UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

REVISTA UD Y LA GEOMÁTICA

http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/index
DOI:http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.udgeo.2015.10.a03

UD y la GEOMÁTICA

INVESTIGACIÓN

Comparación de datos de precipitación estimada por Trmm con mediciones en estaciones meteorológicas de Entre Ríos, Argentina

Comparison of Trmm Precipitation Data with Rain Gauge Data in Entre Ríos, Argentina

Armando B. Brizuela[1], Marcelo D.Nosetto[2], Cesar A. Aguirre[3], María P. Bressán[4]

Para citar este artículo: Brizuela, A. Nosetto, M. Aguirre, C. & Bressán, M. (2015). Comparación de datos de precipitación estimada por Trmm con mediciones en estaciones meteorologicas de Entre Ríos, Argentina. *UD y la Geomática*, 10, 18-26

Fecha de recepción: 07 de marzo de 2015

Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2015

RESUMEN

En la provincia de Entre Ríos (Argentina) la precipitación tiene alto impacto tanto en sector agropecuario como en otros sectores económico-sociales. La precipitación tiene una gran variabilidad y los productos de satélite contienen incertidumbre en sus valores, por lo que resulta necesario confrontar las estimaciones de satélite con las mediciones de pluviómetros en tierra para evaluar el comportamiento a escala local y regional. En este trabajo se analizan los datos de precipitación estimados por satélite de la misión Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) conjuntamente con mediciones realizadas en seis estaciones meteorológicas, ubicadas en la provincia, durante los años 2010 y 2011. Para cada estación se realizó un análisis de correlación considerando datos diarios de precipitación acumulada en periodos de ocho días y mensuales. Los resultados muestran que con una confianza del 95% no hay diferencias significativas de varianzas para cinco estaciones y que no hay diferencias significativas de medias en ninguna de las estaciones. Resulta que las estaciones presentan correlaciones con valores de *r* entre 0.10 y 0.7 para datos diarios, entre 0.65 y 0.82 para datos acumulados en periodos de ocho días y entre 0.58 y 0.82 para precipitación mensual, todos los coeficientes son significativos al 95% de confianza.

Palabras clave: Correlación, estimación por satélite, pluviómetros, variabilidad, test

ABSTRACT

In the province of Entre Rios (Argentina) rainfall has high impact on both agriculture and other economic and social sectors. Rainfall has a great variability and satellite products contain uncertainty in their values, so it is necessary to compare the satellite estimates with ground rain gauge measurements to evaluate the performance at local and regional level. In this paper are analyzed the information of rainfall estimated by satellite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) together with measurements realized in six meteorological stations, located in the area of study, during the year 2010 and 2011. For each station correlation analysis considering daily data, accumulated precipitation 8 days and monthly, was performed. The results show that with 95% confidence no significant difference in variances for five stations and no significant mean differences in any of the seasons. It turns out that the stations have correlations with r values between 0.10 and 0.7 for daily data, between 0.65 and 0.82 for data accumulated in periods of 8 days and between 0.58 and 0.82 for monthly rainfall, all coefficients are significant at 95% confidence level.

Keywords: Correlation, satellite estimation, raingauges, variability, test

1 Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos, Ruta 11 km 10.5 Oro Verde, Entre Ríos, Argentina & Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET. Correo electrónico: armando.brizuela@gmail.com

2 Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos; grupo de Estudios Ambientales, IMASL, Universidad Nacional de San Luis & CONICET, San Luis, Argentina. Correo electrónico: marcelo.nosetto@gmail.com

3 Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos; Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción, CONICET, Diamante, Entre Ríos, Argentina. Correo electrónico: cesaraguirredalotto@gmail.com

4 Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Correo electrónico: bressanpaula16@gmail.com

Introducción

La provincia de Entre Ríos (Argentina) produce anualmente cantidades importantes de granos, carne, citrus y madera. El suelo y el clima juegan un rol principal en los niveles de producción. La lluvia representa un factor principal en la producción agrícola, en concordancia con la ocurrencia de otras condiciones de radiación, temperatura, humedad y viento; así como en relación con las características de los suelos y de los cultivares implantados. Sin embargo, la variabilidad temporal y espacial condiciona, según la situación de las campañas agrícolas, la producción normal de granos y de pasturas. Por lo tanto, la medición precisa y el conocimiento sobre el comportamiento de la precipitación podrán ayudar a mitigar impactos y a disminuir pérdidas materiales y humanas.

