

# Mapas de anomalías y de variaciones interanuales de las medianas de escenarios de rinde para cultivos extensivos basados en observaciones satelitales y modelos

## Análisis de su producción y de su distribución a través de la plataforma de GEOServicios de la CONAE

Homero Lozza<sup>1</sup>, Santiago Bustos Revol<sup>1</sup>, Mariana Horlent<sup>2</sup>, Jonatan Mogadouro<sup>1</sup>, Josefina Otero<sup>3</sup>, Álvaro Soldano<sup>1</sup>, Pablo Thomas<sup>3</sup>, Ivanna Tropper<sup>2</sup> y Mariano Valderrey<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Gerencia de Observación de la Tierra

<sup>2</sup> Gerencia de Vinculación Tecnológica

<sup>3</sup> Gerencia de Gestión Tecnológica

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Av. Paseo Colón 751, C1063 ACH

Ciudad Autónoma de Buenos Aires

<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>

hlozza@conae.gov.ar, sbustos@sec.conae.gov.ar, mhorlent@conae.gov.ar, jmogadouro@sec.conae.gov.ar, jotero@conae.gov.ar, asoldano@conae.gov.ar, pthomas@sec.conae.gov.ar, itropper@conae.gov.ar, mvalderrey@conae.gov.ar

**Resumen** Las predicciones sobre las tendencias en la producción de los principales cultivos extensivos de la Región Pampeana son de gran interés para los tomadores de decisiones privados como para las oficinas de gobierno. Este trabajo presenta una aplicación diseñada e implementada en la CONAE que combina datos de teledetección y de otras fuentes en modelos de cultivos para proveer semanalmente mapas de anomalías respecto a un rinde normal y mapas de variaciones interanuales para las producciones de los cultivos de trigo, maíz y soja de 1ra. El acceso oportuno y conveniente a los productos así elaborados se canaliza a través de tres GEOServicios que adhieren a las normas y recomendaciones de la OGC. Los usuarios avanzados cuentan con los GEOCatálogos de metadatos. Asimismo, se ofrecen los datos de la región de interés mediante el servicio WMS que habilita el procesamiento local reduciendo el volumen de descargas y asegurando la lectura solamente de los productos vigentes. Finalmente, se describe el GEOPortal al que todos los usuarios pueden acceder desde un navegador de Internet, sin requerir la instalación de software SIG específico, brindando una vista rápida de los mapas elaborados durante los últimos dos meses.

**Keywords:** GEOServicios · Teledetección · Cultivos · Modelos

## 1. Introducción

Contar con información oportuna y confiable sobre las tendencias en la producción de los principales cultivos extensivos de la Región Pampeana es de gran interés tanto para los productores agrícolas como para las oficinas de gobierno. En este sentido, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) reconociendo la importancia de la actividad agrícola-industrial promueve el diseño y operación de sus misiones satelitales para fortalecer el desarrollo de tecnologías que contribuyan al crecimiento económico de este sector. Así, a comienzos de los años 2000, la CONAE en colaboración con otros organismos del sector científico y tecnológico argentino como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) propuso la fabricación de dos plataformas satelitales denominadas SAOCOM para cargar un instrumento radar de apertura sintética (SAR, por sus siglas en inglés) en banda L optimizado en la recuperación de humedad de suelo superficial [1]. Sabiendo que la humedad del suelo limita el crecimiento de las plantas y el transporte de los nutrientes, se desarrollaron en simultáneo con las facilidades de tierra productos orientados a la agricultura que agregaron más valor a las estimaciones de este factor fundamental de la producción agrícola. Estas aplicaciones que combinaron el uso de modelos y datos de otras fuentes ampliaron las capacidades de predicción para, finalmente, llegar a generar escenarios de rinde.

Los modelos empleados buscan capturar los principales mecanismos que potencian y limitan el crecimiento de los cultivos. Dada la importancia que tiene la recarga del perfil de suelo en los procesos de infiltración y escorrentía, la incorporación de la humedad de suelo representa un aporte fundamental en el proceso de elaboración de la información. De esta manera, los escenarios de rinde agregan mayor valor incorporando los avances de la misión.

El objetivo de la aplicación que se presenta en este trabajo es generar mapas que representen el incremento o reducción de la producción esperada para el final de campaña respecto a la del año anterior, o respecto a una definición de año normal para los cultivos de trigo, maíz y soja de 1ra. A los primeros los denominamos mapas de variaciones interanuales y a los segundos nos referimos como mapas de anomalías. Más aún, el acceso simple y oportuno a la información elaborada es un pilar del diseño de la aplicación y ha sido exitosamente alcanzado a través de la implementación de GEOServicios que adhieren a las normas y recomendaciones de la Open Geospatial Consortium (OGC). Los usuarios avanzados cuentan con el servicio de GEOCatálogos que permite la consulta por metadatos. Asimismo, el servicio WMS habilita el procesamiento local de los datos de la región de interés reduciendo el volumen de descargas y asegurando la lectura solamente de los productos vigentes. Finalmente, todos los usuarios tienen una vista rápida de los mapas elaborados durante los últimos dos meses a través del GEOPortal al cual se accede desde un navegador de Internet sin requerir la instalación de software específico de sistemas de información geográfica (SIG).

