

Uso de imágenes SAR Cosmo-Skymed para la determinación de humedad del suelo

Leticia Rodríguez¹
Marco Brogioni²
Silvio Graciani¹
Stefanía Monella³
Simonetta Paloscia²

¹Universidad Nacional del Litoral -Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, CC 217, 3000 Santa Fe, Argentina. Leticia@fich1.unl.edu.ar, sgraciani@gmail.com

²Consiglio Nazionale delle Ricerche -Istituto di Fisica Applicata, Via Madonna del Piano, 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italia
m.brogioni@ifac.cnr.it, s.paloscia@ifac.cnr.it

³ Becaria Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales-CONAE, Argentina.
monelita@gmail.com

Abstract: Soil moisture-SM influences the redistribution of radiant energy, runoff generation, infiltration, and therefore, recharge. Knowing its spatial distribution is strategic for agricultural activities. *In situ* measurements of SM are time consuming, providing only point information. Synthetic aperture radar – SAR images bring the possibility of estimating SM over extensive areas, with adequate spatial and temporal coverage. In this work, preliminary maps of SM were obtained by applying an Artificial Network Algorithm (ANN) in order to invert the values of the Advance Integral Equation Model (AIEM). Five X band SAR images from the satellite COSMO-SKYMED were processed and calibrated. Soil moisture was measured *in situ* by means of a TDR probe, samples were taken from the field for gravimetric water content determination. Days for field campaigns were performed as close as possible to the image days. The comparison between SM and backscattering values shows dispersion, in particular under very humid conditions. However, the multitemporal analysis showed increasing backscattering values as SM increases, as expected. The application of the ANN algorithm showed consistency between field data and model simulated values. This work was developed in the State of Santa Fe, Argentina.

Keywords: SAR, soil moisture, *in-situ* measurements, IEM model

Palabras clave: SAR, humedad de suelo, mediciones in-situ, modelo IEM

1. Introducción

La estimación de las variaciones espaciales y temporales de la humedad de suelo resulta crítica para la agricultura siendo necesario conocer la llamada “humedad de siembra”. La posibilidad de estimar la humedad del suelo-HS (o Soil Moisture Content-SMC por sus siglas en inglés) a una gran escala desde sensores instalados en satélites, con una cobertura completa y periódica de la superficie terrestre, es una opción extremadamente atractiva. Durante las tres últimas décadas, la teledetección ha brindado una perspectiva creciente para las mediciones espaciales e instantáneas de esta variable (Wang y Qu, 2009). Por ejemplo, el sensor de microondas activo SAR, es hoy ampliamente utilizado para mapear la humedad de suelo en grandes superficies, sea en banda L y S, aunque también se usan C y X exitosamente (Jackson et al., 1996; Piles et al., 2009; Das et al., 2011).

Debido a la menor sensibilidad de la banda L a la rugosidad de la superficie muchos trabajos están basados en modelos simples, empíricos o semi-empíricos, fáciles de ser invertidos al momento de recuperar parámetros del suelo. Sin embargo, buena parte de las investigaciones fueron realizadas utilizando banda C debido a la disponibilidad de imágenes

en dicha banda. Diversas investigaciones han demostrado que los sensores operando bandas P y L, son capaces de medir HS a una profundidad que depende de las características del suelo y de su perfil de humedad.

En un reciente trabajo, Paloscia et al. (2009) compararon tres metodologías diferentes para derivar la humedad del suelo a partir de imágenes ENVISAT/ASAR. Los algoritmos considerados fueron una Red Neuronal Artificial (ANN, por sus siglas en inglés) “feedforward” con dos capas ocultas (cada una de 10 perceptrón), un método estadístico basado en el teorema de Bayes y un algoritmo iterativo basado en el método directo de búsqueda de Nelder-Mead.

Por otro lado, las mediciones in situ de SMC se llevan a cabo a nivel puntal o de lote, lo que dificulta la obtención de su variabilidad espacial en grandes extensiones, además de ser costosas y consumir un tiempo importante de campo. No obstante, siguen siendo fundamentales para validar las determinaciones resultantes de los modelos aplicados tanto a imágenes SAR como a cualquier otro tipo de modelo hidrológico.