Numerosos trabajos dan cuenta de la variabilidad de la lluvia y de otras variables del ciclo hidrológico, lo que hace posible una mejor comprensión de las anomalías y de las posibles asociaciones o teleconexiones con fenómenos del sistema tierra-atmósfera. En nuestro país diversos autores han realizado investigaciones sobre las variaciones climáticas ocurridas durante el siglo veinte (Hoffman, 1988), variaciones de la precipitación en el periodo 1951-1990 (Pérez, 2004), variabilidad interanual de las precipitaciones en cantidad, intensidad y número de días con precipitación (Marino, 2007). Barros *et al.* (2002) encontraron que los patrones de circulación y precipitación, al sur de los 20º S, están asociadas a anomalías de la temperatura del mar en el oeste de la región subtropical del Atlántico Sur en diferentes zonas de la Argentina. También relacionados con el impacto de las anomalías en el régimen de lluvias en la producción de soja (Penalba, *et al.*, 2007), en la producción de maíz en condiciones de sequía (Minetti, *et al.*, 2007) y eventos de sequía (Minetti, *et al.*, 2010).

Tanto a nivel local como regional adquiere importancia contar con mediciones o estimaciones confiables de las precipitaciones por cuanto ayudan a prevenir situaciones desfavorables, en la planificación estratégica de las reservas alimentarias y del comercio de granos. En este contexto es marcado el interés por la investigación y las aplicaciones de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas y de los satélites de alta resolución.

El crecimiento y desarrollo de los cultivos y el rendimiento son afectados por la variabilidad climática presentando una respuesta lineal y no lineal a las variables meteorológicas (Semenov and Porter, 1995). Durante los eventos El Niño, las precipitaciones en la región tienden a ser superiores al promedio histórico, mientras que en los años La Niña tienden a ser inferiores. En los años neutros (constituyen alrededor del 50 % del total de la serie histórica) las precipitaciones medias generalmente son similares al promedio histórico (Penalba, 2003). A su vez Hall, *et al.* (1992) identifican al agua como el factor limitante más importante de la producción en muchas áreas de Argentina, siendo la principal responsable de la variación de rendimientos entre sitios y años. Una contribución importante en esta dirección fue realizada por Ravelo, *et al.* (2001), quienes desarrollaron un sistema para detectar y evaluar las sequías en nuestro país.

Frecuentemente se hace referencia a los efectos que los eventos meteorológicos extremos provocan en la producción agrícola por la magnitud de las pérdidas económicas, por los inconvenientes vinculados con la planificación de las prácticas agronómicas y con las oportunidades de comercialización. Algunas veces las consecuencias han sido especialmente significativas para nuestro país. En las cosechas recientes (2009 hasta 2013) Argentina es uno de los países mayores productores de soja, maíz y trigo (FAOSTAT, 2014).

A nivel local, en la campaña agrícola 2008-2009, las escasas lluvias y la demanda sobre las reservas hídricas del suelo fueron de tal envergadura que la totalidad de la provincia de Entre Ríos se encontraba en situación de sequía en enero de 2009. La severa sequía, como anomalía, se presentó en consonancia con el episodio de La Niña durante los periodos agosto 2007 a junio 2008 y luego desde noviembre 2008 a marzo 2009 (NOAA, 2014). En cambio, la campaña siguiente (2009-2010) fue considerada como fase Niño del ENSO, lo que determinó que no sólo en Entre Ríos y Argentina, sino en gran parte de Sudamérica se encontraran registros de precipitaciones superiores a los normales, con efectos variables en la producción agrícola (CATHALAC, 2010).

La Figura 1 muestra la distribución de la precipitación acumulada en la misma época del año, pero en oportunidad de fases opuestas, Niña: set-2007 a mar-2008 y Niño: set-2009 a mar-2010. Como se observa la lluvia estimada (TRMM) es notablemente inferior durante el episodio Niña.

En la última década se incrementó notablemente la cantidad de estaciones meteorológicas que miden la precipitación en la provincia. La Dirección de Hidráulica de Entre Ríos y la Bolsa de Cereales de Entre Ríos son los organismos, estatal y privado respectivamente, que cuentan con redes de estaciones meteorológicas que miden principalmente precipitación y temperatura. También se lograron avances significativos en el desarrollo de productos de precipitación obtenidos por satélite. Con una mejor resolución espacial y temporal, de los sistemas satelitales y ajuste con mediciones pluviométricas, se logran estimaciones de precipitación disponibles para casi todo el globo en tiempo real o cercano.

Sobre la base de estos antecedentes y tomando en consideración el efecto de las anomalías en la producción de granos en la provincia de Entre Ríos se hace evidente la necesidad e importancia de llevar adelante estudios que posibiliten comprender mejor la variabilidad espacial y temporal tanto de la lluvia como de otras variables que intervienen en el ciclo hidrológico, como la evapotranspiración, utilizadas en balances hidrológicos para estimar el almacenaje de agua en el suelo y el monitoreo de los cultivos mediante índices de vegetación.

