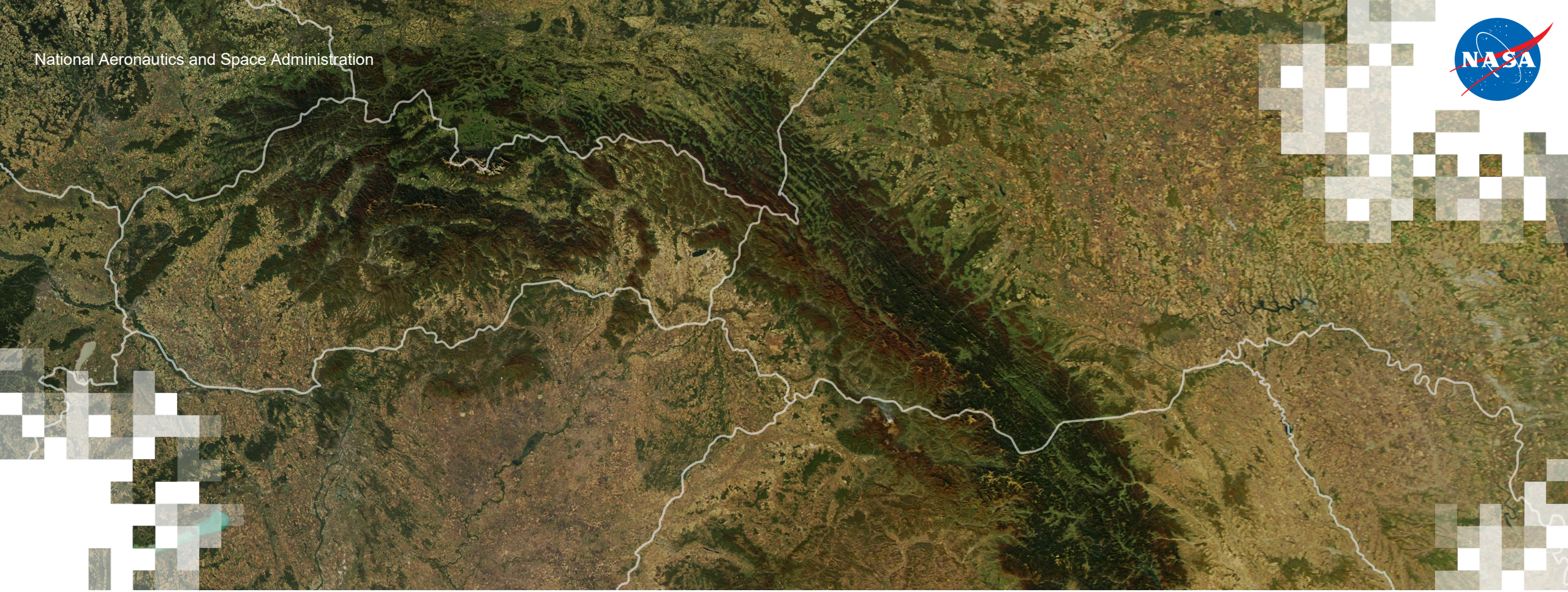


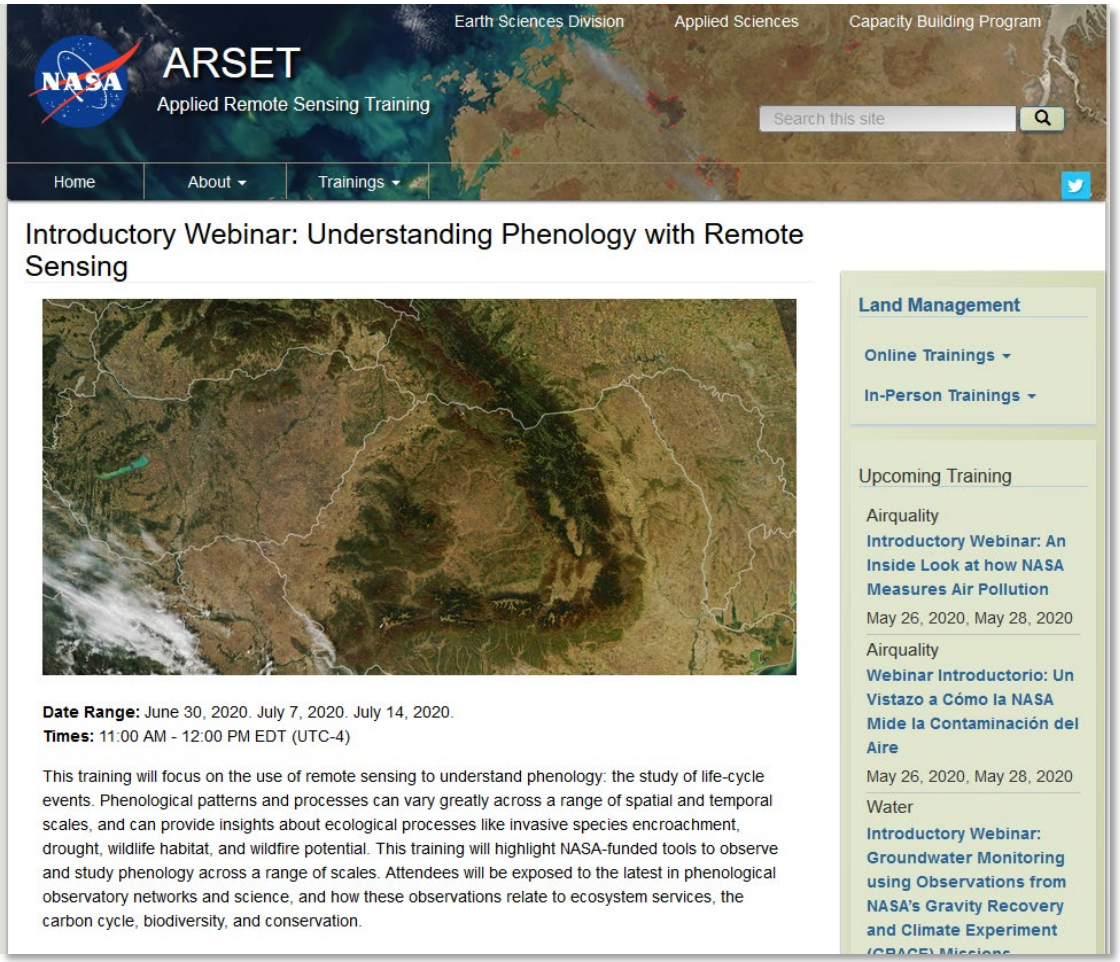
Seguimiento de la Fenología de la Vegetación mediante la Teledetección

Amber McCullum y Juan Torres-Pérez

7 de julio de 2020

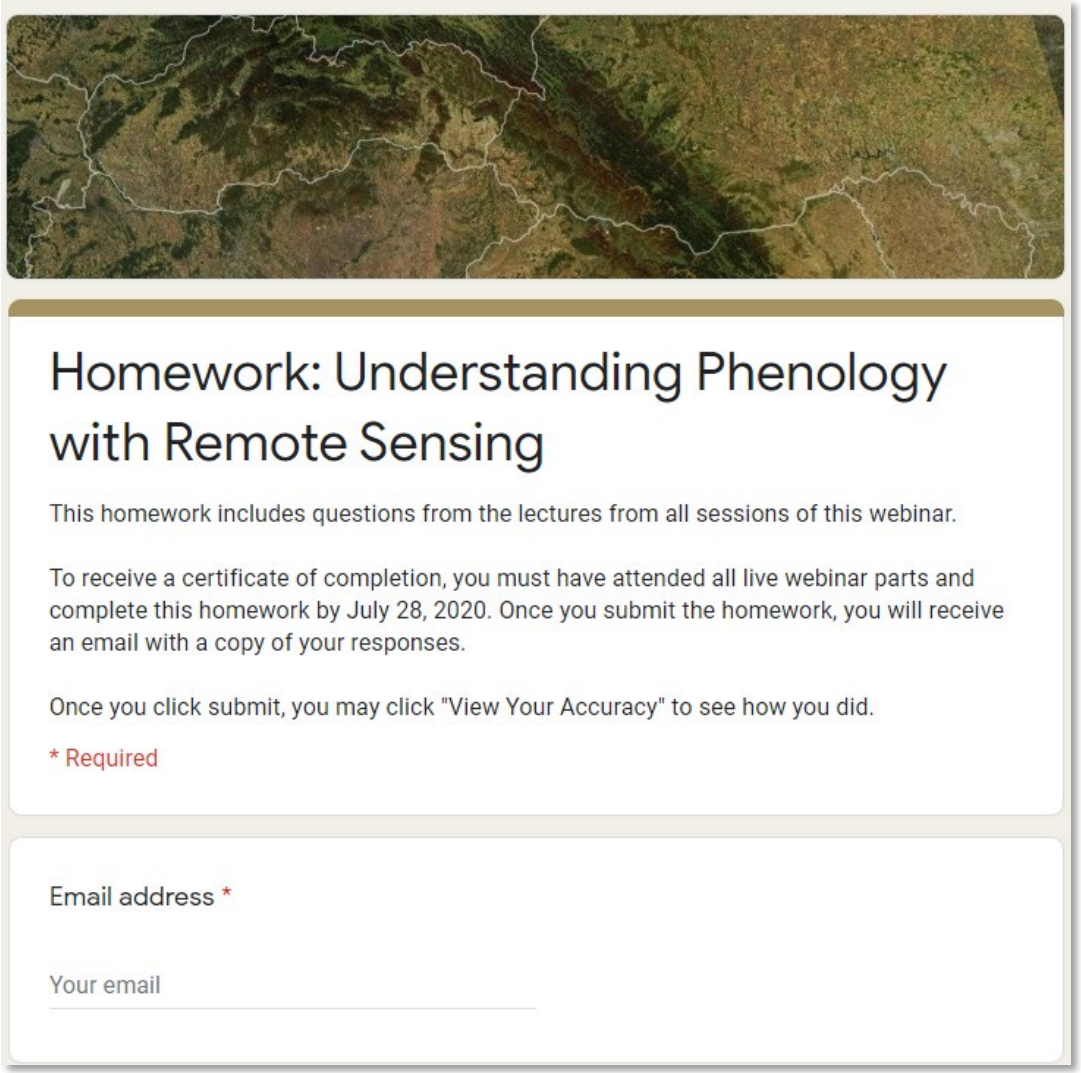
Estructura y Material del Curso

- 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



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

1ra Parte: Sinopsis de la Fenología y la Teledetección

2da Parte: Escalas de Fenología y Redes Nacionales

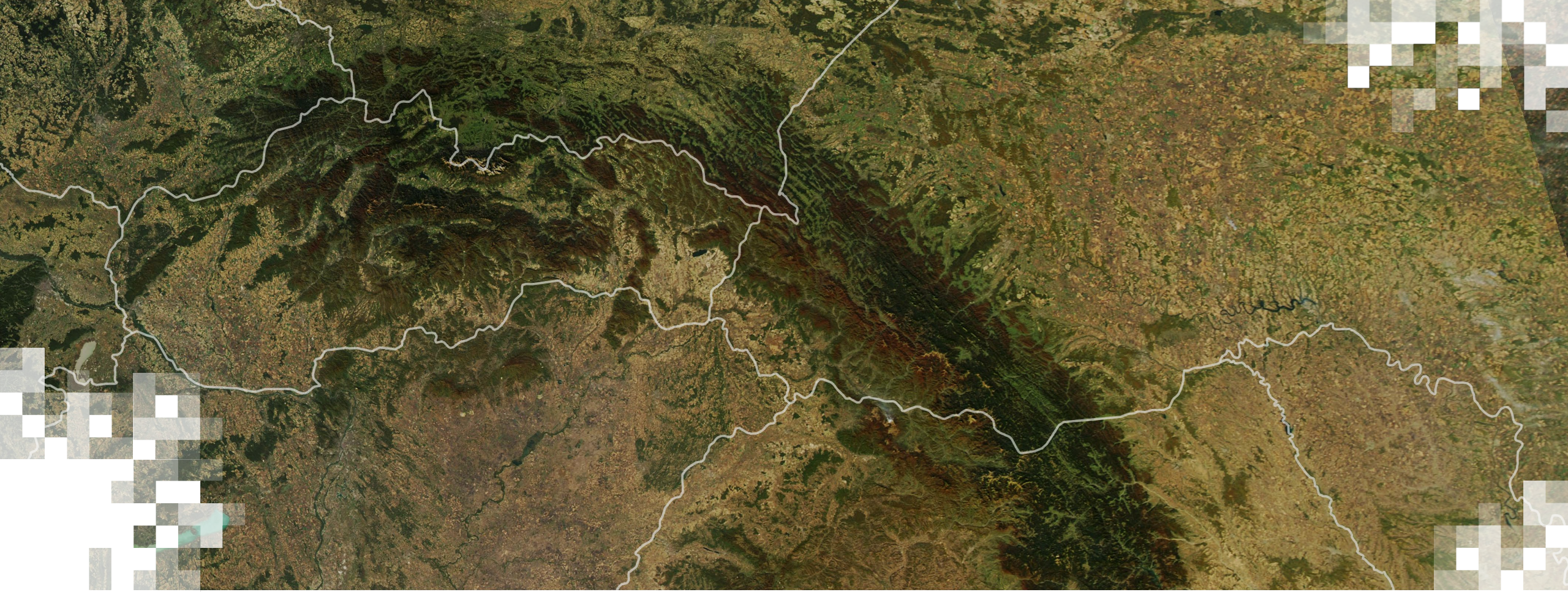
3ra Parte: Ejemplos de Análisis Multiescalares

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

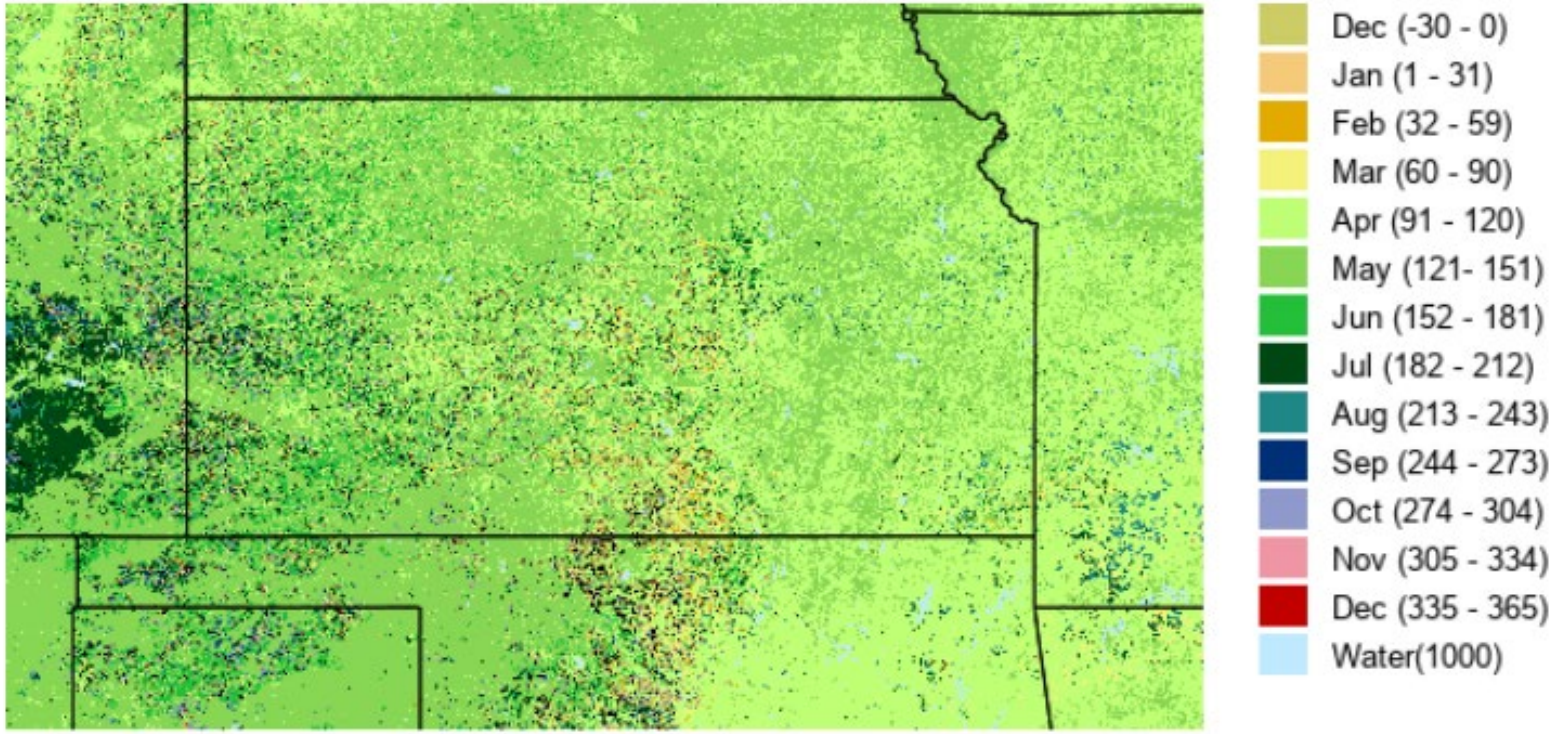


Métricas para Evaluar la LSP

Métricas Fenológicas

- Variables clave estimadas mediante teledetección:
  - Inicio de Temporada (SOS)
  - Fin de Temporada (EOS)
  - NDVI Máximo
  - Duración
  - Amplitud

