

# CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO Informe Científico<sup>1</sup>

PERIODO <sup>2</sup>: 2008-2009

Legajo N°:

## 1. DATOS PERSONALES

*APELLIDO: Rivas*

*NOMBRES: Raúl Eduardo*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información): rivas@rec.unicen.edu.ar*

## 2. TEMA DE INVESTIGACION

Utilización de imágenes de satélite para la estimación del balance de energía en el centro de la provincia de Buenos Aires-ajuste de modelos y Validación con datos medidos en una estación de balance de energía (título ampliado de acuerdo al informe del bienio 2006-2007)

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

*INGRESO: Categoría: Inv Adj Sin Dir Fecha: 29/09/05*

*ACTUAL: Categoría: Inv Adj Sin Dir desde fecha: 29/09/05*

## 4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

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

*Facultad: Rectorado UNCPBA-CIC-MA*

*Departamento: no corresponde*

*Cátedra: no corresponde*

*Otros: no corresponde*

*Dirección: Calle: Campus Arroyo Seco N°:*

*Localidad: Tandil CP: 7000 Tel: 02293 43 9520*

*Cargo que ocupa: Vicedirector del Instituto de Hidrología*

## 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 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, 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 investigación se orientó a la utilización de imágenes de satélite para estimar la evapotranspiración (teniendo presente el peso de la radiación neta a nivel del suelo, el flujo de calor de éste y el flujo de calor sensible) y a la medición de las variables geofísicas mencionadas a escala local (con una estación de balance de energía instalada sobre coberturas típicas de la región productiva-avena, pastura, soja ...y rastrojos de siembra directa). Además la labor se centró en la formación de recursos humanos (masters, becas de entrenamiento-formación e inicio de doctorados) en la temática de imágenes-evapotranspiración para poder dar continuidad a la línea de trabajo en el mediano y largo plazo. El último año se comenzó a investigar/desarrollar metodologías usando como base las misiones de satélite de argentina (SAC/C y SAC/D) combinadas con otras misiones internacionales (Terra/Aqua-MODIS,Landsat). La finalidad es obtener métodos propios para ser transferidos a CONAE e instituciones intermedias (que pueden ser empresas de agroservicios) interesadas en aplicar los métodos y resultados. A la vez es importante indicar que se espera tener en 4 años evaluados los efectos de las oscilaciones ENSO (niño-niña) (en el área pampeana) y las consecuencias en la productividad primaria de la región (será efectivo por medio de 3 tesis doctorales en la temática ya iniciadas).

La técnica de trabajo consiste en la utilización de la ecuación de balance de energía a nivel de superficie (en donde se estudia como se distribuye la radiación neta (Rn) en flujos de calor latente=evapotranspiración (ET), flujo de calor sensible (H) y flujo de calor en el suelo (G)) para evaluar la evapotranspiración a escala local (mediante la medida de Rn, H y G con un instrumental único en la región) y regional mediante datos captados desde satélite. Es importante remarcar que en las investigaciones se trabaja con la temperatura radiativa de la superficie y el albedo de ésta validando datos de satélite y generando ecuaciones ajustadas a las condiciones de la región de aplicación (en particular el centro de la provincia de Buenos Aires) (seguir una orientación de este tipo asegura la reducción de errores en las estimaciones que se realizan con satélite). Un mayor detalle de la metodología puede buscarse en las 21 publicaciones realizadas en el periodo (ver apartado 7.1 e impresos adjuntos a este informe).

Los trabajos resultantes de la labor científica desarrollada fueron publicados en revistas (5) (internacionales y nacionales), en congresos nacionales e internacionales (16) y en libros y capítulos de libro (3 en revisión), en los cursos de postgrado dictados (de doctorado (1) y de maestría (4)). Las principales limitaciones encontradas en el plano científico fue no encontrar con facilidad el perfil de becarios interesados en trabajar en la temática (en estos momentos logrado con becas (3) estables de 4 años prorrogables (ANPCyT (2) -CIC (1)) y en lo material no contar con los fondos para el mantenimiento/operación de los sensores de terreno (aunque estuvieron no se conto con los mismos en el momento que debería de disponerse).

En lo personal considero que las investigaciones son de gran relevancia para los intereses de la provincia. Prueba de ello es el uso de las técnicas y métodos por parte de INTA/facultades de agronomía/geología del ámbito pampeano y en el sector de agroservicios (asesoramiento a empresa por convenio IHLLA/ADP fdo por la UNCPBA en 2009, objeto desarrollo de funciones de estimación de rendimiento).

## 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.*

Revistas

1 Pertovt L.; Rivas R.; Schirmbeck J.; Wohl Coelho O. Vives L. Madrid, 2008., vol. 119:119-124, Análisis de condicionantes ambientales del estrés hídrico de la vegetación en el sur de Brasil mediante imágenes NOAA – AVHRR. Regional Drought using the Vegetation Condition Index from NOAA-AVHRR Satellite Measurements in the south Brazil. Revista de Ciencias de la Tierra. Enero Marzo - Boletín Geológico y Minero – Instituto Tecnológico y Geominero de España. N° 1 ISSN 0366-0176.

Resumen

Se presentan los primeros resultados de la utilización del Temperature Vegetation Dryness Index - TVDI (Sandholt et al., 2002) para evaluación de las condicionantes ambientales del estrés hídrico de la vegetación en la cuenca hidrográfica del río dos Sinos - Brasil. El TDVI se calcula a partir de información captada desde satélite y se sustenta en la temperatura de superficie (Ts) y en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Los valores de TVDI obtenidos se calcularon a partir de imágenes captadas por el sensor AVHRR de la serie NOAA y fueron analizados con respecto a la precipitación mensual, comprobándose la ocurrencia de límites naturales de estrés hídrico de la vegetación relacionados a las precipitaciones. El TVDI muestra en general una gran variación entre invierno y verano, existiendo sitios de poca o nula variación del estrés a lo largo del año.

Tipo/grado de participación: Codirector de Magister del autor del artículo y responsable del entrenamiento del becario en la aplicación del índice usado.

2 Vazquez, P., Rivas, R., Usunoff E. Catamarca, 2008. vol 3, núm. 3-47:58. Análisis multitemporal de la disponibilidad de agua en el suelo a partir de datos de satélite. Revista Ciencia . Universidad de Catamarca, ISSN 1698-2009.

Resumen

La Provincia de Buenos Aires con aptitud relevante agrícola-ganadera necesita aportes técnico-científicos para complementar datos fundamentales para la producción como la disponibilidad de agua en el suelo (DAS). Los índices de estrés obtenidos a partir de información satelital son herramientas útiles y de bajo costo a la hora de estimar la DAS.

Para este estudio, se utilizó el Crop Water Stress Index (CWSI). Éste fue desarrollado por Jackson et. al. (1981) y se sustenta en la temperatura radiométrica de superficie (Ts) obtenida a partir de sensores remotos (SR). Se utilizaron

imágenes captadas por el sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo de la serie de satélites de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), e imágenes del sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite AQUA. Para el cálculo de la temperatura de superficie ( $T_s$ ) se utilizaron ecuaciones split-window según el tipo de sensor. El objetivo de este trabajo es obtener mapas de la variación temporal de la DAS, a partir de la aplicación del índice CWSI, a escala de la Provincia de Buenos Aires, en el período comprendido entre 1992-2006. En este estudio se observa que ante la escasez de precipitaciones, las zonas que se ven primeramente afectadas con un alto CWSI, son el Oeste y Sur de la Provincia (debido a las características edafológicas), para luego extenderse hacia el resto de la Provincia. El CWSI es un índice sencillo de aplicar y genera información acerca de las condiciones hídricas de la superficie, siendo estos parámetros importantes para la producción.

Tipo/grado de participación: Director de la tesis de maestría de la autora del trabajo.

3 Houspanossian, J., Rivas, R., Vazquez, P. Catamarca, 2008. vol 3, núm. 7-65:74. La humedad del suelo cultivado con maíz y la relación con la temperatura radiativa de su cubierta vegetal. Revista Ciencia Universidad de Catamarca, ISSN 1698-2009.

#### Resumen

La transpiración ( $T$ ), es un proceso fisiológico que consiste en la transferencia de vapor de agua contenida en las cavidades subestomáticas hacia la atmósfera, lo cual requiere que el potencial hídrico de la atmósfera sea menor que el de las estructuras a partir de las cuales tiene lugar la  $T$ . La  $T$  además de contribuir en el movimiento de agua en una planta y con ello a la extracción de los nutrientes del suelo, produce una liberación de calor regulándose así la temperatura de las hojas. Por lo tanto, si medimos la temperatura de las hojas de un cultivo podremos conocer acerca de las condiciones hídricas en las que se encuentra un suelo. Este trabajo presenta una expresión matemática simple, que relaciona la temperatura radiativa de una cubierta vegetal ( $T_c$ ) y la humedad volumétrica del suelo ( $H_s$ ). Esta relación fue lograda luego de un seguimiento durante la campaña 2005-2006 de un cultivo de maíz en la provincia de Buenos Aires, en horario de máxima radiación solar, donde se registraron los valores de  $T_c$  de la hoja del maíz con un radiómetro de mano, y la  $H_s$  del suelo por debajo de esa cubierta vegetal utilizando un sensor de humedad, durante 7 jornadas en el período considerado. La utilización de imágenes satelitales permite obtener de manera sencilla y económica valores de temperatura de superficie, entonces aplicando una ecuación como la lograda en este trabajo, sería posible conocer el contenido de humedad de grandes áreas sembradas homogéneamente. Como trabajo futuro, queda la validación de la funcionalidad de la expresión obtenida, realizando más campañas de muestreo, analizando su respuesta bajo distintos tipos de suelo y observando otros cultivos.

Tipo/grado de participación: Director de la tesis de grado en la temática del artículo.

4 Schirmbeck J., Rivas R., Usunoff E., EEUU, 2009. vol 17 (1):1-8. Spatial distribution of latent heat flux from Landsat (ETM+) images. Journal Environmental Hydrology, ISSN 1058-3912.

Abstract

This paper describes the methodology used for estimating the latent heat flux (LE) by means of the energy balance equation and using data from Landsat EMT+ images. The aim of the application is to assessing the LE distribution in an agricultural region located in the center of Buenos Aires Province, Argentina. The methodology made use of two images captured in November and December 2001, which correspond to the period of greatest demand in terms of evaporation and transpiration. The results from the images processing are quite consistent as compared to the local-scale model of Penman-Monteith. Moreover, the maps obtained show variations of up to 3 mm d-1 among neighboring plots, a fact that is not detected by the local-scale model.

Tipo/grado de participación: Director de tesis doctoral en la temática

5 Vazquez, P., Rivas, R. Catamarca, 2009. vol 4, núm. 8-49:59. Transferencia de información basada en sensores remotos para la toma de decisiones de usuarios no expertos. Revista Ciencia Universidad de Catamarca, ISSN 1698-2009.

#### Resumen

Conocer la variabilidad temporal y espacial de diversas variables hidrológicas en la superficie, con una periodicidad adecuada, es fundamental para estudios agronómicos e hidrológicos entre otros. El presente trabajo muestra los resultados preliminares resultantes de la aplicación de la ecuación de Emisividad de Superficie (E), Porcentaje de Cubierta Vegetal (Pv), Temperatura de Suelo (Ts); Evapotranspiración (ET) e Índices de Estrés (IE). Estas variables se han aplicado en la provincia de Buenos Aires (Argentina) utilizando imágenes captadas por los sensores Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) de la serie de satélites NOAA y Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite AQUA. El objetivo de este trabajo es incorporar mapas temáticos en la página web [www.bdh.org.ar](http://www.bdh.org.ar) a partir de febrero del 2007 para su consulta libre y gratuita tal cual como ocurre actualmente con la información hidrometeorológica.