En este trabajo se presentan resultados preliminares del procesamiento conjunto de imágenes SAR COSMO- SkyMed y mediciones concomitantes de humedad de suelo en un sector de la Provincia de Santa Fe, Argentina, investigación realizada en el marco del proyecto AO-SAOCOM denominado “Validación de modelos para la determinación de la humedad del suelo en la cuenca inferior del Río Salado – Provincia de Santa Fe”, financiado por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales-CONAE, de Argentina.

2. Materiales y métodos

El área de estudio se ubica en la Provincia de Santa Fe, Argentina, con centro en la localidad de Ataliva (Figura 1). Esta provincia integra la región agrícola-ganadera e industrial de la Argentina que concentra gran parte de la actividad del sector y de la población del país. Desde el punto de vista climático, la zona de estudio se caracteriza por un clima templado pampeano; la isoterma media anual es de 18°C y la precipitación media anual es de 950 mm. La distribución de precipitaciones se concentra en el semestre noviembre-abril con un 75 % del total anual. Los suelos de la zona pertenecen a asociaciones de Argiudoles. Se trata de una zona de llanura, de suave pendiente, en la que en épocas normales, los flujos verticales de agua predominan sobre los horizontales.

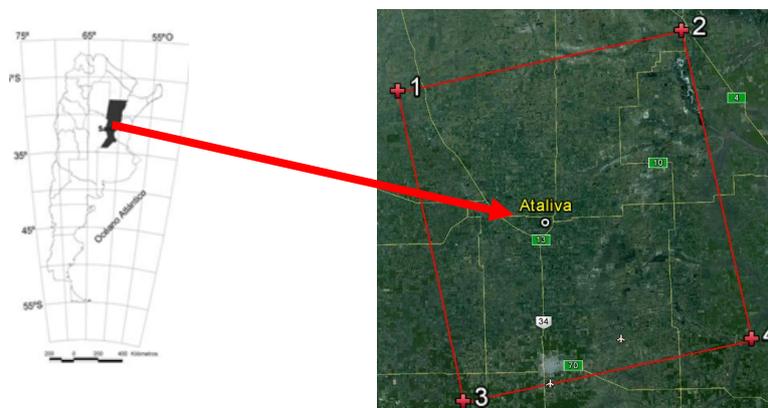


Figura 1. Ubicación del área de estudio, centrada en la localidad de Ataliva (30°59'45,8"S; 61°25'55,5"O), Provincia de Santa Fe, Argentina.

La Figura 2 muestra esquemáticamente la secuencia de pasos seguidos en el estudio. Las imágenes SAR corresponden al satélite COSMO/SkyMed, banda X, modo Stripmapimage, polarización H/H, órbita descendente, nivel de procesamiento 1A Single Look Complex. Primeramente las imágenes se transformaron de rango inclinado a rango terreno mediante la aplicación de Multilooking del módulo SARscape del software ENVI (Exelis, 2011). Posteriormente se realizó la corrección geométrica y la calibración de cada imagen con el fin de obtener los valores de backscattering, σ .

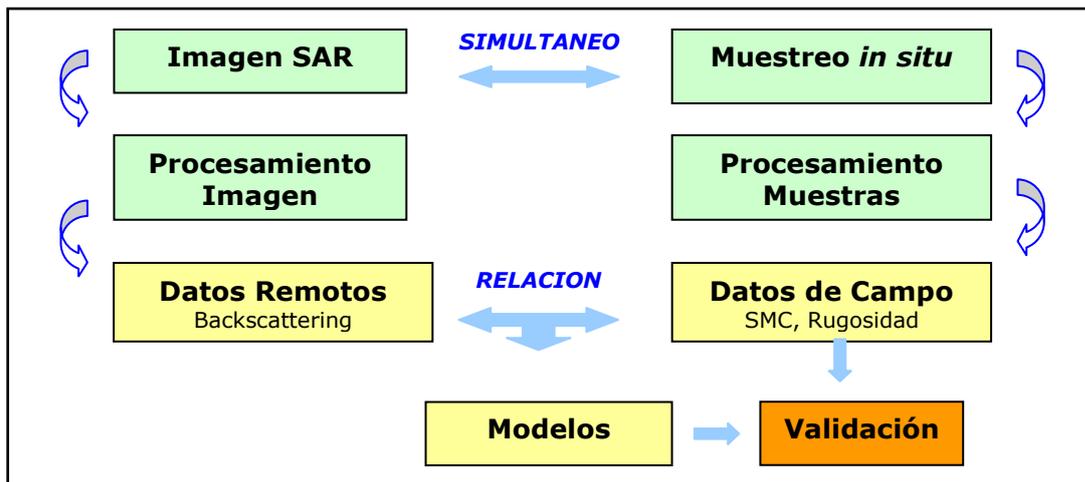


Figura 2. Esquema del método aplicado.

