

## Análisis de daños utilizando datos de teledetección

La evaluación de daños es un determinante clave de los costos en el seguro agrícola. Normalmente, las áreas se evalúan poco después de un evento de daño para determinar la proporción de daño. Una **segunda** inspección suele realizarse poco antes de la cosecha, ya que los cultivos pueden recuperarse según su estado y el daño, pero también puede haber daños posteriores, como infestaciones fúngicas.

En la resolución de daños, hay mucho dinero en juego, tanto para la compañía de seguros como para el agricultor. Los intereses de ambas partes son diametralmente opuestos, y no es raro que inicialmente no haya acuerdo sobre la cantidad de daño, lo que significa que otro perito debe evaluar el daño. Además de los costos, también es importante que las partes involucradas lleguen a un acuerdo y se encuentre una solución aceptable para ambas partes.

Por lo tanto, se requieren habilidades de negociación y buenos argumentos.

**¿Qué hace que la evaluación de daños sea tan difícil?** Por un lado, el perito debe estimar los daños causados por tormentas, granizo, lluvias excesivas, inundaciones, heladas, sequías u otros riesgos asegurados en relación con la **pérdida de rendimiento**. Debe convertir hojas rotas, granos sueltos, tallos doblados, erosión del suelo o plantas dañadas por sequía en una estimación de pérdida de rendimiento en comparación con el rendimiento asegurado. Además, debe prever cómo se desarrollarán el cultivo hasta la cosecha y tener en cuenta si hubo daños previos o fallos en la gestión agrícola que resultaron en un mal desarrollo del cultivo pero que no estaban asegurados.

Todo esto se incluye en el informe y, finalmente, se discute entre las partes contratantes. Si el daño ocurrió temprano en la temporada, también puede surgir la cuestión de si solo se paga una parte de la cantidad del daño para la resiembra, en caso de que el agricultor siembre un nuevo cultivo más tarde.

Durante la inspección, el perito generalmente visita las áreas afectadas con un agricultor y primero debe asegurarse de que el área asegurada sea realmente la parcela y el tamaño declarados, y que toda la información sea correcta. Luego se toman muestras: se extraen 10 plantas de cada punto de muestra para ser analizadas.

Se evalúan todos los componentes de las 10 plantas, y los valores se ingresan en una lista.

Primero, se especifica la etapa de crecimiento. Un código de 10 etapas, en una escala de 0 a 100, describe las fases de crecimiento, desde la siembra, pasando por el crecimiento vegetativo, hasta el crecimiento reproductivo y la madurez. Dependiendo de la etapa de crecimiento, los daños en las diferentes partes de las plantas se evalúan o calculan de manera diferente.

Por ejemplo: ¿las hojas están rasgadas o caídas? ¿Están las espigas dañadas en el maíz? ¿Se han perdido granos o vainas?

El tipo de daño es muy diverso. Una vez que se han evaluado las 10 plantas hoja por hoja, espiga por espiga y muestra por muestra, y todos los datos han sido calculados, se determina el porcentaje de daño para cada punto de muestra individual.

Este proceso lleva bastante tiempo. Como regla general, se toman cuatro muestras en cuatro puntos representativos, o se recorre el área ingresando desde los bordes. Por supuesto, esto depende del tamaño del potrero. Para un área de 1-2 hectáreas, cuatro puntos de muestra pueden ser suficientes para obtener un resultado significativo. Sin embargo, también hay parcelas de 50 hectáreas o más.

Si el maíz ha crecido 2 m de altura, no se puede ver más allá de 10 m. Entonces, es imposible evaluar de manera confiable las proporciones de las zonas dañadas. Esto requeriría un número suficiente de puntos de muestra, que aumenta con el tamaño del área. Normalmente, no hay tiempo suficiente para hacerlo.

Por lo tanto, los resultados de estas estimaciones de daño a menudo no son repetibles y pueden variar considerablemente entre diferentes peritos, incluso si reciben capacitación regular.

La tarea, en cualquier caso, es muy compleja.

