

# Estimación desde satélites de la dinámica entre patrones de área inundada y altura hidrométrica en la Cuenca del Plata

Salvia, M. <sup>1</sup>, Grings, F<sup>1</sup>, Barraza, V<sup>1</sup>, Perna, P<sup>1</sup>, Ferrazzoli, P<sup>2</sup>, Karszenbaum, H<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Teledetección Cuantitativa, Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA), Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Tor Vergata University, Ingegneria, DISP, 00133 Rome, Italy.



Santa Fe, Septiembre 2014

## Eje Paraguay - Paraná

- ❖ Superficie de 1,7 millones de Km<sup>2</sup> en 4 países (Argentina, Paraguay, Bolivia, Brasil)
- ❖ Densamente poblada (70 millones)
- ❖ Una de las regiones más importantes para la agricultura en Sudamérica
- ❖ Los humedales presentes en sus planicies de inundación proveen servicios ecológicos/hidrológicos irremplazables:

- Mitigación de inundaciones y sequías
- Recarga de acuíferos
- Provisión de agua dulce de alta calidad.

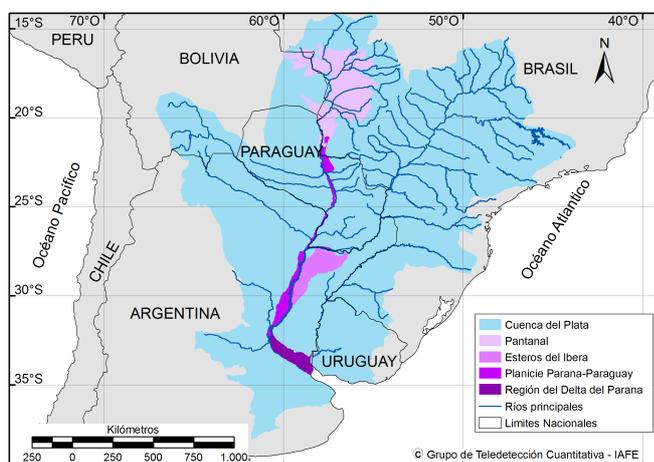


Fig. 1: La cuenca del Plata y sus humedales.



# Motivación

- Las inundaciones son un fenómeno recurrente en la Cuenca del Plata.
- Planicies de inundación extensas, pobladas y cultivadas.
- Proveer información sobre el estado hidrológico de la cuenca sistemáticamente es crítico para la sociedad y economías regionales.
- Cualquier mejora en el monitoreo o predicción tendrá beneficios sociales significativos.



## Delta del Paraná

- ❖ Ubicado en los 300 Km. finales del río Paraná.
- ❖ Cubre 17.000 Km<sup>2</sup>
- ❖ Principalmente vegetación herbácea (aprox. 10 % de bosque)
- ❖ Evento ENOS 2009 - 2010 moderado a fuerte (ONI= 1,6).
- ❖ Entre Septiembre 2009 y Junio 2010, aumento significativo del nivel del río Paraná.

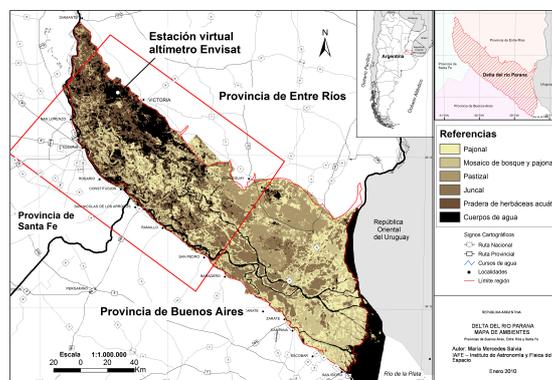


Fig. 2: Delta del Paraná. El área de estudio se marca en rojo.



Fig. 3: Altura hidrométrica en Rosario para el período 2009 - 2010.



# Objetivo

Estudiar el comportamiento hidrológico de la cuenca, mediante el análisis de la relación entre la fracción de área inundada y la altura del agua en la planicie, en el río Paraná y en una laguna de la planicie.

