



# Evaluación estadística e hidrológica de la lluvia estimada por satélite de la misión TMPA y el GPM en los andes del Perú (Cuenca del río Vilcanota – Cusco)

**Carlos A. Fernández Palomino<sup>1</sup>**, Waldo S. Lavado-Casimiro<sup>1</sup>, Fiorella  
Vega Jácome<sup>1</sup>, César Aybar Camacho<sup>1</sup>, Julia Acuña Azarte<sup>1</sup> y Oscar G. Felipe  
Obando<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Lima 11, Perú.  
Contacto: [cafpxl@gmail.com](mailto:cafpxl@gmail.com)

## 1er COLOQUIO: APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA EN EL MANEJO DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN EL PERÚ

10 de Marzo de 2017

# Contenido

- Introducción
- Objetivos
- Área de estudio
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones

Carlos Fernandez  
SENAMHI, 2017



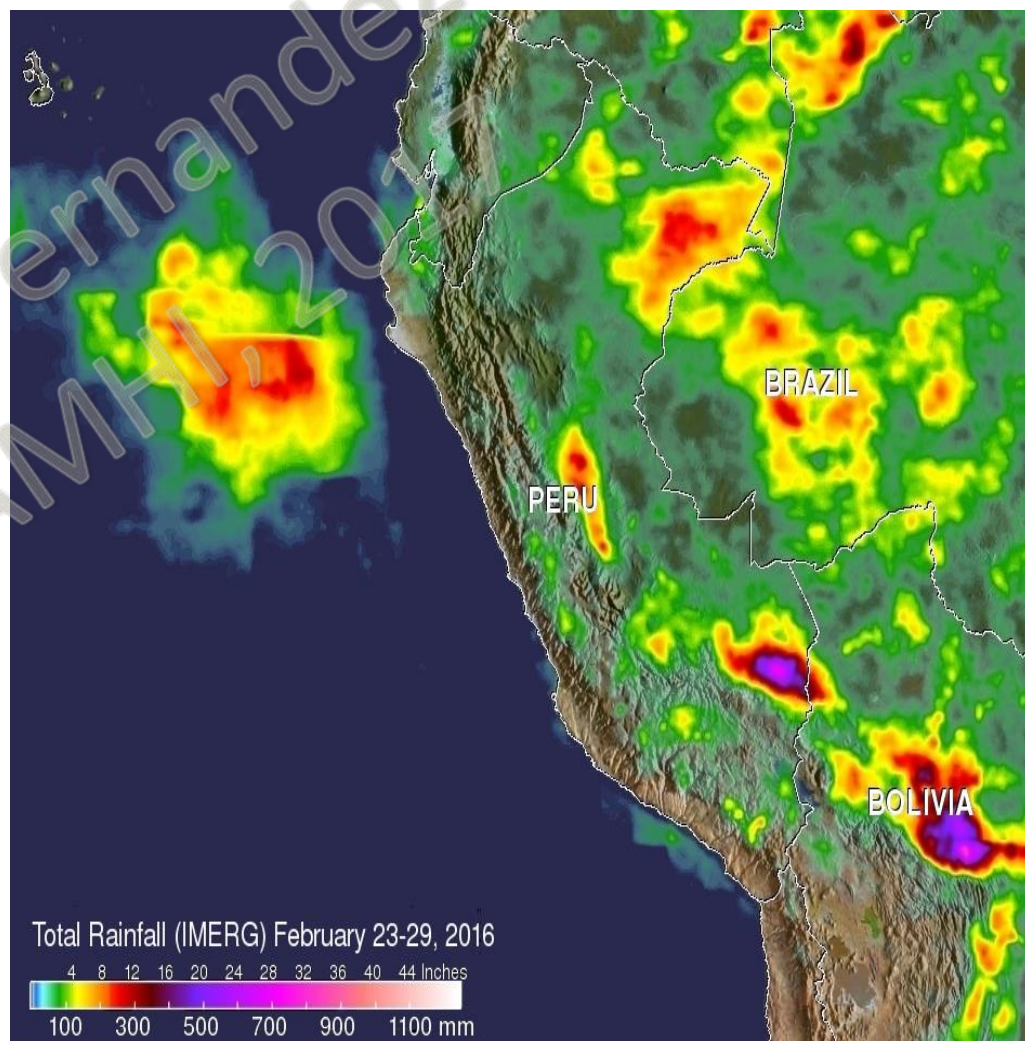
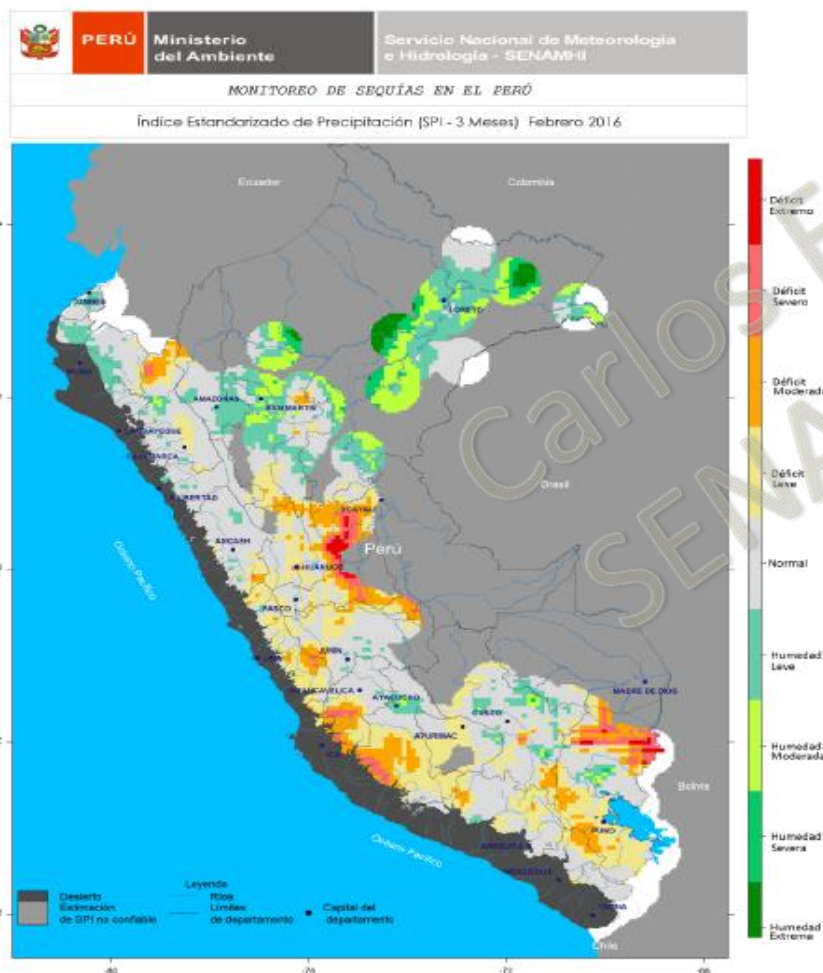
# Introducción

