

# CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

## Informe Científico<sup>1</sup>

PERIODO <sup>2</sup>: 01/01/2012 - 31/12/2013

### 1. DATOS PERSONALES

APELLIDO: **RIVAS**

NOMBRES: **RAÚL EDUARDO**

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: **Tandil** CP: **7000** Tel:

Dirección electrónica (donde desea recibir información, que no sea "Hotmail"):

**rrivas@rec.unicen.edu.ar**

### 2. TEMA DE INVESTIGACION

**Utilización de imágenes de satélite. Impacto de los ciclos secos y húmedos sobre el balance de energía en la región pampeana. Su implicancia productiva.**

### 3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA

INGRESO: Categoría: **Adjunto** Fecha: **13/07/2005**

ACTUAL: Categoría: **Independiente\*** desde fecha: **28/05/2012**

\*aprobada la categoría por la CIC 04/05/2011

### 4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

Universidad y/o Centro: **Instituto de Hidrología de Llanuras**

Facultad: **Rectorado UNCPBA**

Departamento: **No corresponde**

Cátedra: **No corresponde**

Otros: **No corresponde**

Dirección: Calle: **Pinto** N°: **399**

Localidad: **Tandil** CP: **7000** Tel: **0249 – 438 5520**

Cargo que ocupa: **Director de Núcleo de Investigación**

### 5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)

Apellido y Nombres: **No corresponde**

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: CP: Tel:

Dirección electrónica:

<sup>1</sup> Art. 11; Inc. "e"; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

<sup>2</sup> El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2014 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2012 al 31-12-2013, para las presentaciones bianuales.

.....  
Firma del Director (si corresponde)

.....  
Firma del Investigador

## **6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

*Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

**La orientación de los trabajos de investigación** se centró en la medición de parámetros biofísicos de superficie (humedad de suelo, radiación de onda corta y de onda larga, albedo y temperatura radiativa entre otras) en estaciones terrenas con la finalidad de validar mediciones indirectas realizadas desde satélite (SAC-D, SMOS, AQUA-TERRA y Landsat entre otros). El objetivo principal de las investigaciones es el desarrollo de métodos aplicados para la estimación de variables hidrológicas (principalmente evapotranspiración-ET) a escala de cuenca.

**Técnicas y métodos empleados** se sustentan en la ecuación de balance de energía ( $R_n+G+H+E=0$ ) y de balance de masa para la estimación de la ET a escala regional usando datos de satélite y medidas realizadas en sitios de referencia (estaciones de balance de energía, de masa y de perfil de humedad en suelo). Los datos de satélite son una herramienta para lograr incorporar la variación espacial de una cuenca, o área de estudio, a partir de la combinación de ecuaciones específicas (inversa de la Ley de Planck y superficie Lambertiana entre otras) que permiten una adecuada cuantificación de los términos de la ecuación de balance de energía. El balance de agua se evalúa a partir de un lisímetro y de perfiles de humedad del suelo (hasta el metro de profundidad) seguidos por medio de sensores que operan en el dominio de la reflectometría de frecuencia (mediante ajustes específicos son convertidos los valores de milivoltios registrados en humedad de suelo).

**Principales resultados obtenidos** se pueden dividir en tres partes fundamentales: i) publicaciones de los resultados en ámbitos internacionales y nacionales, ii) formación de recursos humanos en la temática de investigación (para su incorporación al instituto de hidrología de llanuras de acuerdo a las oportunidades existentes) y, iii) cooperación con investigadores de otros centros/dirección de proyectos. Las publicaciones desarrolladas (5 en revistas, 11 en congresos y 2 conferencias) se pueden ver en el apartado específico. Las publicaciones internacionales han tenido 58 citas (sin considerar autoreferencias - usando SCOPUS) en el período 2012-2013. En el marco de la formación de recursos humanos dirigí una tesis doctoral (defendida en marzo de 2013), una tesis de maestría (defendida en enero de 2012 en Valencia) y continué con la dirección de dos becarios de doctorado (que finalizan sus tesis en 2014 y 2015). Además colaboro en la dirección a distancia (maestrías) de dos tesis (uno de CONAE y otro de la Maestría de teledetección y SIG de la UNCPBA) en mi línea de investigación. En relación a la cooperación con otros centros coordiné una campaña internacional de validación (por Argentina) de datos de humedad de suelo, estimados desde satélite, en conjunto con investigadores de CONAE y europeos (en la región pampeana) hecho que valió al grupo, que dirijo en la temática, a ser reconocido como único lugar de Sudamérica que validó (reunión internacional ESA Living Planet Symposium) hasta el momento datos SMOS (ver publicaciones 14, 15 y 16). En cuanto a los proyectos se continuó el PICT MINCyT/CONAE número 7, un proyecto conjunto (humedad de suelo)

entre Universidad de Valencia-IHLLA) y un proyecto en el marco del programa de incentivos docentes (ID del proyecto **03/1033** inscripto en la UNCPBA).

**Las dificultades fueron mínimas** y en particular se debieron a problemas en los registros de datos de terreno (por fallas en la calidad de las baterías de los equipos, actualmente es habitual) y la entrega de fondos que se demoran no llegando en las fechas establecidas. Sin embargo el instituto de hidrología corrige estos inconvenientes de dinero adelantando fondos de la partida de recursos propios.

**La importancia de los trabajos** en relación a la provincia de Buenos Aires es relevante y verificable de acuerdo a quien informa. Dado que la transferencia real de las investigaciones realizadas en este período, y en los anteriores, fue transferida al Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (Oficina de Riesgo Agropecuario-ORA) para la estimación espacial del estrés hídrico de la región pampeana que se considera importante en el ámbito hidrológico y productivo. En el sitio de la ORA se puede ver la aplicación de la metodología de trabajo para la obtención de mapas de estrés usando datos de temperatura de la misión AQUA (sensor MODIS) <http://www.ora.gov.ar/tvdi.php>

## **7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.**

**7.1 PUBLICACIONES.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

### **EN REVISTAS**

**Con dos asteriscos indica revista Latindex y con un asterisco revista ISI.**

1. **\*\*Holzman M., Rivas R.,** Piccolo C. 2012. Análisis de los efectos de ENSO en las condiciones hídricas de la región pampeana a través de datos del sensor MODIS utilizando el TVDI. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente 28: 23-31, ISSN 1851-7838. [www.asagai.org.ar/revista](http://www.asagai.org.ar/revista)

### **Resumen**

En este trabajo se avalúan los efectos de dos eventos ENOS en la disponibilidad de agua en el suelo de la región pampeana argentina-uruguaya a través del índice Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI). En 3 áreas no cultivadas, ubicadas en las provincias de La Pampa y Buenos Aires en Argentina y en el departamento de Maldonado en Uruguay se analizaron imágenes satelitales del sensor MODIS de temperatura de superficie (LST) e índice de vegetación mejorado (EVI), composición de 8 y 16 días respectivamente, de 67,75 ha de resolución. Los períodos de análisis fueron seleccionados a partir del índice Niño 3.4 de anomalías de temperatura de la superficie del mar y comprendieron los meses de agosto-febrero de 2007-2008 (La Niña) y 2009-2010 (El Niño). El EVI mostró valores más bajos en la provincia de Buenos Aires y en Uruguay para el periodo 2007-2008 que en 2009-2010, a partir de octubre-noviembre; la LST fue menor en Uruguay para el periodo 2009-2010 que

en 2007-2008. El TVDI mostró una leve tendencia a condiciones de menor disponibilidad de agua en el suelo en Uruguay durante la etapa madura de La Niña. Se propone al TVDI como una herramienta para evaluar las teleconexiones de ENOS en la disponibilidad de agua en el suelo de la región pampeana, con el potencial de ampliar su utilización en el estudio, planificación y gestión de múltiples actividades o aspectos relacionados con el ciclo hidrológico a escala regional.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación dado que el trabajo se enmarca en el proyecto de tesis doctoral (defendida marzo/2013)

2. \*Carmona F., Rivas R., Caselles V. 2012 Estimate of the alpha parameter under rainfed conditions. *Journal Hydrological Processes*, Wiley, DOI: 10.1002/hyp.9415 (pages 6), ISSN 1099-1085. Edición impresa 27 (19):2934-2839, 2013. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.9415/abstract>

#### Abstract

In this article, we estimated the alpha parameter of the Priestley–Taylor model under rain-fed conditions. This study was conducted in an oat crop, from 7 September to 22 October 2009, in a region of subhumid plains (Tandil, Argentina). An energy balance station was installed within the experimental field to monitor its development. The alpha parameter value obtained was  $1.41 \pm 0.01$ , which led to an overestimation of the evapotranspiration of just 2% and a relative error in estimating evapotranspiration of 8%. The results suggest that the alpha parameter obtained is adequate in estimating the evapotranspiration of oat crops or similar crops in subhumid plains of Buenos Aires, Argentina.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación dado que el trabajo se enmarca en el proyecto PRH 0032 ANPCyT correspondiente a la beca de estudio y de maestría del autor del trabajo (tesis maestría defendida enero/2012).