Tipo/grado de participación: Director de maestría en la temática

#### Congresos Internacionales

6 Schirmbeck J., Rivas R. 2008. Estimación de la distribución espacial del flujo de calor latente desde imágenes LANDSAT (ETM+). Capítulo Estudios de Aguas Subterráneas. Trab\_65:1-8. Actas IX Congreso ALHSUD, Quito, Ecuador.

#### Resumen

El presente trabajo describe la metodología de estimación del Flujo de Calor Latente (LE) por intermedio de la ecuación de balance de energía, aplicada a imágenes Landsat EMT+. El objetivo de la aplicación ha sido evaluar la distribución del LE en un área agrícola del centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. La metodología se ha aplicado a 2 imágenes captadas en noviembre y diciembre de 2001 coincidentes con el período de mayor demanda de evaporación y transpiración. Los resultados obtenidos desde la imagen muestran consistencia comparados con un modelo a escala local. Se observa, en los mapas logrados, una variación de hasta 3 mm día-1 entre parcelas vecinas hecho no verificable al utilizar un modelo de escala local.

Tipo/grado de participación: Director de tesis doctoral en el tema del artículo

7 Houspanossian J., Rivas R., Vazquez, P., Vives L. 2008. Evaluation of the response of three water stress index on vegetation from the argentine pampeana region. Capítulo Estudios de Aguas Subterráneas. Trab\_66:1-8. Actas IX Congreso ALHSUD, Quito, Ecuador.

#### Abstract

The objective of this paper is to assess the behavior of three vegetation water stress indexes (WS) calculated by using satellite image (IS) from the Earth Observation System/MODIS with ~1Km<sup>2</sup> of spatial resolution. These indexes estimate the water deficit in vegetation from different physical principles. Two of those indexes, the Difference Water Index (NDWI Gao, 1996) and the Difference Infrared Index (NDII Hardisky, 1983), use the Medium Infrared portion of the electromagnetic (EM) spectrum and exploit the reflectivity changes in vegetation in this portion of the EM spectrum. The third index, the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI; Sandholt, 2002), utilizes the changes in vegetation temperature undergoing water stress by using the Thermal Infrared (IRT) portion of the EM spectrum. The results obtained from all indexes were compared with field soil moisture data (SM) measured in a sunflower cropland located in the central area of Buenos Aires Province, Argentine. There was a significant relationship between TVDI and SM ( $r^2=0,86$ ), whereas the NDWI and NDII indexes do not relate significantly with SM. Keywords: Vegetation Stress Index, TVDI; NDWI, MODIS, Soil Moisture.

Tipo/grado de participación: Director de tema de beca entrenamiento CIC

8 Carmona F., Thomas L., Marino B., Rivas, R. 2008. Análisis del curso inferior del río Quequén grande (Buenos Aires) por medio de imágenes satelitales. Actas del 4to. Encuentro Internacional del ICES.

#### Resumen

Se presenta la información física del curso inferior del río Quequén Grande obtenida por medio del análisis espectral y procesamiento de imágenes satelitales. La reflectividad de superficie es calculada a partir de la radiación captada por el sensor ETM+ (a bordo de la misión Landsat) aplicando el modelo Dark Object Subtraction (DOS) para corregir los efectos de la dispersión (scattering) por moléculas y aerosoles, y la absorción por aerosoles presentes en la atmósfera. Se encuentran zonas con distribuciones espectrales diferentes de las cuales pueden reconocerse los límites del dragado, el frente del agua salada en el río, la descarga de agua dulce, etc. Los resultados recogidos de esta forma son contrastados con la información de campo, lo cual permite complementar la descripción hidrodinámica de la zona estudiada, de gran interés para monitorear el desarrollo sustentable de la región. El interés surge por ser el río Quequén Grande uno de los cursos de agua más importantes de la provincia de Buenos Aires, con una amplia cuenca que se extiende a través de una fértil zona agrícola y ganadera abarcando varios partidos de la Provincia. En su desembocadura se encuentran las ciudades de Necochea y Quequén y el segundo puerto marítimo de exportación agrícola más importante del país.

Tipo/grado de participación: Director Externo del tema de tesis de grado en el tema de imágenes

9 Rivas, R., Schirmbeck J., Carmona F. 2008. Estimación de la radiación neta y del flujo de calor en el suelo a escala local y regional. Actas del 4to. Encuentro Internacional del ICES.

### Resumen

La estimación de la radiación neta ( $R_n$ ) a nivel de superficie es fundamental en estudios de cambio global, hidrológicos y agronómicos entre otros. En la última década se han realizado esfuerzos para la estimación de la  $R_n$  a escala regional utilizando información captada desde satélite y de esta modo poder estimar el flujo de calor en el suelo ( $G$ ) como una proporción de la  $R_n$  medida. En el presente trabajo se describe el instrumental de terreno utilizado para medir  $R_n$  y  $G$  en una parcela con *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium multiflorum* y se analiza el comportamiento temporal de la relación  $G/R_n-1$ . Con los datos de la relación  $G/R_n-1$  logrados se ha estimado el valor de  $G$  a escala regional a partir de datos captados por el sensor MODIS-TERRA en la cuenca del Río Salado (Buenos Aires, Argentina) con predominio de la misma vegetación analizada a escala local. Los resultados muestran que la metodología utilizada permitiría cuantificar con buena precisión el valor de  $G$  a escala regional.

Tipo/grado de participación: responsable del tratamiento de los datos y de la redacción como preparación del becario F. Carmona.

10 Rivas R., Schirmbeck J., y Ocampo D. 2008. Estimación del flujo de calor latente a partir de un modelo de una capa en una parcela mixta. Actas XII Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. Trabajo N° 76, pp 221-222. San Salvador de Jujuy – Argentina.

### Resumen

En este trabajo se describen las características de los modelos de una capa. Se aplica la ecuación de balance de energía (BE) asumiendo una superficie homogénea y se calculan los términos del BE. Los resultados muestran la aptitud de la metodología aplicada para su uso a escala local y con imágenes de satélite.

Tipo/grado de participación: responsable de la redacción y tratamiento de los datos como entrenamiento del becario Ocampo en la preparación de trabajos.

11 Farrel M., Rivas R. 2008. Relación entre índices de vegetación provenientes de imágenes MODIS y el rendimiento en girasol en el área centro de la pampa, Argentina. Actas XII Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. Trabajo N° 91 pp 183-184. San Salvador de Jujuy – Argentina.

### Resumen

En el presente trabajo se describe una metodología sencilla para la estimación de rendimiento de girasol. Para la estimación se obtuvo una función lineal que requiere como dato de entrada información de EVI (sensor MODIS resolución 250 m por 250 m). Los resultados muestran un error en la estimación inferior a los +/-200 kg ha<sup>-1</sup>.

Tipo/grado de participación: director de tesis de magister del autor

12 Rivas R., Schirmbeck J. 2008. Utilidad de la ecuación de Priestley-Taylor para la estimación de la evapotranspiración en áreas húmedas. Actas IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de vida y 5to Congreso de Ambiente y Calidad de vida. El Reto del Desarrollo Sostenible. Estrategias y Acciones. Diálogos y Propuestas. Edición 2008, ISBN 978-950-746-168-2. Tomo 2 pp. 200. S. F. Catamarca.

### Resumen

La Evapotranspiración (ET) es una de las variables hidrológicas más relevantes. La cuantificación de ésta, con un nivel suficiente de precisión, es fundamental en estudios hidrológicos y en modelos climáticos. Los avances actuales en la estimación de ET a escala local y regional son significativos. En particular a escala local, aún hoy, la limitación es la disponibilidad de datos y la asignación de los parámetros de cultivo (altura, arquitectura, resistencia a la transpiración..). De los grupos de aproximaciones existentes (radiación, temperatura, tanque y combinados) los más consistentes son los sustentados en la ecuación de balance de energía (BE). En el presente trabajo se aplica la Aproximación de Priestley-Taylor (APT), la cual, se sustenta en la ecuación de BE (suponiendo mínima advección) y requiere conocer la radiación neta, el flujo de calor en el suelo y el ajuste de un parámetro empírico ( $\alpha$ ). El mayor beneficio de la APT, por comparación con los métodos clásicos (Penman Monteith PM, Radiación de FAO), es que requiere una mínima cantidad de datos. La APT se ha calculado con datos medidos (con una estación CNR1 Campbell Scientific y una meteorológica convencional) en el Campus Tandil de la Universidad Nacional del Centro (-37° 19'; -59° 4'; 214 m). Para un valor de  $\alpha$  de 1,23 los resultados de la APT arrojan valores de ET superiores a los logrados aplicando la ecuación de PM. En promedio APT diaria es un 10 % mayor que la ET de referencia observándose una inversión para días de alta capacidad de evaporación desde la atmósfera como respuesta a un aumento en la velocidad de viento y o baja humedad relativa del aire. Por último, se concluye que la APT es adecuada y consistente de aplicar en zonas húmedas en condiciones de mínima advección. Además, la APT es menos compleja que el modelo de PM (requiere menor cantidad de parámetros) y por contra requiere medidas de  $R_n$  y  $G$  que no siempre están disponibles en estaciones clásicas.

Tipo/grado de participación: redacción y tratamiento de los datos. Coautor recopilación y operación de los sensores usados en el trabajo.

13 Rivas R., Schirmbeck J. 2008. Estimación del flujo de calor latente a partir de imágenes EOS MODIS. Actas IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de vida y 5to Congreso de Ambiente y Calidad de vida. El Reto del Desarrollo Sostenible. Estrategias y Acciones. Diálogos y Propuestas. Edición 2008, ISBN 978-950-746-168-2. Tomo 2 pp. 203. S. F. Catamarca.

### Resumen

El balance energía (BE) es fundamental para la estimación del flujo de calor latente (LE). En este trabajo se pre-senta el comportamiento de los términos del BE medidos en una estación sobre una pastura mixta y la extensión de los datos locales a la cuenca del Río Salado (Buenos Aires, Argentina) utilizando una imagen TERRA-MODIS. Los resultados muestran que la metodología utilizada permitiría cuantificar con precisión el agua utilizada por la vegetación con lo cual sería de gran utilidad para estimar la disponibilidad de forraje para el ganado vacuno.

Tipo/grado de participación: responsable del tema del trabajo elaborado para estudios de gases de efecto invernadero.

14 Farrel M., Rivas R. 2008. Estimación de rendimiento en girasol a partir de imágenes captadas por el sensor MODIS –TERRA. Actas IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de vida y 5to Congreso de Ambiente y Calidad de vida. El Reto del Desarrollo Sostenible. Estrategias y Acciones. Diálogos

y Propuestas. Edición 2008, ISBN 978-950-746-168-2. Tomo 3 pp. 391. S. F. Catamarca.

