



COMISION NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES

MISIÓN SAOCOM

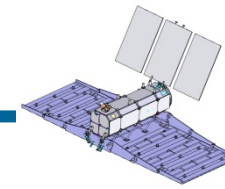
Anuncio de Oportunidad para el desarrollo de Aplicaciones y Puesta a Punto de Metodologías Utilizando Imágenes SAR banda L Polarimétricas

Proyecto N° 17

Monitoring soil hydrologic condition in agricultural fields: fieldwork & simulations for SARAT-SAOCOM soil moisture validation

Francisco Grings – Marcela Piscitelli

18 al 20 de abril de 2012 verderis@iafe.uba.ar
Buenos Aires, ARGENTINA



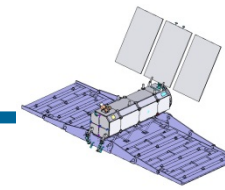
Monitoring soil hydrologic condition in agricultural fields: fieldwork & simulations for SARAT-SAOCOM soil moisture validation

Objetivo general

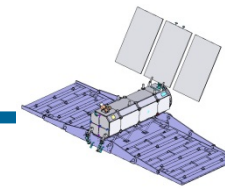
- Desarrollar metodologías para la estimación de la condición hidrológica de suelos agrícolas a partir de mediciones de la matriz de scattering en Banda L e información auxiliar.

Objetivos específicos

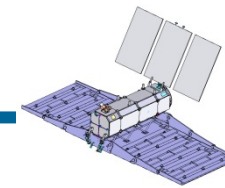
- Generar las bases teóricas de un algoritmo de retrieval de humedad del suelo.
- Llevar a cabo un experimento de campo según los estándares requeridos por la aplicación.
- Testear los algoritmos de obtención de humedad del suelo más utilizados.
- Proponer algoritmos de obtención de humedad del suelo alternativos basados en inferencia bayesiana.
- Aprovechar datos multisensor en la elaboración de algoritmos alternativos/esquemas de validación.



- R1.** Desarrollo de las bases teóricas de un algoritmo retrieval bayesiano.
- R2.** La generación de un sistema de información geográfica de la zona de estudio.
- R3.** Set-up del sitio de validación.
- R4.** Testeo de algoritmos de *retrieval* (los propuestos en el marco de la misión SAOCOM y alternativos).
- R5.** Contar con un producto humedad del suelo validado.
- R6.** Haber generado un producto que dé cuenta de la evolución de la oferta hídrica para cultivos específicos como una herramienta para la toma de decisiones.



- La propuesta se asienta en el desarrollo de un experimento para caracterizar *in situ* la dinámica hídrica de suelos vinculados a diferentes actividades agronómicas. El experimento está diseñado para determinar la humedad del suelo como un continuo a partir de imágenes SAR.
- Se propone entonces la construcción y puesta en marcha de un sitio de calibración/validación, destinado a vincular las observaciones satelitales con mediciones *in situ* de las variables biofísicas que determinan la dinámica del agua.
- Para ello, se medirán *in situ* variables agrometeorológicas que determinan la dinámica hídrica. Entre otros, se medirán la humedad del suelo, del aire, la precipitación, la temperatura del suelo y del aire, la velocidad y dirección del viento, la evapotranspiración y la irradiación solar.
- Esta modalidad/arreglo se repetirá eventualmente en 5 situaciones representativas de distintas condiciones ambientales y usos.
- Una vez puesto en marcha el experimento, se diagramarán campañas intensivas que incluirán trabajo de campo *ad hoc* específicamente diseñado para monitorear las variables del terreno que no se pueden monitorear de manera continua (principalmente rugosidad del suelo).
- Estas campañas coincidirán con las adquisiciones del sistema SAR-AT en modo full polarimétrico, de manera de generar la información necesaria para intentar vincular la matriz de scattering medida a la humedad superficial del suelo.
- Los resultados obtenidos se integrarán usando simulaciones previas. Entre ellas, simulaciones de la interacción entre la radiación y el suelo (modelo directo)



Speckle noise and soil heterogeneities as error sources in a Bayesian soil moisture retrieval scheme for SAR data

Matias Barber, *Student Member, IEEE*, Francisco Grings, Pablo Perna, Marcela Piscitelli, Martin Maas, Cintia Bruscantini, *Student Member, IEEE*, Julio Jacobo-Berlles and Haydee Karszenbaum.