Metodología

Área de estudio

Entre Ríos está situada entre los ríos *Paraná* y *Uruguay*, forma parte de la *Mesopotamia*, junto a las provincias de Corrientes y Misiones. Limita al Norte con la provincia de *Corrientes*, al Oeste y Sudoeste con *Santa Fe,* al Sur con *Buenos Aires* y al Este con la *Rca. Oriental del Uruguay*. Se encuentra situada entre los 30º 10' y 34º 03', de latitud sur y entre los 57º 48' y 60º47' de longitud oeste (Figura 2). Tiene una superficie de 78.781 km^2, equivalente al 2,8 % de la superficie Argentina. El relieve que predomina es de llanura ondulada, con lomadas de escasa pendiente. Las mayores alturas del terreno superan levemente los 100 m SNM. El Delta, con sus islas características de albardón y pajonal, se halla al sur de la provincia en la confluencia de los ríos Paraná y Uruguay y el río de La Plata. La radiación global diaria media se encuentra entre 2 kWh/m^2 en junio y 7 kWh/m^2 en diciembre (Grossi, 1996). Debido a su situación geográfica, en la provincia la temperatura media disminuye de Norte a Sur. Las temperaturas medias en el mes más cálido son 26.3 ºC para Concordia, 25.5 ºC Paraná y 25.5 ºC Gualeguaychú. Las temperaturas medias en el mes más frío son 12.2 ºC, 11.2 ªC y 10.6 ºC para las mismas localidades. La precipitación es probablemente el hidrometeoro que más afecta a la producción agropecuaria. En nuestra región existen dos épocas bien definidas en el

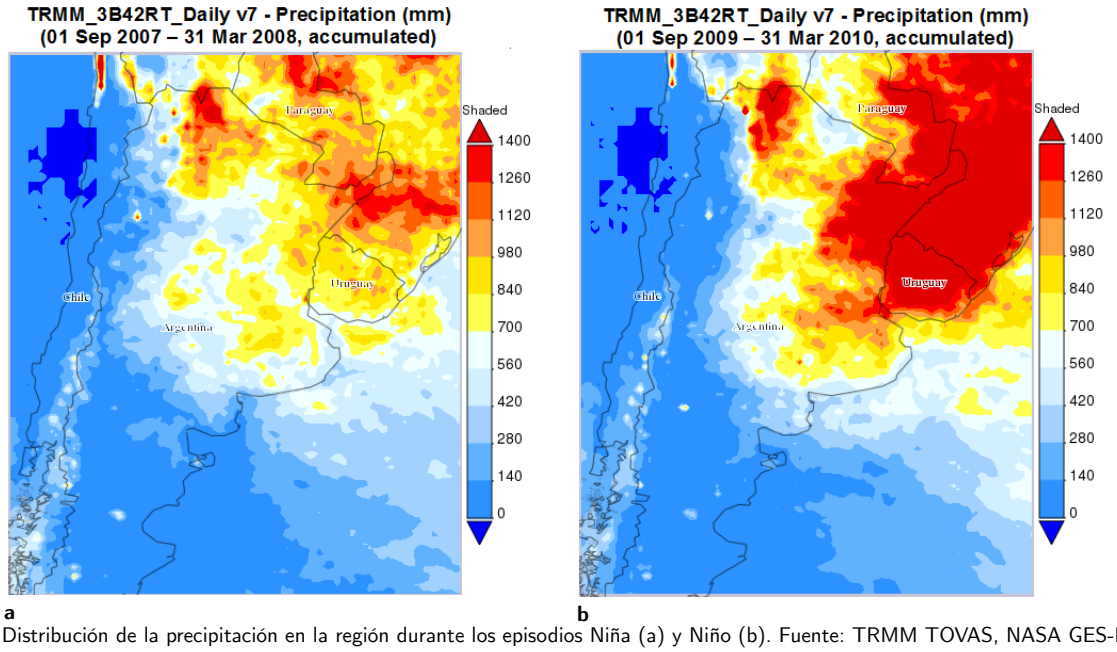


Figura 1. Distribución de la precipitación en la región durante los episodios Niña (a) y Niño (b). Fuente: TRMM TOVAS, NASA GES-DISC.

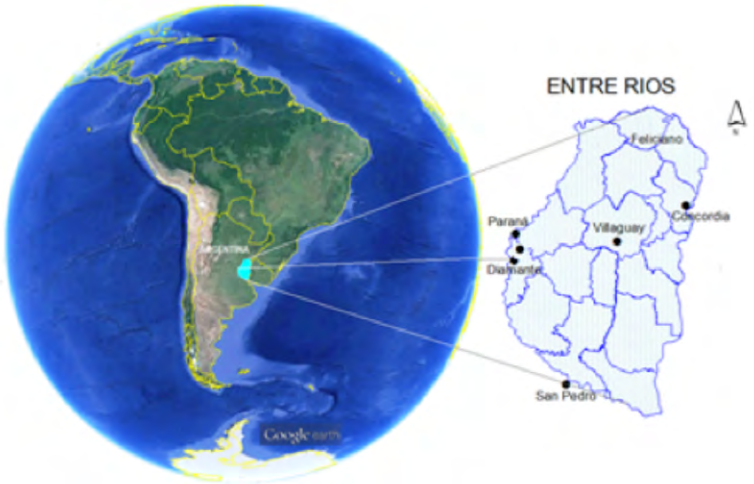


Figura 2. Área de estudio y localización de estaciones meteorológicas.

