

ANALISIS DE TORMENTA CON IMÁGENES SATELITALES - INDICES ESPECTRALES. 2025



MENDOZA

Ministerio de
Producción

TORMENTA DEL 20/09/2025. VALLE DE UCO**1. Introducción**

Para el análisis con imágenes satelitales sobre el evento meteorológico del 20 de septiembre de 2025 en el Departamento San Carlos donde se desarrollaron tormentas graniceras, se utilizaron imágenes del satélite Sentinel-2A provistas por el programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA). Se seleccionaron dos escenas libres de nubes correspondientes a las fechas 16 de septiembre de 2025 (pre-tormenta) y 1 de octubre de 2025 (post-tormenta), con el objetivo de evaluar las variaciones en la cobertura y el vigor de la vegetación asociadas al fenómeno de tormenta.

Para este caso se ha decidido analizar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este es un índice para analizar y evaluar la salud de los cultivos a partir de imágenes satelitales. Muestra el estado de salud según la cantidad de luz de distintas longitudes de onda que absorben y reflejan las plantas.

Al estar normalizado los valores permanecen constantes a lo largo de un intervalo fijo comprendido entre -1 y 1, siendo -1 áreas de vegetación poco vigorosa y 1 zonas de mayor vigorosidad vegetal.

El procesamiento de las imágenes se realizó en QGIS 3.40. Se generaron composiciones en color real (Bandas 4, 3 y 2) y NDVI, empleando la expresión estándar:

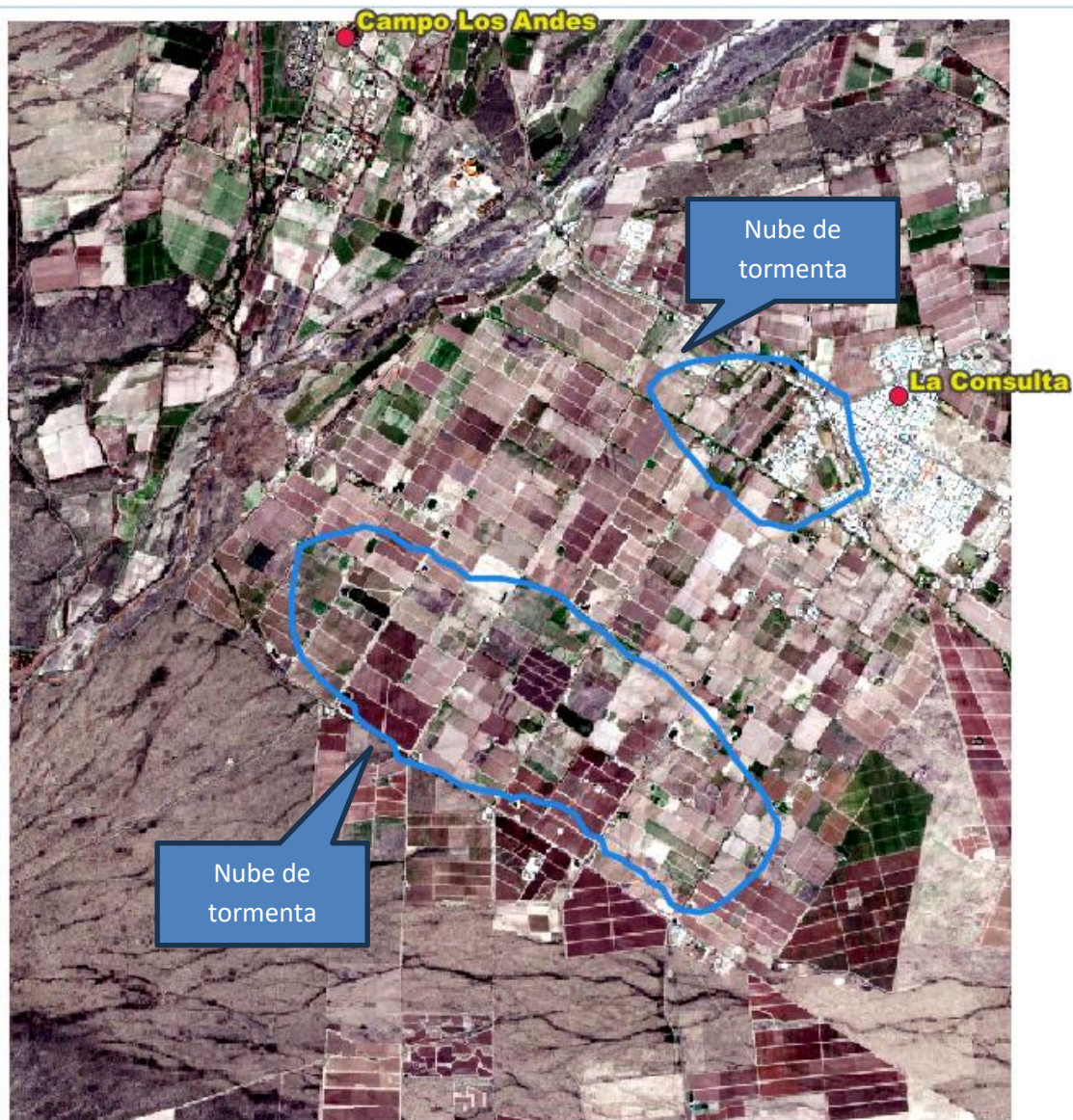
$$NDVI = \frac{\text{Banda NIR} - \text{Banda RED}}{\text{Banda NIR} + \text{Banda RED}}$$