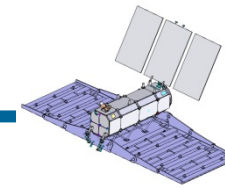
Abstract—Soil moisture retrieval from SAR images is always affected by speckle noise and uncertainties associated to soil parameters, which impact negatively on the accuracy of soil moisture estimates. In this paper a soil moisture Bayesian estimator from polarimetric SAR images is proposed to address these issues. This estimator is based on a set of statistical distributions derived for the polarimetric soil backscattering coefficients, which naturally includes models for the soil scattering, the speckle and the soil spatial heterogeneity. As a natural advantage of the Bayesian approach, prior information about soil condition can be easily included, enhancing the performance of the retrieval. The Oh's model is used as scattering model, although it presents a limiting range of validity for the retrieval of soil moisture. After fully stating the mathematical modeling, numerical simulations are presented. First, traditional minimization-based retrieval is investigated. Then, it is compared with the Bayesian retrieval scheme. The results indicate that the Bayesian model enlarges the validity region of the minimization-based procedure. Moreover, as speckle effects are reduced by multilooking, Bayesian retrieval approaches the minimization-based retrieval. On the other hand, when speckle effects are large, an improvement in the accuracy of the retrieval is achieved by using a precise prior. The proposed algorithm can be applied to investigate which are the optimum parameters regarding multilooking process and prior information required to perform a precise retrieval in a given soil condition.

Index Terms—Soil moisture, radar applications, Bayesian methods, synthetic aperture radar, inverse problems.

Following this demand of information, there is a systematic effort to develop maps of soil moisture of the Earth's surface. Orbiting microwave synthetic aperture radar (SAR) systems offer the opportunity of monitoring soil moisture content at different scales and under almost any weather condition, through the known sensitivity that the backscattered signal exhibits to soil parameters, including, among others, soil moisture and soil roughness [2]. Polarimetric SAR systems are able to transmit and receive radiation that is linearly polarized in the horizontal (h) and vertical (v) planes (relative to the plane defined by the wave vector and the normal to the surface being illuminated), giving rise to four intensity images σ_{hh}^0 , σ_{hv}^0 , σ_{vh}^0 , and σ_{vv}^0 of the target of interest [3].

However, the relation between backscattered signal and soil parameters is not straightforward, and consequently there are still no operational SAR-derived soil moisture products. There are two main reasons for this: (1) the scattering processes that relate backscattering to soil properties (moisture, roughness, and others) are difficult to model [4], and (2) the necessary input parameters are difficult to measure in the field [5], [6]. The former is mainly related to the SAR imaging system whereas the latter to soil parameters heterogeneity.

Moreover, usually there are several combinations of surface parameters producing the same SAR observations. As a conse-



Multiplicative model

$$Z = X \cdot Y$$

return \nearrow backscatter \nwarrow speckle

Bayes' theorem

$$P(m, ks | z_1, z_2, z_3) = \frac{P_{Z_1 Z_2 Z_3}(z_1, z_2, z_3 | m, ks) P_{MKS}(m, ks)}{P_{Z_1 Z_2 Z_3}(z_1, z_2, z_3)}$$

