

**ANALISIS DE TORMENTA CON
IMÁGENES SATELITALES - INDICES
ESPECTRALES. 2026**



MENDOZA

Ministerio de
Producción

ANÁLISIS DE ÍNDICES ESPECTRALES EN EL OASIS SUR

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del análisis de eventos meteorológicos ocurridos los días 22 y 23 de enero y 16 de febrero de 2026, que afectaron sectores del oasis SUR con tormentas graniceras (ver Imagen N°1), se utilizaron imágenes satelitales del sensor Sentinel-2A, provistas por el programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA).

El objetivo principal del estudio es evaluar el estado vegetativo de los cultivos antes y después de los eventos, mediante el análisis de imágenes satelitales libres de cobertura nubosa correspondientes a fechas previas y posteriores a las tormentas.

El análisis se focalizó en lotes productivos con presencia de cultivos como así también los incultos, con el fin de identificar posibles impactos en la cobertura vegetal y en el vigor de la vegetación.

2. METODOLOGÍA

Para la evaluación del estado de la vegetación se utilizó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), ampliamente reconocido como un indicador robusto del vigor y la salud vegetal a partir de información espectral.

Este índice se basa en la relación entre la radiación reflejada en el rango del infrarrojo cercano (NIR) y el rojo visible (RED), permitiendo estimar la actividad fotosintética de la vegetación.

El NDVI se expresa mediante la siguiente fórmula:

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

donde:

- **NIR** corresponde a la banda 8 (842 nm)
- **RED** corresponde a la banda 4 (665 nm)

Los valores del índice se encuentran normalizados en un rango de **-1 a 1**, donde:

- Valores cercanos a **-1** indican ausencia de vegetación o superficies no vegetadas
- Valores próximos a **0** representan vegetación escasa o estrés vegetal
- Valores cercanos a **1** reflejan vegetación densa y en buen estado fisiológico

El procesamiento de las imágenes se realizó utilizando QGIS versión 3.40, generando capas raster de NDVI para cada fecha analizada.

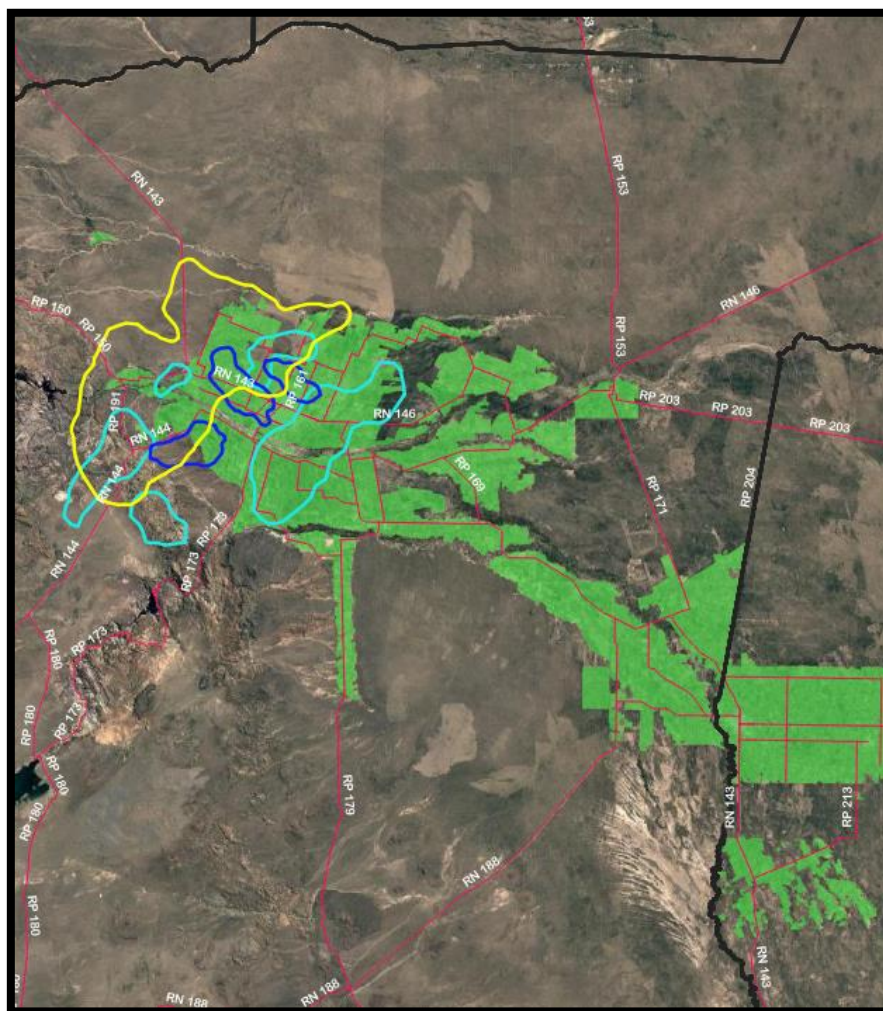
Para el análisis comparativo de los NDVI se utilizaron histogramas de distribución, evaluando:

- valores predominantes (picos o moda),
- amplitud y concentración (dispersión),
- forma de la distribución (simetría o asimetría).

3.RESULTADOS PRELIMINARES

El análisis espacial permitió identificar que las tormentas afectaron predominantemente el sector oeste del oasis SUR, evidenciando una distribución heterogénea del fenómeno.

Imagen N°1. Localización de las nubes de tormentas



- Departamentos
- 22_enero
- 23_enero
- 16_febrero
- Rutas
- Oasis

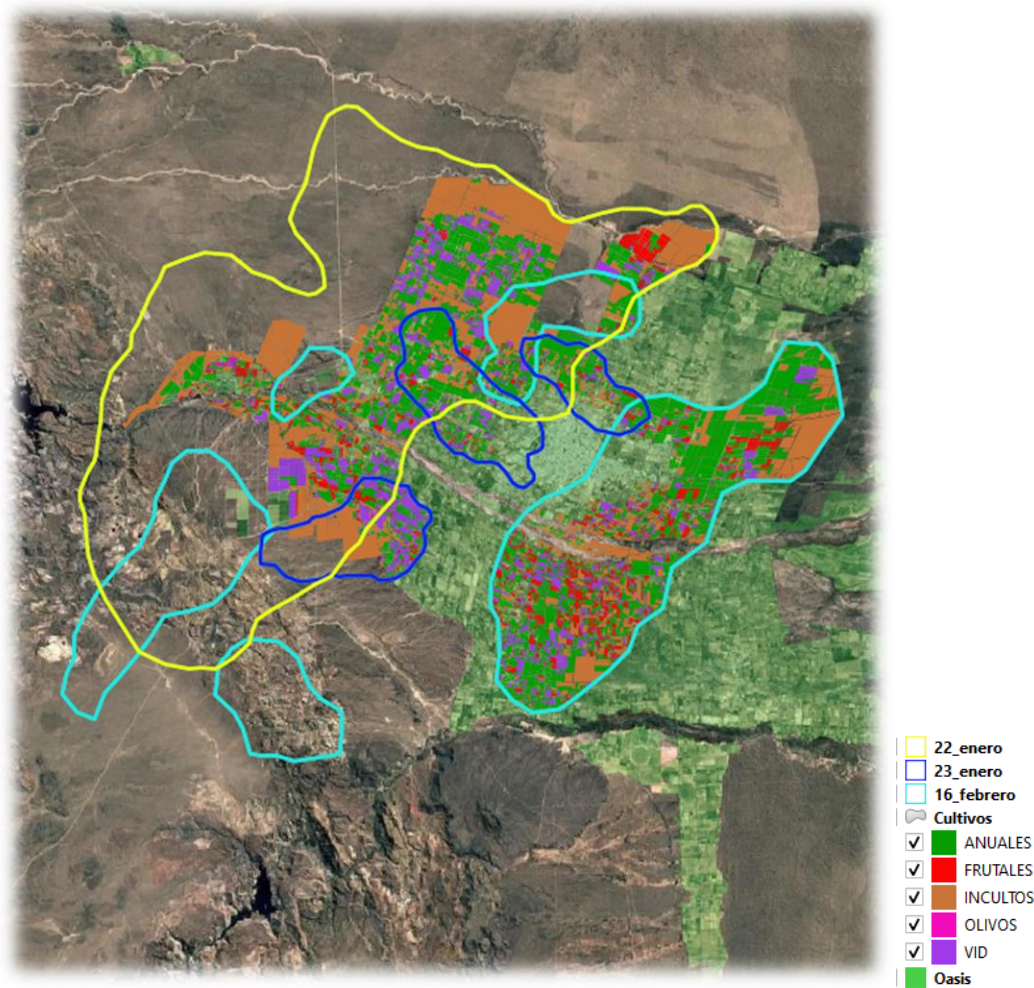
Según los cálculos cartográficos, la tormenta del 22 de enero fue la más extensa, afectando en algunos casos a zonas de secano, sin perjuicio de áreas productivas.