Este trabajo está ordenado de la siguiente manera. En la sección 2 abordaremos el diseño e implementación de la cadena de procesamiento recorriendo las unidades principales desde el ingreso del mapa de humedad de suelo superficial,

pasando por la modelación numérica hasta la etapa final de publicación a través de los GEOServicios. Luego, ofreceremos un resumen de los productos generados y sus canales de acceso. Finalmente, presentaremos las conclusiones del trabajo y de la experiencia de operar este sistema durante la campaña agrícola 2020/21.

## 2. Procesamiento y publicación de los mapas

Este trabajo presenta el proceso completo que conduce a la obtención de mapas de las medianas de escenarios de rinde para los principales cultivos de la Región Pampeana partiendo desde la ingesta de los datos de humedad de suelo y de otras fuentes hasta el almacenamiento y la publicación como GEOServicios. Para facilitar el análisis, aprovechamos la separación natural entre las operaciones y las tecnologías involucradas en las etapas de procesamiento y de publicación.

### 2.1. Procesamiento de los mapas sobre Zonas Homogéneas

Los mapas que representan el incremento o reducción de la producción esperada para el final de campaña se construyen a partir de un recorrido secuencial de áreas que mayormente comparten el mismo tipo de suelo y que cubren la totalidad de la Región Pampeana. El procesamiento sobre estas áreas, que definimos como Zonas Homogéneas (ZH) y suman un número compatible con la capacidad de cómputo, busca simular el rinde considerando los atributos específicos del sitio seleccionado [2]. Las predicciones a paso diario y que se prolongan hasta el final de la campaña se realizan mediante modelos de cultivos basados en la familia Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) cuyo desarrollo se remonta a la década de 1980 [3,4]. Resumidamente, son modelos matemáticos que calculan la variación diaria de biomasa o peso de los granos penalizando el crecimiento con las estimaciones de la disponibilidad de agua dentro de las sucesivas capas de suelo [5]. Dado que la última fecha que cuenta con registros completos es del día anterior a la simulación, se continúa con información meteorológica de años anteriores hasta alcanzar el punto de madurez. Así, por ejemplo, se puede completar la información meteorológica reciente con datos del año 1990. Los escenarios de rinde son un agregado estadístico que contiene las predicciones esperadas como si se tratara en adelante de las condiciones meteorológicas del año 1990, 1991, y los siguientes hasta el 2019. Finalmente, se calcula la mediana de los escenarios y se compara con los resultados de la campaña anterior o la de un año normal. El rinde para la campaña pasada se elabora con la misma herramienta. El año normal se construye como la mediana de los rindes obtenidos luego de simular las producciones de las 30 campañas entre 1990 y 2019. Dado que el objetivo es obtener tasas interanuales y anomalías, se espera que se compensen los errores derivados de las simplificaciones del modelo y en los datos de entrada. El producto es un mapa en formato GeoTiff que despliega las tasas de producción esperada para la campaña actual sobre la estimada para la campaña anterior o normal luego de recorrer y procesar todas y cada una de las ZH de la Región Pampeana.

**Tecnologías para el procesamiento de los mapas** Las facilidades para simular el crecimiento de los cultivos se acceden mediante una arquitectura Representational State Transfer (REST) [6]. El servidor informa al cliente de los datos disponibles. Una base de datos con extensiones espaciales facilita el almacenamiento y recuperación tanto de la información meteorológica como de suelos y manejos [7,8]. En base a las solicitudes de procesamiento, ejecuta los modelos con los conjuntos de datos requeridos y devuelve la mediana del rinde para el sitio considerado.

El cliente está encargado de rasterizar la imagen de los resultados para cada ZH [9]. Recordamos que asignamos a las ZH las medianas de los escenarios de rinde las cuales fueron obtenidas para cada sitio a través del servicio REST. Las imágenes con las producciones para campañas anteriores y años normales fueron previamente preprocesadas. Los índices que reflejan la tasa de variación interanual y la anomalía resultan del cociente entre la nueva imagen y las que se encuentran almacenadas en el cliente. La figura 1 ilustra los principales componentes de esta cadena de procesamiento.