Se realizaron cinco salidas a campo los días 8/3, 24/3, 1/4, 9/4, y 17/4, días lo más cercanos posibles al día de adquisición de la imagen. Se relevó la humedad del suelo mediante sonda TDR en un número promedio de 11 puntos por fecha considerada, se extrajeron muestras de suelo a una profundidad de 3-5 cm para análisis gravimétrico en laboratorio y para determinación de densidad aparente. Cada sitio fue georreferenciado, se relevó el tipo de cobertura vegetal, la orientación de los surcos, la condición climática, la hora de toma de muestra y, en algunos casos, la rugosidad superficial. La Figura 3 muestra diferentes coberturas de los suelos relevados en las salidas a campo mientras que la Tabla 1 muestra los días de adquisición de las imágenes.

El pre-procesamiento de imágenes SAR se llevó a cabo mediante el software ENVI 4.8, con el módulo SARscape 4.3. Primeramente las imágenes se transformaron de rango inclinado a rango terreno mediante la aplicación de Multilooking del módulo SARscape del software ENVI (Exelis, 2011). Posteriormente se georeferenciaron las imágenes mediante el módulo geocoding.

Combinando la información de la localización geográfica de los puntos relevados en campo, imágenes ópticas, Google earth y el software Quantum Gis 1.7.4, se creó un archivo shape. Este archivo se importó en ENVI y se utilizó para crear las llamadas ROI's de las que se extrajo el valor de backscatter. Se obtuvieron los estadísticos de cada ROI en cada imagen procesada (Tabla 1) para obtener el valor medio de backscattering en cada uno de ellos, que luego se transformaron a decibeles y compararon con mediciones de campo.

