

Yerbin Marin C04513

Informe 4: Imágenes SAR para Inundaciones e Incendios

Curso: Teledetección y Fotogrametría

La página web presenta un resumen del informe, pero el documento completo y detallado está disponible en formato PDF dentro del repositorio o en este mismo PDF lo puede revisar todo:

Enlace del repositorio:

<https://github.com/yerbinmarin/TELE.git>

Enlace de la página:

<https://yerbinmarin.github.io/TELE/>

Introducción

El uso de imágenes satelitales en teledetección ha revolucionado nuestra capacidad para monitorear, analizar y gestionar eventos naturales y procesos terrestres. Entre las tecnologías más avanzadas, las imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) destacan por su capacidad para adquirir datos en condiciones climáticas adversas y de poca iluminación, gracias al uso de microondas. Estas características han ampliado su aplicación en diversos campos, como la gestión de desastres naturales, monitoreo ambiental y análisis urbano.

Las imágenes SAR

La invención del radar, o detección y medición por radio (Radio Detection and Ranging), tiene su origen a fines del siglo XIX y se atribuye a los inventores Christian Huelsmeyer y Robert Watson-Watt. A lo largo de los años, el radar ha evolucionado rápidamente y ha sido utilizado para la observación de la Tierra, destacándose por la capacidad de obtener imágenes bajo condiciones meteorológicas adversas, lo que lo hace útil para la cartografía en zonas nubladas, lluviosas o en la oscuridad (Aukema & Wilson, 2019).

El radar tiene la ventaja de ser capaz de capturar imágenes independientemente de las condiciones meteorológicas, como lluvias o nubes, a diferencia de otras tecnologías de imágenes satelitales, como las ópticas, que dependen de la visibilidad del sol.

En 1952, Carl Wiley hizo un descubrimiento fundamental que permitió mejorar la resolución azimutal de los sistemas SLAR. Su observación, conocida como "agotamiento del haz Doppler", permitió obtener una resolución mucho más alta en la dirección azimutal mediante el análisis de la frecuencia de los ecos reflejados. Este principio de "síntesis de apertura" es la base de todos los sistemas modernos de radar de alta resolución (Aukema & Wilson, 2019).

En términos simples, el descubrimiento de Carl Wiley sobre el "agotamiento del haz Doppler" se puede comparar con la mejora de una cámara que no solo puede capturar una imagen más clara, sino que también puede hacerlo con una mayor cantidad de detalles a medida que te acercas a un objeto en movimiento.

Por ejemplo, alguien está observando un coche en movimiento desde lejos y la imagen se ve borrosa. Si utilizara una cámara que puede captar más detalles del movimiento (como si tuviera un "zoom" más potente), sería capaz de ver detalles del coche sin importar la velocidad a la que se mueva.

Este es el tipo de mejora que Wiley permitió al hacer que los radares pudieran captar más detalles en la dirección del movimiento, lo que resultó en una resolución mucho más alta en los sistemas de radar. Es como si con esta mejora se lograra una cámara que puede enfocarse en pequeños detalles, incluso cuando hay movimiento rápido.

En los radares de visualización lateral (SLAR), la resolución en la dirección azimutal depende de la longitud de la antena y de la distancia entre el sensor y la superficie. En los radares espaciales, la resolución azimutal se degrada con la distancia, lo que hace que los sistemas SLAR sean menos prácticos para plataformas espaciales. La solución a este problema se encontró en el principio de apertura sintética,

que permite simular una antena mucho más larga y, por lo tanto, obtener imágenes de alta resolución incluso desde el espacio (Aukema & Wilson, 2019).

El principio de apertura sintética revolucionó la teledetección al permitir obtener imágenes de alta resolución desde el espacio sin la necesidad de antenas gigantescas gracias a simular una antena más larga lo que permite obtener imágenes mucho más detalladas y precisas, haciendo posibles aplicaciones como el monitoreo de la Tierra desde el espacio.

La potencia de la señal no se pierde directamente al utilizar SAR, pero puede haber algunas pérdidas pequeñas de eficiencia en la fase de recepción, ya que la señal recibida no proviene de una antena tan grande como la que simula el SAR. Lo que sí se optimiza es la resolución espacial y la capacidad de cobertura sin necesidad de antenas grandes, lo que hace que la tecnología sea muy efectiva para satélites y plataformas espaciales.

