

# MSM: Mapa de humedad del perfil de suelo estimado sobre zonas homogéneas



Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE),  
Av. Paseo Colón 751, C.A.B.A., Argentina (1063)

**Keywords:** Humedad del perfil de suelo, Región Pampeana, SAOCOM, modelos

## 1. Introducción

Resulta muy necesario y beneficioso generar estimaciones basadas en tele-detección del contenido de agua en el suelo para dejar atrás las dificultades inherentes a su observación in-situ como a su baja frecuencia de medición. Debemos recordar que la humedad del suelo (HS) es un factor fundamental para la producción agrícola ya que limita el crecimiento de las plantas y el transporte de los nutrientes. En este sentido, la CONAE con sus satélites SAOCOM [1] suma su esfuerzo a la recuperación de los datos de HS superficial sobre vastas áreas tendiendo a reducir simultáneamente el período de revisita.

Los instrumentos SAR en banda-L, como los que cargan los SAOCOM, tienen una penetración en el suelo estimada por la literatura de aproximadamente 5cm. Dada la importancia que tiene la recarga del perfil de suelo en los procesos de infiltración y escorrentía, se buscó extender diariamente las estimaciones del contenido de agua en la zona radicular. Para esto, se propuso asimilar la HS superficial en modelos de cultivo que interactúan con el ambiente. Así, se refinan los valores calculados por el modelo hasta los 2m de profundidad esperando que finalmente sus variables representen mejor la realidad. Un conocimiento así tiene un impacto muy fuerte sobre las prácticas agronómicas para cada región y abre una proyección cualitativa de la producción.

Para la Región Pampeana se identificaron áreas que mayormente comparten el mismo tipo de suelo que definimos como Zonas Homogéneas (ZH). Su cantidad es compatible con la capacidad de cómputo y permiten reconstruir un mapa de contenido de agua en el perfil por ZH leyendo las estimaciones dadas para cada capa de suelo luego de la asimilación de la HS superficial en los modelos de cultivo.

De esta manera, se alarga notablemente la cadena de procesamiento desde la captura de la imagen, su transformación en HS, su asimilación en los modelos de cultivo y, finalmente, su distribución dentro de la plataforma incorporando, como anticipamos, muchas más fuentes de datos y valor al producto final [2,3,4].



## 2. Implementación

El producto de humedad del perfil de suelo (MSM) explota los datos de HS superficial recuperada por los satélites SAOCOM y articula los procesos y conceptos presentados en la introducción para alcanzar la generación y distribución de un mapa de la HS dentro de la profundidad radicular por ZH.

El núcleo de procesamiento implementa las funciones de un sistema de información geográfica (SIG), modelos de cultivos, y técnicas de asimilación de datos para generar predicciones de contenido de agua en el suelo a distintas profundidades para los sitios especificados. Diariamente un *programador de tareas* ejecuta el procesamiento *en lote* que recorre secuencialmente cada una de las ZH de toda la Región Pampeana y obtiene el producto MSM.

### 2.1. El procesamiento en lote sobre Zonas Homogéneas

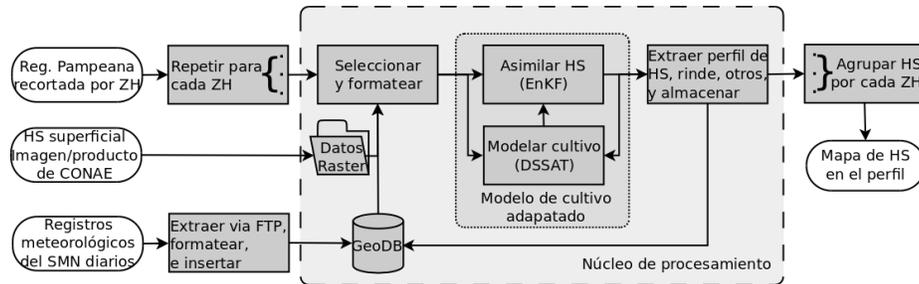
El procesamiento *en lote* sobre ZH busca estimar el contenido de agua en el suelo en la zona radicular a partir de las observaciones de HS superficial obtenidas por teledetección. El producto es un mapa en formato GeoTiff que reagrupa los valores calculados de los perfiles de HS luego de recorrer y procesar todas y cada una de las ZH de la Región Pampeana.

