



Applied Remote Sensing Training (ARSET) Program

Observaciones de Fluorescencia Inducida por el Sol (SIF) para
Evaluar Cambios en la Vegetación Relacionados con Inundaciones,
Sequías e Impactos de Incendios

Preguntas de la Tarea

Pregunta 1

La Fluorescencia Inducida por el Sol (SIF) es una señal emitida por la vegetación, que abarca longitudes de onda desde el rojo hasta el rojo lejano, emitida por moléculas de clorofila excitadas.

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. **Cierto**
- b. Falso

Comentario:

Correcto. Las plantas captan luz y dióxido de carbono para producir energía a través de la fotosíntesis, una reacción que ocurre en los cloroplastos de las células vegetales. Los dos principales centros de reacción en el cloroplasto se llaman Fotosistema I (PSI) y Fotosistema II (PSII). Es a través de un proceso llamado "extinción fotoquímica" en el PSII que la planta emite fotones de SIF, y esta fluorescencia presenta un pico en el extremo rojo del espectro visible.

Pregunta 2

¿Cuáles fueron algunas de las diferentes aplicaciones científicas del uso de SIF?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Anomalías climáticas
- b. Predicciones de rendimientos de cultivos
- c. Impactos de sequías
- d. Todo lo anterior**

Comentario:

Todos los ejemplos incluyen el estudio de los efectos sobre la vegetación. El calor excesivo y la falta de agua son factores clave que afectan la fotosíntesis de la vegetación y las señales de SIF. SIF es un indicador de la respuesta de las plantas a diversas condiciones externas conocidas, como las olas de calor y las prácticas agrícolas.

Pregunta 3

¿Cuáles de las siguientes afirmaciones describen las ventajas de usar SIF para observar la salud de las plantas en comparación con otras mediciones?

- A. La SIF es una emisión directa con una relación con la fotosíntesis.
- B. Puede detectar cambios en el estrés de la vegetación antes de que aparezcan en los índices de reflectancia (por ejemplo, NDVI).
- C. Tiene baja sensibilidad a nubes densas.
- D. Está correlacionada con la fijación de carbono y no solo con el verdor de la vegetación.

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. A únicamente
- b. A, B y C
- c. A, B y D**
- d. A, B, C y D

Comentario:

Aunque SIF puede utilizarse para detectar la salud de la vegetación con una histéresis menor que la de los índices de reflectancia, aún se ve afectado por nubes ópticamente densas cuando se observa desde el espacio. La bandera de calidad que utilizamos en los ejercicios nos ayuda a filtrar los puntos de datos con alta nubosidad.

Pregunta 4

Las mediciones de SIF desde el espacio están disponibles únicamente de la NASA.

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Cierto
- b. Falso**

Comentario:

Esta aseveración es falsa. La NASA (OCO-2, OCO-3), la Agencia Espacial Europea/ESA (GOME, GOME-2, SCIAMACHY, TROPOMI) y la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón/JAXA (GOSAT, GOSAT-2, GOSAT-GW) ofrecen datos de SIF desde el espacio para monitorear y estudiar la vegetación y su salud a nivel global. Las misiones planificadas de la ESA, incluyendo CO2M y FLEX, continuarán con esta importante medición.

Pregunta 5

En las lecciones, aprendimos sobre dos retos importantes al utilizar los datos de SIF de Nivel 2 de OCO-2 y OCO-3: las mediciones individuales pueden tener valores negativos (lo cual no es posible en un sentido físico) y las muestras cubren franjas estrechas del área en cada órbita. ¿Cuáles son algunas de las formas en que podemos mitigar estas limitaciones?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Relleno de lagunas con otros datos
- b. Creación de cuadrículas espaciales y promediado
- c. Recho de valores negativos
- d. a y b**
- e. a y c

Comentario:

Los datos de Nivel 3 con relleno de lagunas, como GOSIF, que utiliza la reflectancia de MODIS para estimar SIF basándose en relaciones entrenadas con datos de OCO-2, pueden ayudar a cubrir las lagunas de los datos de Nivel 2. En periodos de tiempo más largos o al trabajar con datos SAM, es útil crear rásters cuadriculados o promedios espacio-temporales para reducir el ruido. Los valores negativos de SIF aún se consideran válidos, especialmente para analizar la variabilidad espacial y temporal, y surgen principalmente debido al ruido en la recuperación de los datos.