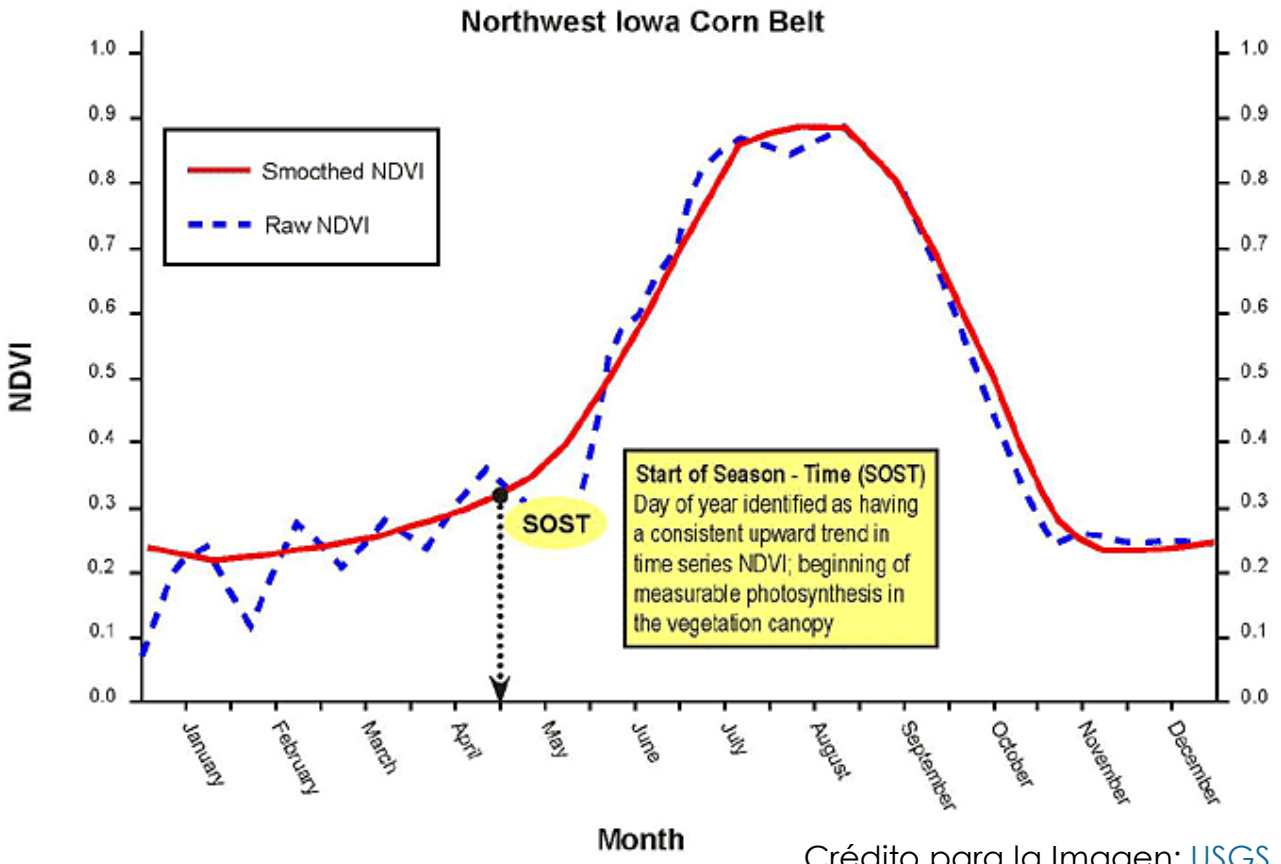
Inicio de Temporada (SOS) para Kansas, EE.UU. 2018



Crédito para la Imagen: USGS

Inicio de Temporada

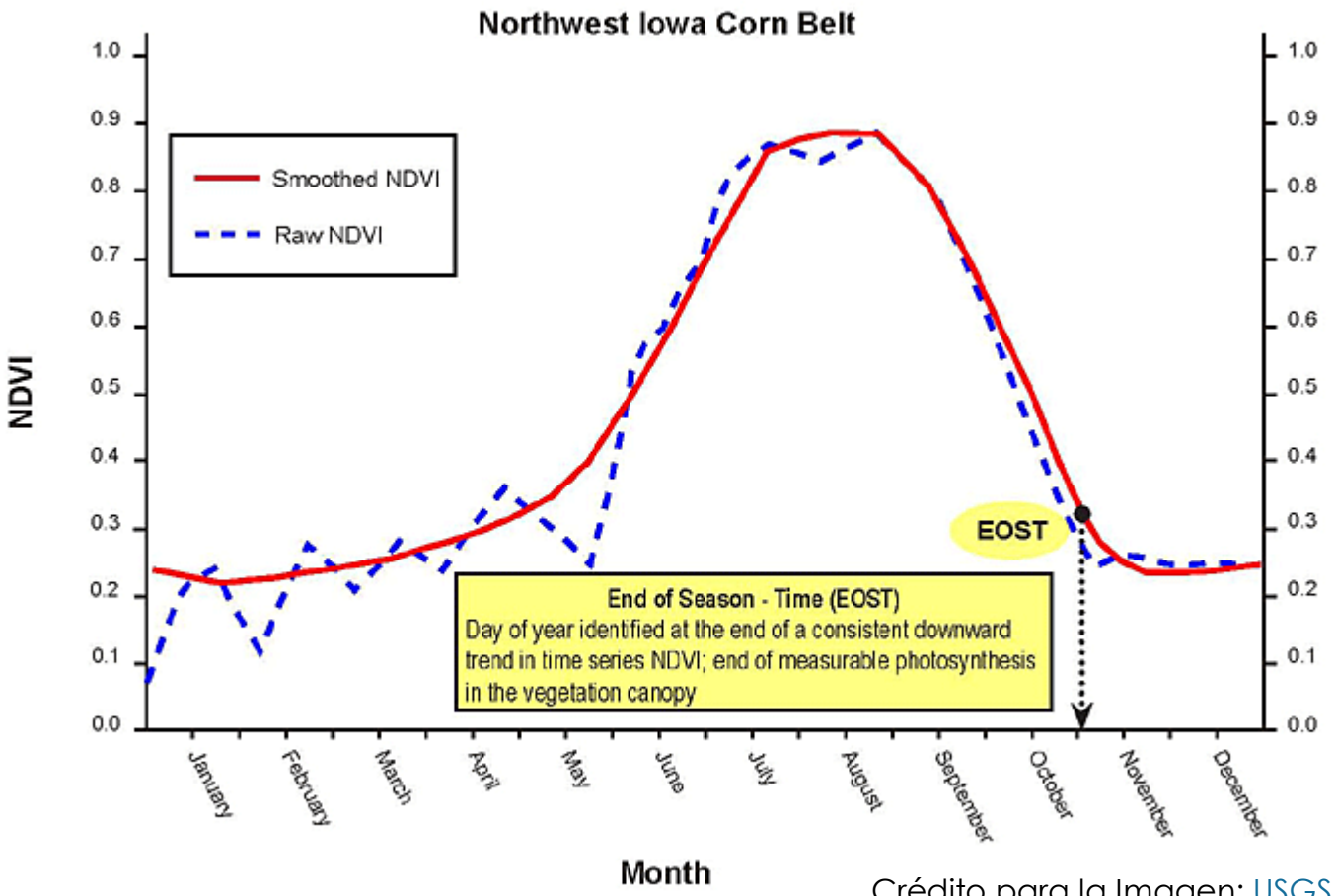
- **Tiempo de Inicio de Temporada (SOST)**
  - Día del año en el cual se identifica una tendencia ascendente consistente en el NDVI a base de series temporales
- **NDVI de Inicio de Temporada (SOSN)**
  - Valor (o base) del NDVI en el cual se identifica una tendencia ascendente consistente en el NDVI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



Crédito para la Imagen: USGS

Fin de Temporada

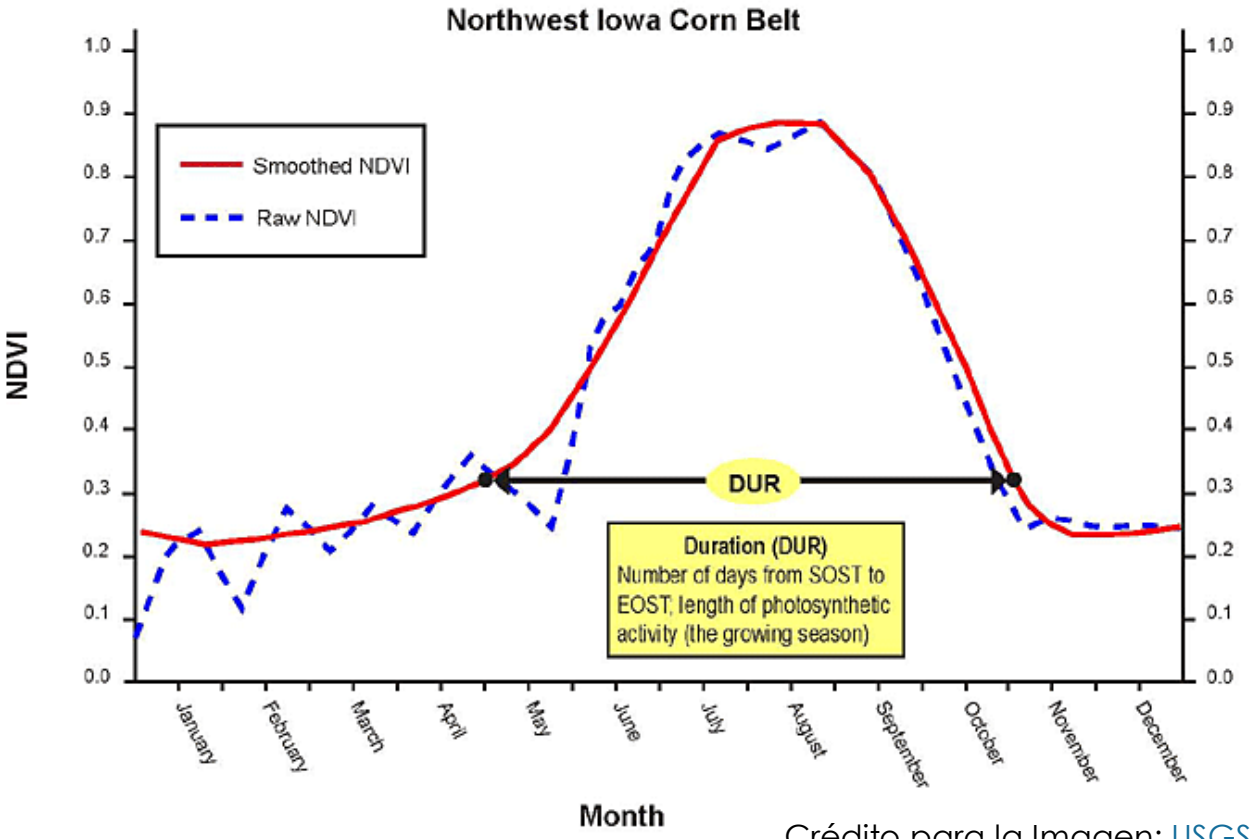
- **Tiempo de Fin de Temporada (EOST)**
  - Día del año en el cual se identifica una tendencia descendente consistente en el NDVI a base de series temporales
- **NDVI de Fin de Temporada (SOSN)**
  - Valor del NDVI que corresponde con un día del año que marca el final de una tendencia descendente consistente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