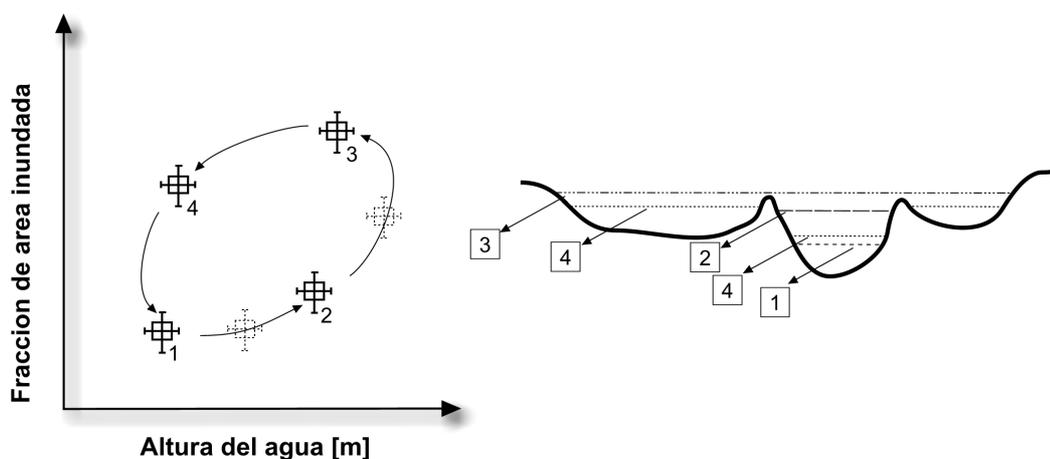


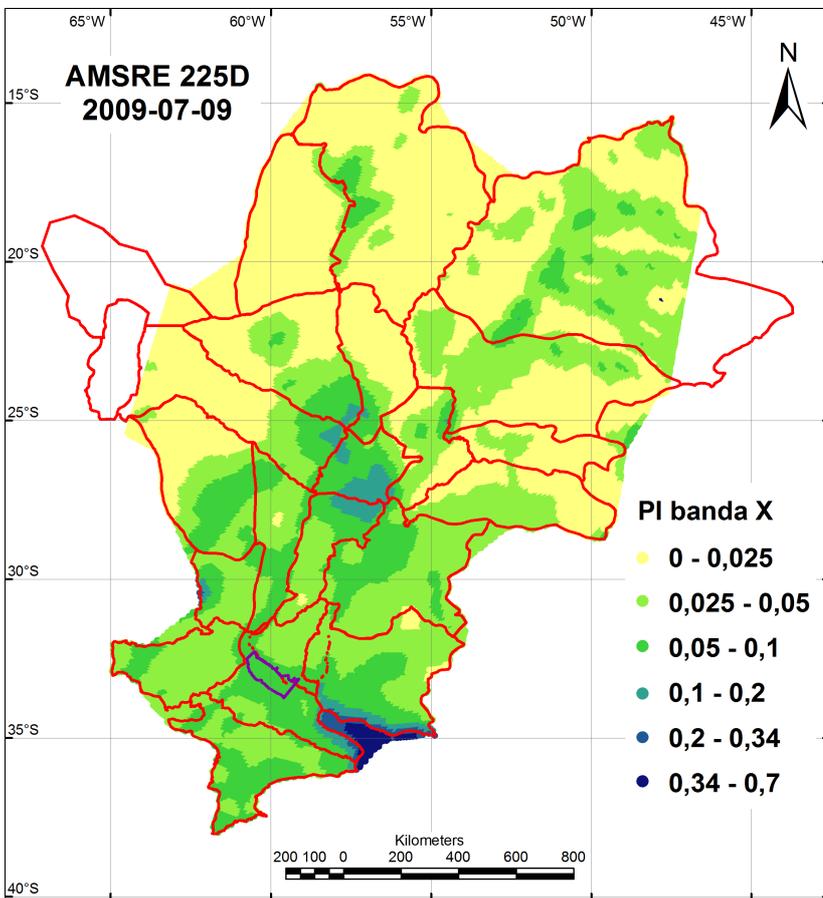
Fig. 4: Esquema de los resultados esperados. Izq: Fracción de área inundada vs. altura del agua. Der: Esquema de topografía equivalente resultante del gráfico de la derecha.