---

### Los seguros paramétricos ofrecen un enfoque alternativo para algunos riesgos

El seguro contra daños por sequía puede basarse en las mediciones de la estación meteorológica más cercana. Por ejemplo, se puede definir que el seguro se pagará si no ha llovido en la estación meteorológica establecida durante un período determinado.

Por un lado, esto simplifica el proceso, pero generalmente no refleja la situación en un determinado establecimiento. La estación meteorológica puede estar a varios kilómetros de distancia. La precipitación medida en la estación no necesariamente representa la precipitación en el sitio. Los suelos pueden almacenar agua por diferentes períodos de tiempo. Esto significa que un déficit de precipitación puede tener diferentes efectos.

Para el agricultor, el interés radica únicamente en la **pérdida de rendimiento**. El productor toma precauciones de riesgo para proteger su explotación del daño económico que podría causarle pérdidas. Además, debe estimar por sí mismo cuánto valen esas provisiones de riesgo.

Las primas de las aseguradoras se basan en la frecuencia de los siniestros. Además, están los costos de análisis de daños y otros costos organizativos.

Dependiendo de la región, el costo del seguro contra granizo representa entre el 4 y el 6% del rendimiento asegurado. La suma asegurada puede ser de 1.500 o 2.000 euros por hectárea. Si se considera que el agricultor tiene costos por semilla, fertilizantes, maquinaria, mano de obra, etc., la **prima del seguro** puede representar el 20% del excedente del agricultor.

Y en este ejemplo, solo se aseguraría el daño por granizo.

Es evidente que las soluciones existentes son costosas, en parte imprecisas y complejas.

Por ello, desde hace tiempo se ha estado considerando cómo la **teledetección** puede ayudar a respaldar el sistema.

La teledetección proporciona datos registrados de manera sistemática sobre una amplia área. Estos datos tienen un cierto nivel de ruido en la medición y no estiman directamente el rendimiento, sino la biomasa o, en el caso del **NDVI**, un índice derivado de datos ópticos de satélites que mide el contenido de **clorofila** de la vegetación.

Los datos de drones y satélites se utilizan para estimar los daños. Ambos tienen sus ventajas y desventajas. La mayor desventaja de los drones es que solo se realiza un registro después del evento de daño. Sería demasiado costoso sobrevolar regularmente áreas completas para tener imágenes disponibles en caso de daño. Sin embargo, si solo se tiene **un registro** después del evento, no se conoce el estado previo.

Las áreas suelen ser heterogéneas, el crecimiento es desigual, y las parcelas muestran **patrones**. El evento de daño, a su vez, crea un segundo patrón a través del área, y el cambio causado por el evento permite mapear la pérdida gradual de rendimiento.

En el caso de los datos ópticos de satélites, puede haber interrupciones en la disponibilidad de datos debido a las nubes, que afectan la visibilidad o disminuyen la intensidad de la luz entrante.

Una forma de recolectar datos regularmente con calidad constante es mediante los satélites **Sentinel-1 SAR** (Radar de Apertura Sintética) del programa Copernicus de la ESA.

Estos datos cubren casi todo el mundo con una repetición de 12 días. Tienen una resolución espacial de 20x20 m, lo que proporciona suficientes píxeles dentro del área para **detectar cambios**, especialmente en parcelas de más de 2 hectáreas.

A partir de estos datos se puede derivar un índice de biomasa (ESVI) que muestra la variabilidad espacio-temporal de la biomasa fresca. Sin embargo, no permite ver directamente el rendimiento ni la pérdida de rendimiento.

Además, los cultivos o malezas continúan creciendo después del evento de daño.

No obstante, la detección de cambios se puede aplicar para identificar la extensión espacial de las zonas dañadas.

---

## Uso de índices para análisis más precisos

### Ejemplo de análisis con Sentinel-1

En la siguiente página se muestran ejemplos que demuestran cómo se pueden evaluar las clases de daño. Con estas clases, se pueden generar mapas de zonificación para agilizar la evaluación de pérdidas dentro de las parcelas aseguradas.