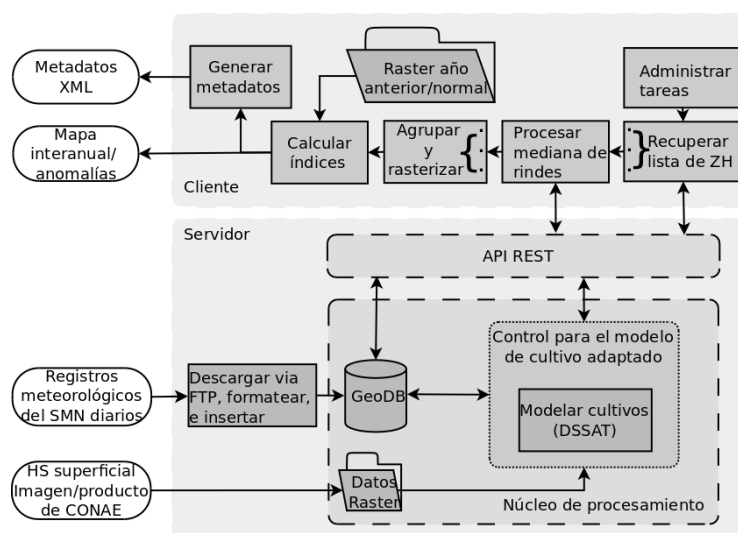


Figura 1: Esquema de la cadena de procesamiento para la obtención de los mapas de anomalías y variaciones interanuales de las medianas de los escenarios de rinde y sus correspondientes metadatos.

Por último, se generan los correspondientes metadatos que permiten agregar estos mapas en los servidores de GEOServicios. Un perfil de metadatos consiste en un conjunto particular de descriptores adoptados para la documentación de información en un contexto determinado. En general, describen al recurso y dentro de sus contenidos se encuentran, entre otros, los enlaces de acceso a la

documentación y a la descarga del producto. Dichos enlaces son visibles cuando los productos se suben a los GEOCatálogos.

## 2.2. Proceso de publicación de los mapas

La CONAE, en consonancia con la iniciativa de Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) [10], ha implementado herramientas para facilitar a las usuarias y los usuarios el acceso y el empleo de la información satelital. Enmarcado en el paradigma del trabajo en red y de la interoperabilidad, se adoptaron estándares internacionales y aplicaciones de software libre para brindar la información disponible en distintas formas (archivo físico, servicios Web, visualizadores, catálogos, etc.) de manera tal que cada uno disponga de dicha información de acuerdo a sus necesidades y requerimientos. A continuación, describimos las tecnologías involucradas para la implementación de los GEOCatálogos de metadatos, los GEOServicios Web y el GEOPortal a través de los cuales se pueden buscar, visualizar, acceder y descargar los productos aquí presentados.

**GEOCatálogo de metadatos** Para potenciar y gestionar los catálogos de la CONAE, se utilizó la aplicación GeoNetwork [11]. Esta aplicación proporciona una potente herramienta de búsqueda y edición de metadatos, además de un visor de mapas interactivo. Los metadatos publicados en los GEOCatálogos de la CONAE [12] siguen los requerimientos internacionales de interoperabilidad bajo los estándares OGC, para los cual se elaboró un perfil según las recomendaciones de IDERA [10], siguiendo los estándares de la Organización Internacional para la Normalización (ISO, por sus siglas en inglés).

**Servicios Web bajo estándares de la OGC** El objetivo de los servicios Web definidos por la OGC es facilitar el acceso y distribución de datos geoespaciales. Algunos servicios Web definidos por la OGC son: Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Catalog Service for the Web (CSW) [13]. Estos servicios Web facilitan las tareas de *localizar, acceder, procesar y editar* información geográfica de múltiples fuentes con similares procedimientos. Particularmente, la CONAE ofrece acceso a los productos aquí presentados a través del estándar WMS, uno de los servicios más frecuentemente utilizados que permite recuperar un mapa como una imagen con representación de información geográfica.

Los estándares definidos por la OGC aseguran la interoperabilidad de los contenidos en los SIG. La gran mayoría de las aplicaciones y herramientas, tanto de escritorio como para Web que hagan uso de información geográfica, ya sean de pago o gratuitas, incorporan en su funcionalidad la implementación de servicios Web de OGC. De esta manera, el usuario se ve beneficiado al poder acceder desde un mismo software a diversos orígenes de datos, sin necesidad de preocuparse por sus aspectos internos de implementación.

**GEOPortal** Fue implementado utilizando el software abierto MapStore [14], desarrollado por GeoSolutions para crear, administrar y compartir mapas de forma segura. Este software brinda una interfaz de mapas Web potente e interactiva, proporcionando un acceso directo y en tiempo real a los datos geoespaciales almacenados. A la vez, es compatible con todos los formatos estándares de la OGC disponibles para datos geoespaciales: WMS, WFS, WCS, CSW y otros.

Dentro del GEOPortal, además de encontrarse precargados los servicios WMS y WFS publicados por la CONAE, también se incluyen los de otros organismos oficiales, como IGN, para ser usados de referencia.