#### Resumen

El objetivo del trabajo fue analizar la relación existente entre los valores del Enhanced Vegetations Index (EVI) y el rendimiento de granos en el cultivo de girasol en el centro de la provincia de La Pampa, Argentina. La realización del estudio contribuye al desarrollo de una herramienta capaz de ofrecer en tiempo y forma oportuna una tendencia de la producción de girasol tanto a nivel regional como a nivel de lote. El trabajo se realizó durante la campaña agrícola primavera-verano 2007 en donde se localizaron 20 lotes con girasol ubicados en el ambiente de la Planicie con tosca en la región semiárida perteneciente a la provincia de La Pampa en Argentina. En cada lote se midió el área foliar y la densidad de plantas por unidad de superficie y el rendimiento final de granos. Posteriormente se analizó las correlaciones entre los valores del IAF obtenidos en los meses de diciembre y enero y el rendimiento final de granos obtenido a final del ciclo en cada lote con los valores de EVI. Los resultados indican alta variabilidad entre lotes en el IAF estimado a campo donde se obtuvieron valores de 0.4 a 3.6 y 0.93 a 3.9 para el mes de diciembre y de enero respectivamente. El IAF máximo fue obtenido durante el estado fenológico de R5-5 mitad de floración (mes de enero) (Scheneiter y Miller, 1974) y el rendimiento de grano real medido a campo presentó correlaciones altas (0.79) cuando se lo relacionó con el EVI correspondiente a la segunda quincena de enero. Dentro de las conclusiones queda demostrada la viabilidad de los datos de EVI provenientes de imágenes MODIS Terra como una herramienta en la predicción del rendimiento en girasol al registrarse una relación directa y consistente entre el rendimiento final y el EVI.

Tipo/grado de participación: responsable del tratamiento de los datos y del cálculo de los coeficientes de la ecuación de rendimiento.

15 Rivas R., V. Venturini. 2008 Utilidades de los sensores remotos para la identificación de cambios en la distribución de la radiación neta. Actas IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de vida y 5to Congreso de Ambiente y Calidad de vida. El Reto del Desarrollo Sostenible. Estrategias y Acciones. Diálogos y Propuestas. Línea Educativa. Edición 2008, ISBN 978-950-746-167-5. Tomo 1 pp. 332. S. F. Catamarca.

#### Resumen

En este trabajo se presentan las utilidades de los sensores remotos para la identificación de cambios en la superficie. Los autores hacen una presentación de la teoría que sustentan las medidas realizadas desde satélite y aplican ecuaciones para obtener la radiación neta. Es un trabajo orientado a la educación universitaria.

Tipo/grado de participación: preparación del trabajo y gestor de la idea de participar de un evento internacional con la finalidad de mostrar las capacidades de Argentina en la temática de sensores de terreno y de satélite.

16 Schirmbeck J., Rivas R. 2009. Uso do Balanço de Energia desde Imagens ETM+ para Avaliar a Distribuição Espacial da Evapotranspiração. Anais XIV Brazilian Remote Sensing Symposium (SBSR) Natal, RN, Brazil, in April 25-30th, 2009, 1:4851-4858, ISBN 978-85-17-0047. <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2009>

#### Abstract

This paper describes the methodology for estimating the Latent Heat Flux (LE) by means of the energy balance equation applied to Landsat EMT+ images. The main of the application is assessing the LE distribution in an agricultural area at the center of Buenos Aires Province, Argentina. The methodology took into account two images captured in November and December 2001, which coincide with the period of greater evaporation and transpiration demands. Finally, the results from images processing are similar value with those from a local-scale model ET. The obtained maps show a variation of up to 3 mm day<sup>-1</sup> between adjacent field, a fact that is not detected by the local-scale model.

Tipo/grado de participación: director de tesis doctoral

17 Schirmbeck J., Wolfarth Schirmbeck L., Rivas R., Wöll Coelho O. 2009. Estimativa de Evapotranspiração em Área de Ocorrência do Sistema Aquífero Guarani desde Imagens Modis. Anais XIV Brazilian Remote Sensing Symposium (SBSR) Natal, RN, Brazil, in April 25-30th, 2009, 1:4859-4866, ISBN 978-85-17-0047. <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2009>

#### Abstract

The correct estimations of evapotranspiration, on a regional scale, is of extreme interest for the planning of sustainable use of the Guarani Aquifero System. Evapotranspiration on a world wide scale is the main water exit for hidrological systemas. In this research we present a simplified methodology for the estimation of evapotranspiration based on surface temperature maps, obtained from thermal infrared imagery. The purpose of this work is to propose a parametrization for the evapotranspiration estimation model for the part of the Guarani Aquifero System located in Rio Grande do Sul, based on time series of meteorological data. The results show that in this area it is possible to estimate the evapotranspiration with the uso of average time series parameters.

Tipo/grado de participación: director de tesis doctoral y autor del método aplicado para la estimación de la evapotranspiración (metodología que es usada por varios autores en el mundo - buscar en google Rivas and Caselles 2004 para valorar el impacto del método)

18 Ocampo, D., Rivas R., Schirmbeck J. 2009. Aptitud de diferentes métodos de estimación de la evapotranspiración: aplicación en una zona de clima templado. En: Aportes de la Hidrogeología al Conocimiento de los Recursos Hídricos, Tomo I, Mariño, E. y Schulz, C.J. (Editores), ISBN 978-987-1082-36-7, Ed. Amerindia Nexo Di Napoli, Santa Rosa, pp. 437-446.

#### Resumen

La evapotranspiración (ET) constituye el proceso natural por el cual se produce la transferencia total de agua desde una superficie vegetada a la atmósfera. En el presente trabajo se estudia la performance de la ET estimada por distintos métodos empíricos a escala local: Priestley-Taylor; Turc; Hargreaves; Thornthwaite, en comparación con el método considerado estándar FAO Penman Monteith. El área de estudio comprende a estaciones de una zona de clima templado de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Los resultados muestran que los métodos de Priestley-Taylor y Turc son los que proyectan una correlación alta para datos mensuales y diarios, presentando valores equiparables al método estándar. En cambio, los métodos de Hargreaves y Thornthwaite sobrestiman y subestiman la ET respectivamente, en relación al método FAO PM. Se concluye que los métodos

Priestley-Taylor y Turc proporcionan una performance aceptable y equiparable al método estándar. Además estos métodos resultan prácticos al momento de estimar la ET debido a que poseen ecuaciones de menor grado de dificultad y requieren para su aplicación una menor cantidad de datos meteorológicos con lo cual existe una mayor probabilidad de disponer de datos históricos.

Tipo/grado de participación: director de beca de entrenamiento de la autora y director de tesis del segundo autor

19 Rivas, R., Carmona F., Ocampo D. 2009. Estimación de la evapotranspiración real a partir de imágenes landsat utilizando un modelo semiempírico. En: Aportes de la Hidrogeología al Conocimiento de los Recursos Hídricos, Tomo I, Mariño, E. y Schulz, C.J. (Editores), ISBN 978-987-1082-36-7, Ed. Amerindia Nexa Di Napoli, Santa Rosa, pp. 447-456.

#### Resumen

Conocer la evapotranspiración real (ET<sub>r</sub>) diaria es importante para valorar el requerimiento de agua de los cultivos y determinar el consumo de agua a escala regional. La estimación de la ET<sub>r</sub> a esta escala se logra a partir de información captada desde satélite y muchos han sido los modelos propuestos (modelos semiempíricos, modelos de una capa y de dos capas). El objetivo del presente trabajo fue estimar mapas de ET<sub>r</sub> a partir de una ecuación semiempírica y ajustar un coeficiente "B" (que tiene en cuenta la capacidad volumétrica del aire y los efectos del viento) de la ecuación para el área de aplicación correspondiente a zonas de agricultura del centro y sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El modelo empleado requiere conocer la radiación neta diaria (R<sub>nd</sub>), la temperatura de la superficie (T<sub>s</sub>), la temperatura del aire (T<sub>a</sub>) y el coeficiente B que se admite como constante y es propio de la zona de aplicación (depende de las condiciones ambientales). La ET<sub>r</sub> se ha calculado utilizando datos captados por el sensor Thematic Mapper (TM) a bordo de la plataforma Landsat 5. Los resultados de ET<sub>r</sub> logrados con el modelo aplicado tienen una resolución espacial de 14400 m<sup>2</sup>. Los mapas resultantes muestran que las imágenes Landsat poseen una calidad adecuada para cuantificar la variación espacial de la ET<sub>r</sub> e inclusive identificar cambios en áreas con riego complementario.

Tipo/grado de participación: director de tesis de los coautores

20 Farrell M., Rivas R. 2009. Relación entre el índice de vegetación EVI y área foliar y su utilización en la predicción del rendimiento en girasol en la región semiárida pampeana en Argentina. Libro del X Congreso de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR CADIR 2009, 9 pág., Rosario, 1 al 4 de septiembre de 2009.

#### Resumen

El Índice Enhanced Vegetations Index (EVI) ha sido utilizado por diferentes investigadores para caracterizar la vegetación, a través de relaciones directas y consistentes entre este y diferentes parámetros vegetales. El objetivo del trabajo fue analizar la relación existente entre los valores de EVI y el rendimiento de granos en el cultivo de girasol y a partir de éstos obtener un algoritmo de estimación de rinde. El estudio se realizó durante la campaña agrícola primavera-verano del 2007 en donde se relevaron 41 lotes con girasol ubicados en el ambiente de la Planicie con tosca en la región semiárida de la provincia de La Pampa en Argentina. De la totalidad de los lotes se tomaron 20 de los cuales se obtuvo el índice de Área Foliar (IAF) durante fines del mes de diciembre y fines del mes de enero. Los datos de IAF

obtenidos se correlacionó con datos de EVI logrados a partir de imágenes MODIS Terra captadas en los mismos periodos en que se determinó el IAF. Los 21 lotes restantes se utilizaron para probar el algoritmo obtenido. Los resultados indican que durante el mes de diciembre se observó una baja correlación (0.34) entre el IAF obtenido para el mes de diciembre y el EVI de la quincena tratada, mientras que para el mes de enero se encontró una mejora en la correlación (0.82) EVI-IAF. En la evaluación del rendimiento final de granos obtenido a campo y el EVI correspondiente a la quincena del mes de enero se observa una correlación (0.79). En la evaluación del rendimiento a 21 lotes utilizando la ecuación encontrada se observó una sobreestimación del 9.3%.

Tipo/grado de participación: director de tesis de magister

21 Rivas, R. Ocampo D. 2009. Comportamiento del balance de energía en un cultivo de Avena sativa L. Estudios en la Zona no Saturada del Suelo. Vol. IX, O. Silva et al., Id 397, 8 pág., Novenas Jornadas de Investigación de la ZNS del suelo, Barcelona, 18 a 20 de Noviembre, 2009.

#### Resumen

Se analiza el comportamiento de los términos de la ecuación de balance de energía (BE) en un cultivo de Avena sativa L., en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. A partir de medidas locales de radiación de onda corta y larga (entrante y saliente a la superficie), flujo de calor en el suelo, velocidad de viento, humedad de suelo a 10 y 20 cm de profundidad y precipitación, se realizan BE diarios para situaciones de máxima y mínima humedad en los primeros 20 cm de suelo. Los resultados muestran que en situación de mínima humedad, la energía se reparte de diferente forma en los términos del BE y en los momentos de máxima humedad de suelo, la mayor proporción de la radiación neta es empleada en los flujos de transferencia de calor.

Tipo/grado de participación: director del tema de investigación

**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

22 Rivas R., Carmona F. CEE, 2009. Evapotranspiration in the Pampean Region: a new proposal. Remote Sensing doi:10.3390/rs03-04, in revision 03/12/2009, ISSN 2072-4292.

