

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
DIRECCIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y ALERTA HIDROLÓGICO
ÁREA DE SENSORES REMOTOS Y SIG

Equipo de trabajo: Lic. Leandro Giordano, Lic. Juan Bianchi, Sr. Tomás Calvi

INUNDACIONES EN LA CUENCA A1 DEL RÍO SALADO BONAERENSE
ELEMENTOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN



14 de enero de 2017

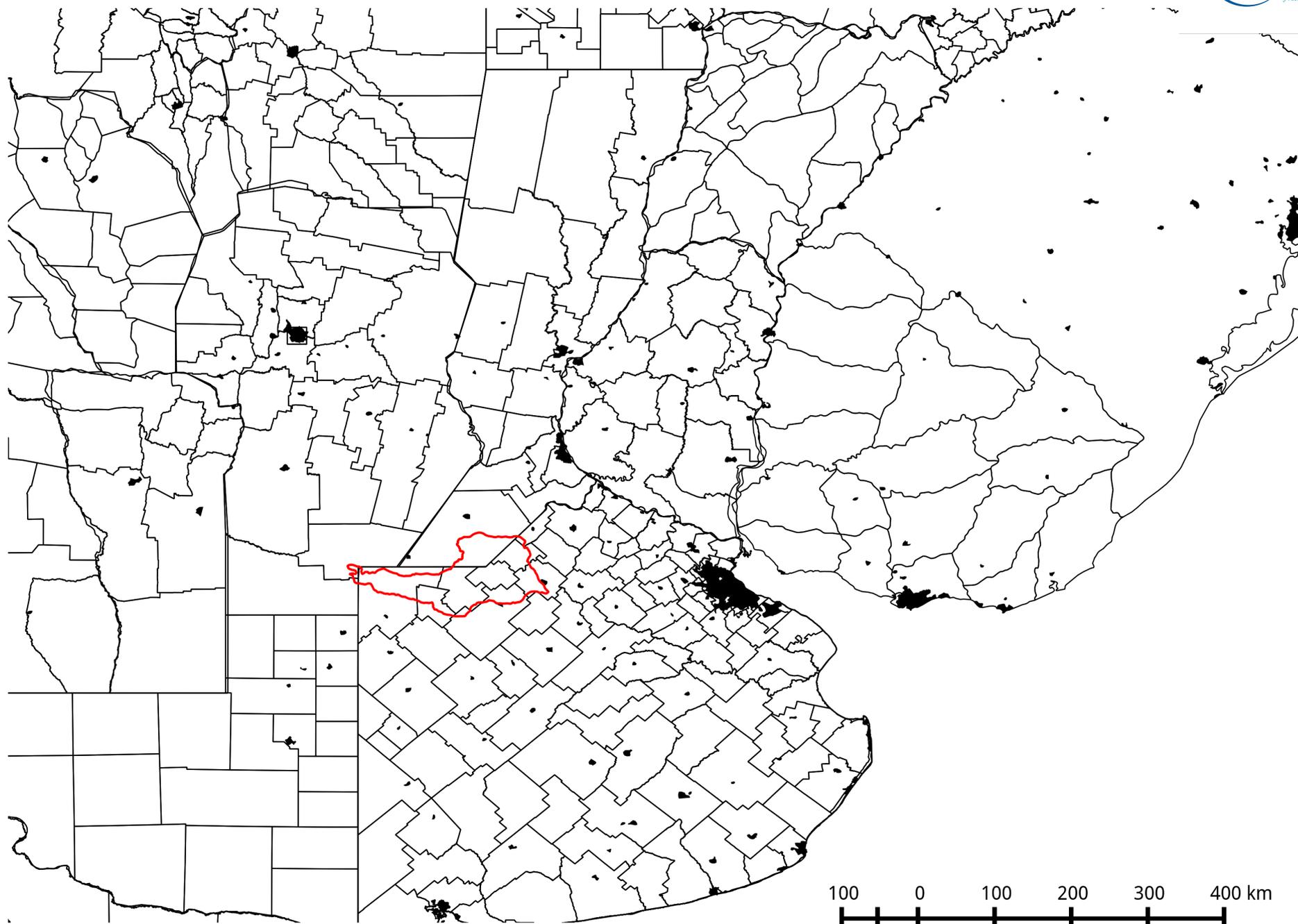
Inundaciones en la cuenca A1 del Río Salado

Sinopsis

A fines del mes de Diciembre de 2016 una serie de eventos de precipitación caracterizados por una duración de 1-4 días, iniciados el día 21/12/2016, cubriendo un área extensa (Oeste de Córdoba, Norte de Buenos Aires, Centro y Sur de Santa Fe) dieron lugar a volúmenes de excedentes hídricos muy significativos intensificando una ya severa afectación hídrica superficial. Este hecho fue notorio sobre la región fisiográfica denominada 'Pampa Arenosa', donde se localizan las nacientes del río Salado de Buenos Aires.