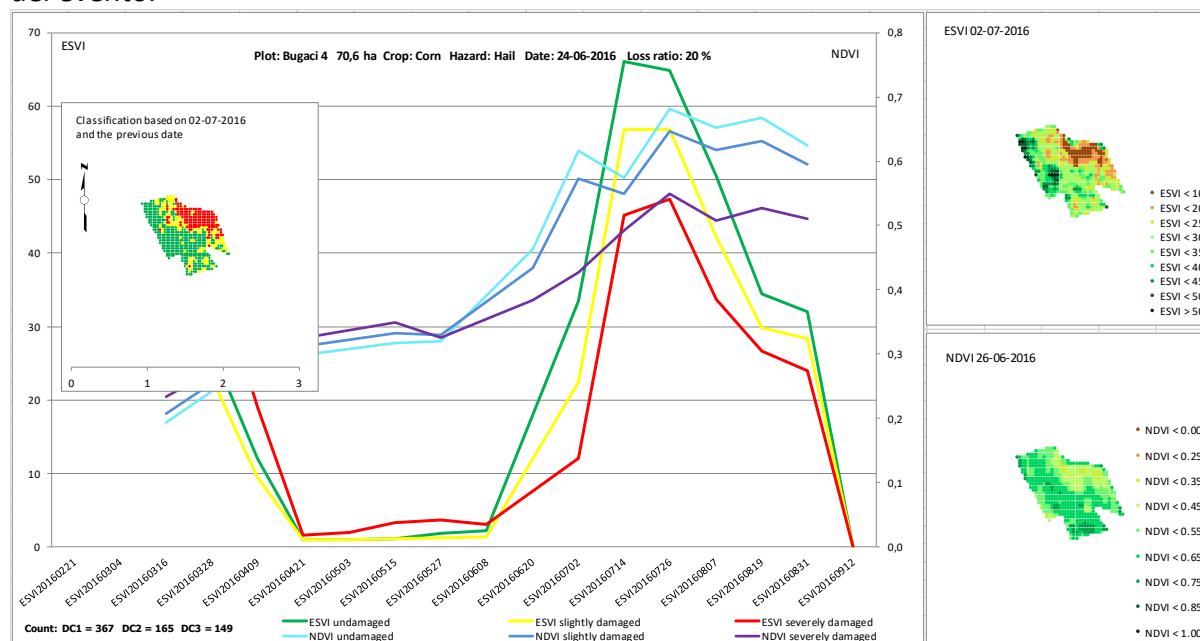
En el ejemplo, se observa una serie temporal del NDVI (azul) y del ESVI (verde, amarillo, rojo). Las líneas se dividen en 3 clases basadas en los cambios detectados después del evento.

Representan los valores promedio de los conjuntos que caen dentro de las respectivas clases.

En la esquina inferior izquierda se ve el número de píxeles en cada clase con la etiqueta DC (Clase de Daño) y el valor correspondiente.