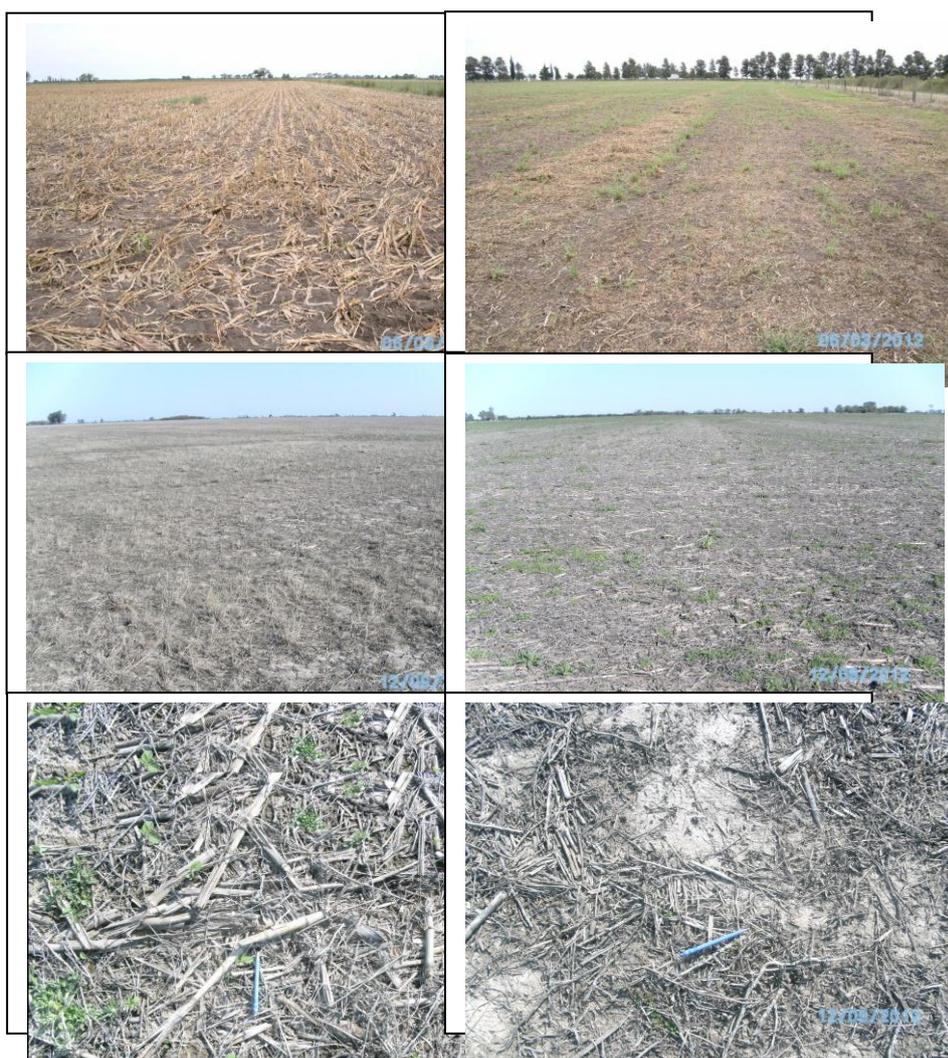


Figura 3. Diferentes coberturas de rastrojo en los campos de muestreo

Tabla 1. Día de adquisición de imágenes COSMO-SkyMed.

	Fecha	Sensor	Modo	Angulo	Polarización	Nivel
1	07/03/2012	CSK2	Stripmap Himage	24.67°	HH	1A – SCSB
2	27/03/2012	CSK4	Stripmap Himage	24.67°	HH	1A – SCSB
3	31/03/2012	CSK1	Stripmap Himage	24.67°	HH	1A – SCSB
4	08/04/2012	CSK2	Stripmap Himage	24.67°	HH	1A – SCSB
5	12/04/2012	CSK4	Stripmap Himage	24.67°	HH	1A – SCSB

3. Resultados y discusión

La Figura 4 muestra la comparación entre el coeficiente de backscattering σ (en dB) y valores humedad de suelo (SMC) determinadas por gravimetría. Las dos gráficas superiores no muestran una correlación significativa, las dos inferiores muestran un mejor ajuste. La falta de ajuste puede deberse en parte a que las imágenes adquiridas no corresponden exactamente a los días solicitados, que son justamente los de salida a campo. Por ejemplo, la imagen del 27/3/2012 se comparó con datos del 24/3/2012, la del 12/04/2012 con datos del 9/04/2012. Dado el carácter cívico-militar del satélite COSMO, las adquisiciones

programadas (en base a las cuales se solicitaron las imágenes y realizó la tarea de campo), pueden no coincidir con las imágenes obtenidas.