donde NIR corresponde a la banda 8 (infrarrojo cercano, 842 nm) y RED a la banda 4 (rojo, 665 nm). El resultado fue reproyectado al sistema POSGAR 2007 / Argentina 2 para garantizar la correcta medición de superficies.

2. Análisis de las imágenes satelitales

La imagen Sentinel-2A en color real del 16 de septiembre de 2025 muestra el estado previo de la superficie afectada, caracterizada por parcelas cultivadas, zonas urbanizadas y suelo desnudo en las zonas limítrofes entre Tunuyán y San Carlos. A ella se le ha superpuesto las nubes que generaron las tormentas de la fecha en cuestión.

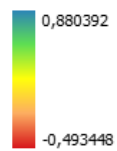
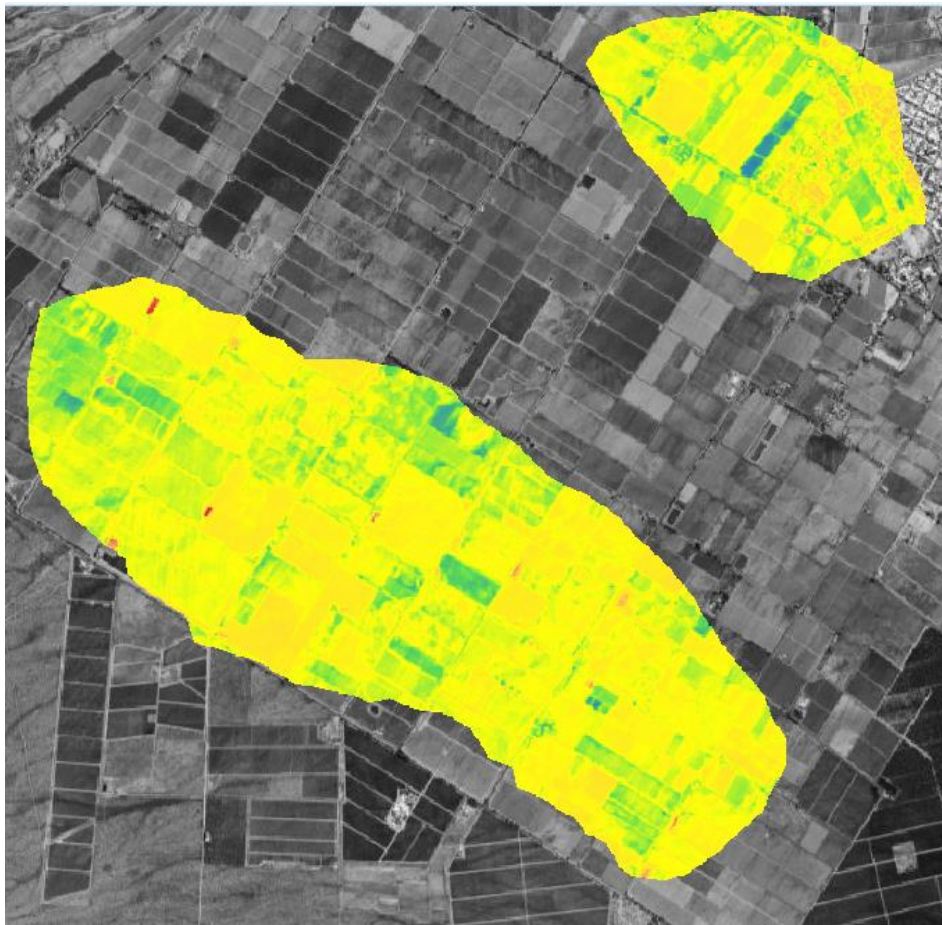
Imagen 1: Sentinel 2A color real 16/09/25