### 3. Resultados

Esta sección presenta ejemplos de los mapas que se elaboran y publican semanalmente según los procedimientos descriptos anteriormente. Continuamos con una descripción de estos productos los cuales buscan apoyar a los usuarios en sus procesos de toma de decisión. Seguidamente, resumimos los resultados de la evaluación de los mismos tomando como referencia valores observados de campañas anteriores. Finalmente, ilustramos los distintos canales de acceso a los productos elaborados. Para más información de los productos se puede consultar en el Sistema de Documentos IDE de CONAE [15].

#### 3.1. Mapas de anomalías y de variaciones interanuales de las medianas de los escenarios de rinde

Los mapas muestran la distribución espacial que resulta de los cálculos por ZH de los siguientes índices: la anomalía normalizada (AN) y la tasa de variación interanual (TVI). Las fórmulas que permiten obtener los respectivos resultados adimensionales se expresan por

$$AN = 100 \frac{\text{Mediana (Escenarios campaña actual)}}{\text{Mediana (Estimaciones campañas 1990-2019)}} \quad (1)$$

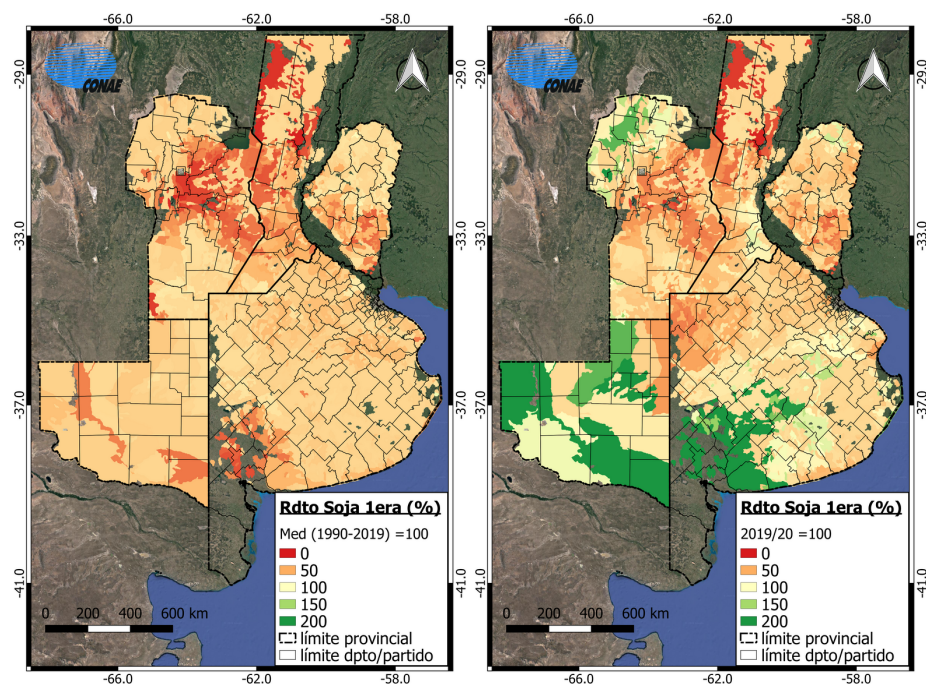
$$TVI = 100 \frac{\text{Mediana (Escenarios campaña actual)}}{\text{Estimación campaña año anterior}} \quad (2)$$

Así, si el índice es igual a 100, entonces indica que se esperan producciones iguales a la del año normal o del año anterior, respectivamente. Valores superiores o inferiores a 100 describen porcentajes de aumento o disminución en la producción respecto al año de referencia. Por ejemplo, si el índice toma el valor 50, entonces la producción se reduciría a la mitad. Por el contrario, si el índice es de 200, correspondería al doble.

En la figura 2 ilustramos el resultado del procesamiento por ZH para productos generados sobre la Región Pampeana<sup>4</sup>. Aquí se muestran los mapas de

<sup>4</sup> La descarga y/o uso de cualquiera de estos productos SAOCOM de Nivel 2 y Superior SAOCOM implica por consiguiente la aceptación de los presentes Términos

anomalías (Figura 2a) y de variaciones interanuales (Figura 2b) para las medianas de los escenarios de rinde de soja de 1ra. Estos mapas emitidos con fecha 2020-12-19 anticipan un escenario medio de final de campaña [2,16,17].



(a) Mapa de anomalías para las medianas de los escenarios de rinde de soja de 1ra emitido el día 19 de diciembre de 2020 para el final de la campaña tomando como base una producción normal. El año normal se corresponde con el valor de las medianas de los rindes calculados entre 1990 y 2019. El mapa fue generado a través del procesamiento por ZH sobre la Región Pampeana.

(b) Mapa de las variaciones interanuales de las medianas de los escenarios de rinde de soja de 1ra emitido el día 19 de diciembre de 2020 para el final de la campaña tomando como base las estimaciones de la campaña del 2019/20. El mapa fue generado a través del procesamiento por ZH sobre la Región Pampeana.

