

ANALISIS DE TORMENTA CON IMÁGENES SATELITALES - INDICES ESPECTRALES. 2025



MENDOZA

Ministerio de
Producción

TORMENTA DEL 06/11/2025. OASIS ESTE**1. Introducción**

Para el evento meteorológico del 06 de noviembre de 2025 en zonas del oasis Este donde se desarrollaron tormentas graniceras (Imagen N°1), se utilizaron imágenes del satélite Sentinel-2A provistas por el programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA) con el fin de analizar el estado vegetativo antes y después de dicha fecha. Se seleccionaron tres escenas libres de nubes correspondientes al 31 de octubre de 2025 (pre-tormenta), 10 de noviembre y 15 de noviembre 2025 (post-tormenta), con el objetivo de evaluar las variaciones en la cobertura y el vigor de la vegetación.

Se ha considerado 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 para el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), empleando la expresión estándar:

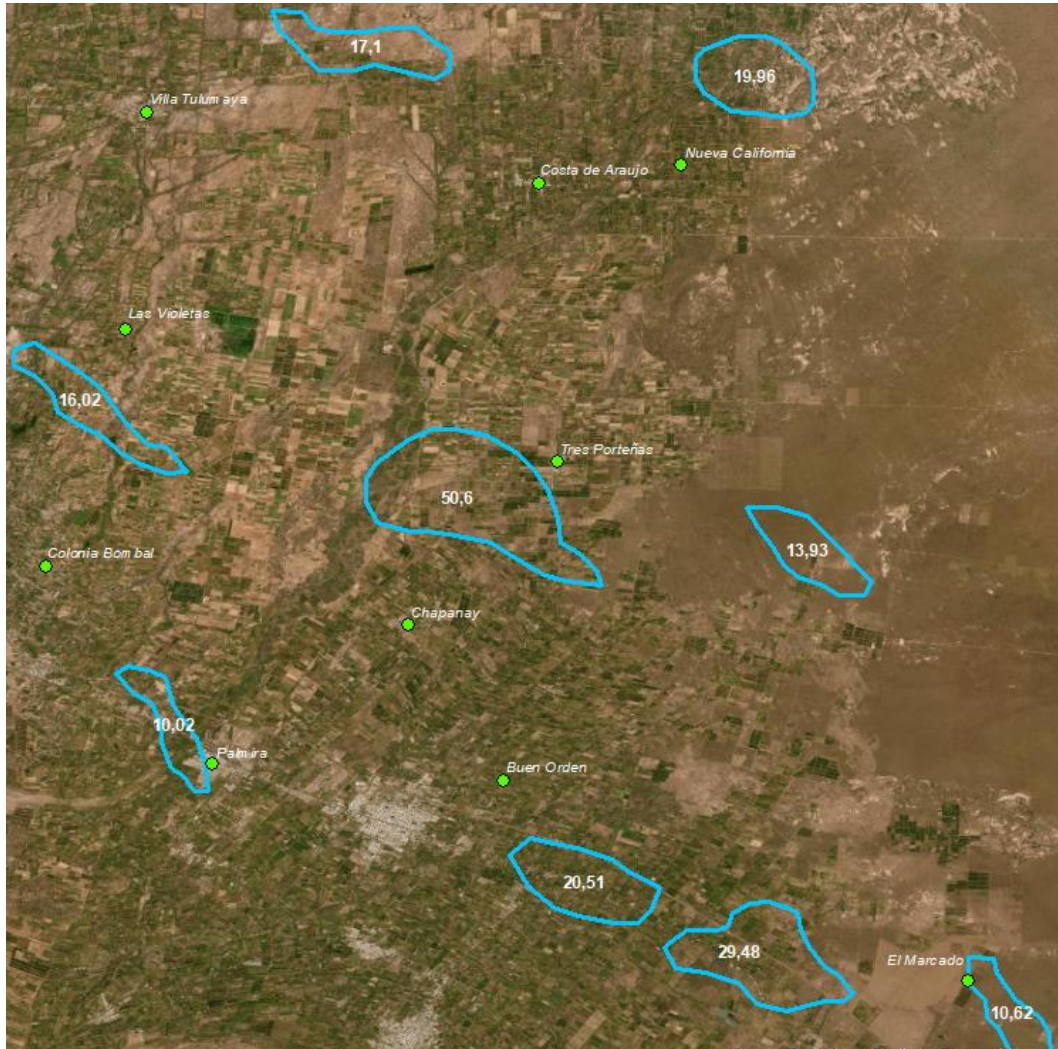
$$NDVI = \frac{\text{Banda NIR} - \text{Banda RED}}{\text{Banda NIR} + \text{Banda RED}}$$

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 previa al 06 de noviembre de 2025 muestra el área de estudio caracterizada por cultivos, zonas urbanizadas y suelo desnudo en zonas de Maipú, Lavalle, San Martín y Santa Rosa. A ella se le ha superpuesto las nubes que generaron las tormentas de ese día con sus respectivas superficies en km².