Importancia de la precipitación

Monitoreo de sequías

Monitoreo de inundaciones

SPI-3: DICIEMBRE A FEBRERO (TRES MESES)





# Introducción

## PP pluviométrica

Diario  
Baja densidad

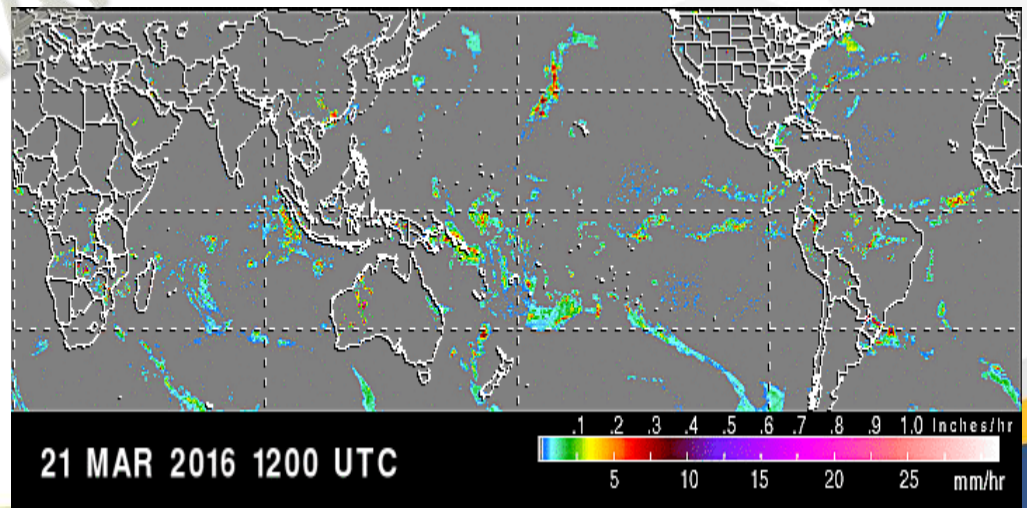


## PP estimada por Satélite



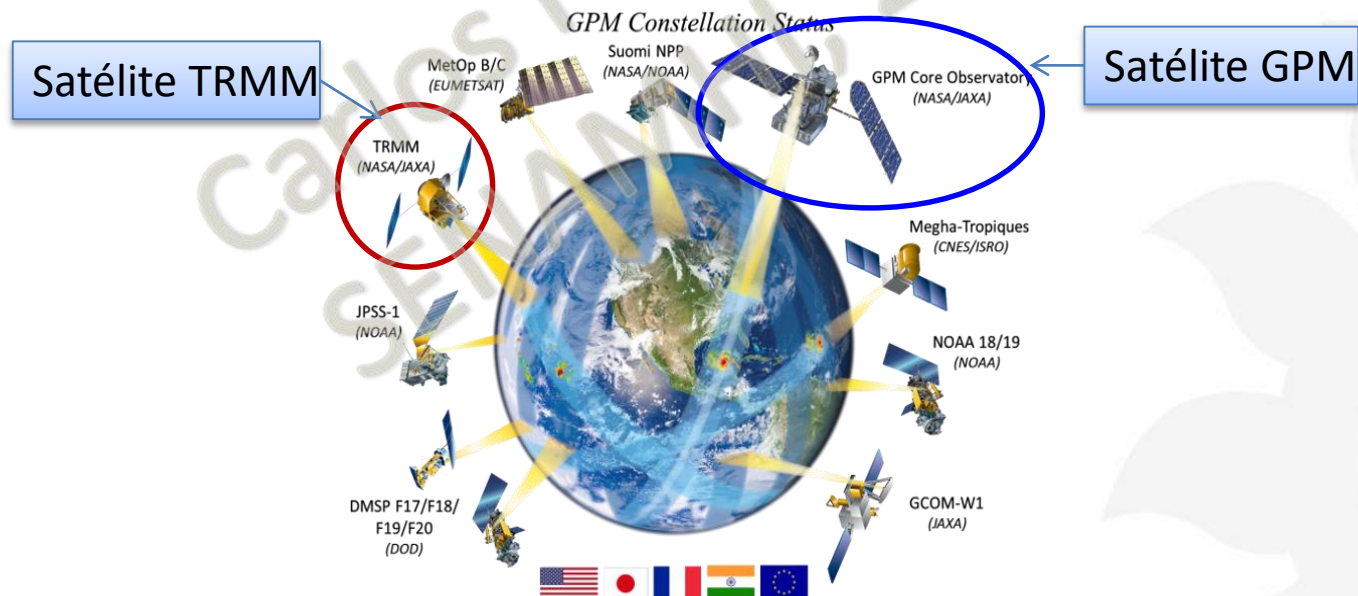
- Global
- Tiempo real

(cada 3Hrs → TMPA)  
(cada 30 min → IMERG)



# Introducción

	Misión TMPA	Misión GPM
Satélite	TRMM	GPM
Inicio	nov. 1997	Marzo 2014
Fin	abril 2015	...
Productos de PP	3B42 RT (Tiempo real) <b>3B42 V7 (prod. Investigación)</b>	IMERG Early run IMERG Late run <b>IMERG Final run</b>
Resolución	0.25° / 3hr	0.1° / 30 min
cobertura	Global (50° N-S)	Global (60° N-S)



era de TMPA (2000 – marzo 2014)

era de GPM (abril 2014 – dic. 2015)

# Objetivo

Evaluar la utilidad de precipitación estimada en base a satélite de la misión TMPA y GPM; en el modelamiento hidrológico en la cuenca del río Vilcanota ubicado en los Andes del sur del Perú

## Preguntas de investigación

¿Qué producto satelital representa mejor la precipitación observada en términos cuantitativos y cuál es mejor en la detección de eventos?