Figura 2: Ejemplos de productos

y Condiciones de Uso y el reconocimiento y respeto de los derechos de Propiedad Intelectual y de Derecho de Autor de los Productos. Se deberá indicar la siguiente leyenda "Producto SAOCOM® - ©CONAE - año de adquisición. Todos los derechos reservados" en todas las publicaciones, resultados, productos derivados y demás usos que los usuarios les den a dichos Productos.

**Atributos del mapa** El mapa se distribuye como dato raster en formato Geo-Tiff y sistema de referencias EPSG:4326. La fecha consignada en el nombre del producto corresponde al día que se simularon los escenarios de rinde. Los escenarios de rinde representan predicciones del modelo hacia el final de la campaña actual considerando la historia climática como una posible realización del tiempo futuro.

El tipo de dato es Byte y, por lo tanto, el rango va de 0 a 255. El 0 codifica el dato no válido, y del 251 al 255 se reservan para misceláneas: máscaras de agua, ciudades, etc. A cada valor se asignó un color de una paleta que asigna tonos rojos a las producciones menores a 100, y verdes para las superiores.

### 3.2. Validación

Para establecer la confianza en los productos generados y evaluar sus alcances, se realizó un estudio comparativo que refleja el grado de acuerdo entre las estimaciones obtenidas por ZH, y los registros departamentales históricos elaborados por Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) [18]. Dicho análisis comparó los índices estimados en las ZH, agregados a escala departamental o de partido, y los datos de rinde registrados por el MAGyP considerando las campañas productivas 2018/19 y 2019/20 como un estudio de caso.

Por un lado, aplicando las fórmulas 1 y 2 de la sección 3.1, se procedió al cálculo de los mismos índices (AN y TVI) en base a los rindes de los cultivos de trigo, maíz y soja de 1ra registrados por el MAGyP. Cabe aclarar que para el cómputo de anomalías se tuvo en cuenta una renormalización estadística de los rindes promedios de los últimos 30 años para asimilar los valores a los de la campaña 2019/20. Por otro lado, los valores encontrados en los mapas de anomalías y de variaciones interanuales se promediaron según el límite departamental (o por partido en el caso de la provincia de Buenos Aires) agrupando respectivamente diferentes ZH de manera tal que sean comparables con los datos de rinde obtenidos por el MAGyP.

A partir de los resultados obtenidos se midió el grado de acuerdo entre los modelos predictivos y los datos registrados por el MAGyP. Se calculó el error relativo medio en valor absoluto entre los índices para cada cultivo analizado a partir de la ecuación propuesta por Mayer y Butler (1993) [19]. La figura 3 plasma el porcentaje de error relativo contabilizado en los departamentos/partidos de la Región Pampeana distribuidos en tres categorías (error bajo (0 - 25 %), error medio (25 - 50 %), y error alto (> 50 %)). Se denota en el eje de las abscisas el índice de anomalías e índice de variaciones interanuales para cada cultivo analizado.

## 4. Soluciones para acceder a los datos

Para fomentar el uso de los productos aquí presentados, se implementaron 3 vías de acceso que adhieren a los estándares de la OGC. En primer lugar,



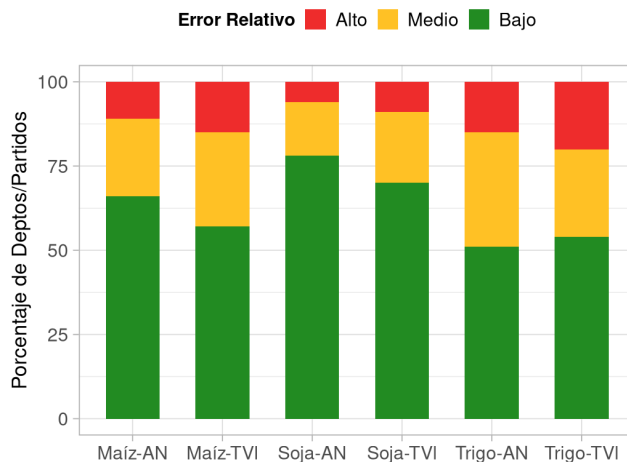


Figura 3: Porcentaje de departamentos/partidos de la Región Pampeana con error relativo bajo, medio y alto hallados entre los productos de anomalías y de variaciones interanuales y los registros del MAGyP.

los 8 productos elaborados más recientemente se encuentran disponibles para su visualización desde el GEOPortal de la CONAE [16]. La segunda vía corresponde a la distribución de estos mismos 8 productos a través del servicio WMS [17]. Por último, el usuario puede explorar y descargar toda la serie de productos accediendo a los GEOCatálogos de metadatos [12].

#### 4.1. Acceso a través de los GEOCatálogos de metadatos

La figura 4 muestra una vista del GEOCatálogo de metadatos luego de ejecutar una búsqueda de productos disponibles por el término *rinde de soja*. En este caso devuelve un listado de los productos disponibles con sus miniaturas, como el mapa de anomalías, comenzando por la fecha más próxima.