El fenómeno de precipitación observado ha impreso un patrón de macro-escala ($10^4 \text{ km}^2 - 10^6 \text{ km}^2$), caracterizado por un gran volumen acumulado, constituyendo un fuerte desvío en referencia a los valores normales para la época del año (período de referencia 1986-2015). Al respecto, vale señalar que hay evidencia empírica que indica el desarrollo de un período húmedo iniciado en 2012, en 'Pampa Arenosa', luego de un período notoriamente más seco (2005-2012). En consecuencia, el contenido inicial de almacenamiento en los distintos reservorios de los sistemas hídricos (suelo, subsuelo, lagunas y canales) ha persistido en niveles relativamente altos (particularmente luego del importante evento de recarga de agosto de 2015). En efecto, gran parte de las lagunas de la 'Pampa Arenosa' se encuentran en niveles altos desde la recarga de Noviembre de 2016 (referimos al informe elaborado en dicha ocasión, publicado en la web del INA). Luego, frente a un volumen inusualmente elevado de ingreso de agua al sistema, el excedente hídrico generado fue cuantioso, dando lugar a un nuevo incremento de la superficie anegada, invadiendo áreas productivas que no hubieran resultado afectadas previamente, particularmente en respuesta a los eventos de precipitación registrados entre el 21/12/2016 y el 24/12/2016 para el área de la cuenca A1 del Salado Bonaerense.

Situación geográfica de la cuenca A1 del río Salado Bonaerense



*En rojo se presenta el área de aportes A1 al río Salado. En negro se resaltan las principales aglomeraciones urbanas

Análisis de la forzante (precipitación) [condición inicial]

Variables:

- Anomalías de Precipitación Acumulada Mensual estaciones Laboulaye y Junín (Red SYNOP) [período de referencia 1986-2015]**
- Precipitación acumulada y Anomalía de Precipitación [dominio temporal 2016/12/21 a 2017/01/13, período de referencia 1986-2015]**

Supuesto

Asociación negativa entre persistencia de anomalías positivas y profundidad freática (menor profundidad a persistencia de anomalías positivas). Luego, el efecto directo es la disminución en la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo, debido a un incremento del espesor de la zona saturada (napa freática) por sobre la zona no saturada. Además, dada la fuerte inter-relación entre el agua de la napa freática y el almacenamiento en lagunas esto da lugar a una expansión notoria de los cuerpos de agua.

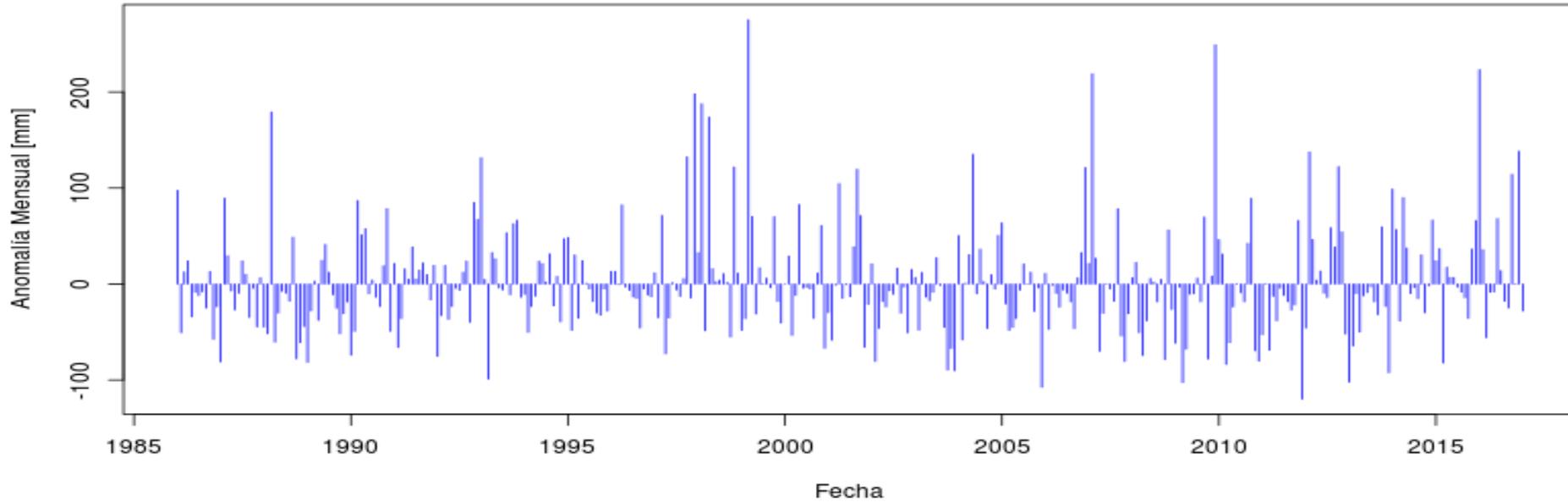
Definición y observaciones sobre anomalías