año: una lluviosa, primavera-verano y otra menos lluviosa, otoño-invierno. Rojas and Saluso (1987) presentan un completo detalle del clima de Entre Ríos. Según el Plan mapa de suelos del INTA en Entre Ríos la época lluviosa va de octubre a abril, con el 73% del total anual, mientras que en el periodo mayo a setiembre se registra el 27% (Tassi y Bourband, 1990). El ciclo pluvial comienza en julio, aumentando progresivamente las precipitaciones hacia el verano, y termina en junio (Quinteros, 1992).

Se utilizaron datos de precipitación diaria estimados por satélite de la misión Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) conjuntamente con mediciones realizadas, durante 2010 y 2011, en seis estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio. Los datos diarios de TRMM corresponden al producto 'Daily TRMM and Other Rainfall Estimate (3B42RT derived)'. Las tres estaciones meteorológicas convencionales pertenecen al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) —Concordia 31.38º S 58.03º W, Paraná Inta 31.85º S 60.54º W y San Pedro 33.68º S 59.68º W—; dos estaciones automáticas son de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos —Paraná Ciudad 31.72º S 60.53º W, Villaguay 31.66º S 59.04º W— y la restante pertenece al CICyTTP Conicet —Diamante 32.06º S 60.63º W—. Interesa destacar, como sostiene Nicholson, *et al.* (2003), que no se puede esperar que los productos de precipitación TRMM proporcionen resultados que sean idénticos a las mediciones de pluviómetros debido a las diferencias en el muestreo temporal y espacial. Los contrastes más evidentes son que los pluviómetros dan mediciones puntuales, mientras que los satélites producen promedios espaciales y que TRMM obtiene datos de cada sitio sólo por un periodo limitado de tiempo.

Análisis estadístico

Para cada sitio se realizó un test de medias y de varianza para determinar si hay diferencias significativas entre las medias y entre las varianzas de las dos muestras de datos, estimados por TRMM *versus* medidos por estación meteorológica. También se realizó un análisis de correlación considerando datos diarios, de precipitación acumulada en periodos de ocho días y mensuales.

Resultados

Pruebas estadísticas de los datos diarios

A fin de realizar el test de diferencia de medias, entre valores de precipitación estimados por satélites y observados se probó primero si las variancias son iguales ya que esto es tomado en cuenta por el test. Los resultados indicaron que la hipótesis de igualdad de varianzas no se puede rechazar con una confianza del 95% en las muestras que corresponden a las estaciones Concordia, Paraná Inta, San Pedro, Paraná Ciudad y Diamante. Mientras que no se acepta la hipótesis de varianzas iguales para Villaguay. La Tabla 1 resume los resultados de las pruebas realizadas con los desvíos estándar.

En cuanto al test de medias se encontró que en todos los casos que, con una confianza del 95%, no hay diferencias significativas entre las medias. La Tabla 2 resume los resultados de la prueba.

En esta prueba se tuvo en cuenta que las varianzas no son estadísticamente iguales para la estación Villaguay.

Tabla 1. Test de hipótesis sobre igualdad de varianzas (σ^2)

	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
σ_1	12.92	11.24	8.32	11.52	12.63	9.49
σ_2	12.75	11.13	8.87	11.15	9.93	9.29
p	0.72	0.78	0.08	0.37	≈ 0	0.56
H	A	A	A	A	R	A

σ1: desvío estándar de datos estimados (TRMM), σ2: desvío estándar de datos medidos, p: valor P, H: aceptar (A) o rechazar (R) hipótesis de igualdad de varianzas al 95% de confianza con n=730.

Tabla 2. Test de hipótesis sobre igualdad de medias

	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
μ_1	3.54	3.03	2.22	3.59	3.28	2.48
μ_2	3.68	3.01	2.59	3.09	2.81	2.42
p	0.83	0.97	0.41	0.40	0.43	0.89
H	A	A	A	A	A	A

μ_1: media de datos estimados (TRMM), μ_2: media de datos observados, p: 'valor P', H: aceptar (A) o rechazar (R) hipótesis de igualdad de medias al 95%.

Análisis de regresión y correlación

Se realizó el análisis considerando los siguientes agrupamientos: datos diarios, datos acumulados en periodos de ocho días y mensuales. En la Tabla 3 se resumen los resultados del análisis. A los efectos de potenciales aplicaciones posteriores se consideró como variable dependiente la que corresponde a las estaciones, únicamente con el objeto de simplificar estimaciones en sitios sin estación meteorológica pero con cobertura TRMM.