TABLA N°1. Superficie afectada por tormentas

Tormenta (NUBE)	Superficie (km2)
22/01	533,58
23/01	268,30
16/02	326,84
TOTAL	1.128,72

A partir de la delimitación de las áreas afectadas por las tormentas y su intersección con la cartografía de tipos de cultivos¹, se identificó una superficie total impactada de 37.492,59 hectáreas.

Imagen N°2. Tipos de cultivos afectados



¹ IDE Mendoza

De las cuales se desprende según tipo de cultivo en:

Tabla N°2. Superficie afectada por tipo de cultivo

Tipo de cultivo	Sup. (Ha)
Anuales	15.020,14
Frutales	2.914,73
Incultos	13.996,09
Olivos	175,04
Vid	5.386,59

La superficie total afectada por tormentas fue de 1.128,72 km², con predominio del evento del 22/01 (47,3%), seguido por el 16/02 (29,0%) y 23/01 (23,7%). Más del 54% del área afectada corresponde a superficie productiva (anuales + vid + frutales + olivos).

3.1 Análisis espectral de NDVI

Los histogramas de NDVI permiten analizar la estructura de la cobertura vegetal, identificando cambios en:

- el valor predominante del índice (pico),
- la dispersión de los datos,
- la forma de la distribución (normal o asimétrica).

Estos elementos permiten detectar alteraciones en el vigor vegetal asociadas a los eventos meteorológicos previos y post tormentas.