Luego de seleccionar alguno de los productos disponibles, se despliega una descripción de detalle del mismo (figura 5). Para realizar la descarga, se requiere ser un usuario registrado de CONAE [20] y haber iniciado una sesión con las credenciales correspondientes. Dependiendo de las características de la licencia del producto, puede requerirse la aceptación previa de los “Términos y Condiciones”.

Los productos son compactados para reducir el tiempo de descarga. Además, se incluye el archivo XML con sus metadatos. Los productos incorporados a los GEOCatálogos incluyen también los documentos asociados, como manuales de usuario y otros documentos técnicos [15].

10 H. Lozza et al.

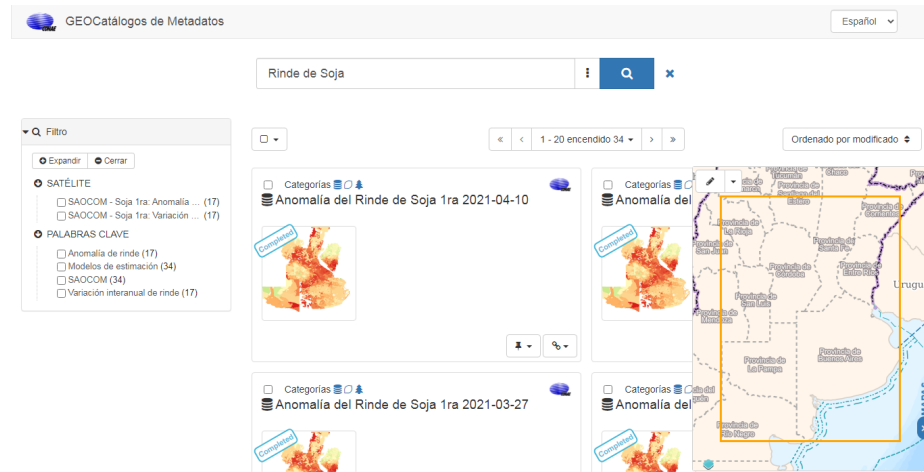


Figura 4: Visualización de los productos disponibles para soja de 1ra en el GEO-Catálogo de metadatos de la CONAE correspondientes a la campaña 2020/21.



Figura 5: Visualización del GEOCatálogo de metadatos al seleccionar un producto específico. Se señala la ubicación del enlace para la descarga del mismo.

#### 4.2. Acceso a través del GEOPortal

El GEOPortal de CONAE está pensado para ser usado principalmente en la búsqueda, visualización y consulta de datos geospaciales publicados. A la vez, al poder integrar múltiples fuentes remotas en un solo mapa potencia sus funcionalidades. En la figura 6 se muestra la visualización del producto de variaciones

interanuales para soja de 1ra emitido el 10 de abril de 2021. Con una interfaz amigable busca acercar al usuario no experto al uso de la información de base satelital.

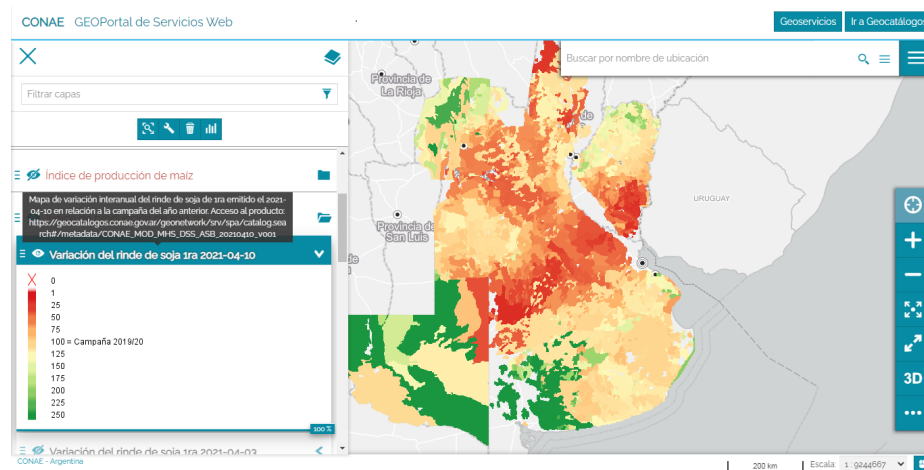


Figura 6: Visualización del producto de variaciones interanuales para soja de 1ra emitido el 10 de abril de 2021. En el recuadro con fondo negro se muestra la descripción de la capa y el vínculo al producto. Por debajo, se despliega la escala de colores utilizada en la clasificación de valores.

#### 4.3. Acceso a través de los servicios OGC-WMS

Los servicios WMS y WFS de la CONAE pueden ser accedidos desde otras aplicaciones o herramientas mediante la dirección URL de los mismos. En la figura 7 se muestra un ejemplo de la visualización del servicio WMS con el software QGIS. Particularmente, el GEOPortal también despliega sus mapas de la interacción con los GEOSericios.