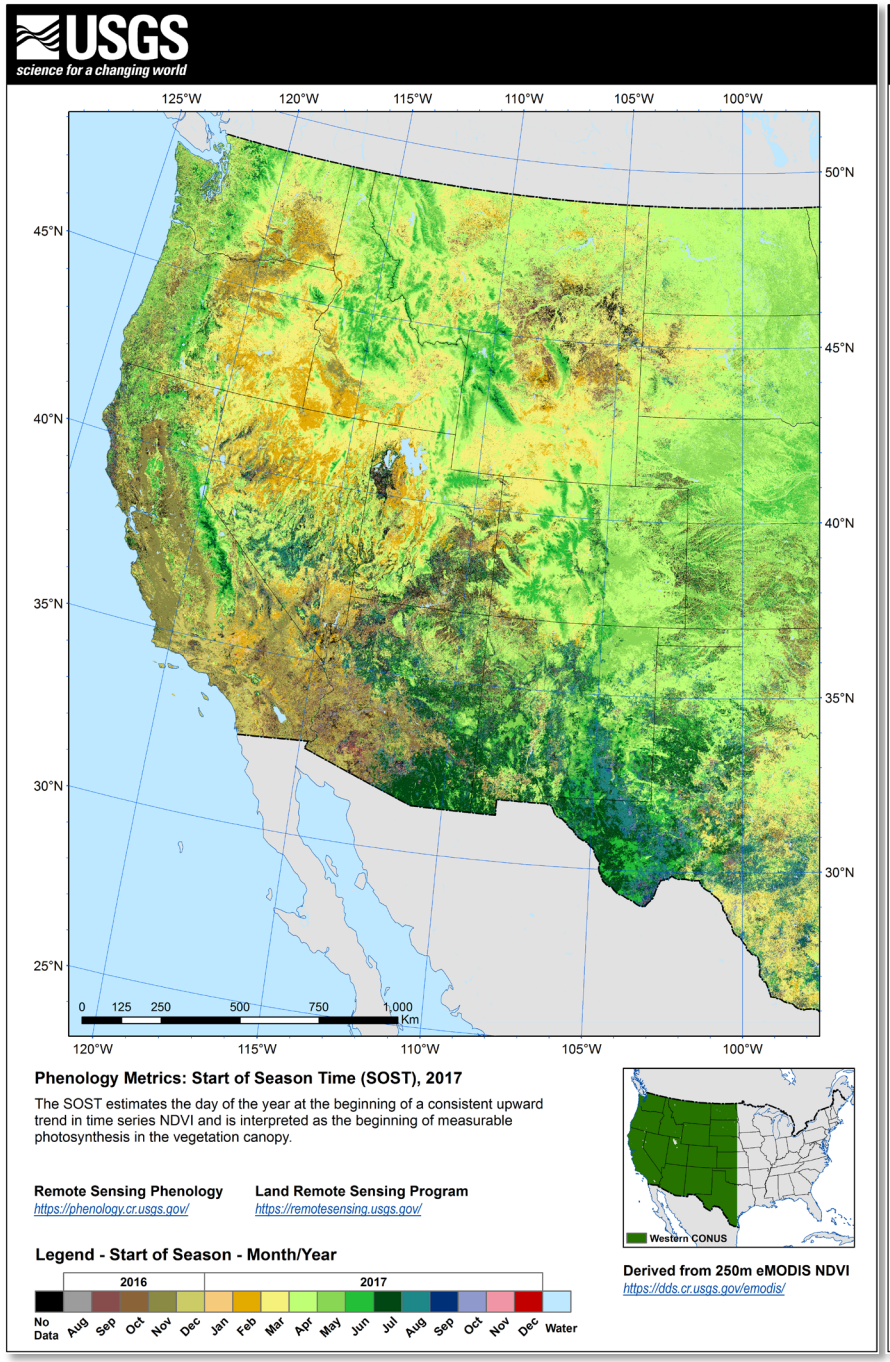
Crédito para la Imagen: USGS

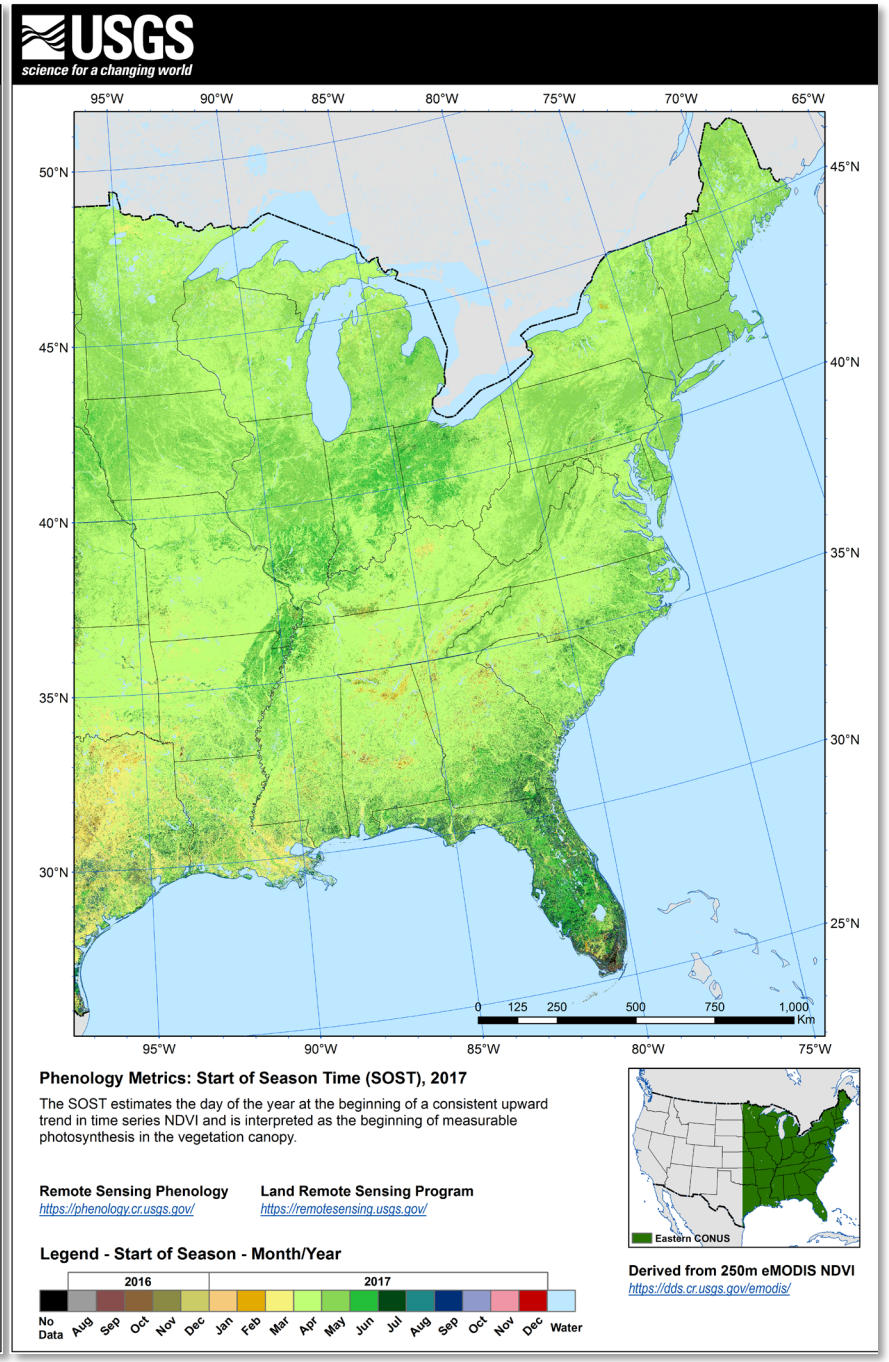
Máximo, Duración, Amplitud

- **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)

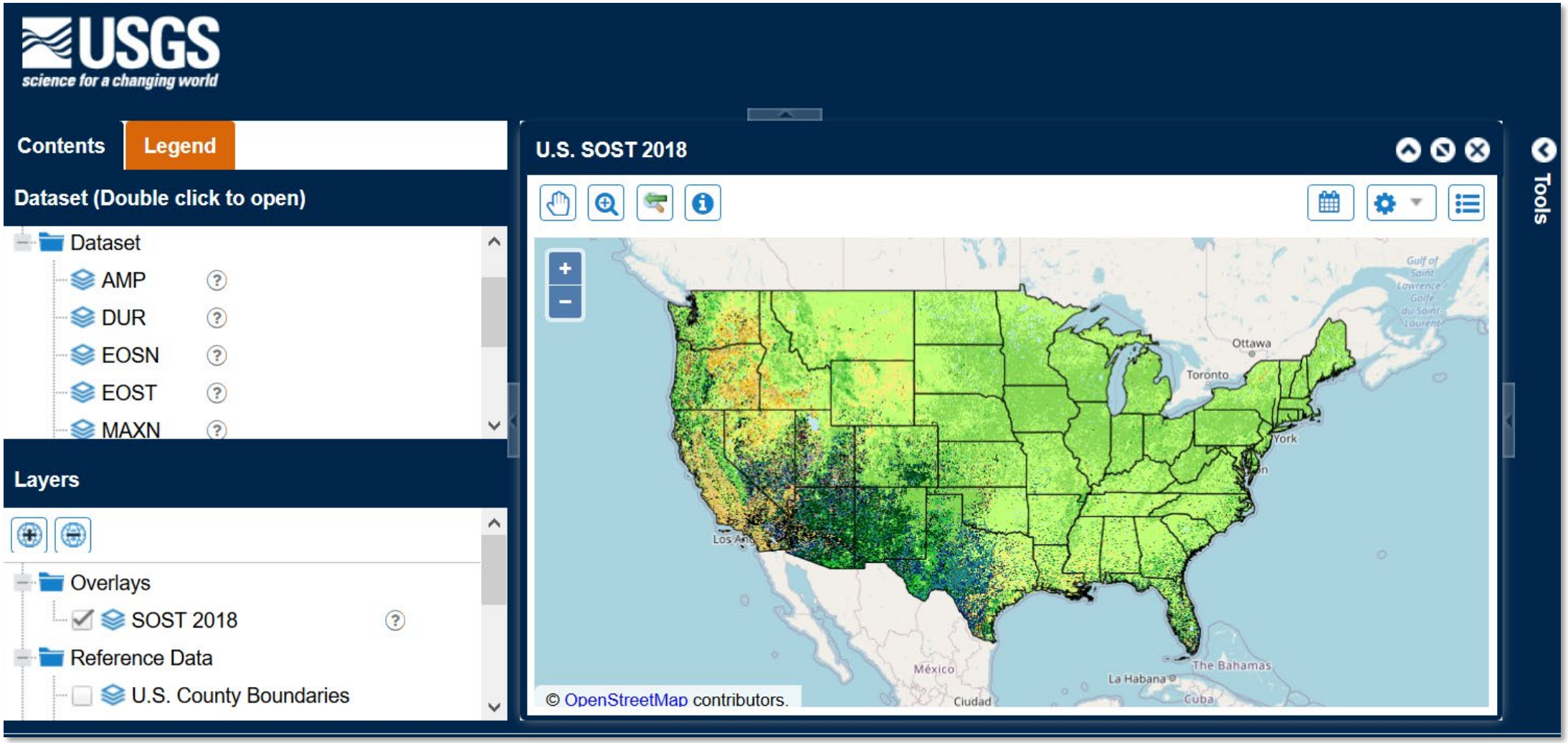


Crédito para la Imagen: USGS


USGS
science for a changing world
125°W
120°W
115°W
110°W
105°W
100°W
50°N
45°N
40°N
35°N
30°N
25°N
0 125 250 500 750 1,000 Km
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/
Legend - Start of Season - Month/Year
2016
2017
No Data
Aug Sep Oct Nov Dec Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Water
Western CONUS
Derived from 250m eMODIS NDVI
https://dds.cr.usgs.gov/emodis/

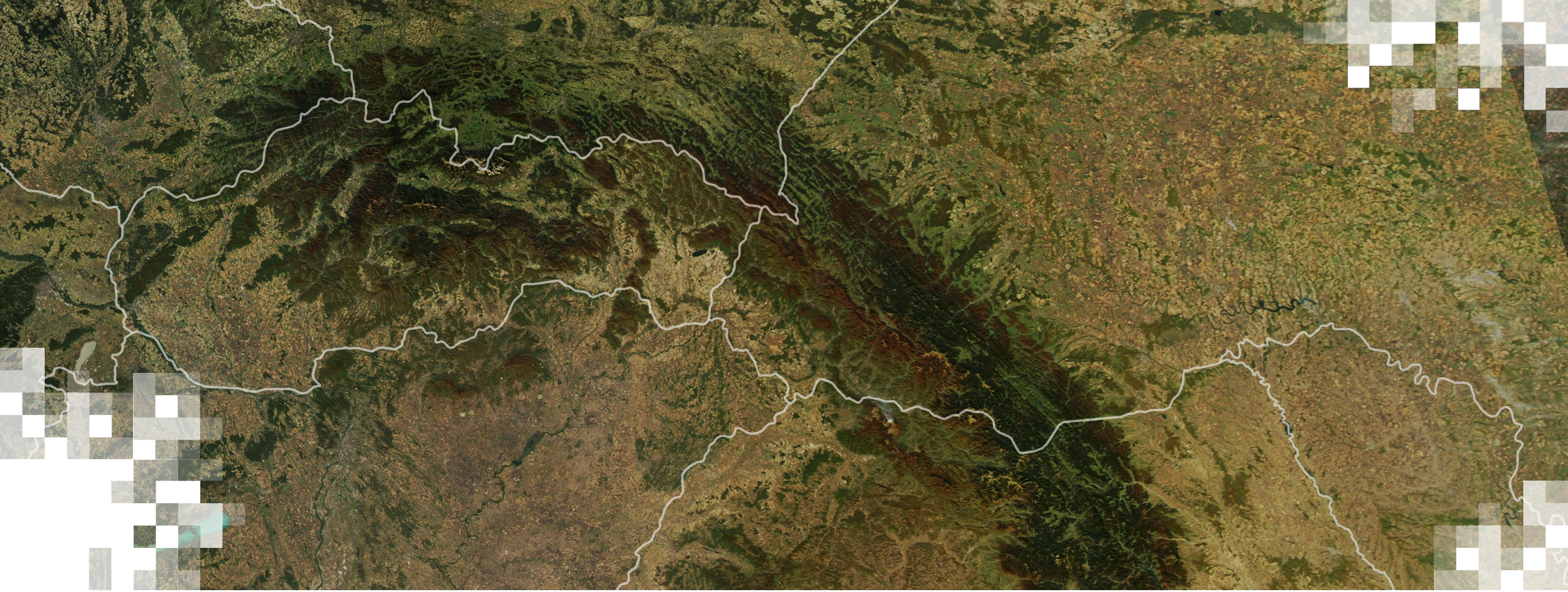

USGS
science for a changing world
95°W
90°W
85°W
80°W
75°W
70°W
65°W
50°N
45°N
40°N
35°N
30°N
25°N
0 125 250 500 750 1,000 Km
Phenology Metrics: Start of Season Time (SOST), 2017
The SOST estimates the day of the year at the beginning of a consistent upward trend in time series NDVI and is interpreted 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/
Legend - Start of Season - Month/Year
2016
2017
No Data
Aug Sep Oct Nov Dec Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Water
Eastern CONUS
Derived from 250m eMODIS NDVI
https://dds.cr.usgs.gov/emodis/

Visualizador de Fenolgía del USGS*



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

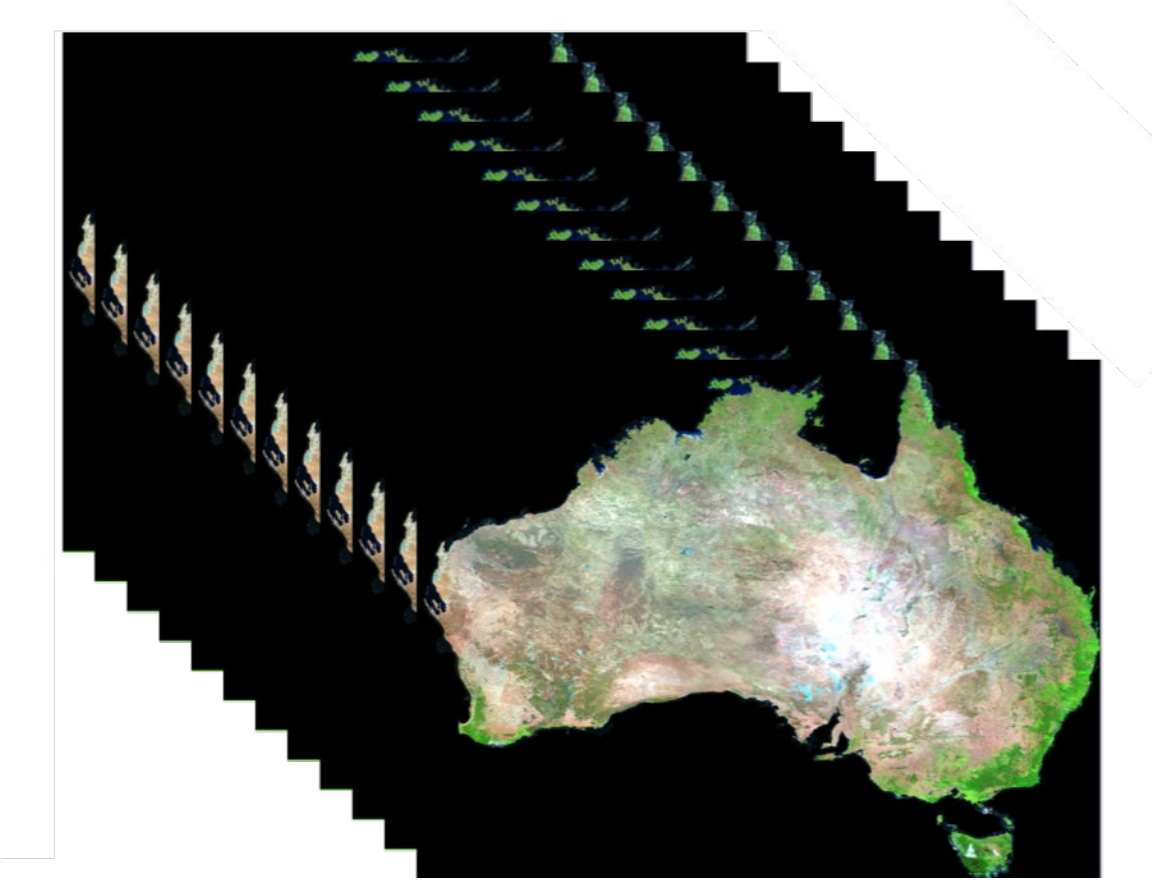
*USGS- Siglas en inglés del Servicio Geológico de EE.UU.