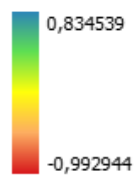
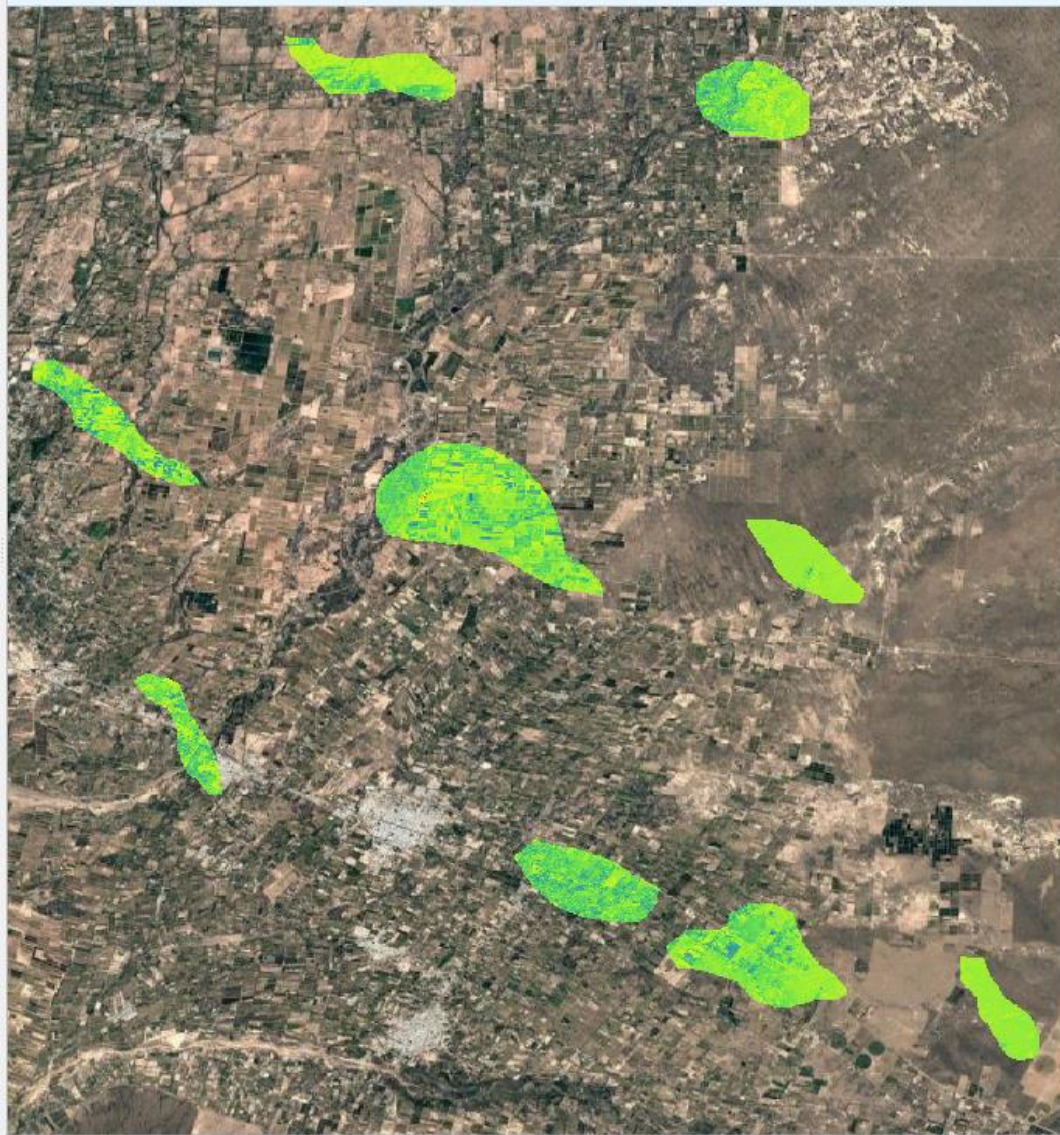
Imagen 1: Color Real con nubes de tormentas



Se generaron para cada fecha (31/10, 10/11 y 15/11) 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. Los histogramas muestran cuántos píxeles tienen cada valor y permiten ver si la imagen está subexpuesta (muchos píxeles en valores bajos) o sobreexpuesta (muchos píxeles en valores altos).

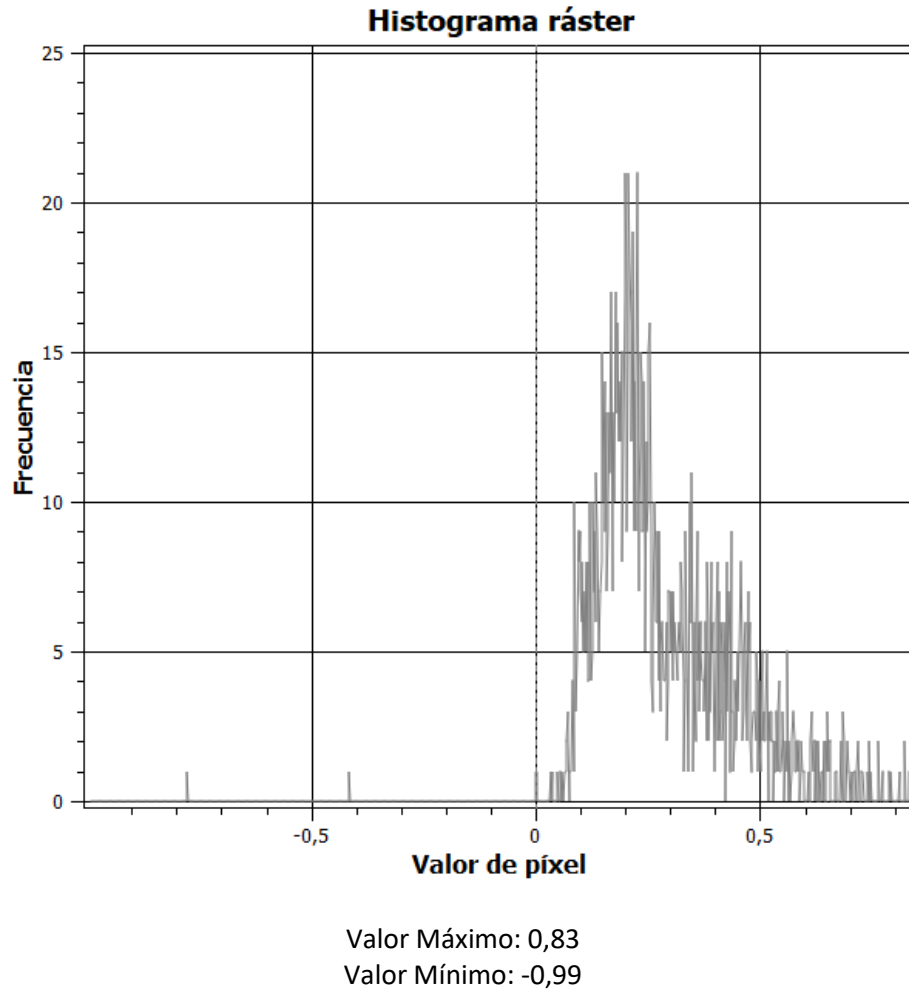
El NDVI para el 31/10 muestra gran proporción de zonas con valores cercanos a 1 (colores en tonalidades verdosas), por lo que se puede afirmar que la vegetación tiene buen estado de salud.

Imagen 2: Sentinel 2A NDVI 31/10/25



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 31/10/25



En contraste, el NDVI del 10/11, 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 de tormentas veraniegas para Mendoza y las zonas áridas en general.

