y Nivelado (amarillo)

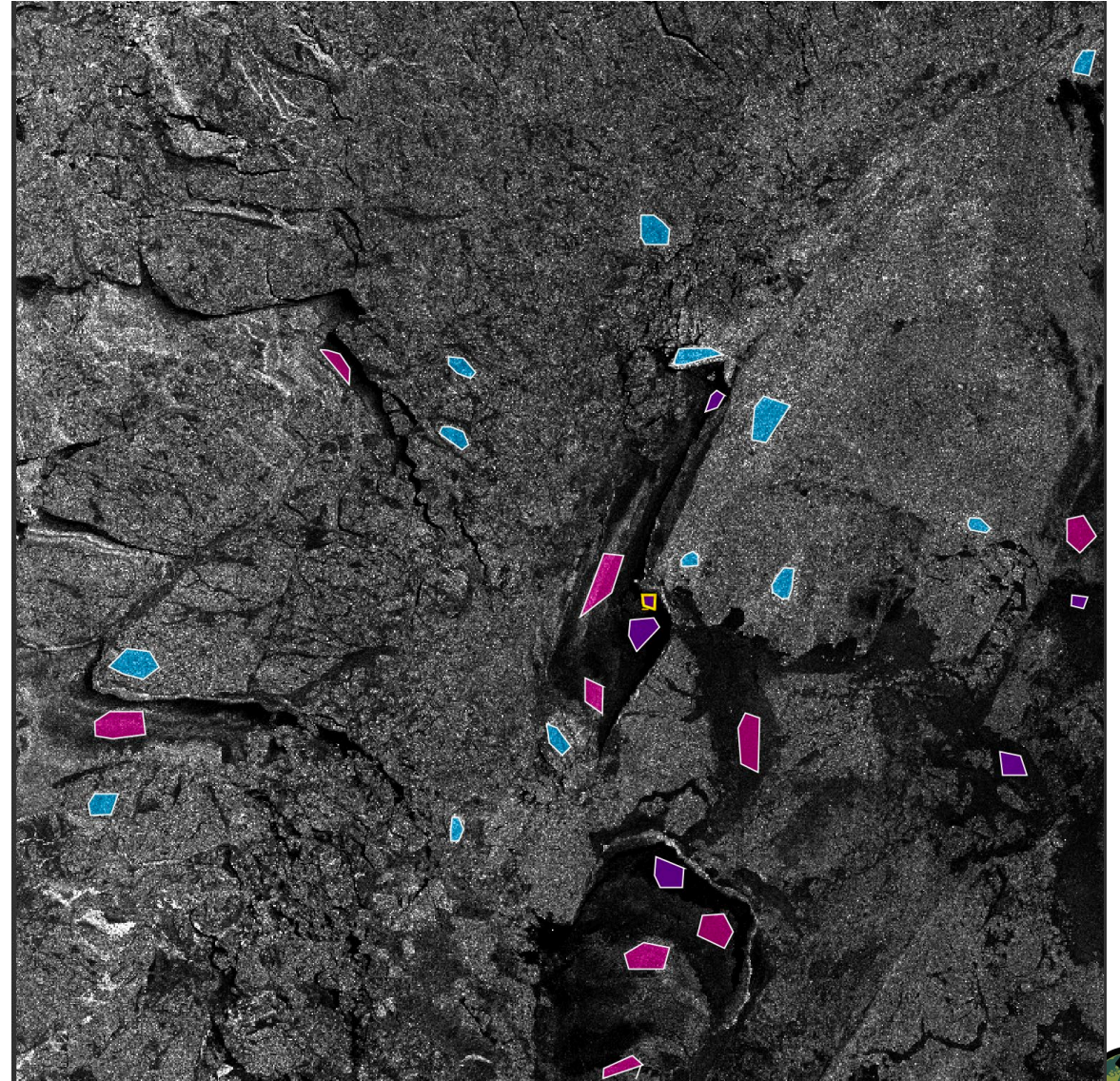