# Datos disponibles

Sensor	Dato usado	Fechas	Variable obtenida
AMSR-E (Banda X)	L1B Tb	2009/01- 2010/09	$PI = \frac{2 * (Tb_{X} - Tb_{H})}{(TD_V + TD_H)}$
ENVISAT ASAR WSM (Banda C)	HH $\sigma^0$	2009/08- 2010/09	Mapas de área inundada
Estación virtual altímetro ENVISAT [7]	579-04 (Laguna Grande)	2009/01- 2010/10	Altura del agua
Modelo de emisión	Modelo Tor Vergata (Ferrazzoli y Guerriero, 1996)		
Datos auxiliares	Altura hidrométrica en Rosario (diaria), mapa de coberturas (Salvia <i>et al.</i> , 2009)		





2º Congreso Internacional de  
**Hidrología de Llanuras**  
 23 al 26 de septiembre de 2014. Santa Fe, Argentina



## Obtención de mapas de área inundada

Segmentación de imágenes de cambio construidas a través de álgebra de imágenes Envisat ASAR WSM, con un umbral de 1,5 dB (intervalo de confianza 90%) (Salvia *et al.*, 2009)

## Estimación de la altura del agua dentro de la planicie

(Sippel *et al.*, 1998, Hamilton *et al.*, 2002, Salvia *et al.*, 2011)

$$PI_{obs} = f_w PI_w + f_{nf} PI_{nf} + f_f PI_f$$

$$1 = f_w + f_{nf} + f_f$$

Cómo se ha demostrado que para nuestro área de estudio  $PI_f$  depende de la altura del agua, lo usamos junto a un modelo de emisión para obtener un valor de altura del agua integrado para todo el área.

2º Congreso Internacional de  
**Hidrología de Llanuras**  
 23 al 26 de septiembre de 2014. Santa Fe, Argentina