Abstract

The Evapotranspiration (LE) is an important factor for monitoring water requirements of crops and water consumption at local and regional scale. In this paper, we applied the semiempirical model for estimation of the daily Latent Heat Flux ( $LEd = Rnd + A - B(Ts - Ta)$ ).  $LEd$  has been estimated using a local dataset (incoming and outgoing short and long-wave radiation) measured during three years and satellite images (Thematic Mapper sensor). We first estimated the daily net Radiation ( $Rnd$ ) from a linear equation derived from the instantaneous net Radiation ( $Rnd = CRni + D$ ). Subsequently the coefficients  $A$  and  $B$  have been estimated for two different cover vegetations (pasture and soybean). Error analysis combined  $Rnd$ ,  $A$ ,  $B$ , surface and air temperature for each cover vegetation. Results showed that  $Rnd$  had a good performance (non bias and low RMSE).  $LEd$  errors for pasture and soybean are  $\pm 28.301 \text{ W m}^{-2}$  and  $\pm 40.260 \text{ W m}^{-2}$  respectively.

Tipo/grado de participación: responsable de la publicación y director de beca doctoral del coautor

23 Rivas R., Carmona F. CEE/España. 2010. La ecuación de Priestley-Taylor aplicada a nivel de píxel: una alternativa para estudios detallados de cuencas. Boletín Geológico y Minero – Instituto Tecnológico y Geominero de España. N° ? vol. xxx:xxx-xxx, ISSN 0366-0176. Aceptado abril/2010.

Globalmente cerca del 64 % del agua que precipita sobre los continentes vuelve a la atmósfera por medio del proceso de evapotranspiración (ET). En este trabajo se estima la evapotranspiración diaria (ETd) con ecuación de Priestley y Taylor (PT) adaptada para su uso con teledetección. Los parámetros de la ecuación de PT fueron ajustados a partir de una estación de validación de datos de satélite ubicada en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Los resultados muestran la capacidad del método de PT para su uso con imágenes de satélite a escala de parcela. El error de estimación de la ETd logrado fue del 23 %. Finalmente se presentan mapas de ETd para la zona pampeana del verano de 2010.

Tipo/grado de participación: gestor de la idea de armar la publicación dirigida a la comunidad Iberoamericana.

Libros y capítulos de libros

24 Rivas R., Carmona F., Ocampo D., Tandil, páginas 120, 2009. En revisión. Teledetección y SIG: Recientes aplicaciones en la región pampeana de la provincia de Buenos Aires.

Resumen

El libro contiene un conjunto de trabajos realizados en el Instituto de Hidrología de Llanuras que utilizan como base imágenes de satélite y datos geográficos de terreno. Cada capítulo contiene un análisis de antecedentes y un desarrollo metodológico claro y concreto. Los resultados son la demostración de la aplicación a un caso de estudio en particular. Es un excelente texto para estudiantes de maestrías y doctorados en la temática. También es de fácil acceso a la lectura por parte de técnicos de empresas privadas y estatales.

Tipo/grado de participación: gestor de la idea de armar una publicación que resulte de utilidad en la formación y en el uso de imágenes de satélite. Promover en los jóvenes becarios CIC-ANPCYT la generación de libros que resulten de base para investigadores recién iniciados y técnicos de empresas.

25 Vazquez P., Rivas R. Capítulo 3, Tandil, pp. 42-53, 2009. En revisión. Comparación de índices de estrés a partir de información captada por sensores remotos del espectro IRT.

#### Resumen

Los sistemas agrícolas pampeanos de la provincia de Buenos Aires (PBA), poseen un alto rendimiento, y no se registran estudios de la variabilidad espacio-temporal acerca del indicador más adecuado para el cálculo del estrés hídrico (EH) a partir de índices que permitan estimar la disponibilidad de agua en el suelo (DAS). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo, será determinar el IE que mejor se adapte al cálculo del EH. Para esto se aplicaron tres IE propuestos para este trabajo, el Crop Water Stress Index (CWSI), el Water Deficit Index (WDI) y el Temperature–Vegetation Dryness Index, (TVDI). La información base del proyecto ha sido generada a partir de imágenes captadas por la misión Earth Observing System (EOS) por medio del sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite AQUA. Y datos de terreno obtenidos a partir de sensores que registran información en el sector espectral del Infrarrojo térmico (IRT) y de humedad del suelo (Hs). Se compararon los resultados de humedad del suelo con los obtenidos a partir de aplicar los índices de EH, y los resultados de temperatura de superficie (Ts) con los obtenidos a partir del sensor infrarrojo térmico. Con la finalidad de valorar adecuadamente aquel índice que presente la mejor aptitud ante la variabilidad de DAS para la PBA. Se concluyó del análisis de los resultados de los índices respecto a las medidas realizadas in situ (campañas de terreno sobre cultivos de trigo, maíz, soja y girasol) que el TDVI (sustentado en Ts y NDVI) es el más sensible a los cambios en la disponibilidad de agua. Siendo además el TDVI el índice más simple de calcular con respecto a los demás índices seleccionados. Se pretendió con este trabajo contribuir al conocimiento en áreas tales como agrometeorología e hidrología.

Tipo/grado de participación: director de la tesis de magister defendida en esta temática.

26 Carmona F., Rivas R., Thomas L., Marino B., Capítulo 1, Tandil, pp. 1-16, 2009. En revisión. Caracterización espectral del estuario del Río Quequén Grande por medio de imágenes Landsat

#### Resumen

Se presenta la información física del curso inferior del río Quequén Grande obtenida por medio del análisis espectral y procesamiento de imágenes satelitales. La reflectividad de superficie es calculada a partir de la radiación captada por el sensor ETM+ aplicando el modelo Dark Object Subtraction para corregir los efectos de la scattering por moléculas y aerosoles, y la absorción por aerosoles presentes en la atmósfera. Se encuentran zonas con distribuciones espectrales diferentes de las cuales pueden reconocerse los límites del dragado, el frente del agua salada en el río, la descarga de agua dulce, etc. Los resultados recogidos de esta forma son contrastados con la información de campo, lo cual permite complementar la descripción hidrodinámica de la zona estudiada, de gran interés para monitorear el desarrollo sustentable de la región (proyecto ANPCyT del Dr. Thomas coautor del trabajo).

El interés surge por ser el río Quequén Grande uno de los cursos de agua más importantes de la provincia de Buenos Aires, con una amplia cuenca que se extiende a través de una fértil zona agrícola y ganadera abarcando varios partidos de la Provincia. En su desembocadura se encuentran las ciudades de Necochea y

Quequén y el segundo puerto marítimo de exportación agrícola más importante del país.

Tipo/grado de participación: director externo de la tesis de grado del autor del trabajo

Congresos internacionales

27 Carmona F., Rivas R. 2010. Priestley-Taylor equation for its use with AQUA and SAC/D data: Application to the Pampean Region SECTION: Hydrology (H) SESSION: H10. Surface Water and Groundwater Interactions in the Americas. Accepted.

Abstract

The worldwide food demand is high and the productive regions of the world require the implementation of scientific and technological advances that favor greater production. Especially for the Pampean Region of Argentina, it is important the quantification of evapotranspiration (ET) to spatial scale of the dominant production crops (soybean, sunflower, corn and wheat, among others). The region has a subhumid-humid climate with a reduced water deficit (exceptionally, periods of high deficit can be registered). Under the water conditions that the region presents, it is possible to apply the Priestley and Taylor (PT) equation combined with relationship NDVI/Land Surface Temperature (LST) for the estimation of the ET to regional scale by means of using satellite images. For the implementation of the PT equation, the alpha parameter has been calculated using local data measured with an Energy Balance Station (EBS) located in the center of the Buenos Aires province, Argentina (-37.23 S, -59.57 W, 235 m). The alpha parameter value obtained on a soybean crop, considering periods with high soil moisture, has been of  $1.27 \pm 0.07$  (Figure 1.a). The scope and limitations of the application of the obtained alpha value are analyzed. The ET to a spatial scale has been calculated using data captured by the MODIS (real data) and NIRST (simulate data) sensors on board of the AQUA and SAC/D platform respectively. The net radiation (Rn) has been calculated from a linear function dependent on incoming solar radiation and on the surface albedo. The parameters of the Rn function were adjusted for a set of 145 radiation data measured in the EBS (Figure 1.b). Thereupon, spatial maps of the ET on scale of the Central Argentina Region are presented for different dates of 2009 and 2010 (e.g. Figure 2). Results showed good performance the ET estimation, by mean SAC/D NIRST (LST) and AQUA MODIS (NDVI), demonstrating that PT method could be used for monitoring ET at regional scale.

Tipo/grado de participación: director de beca doctoral del autor

28 Holzman M., Rivas R. 2010. Preliminary evaluation of the ENSO's impacts in hydric conditions of the pampean area through the LST and the EVI. SESSION: NH05. Land-Ocean-Atmospheric Processes over Americas: Implication to Natural Hazards and Global Carbon Cycle. Accepted.

Abstract

In South America, the climatic variability could be associated to "El Niño-Southern Oscillation" (ENSO). ENSO is a climatic phenomenon from the equatorial Pacific Ocean related to the "warm tongue" location and it could be interpreted as a seesaw of the atmospheric pressure between the east and the west of this region. The objective of this work is the evaluation of the response from the hydric conditions of

the pampean area of Argentina to ENSO's events through the LST (Land Surface Temperature) – EVI (Enhanced Vegetation Index) relation with MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor images. This relation was analyzed for natural areas of Uruguay, La Pampa and Buenos Aires provinces (Argentina) to spring and summer 2005-2006 (neutral period), 2007-2008 (La Niña event) and 2009-2010 (El Niño event). These periods were defined considering the NIÑO 3.4 temperature anomalies (Figure 1). The Figure 1 also shows the analyzed areas. The results showed that in the forest ecosystems of La Pampa province the LST/EVI and the NIÑO 3.4 temperature anomalies relation is not direct. On the other hand, Buenos Aires and Uruguay grasslands would be more sensitive to the ENSO's event. As a preliminary conclusion, the Ts/EVI relation could be an indicator of ENSO's teleconnection in the pampean area, without the need to possess the field data. Nevertheless there would be necessary a more detailed study from previous situations to an ENSO's event.

Tipo/grado de participación: director de beca doctoral del autor y precursor de estudiar el efecto real de las oscilaciones ENSO en la zona productiva de la PBA. Es importante conocer el efecto real o al menos inducir el peso de ENSO en las precipitaciones.

29 Carmona F., Girolimetto D., Ocampo D. Holzman M., Venturini V., Rivas R., 2010. Validation of data from the SAC-D / AQUARIUS mission: Application to the knowledge of vegetation water stress. 3rd International Symposium on the Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Accepted.

#### Abstract

The energy balance (EB) regulates most of the environmental variables, such as the soil moisture (SM), latent heat, soil temperature, among others. Regional analysis of these variables is possible from remotely sensed data with a temporal and spatial coverage that is not possible with ground observations. Thus, the data sensed by the different sensors on board of Aquarius/SAC-D satellite would provide spectral information over a broad range of electromagnetic wavelength, which is essential to study the surface properties. However, the spectral information need post-processing and validation before it is distributed to the end-users as products. Thus, studying the EB with remotely sensed data renders in better water and agriculture management and planning. In this project, the validation of the SAC-D /Aquarius Land Surface Temperature (LST) product, as well as the SM product, with portable IRT and soil moisture sensors are proposed. The validated variables, i.e. LST (NIRST sensor) and SM, will be used to derive the EB and water stress (WS) maps, which would be also validated with ground observations (EB local ground station). In order to accomplish these goals, an split windows equations must be obtained for the SAC-D sensor and contrast with similar products derived from other sensors. The expected results are: (1) to contribute to the knowledge of the soil and vegetation moisture, (2) to provide a simple operative method to estimate the latent heat flux at regional scales, (3) to integrate the ground data, observed from meteorological stations, to regional hydrological models. The results of the proposed project would be applicable to assess and manage floods and drought period in the Humid Pampa – Argentina, among other regions of the country. In addition, it is expected to integrate the EB ground stations located in the region of the DCS (Data Collection System), so that the data can be distributed to others users and system operators, who need the real time information.