Se generaron para cada fecha (16/09 y 01/10) imágenes con sus respectivos valores de NDVI, junto a sus correspondientes histogramas de frecuencias para visualizar la distribución de los valores de los píxeles de la imagen y obtener información estadística. Por ejemplo, el histograma muestra cuántos píxeles tienen cada valor y permite ver si la imagen está subexpuesta (muchos píxeles en valores bajos) o sobreexpuesta (muchos píxeles en valores altos).

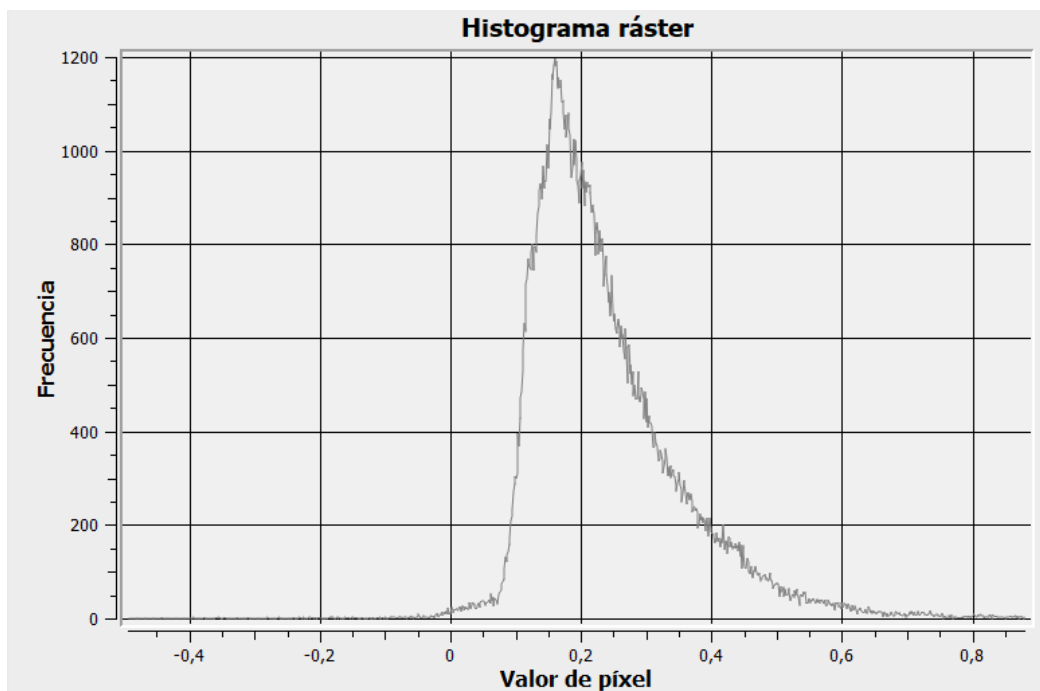
El NDVI para el 16/09 muestra gran proporción de zonas con valores intermedios entre el 1 y -1 (colores en tonalidades naranjas y amarillas). A su vez, destacándose zonas con vegetación en buen estado de salud (tonalidades verdosas).