Pregunta 6

¿Cuál de las siguientes es una ventaja de utilizar observaciones en modo Snapshot Area Map (SAM), como las que se utilizaron en el segundo Jupyter Notebook, `2_oco3_sam.ipynb`, en comparación con otros tipos de mediciones de SIF de OCO-3?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Los datos de SAM son más precisos que otros datos de OCO-3, ya que todos se toman en un corto intervalo de tiempo.
- b. Las observaciones SAM permiten construir un registro de una pequeña región mediante sobrevuelos repetidos, lo que facilita la comparación con mediciones en el suelo.**
- c. Los datos SAM son espacialmente continuos, por lo que se pueden utilizar en lugar de productos con brechas rellenadas.
- d. Todo lo anterior

Comentario:

Las observaciones con SAM suelen realizarse a menudo en regiones cuidadosamente seleccionadas que se alinean con estaciones en tierra para permitir la validación y un análisis detallado de la vegetación en biomas específicos. Los puntos de datos individuales de SAM tienen la misma incertidumbre o incluso mayor que otros datos de OCO-3. Aunque los datos de SAM tienen mayor cobertura espacial que otros datos de OCO-3, no cumplen el mismo propósito que los datos con brechas rellenadas.

Pregunta 7

Se sabe que SIF y la Productividad Primaria Bruta (GPP) están directamente correlacionadas entre sí, pero en nuestro ejercicio del cuaderno de Jupyter sobre los SAMs, `2_oco3_sam.ipynb`, vimos una buena correlación en el sitio de Michigan y una correlación baja en el sitio de Oregón? ¿Cuáles son algunos motivos de la baja correlación en el sitio de Oregón?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Cambios en el tipo de cobertura del suelo alrededor del sitio de la torre de flujo en Oregón durante el transcurso del período del estudio.
- b. Los datos son ruidosos y hace falta descartar más puntos erráticos.
- c. El sitio de la torre en Oregón experimentó un incendio forestal durante el período del estudio.
- d. Todo lo anterior
- e. a y c**

Comentario:

Aunque se pueden hacer optimizaciones rechazando los puntos SAM cuya cobertura del suelo no coincida con la vegetación alrededor de la torre, la principal causa de la baja correlación SIF-GPP en el sitio de Oregón es que hubo un incendio forestal en esa región en 2020 y la tala de árboles posterior alrededor de la torre. Debido a que promediamos espacialmente los puntos SAM para reducir su incertidumbre, existe un desajuste de escala entre las observaciones SAM agregadas y la pequeña área de pastizal (1,5 mi x 0,5 mi o 2,5 km x 0,85 km) alrededor de la torre de Oregón.

Pregunta 8

Los productos de SIF completados por interpolación, como GOSIF, son una forma de inteligencia artificial generativa (genAI) que sintetiza valores a partir de modelos base de teledetección.

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Cierto
- b. Falso**

Comentario:

Esta afirmación es falsa. GOSIF y prácticamente todas las demás técnicas de rellenar brechas con datos SIF de teledetección utilizan metodologías basadas en aprendizaje automático (ML) tradicional que producen estimaciones desarrollando correlaciones entre variables predictoras cuidadosamente seleccionadas. A diferencia de los modelos generativos de aprendizaje profundo, estos modelos tienen resultados explicables; es decir, la influencia de cada predictor puede cuantificarse en la estimación final.

Question 9

En el tercer ejercicio de código sobre GOSIF, analizamos las inundaciones de 2019 en el Medio Oeste de EE.UU. y cómo impactaron el cinturón del maíz en esa región. Una de las conclusiones que obtuvimos fue que SIF fue en general más baja en 2019 (el año de la inundación) en comparación con 2018, nuestro año de control. Revisen el gráfico de series temporales que hicimos al final del cuaderno.