3. \*Bayala M., Rivas R., Scavuzzo M. 2013. Generación de mapas de temperatura de superficie de alta resolución mediante técnicas de remuestreo. *Revista Interciencia*, 38 (7): 502-508, ISSN 0378-1844. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33928556005.pdf>

#### Resumen

En este trabajo se aplicaron, compararon y validaron seis modelos empíricos de remuestreo de datos que utilizan y combinan información espacial de las misiones satelitales Terra MODIS y Landsat TM sobre un paisaje heterogéneo de la región sub-húmeda, Argentina. Basados en la relación inversa entre el Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) y la Temperatura de Superficie (Ts), los modelos, permitieron generar datos térmicos de alta resolución espacial a partir de datos censados a baja resolución espacial (~1 km). La Ts remuestreada a partir de los modelos se compararon con datos locales registrados en parcelas Ad Hoc. Los resultados estadísticos sugieren que el modelo basado en la diferencia de límites (Ts\*DL) es la técnica más adecuada para estimar la Ts a alta resolución espacial, mejorando los errores estadísticos (RMSE) logrados en estudios previos en menos de 1 K.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación para la beca CONAE para maestría (defendida por el autor en 2011) de la cual surgió como resultante el presente trabajo.

4. \*Ocampo D., Rivas R. 2013. Estimación de la radiación neta diaria a partir de modelos de regresión lineal múltiple [Estimating daily net radiation from multiple linear regression

models]. Revista Chapingo: Ciencias forestales y del ambiente, 19 (2): 1-9, registro <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.04.031>. ISSN 2007-4018 digital, 2007-3828 impresa. ISSN 0186-3231.

#### Resumen

El conocimiento a escala diaria de la radiación neta ( $R_n$ ) permite cuantificar la energía que es utilizada en los diferentes procesos que ocurren a nivel de la superficie, como la evapotranspiración. En este estudio se aplica un Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM) para la estimación de la  $R_n$  en una zona subhúmeda-húmeda de Argentina. En el modelo se utilizaron datos meteorológicos de radiación solar global o total, temperatura, humedad relativa del aire, radiación neta (medida con un radiómetro neto Kipp & Zonen) y el valor del inverso de la distancia relativa tierra sol o factor de excentricidad. Como resultado, se obtuvieron ocho ecuaciones de estimación de la  $R_n$ . Los MRLM se evaluaron a partir de los estadísticos desviación media del error (MBE) y raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE). Los resultados mostraron un buen ajuste y un bajo error a escala diaria, destacándose los modelos que involucraron la radiación solar, temperatura, humedad relativa del aire e inverso de la distancia tierra-sol, permitiendo cálculos de la  $R_n$  con errores inferiores a  $19 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

**Grado de participación:** director del tema de Beca CIC en el tema del trabajo. Además dicho tema corresponde al plan de doctorado aprobado por la UNLu en 2013 (Resol. HCS LU 00023 13).

5. \*Carmona F., Rivas R., Caselles V. 2013. Estimation of daytime downward longwave radiation under clear and cloudy skies conditions over a sub-humid region. *Theoretical and Applied Climatology*, DOI: 10.1007/s00704-013-0891-3. ISSN 0177-798X. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00704-013-0891-3>.

#### Abstract

Downward longwave radiation ( $LW_{\downarrow}$ ) is a relevant variable for meteorological and climatic studies. Good estimates of this term are vitally important in correct determining of the net radiation, which, in turn, modulates the magnitude of the terms in the surface energy budget (e.g., evaporation). In remote sensing applications, the determination of daytime  $LW_{\downarrow}$  is required for estimation of the net radiation using satellite data.  $LW_{\downarrow}$  is not directly measured in weather stations and then is estimated using models with surface air temperature and humidity as input. In this paper, we identify the best models to estimate daytime downward longwave radiation from meteorological data in the sub-humid Pampean region. Several wellknown models to estimate  $LW_{\downarrow}$  under clear and cloudy skies were tested. We use downward radiation components and meteorological data registered at Tandil (Argentina) from 2006 to 2010 (840 days). In addition, we propose two multiple linear regression models (MLRM-1 and MLRM-2) to estimate  $LW_{\downarrow}$  at the surface for all sky conditions. The new equations show better performance than the others models tested with root mean square errors between 12 and  $16 \text{ W m}^{-2}$ , bias close to zero and best agreements with measured data ( $r^2 \geq 0.85$ ).

**Grado de participación:** director del tema de Beca CIC y de Doctorado en el tema del artículo. La tesis, Doctoral, se depositó en diciembre de 2013 (Universidad de Valencia).

6. \*Rivas R., Carmona F. 2013. Evapotranspiration in the Pampean Region using field measurements and satellite data. *Physics and Chemistry of the Earth*, Elsevier, 55-57 27-34, ISSN 1474-70 65.

#### Abstract

Evapotranspiration (LE) is an important factor for monitoring crops, water requirements, and water consumption at local and regional scale. In this paper, we applied the semi-empirical model to estimate the daily latent heat flux ( $LEd=Rnd+AxBx(Ts -Ta)$ ). LE<sub>d</sub> has been estimated using satellite images (Thematic Mapper sensor) and a local dataset (incoming and outgoing short- and long-wave radiation) measured during three years. We first estimated the daily net Radiation (R<sub>nd</sub>) from a linear equation derived from the instantaneous net Radiation ( $Rnd=CRni+D$ ). Subsequently, coefficients A and B have been estimated for two different cover vegetations (pasture and soybean). For each vegetation cover, an error analysis combining R<sub>nd</sub>, A, B, and surface and air temperatures has been calculated. Results showed that R<sub>nd</sub> had good performance (nonbias and low RMSE). LE<sub>d</sub> errors for pasture and soybean were  $\pm 28Wm^{-2}$  and  $\pm 40Wm^{-2}$  respectively.

**Grado de participación:** tema de investigación declarado en la CIC. Este trabajo es la versión papel de un trabajo previo publicado por Elsevier [ver versión impresa].

### En libros de Actas

7. Bayala M., Rivas R., Scabuzzo M. 2012. Estimación de la temperatura de superficie a sub-píxel a partir de nuevo método de re-muestreo: un estudio de caso usando sensores LANDSAT y MODIS. Congreso Argentino de Teledetección 2012, Córdoba, Argentina.

#### Resumen

Estudios ambientales que utilizan información proveniente de sensores térmicos para la estimación diaria de la temperatura de superficie ( $T_s$ ), sólo han sido posibles a escala regional en la región pampeana. Por lo tanto, es necesario contar con datos de satélites que permitan la estimación de la  $T_s$  con buena resolución espacio - temporal para la realización de estudios a escala local. En este trabajo se aplicaron, compararon y validaron dos modelos de remuestreo que utilizan y combinan información espacial de las misiones satelitales Terra y Landsat. Estos modelos, basados en la relación entre el índice de vegetación NDVI y la  $T_s$ , permitieron generar imágenes de  $T_s$  de alta resolución espacial a partir de datos censados a baja resolución espacial ( $\geq 1$  km). La  $T_s$  remuestreada a partir de estos modelos se compararon con observaciones de datos locales registrados en parcelas *Ad Hoc*. Los resultados estadísticos mostraron que los modelos aplicados mejoraron la estimación de la  $T_s$  presentada en estudios previos ( $\leq 1K$ ). El modelo  $T_s*DL$  (diferencia de límites) es la técnica que presentó el mejor funcionamiento en relación a medidas realizadas.

**Grado de participación:** proponente del tema de trabajo, director del tema de tesis de Maestría (trabajo resultante de la tesis) en CONAE.

8. Holzman M., Rivas R. 2012. Estimación del estrés hídrico en cultivos y su relación con el rendimiento. Congreso Argentino de Teledetección 2012, Córdoba, Argentina. Resumen impreso y Actas en CD. [http://cms.iafe.uba.ar/tele/tele\\_congreso/Posterres/Agricultura/](http://cms.iafe.uba.ar/tele/tele_congreso/Posterres/Agricultura/)

#### Resumen

La región pampeana es el área de secano más productiva de Argentina. Sin embargo los rendimientos de sus cultivos se ven afectados frecuentemente por la variabilidad climática. El objetivo del trabajo es evaluar en dicha región la relación entre los rendimientos de cultivos de trigo y maíz y el Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI). Se utilizaron los productos MODIS MYD11A25 y MYD13A25, de las primaveras y veranos de 2002-2003, 2007-2008, 2009-2010 y 2010-2011. En esas fechas se evaluó la relación entre TVDI y la humedad del suelo y con el rendimiento de esos 2 cultivos para una zona húmeda y una

semiárida. Los resultados muestran que el TVDI tiene alta correlación con la humedad del suelo ( $R^2 = 0,82$  y  $R^2 = 0,60$  para humedades medidas a 10 y 20 cm de profundidad, respectivamente) y una buena relación con los rendimientos de cultivos ( $R^2$  entre 0,62 y 0,84). Se concluye que el TVDI es un indicador con bajo requerimiento de datos adecuado para la estimación de rendimientos de cultivos a escala regional.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación dado que el trabajo se enmarca en el proyecto de tesis doctoral (defendida marzo/2013).

9. Forneron F., Carmona F., **Rivas R.**, Piccolo C. 2012. Estimación de la temperatura del agua mediante datos Landsat y validación de los resultados con los registros de una boya. Congreso Argentino de Teledetección 2012, Córdoba, Argentina. Resumen impreso y Actas en CD.