3.1.1 Tormenta del 22 de enero de 2026

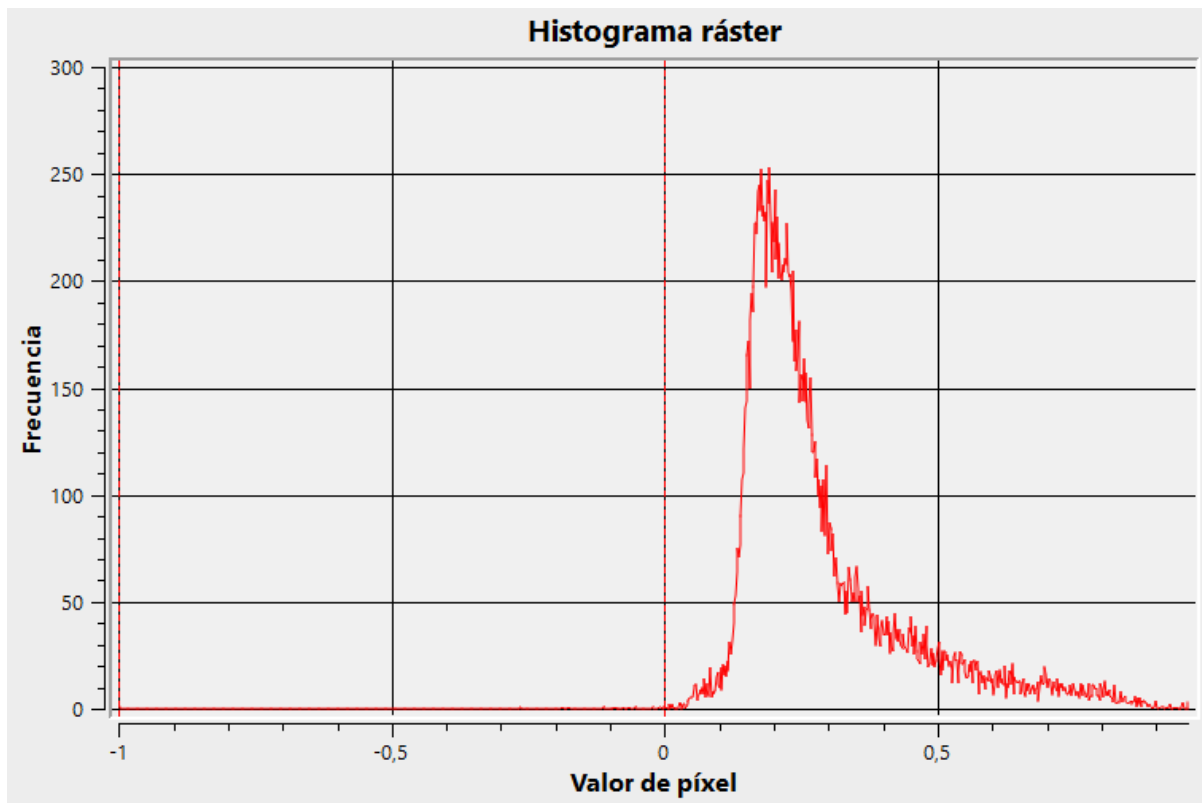


19/01/26

El histograma del NDVI previo al evento presenta una distribución amplia de valores, con un rango que se extiende desde -1 hasta 0,95. Se observa una mayor concentración de frecuencias en valores medios-altos (aproximadamente entre 0,4 y 0,8), lo que indica la presencia predominante de cobertura vegetal activa y en buen estado fisiológico. Los valores cercanos a 0 o negativos corresponden a áreas sin vegetación o superficies no productivas. El histograma presenta una distribución unimodal con tendencia aproximadamente normal.

- **Dispersión:** amplia, indicando heterogeneidad de coberturas
- **Asimetría:** leve hacia la izquierda

Esto refleja un escenario con predominio de vegetación activa y en buen estado fisiológico.



Valor Mínimo: -1

Valor Máximo: 0,95

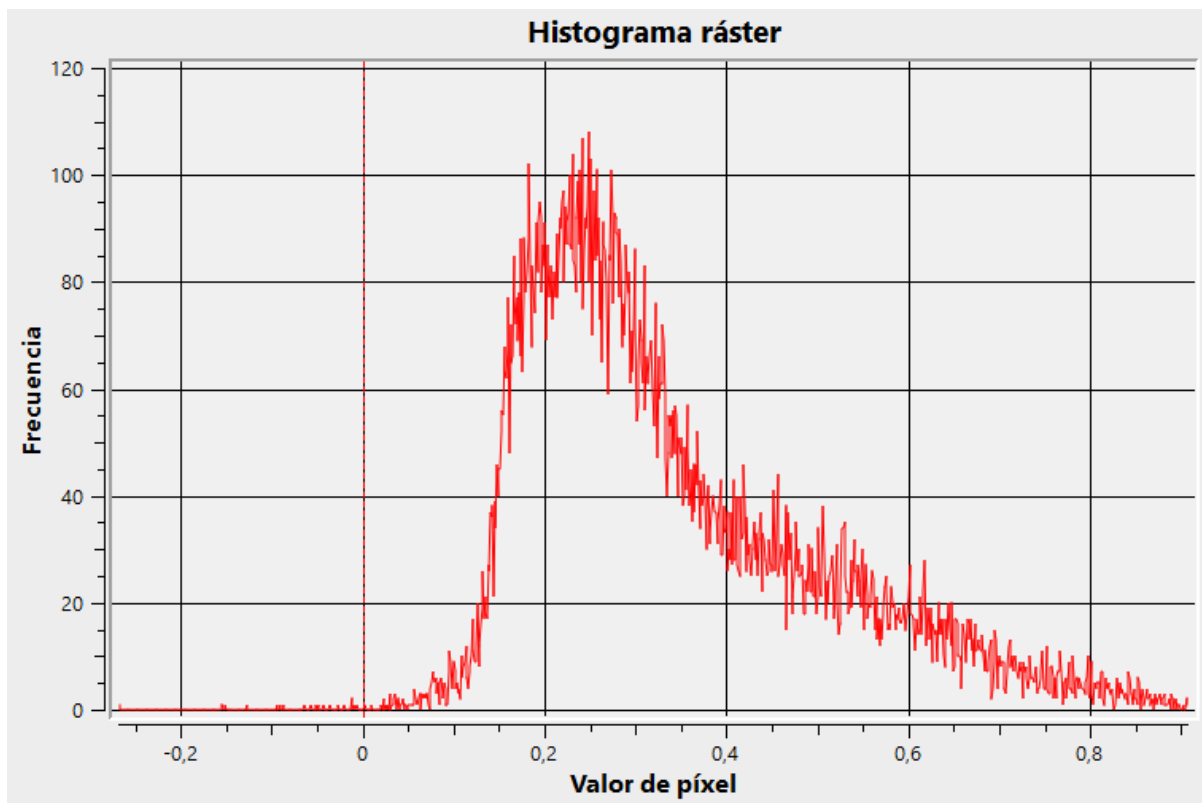
03/02/26

Posterior al evento, el histograma muestra una leve contracción en el rango de valores (mínimo de -0,27 y máximo de 0,91) y una redistribución de frecuencias hacia valores más bajos de NDVI. Esto sugiere una disminución del vigor vegetal en sectores afectados, compatible con daños por granizo, evidenciando un aumento relativo de superficies con estrés o menor cobertura vegetal.