Para la publicación de servicios WMS de contenido de actualización frecuente se utilizan nombres fijos cuyo contenido se modifica conforme se publican otros nuevos. De esta manera se visualiza siempre el subconjunto de los más recientes. En el caso de los servicios correspondientes a los mapas de anomalías y variaciones interanuales de trigo, maíz y soja de 1ra [21], se optó por mantener los últimos 8 mapas de cada una de las series. Dado que la publicación de cada mapa tiene una frecuencia semanal, la visualización disponible en formato WMS cubre aproximadamente los 2 últimos meses. En la figura 8 se resaltan las 8 capas correspondientes a los mapas de variaciones interanuales en las medianas de los escenarios de rinde de soja de 1ra según se observan en el GEOPortal al mes de abril de 2021.

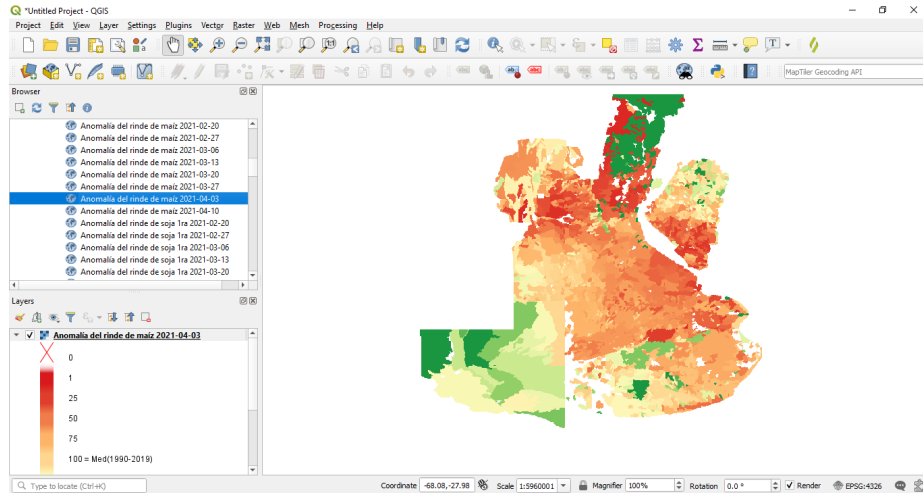


Figura 7: Ejemplo de la visualización de GEOServicios WMS con el software QGIS para el mapa de anomalías.

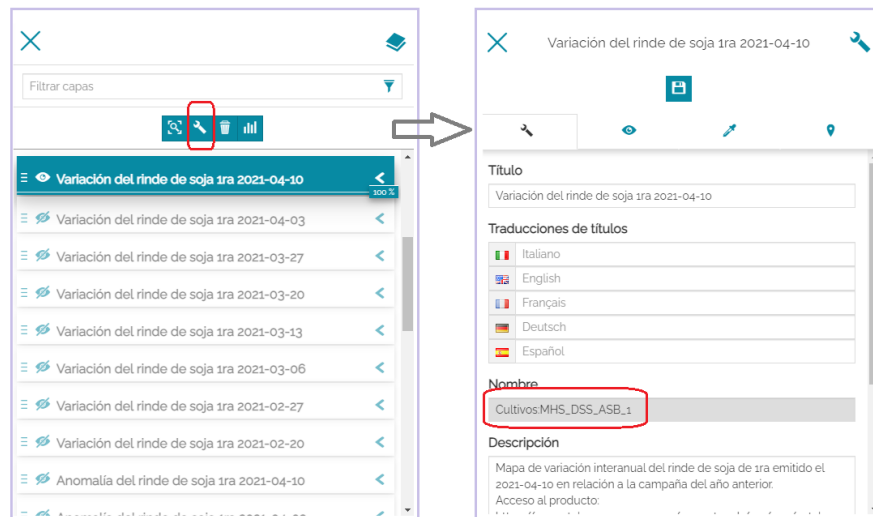


Figura 8: Detalle de las 8 capas correspondientes a las variaciones interanuales para soja de 1ra de acuerdo a como se visualizan en el GEOPortal al mes de abril de 2021. A su derecha, se presenta el detalle del acceso al nombre de la capa visualizada.

Los títulos de las capas (las leyendas desplegadas) van cambiando de acuerdo a los últimos mapas disponibles. Sin embargo los nombres de las capas que se utilizan no varían, de tal manera que pueden incorporarse a cualquier proyecto SIG y cada vez que se solicite el contenido de las mismas se visualizarán los últimos mapas disponibles. Cada mapa se publica con un nombre de capa con una numeración consecutiva, donde el 1 corresponde al mapa más nuevo, siendo el 8 el más antiguo. De esta manera, el mapa más reciente tendrá el nombre “Cultivos:MHS\_DSS\_ASB\_1”, mientras que el más antiguo será “Cultivos:MHS\_DSS\_ASB\_8”. Este último corresponderá a 7 semanas atrás. En el ejemplo de la figura 8, la primera capa: “Variación del rinde de soja de 1ra 2021-04-1” corresponde a la capa “Cultivos:MHS\_DSS\_ASB\_1” mientras que el último mapa “Variación del rinde de soja de 1ra 2021-02-20” corresponde a la capa “Cultivos:MHS\_DSS\_ASB\_8”.