Se encontró que, en todas las estaciones, existe una relación estadísticamente significativa entre datos medidos (variable dependiente) y estimados por satélite (variable independiente) con un nivel de confianza del 95.0% con n=730. Los coeficientes de correlación indican una relación débil en Concordia, Paraná Inta y San Pedro y moderada en las otras estaciones. En la Figura 3 se muestra el resultado para la estación Diamante.

Un análisis similar se realizó para los datos de precipitación acumulada en periodos de ocho días (tabla 4) y mensuales (tabla 5).

Se comprobó que existe una relación estadísticamente significativa entre datos medidos (variable dependiente) y estimados por satélite (variable independiente) con un nivel de confianza del 95.0% con n=92. Los coeficientes de correlación indican una relación moderada (0.60<r<0.70) entre las variables para Paraná Ciudad y Diamante y moderadamente fuerte (r>0.70) para las restantes. En la Figura 4 se muestra el resultado para la estación San Pedro.

Tabla 3. Análisis de regresión y correlación lineal simple (Y = a + b.X) para datos diarios

	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
a	2.18	2.02	2.31	0.69	1.07	0.98
b	0.42	0.33	0.12	0.69	0.53	0.56
r	0.43	0.33	0.12	0.70	0.67	0.58
r^2(%)	18	11	1	49	46	54

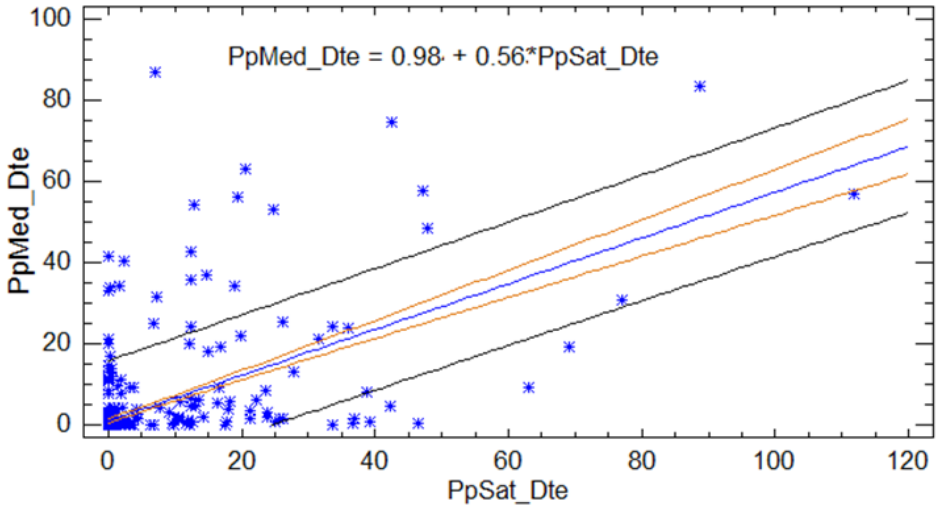


Figura 3. Diagrama de dispersión, recta de regresión y límites de confianza para datos diarios de la estación Diamante.

Tabla 4. Análisis de regresión y correlación lineal simple (Y = a + b.X) para datos acumulados en períodos de ocho días

	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
a	7.74	5.55	6.24	4.19	4.04	5.85
b	0.76	0.76	0.81	0.71	0.70	0.65
r	0.82	0.74	0.76	0.66	0.79	0.64
r^2(%)	67	55	57	44	63	42

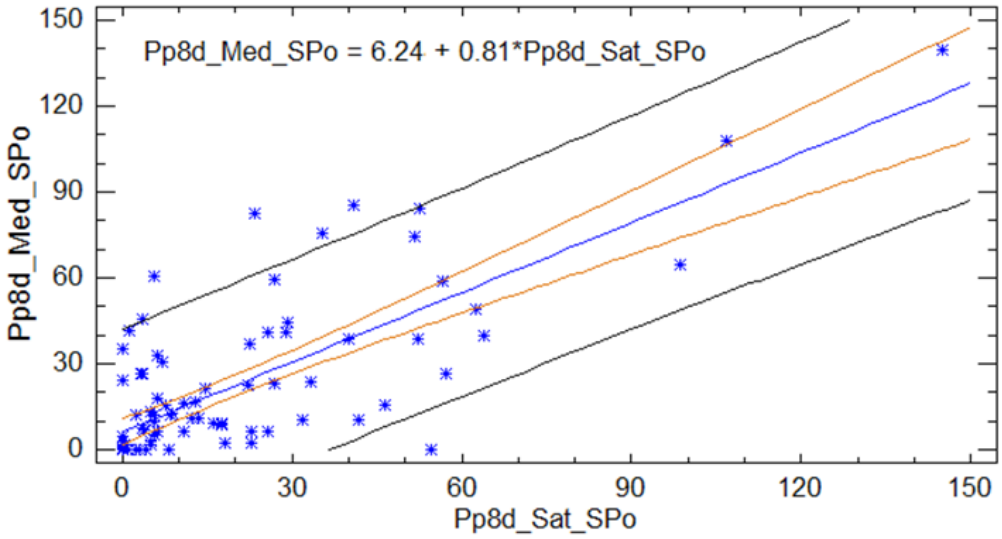


Figura 4. Diagrama de dispersión, recta de regresión y límites de confianza para datos acumulados en ocho días de la estación San Pedro