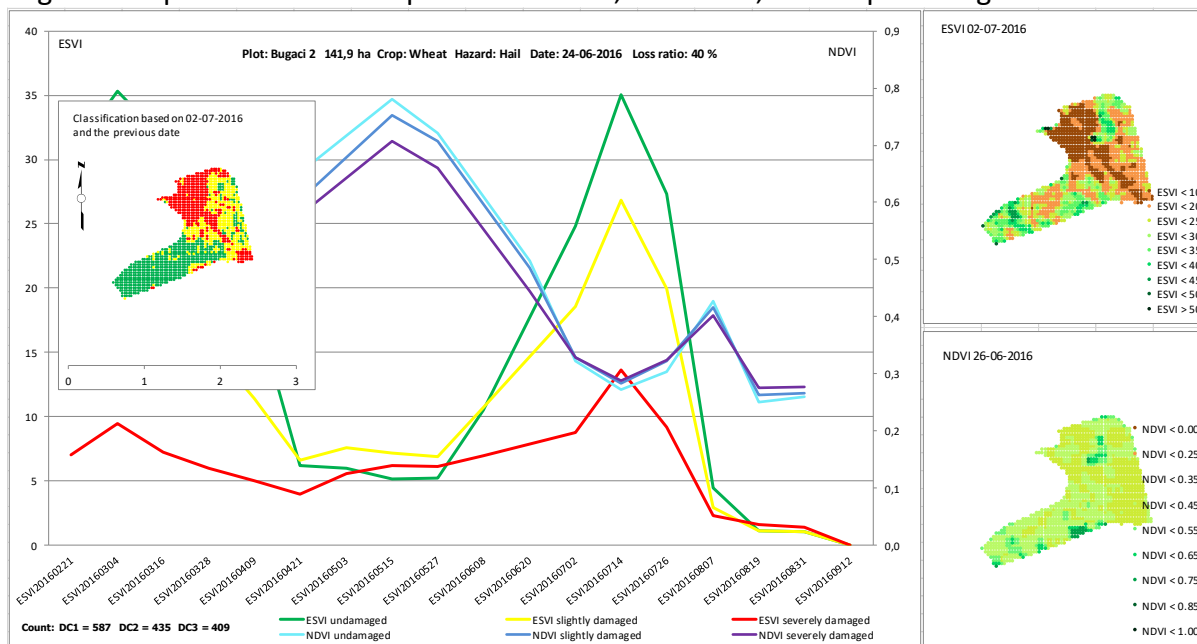
A la izquierda se muestra una nube de píxeles con las características espaciales de los píxeles según las clases de daño. A la derecha, dos mapas muestran las características espaciales del ESVI y, debajo de estos, las del NDVI.

Las clases de daño se basan en el cambio en los valores de píxeles del **ESVI** antes y después del evento.

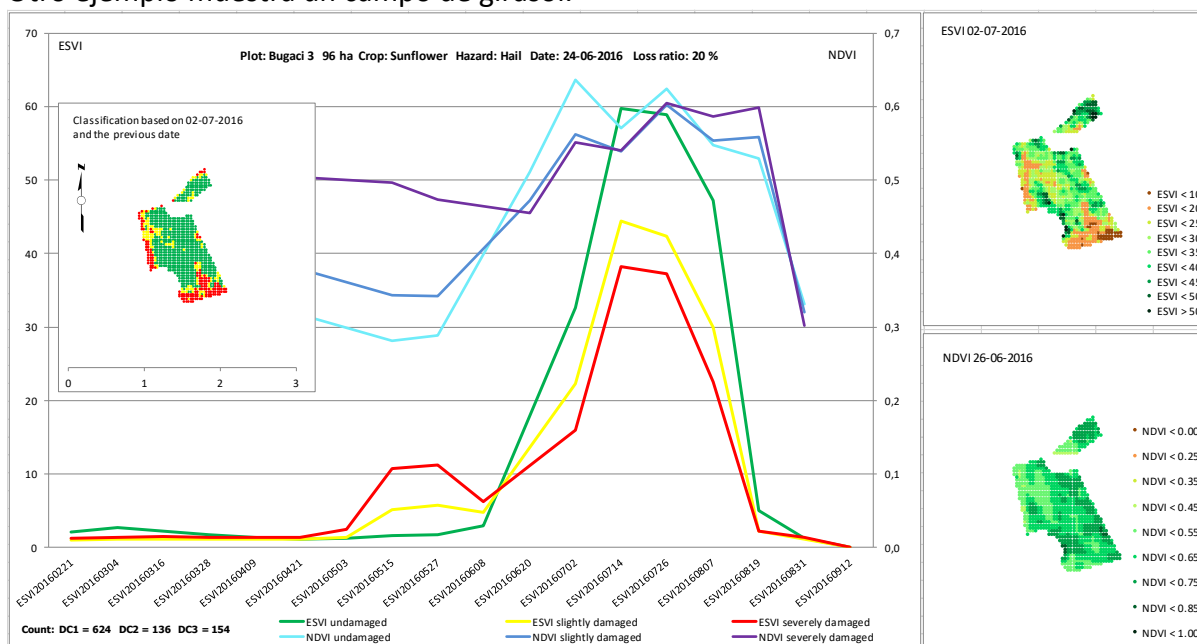


El 20 de junio no había datos de Sentinel-1 para esta área. Por lo tanto, los valores en las clases individuales están distribuidos entre el registro anterior del 8 de junio y el del 2 de julio.

