

Seguimiento de la Fenología de la Vegetación mediante la Teledetección

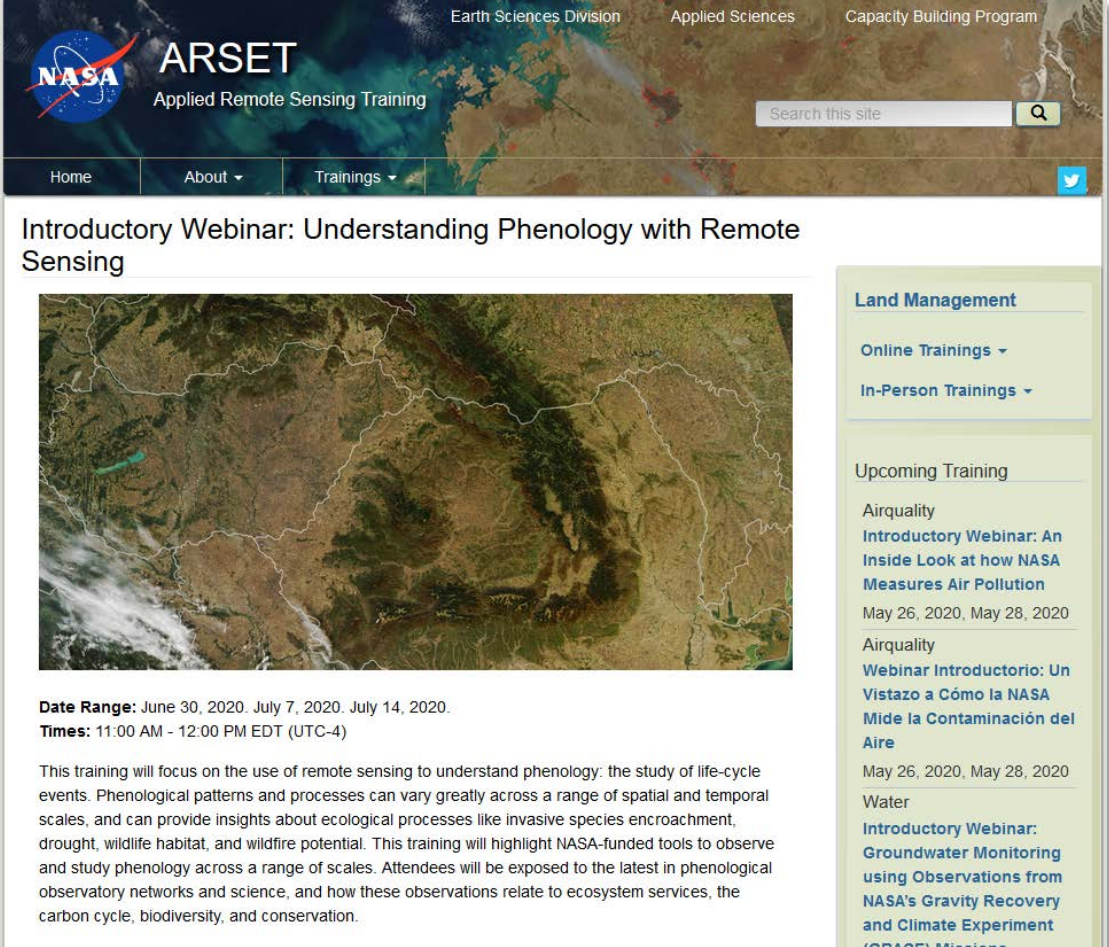
Amber McCullum y Juan Torres-Pérez

7 de julio de 2020



Estructura y Material del Curso

- Tres sesiones de una hora el **30 de junio, 7 de julio y 14 de julio**
- Las grabaciones, diapositivas y tareas asignadas se podrán encontrar después de cada sesión en la siguiente página:
 - <https://arset.gsfc.nasa.gov/land/webinars/phenology>
- Prerrequisitos:
 - [Fundamentos de la Teledetección](#)
- Preguntas y Respuestas: Después de cada presentación y/o por correo electrónico a:
 - amberjean.mccullum@nasa.gov
 - juan.l.torresperez@nasa.gov



The screenshot shows the ARSET (Applied Remote Sensing Training) website. The header includes the NASA logo, the text 'ARSET Applied Remote Sensing Training', and navigation links for 'Earth Sciences Division', 'Applied Sciences', and 'Capacity Building Program'. A search bar is present. The main content area features a satellite image of a landscape with a green arrow pointing to a specific area. Below the image, the text reads: 'Introductory Webinar: Understanding Phenology with Remote Sensing'. The 'Date Range' is listed as June 30, 2020, July 7, 2020, and July 14, 2020. The 'Times' are 11:00 AM - 12:00 PM EDT (UTC-4). A paragraph describes the training's focus on remote sensing for phenology. On the right side, there is a sidebar with sections for 'Land Management', 'Online Trainings', and 'In-Person Trainings'. Under 'Upcoming Training', two air quality webinars are listed: 'Introductory Webinar: An Inside Look at how NASA Measures Air Pollution' (May 26, 2020, May 28, 2020) and 'Webinar Introductorio: Un Vistazo a Cómo la NASA Mide la Contaminación del Aire' (May 26, 2020, May 28, 2020). A 'Water' section is also visible at the bottom of the sidebar.



Tarea y Certificados

- **Tarea:**
 - Habrá una tarea asignada
 - Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
- **Certificado de Terminación de Curso:**
 - Asista a las tres sesiones en vivo
 - Complete la tarea asignada hasta el día **jueves 28 de julio** (acceso desde la página web de ARSET)
 - Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Homework: Understanding Phenology with Remote Sensing

This homework includes questions from the lectures from all sessions of this webinar.

To receive a certificate of completion, you must have attended all live webinar parts and complete this homework by July 28, 2020. Once you submit the homework, you will receive an email with a copy of your responses.

Once you click submit, you may click "View Your Accuracy" to see how you did.

* Required

Email address *

Your email




Esquema del Curso



**1^{ra} Parte: Sinopsis
de la Fenología y la
Teledetección**



**2^{da} Parte: Escalas
de Fenología y
Redes Nacionales**



**3^{ra} Parte: Ejemplos
de Análisis
Multiescalares**

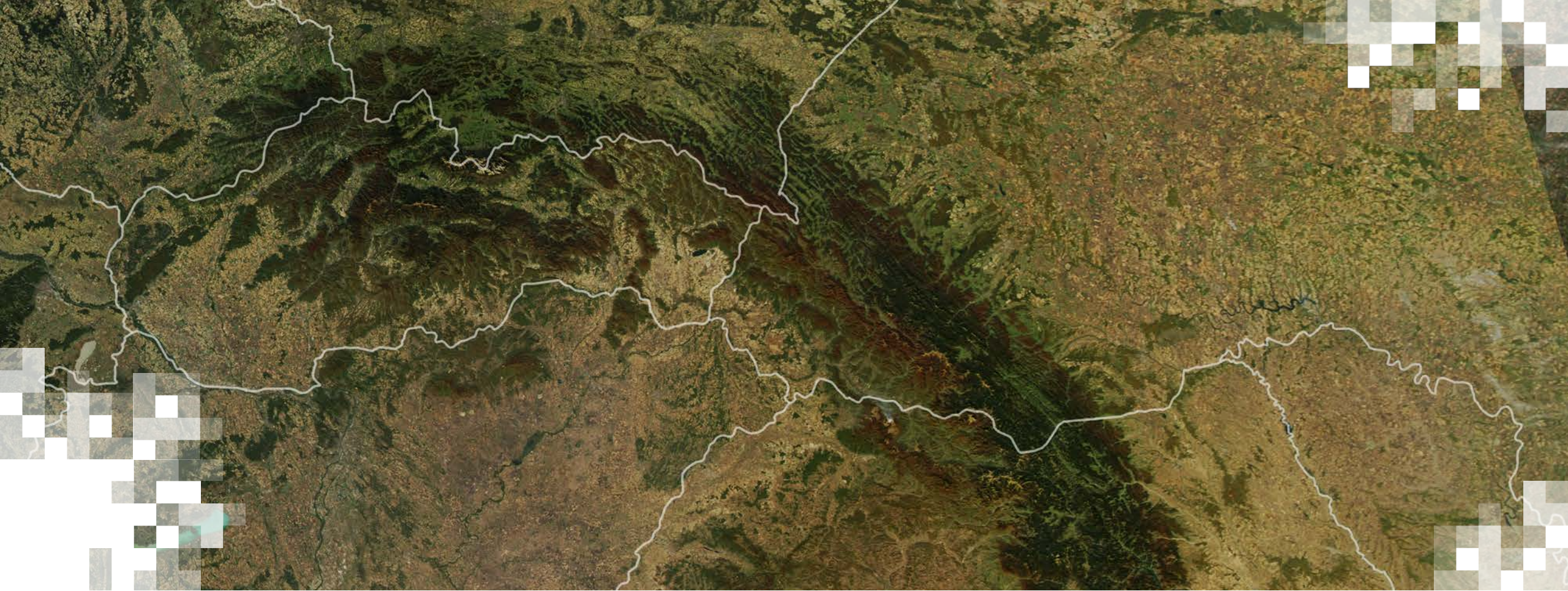


Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta presentación, usted podrá:

- Entender varias métricas y métodos de evaluar la fenología de la superficie terrestre (LSP por sus siglas en inglés)
- Identificar múltiples aplicaciones para la teledetección satelital y cerca de la superficie junto con redes de datos adquiridos en el suelo
 - Productos Nacionales del Inicio de la Primavera
 - Modelación de la Ola Verde (Green Wave)
 - PhenoCam y VIIRS
 - Urbanización y Fenología





Métricas para Evaluar la LSP

Métricas Fenológicas

- Variables clave estimadas mediante teledetección:

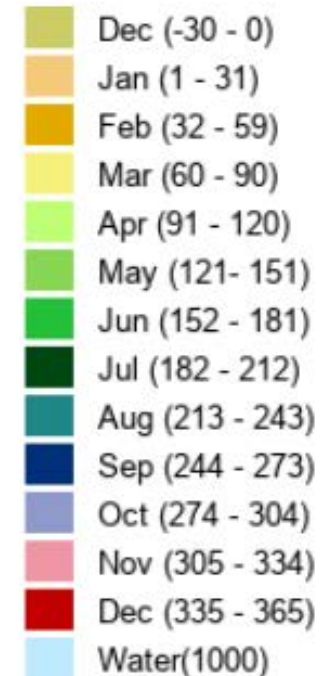
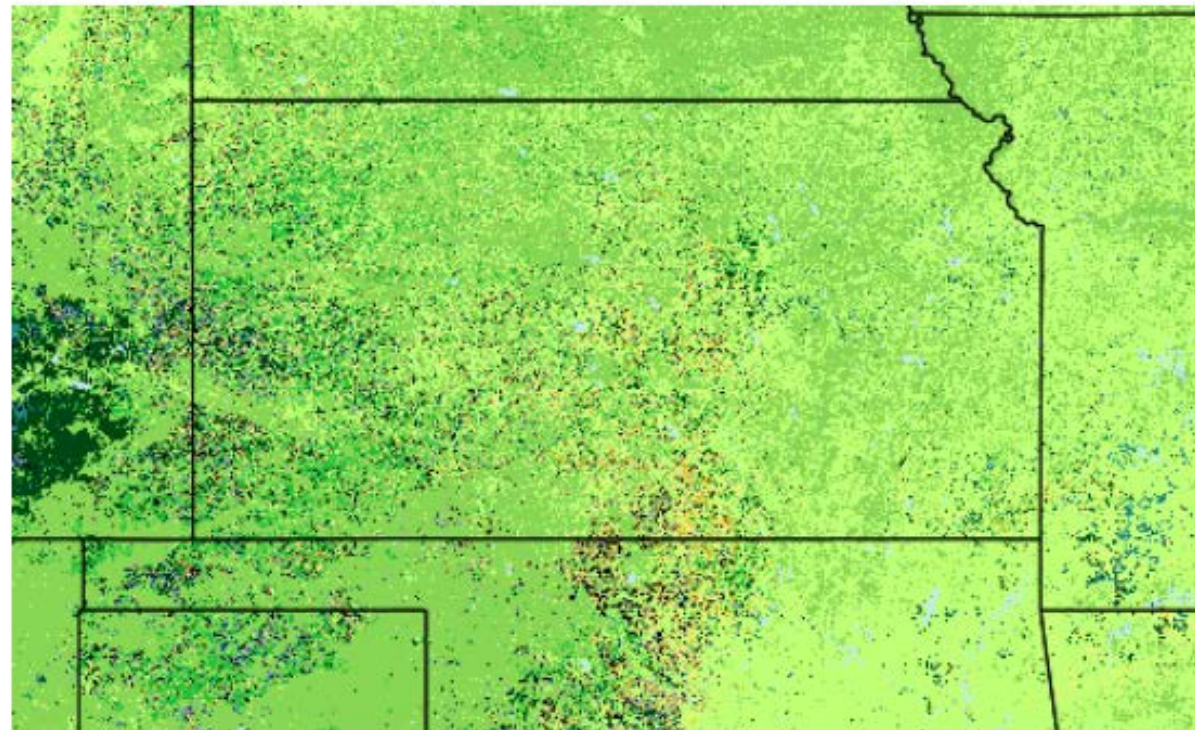
- Inicio de Temporada (SOS)

- Fin de Temporada (EOS) Inicio de Temporada (SOS) para Kansas, EE.UU. 2018

- NDVI Máximo

- Duración

- Amplitud

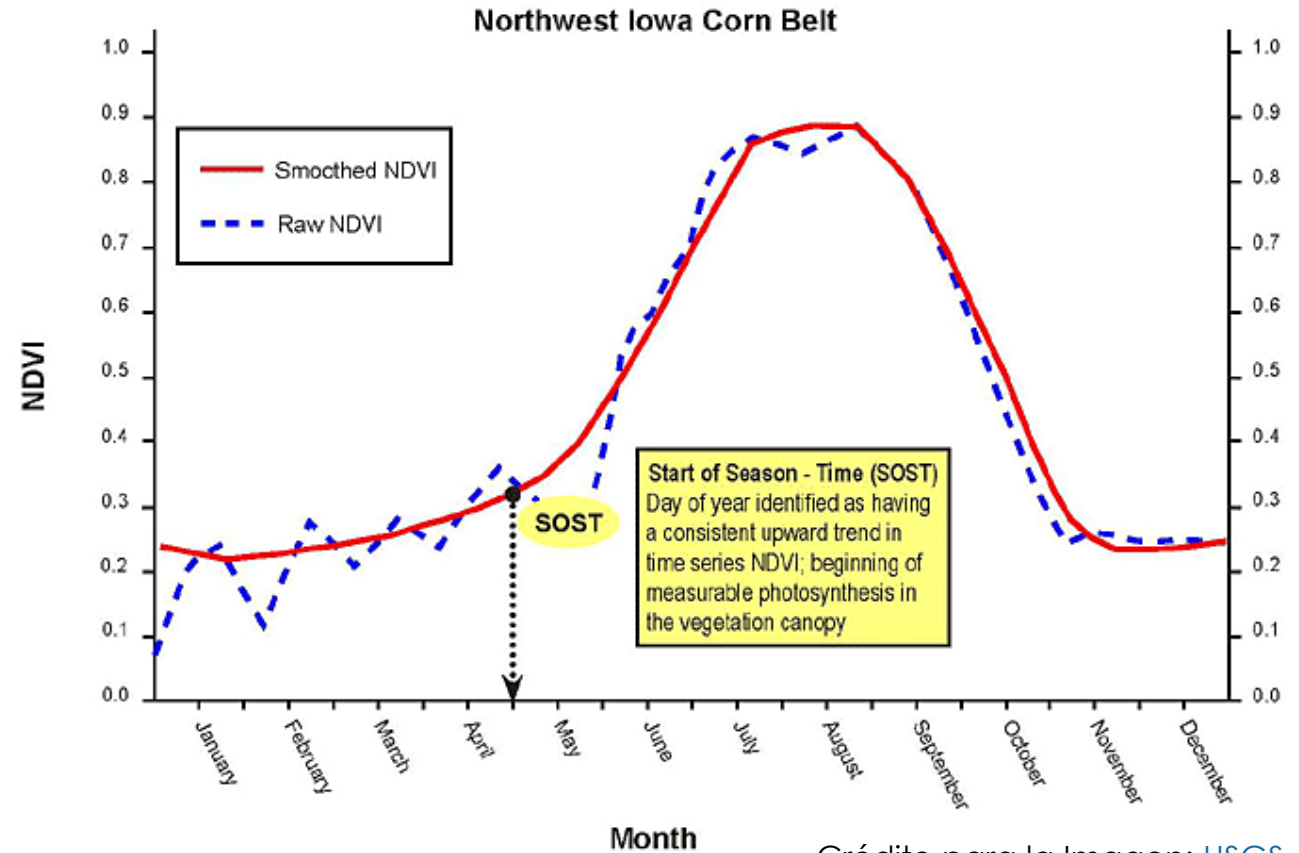


Crédito para la Imagen: [USGS](https://www.usgs.gov/)