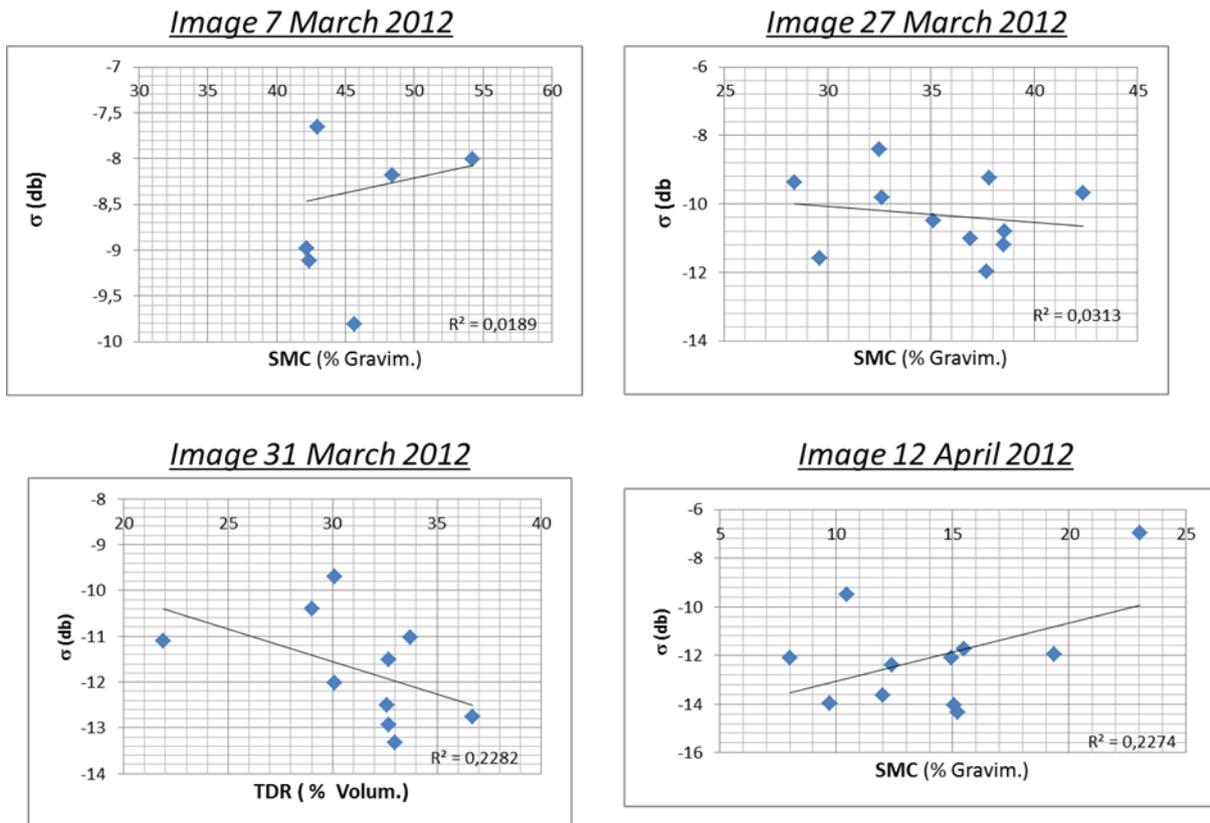


Figura 4 - (db) vs Soil Moisture Content (SMC) para diferentes fechas

Para los días 7 y 27 de marzo, los valores de HS están cerca del valor de saturación. En estos dos casos se registraron lluvias de importancia el día anterior a la toma de la imagen y las muestras de campo, lo que explicaría en parte lo observado. Para el caso del 12 de abril, no se habían producido precipitaciones en los días previos a la campaña lo que muestra valores de HS más bajos, además, se aprecia como se incrementan los valores de σ (db) al pasar de 7 a 24 % de humedad gravimétrica del suelo.

El análisis multitemporal de la Figura 5 muestra valores mayores de backscattering a medida que HS se incrementa, en un todo de acuerdo a lo esperable.

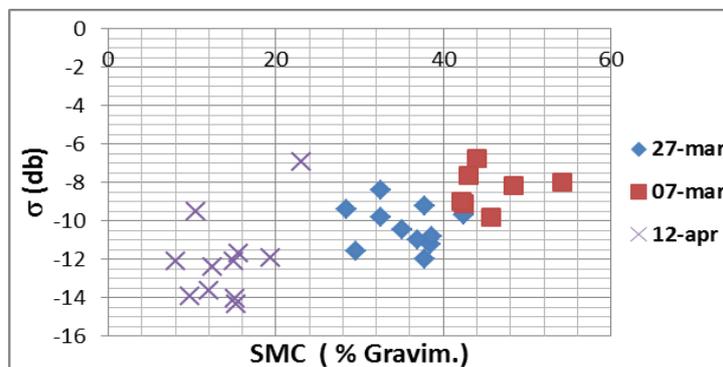


Figura 5. Análisis multitemporal.

Paloscia et al. (2009) desarrollaron un algoritmo de redes neuronales artificiales (ANN- por su sigla en inglés) con el fin de invertir el Advance Integral Equation Model (AIEM). Los parámetros utilizados en este trabajo fueron: σ° en banda X-band, polarización HH (COSMO-SkyMed), ángulo de incidencia local: 24,67; desvío estándar de altura (aleatorio entre 1 y 2 cm); longitud de correlación (aleatoria entre 4 y 6 cm); NDVI obtenido de Lansat7.

Se verificó la consistencia de las simulaciones (obtenidas mediante el modelo AIEM), comparando los resultados con los datos de campo (Figura 6). En general, los valores simulados se ajustan adecuadamente a las medidas de campo.