El gráfico superior muestra un potrero de maíz; el inferior, un campo de trigo.



Otro ejemplo muestra un campo de girasol.



El método es adecuado para zonificar áreas dependiendo del cambio en la biomasa tras un evento de daño.

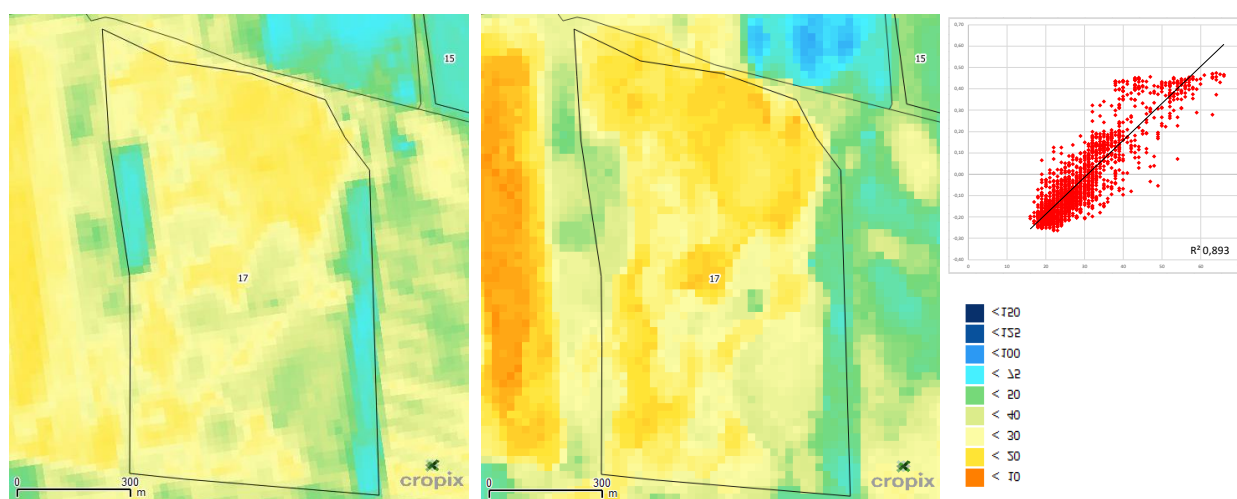
No es posible estimar directamente el daño en relación con la pérdida de rendimiento, pero los datos pueden ayudar a determinar la proporción de áreas que caen en las diferentes clases. También es posible combinar **virtualmente** todas las parcelas de un tipo de cultivo y distribuir los puntos de muestra entre todas las parcelas según las clases.

Esto aumenta la eficiencia y precisión de la evaluación de daños y reduce costos.

Para esquemas de seguros paramétricos que refieren a una estación meteorológica ubicada a varios kilómetros, sería posible analizar las áreas específicas y mapear la variabilidad de las parcelas individuales para diferenciar el índice según las clases de daño.

Hemos desarrollado el índice de humedad SWI a partir de los datos de Sentinel-1. En un área de Hungría, a la izquierda se muestra el NDWI (Gao) de Sentinel-2 (óptico) y, a la derecha, el SWI de Sentinel-1 (radar).

Ambos índices evalúan la humedad en la vegetación. La correlación entre ambos conjuntos de datos en este ejemplo es  $R^2=0.89$ .