Imagen 2: Sentinel 2A NDVI 16/09/25



El histograma muestra una tendencia hacia los valores positivos, infiriendo que la vegetación se encuentra en buen estado de salud.

Fig. N°1: histograma NDVI 16/09/25



Valor Mínimo: -0,49

Valor Máximo: 0,88

Promedio: 0,23

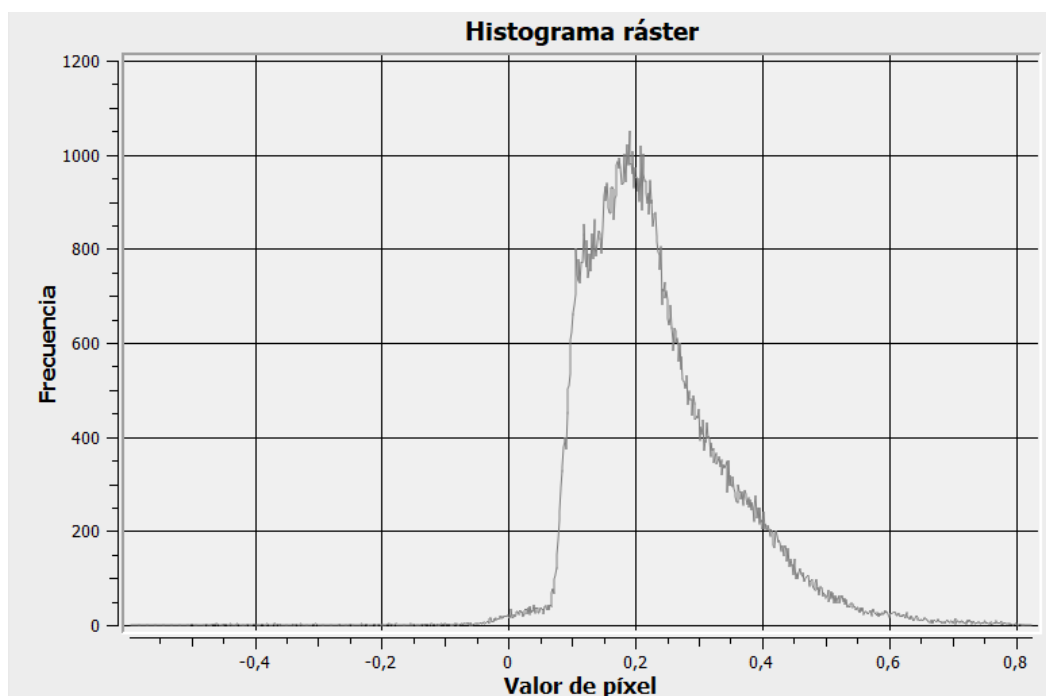
Desviación estándar: 0,11

En contraste, el NDVI del 1 de octubre de 2025, posterior al evento de tormenta, presenta zonas con disminución de los valores positivos del índice y aumento de valores negativos, indicativas de estrés o pérdida de biomasa verde. Estas variaciones se asocian a posibles daños ocasionados por el impacto de granizo, escorrentía o anegamientos temporales, fenómenos comunes en eventos convectivos de alta intensidad.