En la figura 1 se muestran los principales componentes en la cadena de procesamiento del producto MSM que comienza con los datos correspondientes a la Región Pampeana divididos por ZH. Para cada una de ellas se ejecuta el núcleo de procesamiento con un manejo típico del cultivo del área seleccionada. El proceso de búsqueda y selección de los datos vectoriales con la información meteorológica, de suelos y coberturas típicas se simplifica y agiliza con el uso de una base de datos con extensiones espaciales conocida frecuentemente como GeoDB. Los valores de HS calculados por los modelos para cada día y en capas hasta 2m de profundidad son almacenados en la GeoDB con el vínculo a la ZH considerada. Finalmente, estos mismos datos se reagrupan para construir mapas como veremos en la sección de resultados dando origen al producto denominado MSM.

### 2.2. Los modelos de cultivos adaptados

Los modelos empleados en esta plataforma pertenecen a la familia DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) cuyo desarrollo se remonta a la década de 1980 [6,7]. Resumidamente, son modelos matemáticos que simulan el crecimiento y desarrollo de un cultivo en interacción con el ambiente, y permiten incorporar las preferencias del productor en relación a su manejo y tratamiento [8]. Éstos operan a paso diario y requieren un amplio conjunto de datos que incluyen registros de estaciones meteorológicas, parámetros que representan la textura del suelo y coeficientes de cultivo.

La técnica de asimilación de datos ha sido probada exitosamente en los modelos numéricos de predicción del tiempo meteorológico mejorando sustancialmente su puntuación a través de la combinación con observaciones satelitales



**Figura 1.** Esquema del procesamiento *en lote* sobre Zonas Homogéneas adoptado para alcanzar el producto MSM.

de radiancias [9]. En este caso, la HS superficial recuperada por teledetección se usa para corregir las predicciones de los modelos de cultivos en las variables que representan el contenido de agua en cada capa de suelo. Particularmente, se adaptó el código Fortran del DSSAT para incorporar un filtro de Kalman para Ensamblados (EnKF).

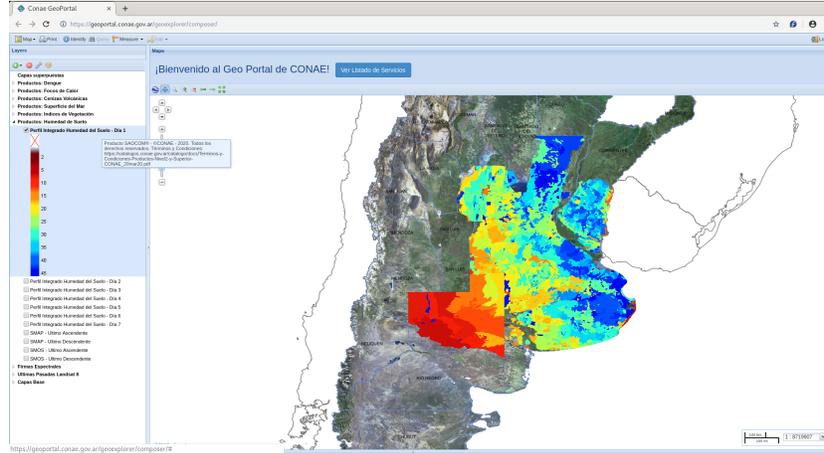
### 2.3. Los datos auxiliares

Para cada corrida se requieren los registros meteorológicos a paso diario, los atributos del suelo, los coeficientes genéticos y las correspondientes imágenes de HS del sitio elegido. Estos últimos productos son elaborados por CONAE mientras que los tres primeras fuentes de datos son generadas y/o se distribuyen por otros organismos. Así, los datos auxiliares comprenden a los valores de temperatura máxima y mínima diarias, y acumulados diarios de lluvia y radiación solar, los parámetros que describen al tipo de suelo y su comportamiento hidráulico, y los coeficientes genéticos que caracterizan a las plantas.