#### Resumen

El número elevado de lagunas presentes en la llanura pampeana y la dificultad de acceso a ellas, muestran la necesidad de contar con herramientas alternativas que permitan la sistematización de los datos obtenidos y el estudio de su dinámica espacial. Los sistemas satelitales se presentan como una herramienta excepcional para adquirir información de las lagunas con una adecuada resolución espacial, espectral y temporal. El objetivo del presente trabajo es validar la temperatura del agua en una laguna a partir de datos Landsat y medidas *in situ* registradas con una boya. La temperatura del agua se calculó por medio de la ecuación de transferencia radiativa estimando los parámetros atmosféricos (transmisividad, radiancia emitida por la atmósfera hacia arriba y abajo) con el código MODTRAN 4.0. Los resultados mostraron un BIAS de  $-0,7$  °C y una desviación estándar de  $0,8$  °C para la combinación TM/ETM+. Se concluye que la calidad de los datos Landsat es óptima para la estimación de la temperatura del agua en lagunas.

**Grado de participación:** coordinador y evaluador de la tesis Doctoral de Forneron de la cual surge la posibilidad de validar los resultados de la temperatura del agua desde satélite y da como resultado el presente trabajo. (tesis defendida en la UNS en setiembre/2013).

10. Carmona F., **Rivas R.**, Caselles V., Ocampo D. 2012. Comparación de modelos para la estimación de la radiación neta diaria con imágenes de satélite. Congreso Argentino de Teledetección 2012, Córdoba, Argentina. Resumen impreso y Actas en CD.

#### Resumen

La radiación neta es una medida de la energía disponible a nivel de terreno, su estudio es de gran importancia para el cálculo de la evapotranspiración y otros procesos físicos y biológicos. En general no se disponen de medidas directas, y cuando se disponen éstas se limitan a estudios locales. Para estimar la radiación neta en una región, y conocer su variación espacial, se recurre a datos de satélite. En este trabajo se estima la radiación neta instantánea con satélite y se evalúa una serie de modelos para obtener valores diarios. Se utilizan datos locales registrados en la región pampeana argentina e información de los sensores Thematic Mapper (TM) y Enhanced Thematic Mapper (ETM+). Los resultados muestran que el modelo de **Rivas y Carmona (2011)** es el que presenta mejor funcionamiento en la zona de aplicación, con errores inferiores a los  $10 \text{ W m}^{-2}$ .

**Grado de participación:** director del tema de Beca CIC y de Doctorado en el tema del artículo. La tesis, Doctoral, se depositó en diciembre de 2013 (Universidad de Valencia).

11. Ocampo D., **Rivas R.**, Silicani M., Carmona F., Holzman M., Mancino C. 2012. Estimación de la fracción evaporativa a partir de registros de humedad de suelo y un

lisímetro de pesada. Octavo Encuentro Internacional del ICES en Mar del Plata, 30 de octubre-2 de noviembre de 2012. Actas en elaboración (10 pág.).

#### Resumen

La fracción evaporativa (FE), es un indicador del estado de humedad del suelo (Hs) que interviene en la compleja relación suelo-vegetación-atmósfera, actuando como superficie de control en el proceso de evapotranspiración. Esta Hs disponible puede determinarse mediante diversos métodos directos o indirectos. Entre los directos, la sonda de neutrones y el gravimétrico son los de uso más generalizado, siendo éste último el de mayor precisión. En los últimos años, los sistemas de medición basados en la tecnología de Reflectometría de Dominio de Frecuencia (RDF) acapararon el interés en diferentes campos de aplicación. Estos sistemas RDF permiten medir con precisión la Hs, independizándose de la textura y conductividad eléctrica del medio. También es posible determinar el contenido y la variación de agua de suelo a partir de registros de variación de peso en un lisímetro de pesada (LP). El objetivo de este trabajo fue estimar la FE de un suelo argiudol típico a partir de medidas registradas por sensores de Hs basados en la tecnología RDF y compararlos con el valor promedio del contenido de agua en el suelo registrado en el LP. Se diseñó, construyó e instaló un LP, en el cuál se ubicaron tres sensores de Hs que integraron el perfil. A partir de la Hs máxima y mínima se calcularon la FE con los sensores (FEHS) y con el LP (FELP). Los resultados mostraron un alto grado de asociación entre los valores de FE lograda con el LP en relación a la RDF con un RMSE de 0,013. Se concluyó que las medidas de RDF fueron apropiadas para estimar la Hs y pueden ser de utilidad para la validación de datos de satélite.

**Grado de participación:** director del tema de Beca CIC en el tema del trabajo. Además dicho tema corresponde al plan de doctorado aprobado por la UNLu en 2013 (Resol. HCS LU 00023 13).

12. Ocampo D., **Rivas R.**, Carmona F. 2013. Aplicación de tres modelos de estimación de la evapotranspiración a partir de imágenes Landsat e información de terreno. Actas XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13 a 18 de abril, Foz Iguazú, Brasil. Pág. 5538-5544, ISBN 978-85-17-00065-2.  
<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0805.pdf>

#### Abstract

In this study we estimated evapotranspiration (ET) using three algorithms based data provided by the images of the TM y ETM+ sensors (Landsat 5 y 7 respectively) and field data for mid-season stage of soybean (January), moment where moisture conditions were optimal. Also, the heat flux soil is negligible. The study site is located on parcel in Tandil (Pampa - Argentina zone-IV). The objectives consisted of applying three algorithms for estimating ET: Model 1: ET Energy Balance; Model 2: ET Adapting Seguir and Itier, and Model 3: ET Priestley-Taylor, and evaluate their performance in relation to the ET obtained by the reference method Penman-Monteith FAO 56 and field data. Results indicate that the methodologies used quantifying with precision the water used by the crop. The methods showed similarities between them. We conclude that any method used allows the estimation of the evapotranspiration with good precision at plot. Algorithm Priestley-Taylor that only data required for application one instantaneous satellite data: net radiation, and one field data: air temperature. We concluded that any method used allows the estimation of evapotranspiration with good precision at plot.

**Grado de participación:** director del tema de Beca CIC en el tema del trabajo. Además dicho tema corresponde al plan de doctorado aprobado por la UNLu en 2013 (Resol. HCS LU 00023 13).

13. Carmona F., **Rivas R.**, Caselles V. 2013. Desarrollo de un modelo generalizado para la estimación de la radiación neta diaria a partir de datos meteorológicos y de satélite. Actas XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13 a 18 de abril, Foz Iguazú, Brasil. Pág. 297-304, ISBN 978-85-17-00065-2.

#### Abstract

Net radiation ( $R_n$ ) is a key quantity for the estimation of surface energy budget and is used for various applications including climate monitoring, weather prediction and agricultural meteorology. Remote sensing provides an unparalleled spatial and temporal coverage of land, thus several studies have attempted to estimate net radiation by combining satellite and meteorological data. Satellite imagery provides instantaneous data but in general it needs to have daily  $R_n$  values. There are several models to estimate daily  $R_n$  from satellite images but these are only applicable under certain conditions that are related to the time of image acquisition, the study region (latitude) and/or the time of year. In this work we proposed a generalized model to estimate daily net radiation using satellite and meteorological data. Measures collected at eight measurement campaigns (between March 2007 and June 2010) on the central-southeastern area of Buenos Aires province, Argentina, were used in this study. Preliminary results show good agreement between estimated and observed values of the daily  $R_n$ . Landsat images were used to show the applied the proposed model. Results indicate that the proposed model have better performance than others models, and in addition it is applicable to any satellite mission that allows us to obtain previously instantaneous net radiation.

**Grado de participación:** director del tema de Beca CIC y de Doctorado en el tema presentado en el congreso. La tesis, Doctoral, se depositó en diciembre de 2013 (Universidad de Valencia).

14. **Rivas R.**, Niclós R., Santos García V., Doña C., Caselles V., Holzman M., Bayala M., Carmona F., Ocampo D., Thibeault M., Soldano A. 2013. Validación de datos de humedad de suelo SMOS en la región pampeana argentina. En: González, N., Kruse, E. Trovatto, M. y Laurencena, P. (Editores), Temas actuales de la hidrología subterránea. VI Seminario Hispano-Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, La Plata, 17 al 20 de septiembre de 2013. Editorial EDULP, ISBN 978-987-1985-03-06, 225-230 pp.

#### Resumen

En el presente trabajo se describe la validación de datos de humedad de suelo SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity nivel 2), correspondientes al producto versión 5.51 que provee la Agencia Espacial Europea, en la región pampeana Argentina. La región para la validación de datos fue seleccionada por presentar condiciones llanas y una gran extensión con cobertura vegetal de baja altura ideales para la validación de datos SMOS (obtenidos a partir de microondas pasivas). Para la validación se realizaron mediciones en 4 zonas de agricultura (zona 1: -32.982N, -62.505E; zona 2: -32.510N, -62.788E; zona 3: -32.024N, -63.692E; y zona 4: -37.315N, -58.868E, WGS84) extensiva en las que se midió la humedad de suelo con sensores ThetaProbe ML2x y Stevens Hydra Probe II SM. Las mediciones con las sondas se realizaron a 5 y 6 cm de profundidad y fueron calibradas en el laboratorio del Instituto de Hidrología de Llanuras con muestras no disturbadas colectadas en campo. Las comparaciones entre las medidas de terreno y los datos del producto SMOS muestran errores inferiores al 10 % indicando la utilidad de éstos para aplicaciones hidrológicas a escala de grandes cuencas.