Métodos de Evaluación de la LSP

Métodos para Evaluar Métricas Estacionales

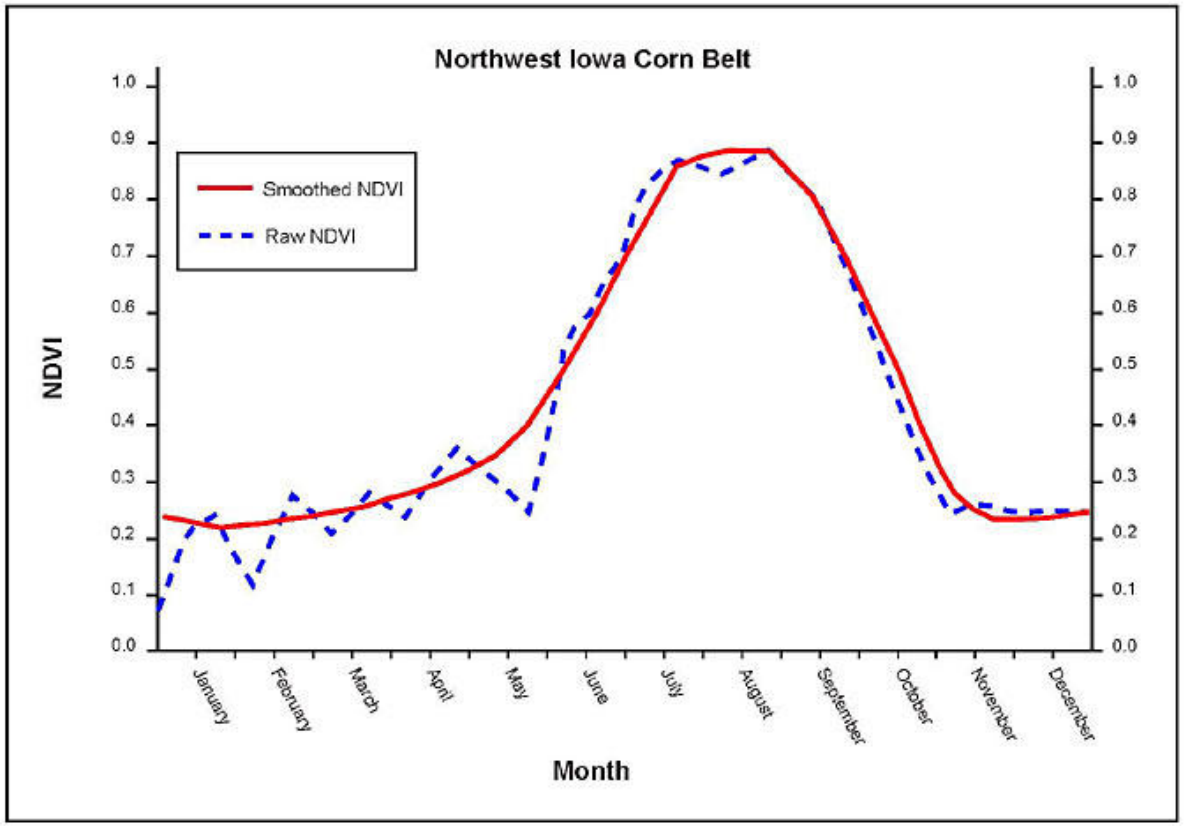
- Análisis de Series Temporales: Es algo crítico para la mayoría de las métricas de la fenología de la superficie terrestre y se utiliza para todos los siguientes métodos.
  - Valores Umbrales
  - Puntos de Inflexión
  - Tasas de Cambio
  - Promedio Móvil Ponderado



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

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:

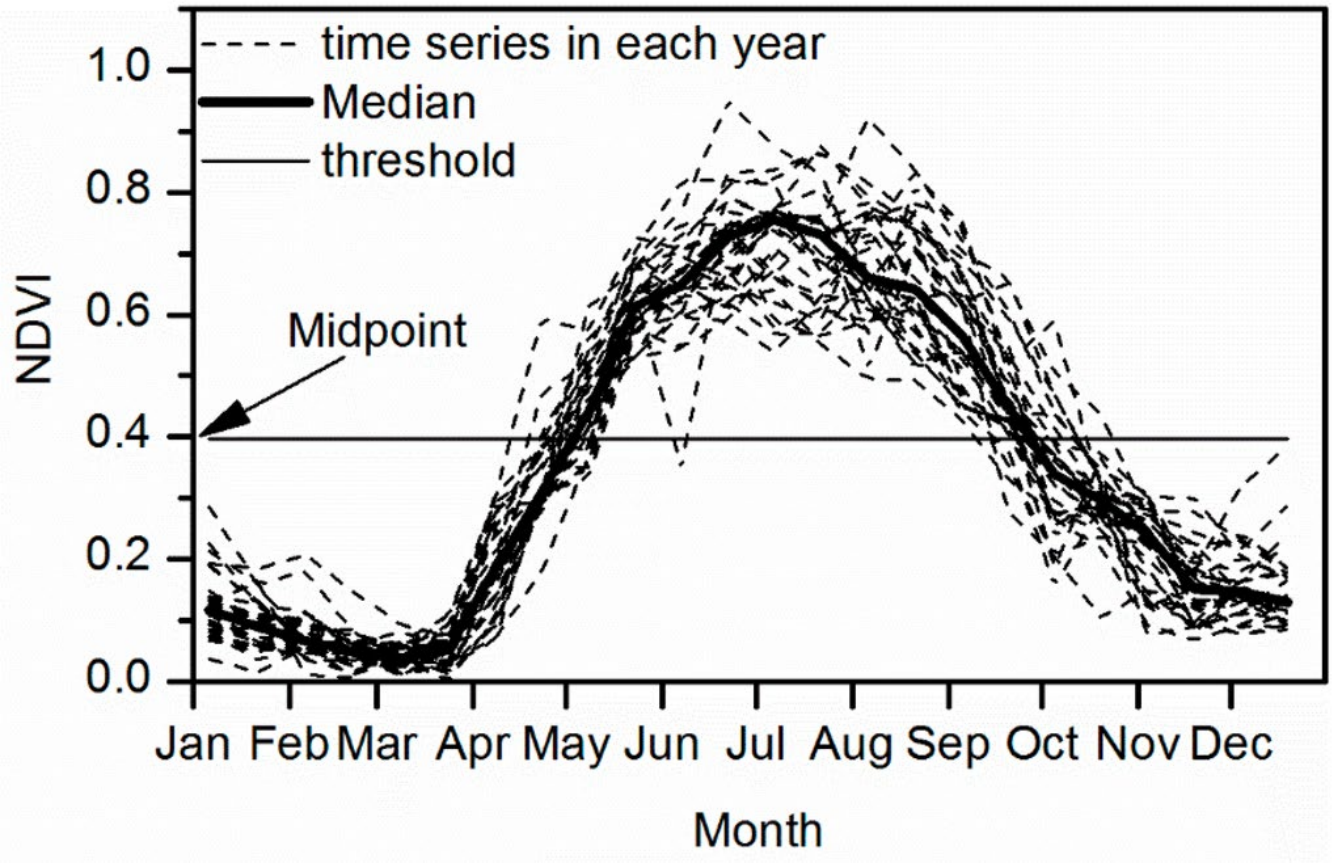
- Un NDVI que se fija como umbral
  - Ejemplo: El umbral del NDVI se fija en 0.099 y el SOS es cuando los valores del NDVI llegan a este valor

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)

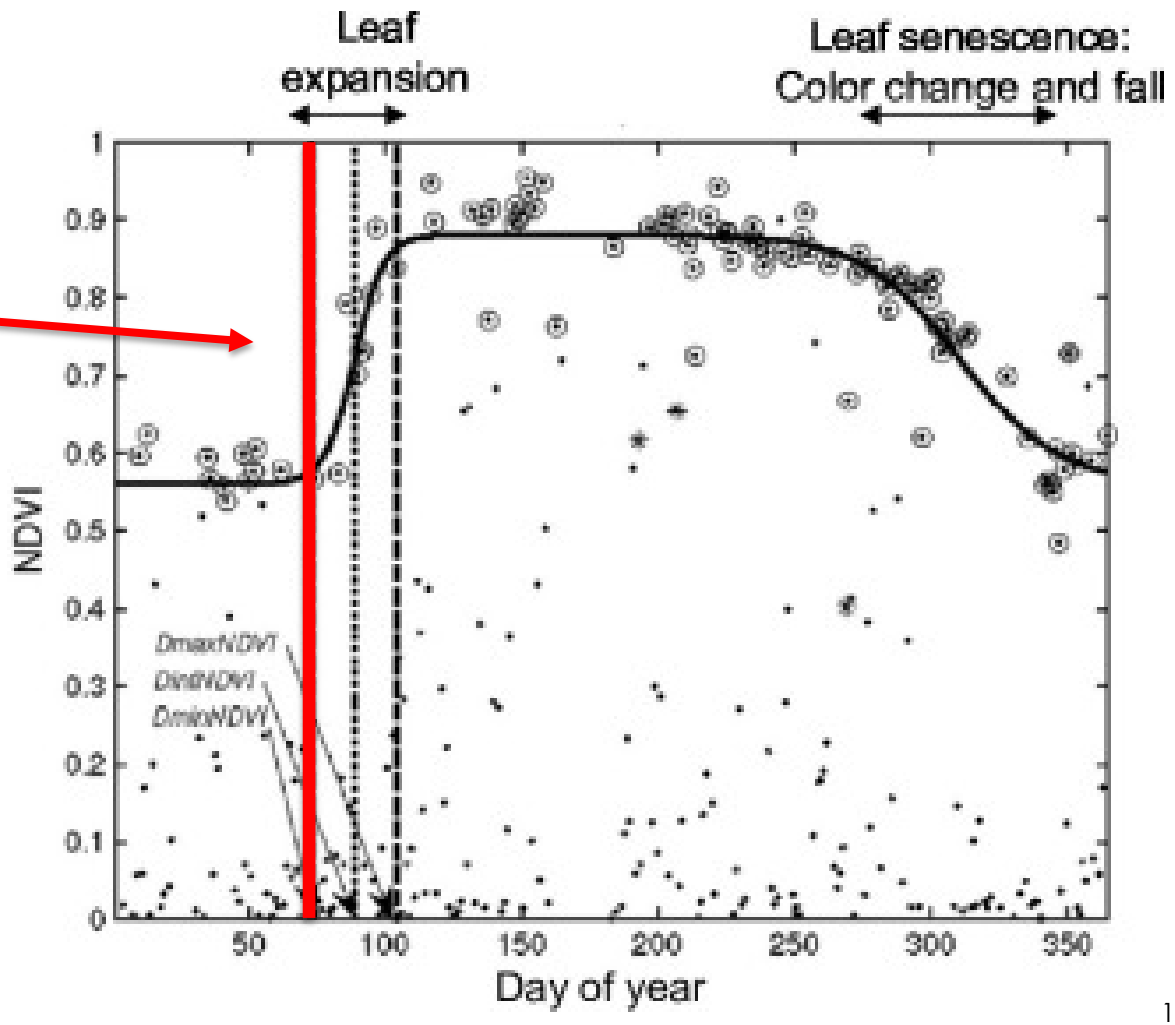


Ejemplo de Punto Medio. Crédito para la Imagen: Ge et al 2016

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.

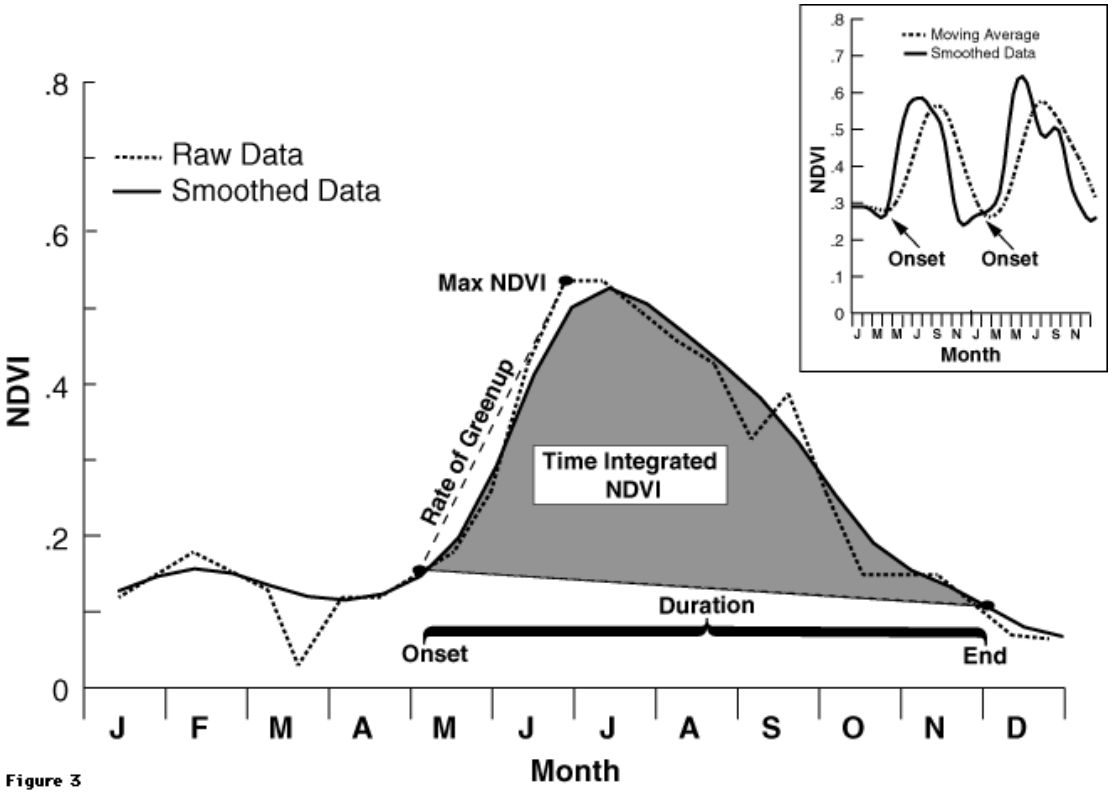
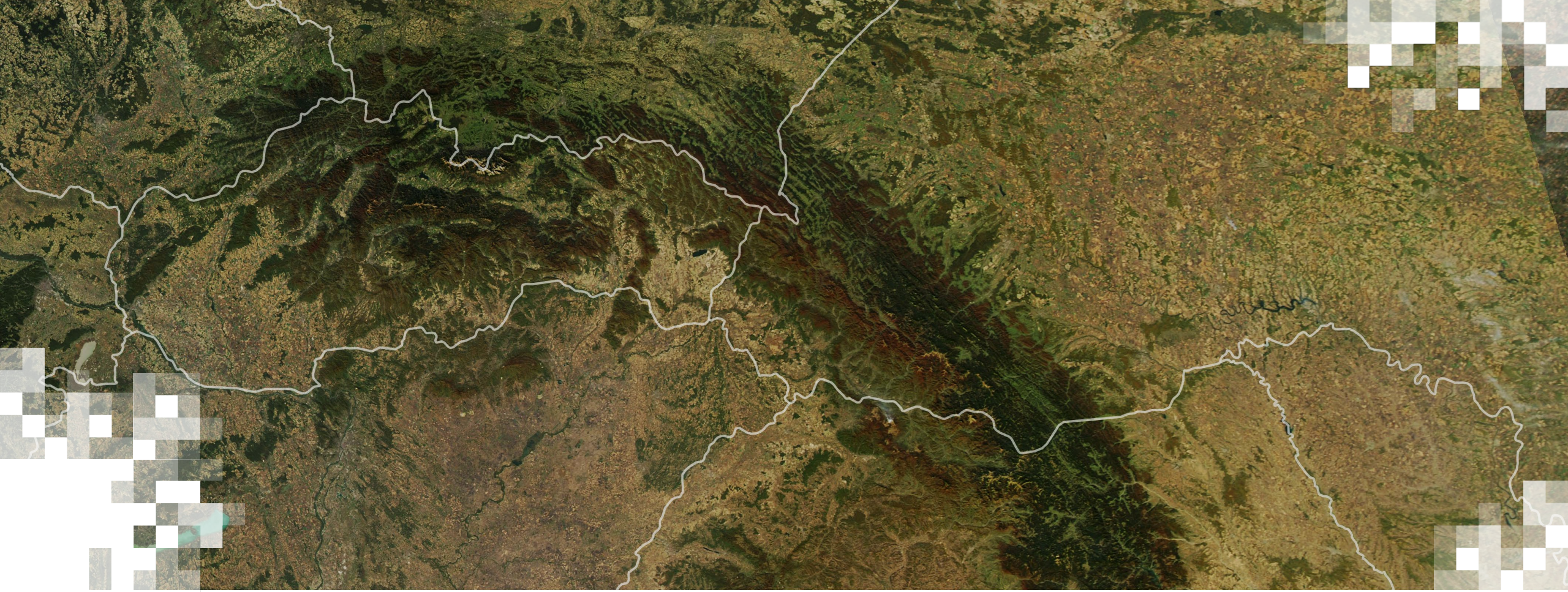


Figure 3
Reed and Sayler, 1997, "A Method for Deriving Phenological Metrics from Satellite Data, Colorado 1991-1995"
USGS EROS Data Center