# Esquema metodológico

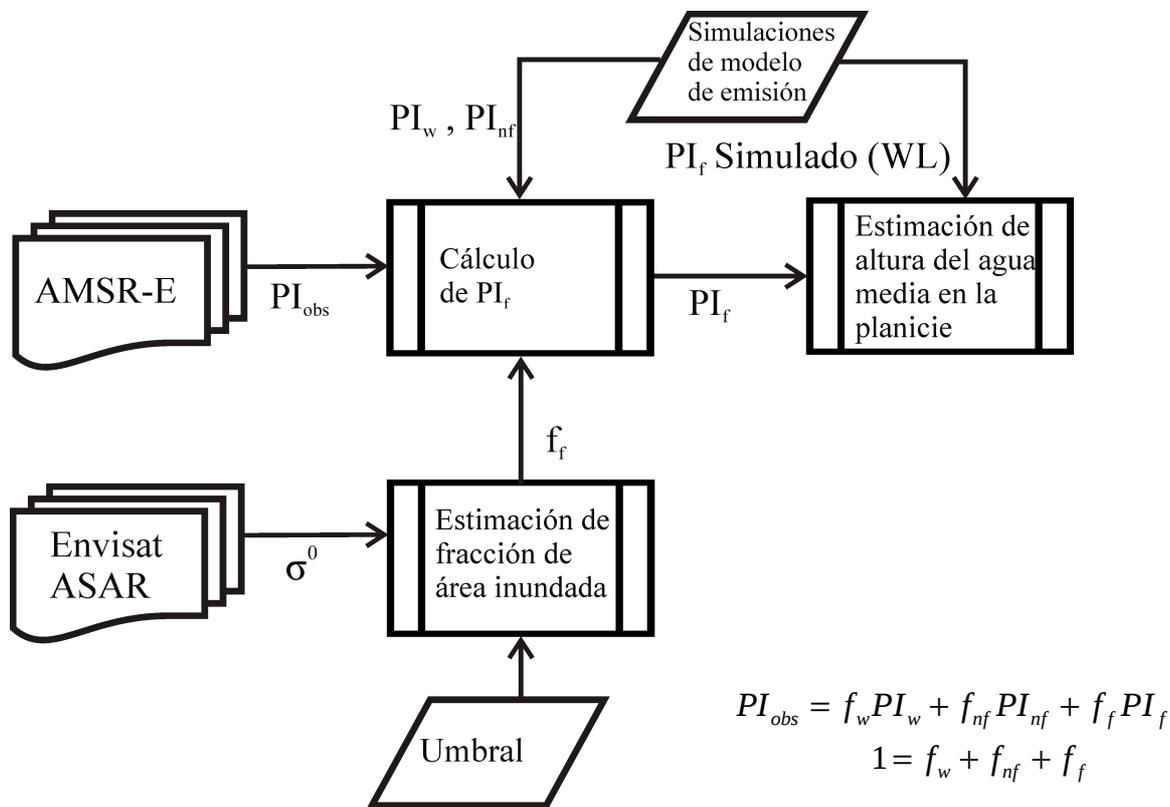


Fig. 5: diagrama de flujo de la metodología empleada.



## Análisis de la dinámica entre fracción de área inundada y altura del agua

Se construyeron gráficos como la figura 4 comparando:

- ❖ Fracción de área inundada (SAR) vs. altura hidrométrica en Rosario
- ❖ Fracción de área inundada (SAR) vs. altura del agua en la Laguna Grande (Altímetro Envisat)
- ❖ Fracción de área inundada (SAR) vs. altura del agua integrada para la planicie (SAR + AMSRE + modelos de emisión)



# Resultados

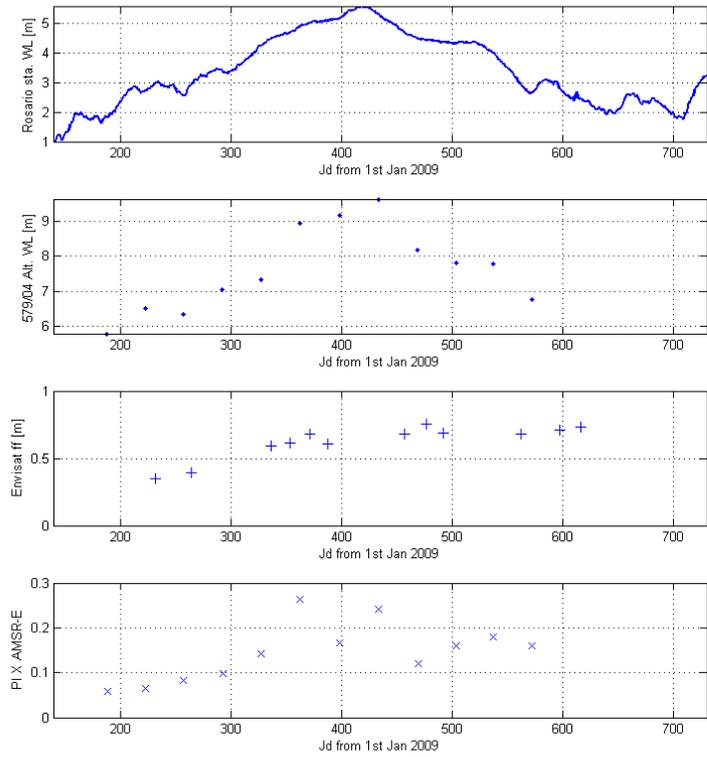


Fig. 6, de arriba hacia abajo: altura hidrométrica en Rosario, altura del agua medida en Laguna Grande por el altímetro, fracción de área inundada obtenida con imágenes SAR y PI observado por AMSRE (en banda X)