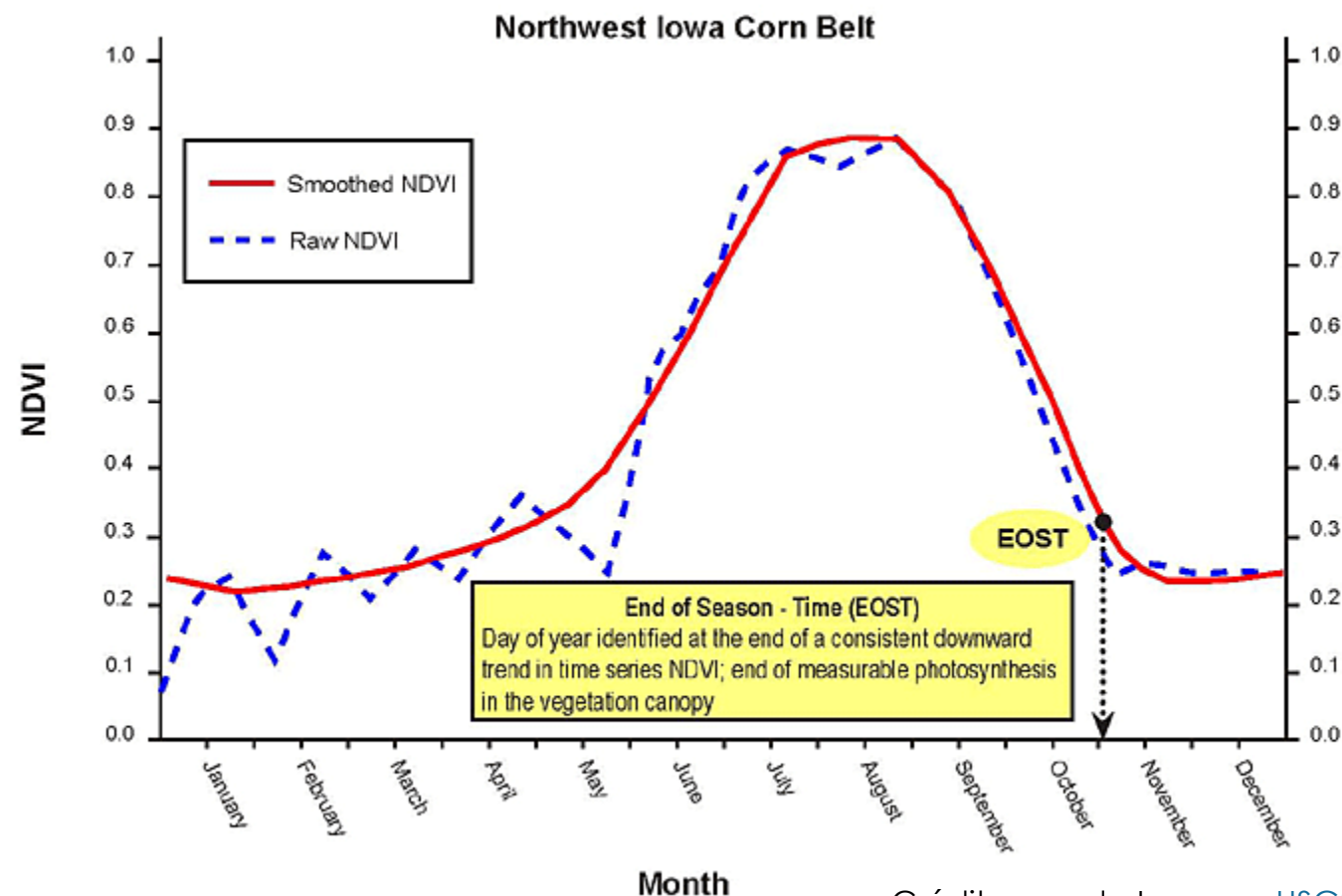
Inicio de Temporada

- **Tiempo de Inicio de Temporada (SOST)**
 - Día del año en el cual se identifica una tendencia ascendente consistente en el NDVI a base de series temporales
- **NDVI de Inicio de Temporada (SOSN)**
 - Valor (o base) del NDVI en el cual se identifica una tendencia ascendente consistente en el NDVI base de series temporales.



Fin de Temporada

- **Tiempo de Fin de Temporada (EOST)**
 - Día del año en el cual se identifica una tendencia descendente consistente en el NDVI a base de series temporales
- **NDVI de Fin de Temporada (SOSN)**
 - Valor del NDVI que corresponde con un día del año que marca el final de una tendencia descendente consistente en el NDVI a base de series temporales

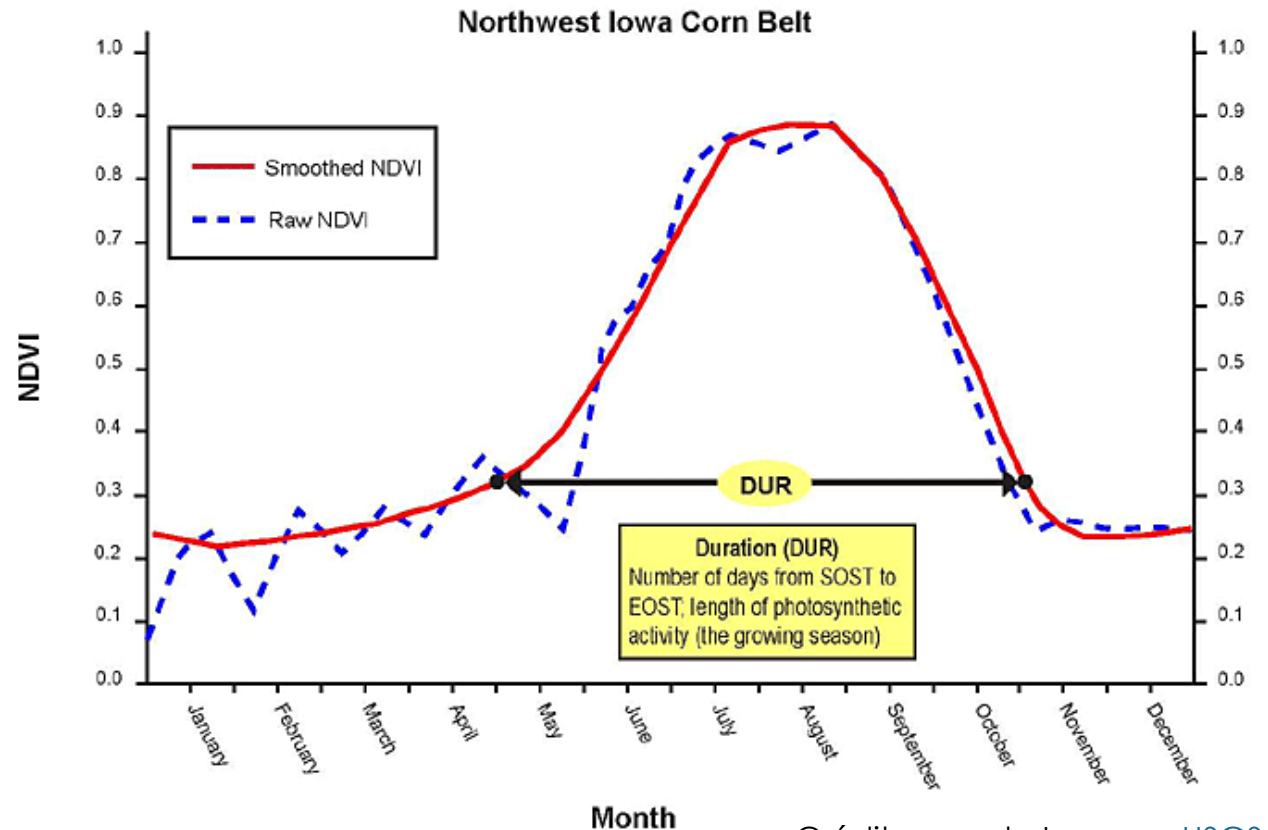


Crédito para la Imagen: [USGS](https://www.usgs.gov/)



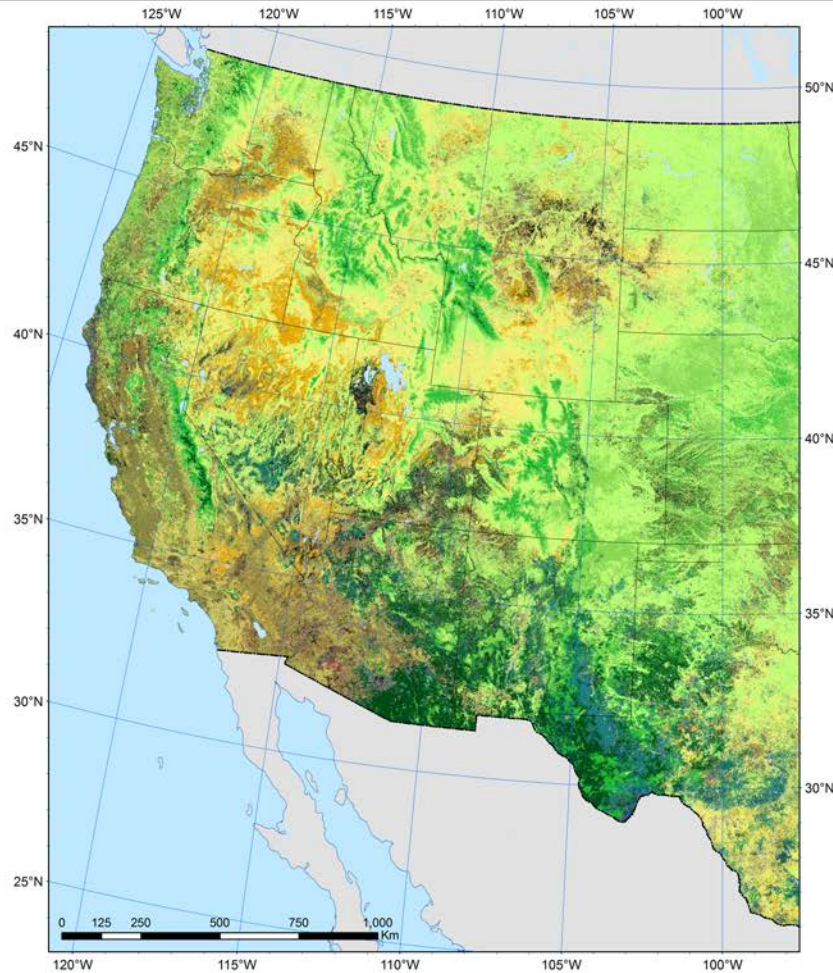
Máximo, Duración, Amplitud

- **NDVI Máximo (MAXN)**
 - NDVI Máximo en una serie temporal anual
- **Duración (DUR)**
 - Número de días del Tiempo de Inicio de Temporada (SOST) hasta el Tiempo de Fin de Temporada (EOST)
- **Amplitud (AMP)**
 - Diferencia entre el NDVI Máximo (MAXN) y el NDVI de Inicio de Temporada (SOSN)



Crédito para la Imagen: [USGS](https://www.usgs.gov/)





Phenology Metrics: Start of Season Time (SOST), 2017

The SOST estimates the day of the year at the beginning of a consistent upward trend in time series NDVI and is interpreted as the beginning of measurable photosynthesis in the vegetation canopy.

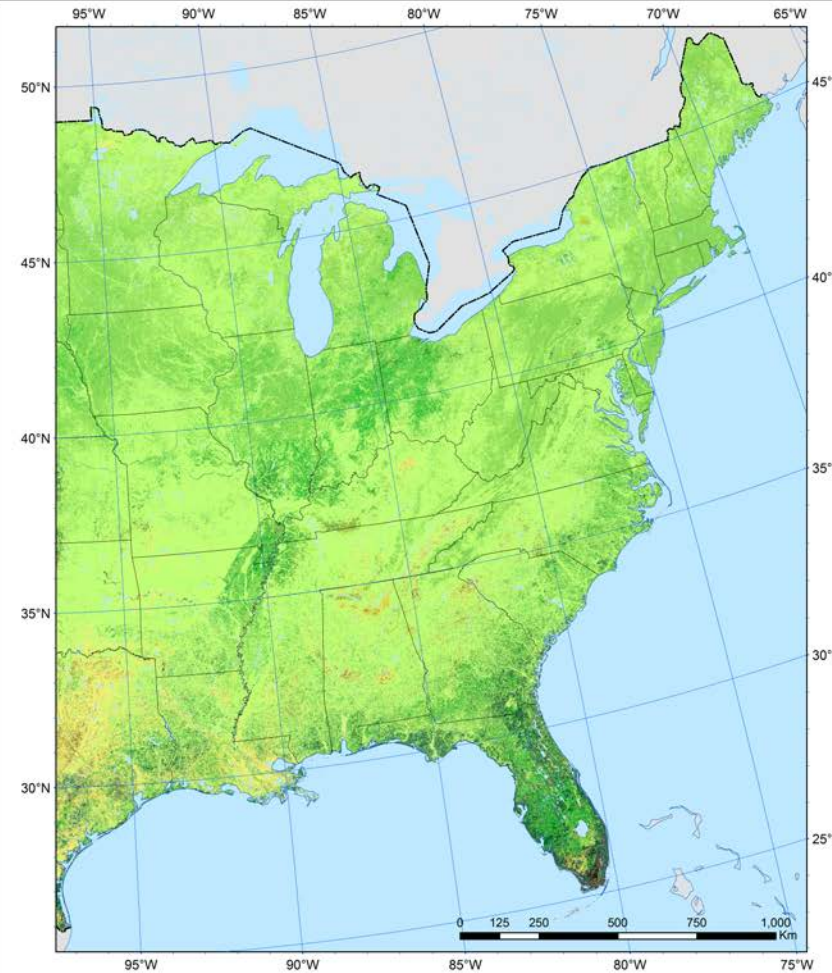
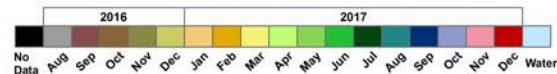
Remote Sensing Phenology
<https://phenology.cr.usgs.gov/>

Land Remote Sensing Program
<https://remotesensing.usgs.gov/>



Derived from 250m eMODIS NDVI
<https://dds.cr.usgs.gov/emodis/>

Legend - Start of Season - Month/Year



Phenology Metrics: Start of Season Time (SOST), 2017

The SOST estimates the day of the year at the beginning of a consistent upward trend in time series NDVI and is interpreted as the beginning of measurable photosynthesis in the vegetation canopy.

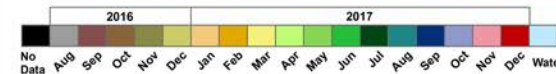
Remote Sensing Phenology
<https://phenology.cr.usgs.gov/>

Land Remote Sensing Program
<https://remotesensing.usgs.gov/>



Derived from 250m eMODIS NDVI
<https://dds.cr.usgs.gov/emodis/>

Legend - Start of Season - Month/Year



Visualizador de Fenología del USGS*

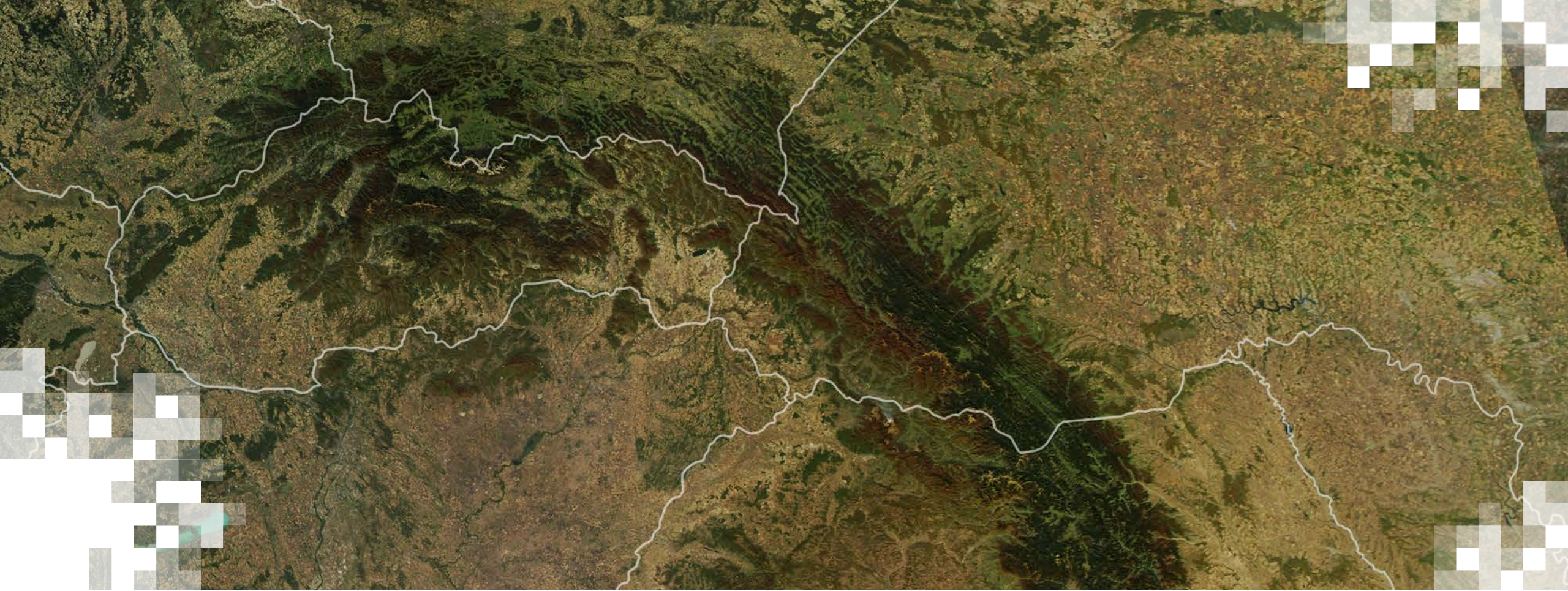
The screenshot displays the USGS Phenology Viewer interface. On the left, there is a sidebar with the USGS logo and the tagline "science for a changing world". Below the logo, there are tabs for "Contents" and "Legend". Under "Contents", there is a section for "Dataset (Double click to open)" listing AMP, DUR, EOSN, EOST, and MAXN. Below that is a "Layers" section with "Overlays" containing "SOST 2018" (checked) and "Reference Data" containing "U.S. County Boundaries". The main map area is titled "U.S. SOST 2018" and shows a map of the United States with a color-coded phenology overlay. The map includes various UI elements like a hand icon, zoom in/out buttons, and a vertical "Tools" bar on the right. The map shows a color gradient from green to yellow and orange, indicating different phenological stages across the country. Major cities like Los Angeles, Toronto, and New York are labeled. The map is credited to "© OpenStreetMap contributors."