**Grado de participación:** Responsable de la campaña internacional y redactor del trabajo publicado.

15. Holzman M., Rivas R. 2013. Evaluación de la humedad del suelo mediante imágenes de temperatura radiativa e índice de vegetación. En: González, N., Kruse, E. Trovatto, M. y Laurencena, P. (Editores), Temas actuales de la hidrología subterránea. VI Seminario Hispano-Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, La Plata, 17 al 20 de septiembre de 2013. Editorial EDULP, ISBN 978-987-1985-03-06, 219-224 pp.

#### Resumen

El objetivo es proponer un método de estimación de humedad del suelo sólo con datos de satélite. Se utilizaron imágenes diarias MODIS/Aqua de temperatura de superficie, de 1 km y de índice de vegetación EVI, calculado a partir de imágenes de distintas bandas reflectivas, a 500 metros de resolución. Con ellas se calculó el índice de estrés Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI), a 500 metros de resolución. Posteriormente se comparó este índice con la humedad del suelo en el norte de la provincia de Buenos Aires, medida a 60 cm de profundidad. Se halló una fuerte relación entre estas dos variables ( $R^2$  de 0,69). Se concluye que mediante el índice TVDI se puede lograr una correcta estimación de la humedad del suelo, posibilitando su aplicación en diversos campos de la hidrología como el estudio de la humedad en la zona no saturada, humedad antecedente o la recarga.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación dado que el trabajo se enmarca en el proyecto de tesis doctoral (defendida marzo/2013).

16. Niclós R., Rivas R., Santos García V., Doña C., Valor E., Holzman M., Bayala M., Carmona F., Ocampo D., Thibeault M., Soldano A. 2013. SMOS soil moisture product validation in croplands. ESA Living Planet Symposium, Edinburgh, United Kingdom, 13 September (4-P-128). <http://www.livingplanet2013.org/documents/Programme.pdf>

#### Abstract

A validation campaign was carried out to evaluate the SMOS-MIRAS Soil Moisture (SM) SML2UDP product (v5.51) in the Pampean Region of Argentina. The study area was selected because it is a vast area of flatlands containing quite homogeneous rainfed croplands considered SMOS nominal land uses. Transects of ground SM measurements were collected by ThetaProbe ML2x probes within four ISEA-grid SMOS nodes, where permanent SM stations are located. The first validation results showed a negative bias between concurrent SMOS data and ground SM measurements, which means a slight SMOS-MIRAS underestimation, and a standard deviation of  $\pm 0.06 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ . Additionally, a good correlation was obtained between the ground SM values and the SM station data within a node. Therefore, the station data adjusted to obtain node representative values could be used to continue the validation of SMOS-retrieved data in the future.

**Grado de participación:** Responsable de la campaña internacional para argentina y participación activa en la redacción del trabajo publicado.

**7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.** Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden

*en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

## Revistas

17. Bayala M., Rivas R., Scavuzzo M. 201? Enhanced sharpening procedures on edge difference and water stress index basis over heterogeneous landscape of sub-humid region The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, doi 10.1016/j.ejrs.2014.05.002, ISSN 1110-9823. **In press.**

### Abstract

The Land Surface Temperature (LST) is a key parameter in the energy balance model. However, the spatial resolution of the retrieved LST from sensors with high temporal resolution is not accurate enough to be used in local-scale studies. To obtain thermal images with high spatial resolution using the LST-Normalised Difference Vegetation Index relationship, six enhanced image sharpening techniques are assessed: the disaggregation procedure for radiometric surface temperatures (TsHARP), the Dry Edge Quadratic Function, the Difference of Edges (Ts\*DL) and three models supported by the relationship of surface temperature and water stress of vegetation (Normalised Difference Water Index, Normalised Difference Infrared Index and Soil wetness index). Energy Balance Station data and in situ measurements were used to validate the enhanced LST images over a mixed agricultural landscape in the sub-humid Pampeana region of Argentina, during 2006-2010. Landsat Thematic Mapper (TM) and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) thermal datasets were assessed for different spatial resolutions (e.g., 960, 720 and 240 m) and the performances were compared with global and local TsHARP procedures. The results suggest that the Ts\*DL technique is the most adequate for simulating LST to high spatial resolution over the heterogeneous landscape of a sub-humid region, showing an average root mean square error of less than 1 K.

**Grado de participación:** proponente del tema de trabajo, director del tema de tesis de Maestría (trabajo resultante de la tesis) en CONAE.

18. Holzman M., Rivas R., Piccolo C. 201? Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (in press), JAG-D-13-00353.

### Abstract

Soil moisture availability affects rainfed crop yield. Therefore, the development of methods for pre-harvest yield prediction is essential for the food security. A study was carried out to estimate regional crop yield using the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI). Triangular scatters from land surface temperature (LST) and enhanced vegetation index (EVI) space from MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) were utilized to obtain TVDI and to estimate soil moisture availability. Then soybean and wheat crops yield was estimated on four agro-climatic zones of Argentine Pampas. TVDI showed a strong correlation with soil moisture measurements, with  $R^2$  values ranged from 0.61 to 0.83 and also it was in agreement with spatial pattern of soil moisture. Moreover, results showed that TVDI data can be used effectively to predict crop yield on the Argentine Pampas. Depending on the agro-climatic zone,  $R^2$  values ranged from 0.68 to 0.79 for soybean crop and 0.76 to 0.81 for wheat. The RMSE values were 366 and 380 kg ha<sup>-1</sup> for soybean and they varied

between 300 and 550 kg ha<sup>-1</sup> in the case of wheat crop. When expressed as percentages of actual yield, the RMSE values ranged from 12% to 13% for soybean and 14% to 22% for wheat. The bias values indicated that the obtained models underestimated soybean and wheat yield. Accurate crop grain yield forecast using the developed regression models was achieved one to three months before harvest. In many cases the results were better than others obtained using only a vegetation index, showing the aptitude of surface temperature and vegetation index combination to reflect the crop water condition. Finally, the analysis of a wide range of soil moisture availability allowed us to develop a generalized model of crop yield and dryness index relationship which could be applicable in other regions and crops at regional scale.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación dado que el trabajo se enmarca en el proyecto de tesis doctoral (defendida marzo/2013).

19. \*Holzman M., Rivas R., Bayala M. 2014. Subsurface soil moisture estimation by VI-LST method, *Geoscience and Remote Sensing Letters*, id: GRSL-01226-2013, recommended for publication subject to satisfactory response to minor revisions suggested 01/2014, ISSN 1545-598X.

#### Abstract

In this letter, the relationship between temperature vegetation dryness index (TVDI) from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer and subsurface soil moisture (SM) over crop and native grassland of the Argentine Pampas is analyzed. High correlation ( $R^2 > 0.69$ ) between TVDI and SM measurements was found at different soil depths. In addition, we found that the potential of this index to reflect subsurface soil wetness fluctuations depends on root system depth, root distribution in the soil, and physical soil characteristics. Results indicate that thermal and reflectance data combination could be used to monitor subsurface SM below vegetated areas.

**Grado de participación:** responsable de la propuesta de investigación dado que el trabajo se enmarca en el proyecto de tesis doctoral (defendida marzo/2013).

#### Congresos

20. Niclós R., Rivas R., Santos García V., Doña C., Valor E., Holzman M., Bayala M., Carmona F., Ocampo D., Thibeault M., Soldano A. 2014. Validation of the SMOS-MIRAS Soil Moisture Product (SML2UDP) in the Pampean Region of Argentina. European Geosciences Union General Assembly 2014. Vienna Austria, Session HS6.2, ESA's SMOS and NASA's SMAP missions: providing global observations of soil moisture and ocean salinity and beyond, Vol. 16, EGU2014-7408, 2014. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-7408.pdf>

#### Abstract

A validation campaign was carried out to evaluate the SMOS-MIRAS Soil Moisture (SM) MIR\_SMUDP2 product (v5.51) in the Pampean Region of Argentina in February, 2013. Ground SM measurements were collected along transects by ThetaProbe ML2x probes within four ISEAgriid SMOS nodes, where permanent SM stations are also located. Station data were used to extend the validation beyond the campaign period. The comparison of concurrent SMOS-retrieved data with ground measurements taken over four SMOS nodes in the Pampean Region of Argentina during the field campaign showed a slight underestimation by the SMOS-MIRAS product, with a bias of  $-0.02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , and a standard deviation of the differences of  $\pm 0.06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , which yields a uncertainty of  $\pm 0.06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

**Grado de participación:** responsable de la campaña internacional de validación por Argentina y coordinador de calibrado de los sensores para los suelos dominantes en la región pampeana.

### **7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.**

*Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.*

#### **Revistas**

21. Niclós R., **Rivas R.**, Santos García V., Doña C., Valor E., Holzman M., Bayala M., Carmona F., Ocampo D., Thibeault M., Soldano A. 2014. SMOS-MIRAS Level 2 Soil Moisture Product validation in croplands of the Pampean Region of Argentina, in revision, Remote Sensing of Environment, Id: RSE-S-14-00433, /abr/2014.