Crédito para la Imagen: Reed y Sagler, 1997

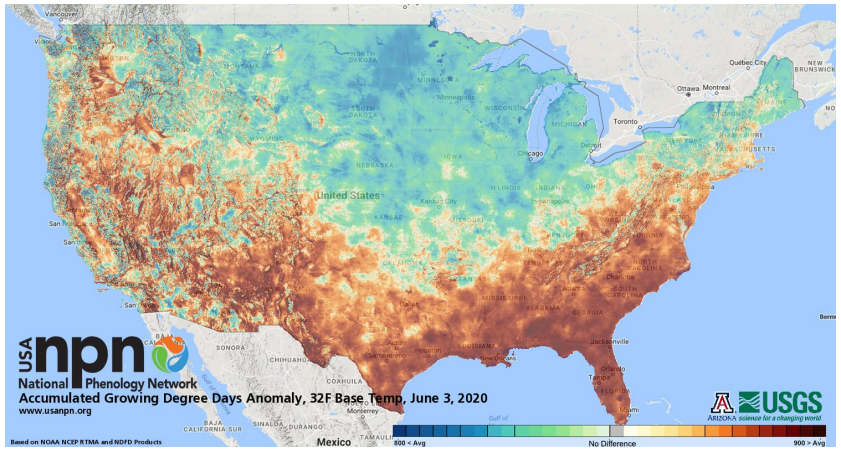


Casos de Estudio: Productos de NPN* Cuadriculados

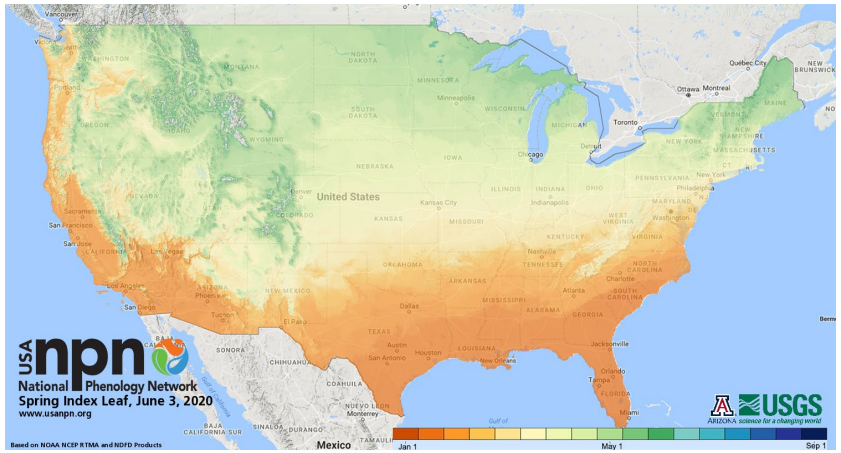
*Siglas de "National Phenology Network"– Red Nacional de Fenología en Inglés

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

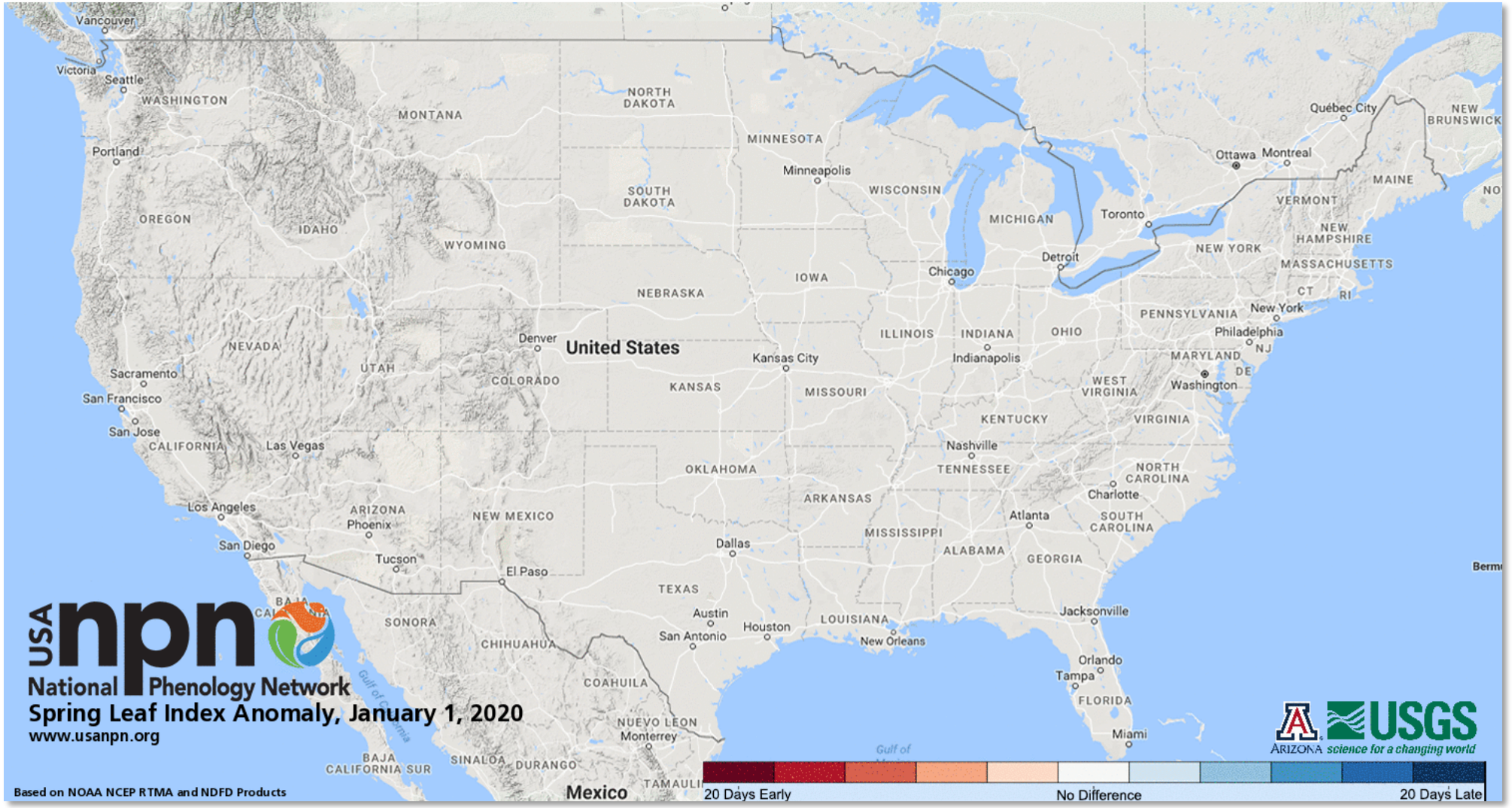


Anomalías de AGDD para el 3 jun. 2020



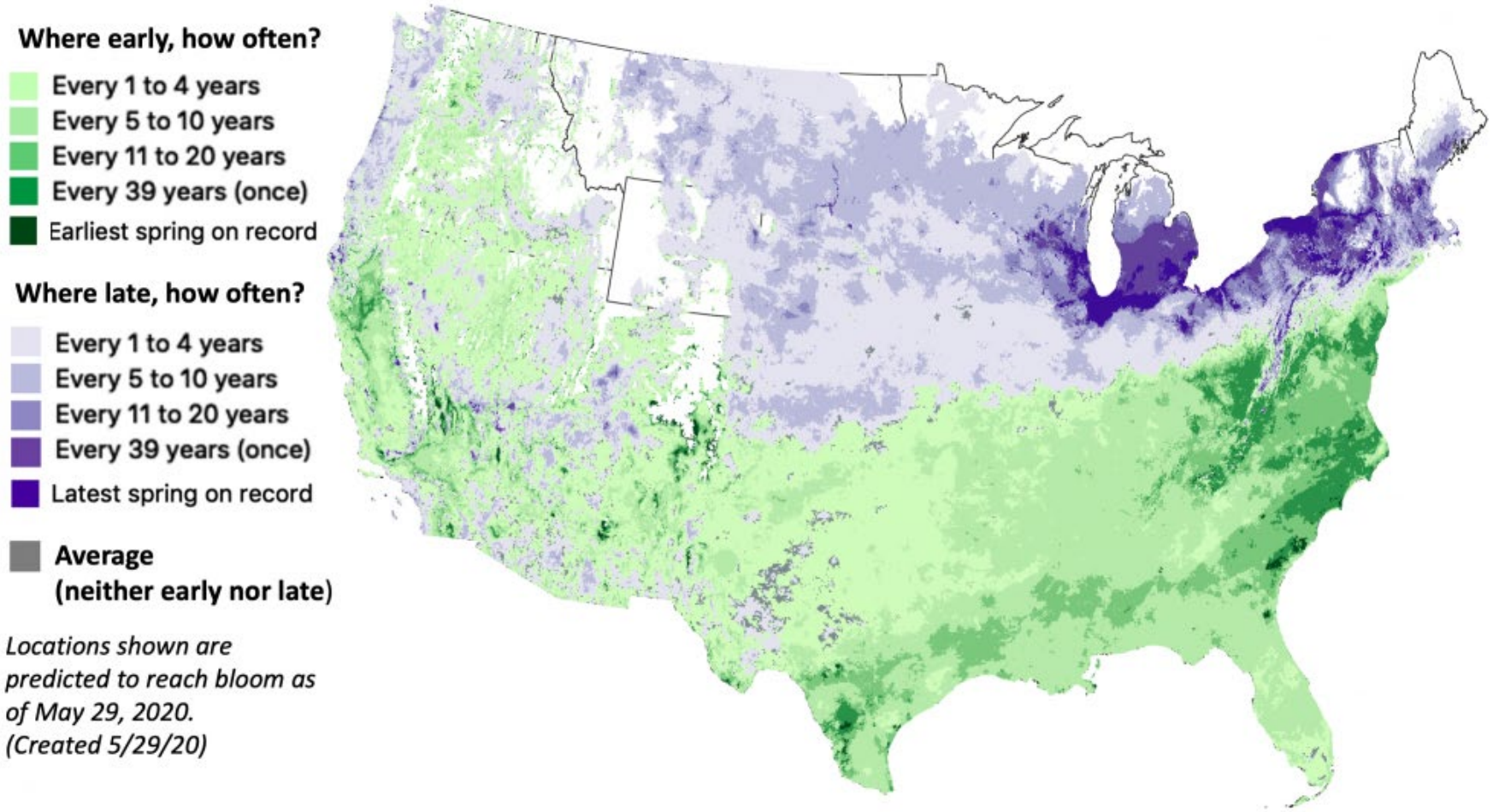
Índice Foliar Primaveral para el 3 jun. 2020

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



Crédito para la Imagen: NPN

¿Cada Cuánto Vemos una Primavera Tan Temprana o Tardía?



www.usanpn.org

USA npn National Phenology Network

USGS science for a changing world

ARIZONA

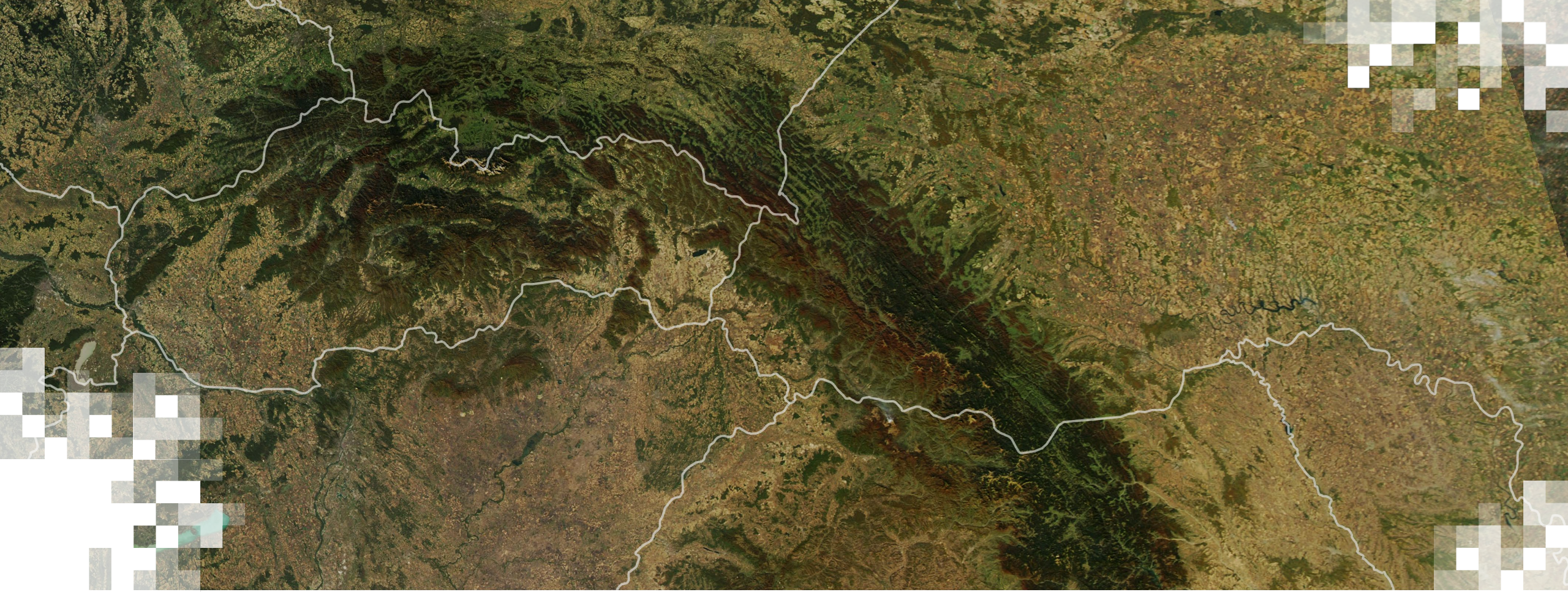
A lo largo de un período de 39 años de registros de fechas de floración primaverales, ¿con qué frecuencia vemos primaveras como en 2020?