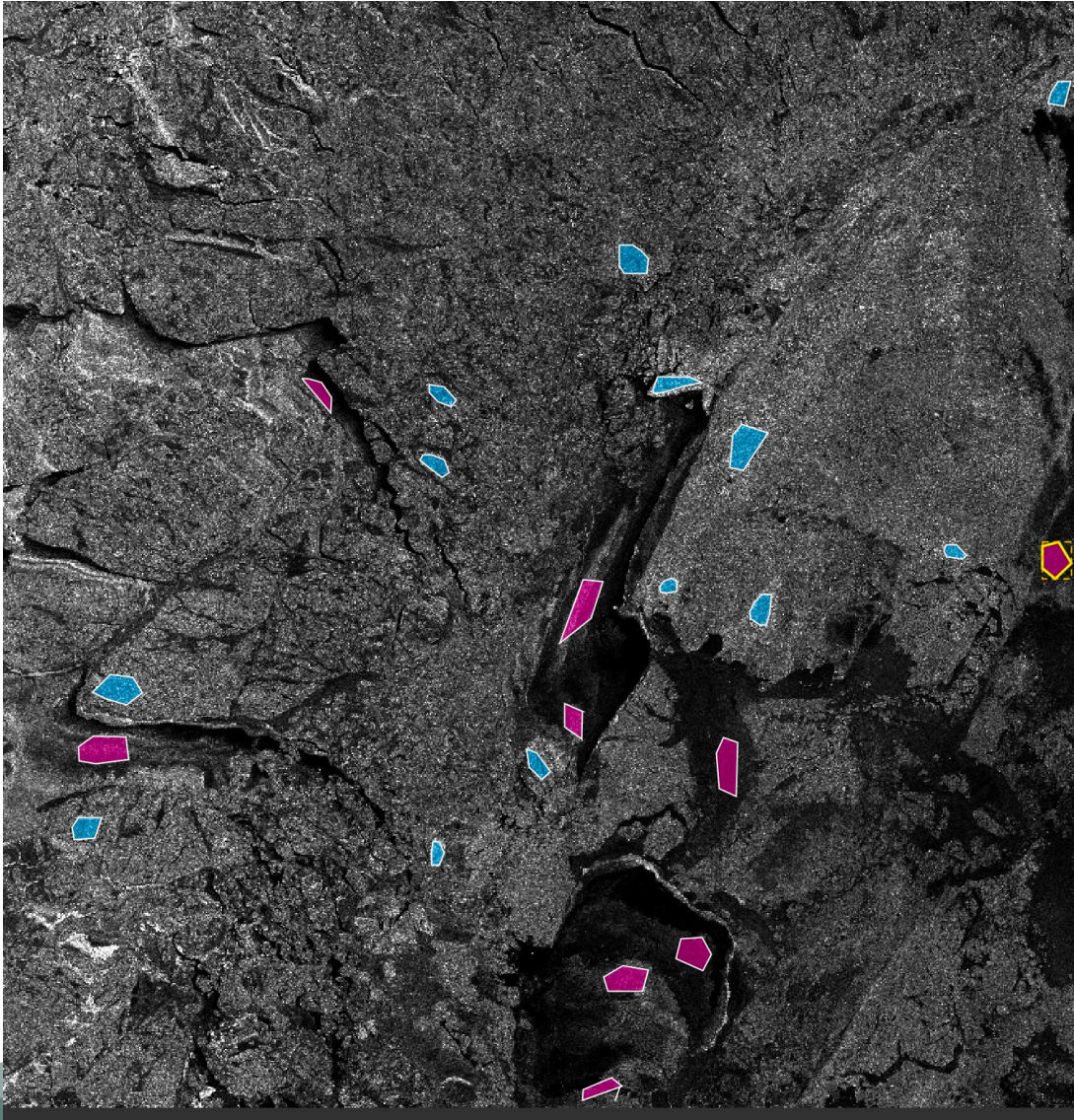
- Canal-HH