<https://phenology.cr.usgs.gov/viewer/>

*USGS- Siglas en inglés del Servicio Geológico de EE.UU.

NASA's Applied Remote Sensing Training Program

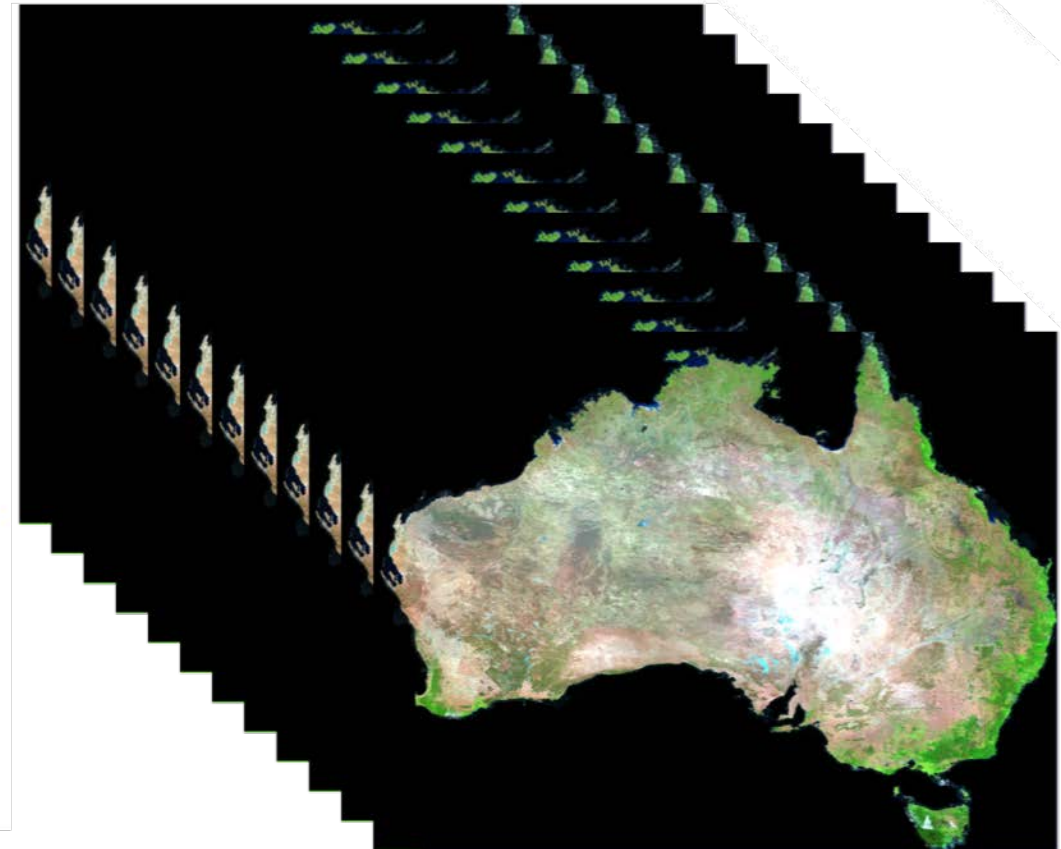




Métodos de Evaluación de la LSP

Métodos para Evaluar Métricas Estacionales

- Análisis de Series Temporales: Es algo crítico para la mayoría de las métricas de la fenología de la superficie terrestre y se utiliza para todos los siguientes métodos.
 - Valores Umbrales
 - Puntos de Inflexión
 - Tasas de Cambio
 - Promedio Móvil Ponderado

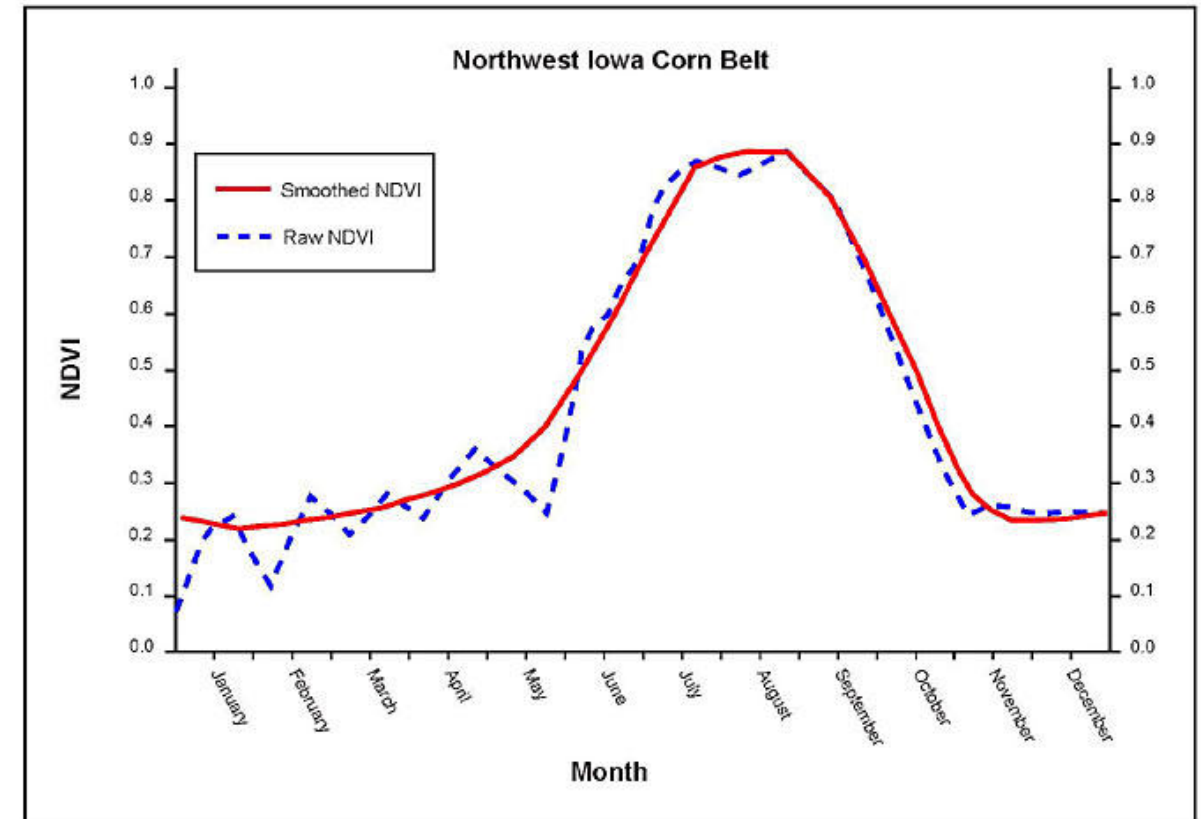


Imágenes LANDSAT de Australia apiladas. Crédito para la Imagen: [WELD](#)



Reducción de Ruido en Series Temporales

- La atmósfera de la tierra, los cambios en los patrones de iluminación y los ángulos de los satélites pueden introducir ruido.
- La mayoría de los ruidos reducen los valores del NDVI.
- MUCHAS técnicas para tratar el ruido:
 - Filtración
 - Composición (Compositing)
 - Suavizado (Smoothing)



Crédito para la Imagen: [USGS](https://www.usgs.gov/)



Valores Umbrales

- Valor Umbral: Cuándo alguna actividad de la vegetación va a comenzar, llegar a su pico, o acabar.
- Pueden ser predefinidos o relativos

Predefinidos:

- Un NDVI que se fija como umbral
 - Ejemplo: El umbral del NDVI se fija en 0.099 y el SOS es cuando los valores del NDVI llegan a este valor

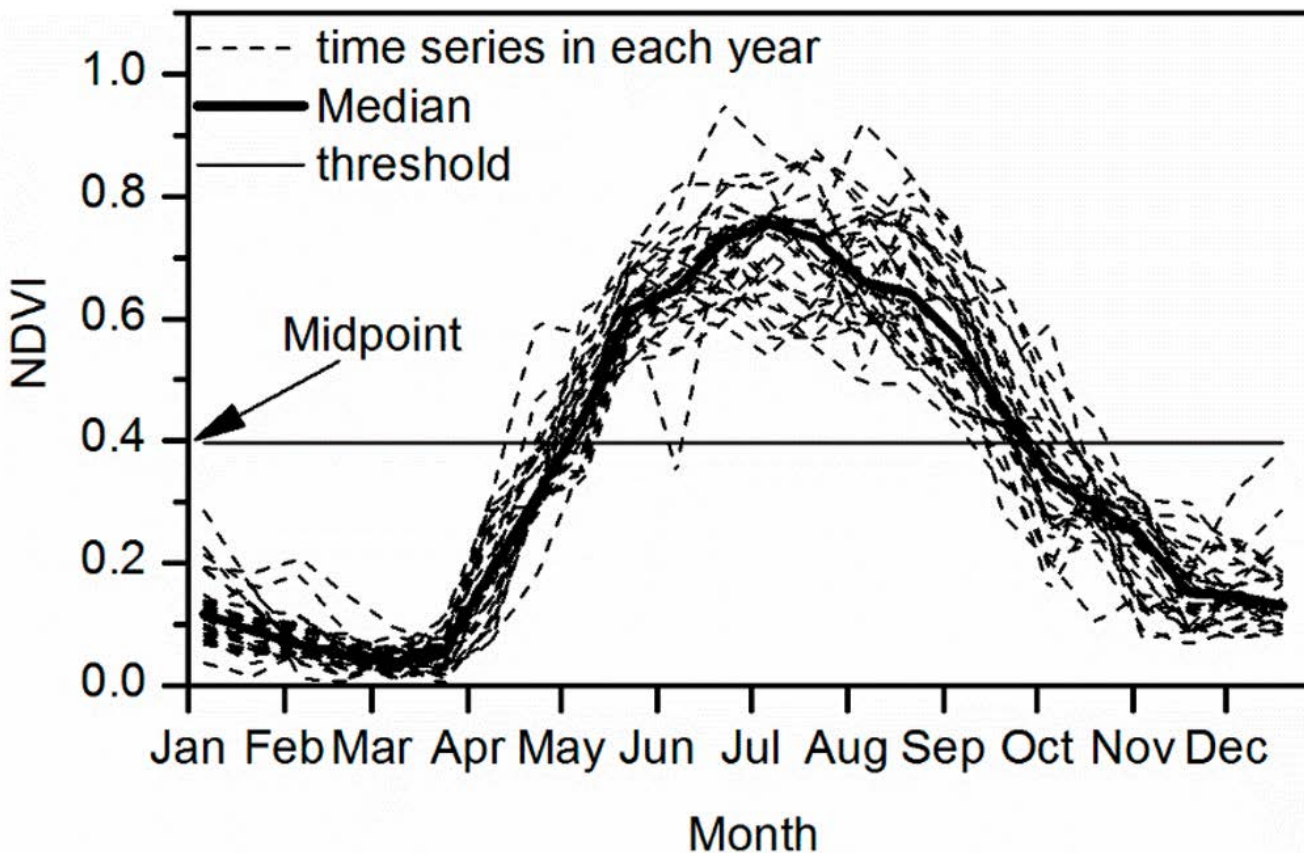
Relativos:

- Usar varias temporadas para encontrar cambios relativos en el NDVI
- Media a largo plazo
- Año como línea de base
- Relaciones entre diferentes NDVIs



Valores Umbrales: Punto Medio

- Ejemplo: El NDVI del Punto Medio Estacional (Seasonal midpoint NDVI o SMN) – Usa valores de referencia relativos para derivar el Inicio de Temporada (SOS)
 - El NDVI medio multi-año calculado
 - El umbral se define como un punto medio entre el NDVI min y max
 - Vincula el umbral a la amplitud estacional de pixeles individuales (las características dinámicas)



Ejemplo de Punto Medio. Crédito para la Imagen: [Ge et al 2016](#)

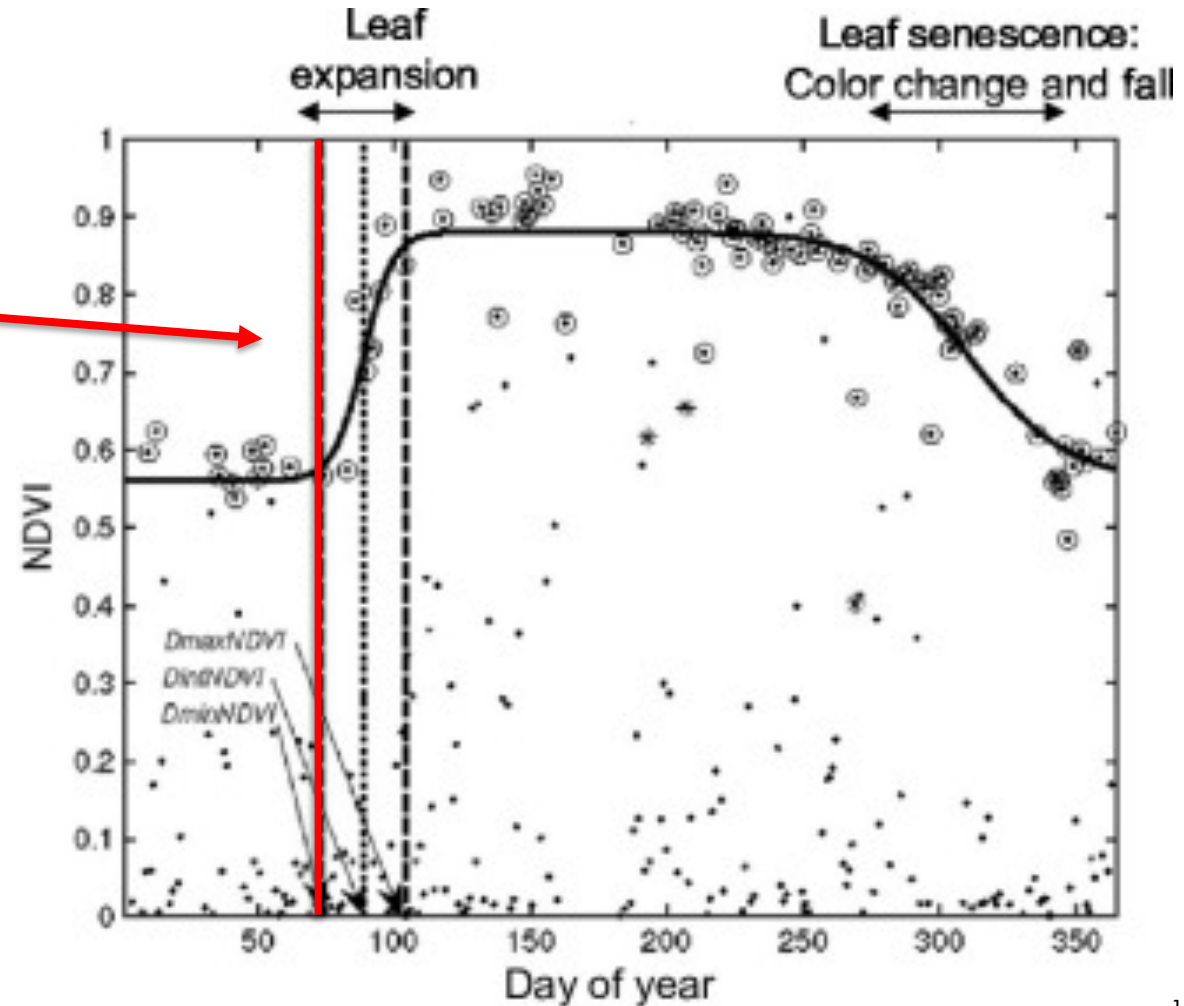


Puntos de Inflexión

- El tiempo cuando la serie temporal cambia de sentido (de cóncavo ascendente a cóncavo descendente).
- De Decreciente a Creciente = SOS
- De Creciente a Decreciente = EOS

Punto de Inflexión

Trayectoria estacional del NDVI después de mediciones diarias por el sensor MODIS (producto MOD09GQK) durante un año determinado en un rodal de árboles caducifolios. Crédito para la Imagen: [Guyon y Breda, 2016](#)



Promedio Móvil Ponderado (Delayed Moving Average o DMA)

- Valores pronosticados en base a observaciones de series temporales previas en el NDVI.
- NDVI actual comparado con el promedio móvil de valores anteriores
- Cambio de Tendencia: Cuando los valores del NDVI suavizados son mayores o menores que aquellos pronosticados por el DMA.
 - Inicio de Temporada (SOS): NDVI suavizado **Mayor** que las predicciones del DMA.
 - Fin de Temporada (EOS): NDVI suavizado **Menor** que las predicciones del DMA.