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

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

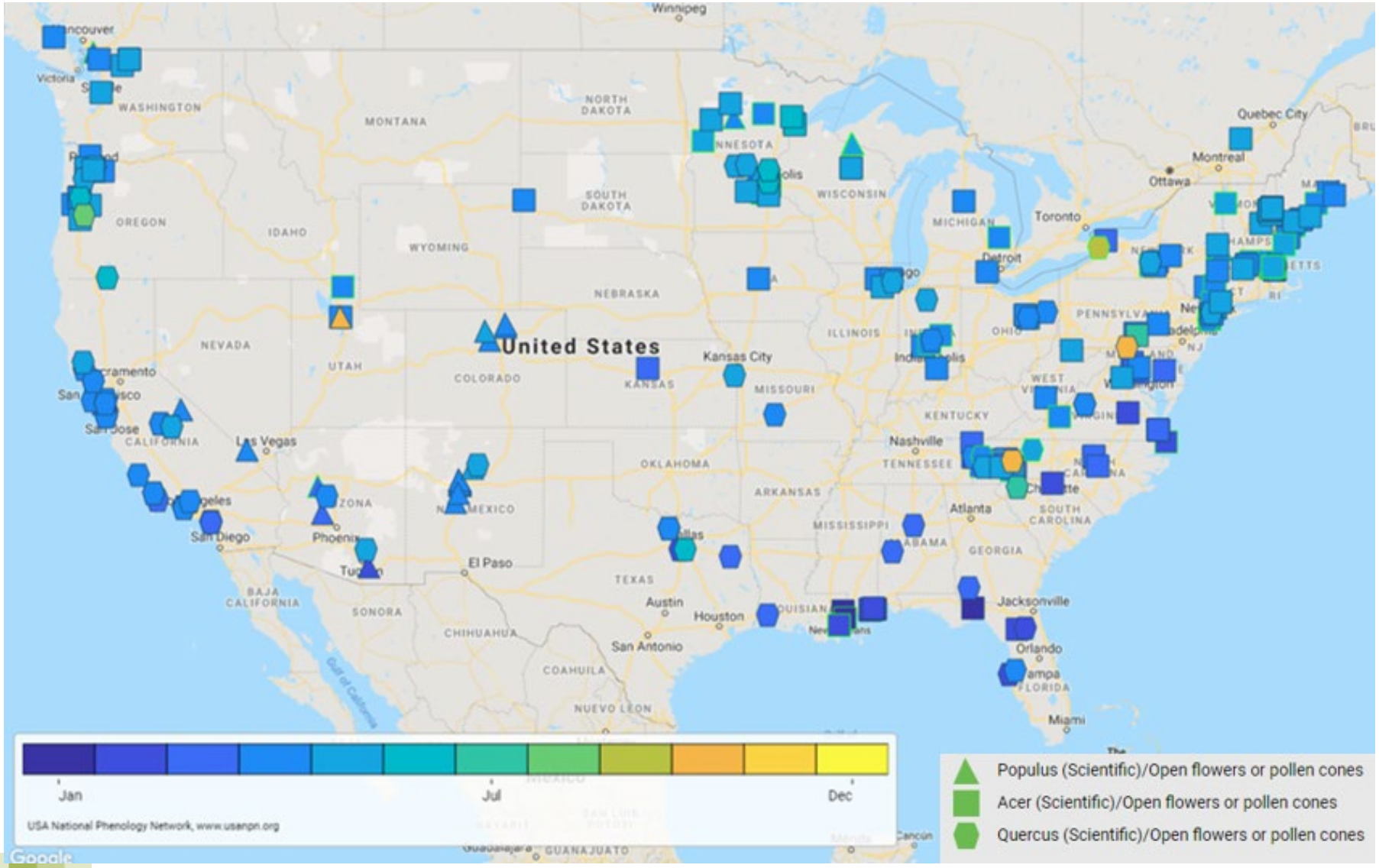
Crédito para la Imagen: NPN

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

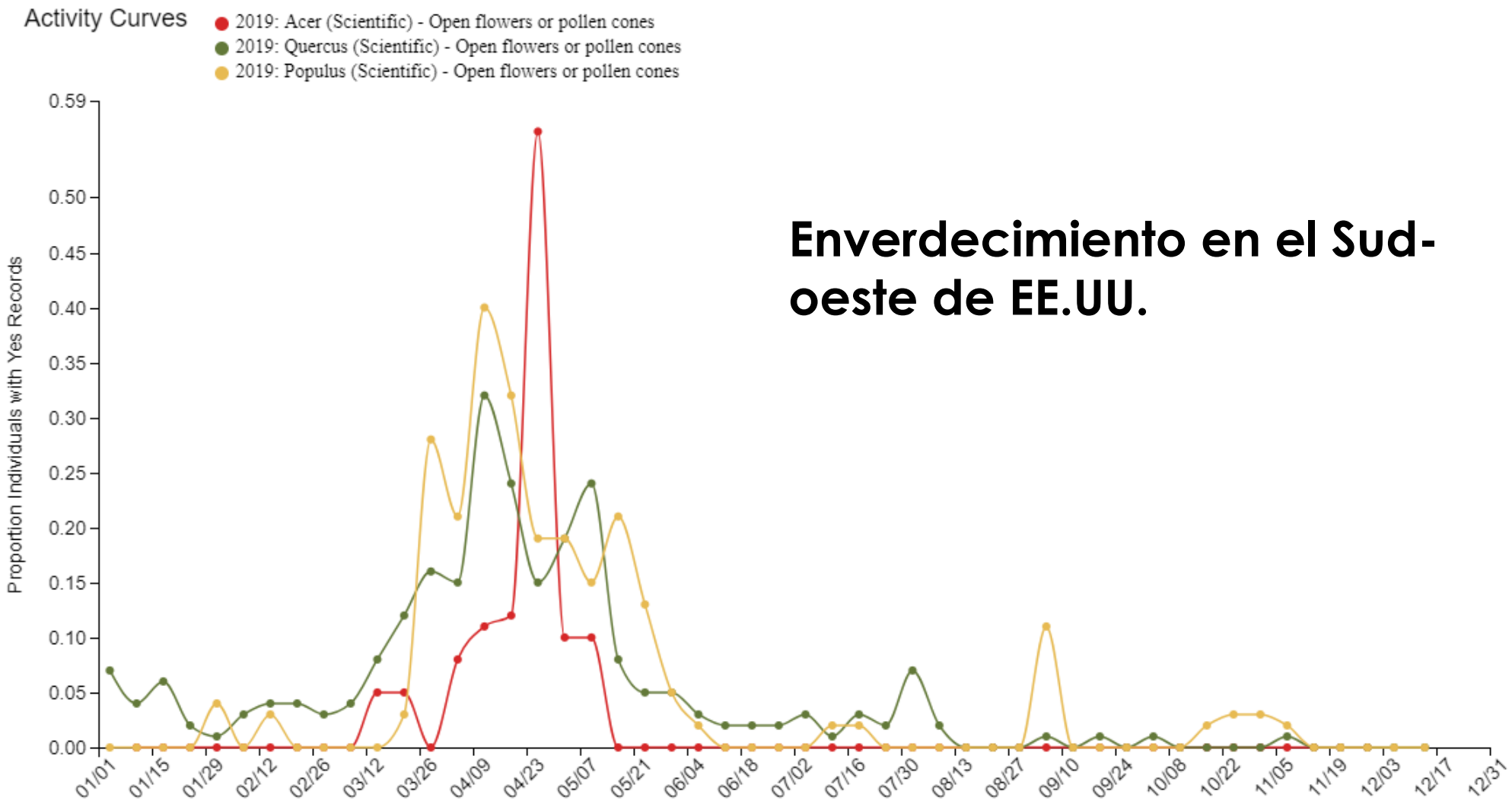
Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019



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.

Crédito para la Imagen: NPN

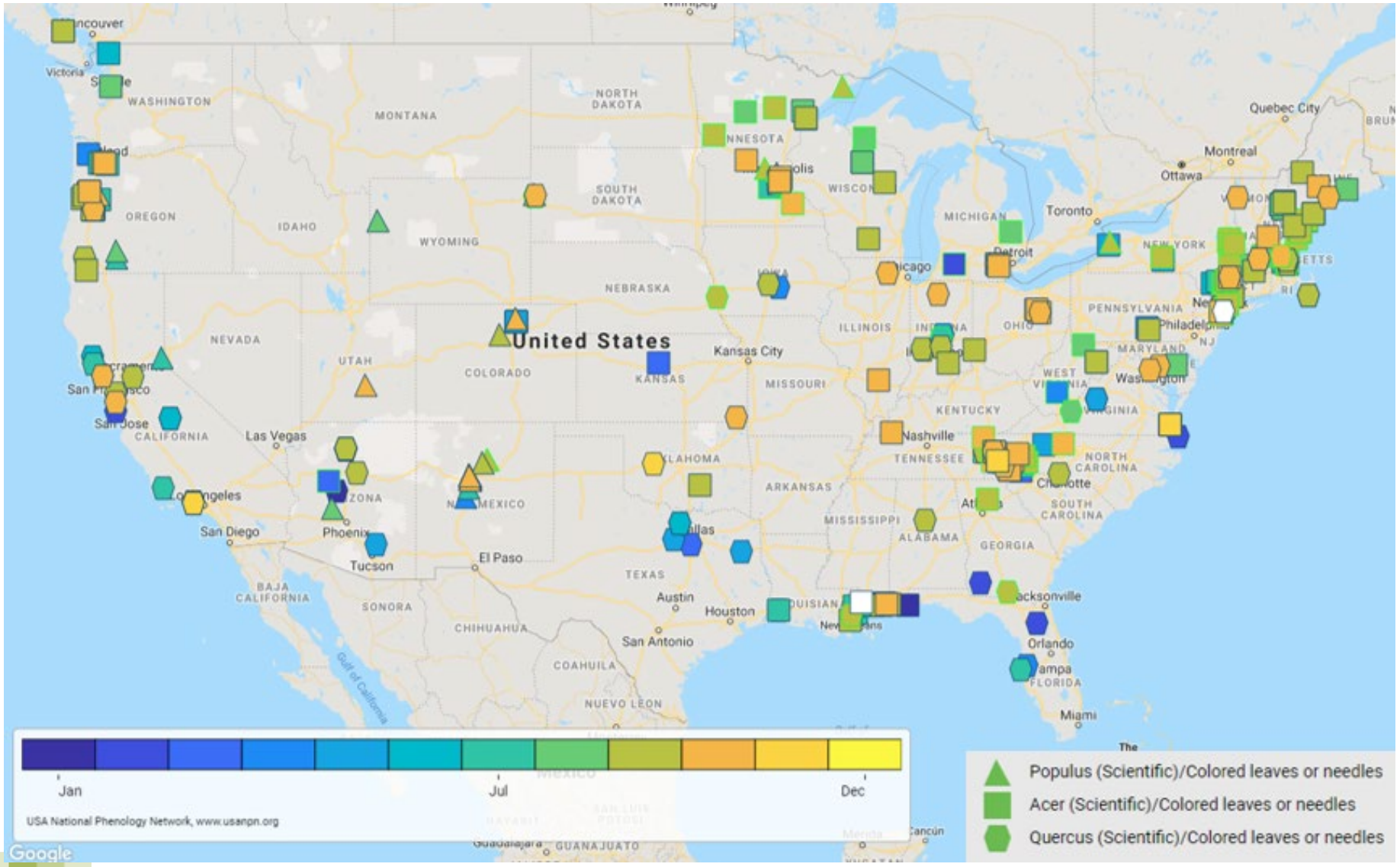
Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019



USA National Phenology Network, www.usanpn.org

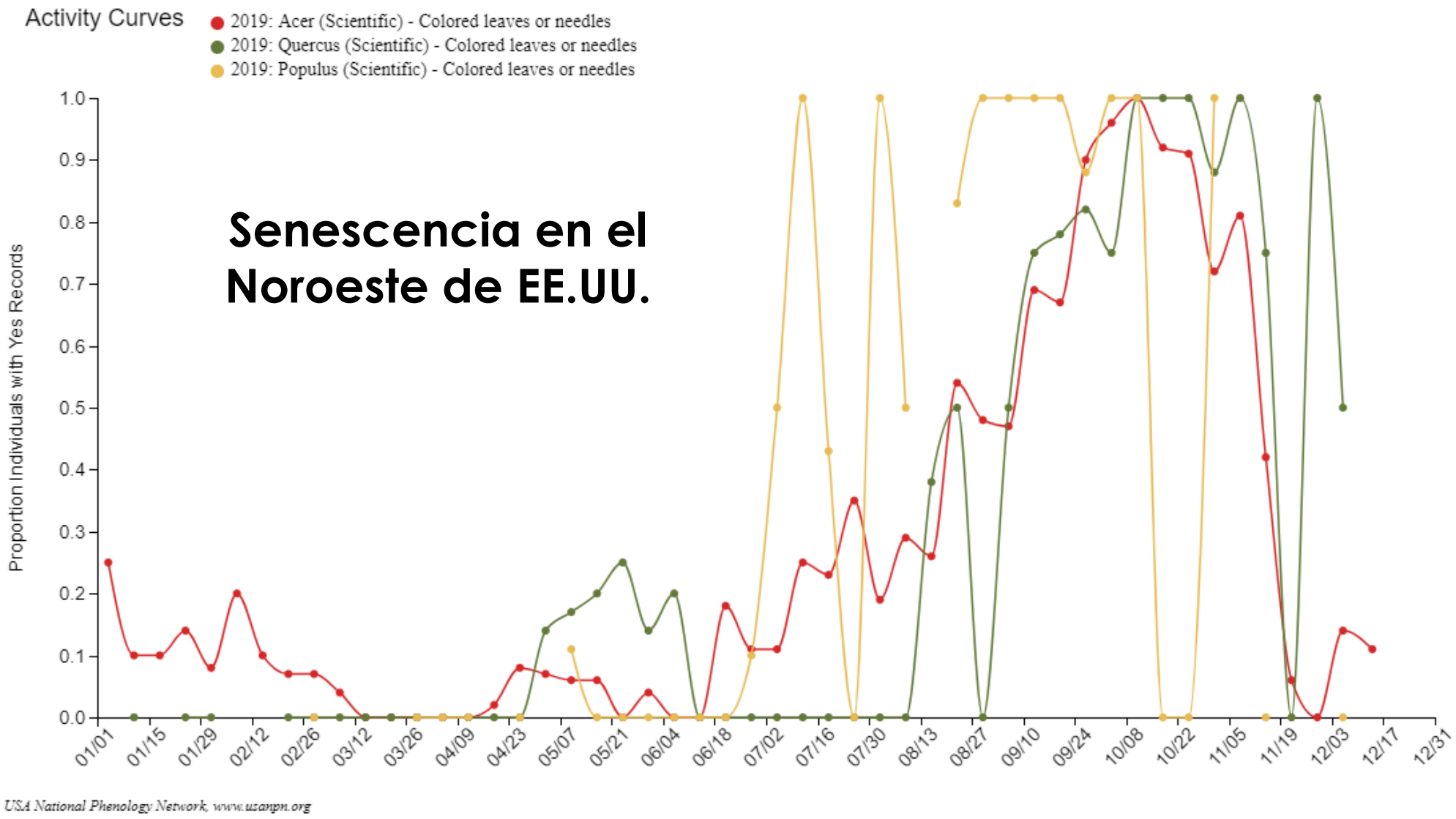
Enverdecimiento en el Sud-oeste de EE.UU.

Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019

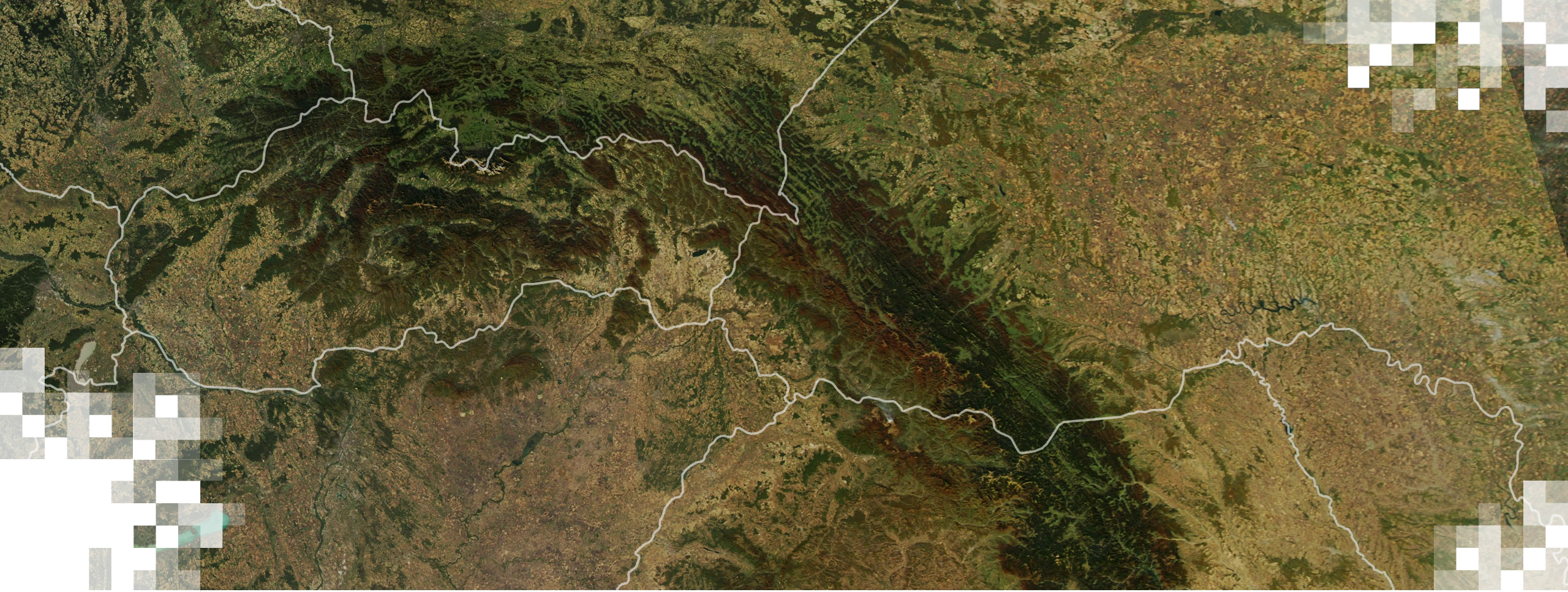


Sitios reportando "sí" para hojas coloreadas en especies observadas por Ola Verde en 2019. Los colores corresponden a la época del año cuando se reportaron hojas coloreadas en el sitio. Las figuras denotan arces, robles, o álamos. Los bordes verdes indican más de un género observado en ese sitio.

Modelación de la Ola Verde: Campaña 2019



Senescencia en el Noroeste de EE.UU.