#### **Abstract**

A validation campaign was carried out to evaluate the SMOS-MIRAS Soil Moisture (SM) MIR\_SMUDP2 product (v5.51) in the Pampean Region of Argentina. The study area was selected because it is a vast area of flatlands containing quite homogeneous rainfed croplands considered SMOS nominal land uses. Transects of ground SM measurements were performed using ThetaProbe ML2x probes within four ISEA-grid SMOS nodes, where permanent SM stations are located. The campaign validation results showed a negative bias of  $-0.02 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  between concurrent SMOS data and ground SM measurements, which means a slight SMOS-MIRAS underestimation, and a standard deviation of  $\pm 0.06 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ . Additionally, a good correlation was obtained between the ground SM values and the permanent SM station data within a node, which pointed out that the station data could be used as reference data to validate the SMOS product over a longer temporal period on a continuous basis. SMOS-retrieved data were also compared with station mean SM values over the whole year 2013. A general SMOS underestimation of  $-0.07 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  was observed, with a standard deviation of  $\pm 0.04 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ , which yields an uncertainty  $\pm 0.08 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  for the SMOS product.

#### **Congresos**

22. Holzman M., **Rivas R.**, Bayala M., Ocampo D., Carmona F. 2013. Spatial crop yield estimation based on remotely sensed stress index. Enviado al Congreso Argentino de Agroinformática 2013, Buenos Aires, <http://www.43jaiio.org.ar/>.

#### **Abstract**

The improvement of methods to evaluate the real impact of soil moisture availability on crop systems is crucial because the importance for world economy and food production. The relationship between the remote sensed stress index TVDI, root-zone soil moisture and soybean yield was analyzed in a sandy region of Argentine Pampas. High correlation ( $R^2=0.68$ ) between TVDI and soybean yield was observed. The obtained adjustment allows us to evaluate the spatial variability of yield during a humid and dry period 2-3 months before harvest. Since the method requires remote sensed data, it could be applied over areas with poor data coverage.

Bayala M., **Rivas R.**, Niclós R. 2013. Enhanced Edge Based Algorithm for Thermal Image Sharpening. Enviado a la 10<sup>th</sup> International Conference on Geostatistics for Environmental Applications.

#### **Abstract**

High temporal and spatial resolution thermal maps would significantly improve the assessment of the water content and crop productivity over a mixed agricultural landscape in the sub-humid Pampean Region of Argentina (PRA). However, the spatial resolution of the land surface temperature (LST) retrieved from sensors with high temporal resolution is not accurate enough to be used at crop field scale. Using the LST-Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) relationship we developed a Difference of Edge model (TsDL) for downscaling coarse resolution thermal infrared (TIR) radiance to retrieve subpixel temperatures. The proposed technique was evaluated by comparing with the Dist rad Model, and validated by using ground dataset at local scales. The MODerate resolution atmospheric TRANsmission model (MODTRAN) was used with atmospheric profile data to atmospherically correct the Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper (ETM) thermal band. A Split Windows algorithm were applied to estimate LST image from EOS-MODIS TIR bands . The results suggest that the TsDL technique is the most adequate for simulating LST at high spatial resolution over heterogeneous landscapes, in agreement with the results shown in Bayala et al.(2013), the estimation error was less than 1 (°C).

#### **7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.**

*Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.*

Mapas de evapotranspiración mensual para la región pampeana a partir de imágenes MODIS. Autores: **Rivas R.**, Bayala M.

Se aplica el modelo de Rivas y Caselles (2004) para la obtención de mapas mensuales de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) a escala de la Región Pampeana Argentina (RPA). Los mapas obtenidos para el área de estudio comprenden el periodo 2002-2013 con una resolución espacial de un kilómetro cuadrado. La validación del modelo a partir de 7 estaciones de la RPA muestra un error de la estimación de la ET<sub>o</sub> del 20 %. Además el trabajo indica un acceso a la página del instituto de hidrología de llanuras para poder bajar los mapas en formato geotif y ascii para su uso hidrológico y agronómico.

#### **7.5 COMUNICACIONES.** *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

Método de estimación del estrés hídrico y disponibilidad de agua en el suelo. Holzman M. y **Rivas R.**, 2013. Joint Assessment of Soil Moisture Indicators (JASMIN) for southeastern South America. *El 19 junio 2013 se realizó un taller de trabajo de humedad del suelo en el contexto del proyecto del IAI CRN-3035 Servicios Climáticos para explorar las posibilidades de realizar una actividad conjunta de todos los grupos que hacen estimaciones de humedad del suelo para la región sudamericana.*

#### **7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.** *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.*

Informes de avance del proyecto de obtención de mapas de estrés hídrico y de formación de RRHH del MAGyP-ORA. Informes preliminares para la elaboración del producto final. Consulta en <http://www.ora.gov.ar/tvdi.php>

### **8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

**8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS.** *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles*

*de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

Lisímetro de pesada [mejora-innovación] – Participa Becaria/CIC Dora Ocampo (forma parte de su tesis Doctoral UNLu) y PA/CIC Matías Silicani (tema de tesis de especialización en riego y drenaje de la UNCu).

Se construyó un lisímetro de pesada (ver artículo 11 para conocer detalles) de operación manual el que ya se encuentra validado con casi 3 años de medidas.

Financiamiento desarrollo inicial: \$ 5000 – aportado por INTA Cuyo, IHLLA y subsidio CIC recibido como investigador.

Transferencia de la mejora: el sistema de operación manual está siendo convertido a medición continua en la empresa REDIMEC SRL. Financiamiento solicitado \$ 40.000 para la incorporación de celdas de carga y logger. Se espera en el próximo informe tener comercializado el lisímetro.

**8.2 PATENTES O EQUIVALENTES.** *Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.*

No patentes.

**8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.** *Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.*

Proyecto: *Generación de mapas de estado hídrico de la región pampeana como aporte al Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de la Oficina de Riesgo Agropecuario del MAGyP.* Financiado por la CIC/convocatoria 2010.

El objetivo del proyecto es obtener mapas de humedad de suelo a partir de datos de satélite para la región pampeana. Hasta diciembre de 2013 se calcularon mapas de humedad de suelo a partir de parámetros biofísicos de superficie (vegetación y temperatura) logrados desde satélite [ver publicaciones 1, 3 y 8] y se validaron los resultados con medidas de terreno (estaciones Campus Tandil y la Ydalina). Ver publicación número 19.

El avance hasta diciembre de 2013: 80 %.

Organismos: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP) – Oficina de Riesgo Agropecuario

Detalle del proyecto consultar en: <http://www.ora.gov.ar/tvdi.php>

**8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES** *(desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).*

Conjuntamente con la empresa REDIMEC y la Autoridad del Agua, del que participa la CIC, se armó un consorcio Público Privado para la fabricación de estaciones de monitoreo de inundaciones y sequías.

El consorcio solicitó financiamiento, en el marco del llamado FONARSEC 2013 (Medio Ambiente y Cambio Climático), por un monto de \$ 43.143.470

Los montajes y detalles del proyecto están contenidos en la presentación realizada a la ANPCyT.

- 8.5** *Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.*

**Privadas**

Ing. Iván Castañy  
REDIMEC SRL – [www.redimec.com.ar/redimec/](http://www.redimec.com.ar/redimec/)  
Mayor Novoa 845, Tandil, provincia de Buenos Aires  
Correo de contacto: [ivancastany@redimec.com.ar](mailto:ivancastany@redimec.com.ar)

Ing. Gustavo Mezza  
Aerovisión SH - [www.aero-vision.com.ar](http://www.aero-vision.com.ar)  
Correo de contacto: [gustavomezza@aero-vision.com.ar](mailto:gustavomezza@aero-vision.com.ar)

**Pública**

Ing. Sandra Occhiuzzi  
MAGyP-Oficina de Riesgo Agropecuario  
Av. Paseo Colón 922 PISO 2, Oficinas 233 y 234, CABA  
Correo de contacto: [socchi@minagri.gob.ar](mailto:socchi@minagri.gob.ar) - [socchiuzzi@yahoo.com.ar](mailto:socchiuzzi@yahoo.com.ar)

- 9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.** *Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.*

Tratamiento digital de imágenes (coordinador del servicio y especialista en la temática-participa PA/CIC M. Bayala y Dr. M. Holzman) para la empresa Geokinetics (Houston, Texas 77042) ([www.geokinetics.com/](http://www.geokinetics.com/)). El servicio es como consultores expertos en el tema. Contrato firmado por la CIC.

Complejidad media: depende del tipo de imágenes usadas y de la información a extraer de éstas.

Porcentaje: 3 %

Monto: \$ ~ 15400 cada 3 meses (depende de la demanda específica o problemas en el tema en que se asesora).

- 10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**  
**10.1 DOCENCIA**

Apuntes materia Sensores Remotos de facultad de Ciencias Exactas. Los apuntes se pueden consultar en: [http://cursosihlla.bdh.org.ar/SR\\_Exactas/](http://cursosihlla.bdh.org.ar/SR_Exactas/)

**10.2 DIVULGACIÓN**

Disertante en el Seminario de Hidrología Ambiental (Resol. CA 108/12) de la carrera de grado de Diagnóstico y Gestión Ambiental de la facultad de Ciencias Humanas de la UNCPBA sobre el tema Teledetección Aplicada a la Hidrología, Tandil, Junio de 2012.