Imagen 3: Sentinel 2A NDVI 10/11/25

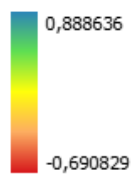
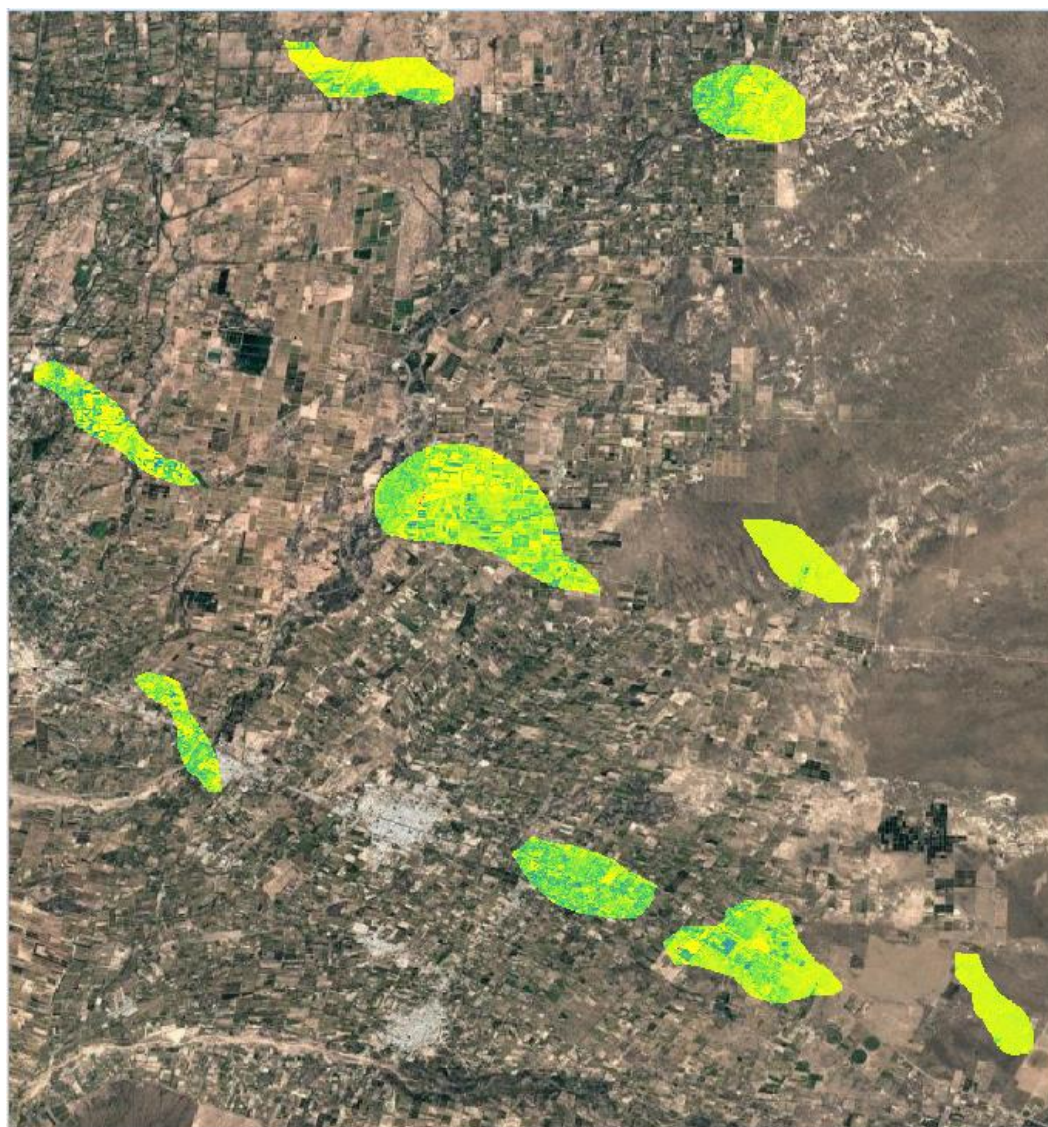
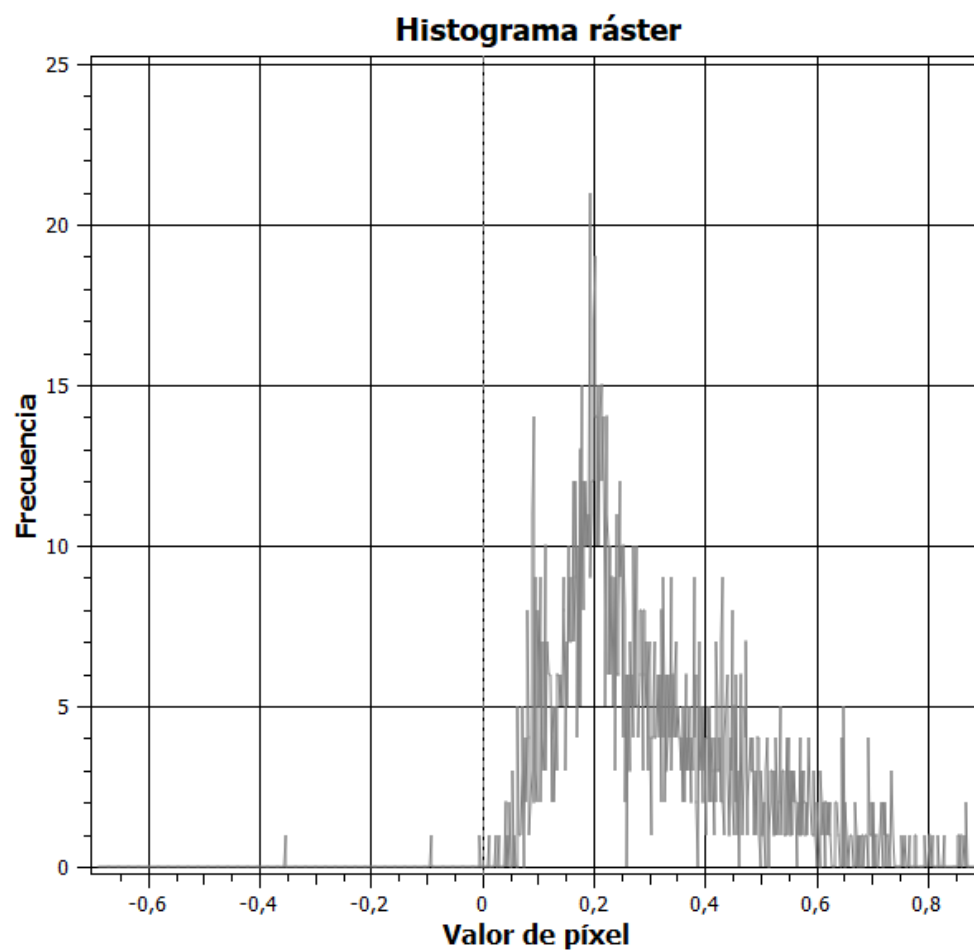


Fig. N°2: Histograma NDVI 10/11/25



Valor Máximo: 0,88

Valor Mínimo: -0,69

Para el día 15/11 los valores de pixel siguen cambiando, ahora con tonos amarillos según la leyenda, es decir que hay un aumento de valores intermedios entre el -1 y 1. Ratificado con el histograma de la Fig. N°3.