Imagen 3: Sentinel 2A NDVI 01/10/25



Fig. N°2: histograma NDVI 01/10/25



Valor Mínimo: -0,59

Valor Máximo: 0,82

Promedio: 0,23

Desviación estándar: 0,11

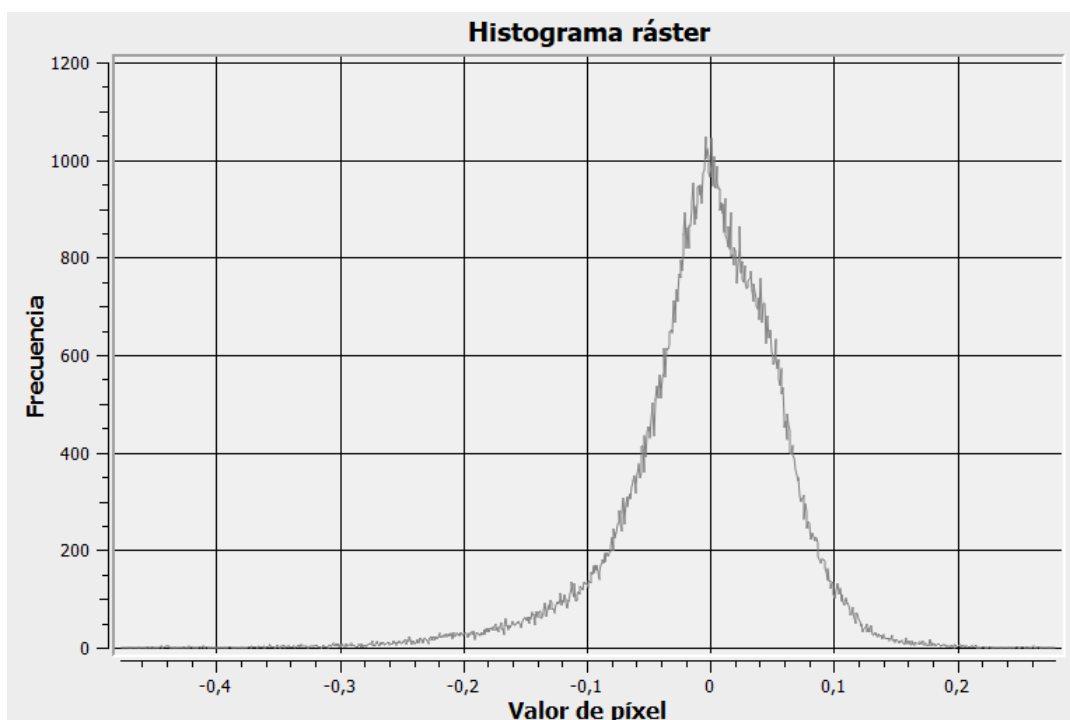
A partir de los valores de NDVI obtenidos para ambas fechas (Imagen N°2 y 3), se generó una capa de diferencia temporal mediante la sustracción pixel a pixel entre el NDVI posterior y el anterior al evento (Imagen N°4). Esta operación permitió identificar la magnitud y dirección de los cambios en el vigor vegetal.

Imagen 4: Sentinel 2A diferencias temporales NDVI



La diferencia de NDVI entre ambas fechas muestra un rango de valores comprendido entre $-0,477$ y $0,279$, con un promedio de $0,00423$ y una desviación estándar de $0,06348$. Estos resultados reflejan una tendencia general hacia la estabilidad, aunque con sectores puntuales de pérdida en la sanidad de la vegetación. Las áreas con valores negativos representan disminución de vigor o cobertura vegetal, mientras que los valores positivos sugieren recuperación o incremento de la biomasa.

Fig. N°3: histograma diferencias NDVI



Valor Mínimo: $-0,477$

Valor Máximo: $0,279$

Promedio: $0,00423$

Desviación estándar: $0,0634$

Los valores resultantes de NDVI (Imagen N°4) fueron posteriormente reclasificados mediante el método de cortes naturales en 5 categorías, siendo 1 la peor situación y 5 el óptimo (Imagen N°5). Finalmente, se calcularon las superficies correspondientes a cada clase en hectáreas y porcentaje, facilitando la cuantificación del impacto observado (Tabla N°1).

El análisis de la reclasificación indica que las áreas con disminución notable del NDVI ($-0,477$ a $-0,066$) comprenden $132,3$ ha, mientras que las zonas con valores estables o en leve aumento ($-0,010$ a $0,279$) abarcan $634,17$ ha. Este comportamiento sugiere que, si bien el evento meteorológico pudo haber generado daños localizados, las mayores partes de las zonas mantuvieron su capacidad fotosintética o mostraron signos de rápida recuperación.