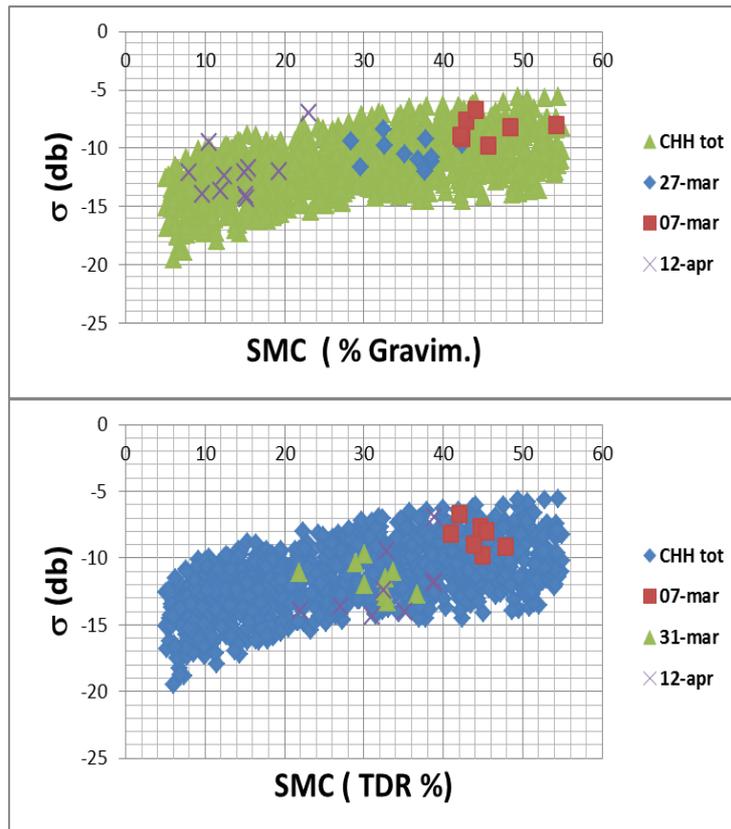


Figura 6. Comparación entre datos de campo y simulaciones del modelo AIEM

La aplicación del algoritmo ANN permitió obtener como salida mapas de SMC (Figura 7). Las áreas urbanas se eliminaron mediante una máscara utilizando ENVI.