Tipo/grado de participación: director del proyecto MINCyT/CONAE que lleva como título el mismo que el trabajo

30 Rivas R., Carmona F., 2010. Adaptation of the Priestley-Taylor equation for its use with MODIS data: Application to the Argentinean Pampas plains. Application to the knowledge of vegetation water stress. 3rd International Symposium on the Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Accepted.

#### Abstract

The worldwide food demand is high and the productive regions of the world require the implementation of scientific and technological advances that favor greater production. Especially for the Pampas region of Argentina and Uruguay, it is important the quantification of evapotranspiration (ET) to spatial scale of the dominant production crops (soybean, sunflower, corn and wheat, among others). The region has a subhumid-humid climate with a reduced water deficit (exceptionally, periods of high deficit can be registered). Under the water conditions that the region presents, it is possible to apply the Priestley and Taylor (PT) equation for the estimation of the ET to regional scale by means of using satellite images. For the implementation of the PT equation, the alpha parameter has been calculated using local data measured with an Energy Balance Station (EBS) located in the center of the Buenos Aires province, Argentina (-37.23 S, -59.57 W, 235 m). The alpha parameter value obtained on a soybean crop, considering periods with high soil moisture, has been of  $1.28 \pm 0.10$ . The scope and limitations of the application of the obtained alpha value are analyzed. The ET to a spatial scale has been calculated using data captured by the MODIS sensor on board of the AQUA platform. The net radiation ( $R_n$ ) has been calculated from a linear function dependent on incoming solar radiation and on the surface albedo. The parameters of the  $R_n$  function were adjusted for a set of 145 radiation data measured in the EBS. Thereupon, spatial maps of the ET on scale of the Argentinean Pampas region are presented for different dates of 2009 and 2010. Finally, the scope and limitations of the application are discussed by means of comparing the measured and the calculated data.

Tipo/grado de participación: responsable de la idea orientada a inducir a técnicos a utilizar la técnica como elemento de evaluación a escala de la PBA.

### **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.*

31 Carmona F., Rivas R. 2010. Estimación del parámetro alfa de Priestley-Taylor en condiciones de secano. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Enviado.

#### Resumen

En el presente trabajo se estimó el parámetro  $\alpha$  de Priestley-Taylor bajo condiciones de secano, considerando momentos con humedad de suelo necesaria para cubrir la demanda de vapor de agua de la atmósfera. El estudio se desarrolló sobre un cultivo de avena, durante los meses de septiembre-noviembre de 2009, en una región sub-húmeda de llanura (Tandil, Argentina). Una Estación de Balance de Energía fue instalada en una parcela experimental para monitorear su desarrollo. El valor del parámetro  $\alpha$  obtenido fue de  $1,41 \pm 0,13$ , el cuál condujo a una sobreestimación de la evapotranspiración de apenas un 2,6 %. Los resultados

sugieren que el parámetro  $\alpha$  obtenido es adecuado para estimar la evapotranspiración, sobre cultivos desarrollados de avena de primavera o similares, en la región sub-húmeda de llanura de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

32 Ocampo D., Rivas R. 2010. Comparación de métodos de estimación de la evapotranspiración a escala local en zonas de clima húmedo y árido. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Enviado.

#### Resumen

En el presente trabajo se compara el comportamiento de diferentes metodologías de estimación de la evapotranspiración (ET), como FAO 56 Penman Monteith (FOA 56 PM), Priestley-Taylor (PT), Turc (T) y Hargreaves (HG). La comparación se realiza para estaciones ubicadas en zonas de clima árido (A) y semiárido (SA) en relación al comportamiento obtenido para una zona húmeda (H). Los resultados muestran que a diferencia de la zona H, la ecuación de Hargreaves (HG) logra una mejor aproximación al método FAO 56 PM para las zonas A y SA. En cuanto a las metodologías de Priestley-Taylor y Turc subestiman los valores de ET. Se concluye que la metodología de HG proporciona valores confiables de ET para zonas de clima árido y semiárido a lo que se suma que dicha metodología es de sencilla estimación y requiere para su cálculo únicamente el dato de temperatura del aire.

33 Farell M., Rivas R., Marinelli C., Cepeda R. 2010. Efecto de las precipitaciones y el tipo de suelo en el análisis de la separabilidad espectral de girasol, maíz y soja en la provincia de La Pampa, Argentina. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Enviado.

#### Resumen

El éxito en la determinación de la separabilidad de la vegetación a través de la teledetección depende del nivel de separabilidad espectral. El objetivo de este trabajo fue encontrar y analizar la separabilidad espectral entre cultivos (utilizando métodos estadísticos) y la dependencia de las precipitaciones y tipo de suelo. El trabajo se realizó en la provincia de La Pampa, Argentina con datos de muestras de girasol, maíz y soja de las campañas agrícolas 2000-2003. Las diferentes campañas fueron seguidas por teledetección a partir de la información captada por los sensores MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), TM (Thematic Mapper) y ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) mediante la extracción de índices de vegetación, teniendo en cuenta la precipitación y el tipo de suelo. Los datos fueron tratados utilizando el método estadístico de mediciones repetidas. Los resultados alcanzados indican que la separabilidad es significativa entre cultivos de soja, respecto de maíz y girasol, mientras que, cuando se considera el efecto debido al suelo se comprueba separabilidad entre girasol y maíz. Por otra parte, la precipitación ejerce su efecto en el desarrollo de los cultivos contribuyendo a detectar la separabilidad.

34 Carmona F., Rivas R., Ocampo, Schirmbeck J., Holzman M. 2010. Estación de balance de energía: instrumental para la estimación y validación de variables hidrológicas a escala local y regional.

#### Resumen

En la actualidad es posible disponer de instrumental de terreno que permita obtener la pérdida real de agua del sistema suelo-agua-planta a partir del balance energético (BE). En el presente trabajo se describen cada uno de los sensores

requeridos para la estimación del BE a nivel del suelo. Se hace una descripción general de los sensores de radiación de onda corta y larga, de flujo de calor en el suelo, de temperatura radiativa de superficie, de velocidad de viento, de temperatura y humedad del aire, humedad y temperatura de suelo y de radiación neta integrada. Posteriormente se discuten las diferentes utilidades de los datos provistos por los sensores y se realiza un breve comentario de los errores asociados a éstos. Seguidamente se presenta un análisis del registro de datos medidos entre julio de 2006- enero de 2010 haciendo un detalle de cortos períodos en que se presentan situaciones de interés hidrogeológico. Finalmente se hace referencia a la utilidad de los datos para la validación de información a escala local y a escala regional (obtenida desde satélite) haciendo referencia a la relevancia científica de los mismos.

35 Venturini V., Girolimetto D., Rivas R. 2010. Uso conjunto de imágenes infrarrojas térmicas y de microondas para determinar emisividad de la superficie. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Enviado.

#### Resumen

El satélite Aquarius/SAC-D, que será puesto en órbita en 2010, proveerá información esencial para evaluar variables de la superficie; una de dichas variables es la emisividad de la superficie ( $\epsilon$ ). Así, las dos bandas del sensor MWR a bordo de Aquarius/SAC-D son similares a 2 bandas del sensor AMSR-E, a diferentes resoluciones espaciales. En este trabajo se analizan las imágenes de  $\epsilon$  obtenidas de la fusión entre diferentes tipos de sensores. El producto MYD-11 de MODIS/Aqua, ofrece la  $T_s$  a resolución espacial de 1 km. Por su parte, la  $T_b(f)$  puede obtenerse a partir de las bandas de 23.8 Ghz y 36.5 Ghz del sensor AMSR-E, a una resolución espacial de 24 y 12 km respectivamente. La metodología consiste en establecer una regresión entre el cociente de las  $T_b(f)$  y  $\epsilon(f)$ . Lo mismo se realiza con la diferencia entre las  $T_b(f)$  y  $\epsilon(f)$ . Se obtuvieron regresiones lineales que caracterizan dichas relaciones.

36 Carmona F., Rivas R. 2010. Aplicación de la ecuación de Priestley y Taylor con imágenes de satélite. XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología. Enviado.

#### Resumen

La estimación de la evapotranspiración (ET) es de gran relevancia a escala local (en estaciones con instrumentación específica) y regional (mediante imágenes de satélite utilizando como base la ecuación de balance de energía). Actualmente las imágenes de satélite son una herramienta importante para la estimación de la ET a escala de parcela. Una de las alternativas para la estimación de la ET con imágenes es la aplicación de la ecuación de Priestley y Taylor (PT) (1972). En el presente trabajo se utiliza información de satélite y datos de terreno para calcular la ET a partir de PT. Para el cálculo se fijó el coeficiente alfa en 1,26 y los efectos atmosféricos como valores medios del día. La radiación neta diaria se obtuvo desde satélite a partir del albedo de superficie y el flujo de calor en el suelo fue asumido nulo (para máxima cobertura). Los mapas resultantes de ET diaria permiten conocer la pérdida de agua a nivel de parcela e intra parcela. El error de estimación de la ET es de 23 % y es una muy buena alternativa para su aplicación en la región pampeana argentina.

37 Holzman M., Rivas R., Caselles V. 2010. Análisis de los efectos de ENSO en las condiciones hídricas de la región pampeana a través de imágenes satelitales. XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología. Enviado.

#### Resumen

En este trabajo fueron evaluados preliminarmente los efectos de ENSO en las condiciones hídricas de superficie de la región pampeana de Argentina y Uruguay. En 14 áreas de interés se analizaron imágenes satelitales del sensor MODIS de 1 km<sup>2</sup> de resolución correspondientes a los productos Land Surface Temperature (LST) y Enhanced Vegetation Index (EVI). Los productos corresponden a resoluciones temporales de 8 y 16 días. Los periodos de análisis fueron seleccionados a partir del índice Niño 3.4 de anomalías de temperatura superficial del mar y corresponden a los meses de agosto-febrero de 2005-2006 (periodo neutro), 2007-2008 (La Niña) y 2009-2010 (El Niño). La relación Ts/EVI mostró sensibilidad a partir de noviembre-diciembre en la mayor parte de las áreas de interés de la provincia de Buenos Aires (Argentina) y Uruguay, observándose una tendencia no clara en las provincias de San Luis y La Pampa, Argentina. Ts/EVI sería un indicador útil para evaluar dichos efectos, aunque se necesitan estudios de más eventos ENSO.

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

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

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

#### **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 subsidios CIC 2008 (NOTA Subsidio personal Expte 30970/07 Leg. Personal N° 469/nov/08) y 2009 (NOTA Subsidio personal Resolución N° 578/08 29/DIC 08).

Informe de Avance ITA ANPCyT correspondiente a PICTO 22825 año 2008. Elaborado como Investigador Responsable del proyecto. Consultar ANPCyT.