- Canal-HV

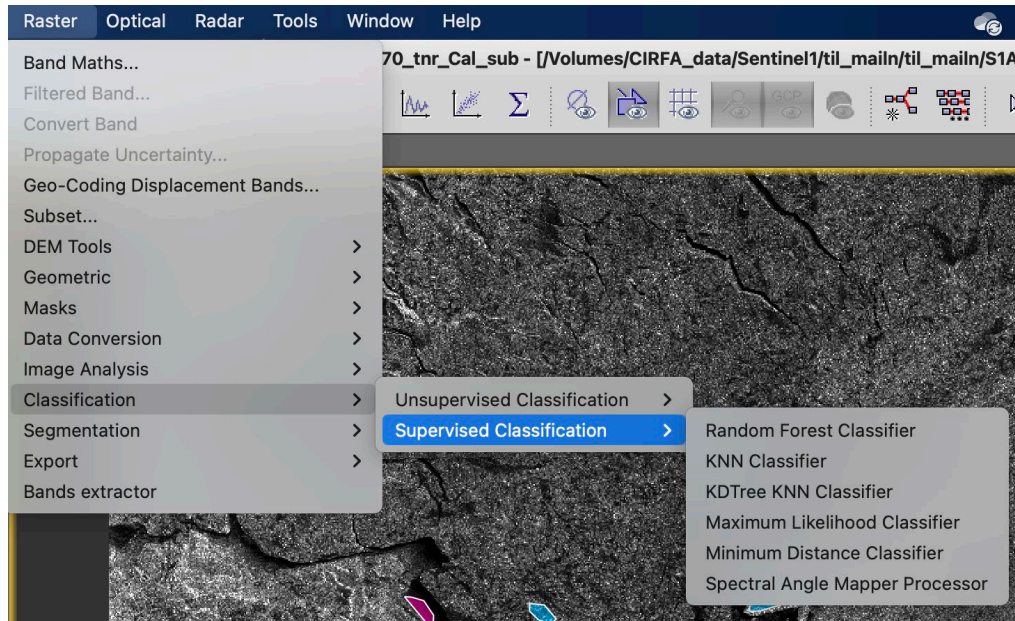


Hielo Joven (rosado) y Aguas Abiertas (morado)