Entre las técnicas de teledetección, los sensores de radar de apertura sintética (SAR) de longitudes de onda largas ofrecen la ventaja de una fuerte sensibilidad a la biomasa aérea (AGB, por sus siglas en inglés) de los bosques, y la capacidad de cuantificar y monitorear las reservas de carbono a las escalas en las que ocurren las actividades humanas. Los métodos SAR son particularmente útiles para evaluar la biomasa forestal en bosques de baja densidad característicos de biomas boreales y sabanas tropicales

Los sensores SAR son efectivos para medir la biomasa aérea y las reservas de carbono, especialmente en bosques de baja densidad como los de biomas boreales y sabanas tropicales.

Entre las técnicas de teledetección, los sensores de radar de apertura sintética (SAR) de longitudes de onda largas ofrecen la ventaja de una fuerte sensibilidad a la biomasa aérea (AGB, por sus siglas en inglés) de los bosques, y la capacidad de cuantificar y monitorear las reservas de carbono a las escalas en las que ocurren las actividades humanas. Los métodos SAR son particularmente útiles para evaluar la biomasa forestal en bosques de baja densidad característicos de biomas boreales y sabanas tropicales. (Aukema & Wilson, 2019).

Costa Rica podría aprovechar las tecnologías de radar de apertura sintética (SAR) para cuantificar y monitorear su biomasa forestal, lo que fortalecería su posición como líder en sostenibilidad y gestión ambiental en la región centroamericana. Al utilizar sensores avanzados como Sentinel-1 y el futuro NISAR, el país podría implementar un sistema nacional de monitoreo de carbono altamente preciso. Esto permitiría medir la biomasa aérea en los diversos ecosistemas, desde los bosques tropicales hasta las zonas de sabana y manglares.

Esta estrategia beneficiaría económicamente al país de varias maneras. En primer lugar, los datos generados podrían servir como base para acceder a programas internacionales de financiamiento climático, como el mecanismo REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques). Al demostrar con datos confiables la captura de carbono en sus bosques, Costa Rica podría recibir incentivos financieros significativos para la conservación y restauración forestal.

Además, un sistema robusto de monitoreo de biomasa podría abrir oportunidades para el desarrollo de mercados de carbono, donde empresas nacionales e internacionales **comprende créditos** por la captura de emisiones.

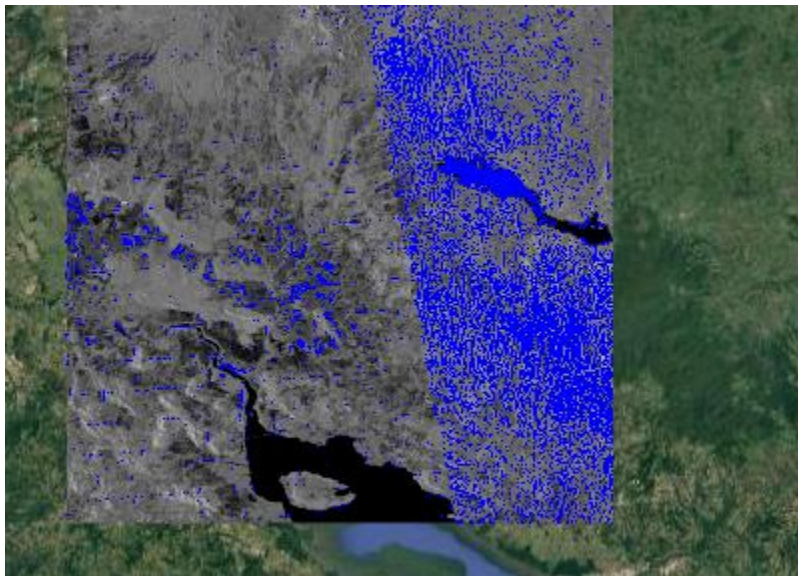
Áreas inundadas con SAR

El uso de datos de radar de apertura sintética (SAR) es una herramienta poderosa para detectar áreas inundadas, debido a su capacidad para capturar información en condiciones meteorológicas adversas

Las imágenes fueron adquiridas en un rango temporal muy cercano al evento de inundación. Esta elección de fechas permitió una **detección precisa de los cambios en la superficie** debido a las lluvias intensas, especialmente en la región de **Guanacaste**

Código: <https://code.earthengine.google.com/ac4991be5e5e7fb01edc9b65d4f81c35>

Las **áreas inundadas** fueron identificadas visualmente en las imágenes utilizando un umbral que permitió diferenciar las zonas con **cambios significativos en la reflectancia**. Las zonas que presentaron cambios más marcados fueron coloreadas de **azul**, lo que indica la presencia de agua en esas áreas.