Se observa una modificación significativa en la distribución:

- **Pico:** desplazamiento hacia valores más bajos
- **Dispersión:** reducción del rango (-0,27 a 0,91)
- **Asimetría:** más marcada hacia la izquierda

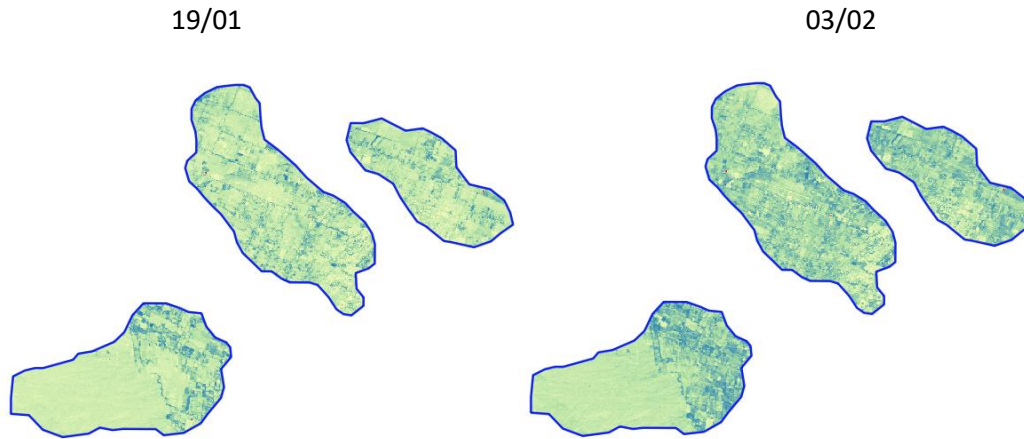
Esto indica un incremento de superficies con estrés vegetal y pérdida de vigor, compatible con daños por granizo. Impacto significativo con pérdida de homogeneidad productiva.