Imagen 4: Sentinel 2A NDVI 15/11/25

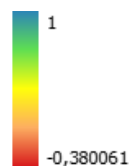
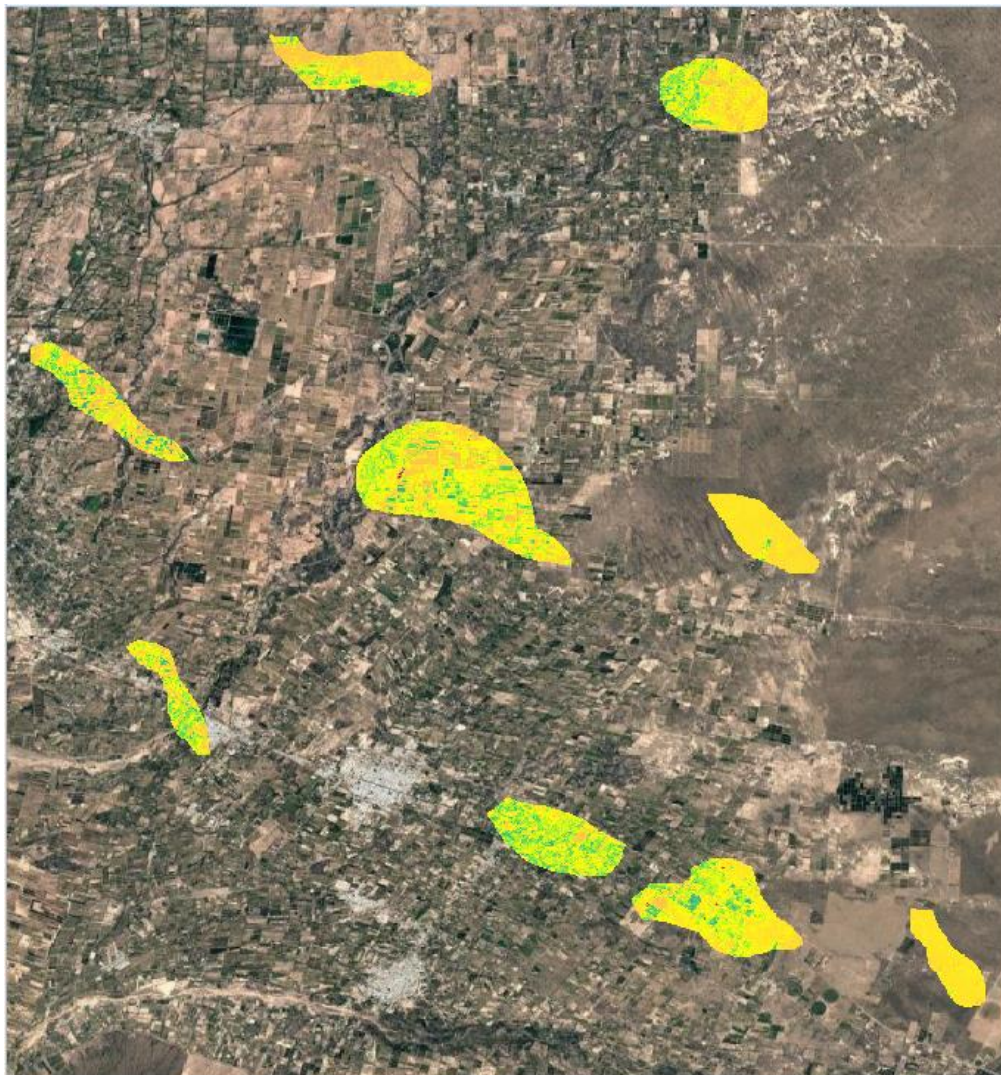
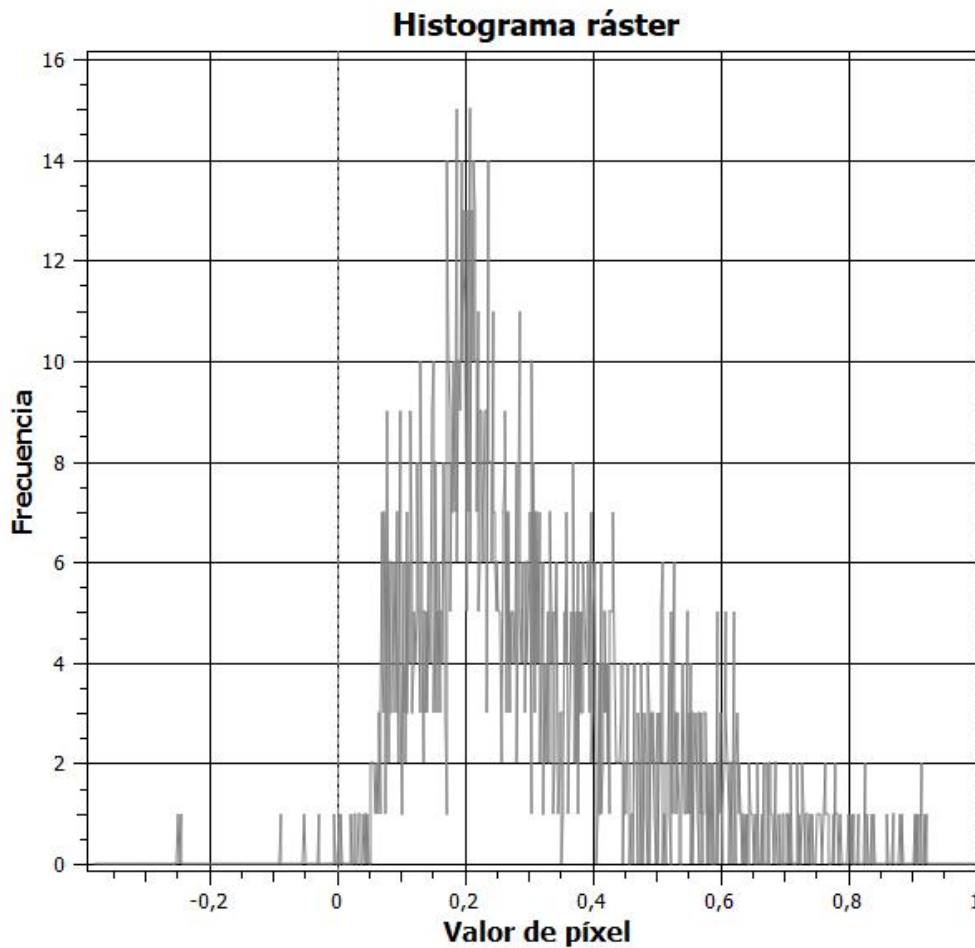