Posterior \downarrow Likelihood \swarrow Prior \swarrow
 Evidence \swarrow

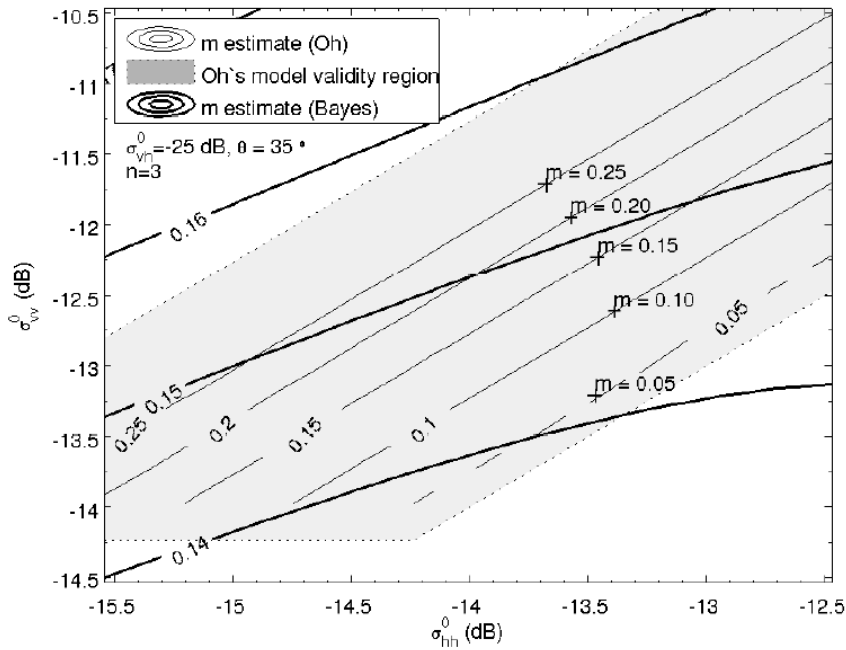
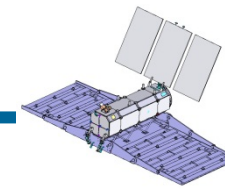


Fig. 2. Comparison between the soil moisture estimated using Oh's model and the Bayesian retrieval approach, in units of cm^3/cm^3 . The parameters adopted by the simulation are: $n = 3$, $\sigma_m = 0.005 cm^3/cm^3$, $\sigma_{ks} = 0.01$, $\rho_{\sigma_{vv}^0/\sigma_{hh}^0} = 0.7$ and $\rho_{\sigma_{vh}^0/\sigma_{vv}^0} = 0.1$.

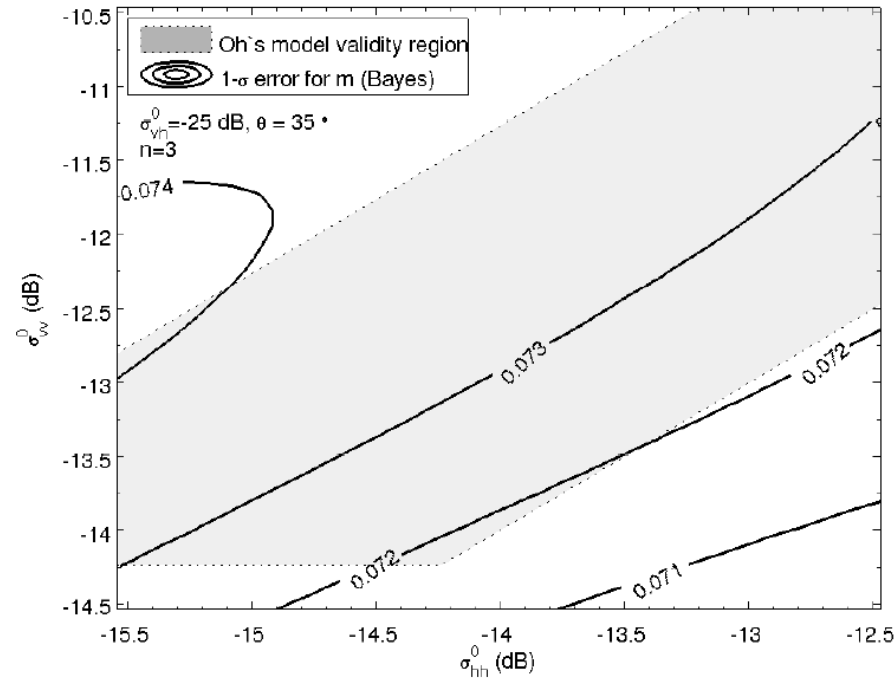


Fig. 3. One-sigma standard deviation of m_{est}^{Bayes} for a number of looks $n = 3$, in units of cm^3/cm^3 . The parameters adopted by the simulation are: $\sigma_m = 0.005 cm^3/cm^3$, $\sigma_{ks} = 0.01$, $\rho_{\sigma_{vv}^0/\sigma_{hh}^0} = 0.7$ and $\rho_{\sigma_{vh}^0/\sigma_{vv}^0} = 0.1$.