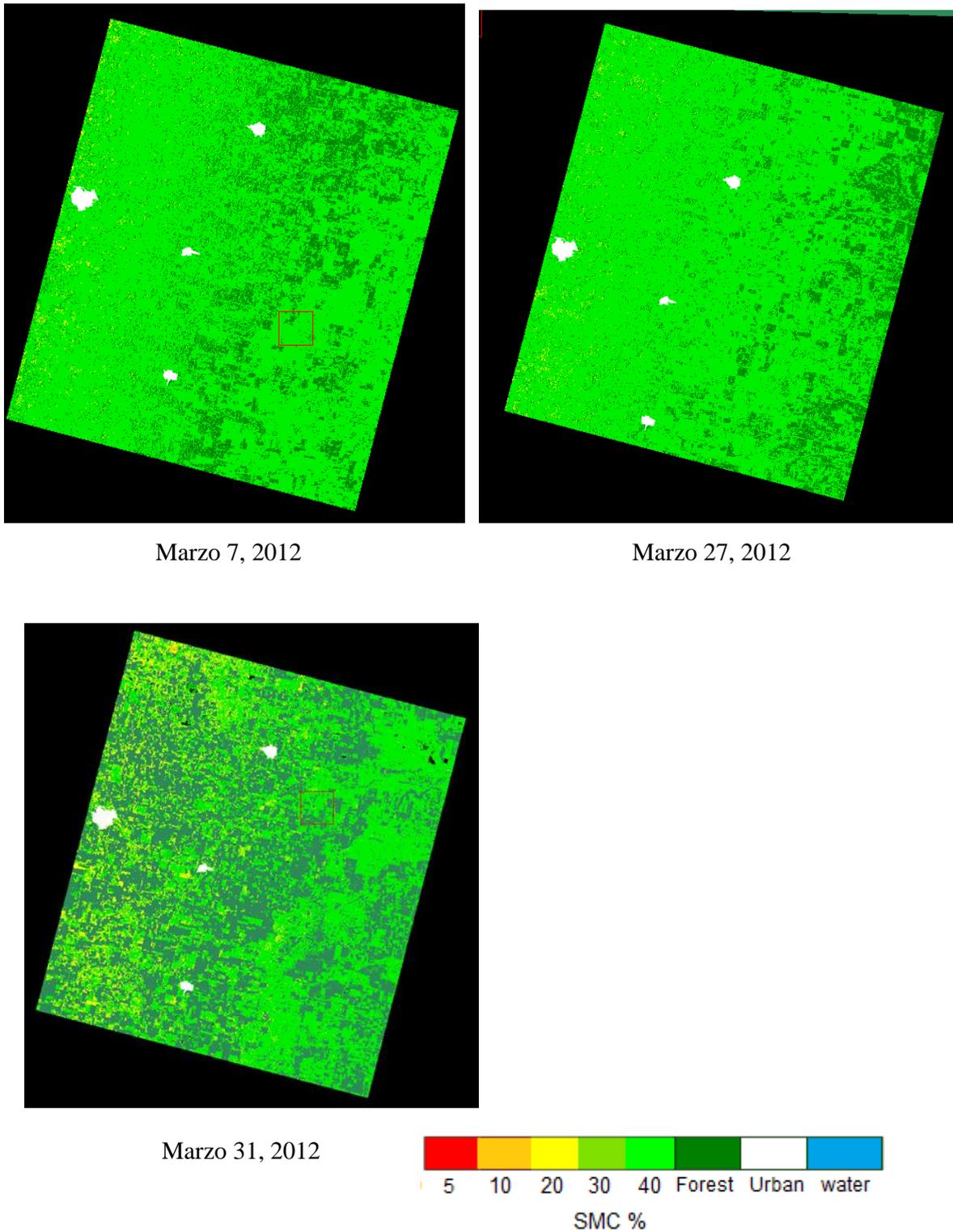


Figura 7 – Mapas preliminares de HS

4. Conclusiones

En este trabajo se presentaron resultados preliminares del procesamiento conjunto de imágenes SAR COSMO-SKYMED y mediciones concomitantes de humedad de suelo en un sector de la Provincia de Santa Fe, Argentina. Las conclusiones encontradas son:

- Los diagramas de backscattering versus HS gravimétrica o volumétrica en distintas fechas muestran una apreciable dispersión, aunque en dos fechas se infiere una tendencia.
- El análisis multitemporal muestra valores mayores de backscattering a medida que HS se incrementa, en un todo de acuerdo a lo esperable.
- La aplicación de un algoritmo ANN para simular valores de HS-backscattering mostró la consistencia entre los datos de campo y las simulaciones del modelo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales-CONAE, de Argentina por el financiamiento recibido para la ejecución del trabajo. Asimismo agradecen al Instituto di Fisica Applicata, Italia, y a la Universidad Nacional del Litoral, por su apoyo en el proyecto de investigación.

Referencias bibliográficas

Das, N.N.; Entekhabi, D.; Njoku, E.G. An algorithm for merging SMAP radiometer and radar data for high-resolution soil-moisture retrieval. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote sensing**, Vol. 49, 5, 1504-1512. 2011.

Exelis Visual Informations Solutions, 2011. ENVI Image Analysis Software.

Jackson, T. J.; Schmugge, T. J.; Engman, E.T. Remote sensing applications to hydrology: Soil moisture. **Hydrological Sciences Journal**, vol. 41, no. 4, p. 517-530, 1996.

Paloscia, S., Pampaloni, P., Pettinato, S. and Santi, E.,2009, A comparison of algorithms for retrieving soil moisture from ENVISAT/ASAR images. *IEEE Trans Geosci. Remote Sensing* Vol. 47/9, 2991-2994

Piles, M.; Entekhabi, D.; Camps, A. A change detection algorithm for retrieving high-resolution soil moisture from SMAP radar and radiometer observations. **IEEE Transactions on Geosciences and remote sensing**, Vol. 54, 12, 4125-4131. 2009.

Wang, L.; Qu, J.J. Satellite remote sensing applications for surface soil moisture monitoring: A review. **Front. Earth Science China**, 3(2), 237-247. DOI 10.1007/s11707-009-0023-7, 2009.