¿Es mejor el producto IMERG que su antecesor 3B42 V7 en la era GPM para el modelamiento hidrológico?



# Área de estudio: Cuenca del río Vilcanota (CRV)

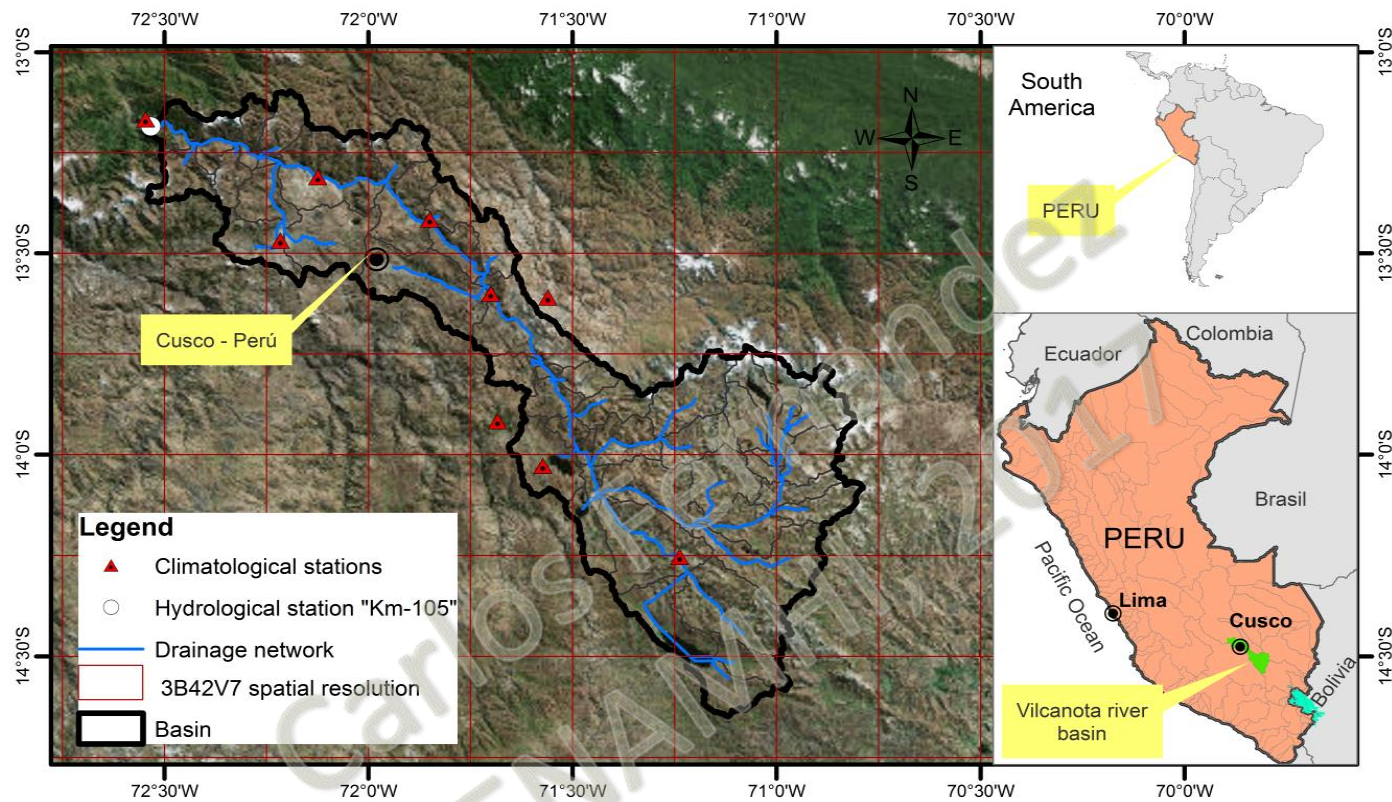


Figura: Ubicación del área de estudio y la red de estaciones hidro-meteorológicas

## Características:

- Área: 9613 km<sup>2</sup>
- Elevación: 2124 a 6309 m s.n.m.
- Precipitación media anual: 808 mm/año (30% en Mayo-Set. y 70% en Oct-Abril.)
- Descargas: 30 a 1100 (prom.133 m<sup>3</sup>/s)

# Área de estudio

La hidrología de CRV es caracterizada por:

- ✓ **Inundaciones** en la temporada lluviosa del 2010 (enero-marzo) causados por una secuencia de días seguidos con lluvia (Lavado-Casimiro et al. 2010; Huggel et al. 2015) cuyo **daño en la economía local** fue de **220 millones de dólares** (INDECI 2012; Huggel et al. 2015).



- ✓ **Sequías** que son relacionadas con el ENSO (Kane 1999; Kane 2000) y las temperaturas cálidas de la superficie del mar en el Atlántico tropical norte (Lavado Casimiro et al. 2012b).





# Área de estudio (Continúa...)

- ✓ **Pérdida masiva de masa de hielo** (30% del área y 45% del volumen desde el año 1985 en adelante) del glaciar de la cordillera Vilcanota (*Salzmann et al. 2013; Suarez et al. 2015*)



- ✓ **pérdidas de suelo** producto de la erosión hídrica debido a los cambios de usos de suelo (*Gonzales-Inca 2009*)



- ✓ Evaluación del **impacto del cambio climático indican que habrá menor disponibilidad del agua en CRV**, la cual tendrá impactos sobre el abastecimiento de agua especialmente durante la temporada seca (*Lavado Casimiro et al. 2011; Andres et al. 2014*).

# Metodología



**(Soil and Water Assessment Tool)** (Arnold et al. 1998)

SWAT es un modelo hidrológico semi-distribuido desarrollado por el USDA (United States Department of Agriculture).