Fig. N°3: Histograma NDVI 15/11/25



Valor Máximo: 1

Valor Mínimo: -0,38

A partir de los valores de NDVI obtenidos (Imagen N°2, 3 y 4), se generaron capas de diferencia temporal mediante la sustracción pixel a pixel entre el NDVI posterior y el anterior al evento, es decir NDVI del 10/11 - 31/10; y NDVI del 15/11 - 31/10 (Imagen N°5 y 6). Esta operación permitió identificar la magnitud y dirección de los cambios en el vigor vegetal.

Tanto con las imágenes como con los histogramas, en ambos casos de las diferencias temporales hay una tendencia a la concentración de valores alrededor del cero. Pero en la segunda situación se puede observar mayor amplitud en el rango de valores de los pixeles.

Imagen 5: Sentinel 2A NDVI 10/11 -31/10

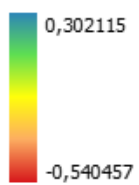
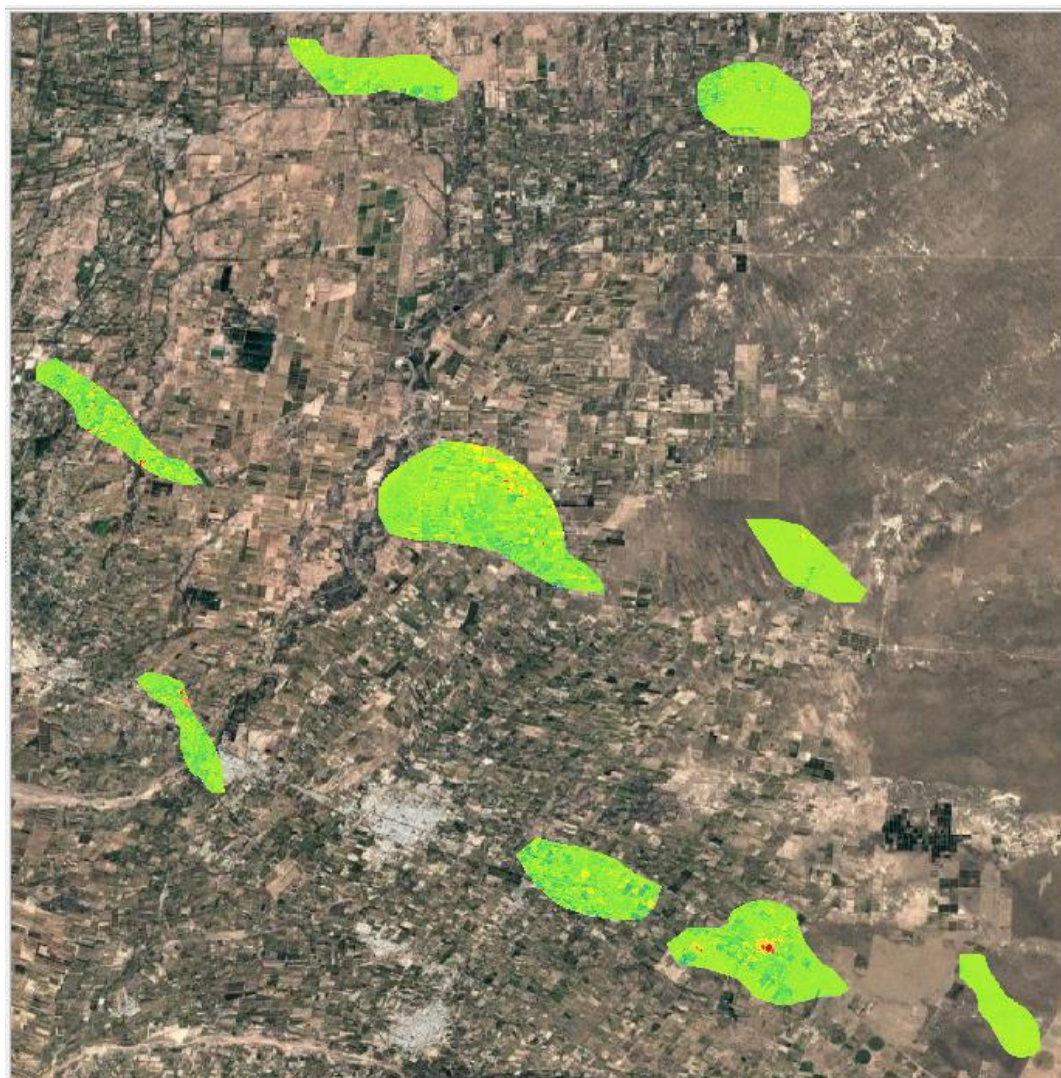
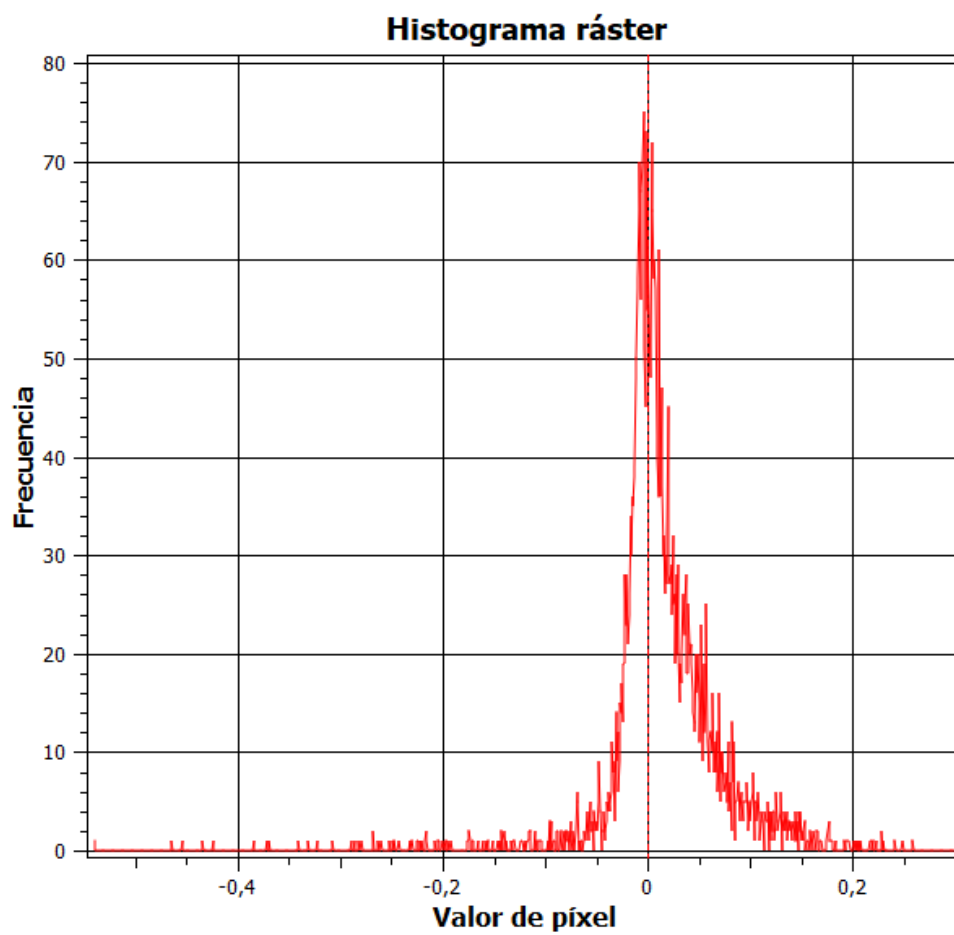