- ◆ La altura hidrométrica en Rosario y la medida por el altímetro en Laguna Grande muestran la misma tendencia, aún estando en extremos opuestos de la planicie.
- ◆ El  $PI_{obs}$  es más ruidoso pero aumenta al progresar el evento de inundación, mostrando que el PI de AMSRE es sensible a los cambios hidrológicos.
- ◆ La fracción de área inundada obtenida con datos SAR muestra una tendencia distinta, manteniendo valores altos aun cuando la altura del agua en Rosario y Laguna Grande han bajado, mostrando el efecto buffer de los humedales.

2º Congreso Internacional de  
Hidrología de Llanuras  
23 al 26 de septiembre de 2014, Santa Fe, Argentina

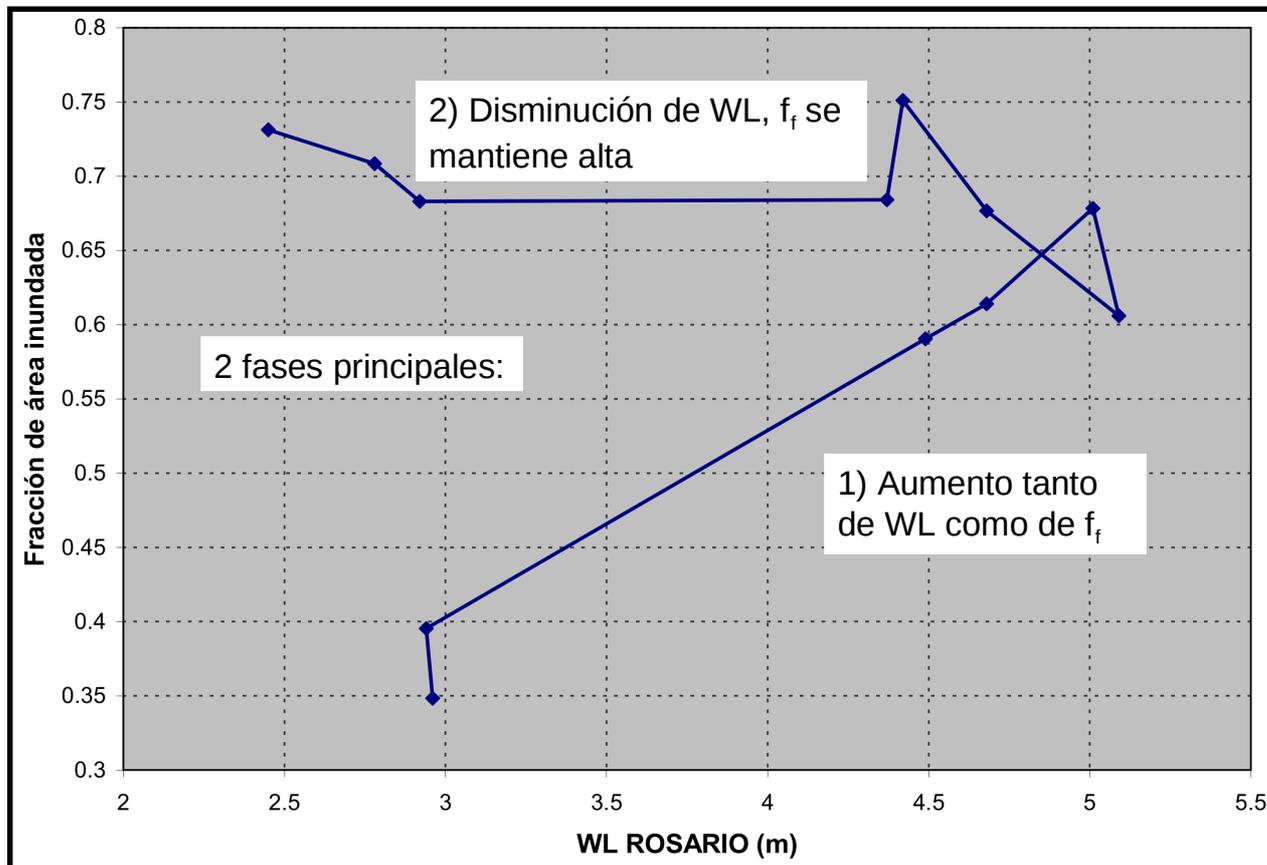


Fig. 7: Fracción de área inundada obtenida con datos SAR vs. altura hidrométrica en el puerto de Rosario.