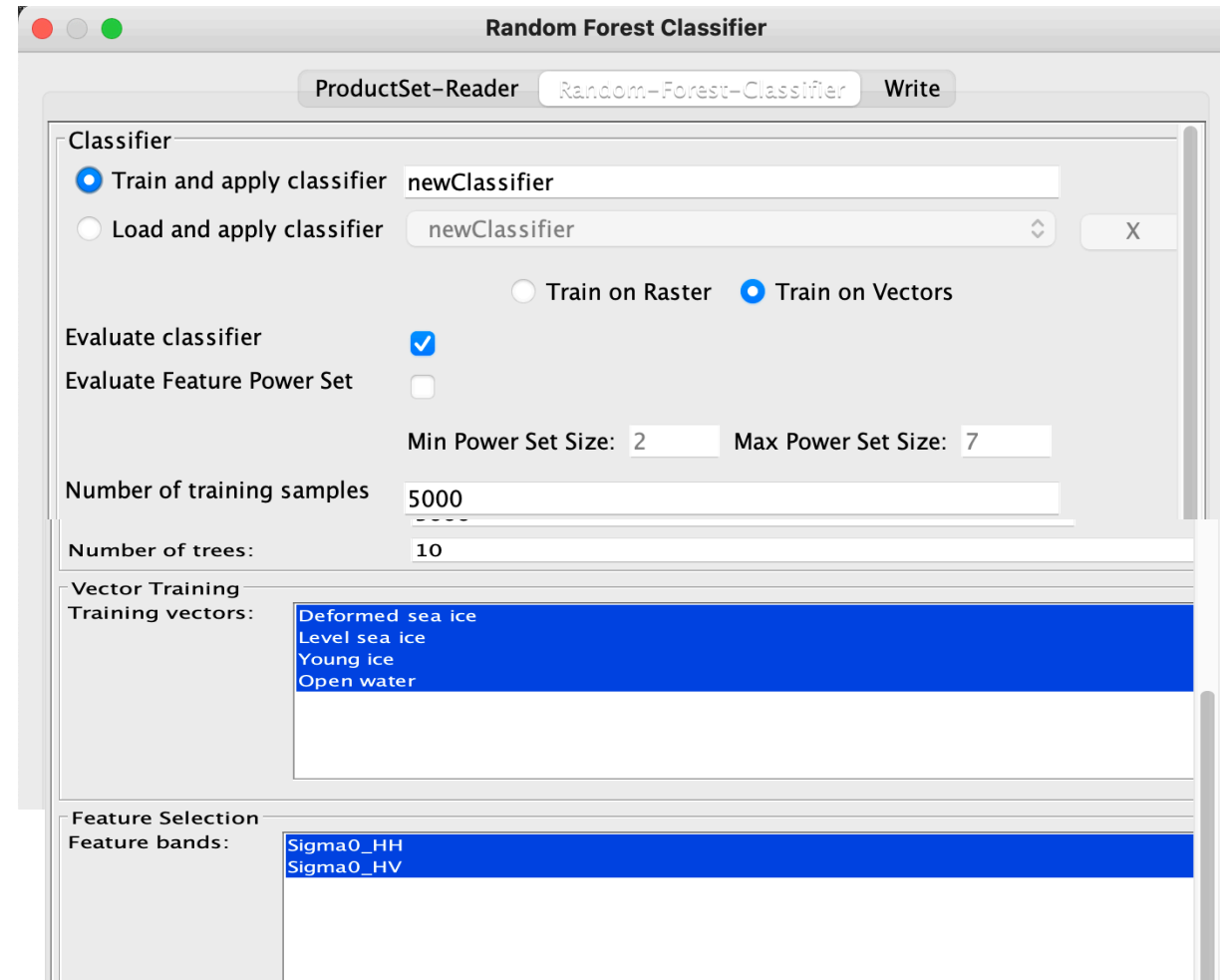


Realice la Clasificación Random Forest

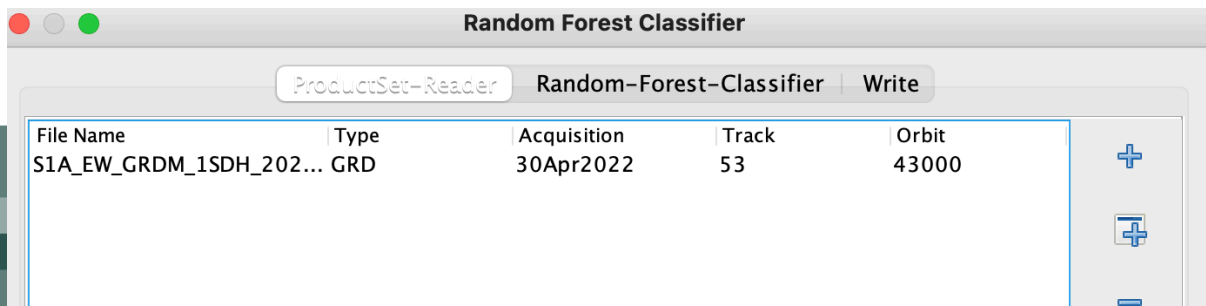
- Configure el random forest.



- Seleccione las clases que desea incluir.








- Busque la carpeta/imagen con sus datos de entrenamiento.