Tabla 5. Análisis de regresión y correlación lineal simple (Y = a.X + b) para datos mensuales

	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
A	30	9.7	19.8	11.8	1.66	29.7
B	0.67	0.71	0.77	0.68	0.77	0.58
R	0.82	0.78	0.76	0.68	0.81	0.58
r^2(%)	68	62	59	47	66	34

También para el caso mensual existe una relación estadísticamente significativa entre datos medidos (variable dependiente) y estimados por satélite (variable independiente) con un nivel de confianza del 95.0% con n=24. Los coeficientes de correlación indican una relación moderada (0.60<r<0.70) entre las variables para Paraná Ciudad y Diamante y moderadamente fuerte (r>0.70) para las restantes. En la Figura 5 se muestra el resultado para la estación Concordia.

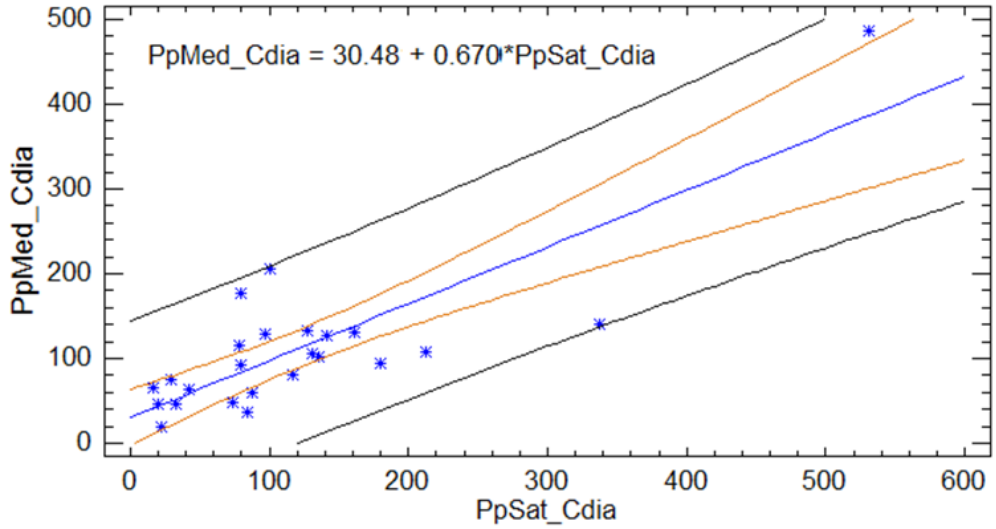


Figura 5. Diagrama de dispersión, recta de regresión y límites de confianza para datos mensuales de la estación Concordia

Comparación de precipitación cuatrimestral

Teniendo en cuenta que en el periodo analizado se presentó un evento Niño en 2010 y Niña en 2011 (NOAA, 2014). fue propicio para comparar la precipitación acumulada en el periodo enero-abril en el cual dichos eventos coincidieron los valores acumulados por estación o sitio se presentan en la Tabla 6. Los registros durante los primeros cuatro meses de 2011 fueron notablemente inferiores a los del año anterior, salvo en Diamante con datos del pluviómetro. Además, como es de esperar de los resultados anteriores, los valores medidos en las estaciones son muy similares a los estimados por TRMM.

De igual forma resultó interesante comparar la distribución espacial de la precipitación en la región para esos meses.

Los mapas de la Figura 6 indican que en Entre Ríos las precipitaciones de 2011 son prácticamente un 50% inferiores a las de 2010. Los cultivos de maíz son los que resultan más afectados por la falta de lluvias.