Informe Final ITA ANPCyT correspondiente a PICTO 22825 año 2009. Elaborado como Investigador Responsable del proyecto. Aprobada la rendición económica y en evaluación el ITA (sin resultado a la fecha de elaboración del informe). Este proyecto permitió la publicación de resultados en revistas, la obtención de una beca, y la incorporación de equipamiento de terreno. Consultar ANPCyT.

Informe de avance 2008 proyecto Estimación del FLujo de Calor LAteente a partir de Imágenes de Satélite (EFLUCLA-IS), id03/1020. Proyecto Incentivo Docentes UNCPBA 2007-2009. Estos informes corresponden a año vencido. Informe aprobado por Comisión Evaluadora.

Informe final 2009 proyecto Estimación del FLujo de Calor LAteente a partir de Imágenes de Satélite (EFLUCLA-IS), id03/1020. Proyecto Incentivo Docentes UNCPBA 2007-2009. Estos informes corresponden a año vencido. Informe aprobado por Comisión Evaluadora.

Elaboración de proyecto para participar del Anuncio de Oportunidades de CONAE/MINCYT 2009 con el proyecto: Validation of data from the SAC-D / AQUARIUS mission: Application to the knowledge of vegetation water stress. Proyecto aprobado para su financiamiento (monto U\$S 26000). Resol. CONAE-MinCyT 107/09. Acceso público al proyecto en [www.conae.gov.ar](http://www.conae.gov.ar)

## **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.*

Se lleva adelante el desarrollo de una estación meteorológica en la parte de aplicación de programas internos del logger. La estación permitirá conocer la radiación, ecuaciones de evapotranspiración e índices de humedad. El desarrollo se encuentra finalizado y resta la incorporación de las ecuaciones en el logger (en esto llevamos retraso por la no disponibilidad de tiempo). La estación es la cavadevices.

Para mayor detalle leer las especificaciones de la estación en: Carmona F., Rivas R., Ocampo, Schirmbeck J., Holzman M. 2010. Estación de balance de energía: instrumental para la estimación y validación de variables hidrológicas a escala local y regional. Trabajo 34 incluido en el presente informe.

**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.*

**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.*

En estos momentos se realizan pruebas con vehículos no tripulados (UAV) para obtener imágenes multiespectrales para obtener información de: limitaciones de drenaje, fertilidad, mal desarrollo de vegetación..entre otras. Las pruebas iniciales fueron satisfactorias.

Mayores detalles en: [http://cursosihlla.bdh.org.ar/Jornada\\_UAV\\_ene\\_2010/](http://cursosihlla.bdh.org.ar/Jornada_UAV_ene_2010/)

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

Montaje de una estación combinada para el seguimiento de la humedad del suelo a escala local y su uso con imágenes de satélite.

**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.**

Actividad privada

SOLARIS [leticia.palazzani@gmail.com](mailto:leticia.palazzani@gmail.com)

AEROVISION [gustavomezza@aero-vision.com.ar](mailto:gustavomezza@aero-vision.com.ar)

ADP [hugoe.figuero@gmail.com](mailto:hugoe.figuero@gmail.com)

CAVADEVICES [jlcava@arnet.com.ar](mailto:jlcava@arnet.com.ar)

Actividad pública

CONAE SAC/D [storrusio@conae.gov.ar](mailto:storrusio@conae.gov.ar)

CONAE SAOCOM [mthibeault@conae.gov.ar](mailto:mthibeault@conae.gov.ar)

Ley Ovina Argentina [mvillablanca@produccion.rionegro.gov.ar](mailto:mvillablanca@produccion.rionegro.gov.ar)  
Laboratorio Ciencias de La Tierra Universidad de Valencia [Vicente.Caselles@uv.es](mailto:Vicente.Caselles@uv.es)  
INTA (Anguil-Cuenca del Salado) [mfarrell@anguil.inta.gov.ar](mailto:mfarrell@anguil.inta.gov.ar)  
[pmvazquez@correo.inta.gov.ar](mailto:pmvazquez@correo.inta.gov.ar)  
UNLPam (fac. Ciencias Exactas y Naturales) [emarinio@exactas.unlpam.edu.ar](mailto:emarinio@exactas.unlpam.edu.ar)  
UNLP- CONICET [kruse@fcaglp.edu.ar](mailto:kruse@fcaglp.edu.ar)  
CNEA [barbaro@cnea.gov.ar](mailto:barbaro@cnea.gov.ar)  
Geología de Costas (UNMdP) [hmassone@mdp.edu.ar](mailto:hmassone@mdp.edu.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.*

En el período se ha realizado un trabajo de transferencia de conocimiento a las empresas SOLARIS-AEROvisión (Argentina) y ADP (Uruguay) con la finalidad de desarrollar vuelos no tripulados (UAV) con cámara multispectral (visible e infrarrojo cercano). El monto del convenio asciende a \$ 20000 y hasta el momento se ha desarrollado el 30 % del proyecto. Se recomienda no divulgar el tema. Total del tiempo dedicado 8 % (la temática es concordante con las investigaciones en marcha sobre la temática de satélite).

**10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

**10.1 DOCENCIA**

Preparación de apuntes teóricos de la cátedra de matemática de la carrera de licenciatura de la facultad de Agronomía, UNCPBA. Consultar detalles y archivos elaborados en <http://www.academica.faa.unicen.edu.ar/login/index.asp> entrando en archivos de cátedra.

Redacción de un Libro de teledetección en la región pampeana. Ver detalles en el apartado 7.2 del presente informe.

**10.2 DIVULGACIÓN**

Publicaciones en medios de la región de influencia de Carmen de Patagones-Viedma-Bariloche sobre las aptitudes de las imágenes de satélite para el seguimiento de sequías. Además en el marco de las actividades se realizaron notas para el canal Rural y para una radio de la ciudad de Viedma, julio agosto de 2008. Ver material impreso junto al presente informe.

Notas periodísticas sobre las aptitudes del nuevo satélite Argentino SAC-D, medios gráficos y radiales (ciento por ciento ciencia de la CIC). Consultar por ejemplo los siguientes link:

[http://www.lavozdetandil.com.ar/ampliar\\_noticia.php?id\\_n=12678](http://www.lavozdetandil.com.ar/ampliar_noticia.php?id_n=12678)

[http://www.eleco.com.ar/index.php?action=detalle&modul=noticias&id\\_noticia=25681](http://www.eleco.com.ar/index.php?action=detalle&modul=noticias&id_noticia=25681)

<http://www.abchoy.com.ar/leernoticias.asp?id=61611>

[http://www.eleco.com.ar/index.php?action=detalle&modul=noticias&id\\_noticia=26782](http://www.eleco.com.ar/index.php?action=detalle&modul=noticias&id_noticia=26782)

<http://www.abchoy.com.ar/leernoticias.asp?id=62087>

[http://www.inforo.com.ar/noticias/u\\_s\\_1\\_300\\_000\\_para\\_proyectos\\_cientificos\\_argentinos\\_del\\_satelite\\_sac\\_d\\_aquarius](http://www.inforo.com.ar/noticias/u_s_1_300_000_para_proyectos_cientificos_argentinos_del_satelite_sac_d_aquarius)

Notas internacionales en referencia al proyecto SAC/D ir al siguiente link:

<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/aquarius20091001.html>

Una búsqueda en google usando las palabras Rivas SAC/D se encontrarán las diferentes publicaciones en relación al tema.

Conferencia sobre: Balance de energía (BE) a escala local y regional - Instrumental y tratamiento de datos. Lugar: IFAS - Instituto de Física Arroyo Seco, Facultad de Ciencias Exactas, Campus Universitario-Tandil, 17/10/2008.

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

Marcelo Farenga (Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA / Centro de Geología de Costas) Tema: Análisis de riesgo de inundación a partir de imágenes de satélite y Sig. Diciembre de 2006-continúa.

Mauricio Farrell (Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA/INTA Anguil) Tema: Análisis de riesgo de inundación a partir de imágenes de satélite y Sig. Junio de 2009-continúa.

Becarios de Grado/pasantes

Est. Facundo Carmona (pasante de la Fac. Ciencias Exactas – Lic. Tecnología Ambiental – UNCPBA). Tema: Análisis del curso inferior del Río Quequén Grande a través de imágenes de satélite, 65 pág. Año 05/2008-03/2009. Defensa de tesis de grado 27 de abril de 2009.

Est. Dora Ocampo (Becaria entrenamiento BENTR08 CIC) Fac. Ciencias Humanas UNCPBA, Tema: Valoración de las imágenes de satélite en la estimación del flujo de calor latente, 10/2008 – 09/2009.

Est. Sandra Richard (Travail de Fin d'Etudes Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES)

Tema: Valoración de los términos de la ecuación de balance hidrológico (EBH) en una cuenca de Llanura (cuenca del arroyo del Azul, Buenos Aires, Argentina), 01/2009 – 06/2009.

**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.*

Defendidas

Lic. Luis Pertovt (UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos -São Leopoldo/RS/Brasil)

Co-director

Tema: Estimativa do stress hídrico da vegetação e análise de suas condicionantes geoambientais no vale do rio dos sinos: uma aplicação sig/sensoriamento remoto Tesis de Magister

Fecha defensa: 28/03/2008

Lic. Patricia Vazquez (Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA

Director

Tema Comparación de Índices de Estrés a partir de información captada por sensores remotos en el espectro IRT

Fecha de defensa: 03/11/2008.

Director del Ing. Carlos Preciado (Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA)  
Director

Tema: Evaluación de los efectos de una precipitación máxima mediante teledetección y SIG

Fecha defensa: 10/06/2009.

En ejecución

MSc Juliano Schirmbeck (Becario ANPCyT PICTO 22825)

Director

Formación: Doctorado en Física de la facultad de Ciencias Exactas de la UNCBPA

Título de tesis: Balances de energía a escala local y regional en el centro de la provincia de Buenos Aires

Fecha inicio: julio 2006

Mauro Holzman (Becario ANPCyT PRH 0032)

Director Adjunto

Formación: Doctorado en Geografía y Turismo UNS

Título de tesis: Aplicaciones de los sensores remotos en la estimación del flujo de calor latente a escala del centro de Argentina

Fecha inicio: febrero 2009

Facundo Carmona (Becario ANPCyT PRH 0032)

CoDirector

Formación: Doctorado en Física de la facultad Física de la Universidad de Valencia

Título de tesis: Efectos biogeofísicos de cambios en el balance de energía de superficie a escala local y regional

Fecha inicio: mayo 2009

**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.*

IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de vida y 5to Congreso de Ambiente y Calidad de vida. S. F. Catamarca 22-26 septiembre de 2008.

Expositor de 2 trabajos:

1 Utilidad de la ecuación de Priestley-Taylor para la estimación de la evapotranspiración en áreas húmedas. Rivas R., Schirmbeck J.

2 Estimación del flujo de calor latente a partir de imágenes EOS MODIS. Rivas R., Schirmbeck J.

VI Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano-Latinoamericano de Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, Santa Rosa, La Pampa. 24-28 de agosto de 2009.

Expositor de 1 trabajo.

1 Estimación de la evapotranspiración real a partir de imágenes landsat utilizando un modelo semiempírico. Rivas, R., Carmona F., Ocampo D.

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

Participación como docente en internacional Use of Environmental Satellite Data in Meteorological Applications (Spanish) 2008. Flujos de energía en la superficie del suelo. Estimación de la evapotranspiración a partir de la ecuación de balance de energía usando imágenes NOAA/AVHRR y EOS/MODIS. Organización Meteorológica Mundial (OMM), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). <http://www.met-elearning.org/moodle/> Córdoba (Argentina), septiembre de 2008. ST/CRS-08.