Valor Mínimo: -0,27

Valor Máximo: 0,91

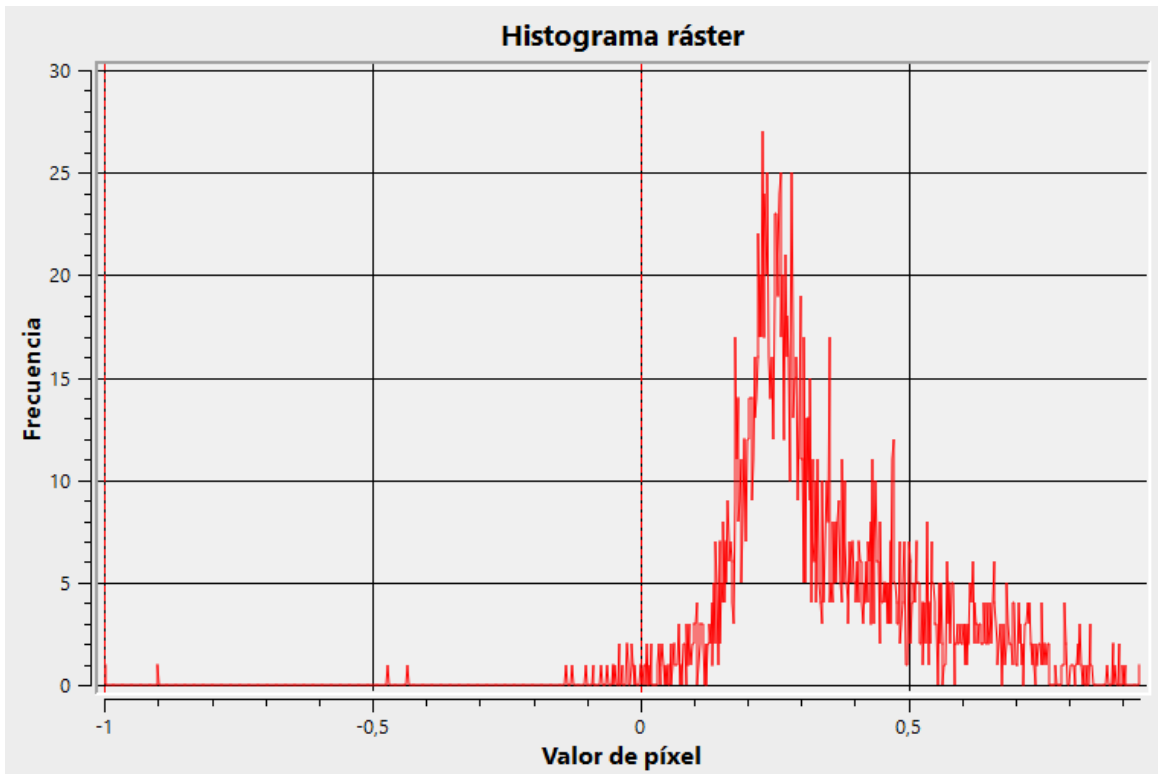
3.2.1 Tormenta del 23 de enero de 2026



19/01/26

El histograma previo a la tormenta presenta una distribución típica de áreas agrícolas en producción, con valores de NDVI que varían entre -1 y 0,93. Se destaca una concentración significativa en valores medios y altos, reflejando condiciones favorables de desarrollo vegetativo. Muestra una distribución unimodal relativamente simétrica, con predominio de valores medios-altos.

Representa condiciones normales de desarrollo vegetativo.



Valor Mínimo: -1

Valor Máximo: 0,93

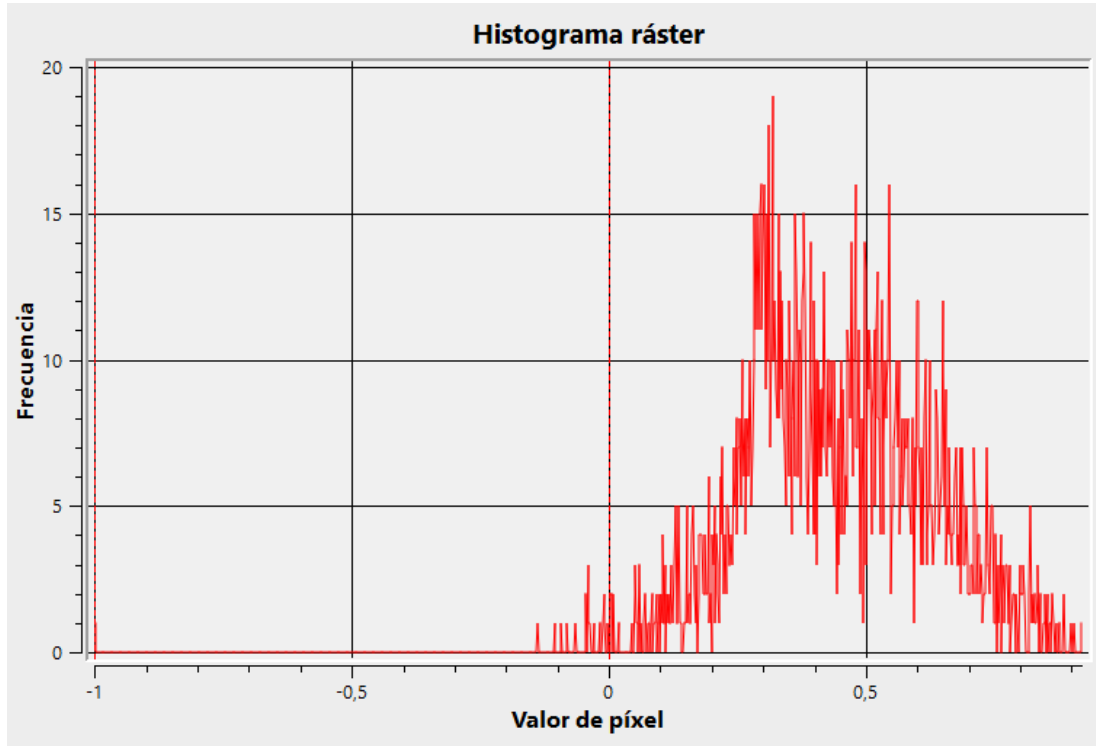
03/02/26

En el histograma posterior a la tormenta se mantiene un rango similar (-1 a 0,92), aunque se evidencia una ligera disminución en la frecuencia de valores altos y un incremento relativo en valores intermedios y bajos. Este comportamiento indica posibles afectaciones heterogéneas, donde algunos sectores mantienen su vigor mientras otros muestran signos de deterioro.

Se observan cambios moderados:

- **Pico:** leve desplazamiento hacia valores medios
- **Asimetría:** ligera tendencia hacia la izquierda

Afectación heterogénea, con coexistencia de áreas dañadas y sectores no impactados.