## 3. Resultados

En la figura 2 ilustramos el resultado del procesamiento *en lote* por ZH para un producto MSM generado sobre la Región Pampeana<sup>1</sup>. La figura 2 muestra los contenidos de agua acumulados en los primeros 50cm de suelo para cada ZH en el día 28 de marzo de 2020. Los diferentes tonos del rojo al azul codifican los valores de HS. Otros ejemplos también se muestran en [2].

<sup>1</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 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.



**Figura 2.** Ejemplo de producto MSM para el día 28 de marzo de 2020 que representa el contenido de agua en el perfil de suelo promediado hasta los 50cm de profundidad generado a través del procesamiento *en lote* por ZH sobre la Región Pampeana.

Para facilitar su acceso, los últimos 7 días de estos productos se encuentran disponibles para su visualización desde el GeoPortal de la CONAE [3], y también se distribuyen como servicios WMS [4]. Los productos anteriores pueden explorarse y descargarse desde el GeoCatálogo [5].

## 4. Atributos del mapa

El mapa se distribuye como dato raster en formato GeoTiff y sistema de coordenadas EPSG:4326.

### 4.1. Fecha

La fecha consignada en el nombre del producto informa que el mapa refleja el estado de humedad del perfil de suelo al final de ese mismo día.

### 4.2. Índice

El índice, contenido volumétrico de agua en el suelo hasta 50cm, es una variable adimensional que se calcula como

$$i = 100 \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen matriz de suelo}} \Big|_{0-50\text{cm}} \quad (1)$$

buscando cuantificar, para cada sitio, el porcentaje de contenido de agua respecto del volumen total analizado que, como señalamos, es el de los primeros 50cm de



suelo. Es decir, se realiza un promedio ponderado por la profundidad de cada capa de la predicción realizada por el modelo del contenido de agua en cada una de ellas. Estos valores se encuentran en el rango entre el punto de marchitez y de saturación. Recordamos que el punto de saturación representa el volumen de agua máximo contenido en los huecos que se forman de la aglomeración de partículas minerales de suelo. Así, la predicción que está realizando el modelo no es más que el porcentaje del volumen total de suelo ocupado por agua.

### 4.3. Rango

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 el 255 se reserva para misceláneas (máscaras de agua, ciudades, etc.). Todo valor de contenido de agua en el suelo mayor a 50 % se considera saturado. Los valores de 101 a 254 carecen de sentido y simplemente no se usan. Tampoco se calcula la humedad sobre los cuerpos de agua asignándoles el número 255. Una paleta de color asocia los valores bajos de humedad con tonos cálidos, y los altos con tonos fríos. El negro representa a la categoría miscelánea.

### 4.4. Resolución espacial

El mapa se genera por zonas homogéneas. Es decir, se tomaron las series de suelo predominantes y se agruparon las unidades cartográficas vecinas que comparten esta característica. Se removieron áreas muy pequeñas o con dimensiones lineales, como ríos y arroyos. Luego, se generalizó a 3.5km. Esto quiere decir que los vectores se conforman por nodos que al menos están separados por esa distancia mínima. Finalmente, se rasterizó para generar el mapa. El raster tiene 1200 por 1260 pixeles cuadrados de 0.01° de lado, que corresponde aproximadamente a pixeles de 1km.

## 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. GeoPortal, CONAE. <https://geoportal.conae.gov.ar/>
4. GEOServicios OGC, CONAE. <https://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogoGeoServiciosOGC.html>
5. Catálogo de Metadatos, CONAE. <https://geocatalogos.conae.gov.ar/>
6. 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.
7. Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., and Ritchie, J.T. (2003), DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy Vol. 18, 235-265.



8. 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
9. Kalnay, E. (2012). Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press