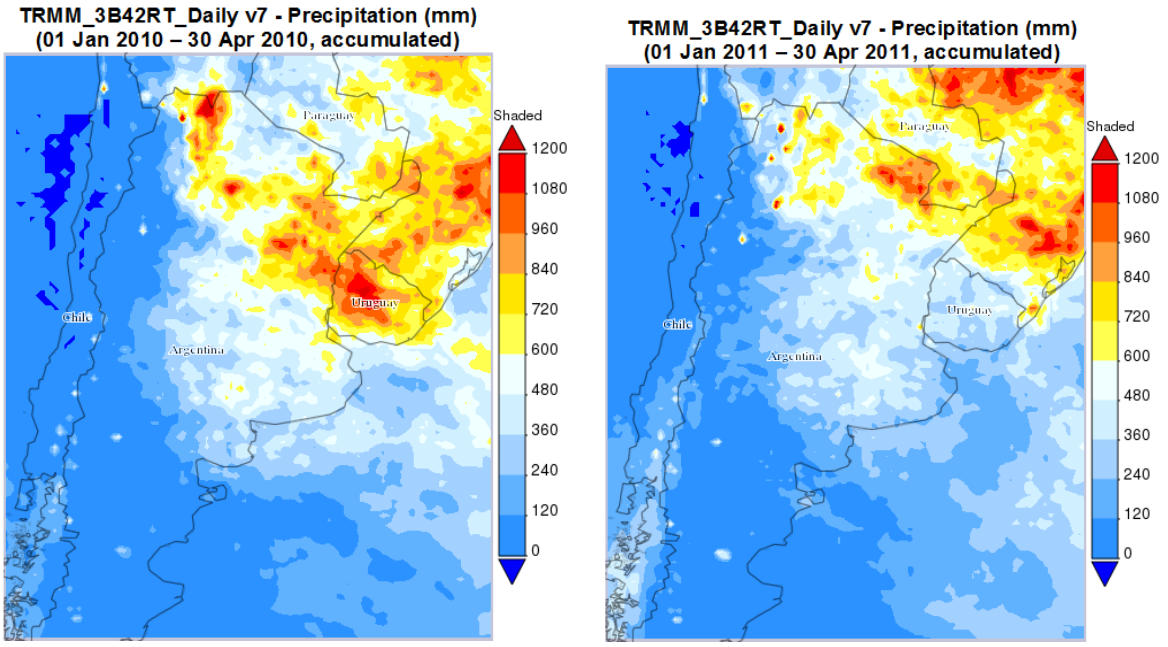
Tabla 6. Precipitación acumulada en el período enero-abril, en los años 2010 y 2011, según estaciones (a) y TRMM (b)

a

Período	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
En-Ab/10	778.2	833.7	539	683.9	786.1	535.4
En-Ab/11	524.6	452.7	479	603.0	216.6	588.2

b

Período	Concordia	Paraná Inta	San Pedro	Paraná Ciudad	Villaguay	Diamante
En-Ab/10	1050.6	678.4	521.3	707.0	754.3	543.1
En-Ab-11	430.9	488.5	380.0	552.3	444.7	496.3



a b

Figura 6. Distribución de la precipitación en la región durante los meses de episodios Niño (a) y Niña (b). Fuente: TRMM TOVAS, NASA GES-DISC

Discusión de resultados

La precipitación diaria tiene una gran variabilidad que se pone de manifiesto en el desvío estándar. En el caso estudiado se observa, en la Tabla 1, que para las muestras de Villaguay las varianzas no resultan estadísticamente iguales. Los valores diarios que se obtienen del TRMM sobrestiman a los medidos por la estación, especialmente cuando las lluvias diarias son moderadas o fuertes y sería la razón por la que el desvío resulta marcadamente superior. Esto no invalida la prueba de igualdad de medias ya que, en este caso, se toma en cuenta que no son iguales.

Los valores medios diarios no presentan diferencias significativas. Se destaca que tres estaciones (Paraná Ciudad, Villaguay y Diamante) tienen coeficientes de correlación significativos bastantes mayores a las otras. Se trata de estaciones automáticas que toman datos cada diez minutos mientras las otras realizan observaciones esporádicas (p.e. 4) por día. Esta situación explicaría el mejor ajuste, aunque débil, en esas estaciones.

El análisis realizado mostró que los datos de los productos de precipitación TRMM-3B42RT tienen una relación significativa moderadamente fuerte con las mediciones de seis estaciones meteorológicas de Entre Ríos, para valores acumulados de ocho días o mensuales. Resultados similares fueron comunicados por Nicholson, *et al.* (2003) al presentar una excelente concordancia de los productos TRMM-combinados con los datos de medidores de lluvia sobre África occidental en escalas de tiempo-mensuales a estacionales y escalas espaciales 2,5 º x 2,5 º de latitud/longitud.

Para datos acumulados, ocho días o mensuales, se observa que las estaciones automáticas Paraná Ciudad y Diamante tienen, en ambos casos, los menores valores de 'r'. Seguramente por tratarse de estaciones 'urbanas' están sometidas a efectos adicionales y perturbaciones de entorno que se manifiestan en un ajuste inferior.

Al utilizar datos cuatrimestrales para comparar la distribución espacial de la precipitación durante episodios ENSO opuestos se comprueba que en la provincia y en la región los valores observados en eventos Niño son notablemente superiores a los de eventos Niña.

Conclusiones

Al comparar datos estimados por TRMM 3B42RT con mediciones realizadas por estaciones meteorológicas en Entre Ríos durante 2010 y 2011, se concluye que para valores diarios de precipitación la asociación es baja o media, aunque superior en las estaciones automáticas, a su vez tanto en el caso de acumulada en ocho días como mensual existe una relación moderadamente fuerte que explica un 50% o más de la variabilidad.