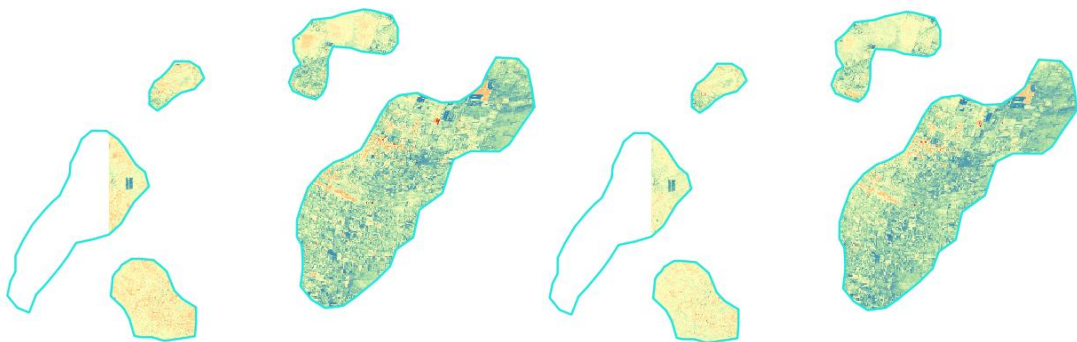
Valor Mínimo: -1

Valor Máximo: 0,92

3.3.1 Tormenta del 16 de febrero de 2026

08/02

23/02

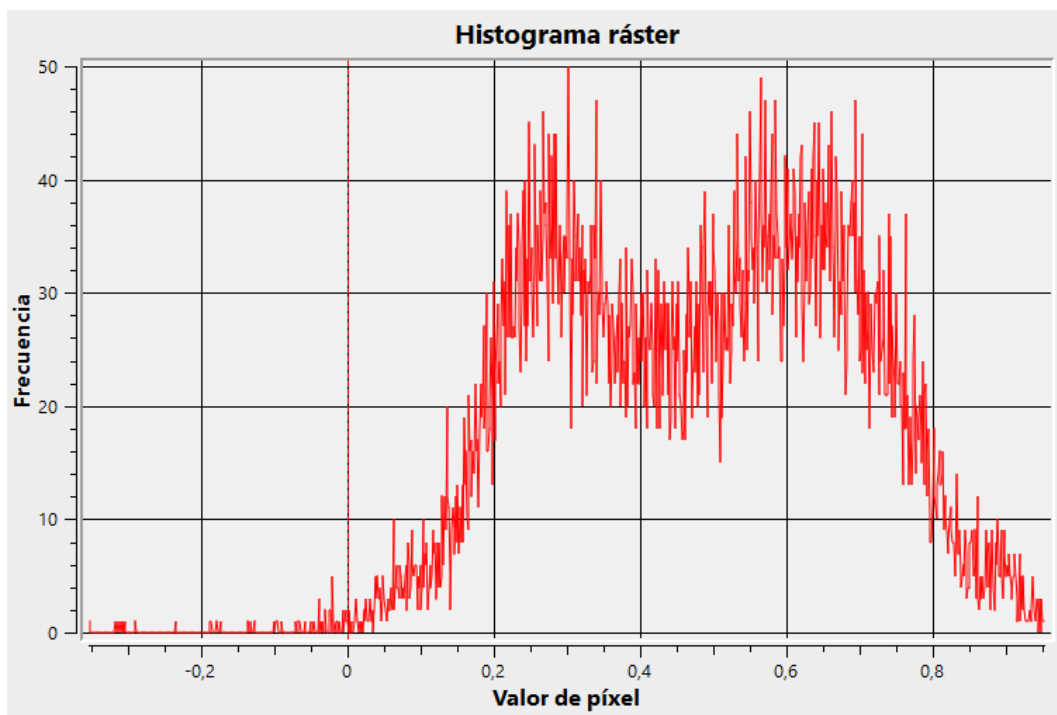


08/02/26

El histograma previo a la tormenta presenta un rango de NDVI entre -0,35 y 0,95, con predominio de valores altos asociados a vegetación en buen estado. La distribución sugiere un escenario productivo con alta actividad fotosintética antes del evento meteorológico.

- **Pico:** valores altos
- **Distribución:** relativamente concentrada

Indica un escenario de alta actividad fotosintética.