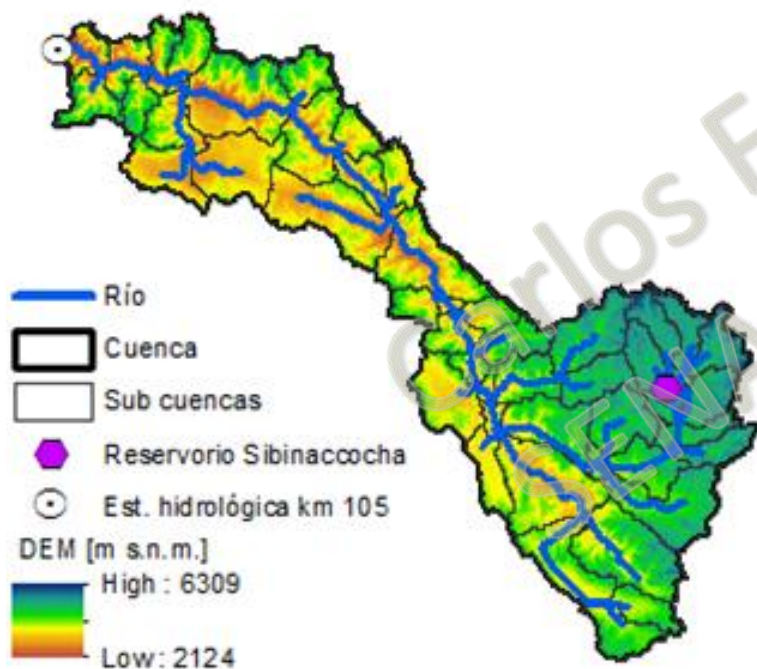


Fig: Discretización de la cuenca

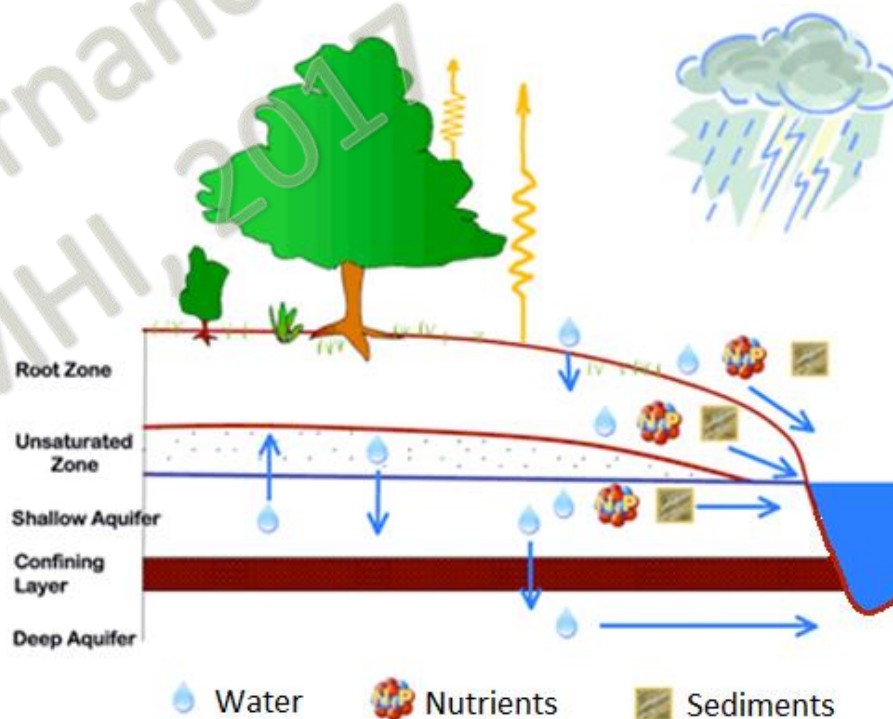


Fig: Balance hidrológico en SWAT

# Datos

Tabla : Tipo de dato, resolución y fuente de datos

<b>Tipo de dato</b>	<b>Resolución</b>	<b>Fuente</b>
Meteorológico: lluvia, temperatura máxima y mínima.	Diaria (2000-2015)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)
Descarga observada (estación “KM-105”)	Diaria (1958-2015)	Compañía hidroeléctrica EGEMSA
DEM	90 m	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) producido por CGIAR-CSI (Consortium for Spatial Information) ( <a href="http://srtm.csi.cgiar.org">http://srtm.csi.cgiar.org</a> )
Cobertura vegetal	300 m	Proyecto ESA CCI-LC (European Space Agency and Climate Change Initiative-Land Cover) ( <a href="http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer">http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer</a> )
Mapa de suelo	1:5 000 000	FAO-1995, (2003). Disponible en <a href="http://www.waterbase.org/download_data.html">http://www.waterbase.org/download_data.html</a>