Fig. N°4: Histograma NDVI 10/11 -31/10



Valor Máximo: 0,30

Valor Mínimo: -0,54

Imagen 6: Sentinel 2A NDVI 15/11 -31/10

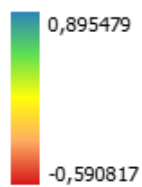
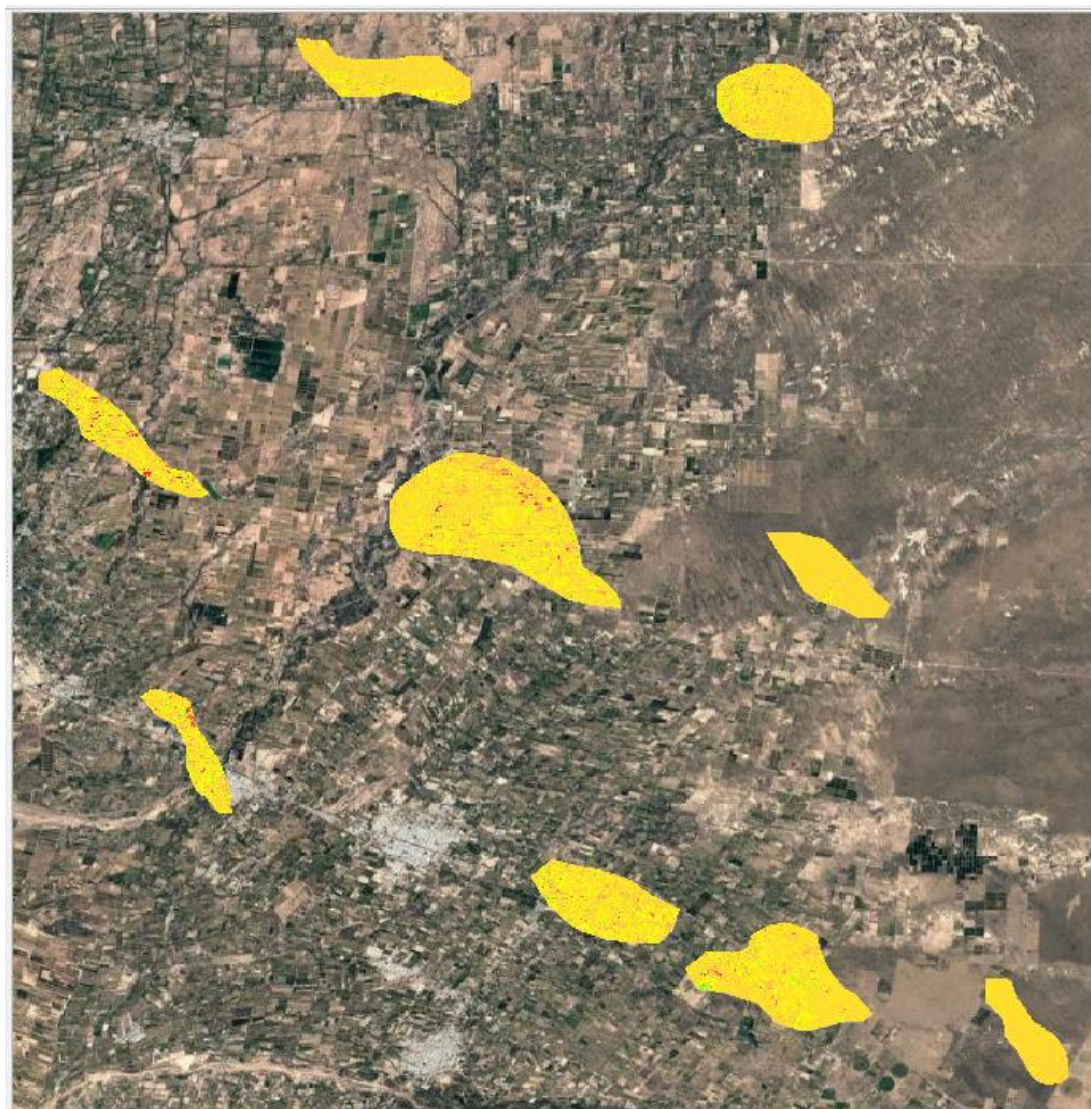
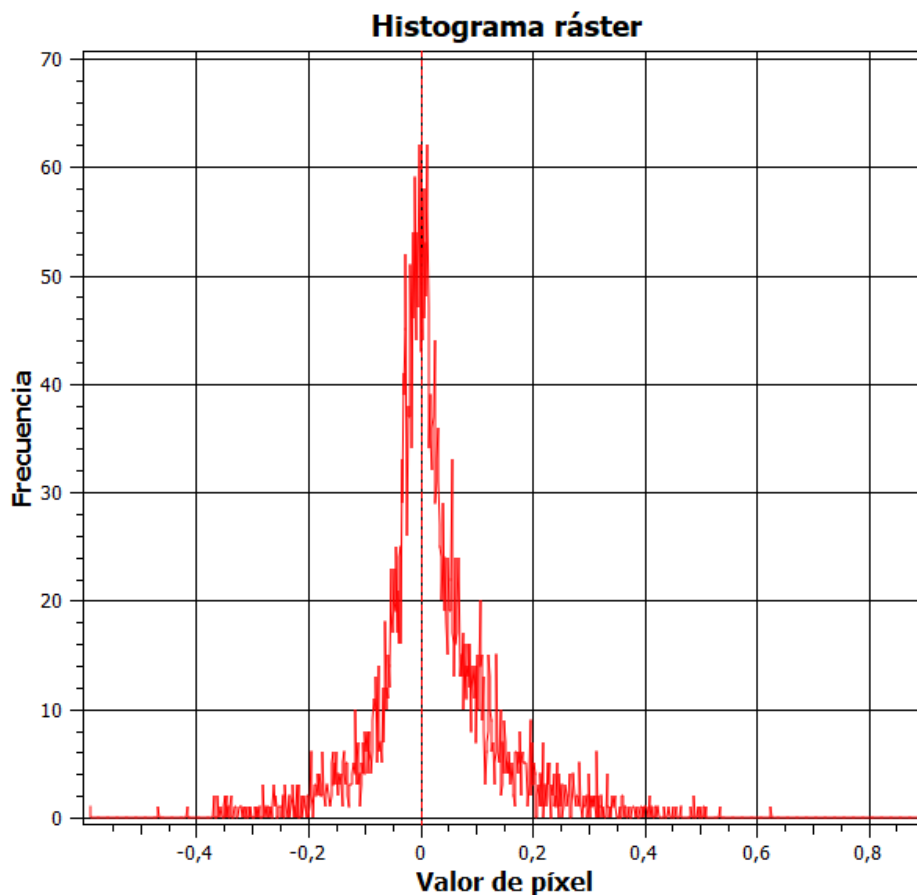