2º Congreso Internacional de  
Hidrología de Llanuras  
23 al 26 de septiembre de 2014, Santa Fe, Argentina



# Posible topografía equivalente

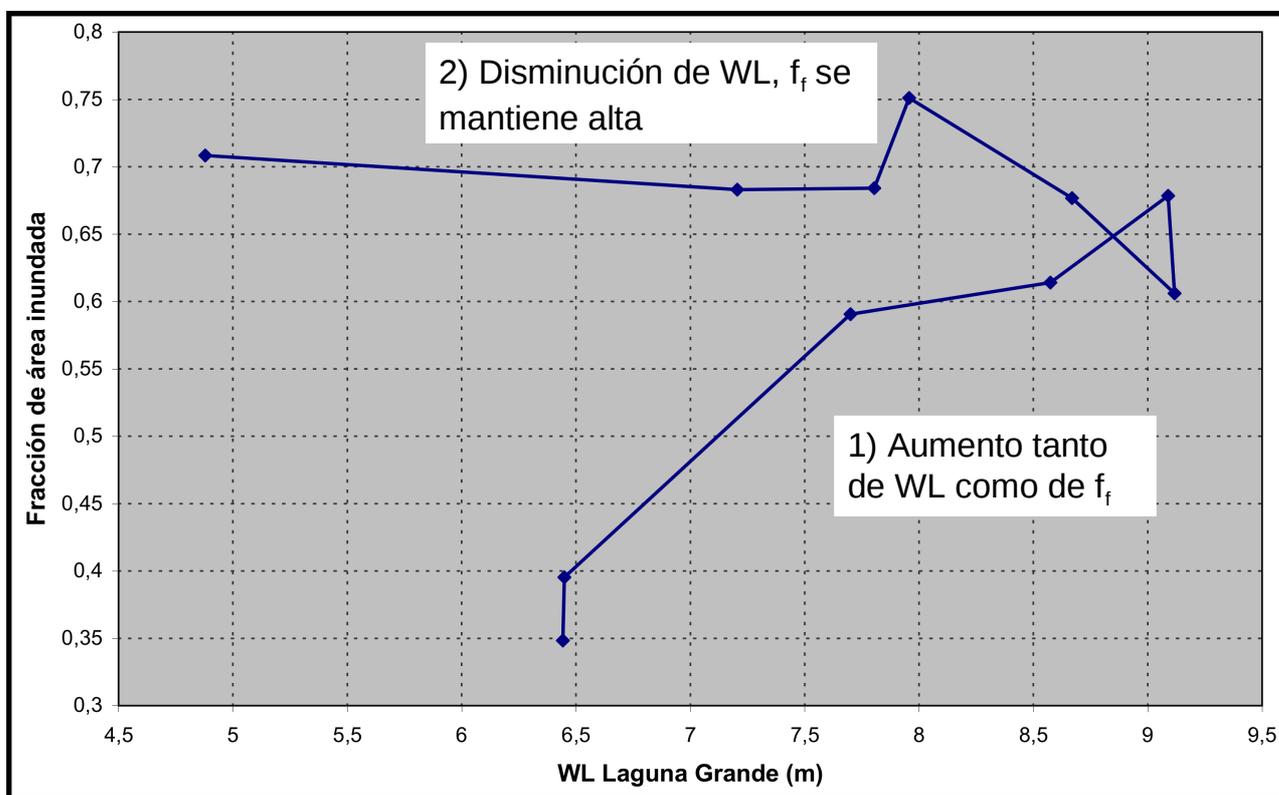
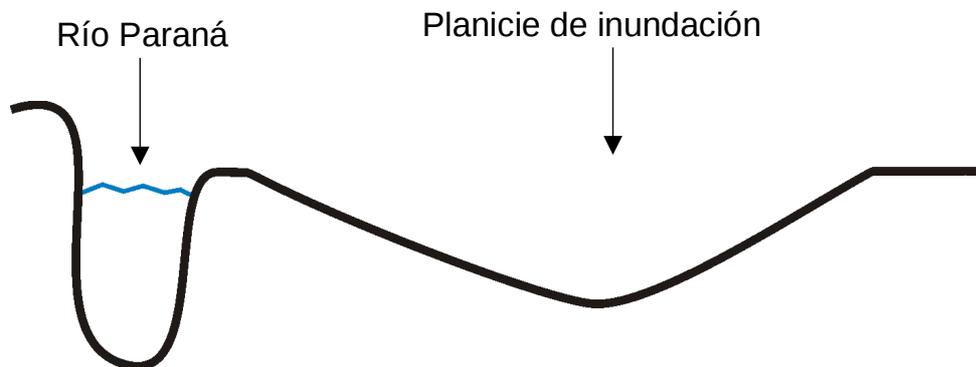
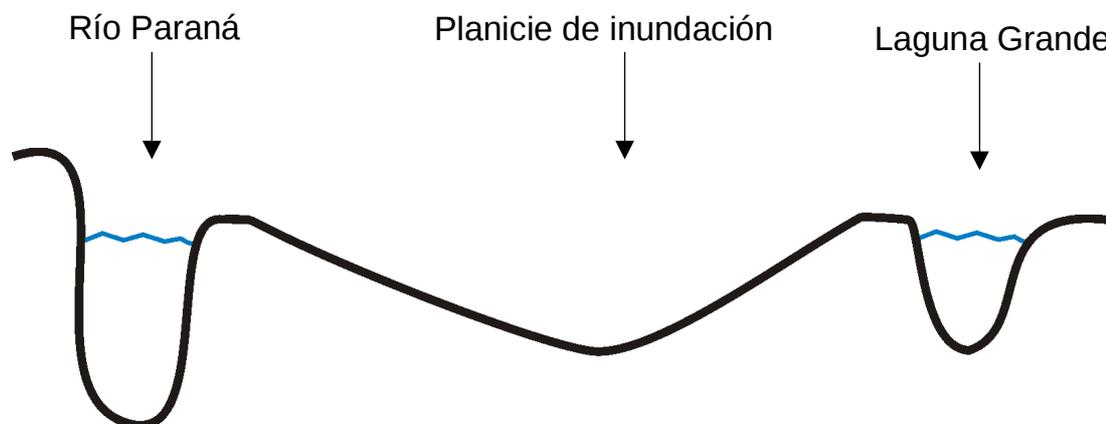