Valor Mínimo: -0,35

Valor Máximo: 0,95

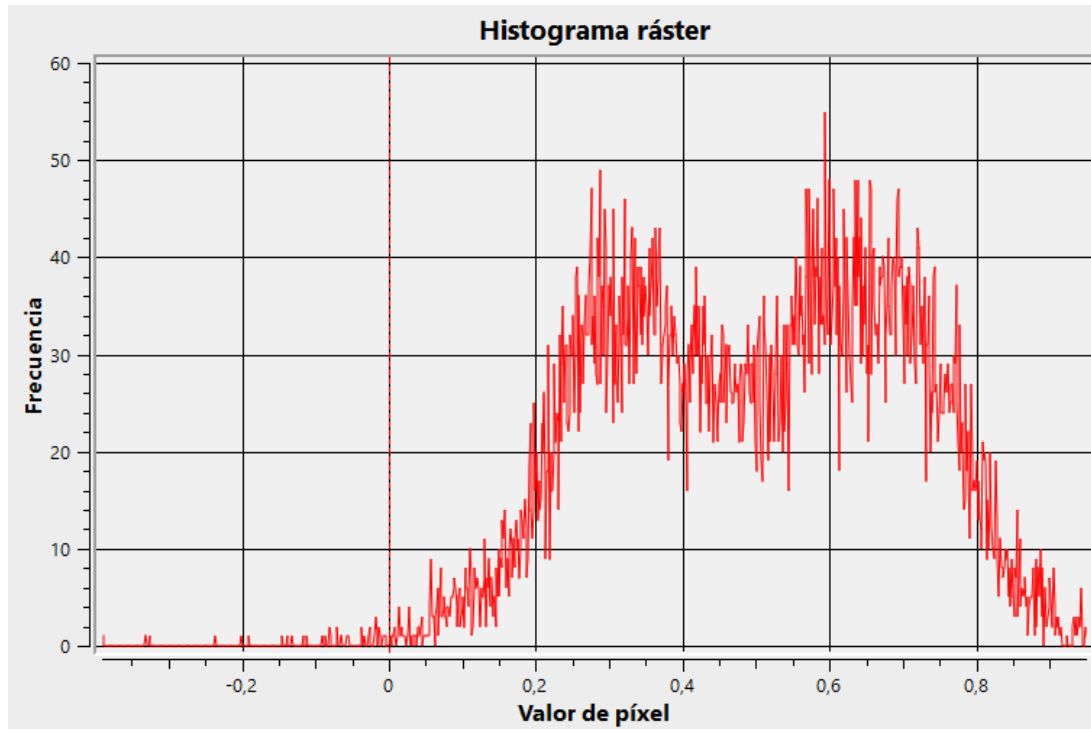
23/02/26

Posteriormente, el histograma mantiene un rango similar (-0,39 a 0,95), aunque se observa una redistribución de frecuencias hacia valores ligeramente inferiores. Este patrón indica una disminución parcial del vigor vegetal en ciertas áreas, aunque sin cambios drásticos en el rango general, lo que sugiere impactos moderados o localizados.

- **Pico:** se mantiene, con menor intensidad

- **Dispersión:** similar
- **Asimetría:** leve incremento hacia valores bajos

Interpretación: impacto leve a moderado, sin deterioro generalizado.



Valor Mínimo: -0,39

Valor Máximo: 0,95

Comparativamente el evento más severo fue el 22 de enero, donde se evidenció mayor superficie afectada y mayor alteración espectral. Como evento intermedio, el 23 de enero con impacto localizado y heterogéneo. Y por último el evento menor fue el 16 de febrero con afectación leve, sin cambios estructurales en NDVI.

4.OBSERVACIONES

- La utilización de imágenes pre y post evento permite detectar variaciones en el vigor vegetal atribuibles a daños por granizo.
- El uso de imágenes satelitales Sentinel-2 y el análisis del NDVI permiten evaluar de manera objetiva el impacto de eventos meteorológicos sobre sistemas productivos.
- En base a las imágenes consideradas previo y post evento, no existen grandes daños en cultivos según los valores de NDVI identificados.
- La integración con información de cuarteles productivos mejora la precisión en la estimación de superficies afectadas.

La incorporación del análisis de histogramas aporta una dimensión adicional, permitiendo:

- caracterizar la distribución del vigor vegetal,
- identificar patrones de afectación,
- diferenciar impactos homogéneos de aquellos heterogéneos.

El análisis espectral mediante NDVI permitió cuantificar el impacto de las tormentas evidenciando que no se registraron pérdidas masivas generalizadas, pero sí afectaciones significativas localizadas, principalmente en el evento del 22 de enero.

En este sentido, el NDVI se consolida como una herramienta eficaz para la detección, cuantificación y monitoreo de daños agrícolas, especialmente cuando se integra con información territorial y productiva.

6.FUENTES DE DATOS

- ✓ Dirección de Contingencias Climáticas (DCC)
- ✓ Dirección de Catastro
- ✓ IDE Mendoza