Fig. N°5: Histograma NDVI 15/11 -31/10



Valor Máximo: 0,89

Valor Mínimo: -0,59

Las diferencias temporales calculadas entre el 31/10, 10/11 y 15/11 han mostrado una reducción del vigor vegetal inmediatamente posterior al evento, seguida de una ligera tendencia a la estabilización en la última fecha analizada, aunque sin alcanzar los valores previos a la tormenta.

Los valores resultantes de las diferencias temporales de NDVI fueron posteriormente reclasificados mediante el método de cortes naturales en 5 categorías, siendo 1 la peor situación y 5 el óptimo (Imagen N°7 y 8). Finalmente, se calcularon las superficies correspondientes para cada clase en km² y porcentaje, facilitando la cuantificación del impacto observado (Tablas N°1, 2 y 3).

La reclasificación ha permitido cuantificar con mayor claridad la magnitud del impacto, destacándose una proporción considerable de superficie en estados “medio” a “alto”, pero también la presencia de áreas puntuales con deterioro significativo.

Imagen 7: Sentinel 2A NDVI reclasificado 10/11 – 31/10

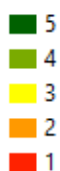
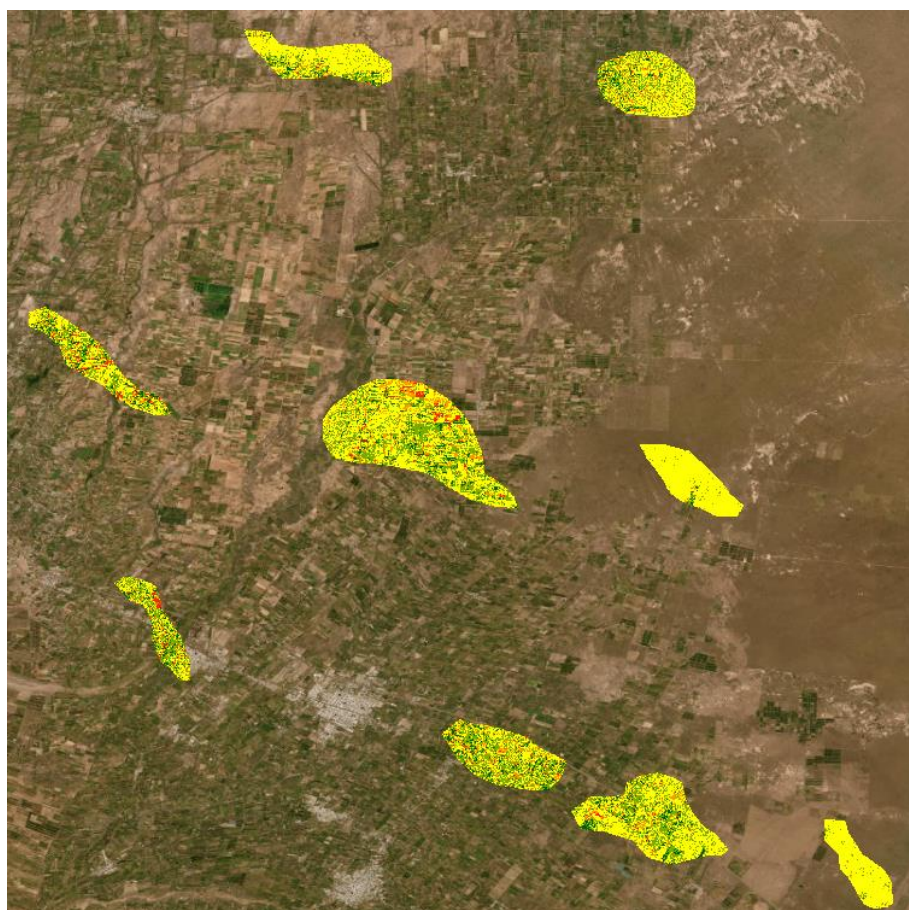