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

- **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

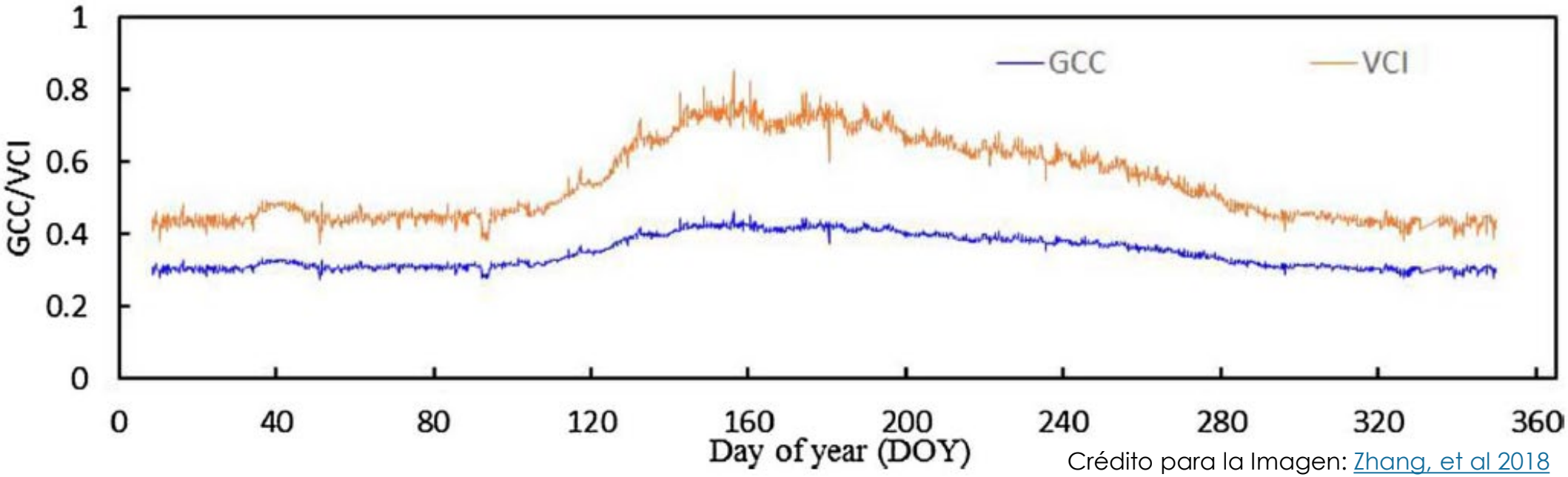
PhenoCam- Índices de Vegetación

- Green Chromatic Coordinate (GCC)

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

- Vegetation Contrast Index

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

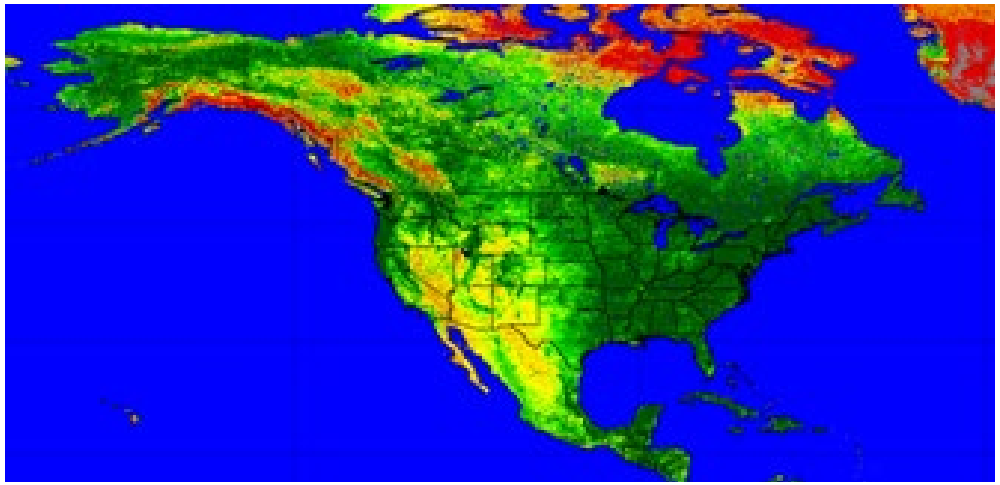


Crédito para la Imagen: Zhang, et al 2018

VIIRS- Índices

- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

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



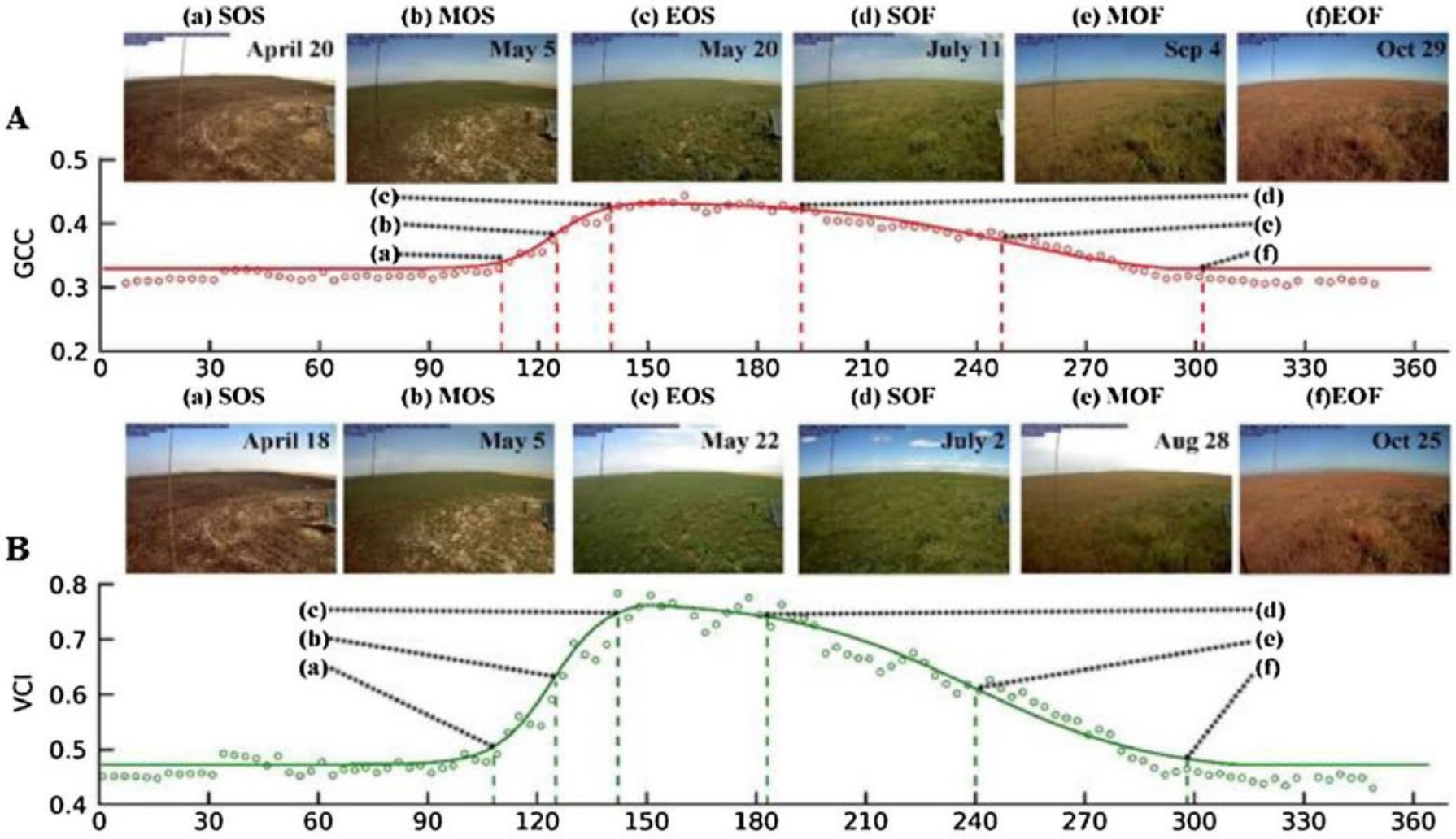
Crédito para la Imagen: NASA/NOAA

- Modified Enhanced Vegetation Index (EVI2)

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

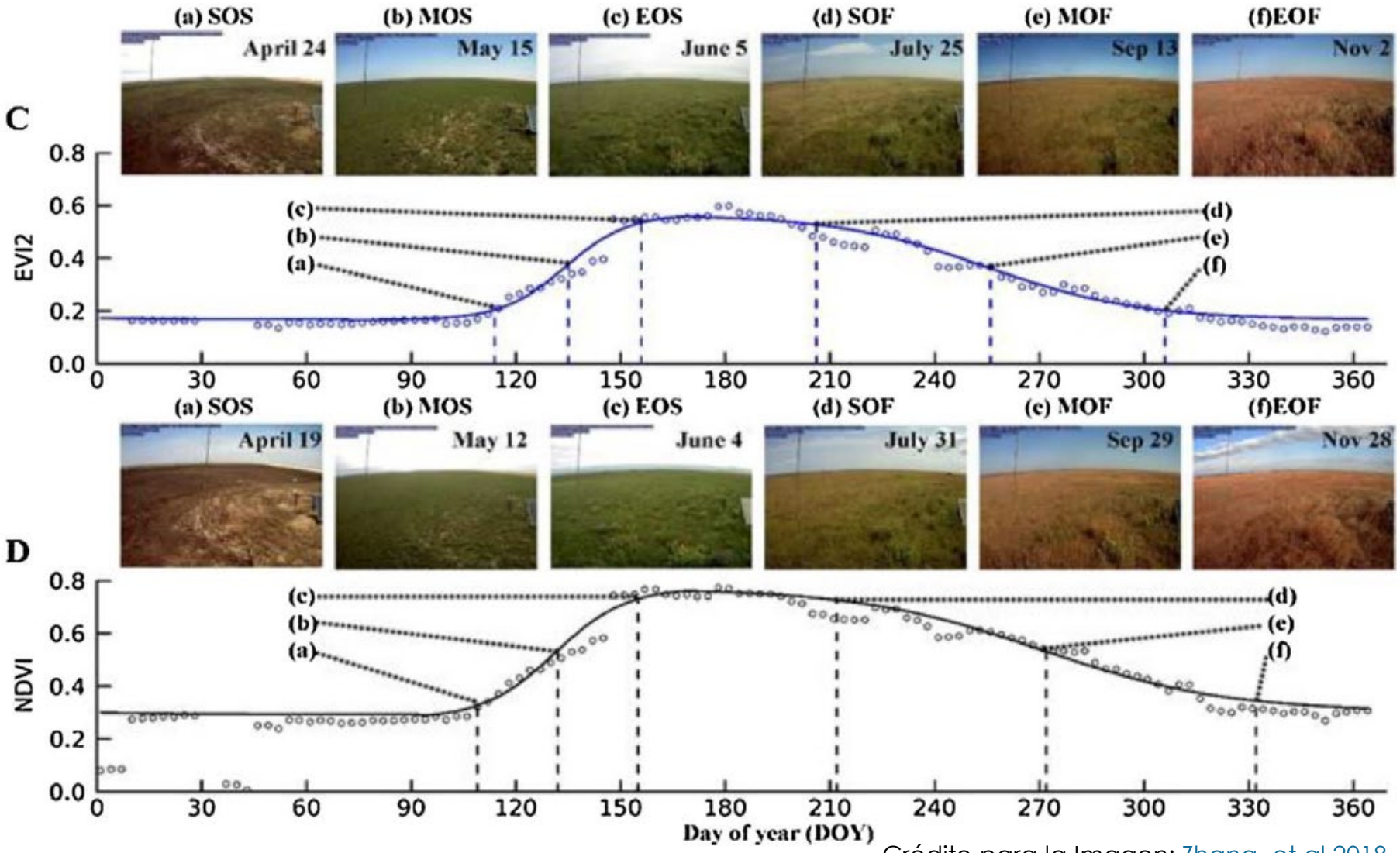
- L es el ajuste del dosel a fondo (igual a 1)
- C es el coeficiente de resistencia de aerosoles (igual a 2.4)
- G es un factor de ganancia con un valor de 2.5.

Comparaciones- PhenoCam vs. VIIRS



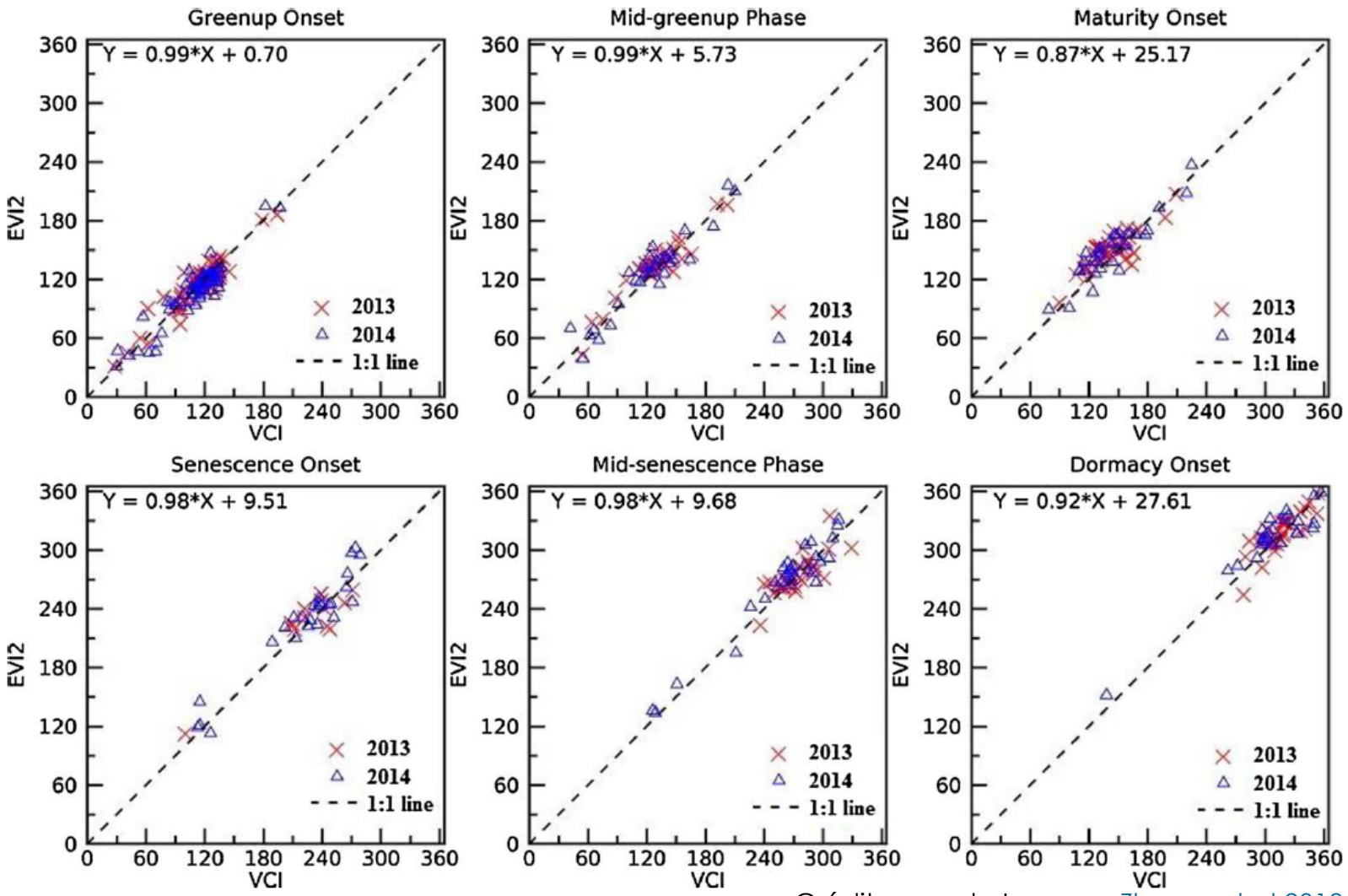
Crédito para la Imagen: Zhang, et al 2018