El filtro de suavizado aplicado con un radio de 50 metros ayudó a reducir el ruido (speckle) en las imágenes SAR, lo que resultó en una mejor visualización de los cambios reales en la superficie.

En la imagen SAR antes de la inundación, se observan áreas de mayor reflectancia (zonas más claras, gris o blanco), lo que indica superficies secas y rugosas como suelos, vegetación o áreas no afectadas por agua. Estas superficies, debido a su rugosidad, reflejan más señales de radar hacia el satélite, lo que genera una alta retrodispersión.



En la imagen SAR después, las áreas más oscuras (más cercanas al negro) indican zonas donde la reflectancia es mucho menor, lo cual es característico de superficies cubiertas por agua. Esto se debe a que el agua refleja la señal del radar lejos del satélite, resultando en una baja retrodispersión.



Se eligió la polarización VH porque es muy efectiva para detectar presencia de agua en el suelo. La combinación de la polarización vertical y horizontal proporciona una alta sensibilidad a los cambios en la superficie de agua, que es la principal característica que permite identificar las áreas inundadas.

El umbral de detección de inundaciones se estableció en un valor de 1, lo cual permitió resaltar las áreas donde el cambio en la retrodispersión de las imágenes SAR fue lo suficientemente grande como para indicar la presencia de agua.

Proceso de detección de incendios

El procesamiento SAR se centró en detectar áreas quemadas utilizando la banda de polarización **VH** antes y después del incendio.

Las imágenes SAR muestran una **eficacia en la detección de áreas quemadas**, especialmente aquellas con cambios estructurales drásticos en la vegetación, como en zonas con severidad alta o moderada-alta.

Código: <https://code.earthengine.google.com/957fdf73b4fe8ba6ec5677815c42a61b>

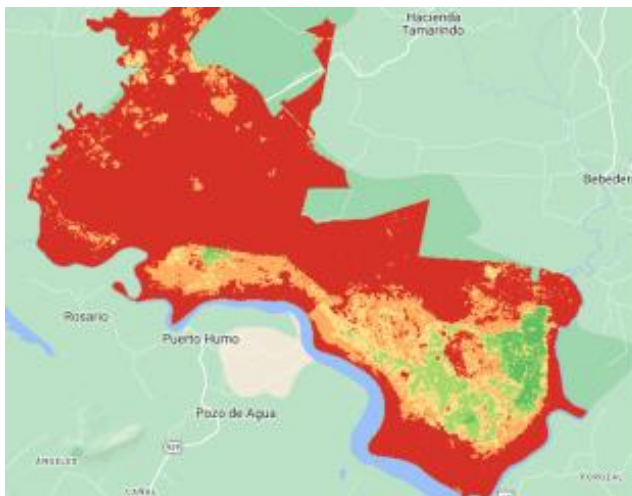
Después del incendio SAR:



Antes del incendio SAR:



Análisis comparativo: SAR (Sentinel-1) vs Sentinel-2



Sentinel-2 utilizó bandas espectrales como **B4 (rojo)**, **B8 (infrarrojo cercano)** y **B12 (infrarrojo de onda corta)** para calcular índices como el NBR y detectar severidad del daño en distintas categorías. Según Sentinel-2, un 7.42% del área total muestra severidad moderada-baja. Esto resalta su capacidad para detectar pequeños daños que podrían no ser perceptibles en sensores con menor resolución.

El procesamiento SAR se centró en detectar áreas quemadas utilizando la banda de polarización **VH** antes y después del incendio. En los resultados del SAR, las áreas de alta severidad son más destacadas debido a la sensibilidad del radar a cambios significativos en la estructura del terreno.

Conclusión

Ambos sensores tienen una resolución efectiva de 10 metros, pero Sentinel-2 proporciona información espectral detallada, mientras que SAR se basa en la retrodispersión, más adecuada para cambios estructurales. El análisis Sentinel-2 proporcionó una clasificación más detallada de las zonas quemadas por severidad, mientras que SAR identificó principalmente áreas de alto impacto.

Referencias

Aukema, J., & Wilson, S. (Eds.). (2019). *The SAR handbook: Comprehensive methodologies for forest monitoring and biomass estimation* (1st ed.). DOI: 10.25966/nr2c-s697.