Disertante en la XI Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología 2013 organizada por la SECAT (UNCPBA), Tandil 18/09/2013. Satélite Argentino SAC/D: ¿Dónde estás?  
[http://cursosihlla.bdh.org.ar/XISCyTT\\_2013/](http://cursosihlla.bdh.org.ar/XISCyTT_2013/)

**11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES.** *Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.*

**Dirección de Becarios CIC**

Facundo Carmona, Instituto de Hidrología de Llanuras, Estimación de la radiación atmosférica descendente a partir de datos meteorológicos, período 2013-2014.

Dora Ocampo, Instituto de Hidrología de Llanuras, Desarrollo de procedimientos simples para la estimación de la evapotranspiración a partir de balances de energía y modelos empíricos, período 2012-2014.

**Becarios ANPCyT**

Mauro Holzman (ANPCyT PRH 0032), Instituto de Hidrología de Llanuras, Estimación del estrés hídrico en cultivos y su relación con rendimiento en la región pampeana mediante imágenes de temperatura de superficie e índice de vegetación, período 2010-2013.

**Becarios Universidades y otros Centros**

Laura Aguas (becaria Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA), Estimación de la evapotranspiración a partir de imágenes de satélite utilizando el modelo de Priestley y Taylor, período 2010-2013.

José Pasapera (becario CONAE-Ministerio de Relaciones Exteriores), Estimación de la emisividad de superficie utilizando el método de la caja, período 01/2013-07/2013 en IHLLA y continúa actualmente en CONAE Córdoba hasta julio de 2014 (dirección a distancia).

Carolina Faccio (becada por el gobierno de la República Oriental del Uruguay), Evaporación y distribución de la evapotranspiración diaria de cultivos de azúcar en Bella Unión, Uruguay utilizando técnicas de teledetección y SIG, 2012-2014.

**Dirección de PA**

Martín Bayala, Instituto de Hidrología de Llanuras, Tratamiento digital de imágenes, programación en idl, operación y mantenimiento de estaciones de balance de energía, período 2013-cont.

**12. DIRECCION DE TESIS.** *Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.*

Facundo Carmona, Instituto de Hidrología de Llanuras, Estimación de la radiación atmosférica descendente a partir de datos meteorológicos, Maestría Finalizada (defendida en enero de 2012) y continúa el doctorado (tesis depositada en diciembre de 2013).

Dora Ocampo, Instituto de Hidrología de Llanuras, Desarrollo de procedimientos simples para la estimación de la evapotranspiración a partir de balances de energía y modelos empíricos, en ejecución la tesis doctoral (resta solo la redacción de la tesis a presentarse en 2015).

Mauro Holzman (ANPCyT PRH 0032), Instituto de Hidrología de Llanuras, Estimación del estrés hídrico en cultivos y su relación con rendimiento en la región pampeana mediante imágenes de temperatura de superficie e índice de vegetación, Tesis Doctoral defendida en marzo de 2013.

Laura Aguas (becaria Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA), Estimación de la evapotranspiración a partir de imágenes de satélite utilizando el modelo de Priestley y Taylor, Tesis de Maestría, presentada en revisión desde diciembre de 2013.

José Pasapera (becario CONAE-Ministerio de Relaciones Exteriores), Estimación de la emisividad de superficie utilizando el método de la caja, Tesis de Maestría en desarrollo. Fecha de defensa prevista julio de 2014.

Carolina Faccio (becada por el gobierno de la República Oriental del Uruguay), Evaporación y distribución de la evapotranspiración diaria de cultivos de azúcar en Bella Unión, Tesis de Maestría en desarrollo. Presentación prevista para setiembre de 2014.

Matías Silicani PA/CIC (becado por IHLLA), Especialización en riego y drenaje de la UNCu, Memoria depositada en Diciembre. Defensa prevista julio de 2014.

- 13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.** *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*

#### **Conferencias**

2012: Conferencia plenaria

La información espacial en estudios ambientales: un desafío para investigadores y usuarios argentinos. Lugar: Córdoba, Congreso Argentino de Teledetección, 20/09/2012. [http://cms.iafe.uba.ar/tele/tele\\_congreso/CAT2012-xdia/dia3/](http://cms.iafe.uba.ar/tele/tele_congreso/CAT2012-xdia/dia3/)

2012: Conferencista invitado

Validación de datos de satélite en ambientes llanos y homogéneos. Universidad de Valencia (España), Tercera Jornada Científica sobre Aplicaciones de la Teledetección 30 de noviembre.

2013: Conferencista invitado junto a M. Holzman en Plenario

"Estimación de humedad del suelo", en el marco del taller "Towards usable climate science - Informing sustainable decisions and provision of climate services to the agriculture and water sectors of southeastern South America". Organizador: Inter-American Institute (IAI). 17 al 19 de Junio de 2013, Ciudad de Buenos Aires, Argentina. <http://www.iai.int/>

- 14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*

#### **Cursos**

**2012:** Responsable de la Organización del Curso de Corrección Atmosférica con MODTRAN (40 horas) a cargo del Dr. J. M. Sánchez en el marco del proyecto MINCYT/CONAE "Validation of data from the SAC-D / AQUARIUS mission: Application to the knowledge of vegetation water stress", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, mayo de 2012. 40 horas.

#### **Viajes**

**2012:** Viaje a Valencia para la coordinación del proyecto de humedad de suelo junto a la Dra. R. Niclós

Cronograma de la campaña y dictado de conferencia del tema (ver arriba) en las III Jornadas Científicas sobre aplicaciones de la teledetección.

Período: 27/11/2012 al 07/12/2012 Resol. 201/12 CIC

Instituciones visitadas: Universidad de Valencia –Departamento de Física de la Tierra y Termodinámica

**2013:** Viaje para realizar el tratamiento de los datos de la campaña internacional desarrollada en Argentina en febrero de 2013 y la preparación de un artículo ya enviado (trabajo 21 apartado 7.3) y la participación como miembro de tribunal de una Tesis Doctoral en la temática (ver certificado adjunto)

Período: 19/11/2013 al 29/11/2013 Resol. 767/13 CIC

Instituciones visitadas: Universidad de Valencia –Departamento de Física de la Tierra y Termodinámica y Universidad Politécnica de Valencia-Instituto Tecnológico de Química

**15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.** *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

1. Resol. CONAE-MinCyT 107/09- Proyecto AO CONAE/NASA/MinCyT. Validation of data from the SAC-D / AQUARIUS mission: Application to the knowledge of vegetation water stress. Director: Dr. R. Rivas. Investigadores 9 (incluye 4 becarios). Periodo 01/01/10-31/12/12. Prorrogado a Diciembre de 2013. Rendición e informe aprobados. Monto: dólares 26000.
2. Subsidio del Ministerio de Ciencia e Innovación (Ref. CGL2011-13579-E), Campaña Internacional y uso coordinado de infra-estructura científico-tecnológicas para la evaluación del producto humedad de suelo de la misión europea SMOS (CIUCISMOS). Área de aplicación provincia de Buenos Aires, Argentina. periodo 09/2012 a 09/13. Director R. Niclós. Integrantes de equipo investigador: V. Caselles, E. Valor, C. Coll (España) y R. Rivas (Argentina). Monto: euros 13156,00
3. Subsidios de Interés Provincial de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. Resol. Directorio 179/12. Generación de mapas de estado hídrico de la región pampeana como aporte al Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de la Oficina de Riesgo Agropecuario del MAGyP. Director: Dr. R. Rivas. Investigadores 8 (incluye 2 becarios doctorales, 1 becario posdoctoral, 4 profesionales técnicos de MAGyP). Periodo 11/2012-03/2014. Monto pesos 25.000,00
4. IHLLA financia con recursos de la SECAT UNCPBA. Validación de Datos de Teledetección a partir de Balances de Masa y Energía (VADATBA). Director: Dr. R. Rivas. Investigadores 7 (3 formados y 4 en formación). ID:03/I033. Proyecto Incentivos Docentes UNCPBA 01/01/13-31/12/15. Monto pesos 9.000,00.

**16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.** *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*

El aporte de empresas está declarado en el **Apartado 9**. De continuar el servicio declarado el monto anual ascendería a \$ 46800. Empresa Geokinetic Texas [inicio convenio de consultoría noviembre de 2013, primera transferencia de pago marzo 2014,

dólares 1560]. Correo de contacto técnico en la empresa para mayores consultas sobre el proyecto: [luis.pertovt@geokinetics.com](mailto:luis.pertovt@geokinetics.com)

**17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

Sin distinciones en el período.