Imagen 5: Sentinel 2A NDVI reclasificado 01/10 – 16/09

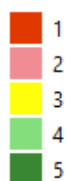
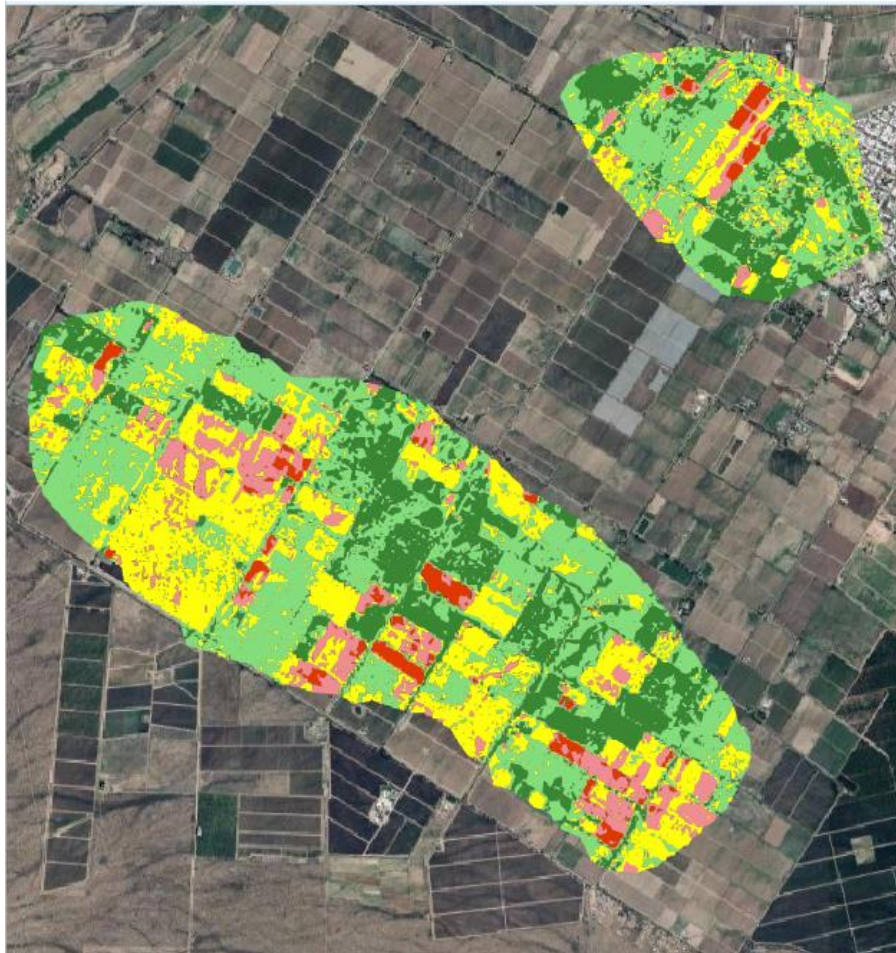


Tabla N°1. Rangos NDVI

Categoría	Rango	Sup (Ha)	Sup (%)
1	-0,477 a -0,155	28,54	2,67
2	-0,155 a -0,066	103,76	9,72
3	-0,066 a -0,010	300,61	28,17
4	-0,010 a 0,043	413,77	38,78
5	0,043 a 0,279	220,40	20,65
Total		1.067,08	100

En términos generales, el análisis multitemporal del NDVI permitió estudiar con precisión espacial las áreas afectadas por la tormenta, diferenciando los sectores de pérdida vegetativa de aquellos que conservaron su vigor y sanidad. La combinación de información espectral y estadística proporciona una herramienta objetiva para la evaluación de daños agrícolas y el seguimiento de la recuperación post-evento, constituyendo una metodología replicable en futuros estudios de monitoreo agroambiental.

Webs consultadas:

ESA

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=5&lat=50.16282&lng=20.78613&demSource=3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE>

Mappinggis

<https://mappinggis.com/>

Geoinnova

<https://geoinnova.org/>