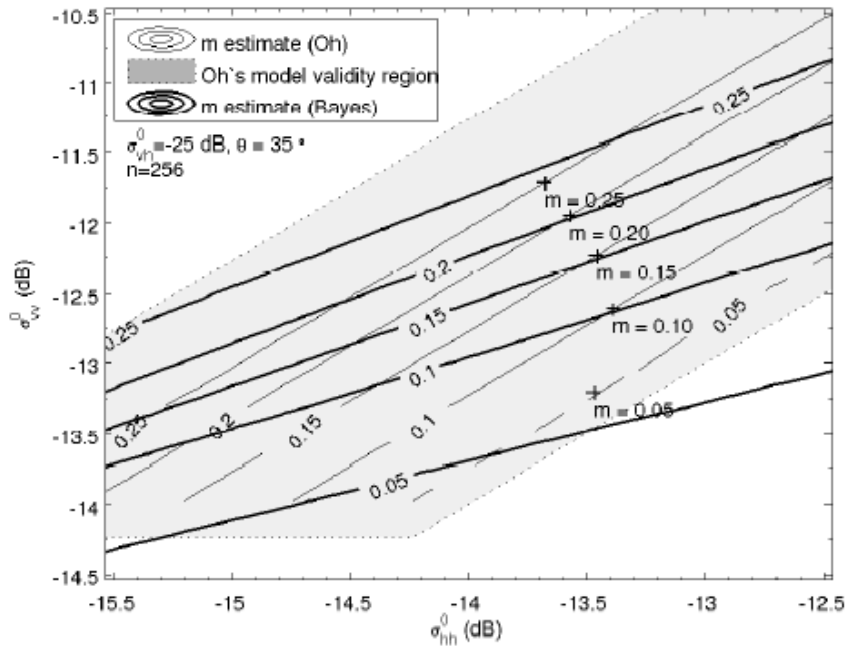
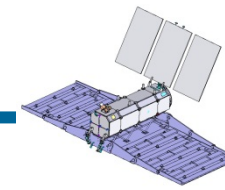


Fig. 4. Comparison between the soil moisture estimated using Oh's model and the Bayesian retrieval approach, in units of cm^3/cm^3 . The parameters adopted by the simulation are: $n = 256$, $\sigma_m = 0.005 cm^3/cm^3$, $\sigma_{ks} = 0.01$, $\rho_{\sigma_{vv}^0/\sigma_{hh}^0} = 0.7$ and $\rho_{\sigma_{vh}^0/\sigma_{vv}^0} = 0.1$.

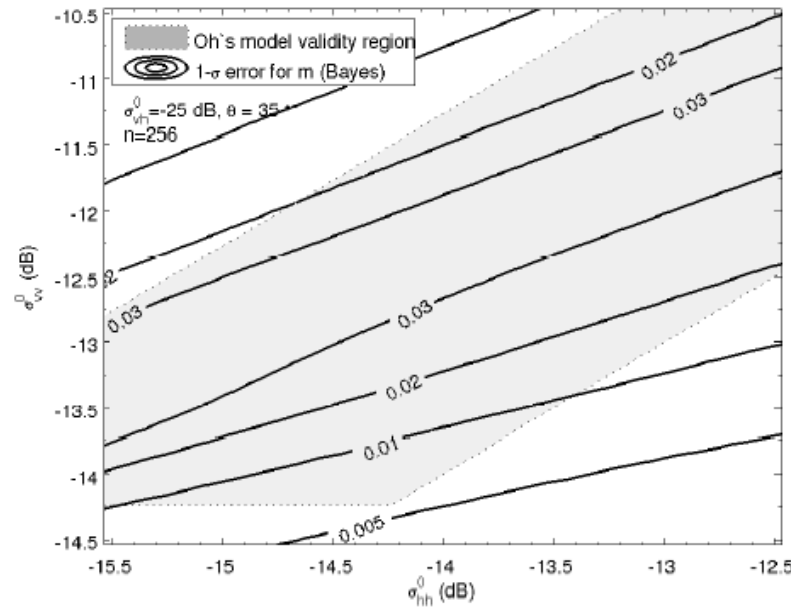
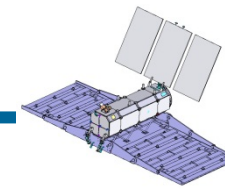


Fig. 5. One-sigma standard deviation of m_{est}^{Bayes} for a number of looks $n = 256$, in units of cm^3/cm^3 . The parameters adopted by the simulation are: $\sigma_m = 0.005 cm^3/cm^3$, $\sigma_{ks} = 0.01$, $\rho_{\sigma_{vv}^0/\sigma_{hh}^0} = 0.7$ and $\rho_{\sigma_{vh}^0/\sigma_{vv}^0} = 0.1$.