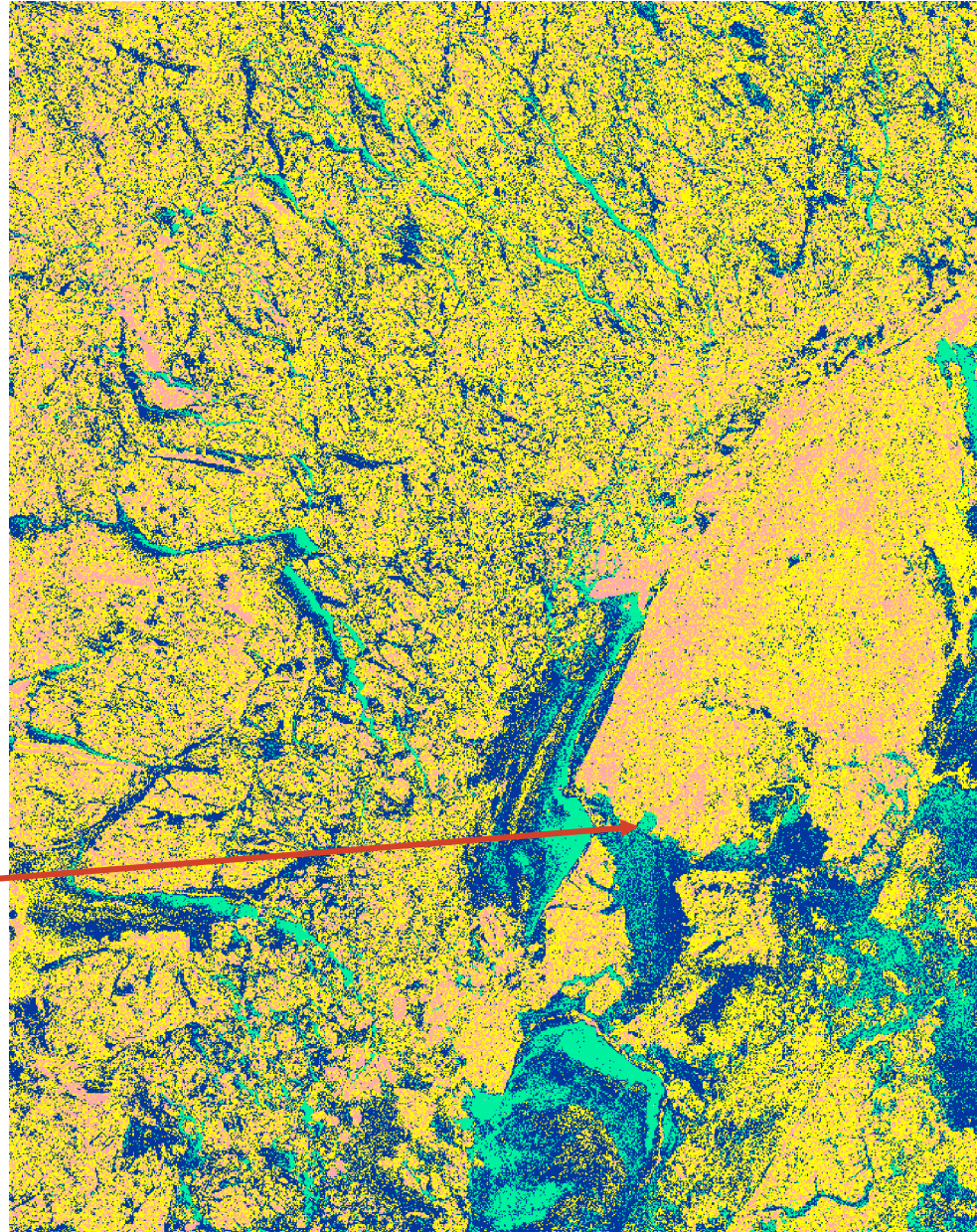
Realice la Clasificación con Random Forest

- Para la imagen y las clases que yo seleccioné, mis resultados me salieron así:

Label	Colour	Value
no data		-1
Deformed...		0
Level sea i...		1
Young ice		2
Open water		3



Picture courtesy: Morten Einarve (Maritime Robotics)



Agradecimientos

Muchas gracias a:

Wolfgang Dierking, Johannes Lohse, Catherine Taelman, Denis Demchev, Truls Karlsen y Torbjørn Eltoft por las diapositivas, aportes y comentarios útiles.

Janine Osanen por la imagen de estratigrafía del hielo marino.

Todos los que han solicitado datos satelitales para que se superpongan con los datos in situ de innumerables campañas de hielo marino. Sin ustedes, las superposiciones temporales y espaciales no habrían ocurrido.

Todos aquellos que han participado en el trabajo de campo recogiendo datos in situ.