Comparaciones: PhenoCam vs. VIIRS

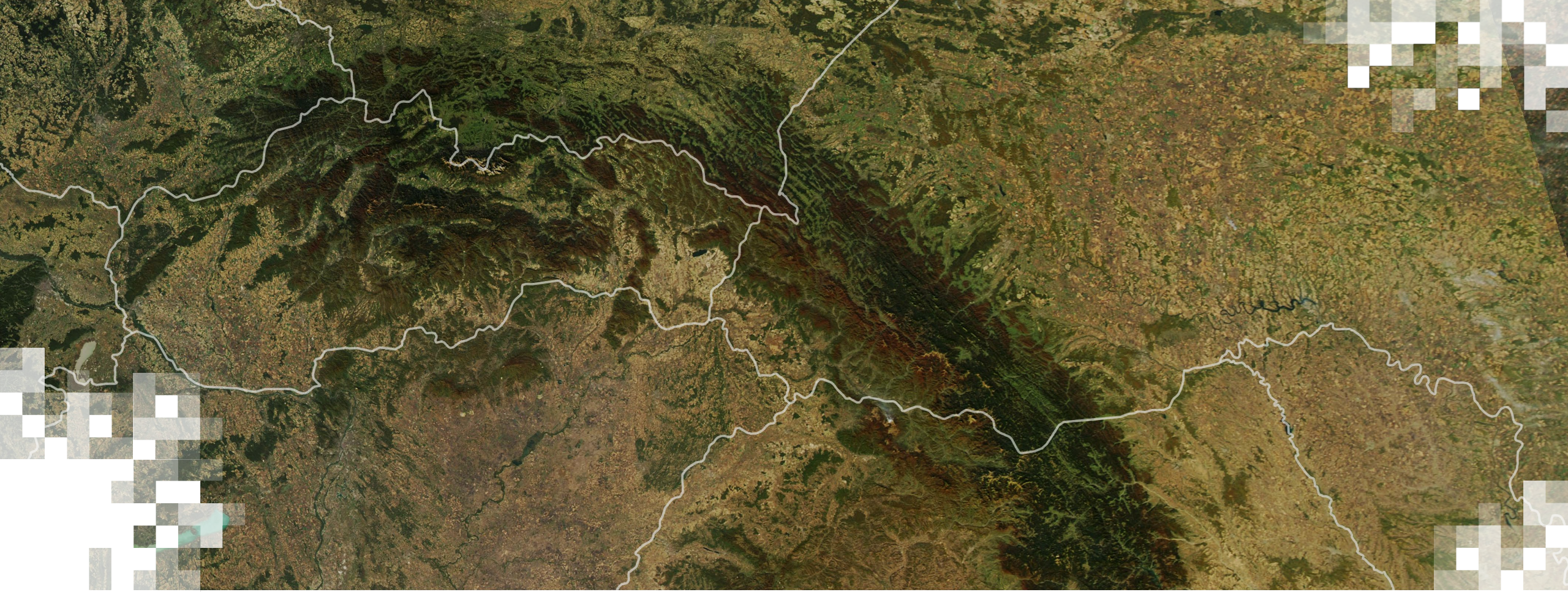


Crédito para la Imagen: Zhang, et al 2018

VIIRS EVI2 vs. PhenoCam VIC



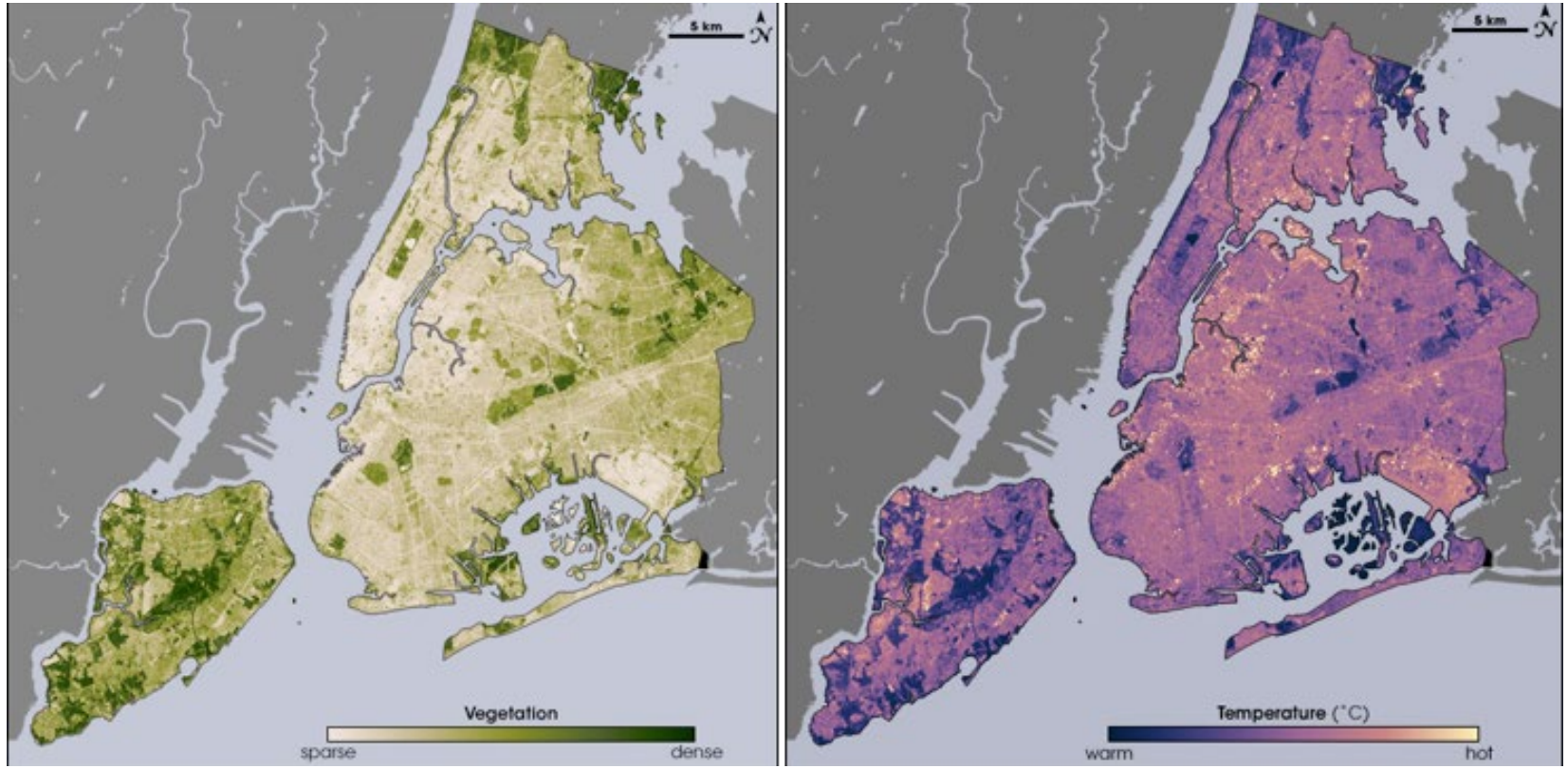
Crédito para la Imagen: Zhang, et al 2018



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 significantemente 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.

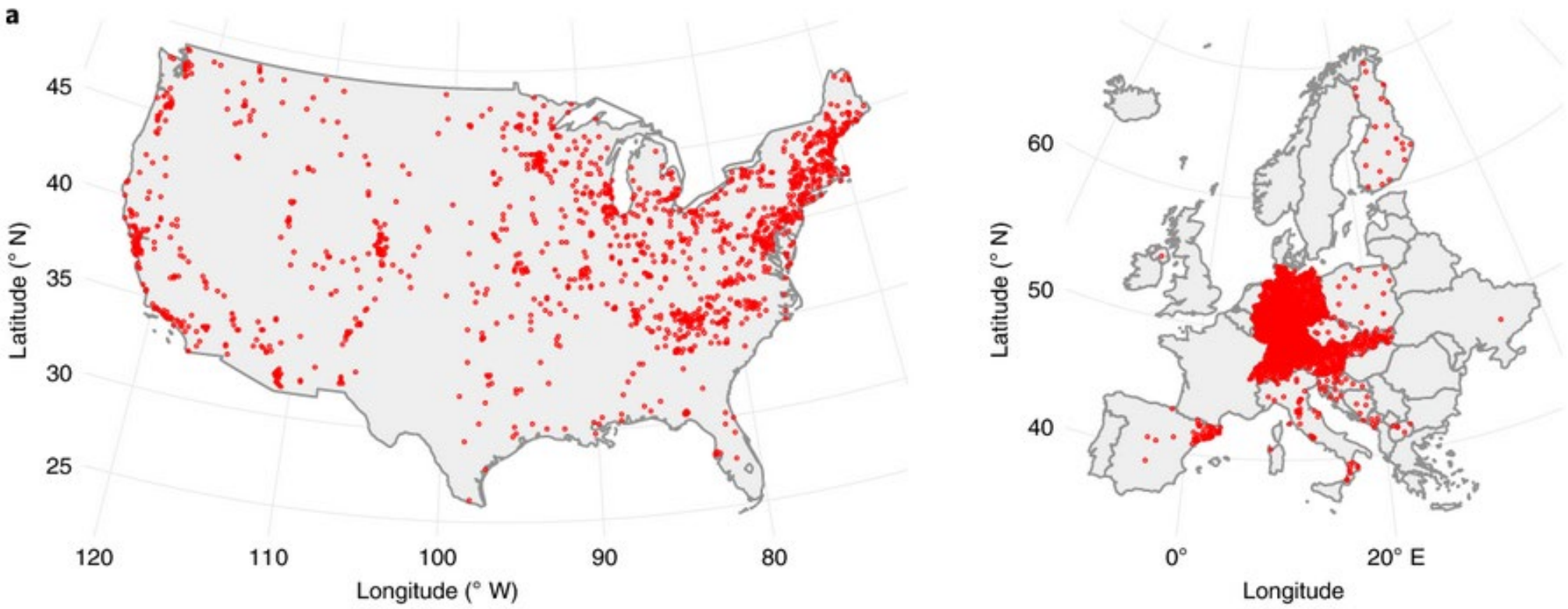
UHIs y Fenología

- 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

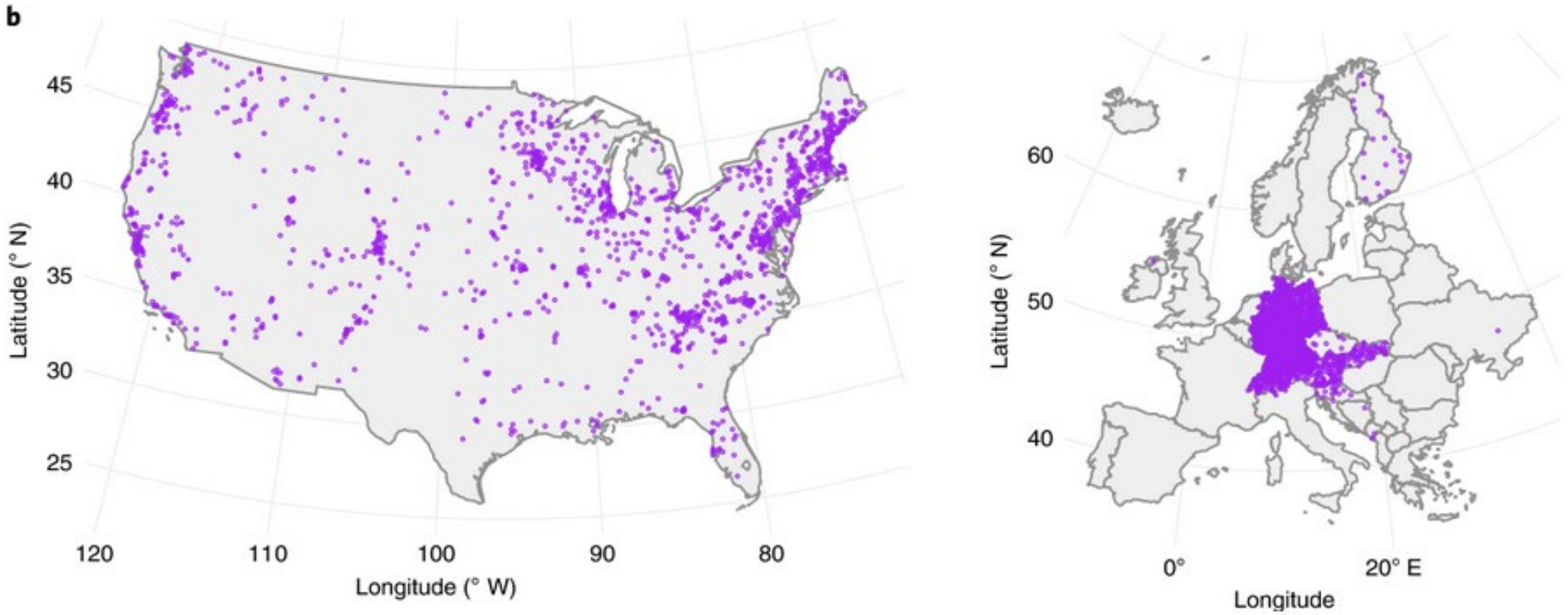
Observaciones: Floración Foliar



Observaciones del florecimiento foliar. Crédito para la Imagen: Li et al., 2019

European Phenology Network

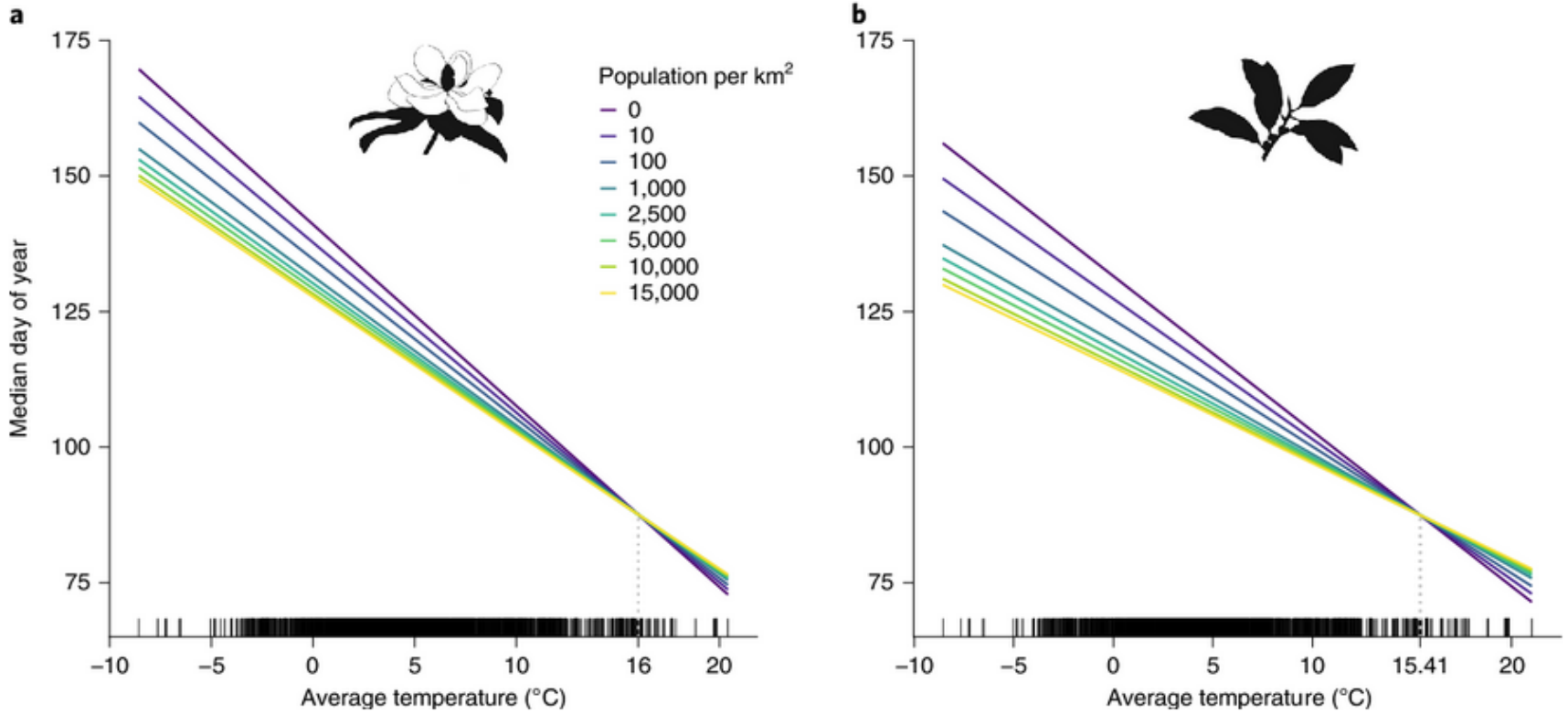
Observaciones: Defoliación



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 Cuadriculados 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!