## Implementación en modelos de seguro

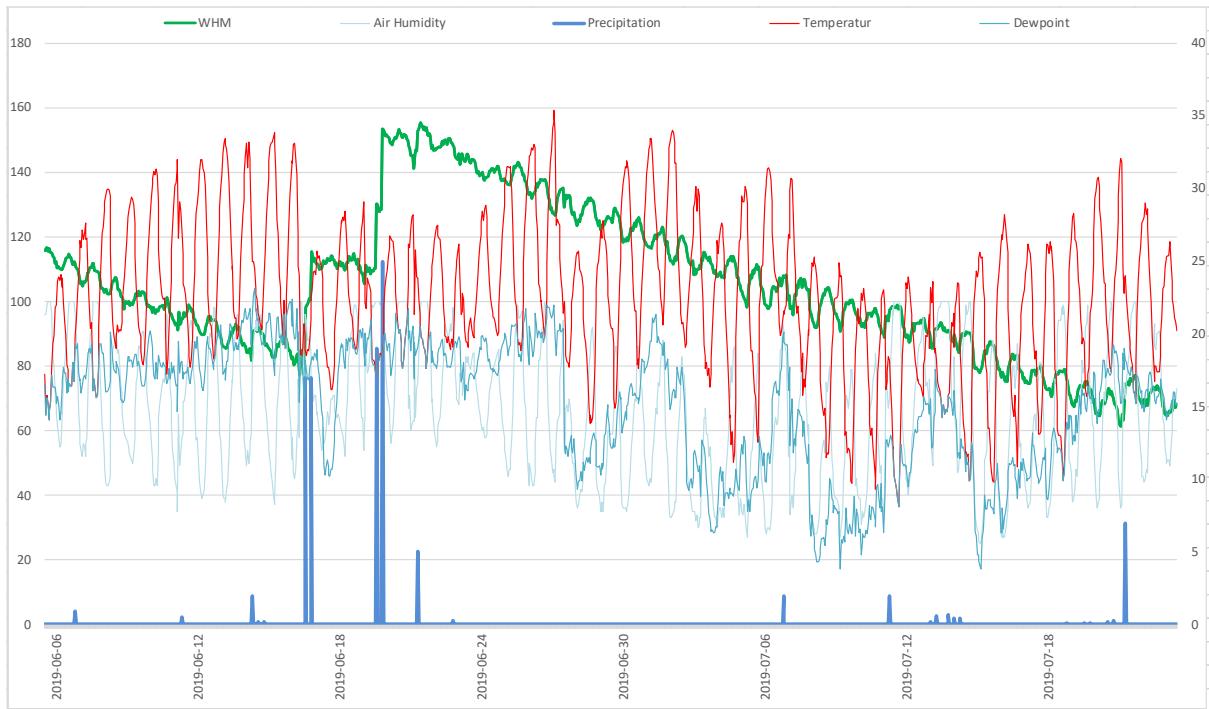
Con un conjunto de datos disponible regularmente y de manera confiable, combinado con datos meteorológicos e **índices** como disparadores, se pueden expandir los seguros paramétricos y hacerlos más precisos.

La resolución espacial de las estaciones meteorológicas suele ser demasiado baja para ofrecer a los agricultores la protección que necesitan.

Es más lógico no solo usar un período sin lluvias como disparador, sino implementar un modelo que estime la disponibilidad de agua en el suelo (**Modelo de Balance Hídrico**).

Este modelo:

1. Considera la reserva de agua según las precipitaciones de los dos meses previos.
2. Evalúa la cantidad de precipitación durante el período de observación.
3. Toma en cuenta la humedad del aire, la temperatura y la velocidad del viento.



El modelo de balance hídrico (**WHM**) correlaciona bien con el SWI. En el ejemplo específico,  $R^2 = 0.83$ .

Este modelo permite que el **disparador** del seguro no se aplique rígidamente según un período sin lluvias, sino según una estimación de la disponibilidad de **agua en el suelo** para la ubicación de la estación meteorológica.

El segundo paso sería analizar el SWI en las áreas aseguradas.

Aunque un producto de seguro que define un período sin lluvias como disparador es fácil de explicar, es difícil justificar por qué un agricultor debería compararlo, ya que presenta demasiadas incertidumbres que no contemplan el riesgo real de pérdida de rendimiento.