¿Por qué vimos un pico tardío en SIF en la temporada de 2019 cuando SIF ya estaba disminuyendo durante el mismo período en 2018?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. **La siembra se atrasó en la temporada 2019, ocasionando una cosecha más tardía como resultado.**
- b. Las olas de calor en la última parte de la temporada de 2018 causaron que los cultivos se secaran demasiado pronto.
- c. Más agua en el suelo debido a la inundación permitió que el maíz y la soja "alcanzaran su etapa de crecimiento" más tarde en la temporada.
- d. Ninguno de estos

Comentario:

A veces, el comportamiento de SIF que observamos puede explicarse con contexto adicional sobre el comportamiento humano o el entorno. En este estudio de caso, el artículo de Yin et al. que discutimos mencionó que la siembra se retrasó hasta 4 semanas en 2019 debido a que los campos estaban inundados. Aunque la misión GRACE-FO observó un mayor almacenamiento de agua terrestre (TWS) en 2019, esto resultó en una mayor actividad SIF-GPP principalmente en áreas boscosas en lugar de en tierras de cultivo.

Pregunta 10

Repasen el código en el cuaderno de Jupyter del ejercicio 1, `01_exploration.ipynb`. ¿Qué formato usa la NASA para almacenar datos de OCO-2 y OCO-3 y qué módulos de Python podemos utilizar para abrirlos?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Formato HDF4 y el módulo `pyhdf`
- b. **Formato NetCDF y el módulo `netcdf4` o `xarray`**
- c. Formato GeoTIFF y las "bindings" (ataduras) `gdal` Python
- d. Formato Zarr y el módulo `zarr-python`

Comentario:

GES DISC archiva gránulos de OCO-2 y OCO-3 en formato `netcdf`, que se pueden abrir y manipular mediante el módulo `netcdf4` o un `XArray`. El servidor independiente de Protocolo de Acceso a Datos (DAP) permite el acceso remoto a los datos sin necesidad de descargar archivos completos. Esto puede implementarse en Python con el módulo `pydap`.

Pregunta 11

¿Cuál de los siguientes es una razón para utilizar un producto completo (como GOSIF) para estudiar cambios en la vegetación a diferencia de un ráster cuadrículado de datos de instrumentos (como lo que hicimos en la Parte 1)?

Respuestas: (la correcta en negrita)

- a. Los productos completos tienen incertidumbre reducida a comparación con rásteres cuadrículados.
- b. Los productos completos toman en cuenta el tipo de bioma y por lo tanto el comportamiento de la SIF a nivel de ecosistema es más fácil de observar en los datos a comparación con los datos de instrumentos.
- c. Los productos completos tienen mayor disponibilidad a lo largo del tiempo y el espacio que los datos de instrumentos, lo que permite estudiar regiones y eventos que posiblemente no fueron cubiertos por el instrumento original.**
- d. Los productos completos ocupan menos memoria que los rásteres cuadrículados.

Comentario:

La principal razón para utilizar productos completos como GOSIF se debe a su alta cobertura espaciotemporal. Al predecir SIF a partir de los datos predictores de MODIS, GOSIF proporciona estimaciones globales de 5 km/píxel de SIF a lo largo del registro de datos de las misiones Terra y Aqua, la primera de las cuales se lanzó en 1999. En comparación, los datos de OCO-2 utilizados para entrenar el modelo GOSIF tienen brechas espaciales debido a la estrecha anchura de la franja del instrumento, y los datos comienzan en 2014. Si bien la creación de un ráster cuadrículado puede mitigar los huecos espaciales, una mejor cobertura solo se puede lograr promediando en una ventana temporal más amplia.