# Metodología

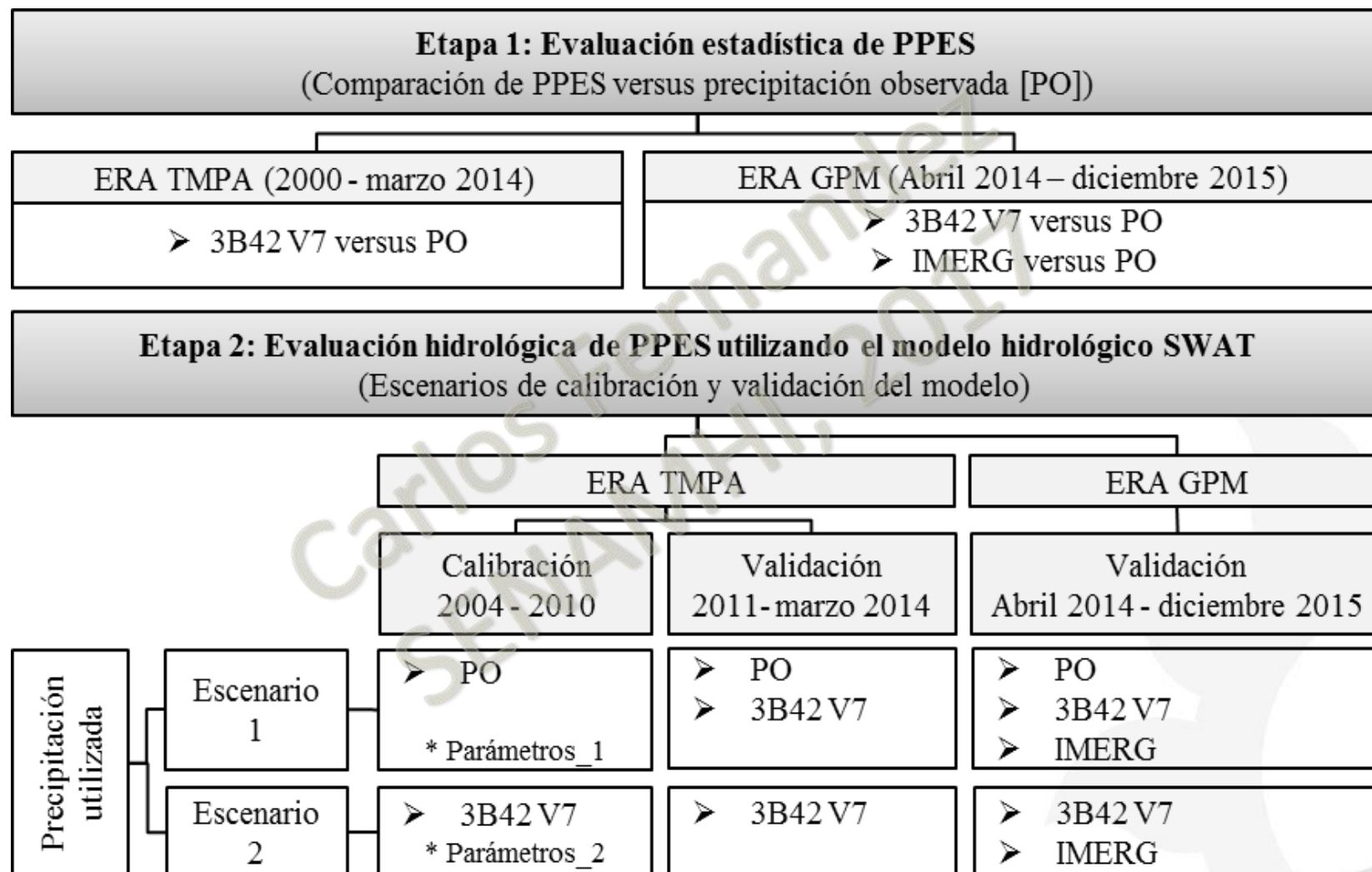


Figura. Diagrama de flujo de la metodología

# Resultados:

## Etapa 1: Evaluación estadística de PPES (Comparación de PPES versus precipitación observada [PO])

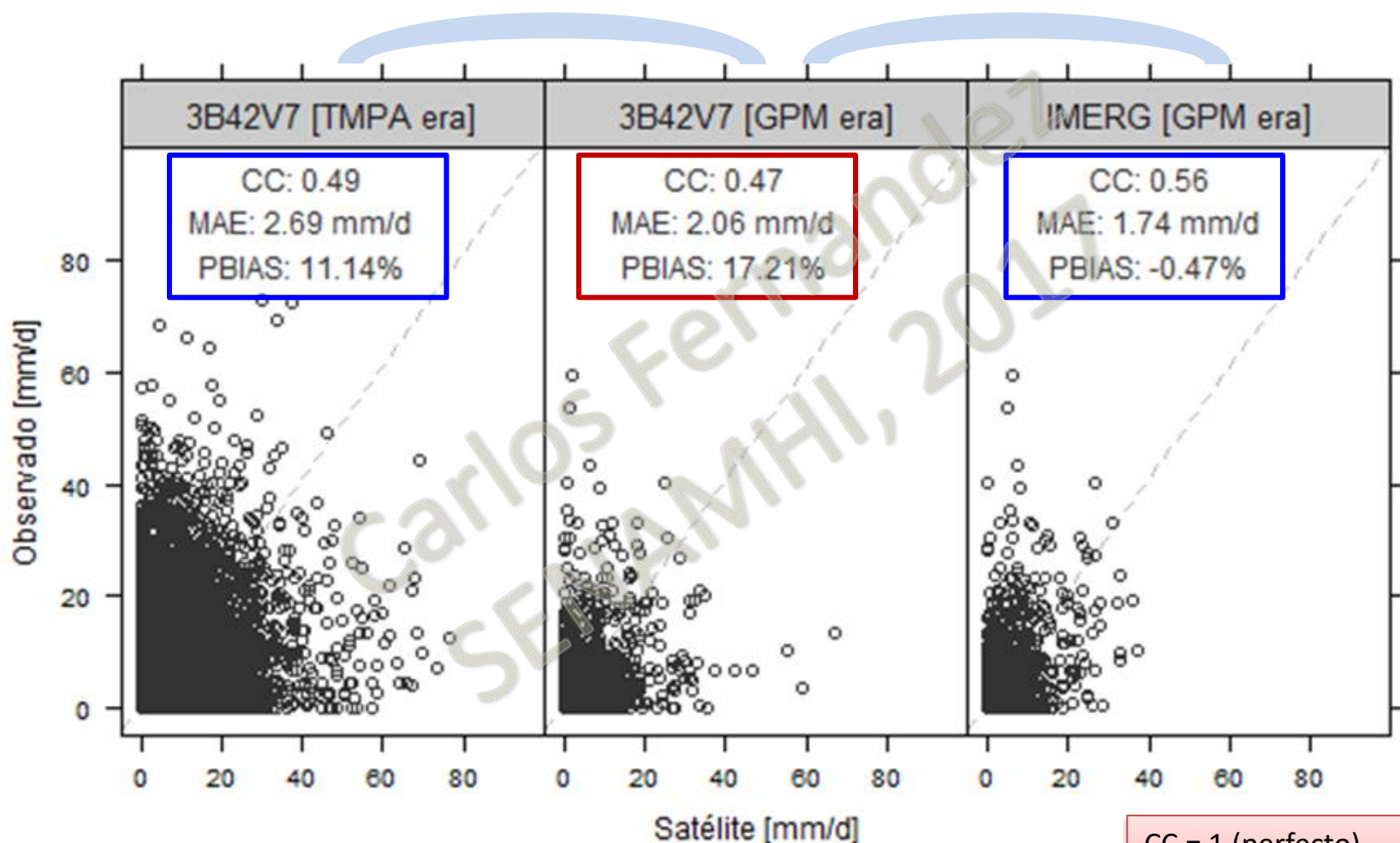
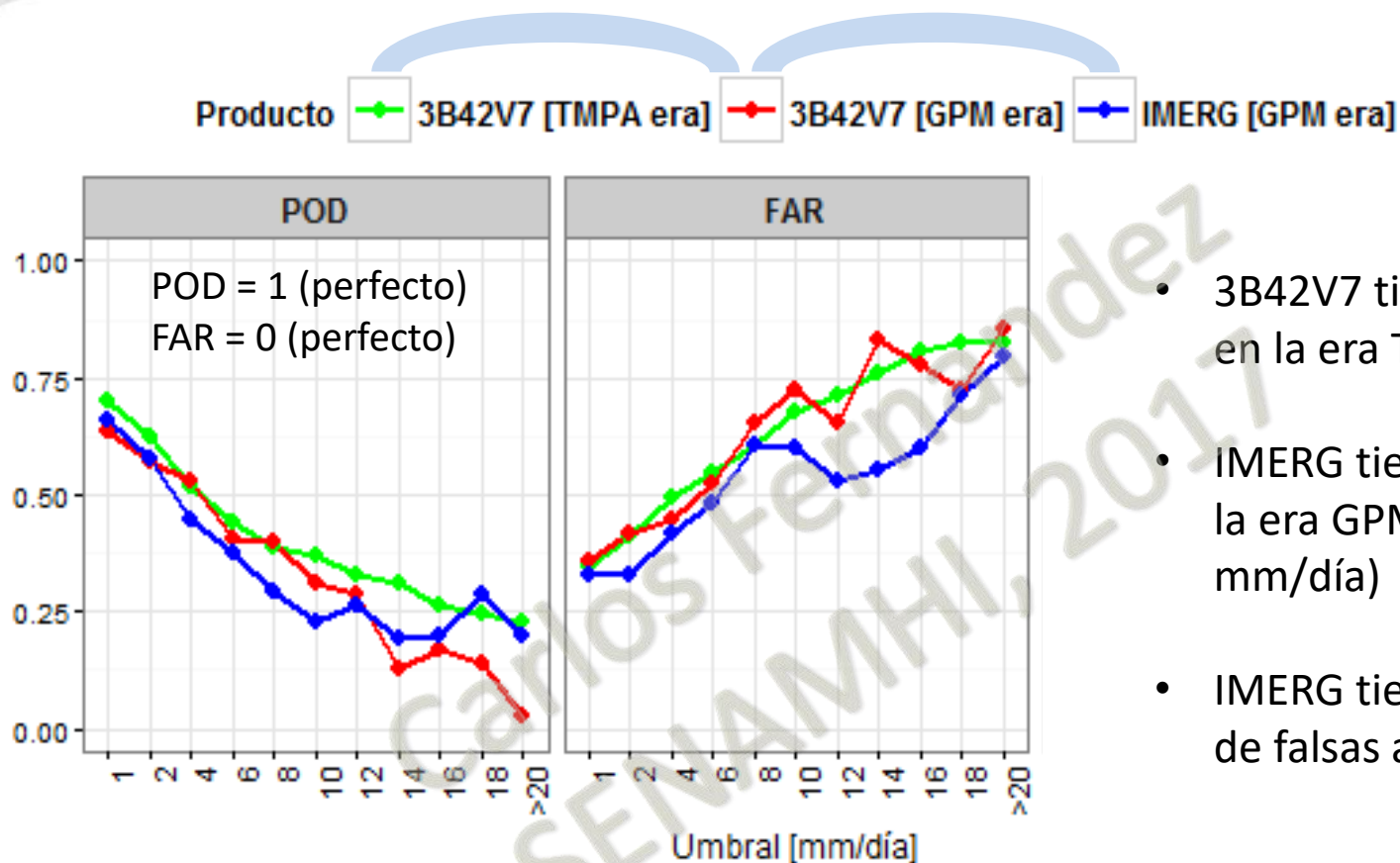