Las simulaciones permiten evaluar el error en la humedad del suelo estimada como funcion del numero de looks



Sensor de humedad

N. Echebarrena y T. Zanfrini

Laboratorio 7, FCEyN, Universidad de Buenos Aires (UBA).

22 de febrero de 2012

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo final el diseño y construcción de un instrumento capaz de medir la humedad en una porción de suelo y al mismo tiempo, tomar las coordenadas geográficas espaciales de dicha medición con el fin de generar mapas de humedad de la región medida. Este aparato será utilizado en el marco de las misiones satelitales de la CONAE, con el objetivo de hallar un vínculo entre la humedad superficial del suelo con el coeficiente de backscattering arrojado por un satélite en el rango de las microondas ($\lambda \sim 25\text{cm}$).

1. Introducción.

1.1. El proyecto global

Actualmente la CONAE tiene en ejecución un conjunto de misiones satelitales enfocadas fundamentalmente en la medición y determinación de mapas de humedad del su-

ra a una distancia de 600 kilómetros aproximadamente. El coeficiente de backscattering σ_{pq}^o en la escala de las microondas depende de la humedad m_v y rugosidad del suelo s , como también del ángulo de incidencia θ , salinidad κ y porosidad ρ entre otros, como se ve en la ecuación 1.

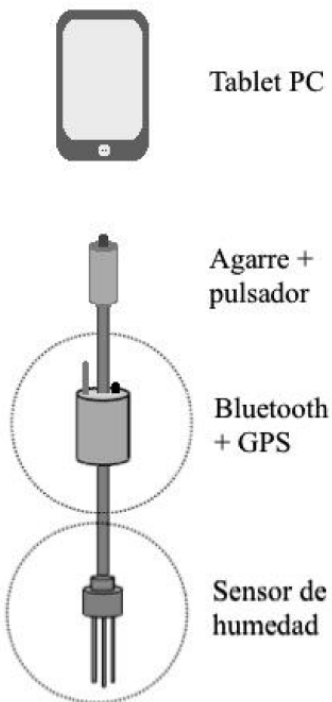
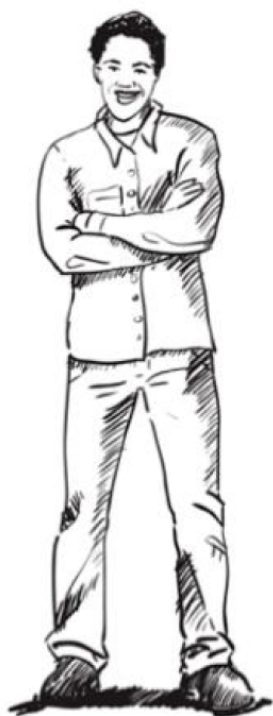
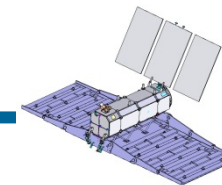


Figura 1: Esquema del bastón armado.

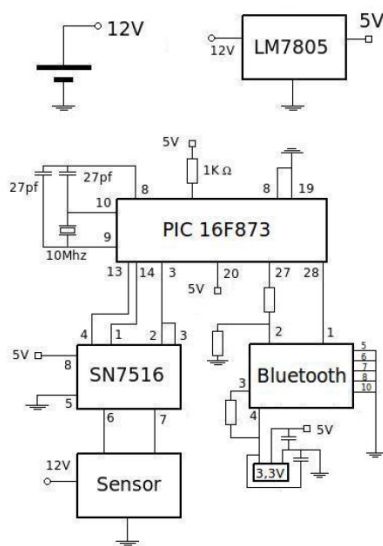


Figura 6: Circuito para la comunicación con la tablet PC.