Sobre la base de estos resultados es posible considerar el uso de los datos TRMM, en el sector agrícola, ya que las estimaciones de precipitación en periodos de ocho días contienen información útil para el seguimiento aproximado de las condiciones hídricas de los cultivos.

También se destaca que resulta útil para analizar el efecto de las anomalías en la producción de granos en la provincia de Entre Ríos y llevar adelante estudios que posibiliten una mayor comprensión de la variabilidad, local y regional, de la lluvia.

Agradecimientos

Los análisis y visualizaciones utilizadas en este trabajo fueron producidos con el sistema de datos en línea Giovanni, desarrollado y mantenido por la NASA DISCO GES. Las estaciones Concordia, Paraná Inta y San Pedro pertenecen al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, las estaciones Concordia y Paraná Ciudad a la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos y la estación Diamante pertenece al CICyTTP Conicet.

Referencias

Barros V., Doyle, M., González, M., Camilloni, I., Bejarán, R. and Caffera, M. (2002). Revision of the south americam monsoon system and climate in subtropical South America south of 20°S. *Meteorologica*, *27*, 33-58.

Cathalac. (2010). *Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y El Caribe*. Recuperado de http://www.cathalac.org/El-Niño.

Faostat. (2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Dirección de Estadística. Recuperado de http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S

Grossi, H. (1996). *Evaluación preliminar de la distribución de la radiación global en la Provincia de Entre Ríos*. Preparado para el proyecto: 'Energía no convencional –solar y eólica- para escuelas rurales en la Provincia de Entre Ríos'.

Hall, A., Rebella, C., Ghersa, C., Culot and J. Ph. (1992). Field-crops systems of the pampas. En C. J. Pearson (Ed.). *Field crop systems. Ecosystems of the world*, vol 18, (pp 413-450). Amsterdam: Elsevier.

Hoffmann, J. (1988). Las variaciones climáticas ocurridas en la Argentina desde fines del siglo pasado hasta el presente. En *El deterioro del ambiente en la Argentina*. Buenos Aires: Fundación para la educación la ciencia y la cultura.

Marino, M. (2007). *Variabilidad de la precipitación en Argentina en diferentes escalas temporales, relacionada con actividad convectiva observada*. Buenos Aires:

Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, FCEyN UBA.

Minetti J., Vargas, W., Vega, B. and Acosta, M. (2007). Las sequias en la Pampa Húmeda: Impacto en la productividad del maíz. *Revista Brasileira de Meteorología*, *22*(2), 218-232.

Minetti J., Vargas, W., Poblete, A., de la Zerda, L. and Acuña, L. (2010). Regional droughts in southern South America–physicals aspects. *Theoretical and Applied Climatology*, *101*.

Nicholson S., Some, J., McCollum, E., Nelkin, D., Klotter, Y., Berte, B., Diallo, I., Gaye, G., Kpabeba, O., Ndiaye, J., Noukpozounkou, M., Tanu, A., Thiam, A., Toure and Traore, A. (2003, October). Validation of TRMM and Other Rainfall Estimates with a High-Density Gauge Dataset for West Africa. Part II: Validation of TRMM Rainfall Products. *Journal of Applied Meteorology, 42*(10), 1355-1368.

NOAA. (2014). Climate Prediction Center ENSO: Previous Events. Recuperado de http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/-ensostuff/ensoyears.shtml

Penalba, O. (2003). Predicciones climáticas: señales de impacto en la región pampeana. *Suplemento especial Revista CREA, 269*.

Penalba O., M. Betolli and Vargas, W. (2007). The impact of Climate Variability on soybean yields in Argentina. Multivariate regresión. *Meteorological applications*. *Royal Meteorological Society, 14,* 3-14.

Pérez, E. (2004). La Variabilidad de las precipitaciones en el nordeste argentino durante el período 1951/1990. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* UNNE.

Ravelo, A., Zanvettor, R. and Da Porta, W. (2001). Desarrollo de un sistema para la detección y evaluación de las sequías agrícolas en la Argentina. *Rev. Arg. de Agrometeorología*, *1*(2), 27-34.

Rojas, A. and J. Saluso, (1987). *Informe climático de la provincia de Entre Ríos*. Publicación Técnica Nº 14, INTA, Estación Experimental Agropecuaria Paraná.

Semenov, M. and J. Porter, (1995). Climatic variability and the modelling of crop yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, *73*, p. 265-283.

Tassi H. and Bourband, J. (1990). Provincia de Entre Ríos. En *Atlas de suelos de la República Argentina*, INTA, Bs. As.

Quinteros, C. (1992). *Estadísticas de lluvia en estaciones meteorológicas de Entre Ríos*. Trabajo Final de graduación. FCA-UNER, Oro Verde, ER.