Figura: Gráficos de dispersión de precipitación satelital vs precipitación observada

CC = 1 (perfecto)  
MAE, PBIAS = 0 (perfecto)

- Era TMPA (2000-marzo 2014)
- Era GPM (Abril 2014 – dic. 2015)

# Resultados: Capacidad de detección de eventos



- 3B42V7 tiene mejor POD en la era TMPA
- IMERG tiene mejor POD en la era GPM (eventos > 14 mm/día)
- IMERG tiene bajos valores de falsas alarmas

Figura: Métricas de contingencia:  
POD: probabilidad de detección,  
FAR: ratios de falsa alarma



**Etapla 2: Evaluación hidrológica de PPES utilizando el modelo hidrológico SWAT**  
(Escenarios de calibración y validación del modelo)

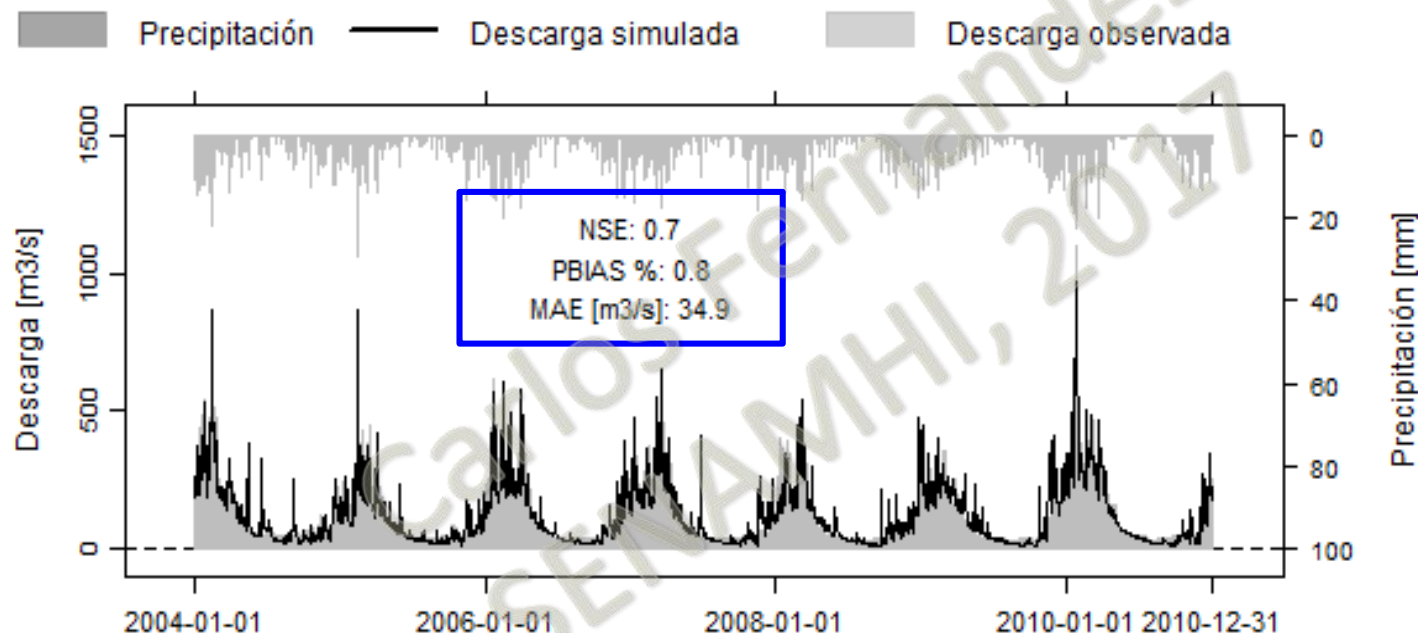
Tabla: Valores de los parámetros del modelo SWAT calibrado