Fig. 8: Fracción de área inundada obtenida con datos SAR vs. altura del agua en Laguna Grande obtenida con datos de altímetro.



## Posible topografía equivalente



2º Congreso Internacional de  
**Hidrología de Llanuras**  
 23 al 26 de septiembre de 2014. Santa Fe, Argentina

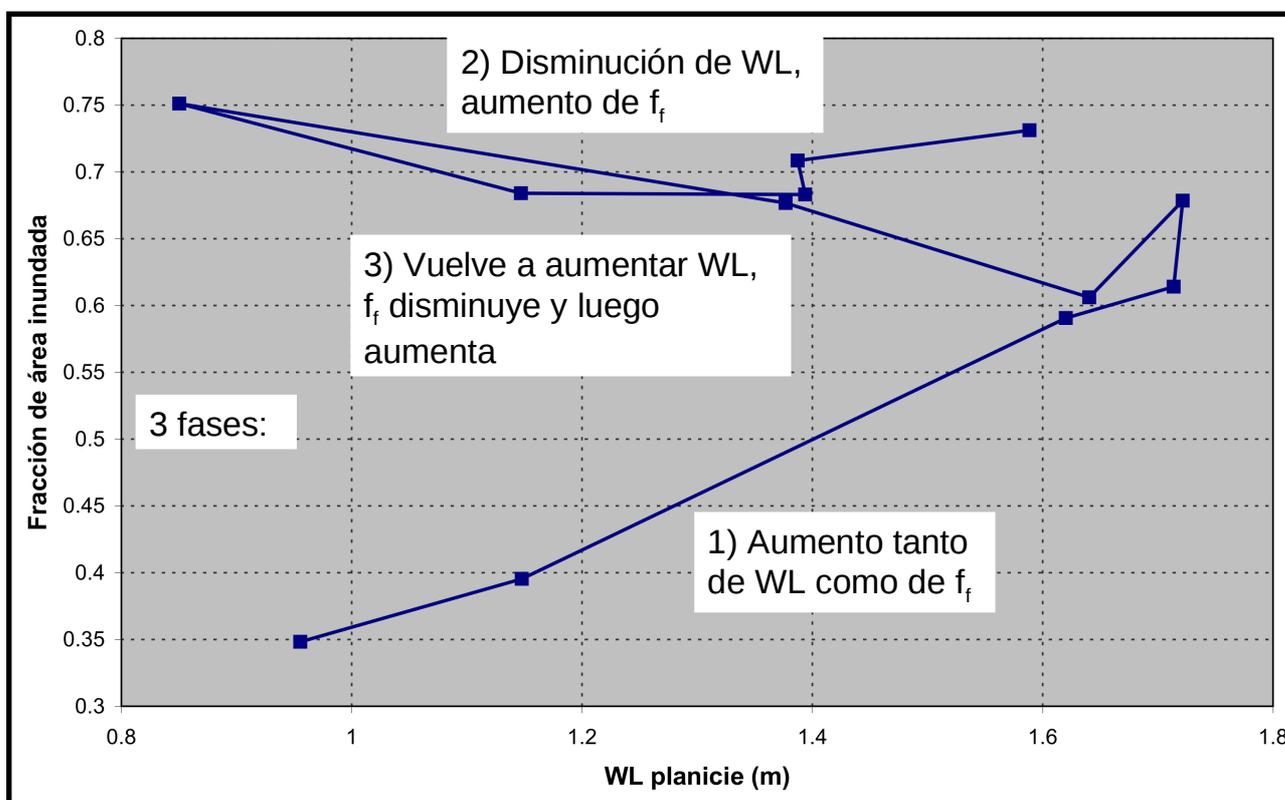


Fig. 9: Fracción de área inundada obtenida con datos SAR vs. altura del agua dentro de la planicie, estimada usando datos SAR, AMSR-E y un modelo de emisión.

2º Congreso Internacional de  
**Hidrología de Llanuras**  
 23 al 26 de septiembre de 2014. Santa Fe, Argentina



La complejidad de la relación entre fracción de área inundada y altura del agua en la planicie hace que la estimación de un esquema de topografía equivalente sea una tarea no trivial.

Sin embargo, dadas las tres fases presentes en la figura anterior, se puede inferir que el comportamiento hidrológico del área estudiada no podrá ser simplificada como un "contenedor" homogéneo, sino que serán necesarias dos o mas partes divididas por barreras internas que evitan o retrasan el pasaje de agua de una a otra.

**Se está trabajando en un programa que simule cada una de las relaciones encontradas entre  $f_f$  y altura del agua, para encontrar el esquema de topografía equivalente más sencillo que pueda representar lo observado.**



En resumen, el enfoque utilizado en este trabajo permite analizar las condiciones hidrológicas presentes en la planicie en un momento dado, en términos del espacio área inundada vs. altura del agua, y en consecuencia permite también el planteo de distintos escenarios futuros de inundación, lo que podría ser útil para el diseño de alertas y pronósticos de inundación.





**¡Gracias por la atención!**

**¿Preguntas?**