**18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.** *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

**Director del Núcleo de Actividades Científico Tecnológicas (NACT-IHLLA)**, Resol. N°844/2011 24/05/2011 – 24/05/2014, Rector de la UNCPBA

Gestiones realizadas: aumento de las publicaciones en revistas científicas internacionales del área específica de hidrología, ambiente y teledetección (2 publicaciones en 2011 a 17 publicaciones en 2013, ver Memoria IHLLA 2013 en el sitio del instituto [http://www.ihlla.org.ar/nacts/cihlla\\_memorias](http://www.ihlla.org.ar/nacts/cihlla_memorias)), rendiciones anuales de los fondos otorgados por la UNCPBA, incorporación de nuevos investigadores al NACT, aumento de miembros del NACT y elaboración de Memorias Académicas 2012 y 2013 entre otras actividades. Las actividades desarrolladas pueden verificarse a partir de la lectura de las memorias correspondientes. Como tarea complementaria el Director del NACT es Vicedirector del Instituto de Hidrología de Llanuras (finalizada la Vicedirección en noviembre de 2013 por renuncia por cargo mayor jerarquía-duración de la actividad 4 años).

**Dedicación: 6 %**

**Miembro del Directorio de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires**, Acta 1376/12-Decreto 517/2013

Gestiones realizadas: evaluación numérica de la producción científica tecnológica de la CIC desde 1996 a 2013, análisis de investigadores, PA y becarios por área del conocimiento, evolución de jubilaciones para los próximos 3 años y propuesta de crecimiento de la carrera de investigador para los próximos 4 años entre otras actividades propias del Directorio (análisis de ingresos, evaluaciones de centros y distribución de fondos por centro,...).

**Dedicación: 26 %**

**19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.** *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

**Docente** dedicación simple de la materia **Sensores Remotos** (segundo semestre 2012 y 2013) de la facultad de Ciencias Exactas (UNCPBA). 90 horas de dedicación horaria.

**Dedicación: 6 %**

**20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.** *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

**Miembro de tribunal y revisor en programas de ciencia y tecnología**

1. Miembro de Tribunal de tesis de la Carrera de Ingeniería Civil y Topográfica, Universidad de Valle, Cali, Colombia sobre el tema Identificación de posibles focos de ignición utilizando sensores remotos para la prevención de incendios forestales en el parque nacional natural de la Sierra Nevada de Santa Marta, 06/03/2012, autores Andrés Solarte y Diana Fonnegra.

2. Miembro del Tribunal en el tema Metodologías de segmentación y medición de característicos lineales en imágenes de sensado remoto 29/03/12, autor de la tesis Marina Paola Cipolletti, Universidad Nacional del Sur, Argentina, Secretaria General de Postgrado y Educación Continua (Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Doctorado en Ingeniería).
3. Miembro del Tribunal en el tema Sistemas de visión inteligente para monitoreo ambiental en estaciones remotas 10/12/12, autor de la tesis Natalia Verónica Revollo Sarmiento, Universidad Nacional del Sur, Argentina, Secretaria General de Postgrado y Educación Continua (Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Doctorado en Ingeniería).
4. Miembro de Comisiones Honorarias de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, Comisión de Geología, Hidrología y Minería. Acta resolutive 1362 sobre incorporación de investigadores a las Comisiones de acuerdo a la Ley Orgánica 7385/68, artículo 18. Resol. 2537 CIC, may/12 ene/13 (renuncia por cargo de Director CIC).
5. Evaluador especialista CAI+D PI 2011, PROYECTOS CAI+D PI – 2011, UNL, de dos proyectos sobre humedad de suelo desde satélite. Disciplina Ciencias de la Ingeniería, Ciencias Agrarias y Tecnológicas. Evaluados en noviembre de 2012 y marzo de 2013.
6. Evaluador ESPECIALISTA EXTERNO, de la Programación PROYECTOS UBACYT 2013-2016 de Grupos en Formación, de un proyecto de humedad de suelo utilizando un modelo de balance combinado con imágenes de satélite. Evaluado en abril de 2013.
7. Evaluador Programa de Incentivos Docentes Universidad de la Patagonia Austral, Informes Finales del área Geología. Evaluación en mayo de 2013.
8. Miembro del Tribunal de tesis doctoral Hidrografía de la laguna Sauce Grande (provincia de Buenos Aires) en época de sequía, autor de la tesis Fernanda Forneron, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía, Argentina (Resol. CS 120/2012) (agosto 2013).
9. Miembro Jurado Evaluador de la Tesis Doctoral titulada "Evaluación del estrés hídrico y de los factores que lo afectan usando información teledetectada", desarrollada por la Mag. Daniela Teresita GIROLIMETTO, con la dirección de la Doctora Virginia Venturini. Participaron del Tribunal la Dra. Haydee Karszenbaum, el Dr. Andrés Antico y el Dr. Héctor del Valle de la tesis doctoral (Expte. UNL) (setiembre 2013). Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas.
10. Miembro de Tribunal de tesis, en carácter de Vocal, junto a José Casanova y Raquel Niclós en la tesis (registro 6542) titulada: Study of the anisotropy of thermal infrared emissivity of inorganic bare soils at different moisture levels, autor Vicent Garcia, referencia 40442 Tercer Ciclo Universidad de Valencia (21 noviembre 2013).

#### **Revisor en revistas y congresos**

11. Referee Journal of Hydrology, abril de 2013. Elsevier Editorial. Revista de alto impacto en la temática de Hidrología a nivel internacional.
12. Integrante del Comité Científico Congreso Argentino de Teledetección 2012 (CAT-2012). [http://cms.iafe.uba.ar/tele/tele\\_congreso](http://cms.iafe.uba.ar/tele/tele_congreso)
13. Integrante del Comité Científico del VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Hispano-Latinoamericano sobre Temas Actuales sobre la Hidrología Subterránea 2013 (La Plata, Argentina). <http://www.hidrogeolaplata.com.ar/index.html>

14. Integrante del Scientific Committee 10th International Conference on Geostatistics for Environmental Applications, Paris, France, on the 9th – 11th July 2014. <http://www.geoenv2014.org/>
15. Referee Remote Sensing Journal, marzo, junio, octubre 2013 revista Open Acces de alto impacto internacional en la temática de sensores remotos. <http://www.mdpi.com/journal/remotesensing/>

**21. TÍTULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.** *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

**Aplicación de la ecuación de Balance de Energía a escala Local y Regional con fines hidrológicos ABELoRe**

El plan de trabajo “ABELoRe” se llevará a cabo en el Instituto de Hidrología de Llanuras en el grupo de trabajo de Teledetección que formé desde 2005. En el grupo se desarrollaron los proyectos: i) “Estimación de la evapotranspiración regional mediante sensores remotos. Aplicación a la cuenca del río Dos Sinos del Sistema Acuífero Guaraní”, ii) “Estimación del FLujo de Calor LATente a partir de Imágenes de Satélite (EFLUCLA-IS)”, iii) “Efectos de los ciclos húmedos y secos sobre el balance de energía y la productividad neta a escala espacial: aplicación en la región pampeana” y “Campaña Internacional y uso coordinado de infra-estructura científico-tecnológicas para la evaluación del producto humedad de suelo de la misión europea SMOS (CIUCISMOS)”. Los proyectos permitieron generar un significativo avance del conocimiento en el uso de la teledetección con fines hidrológicos, ambientales y agronómicos (Rivas et al. 2007; Pertovt et al. 2008; Vazquez et al. 2008; Houspanossian et al. 2008; Schirmbeck et al. 2009, Rivas y Schirmbeck 2010, Rivas y Carmona 2011 y 2013, Holzman et al. 2014). En este sentido, los trabajos publicados en la temática (60 entre revistas y congresos), las tesis desarrolladas (10, siendo dos de doctorado) y la transferencia de conocimiento realizada demuestran la utilidad de las imágenes de satélite en estudios hidrológicos, y en particular en la estimación de la evapotranspiración (principal término de la ecuación de balance hidrológico en un área de llanura) (Rivas y Schirmbeck 2010; Rivas y Carmona 2010; Rivas y Carmona 2011; Carmona et al. 2012).

Los avances científicos obtenidos son importantes y el conocimiento logrado garantiza la continuidad (Rivas y Ocampo 2009; Holzman y Rivas 2011, Carmona 2012, Bayala y Rivas 2014) y consolidación de los investigadores recientemente doctorados (M. Holzman y F. Carmona). Sin embargo, resta aún incorporar los conocimientos logrados en herramientas operativas que faciliten el uso de los métodos en la gestión integrada de los recursos hídricos. Además los datos, requieren ser validados con medidas realizadas en parcelas específicas de terreno (lisímetros, tanques de evaporación, estación de balance de energía y sensores de humedad) (Carmona et al. 2011).

En la etapa actual, también es necesario desarrollar los programas que incorporen los algoritmos desarrollados para su uso con diferentes imágenes de satélite con la finalidad de entregar productos que puedan ser dato de entrada en modelos hidrológicos, modelos de riesgo de sequía y modelos atmosféricos, entre otros.

*Palabras clave:* imágenes de satélite, balance de energía y masa, evapotranspiración, lisímetros  
*Keywords:* satellite image, energy and mass balances, evapotranspiration, lysimeter

## **METODOLOGÍA**

El presente estudio se sustenta en la Ecuación de Balance de Energía (EBE) aplicada a escala local y regional (ecuación 1) con datos medidos en 3 estaciones de balance de energía (el área de trabajo queda definida por las ciudades de Oncativo, Anguil y Tandil) (Rivas y Carmona et al., 2013). Los resultados locales de humedad de suelo aplicando la EBE serán comparados con los valores registrados en un lisímetro de pesada (la escala temporal será semanal y para periodos de máxima

evapotranspiración se considerará una resolución diaria) con la finalidad de validar localmente la metodología.

$$R_n = LE + H + G \quad (1)$$

donde  $R_n$  es la radiación neta,  $LE$  el flujo de energía asociado al proceso de evapotranspiración,  $H$  es el flujo de calor sensible y  $G$  el flujo de calor en el suelo.