Orden	Parámetro	Descripción	Escenario 1	Escenario 2
			Parámetros_1	Parámetros_2
1	SURLAG <sup>(v)</sup>	Coefficiente de retraso de la escorrentía superficial	0.20	0.05
2	SOL_AWC <sup>(r)</sup>	Capacidad de agua disponible en el suelo [mm H <sub>2</sub> O/mm suelo]	-0.33	1.05
3	SOL_BD <sup>(r)</sup>	Densidad aparente húmeda del suelo [g/cm <sup>3</sup> ]	0.34	0.34
4	GWQMN <sup>(v)</sup>	Umbral de profundidad del agua necesaria en el acuífero superficial para que ocurra el flujo de retorno [mm]	681.30	681.30
5	RCHRG_DP <sup>(v)</sup>	Fracción de recarga hacia el acuífero profundo	0.36	0.36

## Etapa 2: Evaluación hidrológica de PPES utilizando el modelo hidrológico SWAT

(Escenarios de calibración y validación del modelo)

### Escenario 1

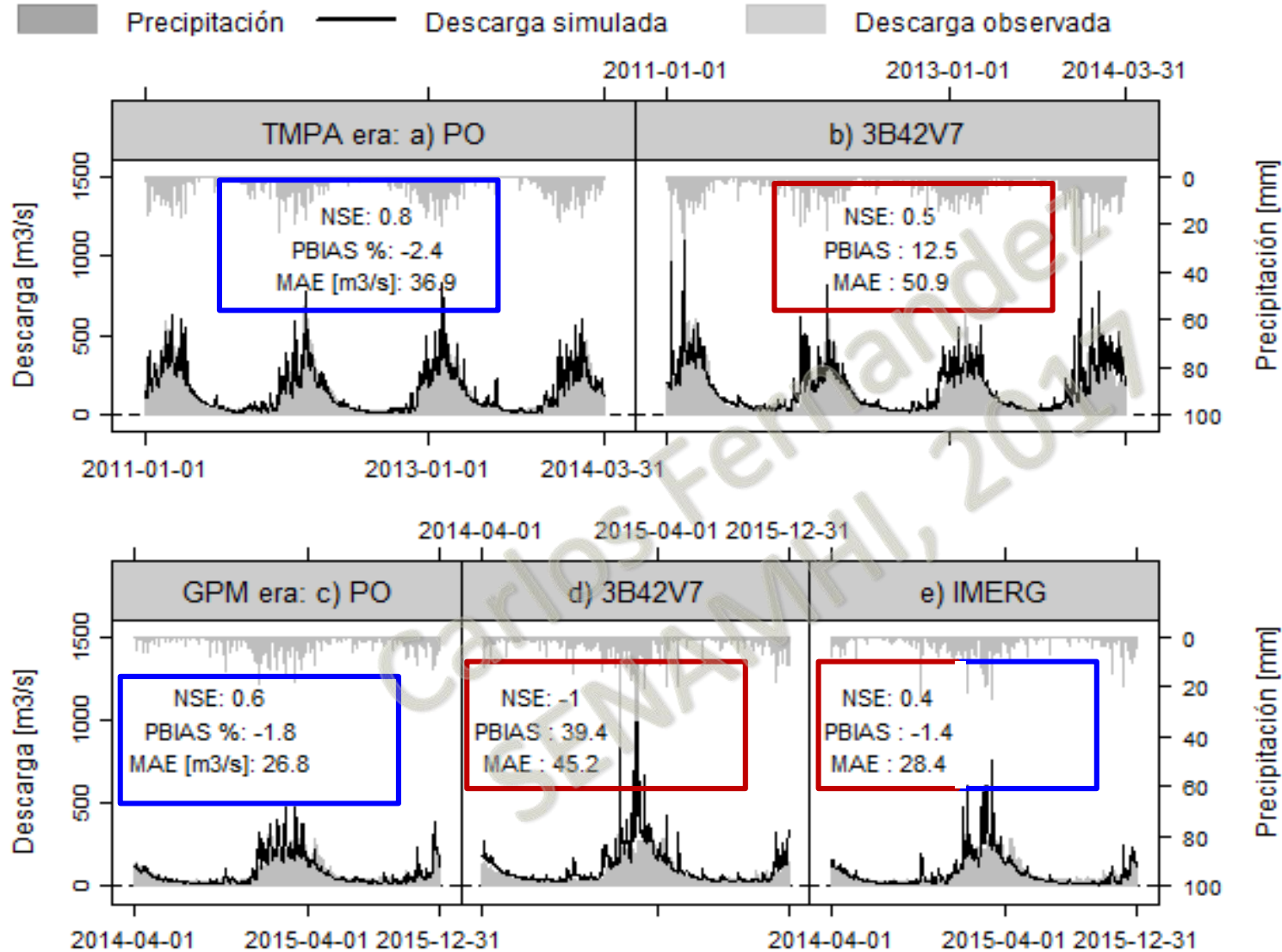


Calibración 2004 - 2010	ERA TMPA	
	Validación 2011 - marzo 2014	
Validación Abril 2014 - diciembre 2015	ERA GPM	