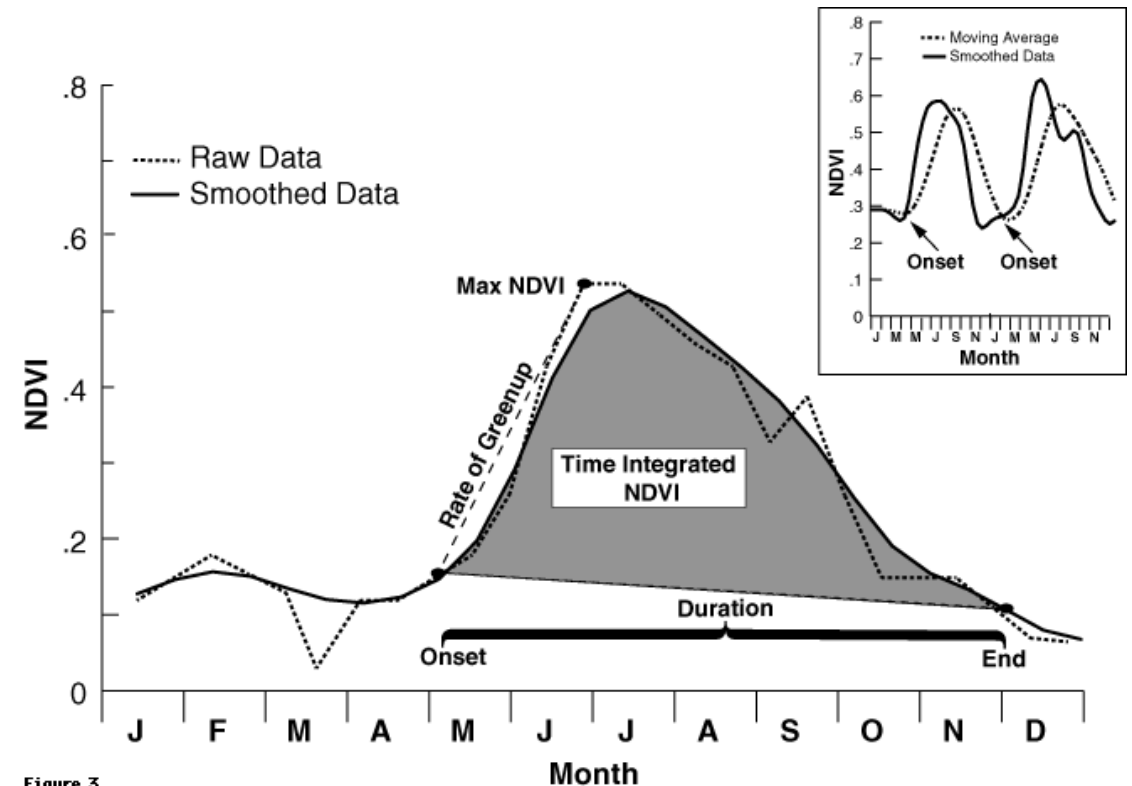
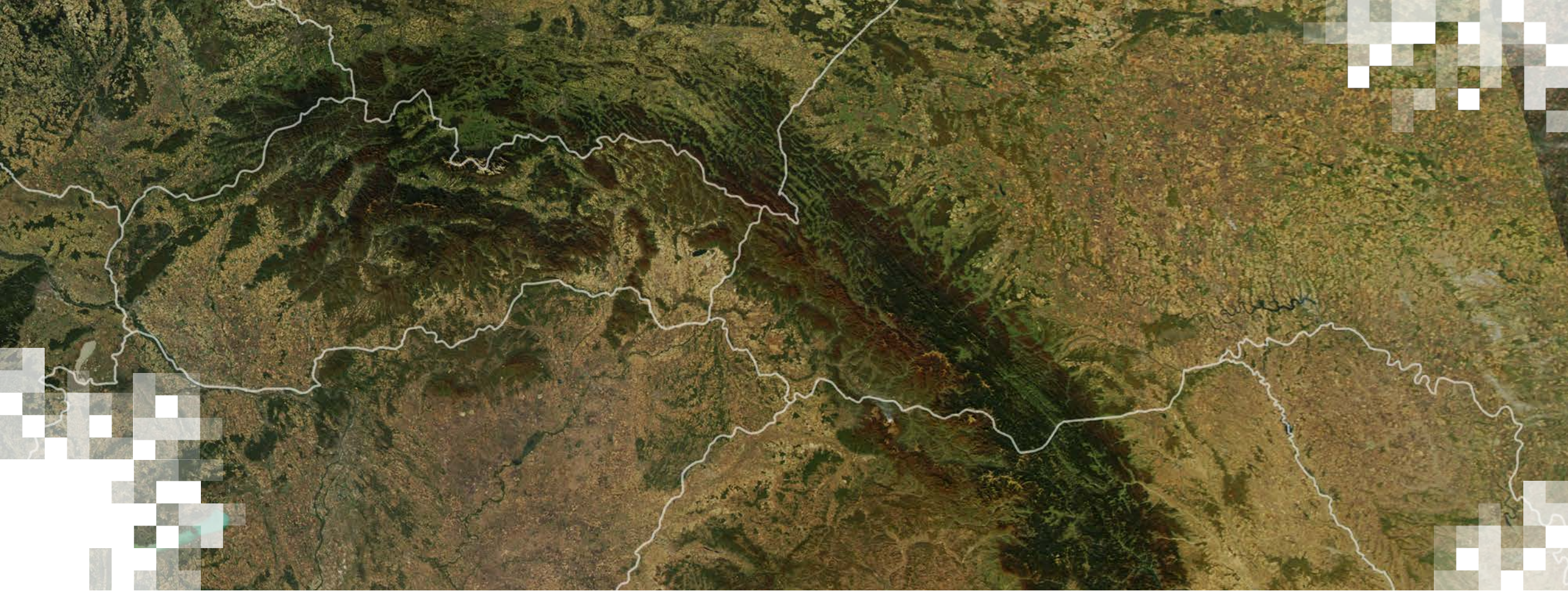


Figure 3
Reed and Sagler, 1997, "A Method for Deriving Phenological Metrics from Satellite Data, Colorado 1991-1995"
USGS ERDS Data Center

Crédito para la Imagen: [Reed y Sagler, 1997](#)



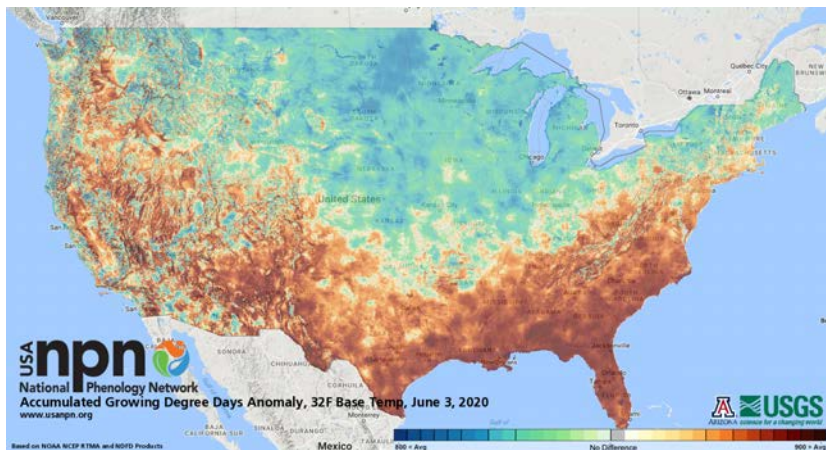


Casos de Estudio: Productos de NPN* Cuadriculados

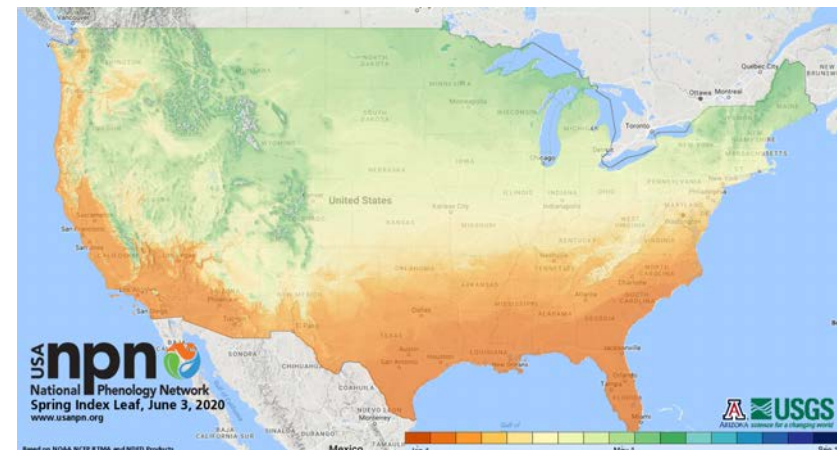
*Siglas de "National Phenology Network" – Red Nacional de Fenología en Inglés

NPN y Productos Cuadriculados

- Necesidad de Investigación: Mapas cuadriculados, en tiempo real, de pronósticos a corto plazo e históricos de eventos, patrones y tendencias fenológicas.
 - Ayudan con muchos temas de investigación de la fonología
 - Están relacionados con la dinámica de los ecosistemas y el cambio climático
- Productos Primarios:
 - Días Grado de Crecimiento Acumulados (AGDD)
 - Índices Primaverales Extendidos



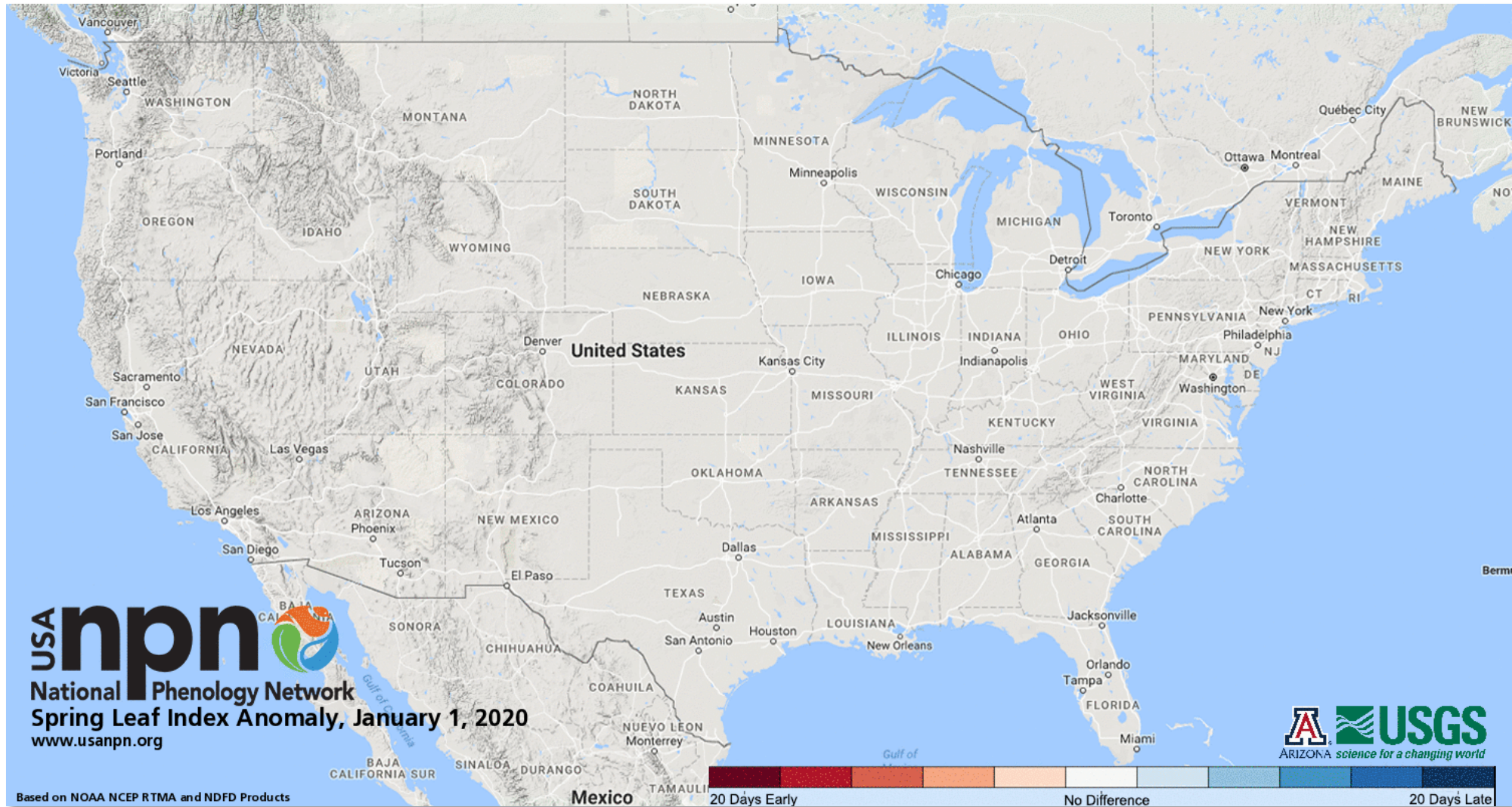
Anomalías de AGDD para el 3 jun. 2020



Índice Foliar Primaverales para el 3 jun. 2020



¿Esta Primavera Cómo Se Compara con lo “Normal”?



Crédito para la Imagen: [NPN](http://www.usanpn.org)



¿Cada Cuánto Vemos una Primavera Tan Temprana o Tardía?

Where early, how often?

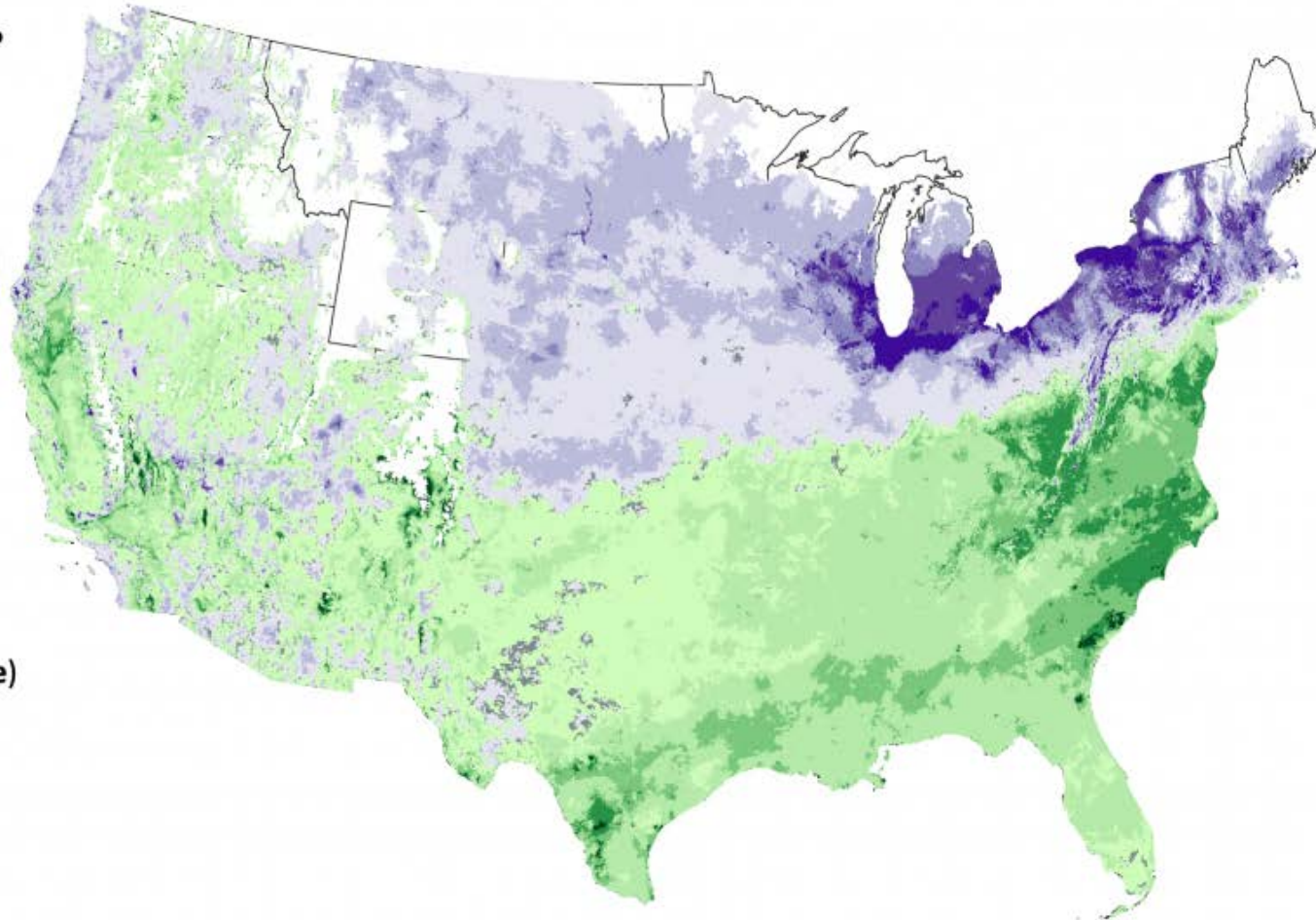
- Every 1 to 4 years
- Every 5 to 10 years
- Every 11 to 20 years
- Every 39 years (once)
- Earliest spring on record

Where late, how often?