Para obtener el nombre de la capa que se está visualizando, si se desea acceder luego desde otra aplicación Web al servicio WMS, se puede presionar el botón con el ícono de la herramienta y se visualizará entonces la información de la capa como se muestra en la figura 8.

## 5. Conclusiones

En este trabajo presentamos un conjunto de nuevos productos destinados a agricultores, asesores agronómicos y oficinas de gobierno que califican el escenario medio de rinde de trigo, maíz y soja de 1ra tomando como referencia la campaña anterior o la de un año normal. El primero se define como mapas de variaciones interanuales y el segundo como mapa de anomalías cubriendo toda la Región Pampeana.

Asimismo, abordamos la cadena completa de procesamiento que, partiendo desde los mapas de humedad de suelo y con el apoyo de modelos de cultivos y datos de otros organismos, permite generar estos productos con alto valor agregado. Además, siendo la amplitud de medios de acceso una meta del proyecto, describimos las tecnologías utilizadas como base para los 3 GEOServicios ofrecidos a los usuarios: GEOCatálogo de metadatos, GEOPortal y GEOServicios WMS.

El sistema aquí descrito ha operado durante toda la campaña agrícola 2020/21 ofreciendo semanalmente los productos mencionados en correspondencia con el calendario agrícola. Más aún, hemos realizado una evaluación de los mapas con valores observados de campañas anteriores obteniendo resultados satisfactorios que aumentan la confianza en los productos ofrecidos.

Un conocimiento así tiene un impacto muy fuerte sobre las prácticas agronómicas para cada región y abre una proyección cuantitativa de la producción. Esta iniciativa original de la Misión SAOCOM de la CONAE busca así contribuir al desarrollo del sector y facilitar con su plataforma de GEOServicios la adhesión de usuarios expertos y no expertos, proveyendo con datos relevantes y listos para usar en una amplia variedad de fines.

## Referencias

1. Misión SAOCOM, CONAE. <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/misiones-espaciales/saocom>
2. Lozza, H. (2019). Sistema para la aplicación de los datos de la misión satelital SAOCOM en la agricultura, Anales de CAI 2019 - Congreso Argentino de Agro-Informática, ISSN/ISBN: 2525-0949
3. Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Hunt, L.A., Ogoshi, R., Lizaso, J.I., Koo, J., Asseng, S., Singels, A., Moreno, L.P., and Jones, J.W. (2017). Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
4. Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijssman, A.J., and Ritchie, J.T. (2003), DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy Vol. 18, 235-265.
5. Wallach, D., Macowski, D., Jones, J.W., and Brun, F. (2014). Working with Dynamic Crop Models. Methods, Tools and Examples for Agriculture and Environment. 2nd Edition. Academic Press
6. Dancer Perl Web application framework. <https://perldancer.org/>
7. PostgreSQL Global Development Group (2007) PostgreSQL. <http://www.postgresql.org/>
8. PostGIS Project. <http://postgis.net>
9. GDAL/OGR contributors (2018). GDAL/OGR Geospatial Data Abstraction software Library. Open Source Geospatial Foundation. <http://gdal.org>
10. IDERA. <https://www.idera.gob.ar/>
11. GeoNetwork <https://geonetwork-opensource.org/>
12. GEOCatálogos de Metadatos, CONAE. <https://geocatalogos.conae.gov.ar/>
13. Open Geospatial Consortium. <https://www.ogc.org/>
14. MapStore. <https://mapstore.readthedocs.io/en/latest/>
15. CONAE - Sistema de Documentos IDE, Documentos de Productos en GEOCatálogos. <https://documentoside.conae.gov.ar/>
16. GEOPortal, CONAE. <https://geoportal.conae.gov.ar/>
17. GEOServicios OGC, CONAE. <https://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogoGeoServiciosOGC.html>
18. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Agricultura, Dirección Nacional de Agricultura, Dirección de Estimaciones Agrícolas. Descarga dataset. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
19. Wallach, D., Makowski, D. and Jones, J. (2006). Working with Dynamic Crop Models: Evaluation, Analysis, Parameterization, and Applications. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands.
20. Sistema de Registro de Usuarios. <https://registro.conae.gov.ar/>
21. GEOServicios WMS de cultivos de trigo, maíz y soja de Ira. <https://geoservicios3.conae.gov.ar/geoserver/Cultivos/wms>