Docente del Taller Utilidades de los sensores remotos para la identificación de cambios en la distribución de la radiación neta, 22 al 26 de septiembre de 2008, Universidad Nacional de Catamarca.

Docente de Ley Ovina argentina 25422, dictado de cursos y entrenamiento de técnicos 14, 15, 27, 28 y 29 de agosto; 27, 28 y 29 de octubre; y 18, 19 y 20 de noviembre de 2008, Viedma, provincia de Río Negro.

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

ANPCyT PICTO 22825 "Balances de gases efecto invernadero y uso del territorio en la región centro de la provincia de Buenos Aires", (pago de una beca doctoral, compra de equipos y viajes a congresos). Consulta de montos SECAT/UNCPBA, monto recibido \$39320.

ANPCyT PRH 0032/UNCPBA (Resp. Dr. Gratton): 2 becas y ayuda para viajes de las becas, Consultar en la SECAT/UNCPBA, monto recibido \$61.033,46.

CONAE y Agencia Espacial Italiana (1 beca para persona propuesta). El aporte de la Conae constituyó un total de \$15.000, un complemento de Beca durante su estadía en Italia de €3.875 por la parte italiana y €4.000 por la parte argentina, a la tasa de cambio promedio de 1€ = 5,50\$, por lo tanto constituye un monto de \$ 58.312,50.

CIC, beca de entrenamiento, otorgada a la estudiante Dora Ocampo. La certificación puede consultarse en la CIC (2008 y 2009). Monto \$ 8.316,00.

CIC subsidio 2008 (\$ 3420) para gastos corrientes. Resol. CIC 3420/08.

CIC subsidios 2009 (\$3420) para gastos corrientes. Resol. CIC 1313/09.

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

Generación de funciones para la estimación de rendimiento de cultivos de trigo/soja para la empresa ADP SA. Convenio UNCPBA/IHLLA ADP mayo 2009. Monto parcial 2009 \$ 6420.

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

**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.*

Representante del Instituto de Hidrología de Llanuras ante la Secretaría de Ciencia Arte y Tecnología de la UNCPBA (2008) para la elaboración del PRH 0032 (ganado posteriormente). Total 0,5 % del tiempo.

Representante del Instituto de Hidrología de Llanuras ante la Secretaría de Ciencia Arte y Tecnología de la UNCPBA (2008-2009) en las reuniones de Directores de Institutos. Total 2 % del tiempo.

Colaboración en el I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Total 1 % del tiempo.

Miembro del Consejo Interno / Consejo de Gestión (2008-2009) del Instituto de Hidrología de Llanuras. Total 4 % del tiempo.

Vocal de la Asociación Española de Teledetección 2008 septiembre de 2009. Total 1 % del tiempo.

Vicedirector del Instituto de Hidrología de Llanuras desde octubre de 2009. Total 0,1 % del tiempo.

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

Docencia de grado cargo Dedicación Simple. Materia Matemática facultad de Agronomía de la UNCPBA (120 h año). Porcentaje 7 % anual.

Docencia de Postgrado (variable anualmente y dependiente de los inscriptos en los cursos de Magister y Doctorado de la UNCPBA., UNLPam, UNL) (164 h año). Porcentaje 7 % anual en promedio para los dos años informados.

Cursos de formación de técnicos INTA e instituciones intermedias (municipios, Ley Ovina Argentina, ...) (40 h año). Porcentaje 2 % anual en promedio para los dos años informados.

**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.*

En investigación

Referee de Remote Sensing of Environment desde enero de 2005. Revista de mayor impacto en el tema de teledetección a nivel internacional.

Referee de IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing desde junio de 2009/2010. Revista de alto impacto en el tema de geociencias y teledetección a nivel internacional.

Revisor de trabajos del VI Congreso Argentino de Hidrogeología, mayo-junio de 2009. Asociación Internacional de Hidrogeología, Grupo Argentino.

En el año 2009 quien suscribe presentó el CV para acceder a la categoría II del programa de incentivos docentes de la SPU de Argentina (área Ciencias de la Tierra). Miembro de Tribunal de tesis de maestría junto a los Drs. M. Nosetto, S. Graciani y M. Gandini (Expte. 49562 Univ. Nac. Litoral) en el tema "Influencia de la resolución espacial de la temperatura de superficie teledetectada en el contexto NDVI-Ts" septiembre de 2008, Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

Miembro del Tribunal de tesis doctoral junto a M. Garcia, C. Campo, Rivas, R. en el tema "Estudio geoambiental de la cuenca lagunar las encadenadas del oeste" 09/12/09, Universidad Nacional del Sur, Argentina (RCS 363/2009).

Evaluador de planes de tesis de la Maestría de Teledetección y SIG de la UNCPBA

Responsable del sitio web sobre imágenes: <http://www.unicen.edu.ar/crecic/hidro1.htm> inicio de la página 18 de febrero de 2003 (visitas hasta la actualidad 2531 siendo utilizadas por latinoamericanos y europeos como sitio de consulta).

En gestión

Desde octubre de 2008 quien suscribe es vicedirector del IHLLA.

Colabora en la Organización del I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras

Elaboración de informes institucionales 2009 para la cic y UNCPBA como vicedirector del IHLLA

Participación en el consejo de gestión del IHLLA y del Consejo Interno de éste.

Vocal de la Junta Directiva de la Asociación Española de Teledetección (2007-2009). Consulta de la lista de miembros de la junta en [www.aet.org.es](http://www.aet.org.es)

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

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

Estado actual del conocimiento sobre el tema

La variabilidad climática es una de las mayores fuentes de impacto en ciertas actividades humanas como la producción agropecuaria y la generación de energía hidroeléctrica, entre otras (Berbery and Mechoso, 2001). La economía de Sudamérica está basada fuertemente en la actividad agrícola y está, como otras, altamente afectada por excesos o déficit en las condiciones climáticas (Montecinos et al., 2000). En el caso de Argentina, el sector agropecuario es frecuentemente afectado por la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones. Así, las condiciones climáticas extremas tienen un reconocido impacto social. Estos eventos podrían estar asociados a anomalías extremas en las temperaturas de los océanos, por ejemplo, las que ocurren en el Pacífico: "El Niño-Southern Oscillation" (ENSO) (Penalba, et al., 2005). Avances recientes basados en la ocurrencia de ENSO y sus teleconexiones a lo largo del mundo ofrecen a los productores agropecuarios el potencial de modificar su toma de decisiones (Meinke, et al., 1999). Sin embargo, las teleconexiones entre la actividad del ENSO y las precipitaciones en sud-Sudamérica no son tan sencillas de interpretar. Rusticucci y Vargas (2002), estudiando la frecuencia de eventos de temperatura extremos, encontraron que en Argentina la variabilidad inducida por las fases ENSO en la

ocurrencia de esos eventos, en general, es menor al 30% de la variabilidad climática observada. Rivas y Houspanossian, (2006), aplicando imágenes de satélite en la provincia de Buenos Aires, concluyeron que es una herramienta adecuada para evaluar temporal y espacialmente las condiciones hídricas de la superficie y por lo tanto podría ser un método eficaz para evaluar la variabilidad del clima. Las fluctuaciones climáticas afectan de forma significativa el proceso físico-biológico de la evapotranspiración (ET). Este proceso juega un papel central en el ciclo hidrológico, y es el principal mecanismo en la redistribución de la energía a través de la circulación atmosférica a escala global, regional y local, con consecuencias medioambientales de importancia (Santa Olalla et al. 2005). La cuantificación de la ET se hace precisa en contextos diferentes tales como la producción vegetal, la planificación y gestión de recursos hídricos o estudios ambientales y ecológicos, y afecta por tanto a una gran variedad de especialidades científicas (Domingo et al. 2003). Según la disciplina de trabajo, el estudio de la ET tanto a escala local como regional, ha tenido diferentes propósitos, siendo el principal, el conocimiento de la pérdida real de agua que existe en un sistema. Particularmente, la estimación de la ET es vital al momento de calcular la Producción Primaria Neta (PPN), siendo que una estimación adecuada de la ET permite el cálculo de la producción esperada en una región (Rivas, 2004) de un determinado cultivo. Al respecto, diversos trabajos describen la relación entre PPN y precipitación media a escala regional (Sala et al. 1988; Paruelo, 1993, Jobbágy et al. 2002) para pastizales de las estepas patagónicas argentinas y otras regiones del mundo. En cuanto a los estudios referidos a la estimación regional de la ET, éstos han sido variados y todos han aplicado diferentes técnicas de teledetección para su cálculo (Caselles et al. 1992; Bastiaanssen et al. 1998; Wassenaar, et al. 2002; Rivas y Caselles 2004; Sánchez Tomás, 2005; Venturini, 2007; Rivas y Carmona, 2009). Estas técnicas posibilitan, entre otras cosas, la descripción de los procesos biofísicos y la funcionalidad de los ecosistemas (Paruelo, 2008). De las clasificaciones existentes (pe Sánchez Martínez, 2002; Sánchez Tomás, 2005; Venturini, 2007) la que mejor se ajusta al análisis de los diferentes modelos existentes para la estimación de la ET mediante sensores remotos es la de González-Dugo et al. (2008). Esta se sustenta en: Aproximaciones basadas en la relación que existe entre la respuesta espectral de la vegetación, expresada a través de los índices de vegetación y el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), unido a la estimación de la Evapotranspiración de referencia ( $E_{To}$ ) usando bases de datos meteorológicos. Aproximaciones basadas en el balance de energía (BE) en superficie, en las que ET es obtenida como residuo del BE. La condición de contorno en este tipo de modelos la establece la medida remota de la temperatura de la superficie. El empleo de cualquiera de las aproximaciones y su combinación con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha generado nuevas posibilidades, sobre todo porque permite abordar información indispensable sobre el estudio de los recursos naturales, que involucra a todos los compartimentos: agua, suelo, biota, también al clima y en el caso de esta investigación, los procesos biofísicos presentes en los ecosistemas. En síntesis, la teledetección y los SIG facilitan un estudio mas integrado de un sistema natural con una buena resolución espacio - temporal.

En el ámbito de la región pampeana el interés del cálculo de la ET no solo consiste en que es el término de mayor peso en la ecuación de balance hidrológico, sino que además es un indicador de la productividad de los cultivos. En este sentido, también es preciso conocer y considerar la variabilidad climática actual y futura que impactará sobre la región debido a las repercusiones posibles que puedan desarrollarse, sobre todo en el rendimiento de los cultivos. En este contexto, el objetivo de la presente investigación es relacionar la ET obtenida como residuo del BE y la PPN en la región pampeana bajo diferentes condiciones de humedad.

Metodología

El análisis de la variación de la precipitación se abordará mediante información de terreno, disponible en distintas estaciones del área de estudio (Red de estaciones del SMN). El periodo de análisis abarcará los últimos cien años. Se prevé hacer un análisis mensual, anual y periódico, prestando especial interés al índice de oscilación sur (SOI) y a la temperatura de la superficie del mar (SST) (Reynolds, 1988). Complementariamente se analizarán imágenes satelitales de los sensores MODIS (Terra/Aqua), AVHRR (NOAA), TM/ETM+ (Landsat), Aquarius/NIRST/MWR (SAC-D) entre otros de, aproximadamente, los últimos 10 ó 15 años. En ellas se analizarán: las oscilaciones SST y temperatura de la superficie (LST); los índices SOI/SST con mapas multitemporales de NDVI-LST, la humedad de suelo (Hs), la radiación neta (Rn) e índices de estrés de cultivos (IEC), construidos a partir de las imágenes satelitales para ciclos húmedos y secos. La obtención de la LST y SST se calculará a partir de bandas del espectro IRT y con microondas pasivas (Basit et al., 1998; Coll et al., 2005; Rivas y Venturini, 2009). La estimación de la Hs a partir del sensor Aquarius (SAC-D), y la Rn-IEC por combinación de datos de los diferentes sensores a bordo de las misiones de satélite (Bisht et al., 2005; Vazquez et al. 2008, Rivas y Venturini, 2009).