- Every 1 to 4 years
- Every 5 to 10 years
- Every 11 to 20 years
- Every 39 years (once)
- Latest spring on record

Average
(neither early nor late)

*Locations shown are
predicted to reach bloom as
of May 29, 2020.
(Created 5/29/20)*



A lo largo de un período de 39 años de registros de fechas de floración primaverales, ¿con qué frecuencia vemos primaveras como en 2020?

www.usanpn.org

USA **npn**
National Phenology Network




USGS **A**
science for a changing world ARIZONA



Índices Primaverales: Datos Observacionales

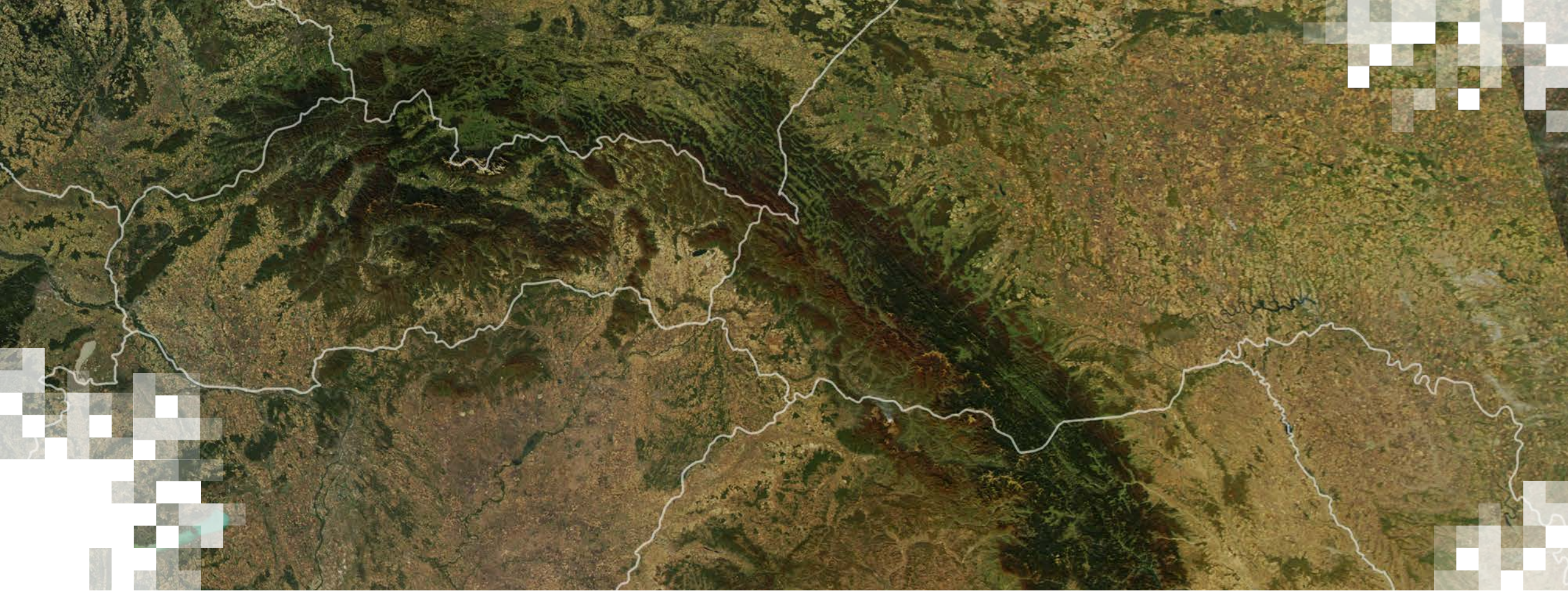
- Proyecto de Ciencia Ciudadana de Seguimiento de Lilas



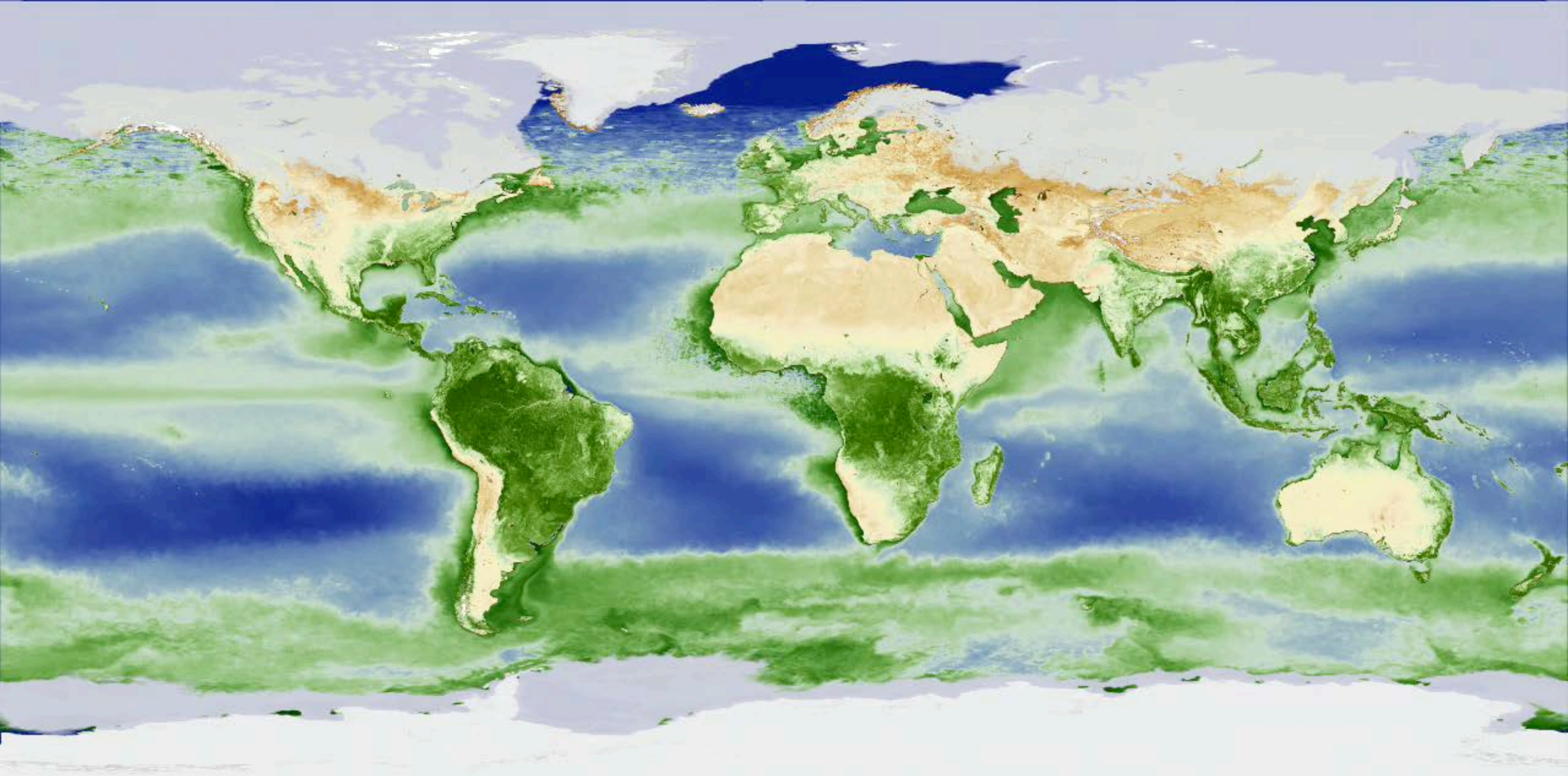
Phenophase	Definition	Photo (click to enlarge)
Breaking leaf buds	In at least 3 locations on the plant, a breaking leaf bud is visible. A leaf bud is considered "breaking" once the widest part of the newly emerging leaf has grown beyond the ends of its opening winter bud scales, but before it has fully emerged to expose the leaf stalk (petiole) or leaf base. The leaf is distinguished by its prominent midrib and veins.	
Open flowers	For the whole plant, at least half (50%) of the flower clusters have at least one open fresh flower. The lilac flower cluster is a grouping of many, small individual flowers.	
Full flowering	For the whole plant, virtually all (95-100%) of the flower clusters no longer have any unopened flowers, but many of the flowers are still fresh and have not withered.	

<https://www.usanpn.org/nn/TrackaLilac>





Casos de Estudio: Modelación de la Ola Verde



Land Vegetation (NDVI)

-0.1 0.9

Ocean Chlorophyll Concentration (mg/m³)

0.01 0.1 1 10 20

Jan Dec

Modelación de la Ola Verde

- Ola Verde: El enverdecimiento que acompaña la foliación durante la primavera y también la difusión de colores estacionales a lo largo del país en el otoño.
- Objetivo de Investigación: Monitorear los cambios a lo largo y ancho de EE.UU. Para validar modelos, rastrear la actividad del polen y documentar la cronología de los colores otoñales.
- Usando Nature's Notebook, los científicos ciudadanos pueden informar sobre:
 - Arces
 - Robles
 - Álamos (*Populus spp.*)
- Observaciones:
 - Botones de Flores
 - Flores Abiertas
 - Liberación de Polen
 - Hojas Coloreadas
 - Caída de Hojas



Crédito para la Imagen: [NPN](#)



Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019

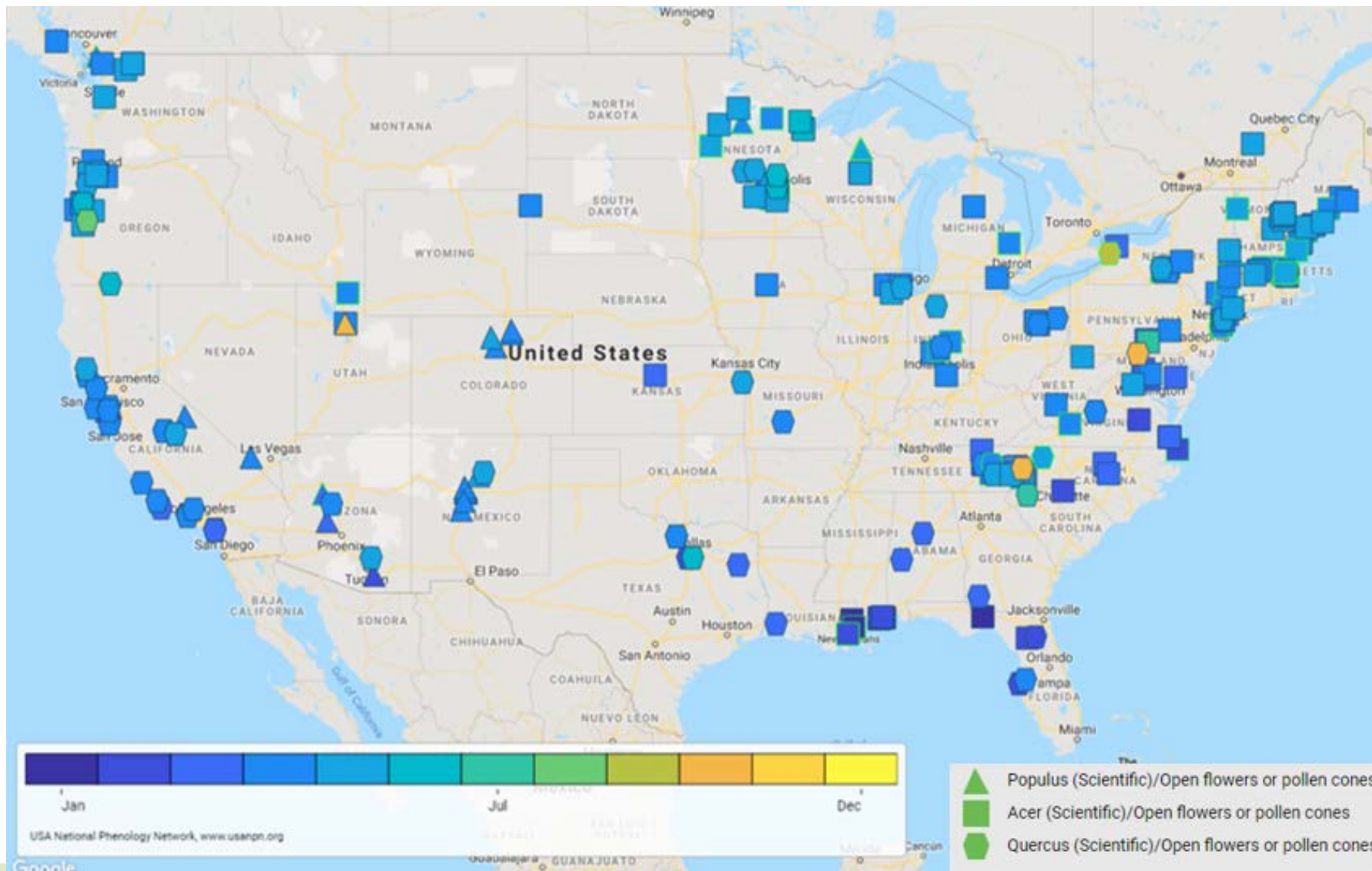
- Métricas:
 - 1.504 observadores
 - 878 sitios
 - Flores abiertas para 1.600 árboles individuales
 - Inicio de liberación de polen para 532 árboles
 - Inicio de hojas coloreadas para 2.722 árboles
 - 11.000 registros agregados este año sobre especies relevantes a la Ola verde del [National Ecological Observatory Network \(NEON\)](#)



Crédito para la Imagen:
[NPN](#)



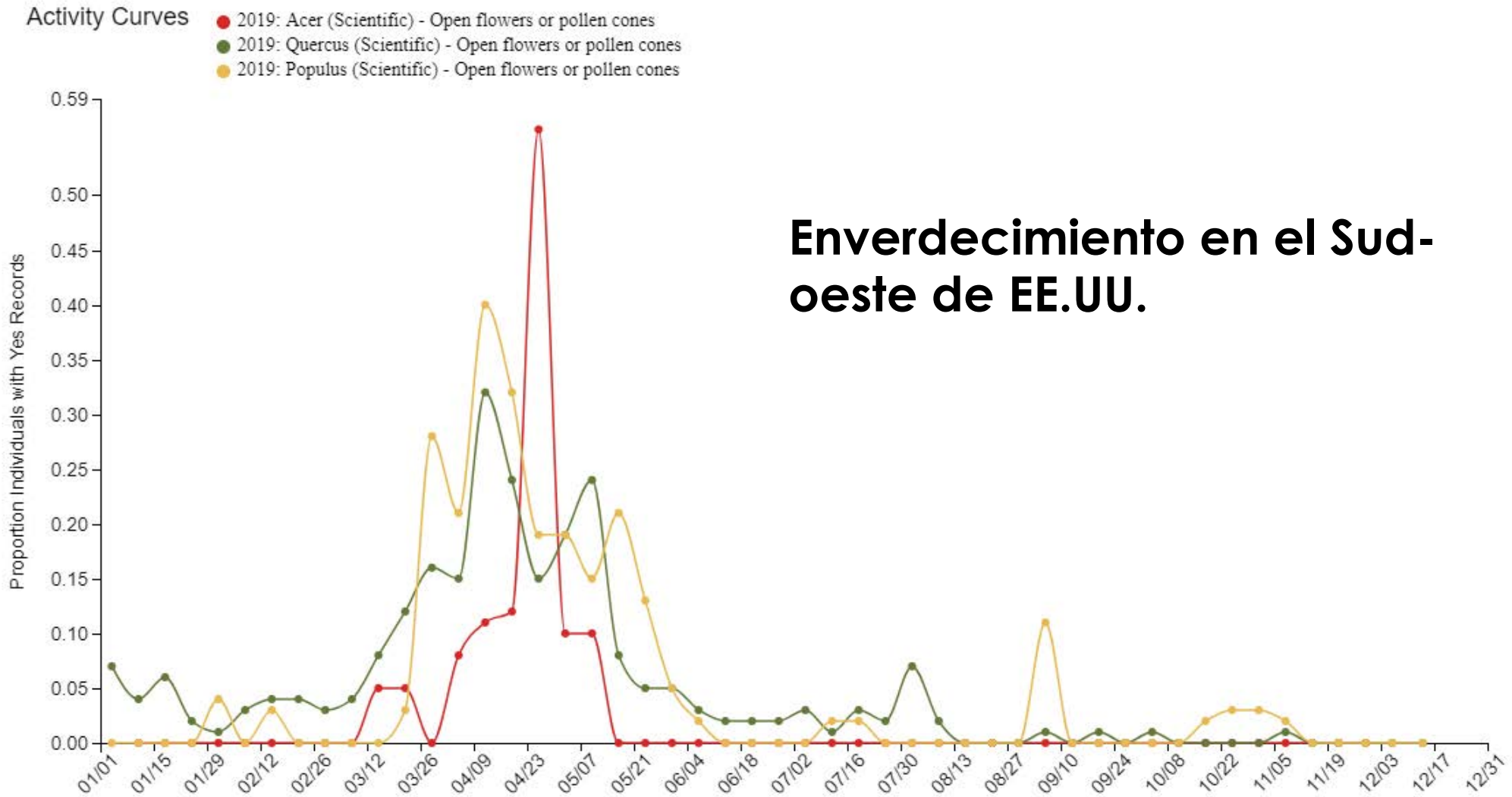
Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019



Sitios reportando “sí” para flores abiertas en especies observadas por Ola Verde en 2019. Los colores corresponden a la época del año cuando se reportaron flores abiertas en el sitio. Las figuras denotan arces, robles, o álamos. Los bordes verdes indican más de un género observado en ese sitio.



Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019

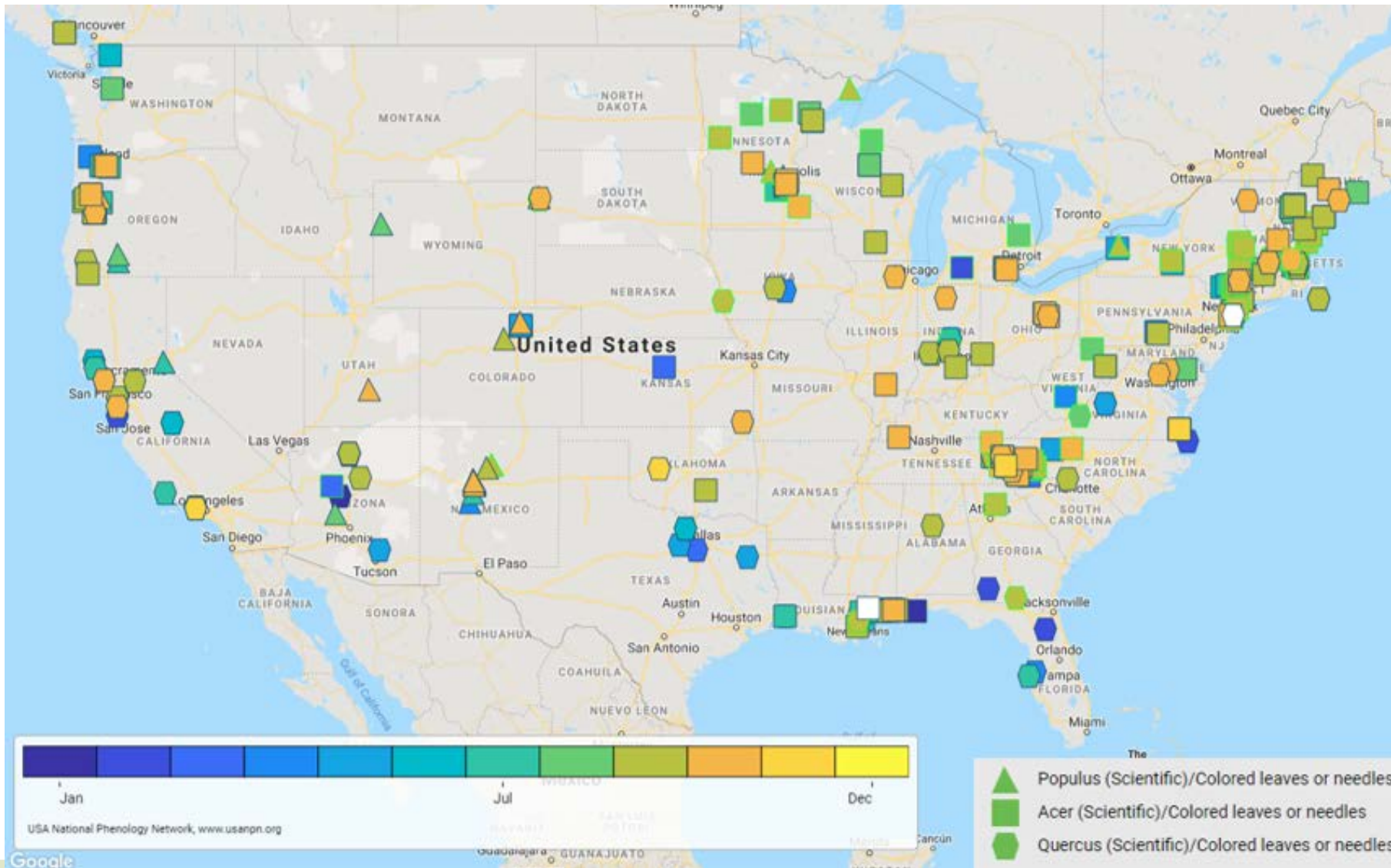


Enverdecimiento en el Sudoeste de EE.UU.

USA National Phenology Network, www.usanpn.org



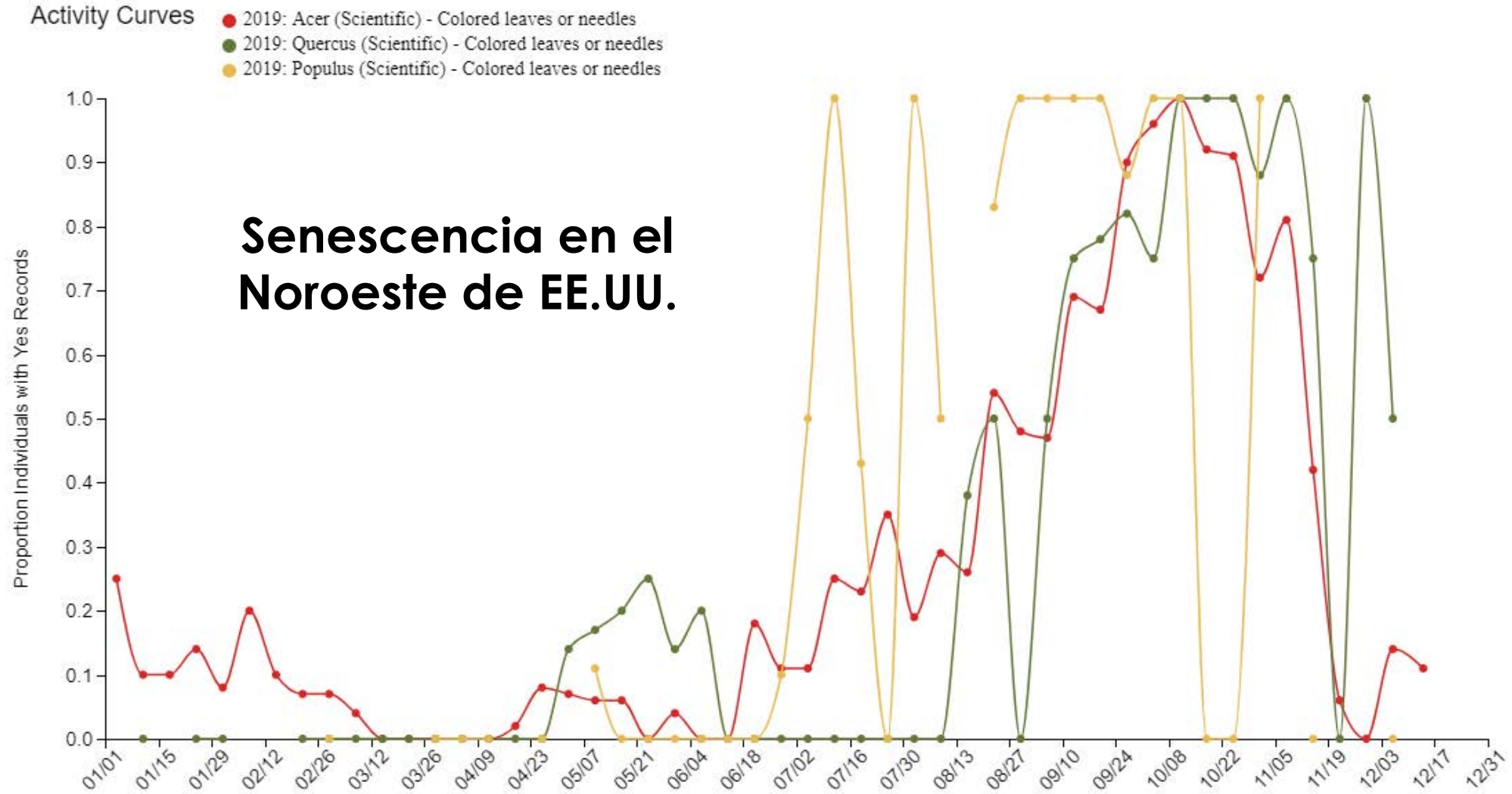
Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019



Sitios reportando “sí” para hojas coloreadas en especies observadas por Ola Verde en 2019. Los colores corresponden a la época del año cuando se reportaron hojas coloreadas en el sitio. Las figuras denotan arces, robles, o álamos. Los bordes verdes indican más de un género observado en ese sitio.

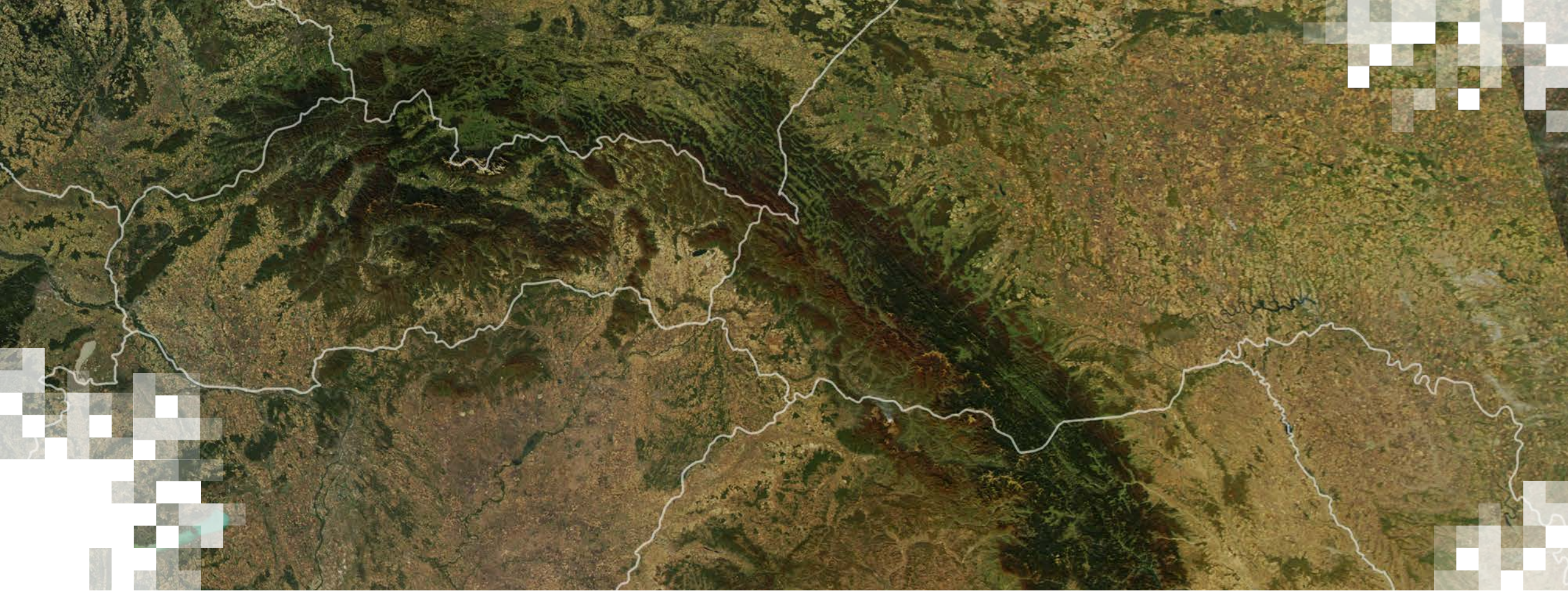


Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019



USA National Phenology Network, www.usanpn.org





Casos de Estudio: Comparaciones de Datos de PhenoCam y Satelitales

PhenoCam- Repaso

- Imágenes automatizadas vía cámaras de calidad comercial apuntadas hacia alguna vegetación de interés
- Imágenes de lapso de tiempo para identificar patrones y cambios en la vegetación
 - La mayoría tiene un tiempo de repetición diario
- Generalmente RGB; algunas con datos infrarrojos cercano también



Crédito para la Imagen: [PhenoCam](#)



PhenoCam y VIIRS

- **PhenoCam**

- Fotografías digitales
- 30 minutos
- Imágenes Rojo, Verde, Azul
- Dos Índices de Vegetación
 - Green Chromatic Coordinate (GCC)
 - Vegetation Contrast Index (VCI)



Crédito para la Imagen:
[PhenoCam](#)

NASA's Applied Remote Sensing Training Program

- **VIIRS**

- Imágenes Satelitales
- Diaria
- Rojo, Verde, Azul, Infrarrojo Cercano
- Múltiples Índices de Vegetación
 - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
 - Enhanced Vegetation Index (EVI)



Crédito para la Imagen:
[NASA](#)



Sitio de Estudio

- Pregunta de Investigación: ¿Cómo se comparan sistemáticamente los datos de la LSP de VIIRS con los datos de PhenoCam?
- Estación Biológica en la Pradera Konza, Universidad Estatal de Kansas
- **Fecha de Inicio:** 2012-03-17 **Última Fecha:** 2019-12-18
- Métricas Evaluadas: Inicio de Primavera (**SOS**), Fin de Primavera (**EOS**), Fin de Otoño (**EOF**), Medio de la Primavera (**MOS**), Punto Medio del Otoño (**MOF**)



Junio



Septiembre



Noviembre



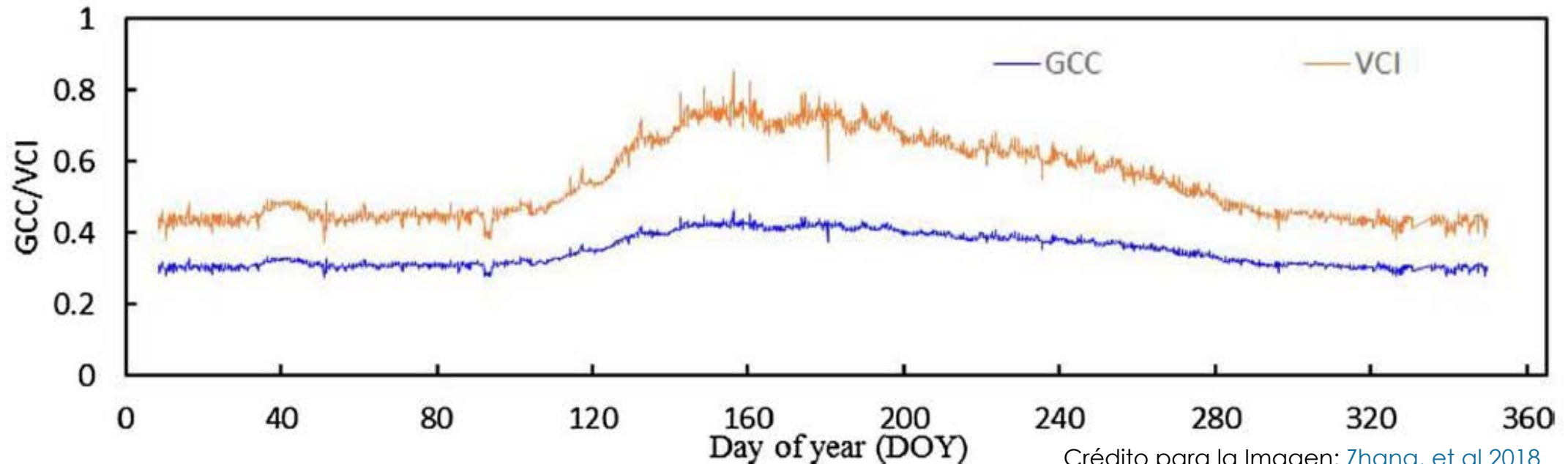
PhenoCam- Índices de Vegetación

- Green Chromatic Coordinate (GCC)

$$GCC = \frac{G}{(R + B + G)}$$

- Vegetation Contrast Index

$$VCI = \frac{G}{(R + B)}$$



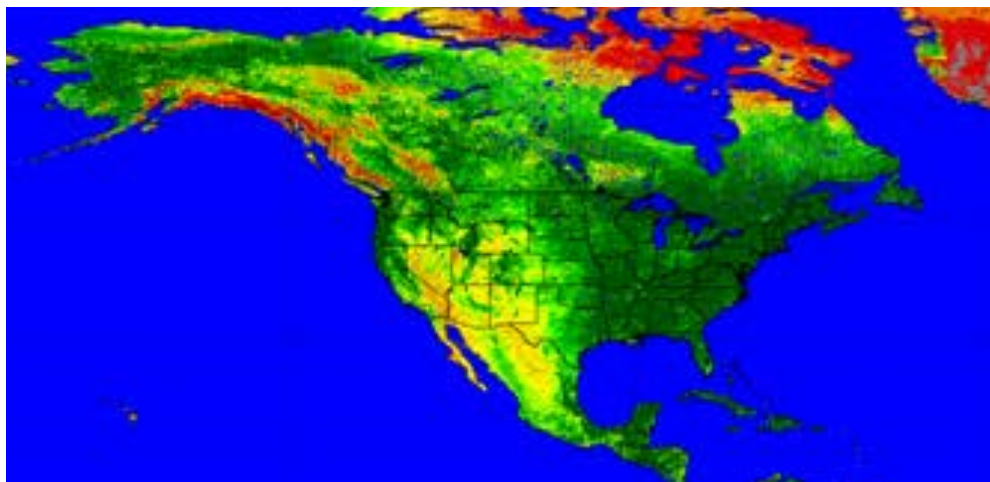
Crédito para la Imagen: [Zhang, et al 2018](#)



VIIRS- Índices

- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

$$\frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo}}$$



Crédito para la Imagen: [NASA/NOAA](https://www.nasa.gov/)