Tabla N°1. Rangos NDVI

Categoría	Categoría cualitativa	Rango	Sup (km)	Sup (%)
5	muy alto	0,06 a 0,65	22,94	12,20
4	alto	0 a 0,06	74,55	39,66
3	medio	-0,07 a 0	84,06	44,72
2	bajo	-0,26 a -0,07	5,16	2,75
1	muy bajo	-0,69 a -0,26	1,25	0,67
Total			187,96	100

Imagen 8: Sentinel 2A NDVI reclasificado 15/11 – 31/10

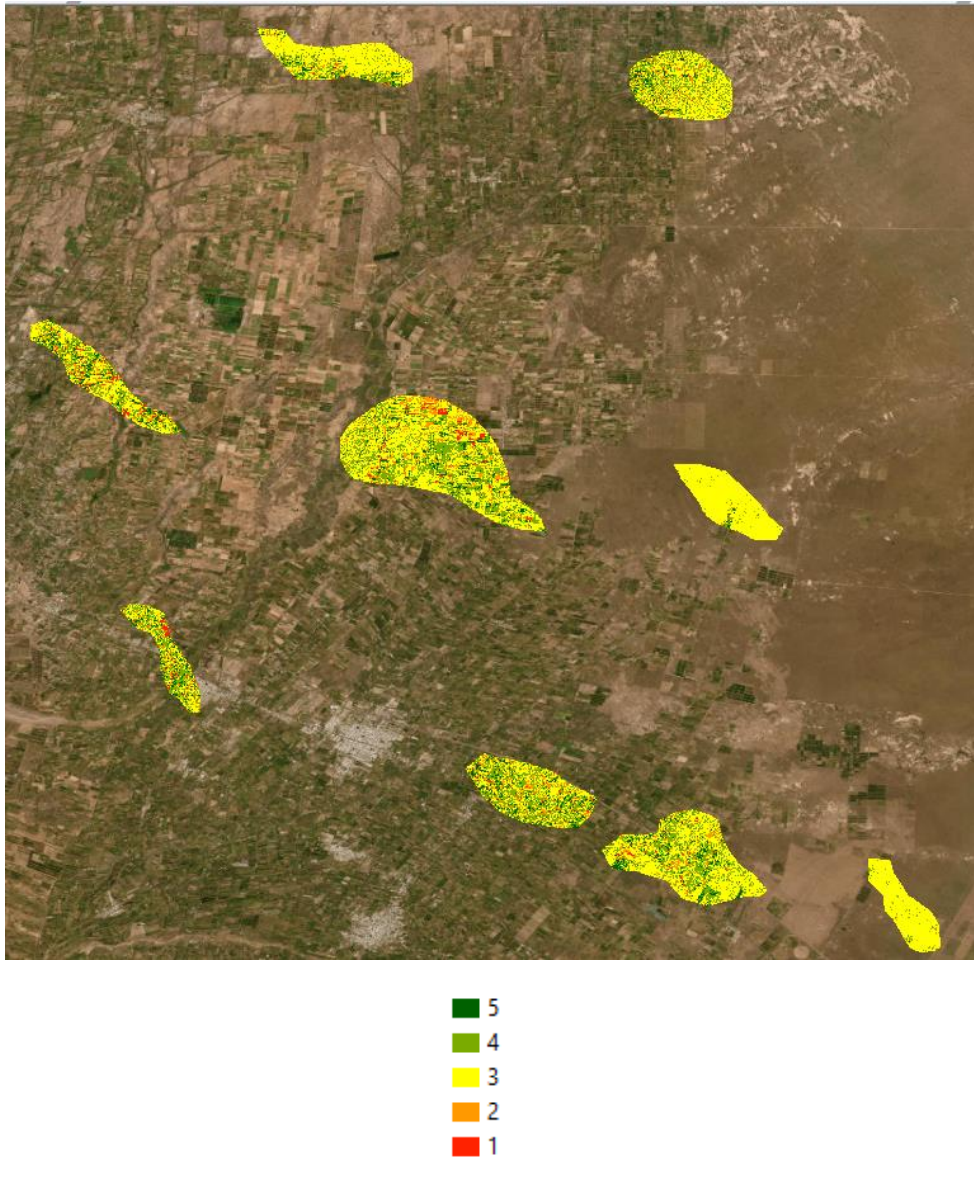


Tabla N°2. Rangos NDVI

Categoría	Categoría cualitativa	Rango	Sup (km2)	Sup (%)
5	muy alto	0,17 a 1,48	11,88	6,32
4	alto	0,03 a 0,17	49,04	26,09
3	medio	-0,07 a 0,03	105,32	56,02
2	bajo	-0,24 a -0,07	18,11	9,63
1	muy bajo	-1,66 a -0,24	3,64	1,94
Total			187,99	100

Tabla N°3. Comparación de diferencias temporales de NDVI

Categoría	10/11 - 31/10			15/11 - 31/10		Tendencia
5	22,94	12,20%		11,88	6,32%	↓
4	74,55	39,66%		49,04	26,09%	↓
3	84,06	44,72%		105,32	56,02%	↑
2	5,16	2,75%		18,11	9,63%	↑
1	1,25	0,67%		3,64	1,94%	↑

El análisis multitemporal de imágenes Sentinel-2A permitió evaluar con precisión el impacto de la tormenta granicera del 06 de noviembre de 2025 en el oasis Este. Los resultados confirman la utilidad del NDVI como herramienta para el monitoreo de daños agrícolas y ambientales, proporcionando información objetiva y espacialmente explícita que puede apoyar procesos de diagnóstico, planificación y toma de decisiones.

3. Recomendaciones

- Continuar el monitoreo con nuevas imágenes satelitales para observar la recuperación o deterioro posterior al evento.
- Validar en campo las zonas con mayores pérdidas detectadas por NDVI para confirmar la magnitud del daño.
- Cruzar la información con datos productivos y reportes de productores para precisar el impacto por cultivo y zona.
- Generar mapas de riesgo que integren antecedentes, pendientes y uso del suelo para mejorar la prevención ante futuras tormentas.
- Automatizar el procesamiento de imágenes e índices para disponer de diagnósticos rápidos en próximos eventos.
- Complementar con otros índices (EVI, NDMI) para obtener una visión más completa de la afectación.
- Compartir los resultados con municipios, organismos provinciales y productores para apoyar decisiones de asistencia y planificación

4. Webs consultadas

ESA

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=5&lat=50.16282&lng=20.78613&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE>

Mappinggis

<https://mappinggis.com/>

Geoinnova

<https://geoinnova.org/>