Para validar se instalarán estaciones en sitios coincidentes con el programa de seguimiento de la humedad de suelo de INTA (estación experimental INTA-Anguil provincia de La Pampa, integrada a la red de validación de datos SAC/D), de la Oficina de Riesgo Agropecuario ORA-MAGyP (estación de Oncativo, Córdoba) y en el campus de la UNCPBA (estación Tandil, integrada a la red de validación de datos SAC/D).

El instrumental cuenta con la calibración de laboratorio requerida que permite conocer la certeza de las medidas necesarias para el desarrollo del proyecto. Previo a la instalación de las estaciones, se realizará una *campana de intercalibrado* sobre una superficie homogénea para hacer comparables las medidas de los sensores de cada sitio experimental. Al inicio del tercer año se realizará una segunda *campana de intercalibrado* para reducir al mínimo incertidumbres asociadas a las medidas.

A continuación se presentan las configuraciones de cada una de las estaciones.

### 1) Estación Anguil-INTA

En la Tabla 1 se detallan los sensores a instalarse en la estación. Las medidas se complementan con datos agrometeorológicos registrados por técnicos de INTA. La superficie observada corresponderá a una alfalfa.

**Tabla 1.** Instrumental de registro de la estación de Anguil.

<i>Medida del instrumento</i>	<i>Marca-Instrumento</i>	<i>Altura (m)</i>
Radiación neta	CSI CNR2	2,10
Temperatura radiativa	CSI AII IRR-P 1505	2,10
Flujo de calor en el suelo	CSI HFT3	-0,08
Velocidad de viento	MOII 014A L10	2,00
Temperatura y humedad relativa del aire	CSI CS215-L10	0,60
Temperatura (enterrados en el suelo)	C TC1047A	-0,5 y -0,12
Humedad del suelo	DDI EC-10 H2O	-0,80 – 0,00
Pluviógrafo		2,00
Logger	CSI-CR800	-----

*AII, Apogee Instruments, Inc.; CSI, Campbell Scientific, Inc.; MOII, Met One Instruments, Inc.; C, Cavadevices; DDI, Decagon Devices, Inc.*

Se instalará debajo de los sensores de la estación un lisímetro de pesada de 0,27 m<sup>2</sup> de área y una profundidad de 1 m con 5 sensores de humedad modelo DDI EC-10 H2O. El peso se realizará por medio de una balanza digital de hasta 500 kg ±200 g de resolución.

### 2) Estación Oncativo-ORA

Se instalarán el conjunto de sensores indicados en la Tabla 2. Los balances de masa calculados en esta estación estarán a cargo de la ORA. Los datos de la estación se complementan con el registro de datos una estación agrometeorológica instalada en el sector.

**Tabla 2.** Instrumental de registro de la estación de Oncativo.

<i>Medida del instrumento</i>	<i>Marca-Instrumento</i>	<i>Altura (m)</i>
Radiación neta	CSI NR-LITE	2,00
Temperatura radiativa	AII IRR SI-111	2,00

Flujo de calor en el suelo	CSI HFP01-L10	-0,08
Velocidad de viento	MOII 014A L10	2,00
Temperatura y humedad relativa del aire	CSI CS215-L16	2,00
Temperatura (enterrados en el suelo)	C TC1047A	-0,5 y -0,12
Humedad del suelo	DDI EC-10 H2O	-0,80 – 0,00
Logger	CSI-CR1000	-----
<i>All, Apogee Instruments, Inc.; CSI, Campbell Scientific, Inc.; MOII, Met One Instruments, Inc.; Cavadevices; DDI, Decagon Devices, Inc.</i>		<i>C,</i>

La superficie observada corresponderá a un cultivo homogéneo (soja, trigo, cebada o alternativo). Recolectado el cultivo seleccionado se continuará con el registro del rastrojo.

### 3) Estación campus Tandil-IHLLA

Se instalará el conjunto de sensores indicados en la Tabla 3. La mayor cantidad de sensores presentes en esta estación obedece a la necesidad de hacer un seguimiento diario de la cubierta vegetal, de los cambios generales que se dan en el sistema *suelo-agua-planta* y, en particular, para la tesis doctoral (complementaria a este proyecto) que desarrollará la integrante del proyecto D. Ocampo.

**Tabla 3.** Instrumental de registro de la estación del campus universitario de Tandil.

<i>Medida del instrumento</i>	<i>Marca-Instrumento</i>	<i>Altura (m)</i>
Radiación neta	CSI CNR1	2,00
Temperatura radiativa	All IRR SI-111	2,00
Flujo de calor en el suelo	CSI HFP01-L10	-0,08
Velocidad de viento	MOII 014A L10	2,00
Temperatura y humedad relativa del aire	CSI CS215-L16	2,00
Temperatura y humedad relativa del aire	CSI CS215-L16	0,60
Temperatura (enterrados en el suelo)	C TC1047A	-0,5 y -0,12
Humedad del suelo	DDI EC-10 H2O	-0,10 – 0,00
Logger	CSI-CR10X	-----
Temperatura y humedad del aire	TC1047A y HIH3610	2,20
Radiación solar PAR	C PAR	2,00
Pluviógrafo		2,00
Humedad del suelo	DDI EC-10 H2O	-0,10 – 0,00
Humedad del suelo	DDI EC-20 H2O	-0,20 – 0,00
Temperatura de suelo	C TC1047A	-0,5 y -0,12
Logger	C 8 canales	-----
<i>All, Apogee Instruments, Inc.; CSI, Campbell Scientific, Inc.; MOII, Met One Instruments, Inc.; C, Cavadevices; DDI, Decagon Devices, Inc.</i>		

La cobertura corresponderá a pasto corto (0,12 m) mantenido a esta altura con cortes periódicos con la finalidad de cumplir con las condiciones requeridas para estaciones de validación de métodos locales de evapotranspiración.

Se tomarán medidas diarias en un Tanque de evaporación tipo A. Junto al tanque se medirá la velocidad de viento, la temperatura y humedad del aire para realizar las correcciones necesarias de las medidas registradas.

Contiguo al tanque estará el lisímetro de pesada de 0,27 m<sup>2</sup> con una profundidad de 0,60 m y tres sensores de humedad de suelo (0,20 m cada uno, modelo EC-20 H2O) insertos para el registro continuo de humedad en todo el perfil de suelo. El registro de pesada se realizará de forma manual dos veces a la semana con una pluma hidráulica y una balanza electrónica de 200 g de precisión.

Para mediciones a escala de parcela se dispone de 4 sensores IRT de terreno (con la fuente de calibrado correspondiente), un sensor de permitividad dieléctrica (Hydrosense Campbell) para medir la humedad del suelo, capsulas para muestras de suelo y barrenos. Las muestras de suelo se procesarán en el laboratorio del Instituto. El sensor de humedad se calibrará para el tipo de suelo de la parcela a partir de medidas gravimétricas.

De forma complementaria, en los sitios experimentales se realizarán medidas espectrales en el visible, infrarrojo cercano y medio con la finalidad de evaluar los efectos de la cobertura vegetal y la humedad de suelo. Para ello se utilizará un sensor Ocean Optic (0,4 – 2,5  $\mu\text{m}$ ). Los equipos son propiedad de los centros IHLA-UV (adquiridos con fondos de la ANPCyT, Unión Europea y el Banco Mundial).

Con los sensores espectrales y de humedad se realizarán transectos en parcelas homogéneas, para evaluar la validez de las medidas locales en el entorno.

Con las imágenes de satélite (de las diferentes misiones actuales operativas) se calcularán las magnitudes primarias de superficie según corresponda (reflectividad y temperatura). Posteriormente, se estimarán las magnitudes secundarias (ej. índice de vegetación) y, finalmente, las magnitudes terciarias (radiación neta, flujo de calor en el suelo, flujo de calor sensible) (Bisht et al. 2005). Con las medidas realizadas se calculará la pérdida real de agua del sistema y a partir del cociente entre ésta y la evapotranspiración máxima la humedad del suelo.

Para validar los datos de satélite se compararan las medidas realizadas a escala de parcela con las estimaciones realizadas desde satélite. La validación (entre valores medidos y calculados) se realizará a partir de los estadísticos básicos *BIAS*, *RMSE*, *RE*, índice de concordancia y el índice de eficiencia, entre otros (ver Bayala y Rivas, 2014).

Nota: La Bibliografía no se incluye dado que parte de la misma está incluida en los trabajos presentados en el presente informe.

---

### **Condiciones de la presentación:**

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
  - a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - b. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período ....."
  - c. Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
  - a. Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [infinvest@cic.gba.gob.ar](mailto:infinvest@cic.gba.gob.ar) (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - b. En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.
- C. Sistema SIBIPA:
  - a. Se deberá petitionar el informe en la modalidad on line, desde el sitio web de la CIC, sistema SIBIPA (ver instructivo).

---

**Nota:** El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.