Figura 7: Escenario1: Calibración del modelo SWAT utilizando la precipitación observada (PO)

NSE = 1 (perfecto)  
MAE, PBIAS = 0 (perfecto)

## Escenario 1



Calibración 2004 - 2010	ERA TMPA
Validación 2011 - marzo 2014	
Validación Abril 2014 - diciembre 2015	ERA GPM

Figura:

- Validación del modelo SWAT en la era TMPA (Arriba)
- Validación del modelo SWAT en la era GPM (Abajo)



## Escenario 2

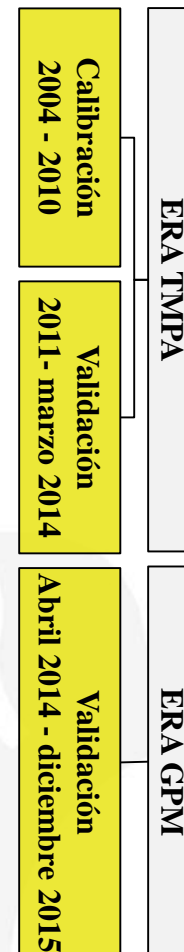
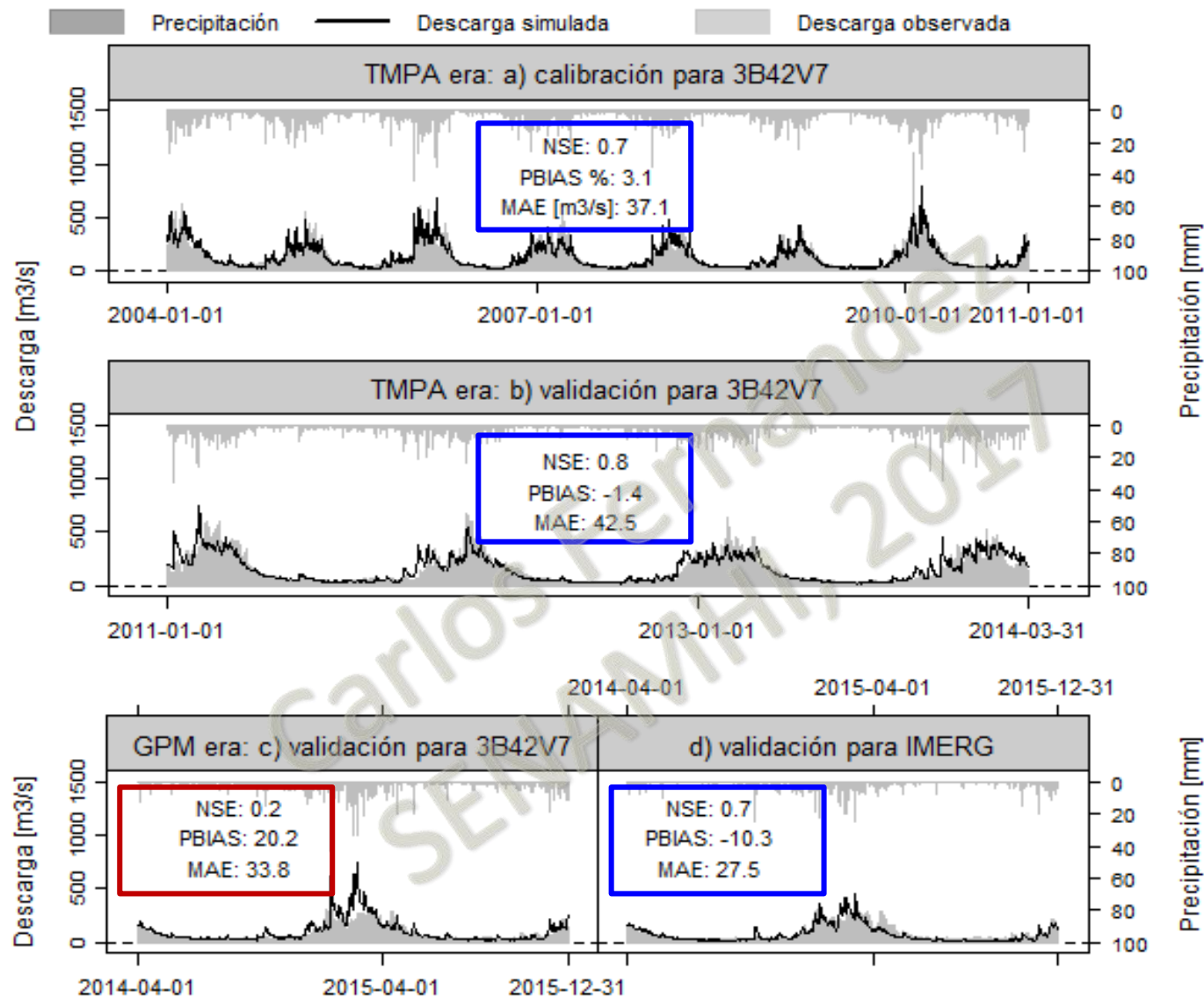


Figura 10: Escenario 2: Calibración (a) y validación (b) de SWAT utilizando 3B42V7 en la era TMPA. Validación de SWAT para 3B42V7 (c) e IMERG (d) en la era GPM

# Conclusiones

¿Qué producto satelital representa mejor la precipitación observada en términos cuantitativos y cuál es mejor en la detección de eventos?

Cuantitativamente el producto 3B42V7 es mejor en la era TMPA que GPM; debido a que en esta última era el producto 3B42V7 sobrestima más la precipitación observada.

En la era de GPM en general el producto IMERG ha demostrado sustanciales mejoras respecto a 3B42V7 como en la reducción de bias y los errores absolutos. Asimismo IMERG mejora en la detección de eventos de precipitación y la reducción de falsas alarmas.

¿Es mejor el producto IMERG que su antecesor 3B42 V7 en la era GPM para el modelamiento hidrológico?

En concordancia a la evaluación estadística se encontró que en la era de GPM la utilidad de IMERG en el modelamiento hidrológico es muy superior que 3B42V7.

Además se demostró que la utilidad del producto 3B42V7 en el modelamiento hidrológico es mas adecuada en la era de TMPA debido que en la era GPM el desempeño de SWAT utilizando 3B42V7 es insatisfactorio.