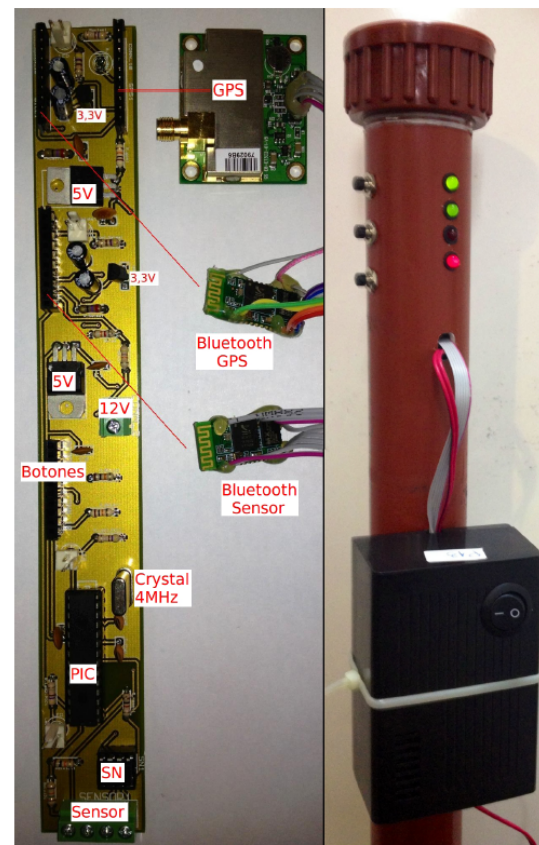
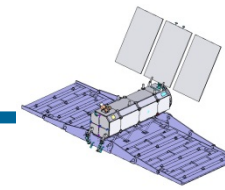


Figura 8: Imagen de la plaqueta final.

Se desarrollo un dispositivo para medir la variabilidad espacial de la humedad del suelo



CAMPAÑA CONAE MAYO 2011

Participación IAFE: Análisis de las mediciones de rugosidad del CETT

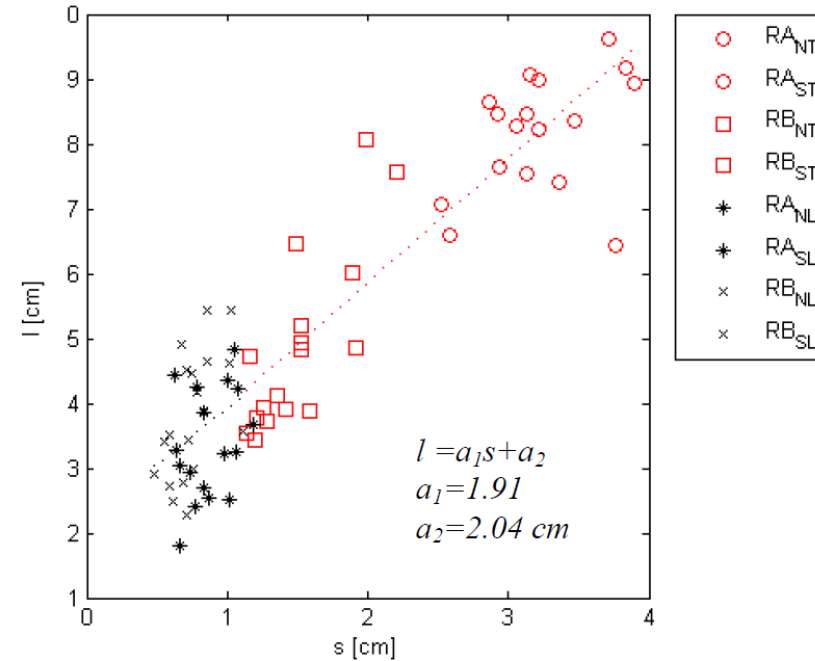
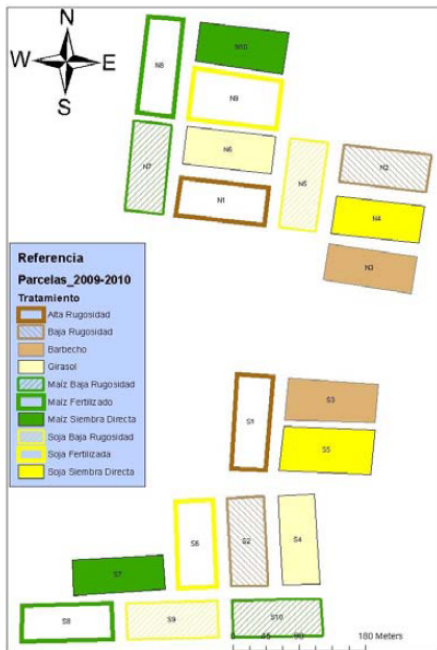
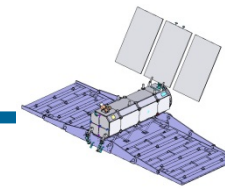
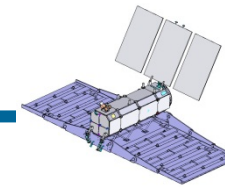