Actividades prácticas opcionales entre las partes

PART 1

Instructions for Participants with links to resources needed:

Ahora que han aprendido a crear y graficar rásteres en cuadrícula a partir de los datos de SIF de OCO-2 y OCO-3, intenten crear datos para comparar los valores obtenidos de los dos instrumentos durante el año 2021. Usando el código de descarga y creación de cuadrículas del cuaderno, creen un conjunto de rásteres en cuadrícula a partir de los datos de OCO-2 para al menos 3 meses diferentes de 2021, y luego hagan lo mismo para OCO-3. Estos rásteres pueden tener alcance global o pueden ser recortados para cubrir una región de interés. A continuación, promedien los valores de

SIF de cada ráster y creen un gráfico de series temporales con una línea que represente el promedio mensual de SIF de OCO-2 y otra línea que represente el promedio mensual de SIF de OCO-3. Tomen una captura de pantalla del gráfico de series temporales cuando terminen. ¿Qué tan bien concuerdan las mediciones de ambos instrumentos? ¿Hay diferencias notables?

PART 2

Instructions for Participants with links to resources needed:

Los dos sitios que discutimos en el cuaderno Jupyter, US-UMB y US-Me2, representan dos tipos diferentes de biomas forestales en Estados Unidos: bosque caducifolio de hojas anchas y bosque perenne de agujas, respectivamente. Para este ejercicio de tarea, exploraremos las características fenológicas de un bosque tropical utilizando la misma técnica de análisis que aprendimos en el cuaderno.

Primero, consulten la página de Ameriflux de la Estación Biológica La Selva en Costa Rica:

[<https://ameriflux.lbl.gov/sites/siteinfo/CR-Lse>] (<https://ameriflux.lbl.gov/sites/siteinfo/CR-Lse>). Pueden encontrar el sitio correspondiente SIF_High en la página de OCO-3 SAM buscando "sif_La_Selva_Costa_Rica" bajo el nombre del sitio:

<https://ocov3.jpl.nasa.gov/sams/index.php>.

Descarguen los datos de Ameriflux para este sitio y anoten las coordenadas de la torre. Ejecuten el cuaderno 4_appendix.ipynb con la información que recopilamos para crear los datos de SIF sobre el sitio de la torre a partir de las observaciones de OCO-3 cercanas a esta ubicación. Es posible que deseen filtrar los datos para incluir únicamente píxeles del bioma "bosque perenne de hojas anchas", que tienen un índice IGBP de 2. Además, dado que la reserva biológica se extiende principalmente al sur de la estación de investigación, podrían ajustar la agregación espacial en el cuaderno.

Una vez que hayan completado la preparación de los datos, ejecuten nuevamente las celdas del cuaderno con los nuevos datos. ¿Qué observan en relación al patrón fenológico de los datos para este bioma? ¿Qué tan bien se correlacionan SIF y GPP entre sí en este sitio?

PART 3

Instructions for Participants with links to resources needed:

En nuestro ejercicio usando GOSIF, estudiamos la región del Corn Belt en el medio oeste de EE. UU. Debido al clima, algunos cultivos como la caña de azúcar se producen principalmente fuera de EE. UU. En particular, la mayor parte de la caña de azúcar importada en EE. UU. proviene de Brasil y Paraguay.

Debido a su importancia estratégica y económica, el USDA mantiene reportes sobre los principales cultivos producidos en países extranjeros a través de su Foreign Agricultural Service (FAS). Pueden consultar el reporte sobre la producción de azúcar en Brasil aquí: [Sugar Annual Brasilia, Brazil](#). Presten especial atención a la nota sobre incendios forestales en las páginas 18-20. El informe indica que hubo una sequía significativa intensificada por el patrón climático de El Niño ese año y los incendios posteriores.

Hagan una comparación de los datos GOSIF de junio a diciembre de 2024 (el año de sequía/incendios) sobre el estado de São Paulo, en comparación con el mismo período en 2023 (nuestro año de control). Usen el mismo código de animación y series de tiempo del notebook, ajustando el rango de fechas de los archivos a descargar y los límites geográficos de los datos durante el paso de preparación de PNG según sea necesario.

¿Qué observan sobre el comportamiento de SIF en las áreas de cultivo del estado durante los incendios en comparación con un año normal?

Sugerencia: Usen los límites geográficos 19°S - 25°S, 55°W - 45°W. Hay un archivo geojson llamado "sao_paulo.geojson" en el directorio "notebooks/" que pueden usar en lugar del archivo "corn_belt.geojson" del ejercicio principal.