A partir de la ecuación 1 se estimará la ET y se relacionará a ésta con la PPN para obtener funciones de productividad específica para cada cultivo (excepcionalmente en áreas de pastizales) (Rivas y Carmona 2009).

$$Rn+G+H+ET=0 \quad (1)$$

Donde, Rn es la radiación neta, G el flujo de calor en el suelo, H el flujo de calor sensible y ET la evapotranspiración.

La función PPN(ET) dependerá de las condiciones climáticas que se presenten en el periodo de análisis (2010-2012). Se utilizará la Ecuación 1 asumiendo superficies completamente cubiertas (modelo de una capa) y con cobertura parcial (modelos de dos capas). La diferencia significativa de los modelos a aplicar residen en asumir las pérdidas por evaporación (E) y transpiración (T) de forma independiente.

Para la estimación de ET se utilizarán datos de los mismos sensores utilizados para evaluar los ciclos húmedos y secos. Las imágenes abarcarán el tiempo de desarrollo de los cultivos, desde el crecimiento hasta la madurez para lograr un análisis de los 3 estadios involucrados: crecimiento, máximo desarrollo y selenitud. La importancia de estas etapas responde a que la proporción de E y T de un cultivo cambia de acuerdo a las diferentes fases de desarrollo y crecimiento. Las imágenes satelitales van a ser procesadas mediante la utilización de programas informáticos de procesamiento de imágenes satelitales (pe ENVI 4.4). Luego, junto a otra información pertinente (de la región pampeana) se procederá a organizar e integrar los resultados mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (ARGIS).

Los modelos aplicados con datos captados desde satélite serán validados en parcelas de referencia ubicadas en el centro de la provincia de Buenos Aires utilizando 2 estaciones de BE y mediciones simultáneas de LST y Hs al momento del paso del satélite. Complementariamente se integrarán las 2 estaciones de BE al Sistema de Colección de Datos (DCS) del satélite SAC-D. La información del DCS estará disponible "on line" (servidor CONAE) para diferentes usuarios; y lo mismo ocurrirá con toda la información generada por el proyecto (el área de estudio es de 500000 km<sup>2</sup> agricultura de cereales y oleaginosas y también a la ganadería bovina).

#### Plan de Actividades

Para lograr cumplir con el objetivo principal del proyecto se llevarán a cabo las siguientes actividades: 1. Mantenimiento de los sensores archivos base. 2. Instalación sensores, re-calibración y rotación de parcelas. 3. Almacenamiento de imágenes y productos 4. Procesado de datos 5. Procesado de imágenes 6. Campañas de medida 7. Aplicación de modelos - validación 8. Asistencia a cursos de los participantes en formación 9. Publicación de avances 10. Reuniones de trabajo "on line" 11. Participación en jornadas 12. Defensa de trabajos de doctorado y tesis de maestría 13.

Promoción de uso de los productos del proyecto 14. Informe final y publicación de resultados

Aportes académicos y de transferencia esperados

Esta investigación generará conocimiento sobre la PPN en función de la estimación de la ET (región pampeana zona altamente dependientes de las condiciones climáticas. Los resultados llenarán un vacío científico-tecnológico en la temática planteada, a la vez que abarcan una zona de interés ya que corresponde a una de las regiones con menor grado de protección y manejo en cuanto a recursos naturales se refiere.

Se destaca que actualmente no existen estudios que relacionen la ET / PPN desde un punto de vista biofísico y que contemplen un desarrollo de escenarios agroclimáticos.

Se pretende lograr la integración de profesionales de diferentes áreas para obtener un mayor conocimiento del uso de imágenes de satélite y su importancia productiva.

Además se espera lograr conformar un equipo de especialistas ubicados en sectores clave del área pampeana (INTA Anguil, Universidad del Litoral y Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires), la formación de especialistas (una tesis de maestría) y avanzar en las tesis doctorales (3).

Es importante señalar que toda la información y resultados generados tendrán estado público en [www.bdh.org.ar/azul/](http://www.bdh.org.ar/azul/) y en el servidor de CONAE.

Por último, es relevante destacar que se pretende trabajar en equipo de manera interdisciplinaria y evaluar la potencialidad de los participantes con la finalidad de conformar una red.

El conocimiento generado será de interés de la Agencia Espacial Argentina (CONAE), la PBA (Agricultura, Ganadería ..) y el Ministerio de Agricultura de Nación.

Facilidades disponibles y/o formas de acceso

El IHLLA dispone de todo lo necesario para el desarrollo del proyecto (revistas, software , imágenes satelitales, instrumental de terreno y una estación de BE portátil...).

Principal bibliografía sobre el tema

Basist, A., Grody, N., Peterson, Williams, T., 1998. Using special sensor microwave/imager to monitor land surface temperatures, wetness and snow cover. *J. Appl. Meteorol.* 37, 888–917.

Bastiaanssen, W.; Menenti, M.; Feddes, R.; Holtslag, A. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, 212-213:198-212.

Berbery T., Mechoso C. 2001. Climatology and hydrology of the La Plata basin, a document of the VAMOS scientific study group on La Plata basin, [http://meto.umd.edu/\\_berbery/lpb/laplata.html](http://meto.umd.edu/_berbery/lpb/laplata.html).

Bisht, G., Venturini, V., Jiang, L. and Islam, S. 2005. Estimation of Net Radiation using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra Data for clear sky days. *Remote Sensing of Environment*, 97, 52-67.

Caselles, V., Hurtado, E., Sobrino, J. 1992. Maximun evapotranspiration through NOAA satellite images. Application to La Mancha region, Spain. *Atm. Res*, 28: 365-374.

Coll C., Caselles V., Galve J., Valor E., Niclos R. Sanchez J., Rivas R. 2005. Ground measurements for the validation of land surface temperatures derived from AATSR and MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 97:288–300.

Domingo, F; Villagarcía, L. Were, A. 2003. ¿Como se puede medir y estimar la evapotranspiración? Estado actual y evolución. *Revista Ecosistemas* Año: 12 (1).

González-Dugo, M. P; Lorite, I. J.; Gavilán, P.; Berengena, J.; Santos, C.; Serrano, A. 2008. Estimación de la Evapotranspiración en zonas regables combinando datos de teledetección y estaciones meteorológicas. Resumen de los Trabajos desarrollado por el Grupo de Riegos del IFAPA.

Jobbágy E., Sala O. , Paruelo J. 2002. Patterns and controls of primary production in the patagonian steppe: a remote sensing approach. *Ecology*. 83(2): 307-319.

Meinke, H.; Stone, R. ; Hammer, G. 1999. SOI phases and climatic risk to peanut production: a case study for northern Australia. *International Journal of Climatology*, v. 16:783-789.

Montecinos, A.; Díaz, A.; Aceituno, P. 2000. Seasonal diagnostic and predictability of rainfall in subtropical South America based on tropical Pacific SST. *Journal of Climate*, v. 13:746-758.

Paruelo J. M.; Aguiar M. R.; Golluscio R. A.; León R.; Pujol G. 1993. Environmental controls of the NDVI dynamics in Patagonia based on NOAAVHRR satellite data. *Journal of Vegetation Science* 4: 425-428.

Paruelo, J. 2008. La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Revista Ecosistemas*, 17 (3): 4-22.

Penalba, O.; Beltran, A.; Messina, C. 2005. Monthly rainfall in central-eastern Argentina and ENSO: a comparative study of rainfall forecast methodologies. *Rev. Bras. Agrometeorología*, v. 13, n. 2, p. 49-61.

Reynolds, R. 1988. A real-time global sea surface temperature analysis. *Journal of Climate*, v. 1, p. 75-86.

Rivas, R. 2004. Propuesta de un Modelo operativo para la estimación de la Evapotranspiración. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, pp 139.

Rivas, R., Caselles V. 2004. A simplified equation to estimate spatial reference evaporation from remote sensing based surface temperature and local meteorological data. *Remote Sensing of Environment* 93: 68-76.

Rivas, R.; Houspanossian, J. 2006. Obtención de mapas de estrés hídrico a partir de datos captados por los sensores AVHRR y MODIS. VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Paraguay.

Rivas, R.; Venturini, V. 2009. Validation of data from the SAC-D / AQUARIUS mission: Application to the knowledge of vegetation water stress. Meeting Aquarius/SAC-D, Buenos Aires. Rivas R., Carmona F. 200?. Evapotranspiration in the Pampean Region: a new proposal. *Remote Sensing*, in press 25/09/2009.

Rusticucci, M., Vargas, W. 2002. Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: risk evaluation analysis. *International Journal of Climatology*, v. 22, p. 467-483.

Sala O., Parton W., Joyce L., Lauenroth W. 1988. Primary Production of the central grassland region of the United States. *Ecology* 69:40-45.

Sánchez, M. 2002. Modelos y aproximaciones para la estimación de la Evapotranspiración con información satelital. *Revis de Geogr Norte Grande* 29:107-120.

Sánchez Tomás, J. M. 2005. Estimación de la Evapotranspiración en Áreas de cobertura parcial: Aplicación a zonas FIFE y SIFLEX. Universitat de Valencia, Facultat de Física- Departamento de Termodinámica, pp 188.

Santa Olalla Mañas, M. F.; López Fuster, P; Calera Belmonte, A. 2005. Agua y Agronomía. Mundi prensa, pp 606.

Vazquez, P., Rivas, R., Usunoff E. 2008. Análisis multitemporal de la disponibilidad de agua en el suelo a partir de datos de satélite. *Revista Ciencia* vol. 3, núm. 3-47:58. Universidad de Catamarca.

Venturini, V. 2007. Estimation of Evaporative Fraction and Evapotranspiration from Remotely Sensed data using a complementary relationship. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Litoral, pp 115.

Wassenaar, T.; Oliso, A.; Hasager, C.; Jacob, F.; Chehbouni, A. 2002. Estimation of Evapotranspiration on heterogeneous pixels. In recent *Advances in Quantitative Remote Sensing*, proceedings of the first International Symposium. Editor: J.A. Sobrino. 458-465.

Fuentes de financiamiento: CONAE – NASA – MCyT Aprobado agosto/2009 Cód107/09 Programa SAC-D, Proyecto: Validation of data from the SAC-D / AQUARIUS mission: Application to the knowledge of vegetation water stress Responsable: Dr. Rivas Raúl and Dra. Virginia Venturini Año: 2010-2012; ANPCyT Programa: PRH 0032

---

Proyecto: Desarrollo sustentable y Atención de la salud- Subproyecto desarrollo e implementación de herramientas para el uso sustentable, preservación y remediación de los recursos hídricos al nivel regional Responsable: Proyecto de fortalecimiento de RRHH de la UNCPBA Año: 2009-2012; CIC Programa: Subsidios a investigador Año: 2010-2012 subsidio personal del investigador.

---

**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:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - 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 ....."
  - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [infinvest@cic.gba.gov.ar](mailto:infinvest@cic.gba.gov.ar) (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - 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.

---

**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.