Figura 3: Longitud de correlación l en función de la altura rms s . Se presentan los lineal $l = a_1 s + a_2$.

Se encontro evidencia de una correlacion entre s y l en suelos de agricultura como la descrita en la literatura.



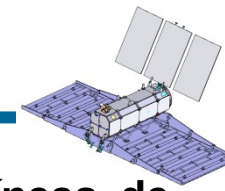
Resultado esperado	Porcentaje de Avance de la Etapa (%)	Porcentaje de Avance Acumulado (%)	Porcentaje de Avance Total (%)
Desarrollo de las bases teóricas del algoritmo de <i>retrieval</i>	50 %	50 %	50 %
Generación de un sistema de información geográfica de la zona de estudio	60 %	60 %	60 %
Set-up del sitio de validación	15 %	15 %	15 %
Testeo de distintos algoritmos de <i>retrieval</i>	0 %	0 %	0 %
Contar con un producto humedad del suelo validado	0 %	0 %	0 %
Generar un producto que dé cuenta de la evolución de la oferta hídrica para cultivos específicos como una herramienta para la toma de decisiones.	0 %	0 %	0 %



Durante este primer año de trabajo, se formularon las bases teóricas de un algoritmo de obtención de humedad del suelo a partir de datos SAR e información auxiliar. El algoritmo está basado en un esquema de inferencia Bayesiana, que incluye un modelo de interacción SAR y un modelo de *Speckle*.

De este trabajo pueden desprenderse una serie de conclusiones:

- La inclusión en el *retrieval* de información previa sobre la condición del terreno (humedad y rugosidad) es crucial para disminuir el error en el *retrieval*.
- La variabilidad espaciotemporal de la humedad y rugosidad del suelo son críticas en la implementación práctica de un modelo de *retrieval*. En particular al momento de definir un producto humedad del suelo operacional, ya que el tamaño de pixel del producto final está fuertemente vinculado a la incerteza radiométrica.
- El buen desempeño del modelo de interacción (que vincula las variables biofísicas del terreno con el coeficiente de backscattering) es crítico para disminuir el error en la estimación de la humedad del suelo.



Estas conclusiones nos llevan a continuar/profundizar las siguientes líneas de acción:

- **Compilación de información sobre la condición del suelo en el área de estudio. Compilación de información en 5 niveles de análisis: geomorfológicos, hidrológicos/geográficos/relieve, tipo de suelos, uso y manejo. Esta base de datos debería aportar información previa sobre la condición típica del suelo para una fecha dada en una zona dada.**
- **Medición de la variabilidad espaciotemporal de la humedad y rugosidad del suelo.**
- **Desarrollo de modelos de interacción avanzados. Con el fin de contar con un modelo de scattering robusto basado en primeros principios, se está desarrollando el modelo IEM completo siguiendo el esquema de Fung pero sin considerar hipótesis simplificadoras difíciles de probar en el terreno (fase estacionaria, otras). Asimismo, se implementara la solución para el coeficiente de backscattering crosspolarizado, el cual aporta información significativa para el *retrieval* de humedad del suelo a partir de datos SAR. Esto permitirá implementar el esquema de *retrieval* Bayesiano basado en un modelo de scattering robusto.**