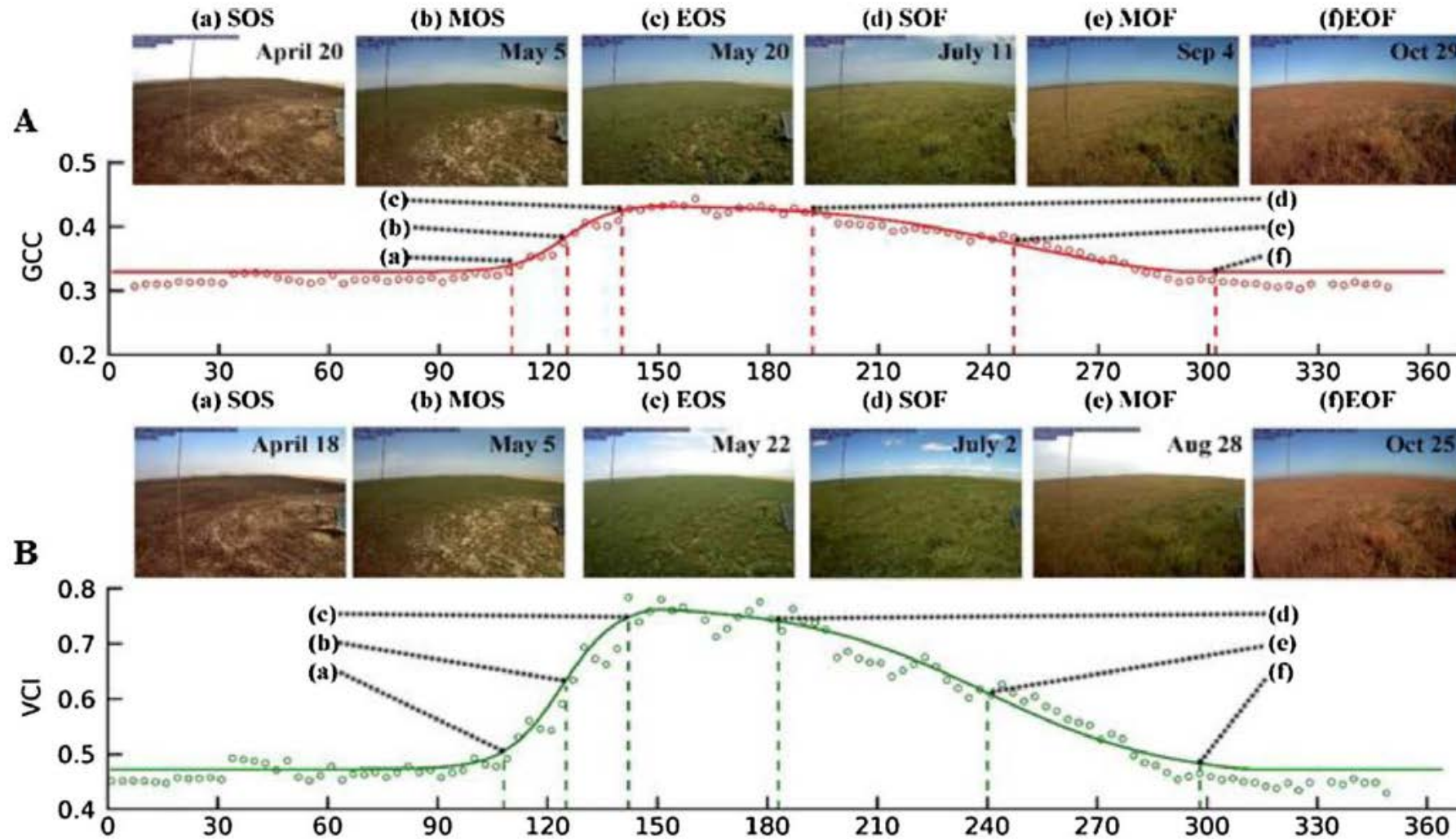
- Modified Enhanced Vegetation Index (EVI2)

$$EVI2 = G \left(\frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red} + L} \right)$$

- L es el ajuste del dosel a fondo (igual a 1)
- C es el coeficiente de resistencia de aerosoles (igual a 2.4)
- G es un factor de ganancia con un valor de 2.5.



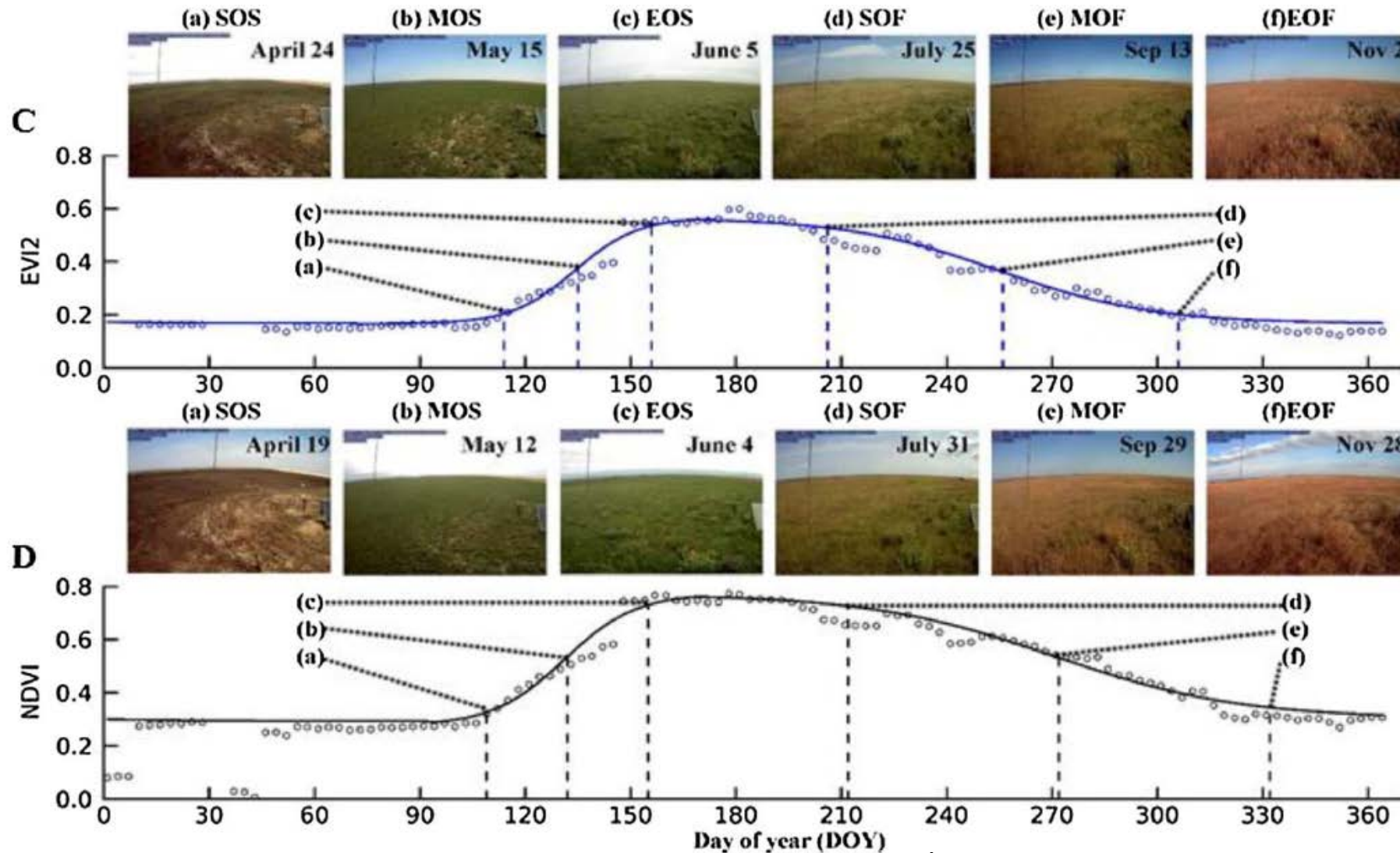
Comparaciones- PhenoCam vs. VIIRS



Crédito para la Imagen: [Zhang, et al 2018](#)



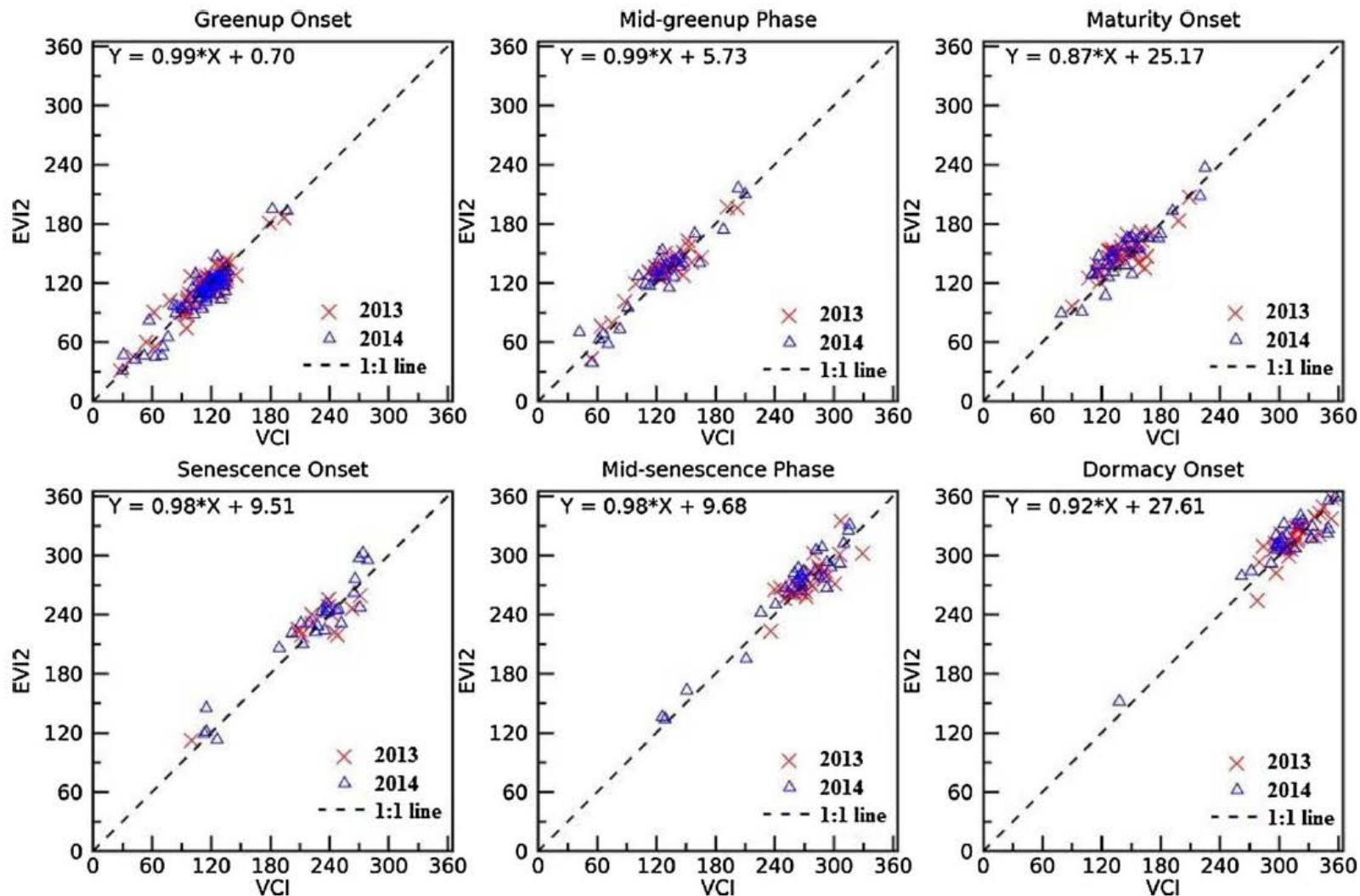
Comparaciones: PhenoCam vs. VIIRS



Crédito para la Imagen: [Zhang, et al 2018](#)

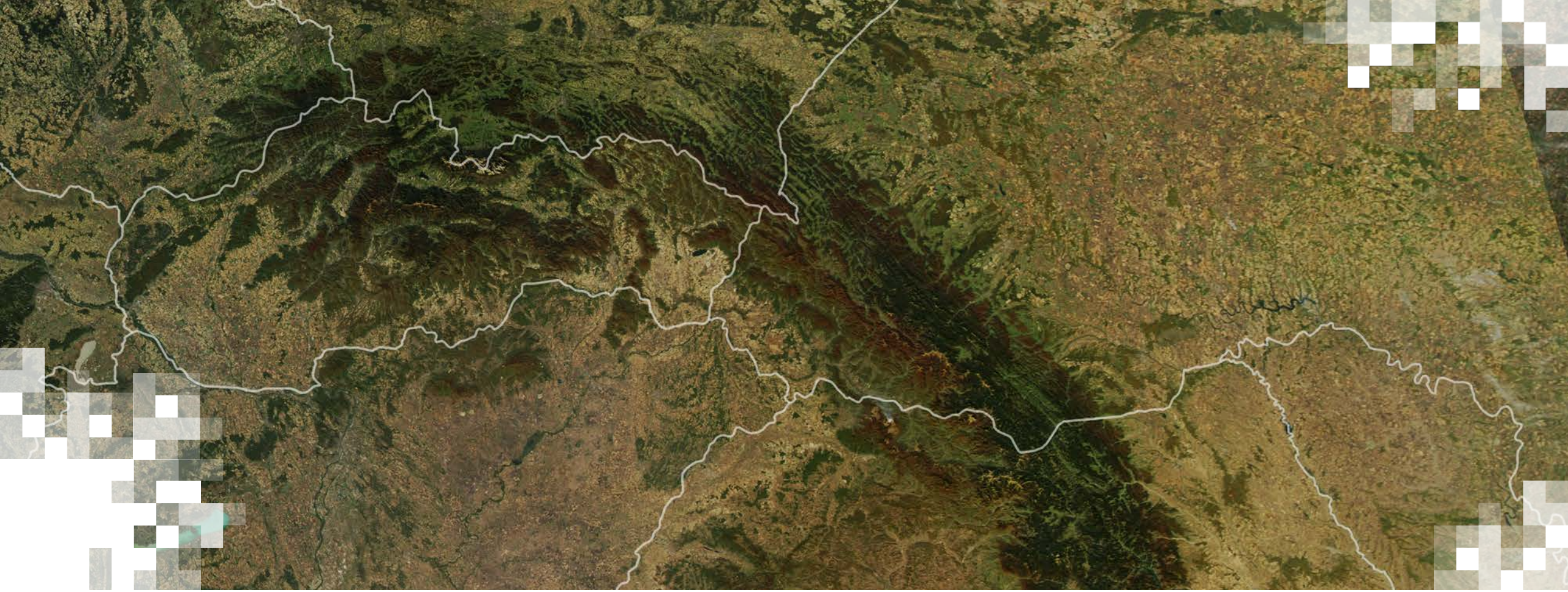


VIIRS EVI2 vs. PhenoCam VIC



Crédito para la Imagen: [Zhang, et al 2018](#)

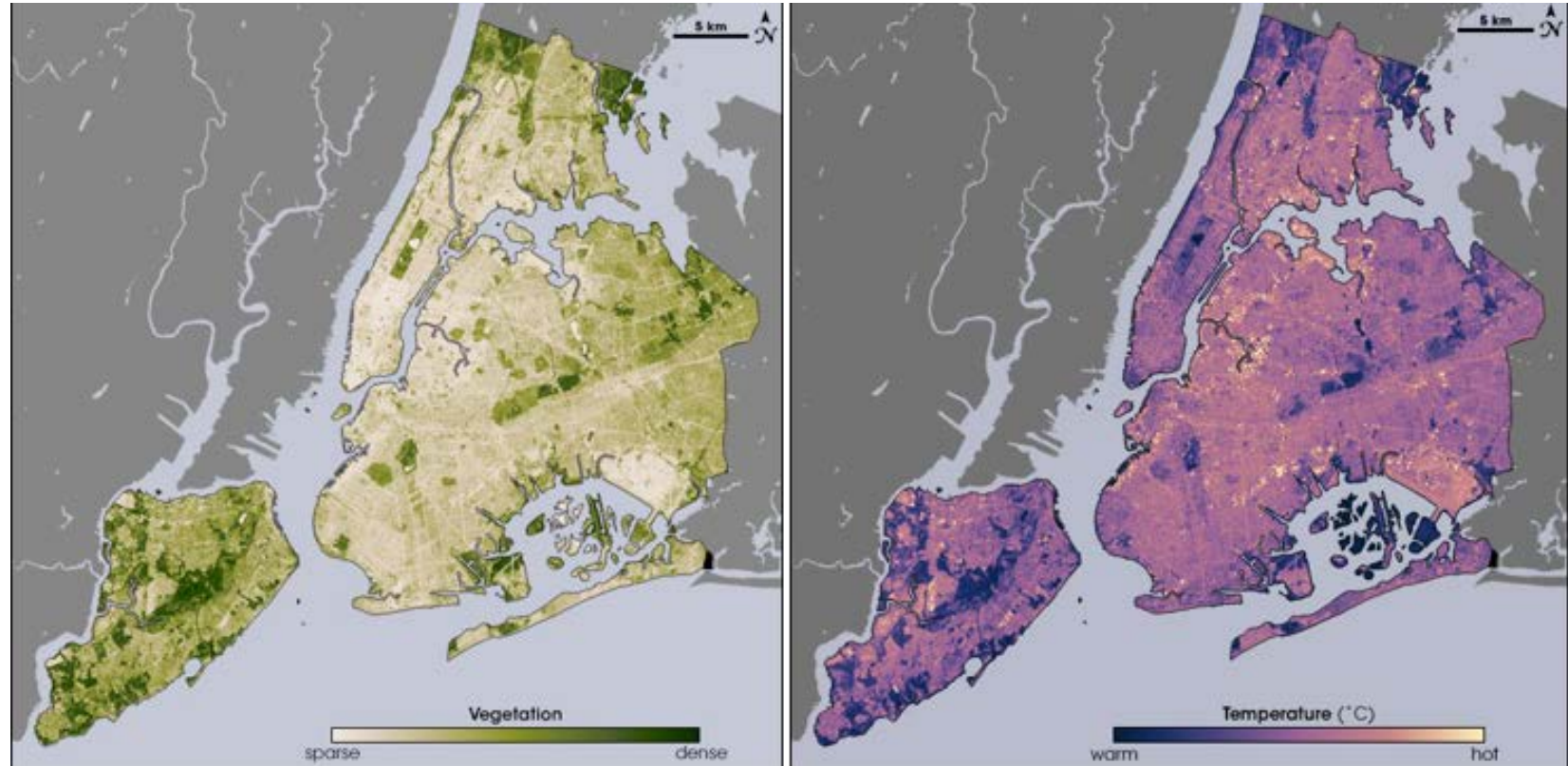




Casos de Estudio: El Efecto de la Urbanización sobre la Fenología

Islas de Calor Urbano (Urban Heat Islands o UHI)

- Un área metropolitana que es significativamente más caliente que sus entornos.
- Según la EPA*, muchas ciudades de EE.UU. tienen una temperatura atmosférica hasta 10°F (5,6°C) más caliente que la cobertura terrestre natural circundante.