Datos de Contacto

Instructores:

- Malin Johansson
 - Malin.Johansson@uit.no

- [Página Web de ARSET](#)
- ¡Síguenos en Twitter!
 - [@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)
- [ARSET en YouTube](#)

Visite Nuestros Programas Hermanos:

 [DEVELOP](#)

 [SERVIR](#)



Recursos

Para conocer las últimas noticias sobre el hielo marino del Ártico y la Antártida:

- <https://nsidc.org/arcticseaicenews/>
- https://nsidc.org/data/seaice_index/
- <https://nsidc.org/arcticseaicenews/charctic-interactive-sea-ice-graph/>
- <https://earth.gsfc.nasa.gov/cryo/data/current-state-sea-ice-cover>

Nomenclatura del hielo marino de la OMM:

- https://library.wmo.int/viewer/41953?medianame=259-2015_multilingual_#page=1&viewer=picture&o=&n=0&q=
- Conjunto de Datos Extreme Earth: <https://earthanalytics.eu/datasets.html>, <https://zenodo.org/record/4683174#.YLTRA5MzZdA>
- Más información sobre nuestro crucero: <https://zenodo.org/record/7314066#.Y3I418fMJPZ>



Referencias

- Cox, G., & Weeks, W. (1974). Salinity Variations in Sea Ice. *Journal of Glaciology*, 13(67), 109-120. doi:10.3189/S0022143000023418
- D. Demchev, L. E. B. Eriksson, A. Hildeman and W. Dierking, "Alignment of Multifrequency SAR Images Acquired Over Sea Ice Using Drift Compensation," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 16, pp. 7393-7402, 2023, doi: 10.1109/JSTARS.2023.3302576.
- Johansson, M., Singha, S., Spreen, G., Howell, S., Sobue, S., and Davidson, M., 2021, High spatial and temporal resolution L- and C-band Synthetic Aperture Radar data analysis from the yearlong MOSAiC expedition, EGU 2021, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-2892>.
- Johansson, A.M., King, J.A., Doulgeris, A.P., Gerland, S., Singha, S., Spreen, G., Busche, T., 2017. Combined observations of Arctic sea ice with near-coincident co-located X- band, C-band, and L-band SAR satellite remote sensing and helicopter-borne measurements. *J. Geophys. Res. Oceans* 122, 669–691. <http://dx.doi.org/10.1002/2016JC012273>.
- Lohse, J., Doulgeris, A., & Dierking, W. (2020). Mapping sea-ice types from Sentinel-1 considering the surface-type dependent effect of incidence angle. *Annals of Glaciology*, 61(83), 260-270. [doi:10.1017/aog.2020.45](https://doi.org/10.1017/aog.2020.45)
- Lohse, J.; Doulgeris, A.P.; Dierking, W. Incident Angle Dependence of Sentinel-1 Texture Features for Sea Ice Classification. *Remote Sens.* 2021, 13, 552. <https://doi.org/10.3390/rs13040552>
- Lohse et al, 2023, Towards combining C-and L-band SAR imagery for operational sea ice type classification, ESA Living Planet
- Mahmud, Mallik S., Geldsetzer, T., Howell, S.E.L., Yackel, J.J., Nandan, V., Scharien, R. K., 2018. Incidence angle dependence of HH-polarized C- and L-band wintertime backscatter over arctic sea ice. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 1–13. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2841343>
- Onstott, R.G., 1992. SAR and scatterometer signatures of sea ice. In: Carsey, F. (Ed.), *Microwave Remote Sensing of Sea Ice*. American Geophysical Union, pp. 73–104. *Geophysica*.
- S. Singha, M. Johansson, G. Spreen, S. Howell, S. -i. Sobue and M. Davidson, (2021), Year-Around C- and L- Band Observation Around the Mosaic Ice Floe with High Spatial and Temporal Resolution, 2021 IEEE IGARSS, pp. 5509-5512, doi: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553062.
- Swirad Z., Moskalik M., Herman A., Johansson, A.M., Rees, G., 2023, Sea ice, wind waves and coastal erosion in Hornsund, Svalbard, EGU, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-13052>
- Taelman, C., Lohse, J., Doulgeris, A.P., Johansson, M. (2023). From winter to melt season: C-band radar backscatter evolution of fast-drifting sea ice floes. Poster presentation at IGS 2023. 10.13140/RG.2.2.11564.44164
- Ulaby, F.T., Moore, R.K. and Fung, A.K. (1982) *Radar Remote Sensing and Surface Scattering and Emission Theory*. Microwave Remote Sensing Active and Passive





¡Gracias!