Crédito para la Imagen: [Robert Simmon/NASA](#)

*EPA- Siglas en inglés de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU.



UHIs y Fenología

- Pregunta de Investigación: ¿Cuáles son los efectos de los UHIs sobre las fenofases de las plantas?
 - Los cambios en estos procesos pueden tener un efecto cascada en el ecosistema.
 - ¿Se puede usar los UHIs como proxy para estudiar los impactos del cambio climático (es decir, incrementos de temperatura)?
 - Millones de observaciones de 136 especies de plantas a lo largo de EE.UU y Europa
 - Floración y defoliación de las plantas



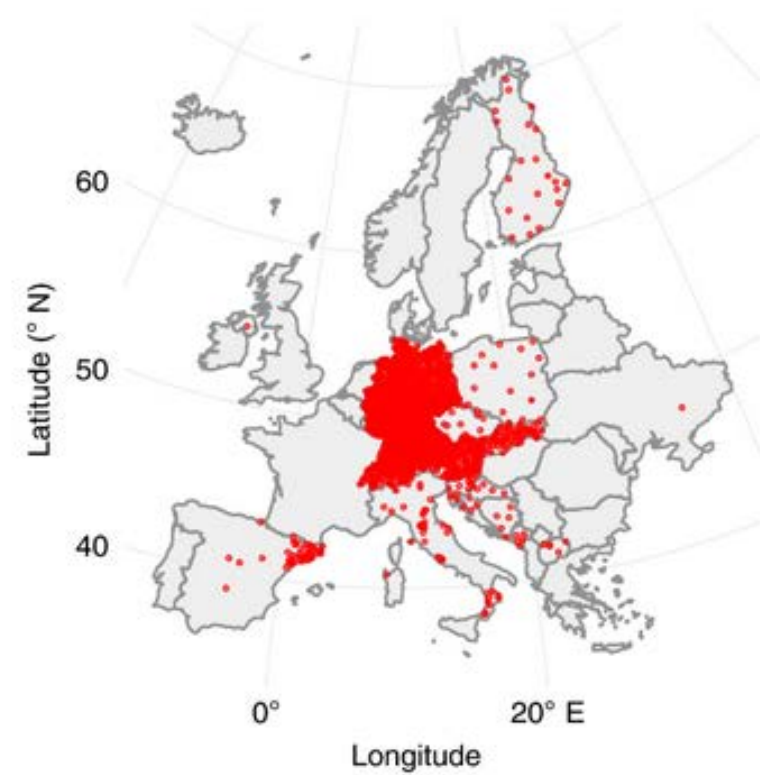
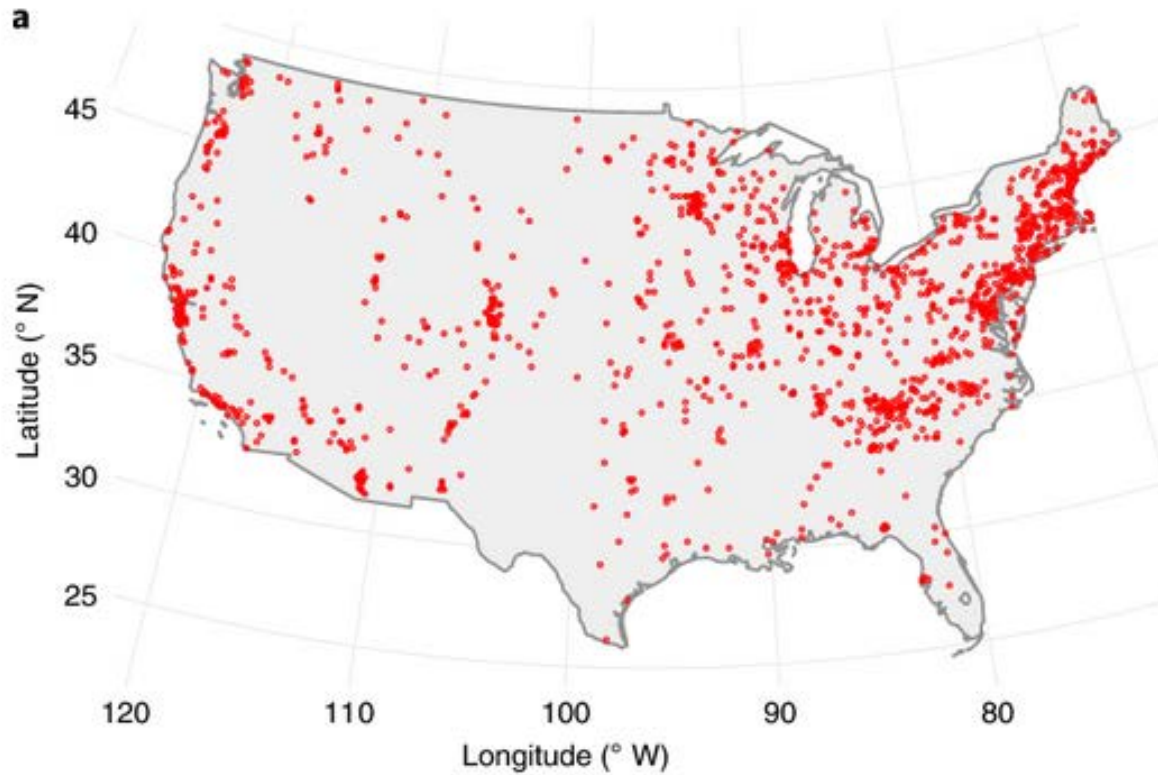
Crédito para la Imagen: [Pexels, Jan Krnc](#)



Crédito para la Imagen: [Pexels, Michael Rocha](#)



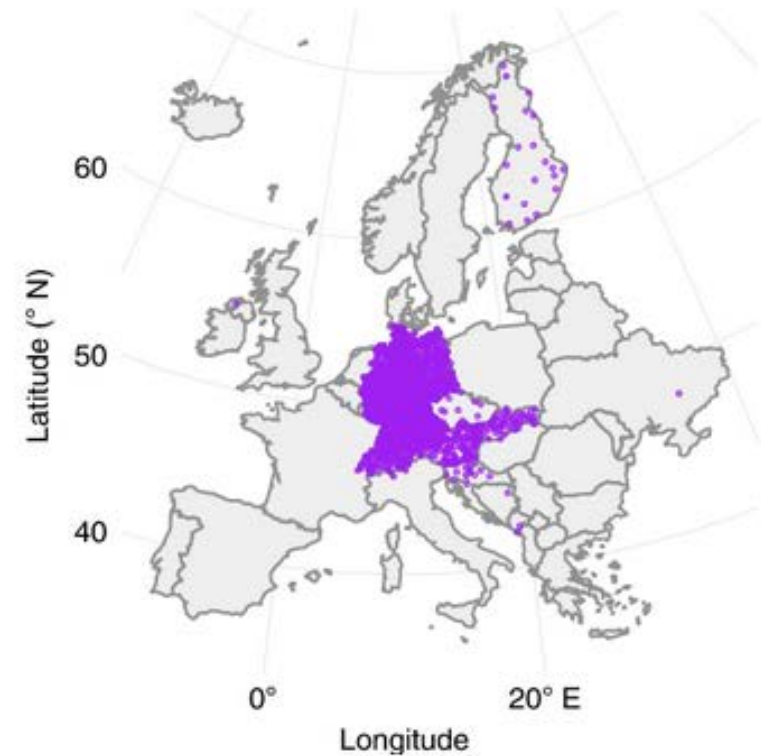
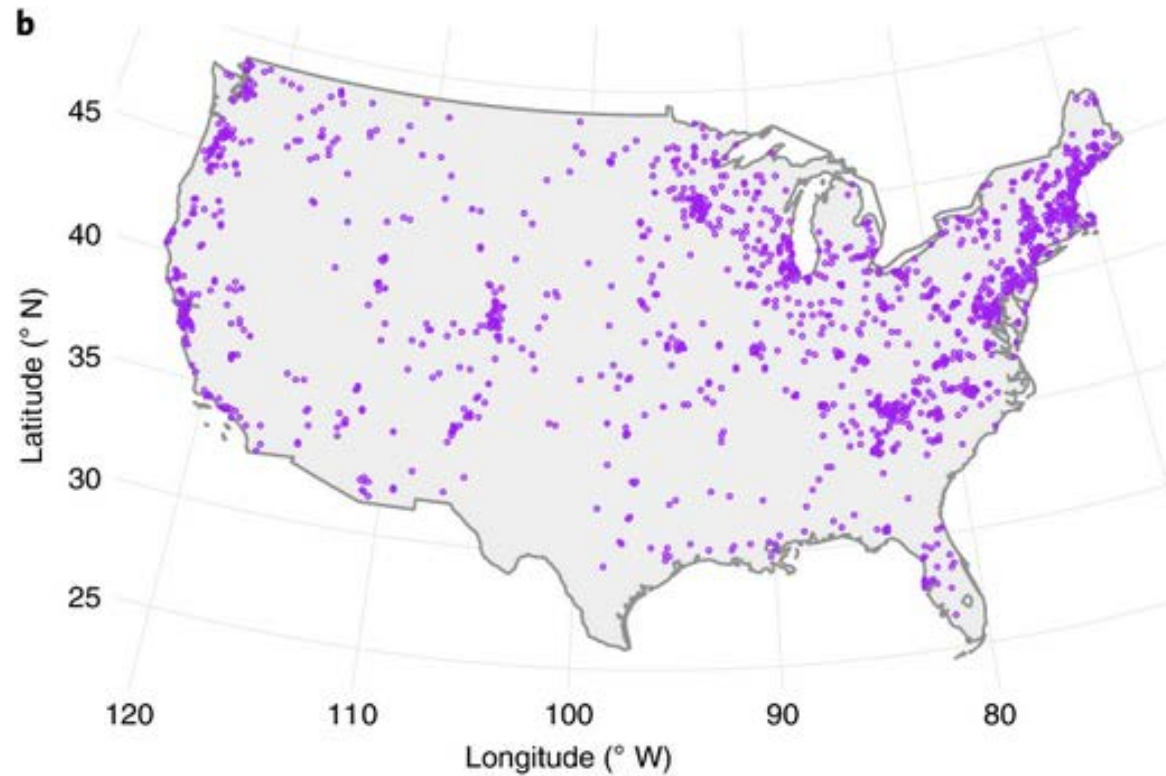
Observaciones: Floración Foliar



Observaciones del florecimiento foliar. Crédito para la Imagen: [Li et al., 2019](#)



Observaciones: Defoliación

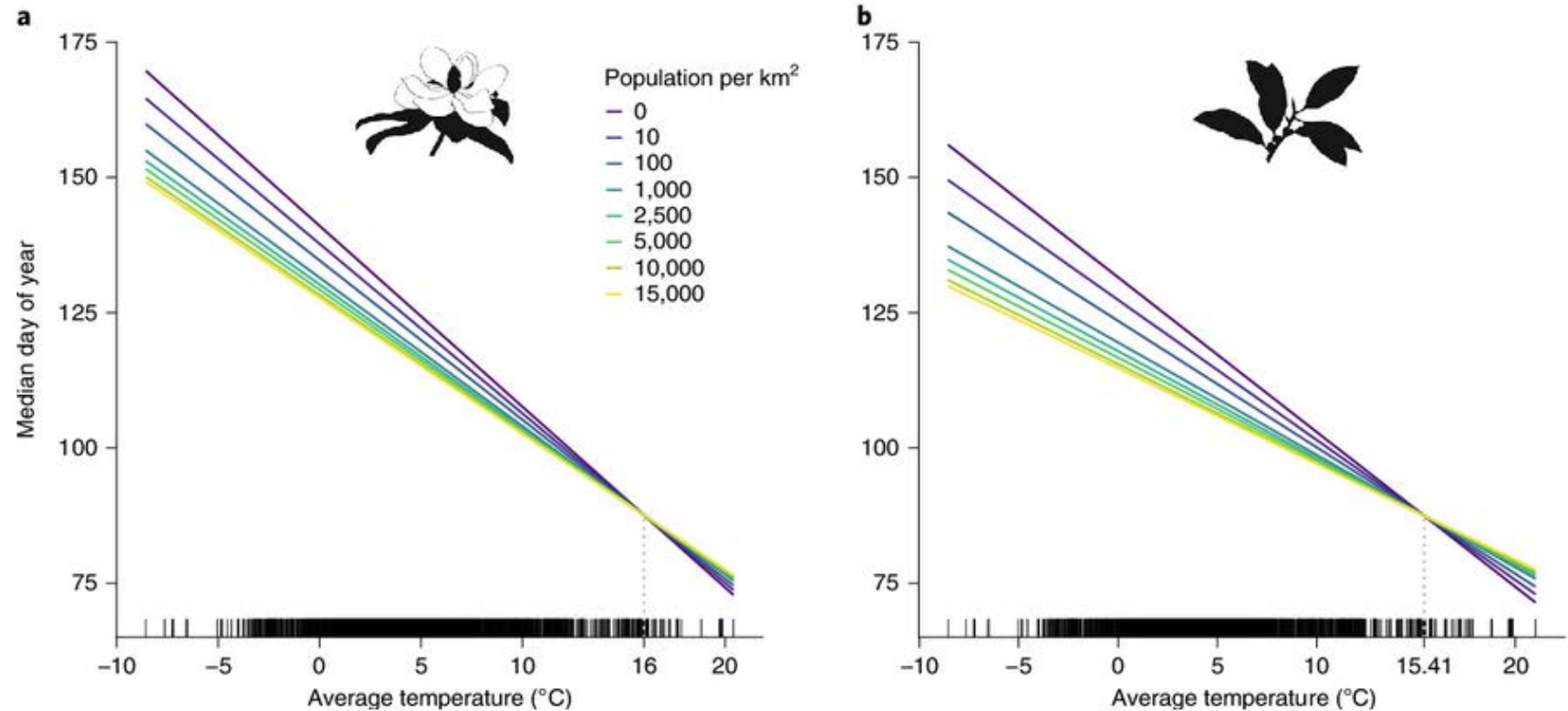


Observaciones de Defoliación. Crédito para la Imagen: [Li et al., 2019](#)



Resultados

- La urbanización cambia estos ciclos estacionales de manera matizada.
- Sin embargo, la influencia de la densidad de la población humana sobre la floración y defoliación de las plantas depende de la temperatura regional. Una alta densidad de población adelantó la fenología de las plantas en áreas frías. Este efecto desapareció y hasta se invirtió en áreas cálidas.



Resultados

- Por lo general, las temperaturas más altas y una mayor densidad poblacional ocasionaron primaveras más tempranas.
- En Regiones Frías: Hojas y flores 20 días antes en ciudades con 26.000 o más
- En Regiones Cálidas: Hojas y flores 4 a 6 días después en ciudades con 26.000 o más habitantes

La Ciudad de Nueva York



Crédito para la Imagen: Samuel Stone, Pixabay

Jacksonville



Crédito para la Imagen: qwesy qwesy / Wikimedia Commons



Resultados



La sensibilidad de las plantas a los cambios en la temperatura y la urbanización varía según la especie. La planta *Trillium erectum* (izq) y el árbol, *Liriodendron tulipifera* (der.). Crédito para la Imagen: [Li](#)



Resumen

- Hay varias métricas para evaluar la fenología de la superficie terrestre (p. ej. SOS, EOS) y comparar estas con observaciones hechas a nivel del suelo.
 - Métodos estadísticos para la identificación de estas métricas
- Ejemplos de Estudios de Caso:
 - Productos Cuadrículados para la Primavera 2020
 - Modelación de la Ola Verde y Ciencia Ciudadana
 - Comparaciones de PhenoCam y VIIRS
 - Urbanización y Fenología
- ¡Involúcrese en las campañas nacionales! ¡Encuentre otras redes por el mundo entero!



Contactos

- Contactos de ARSET para el tema de hoy
 - Amber McCullum: AmberJean.Mccullum@nasa.gov
 - Juan Torres-Pérez: juan.l.torresperez@nasa.gov
- Preguntas generales sobre ARSET
 - Ana Prados: aprados@umbc.edu
- Página web de ARSET:
 - <http://arset.gsfc.nasa.gov>



Preguntas

- Por favor escriba sus preguntas en la casilla de preguntas y respuestas.
- Publicaremos las preguntas y las respuestas a la página web de la capacitación después de la conclusión del curso.





¡Gracias!