La anomalía de precipitación acumulada en un intervalo de tiempo es el desvío de este valor al respecto del valor medio, para los días del año considerados en dicho intervalo, estimado según un período de referencia. Particularmente, hemos fijado este período entre los años 1986 y 2015.

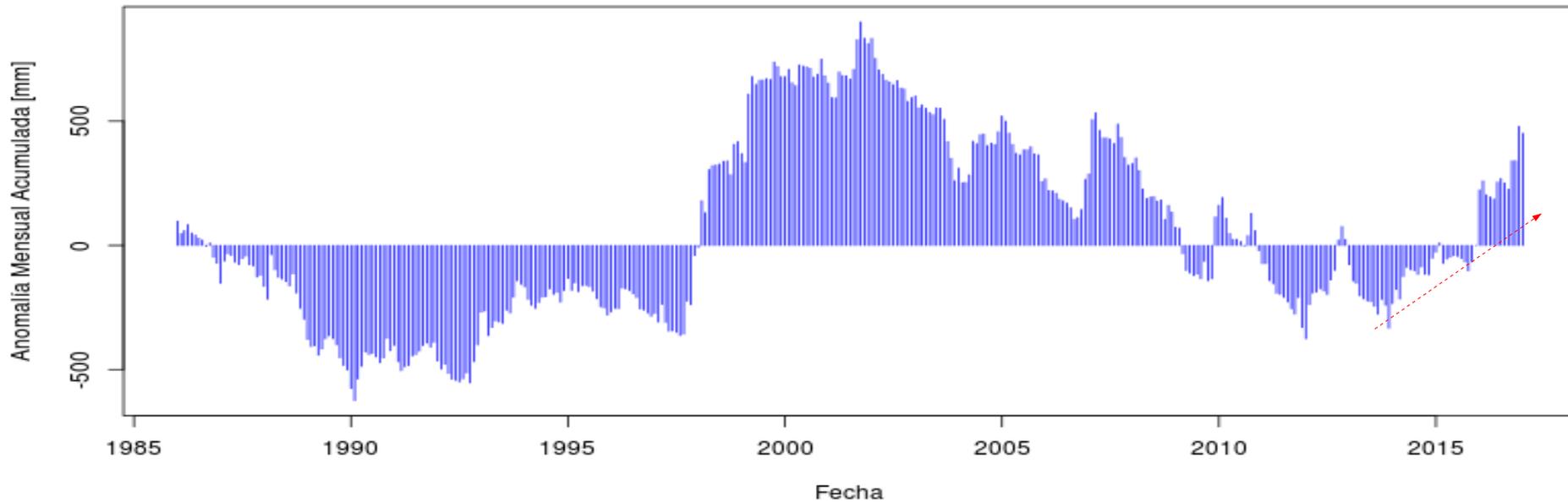
La gráfica de 'anomalía acumulada' es útil para identificar períodos de predominio de anomalías de precipitación acumulada mensual positiva o negativa (de acuerdo a la variación de la pendiente). En el mismo sentido, señalamos el carácter manifiesto oscilatorio que bien puede apreciarse en las gráficas obtenidas para la región pampeana, exhibiendo un patrón cuasi-periódico caracterizado por la alternancia de dicho predominio. Actualmente se está desarrollando una fase húmeda.

I. Escenario pre-eventos

Laboulaye
Anomalía Mensual. Período de referencia = 1986-2015



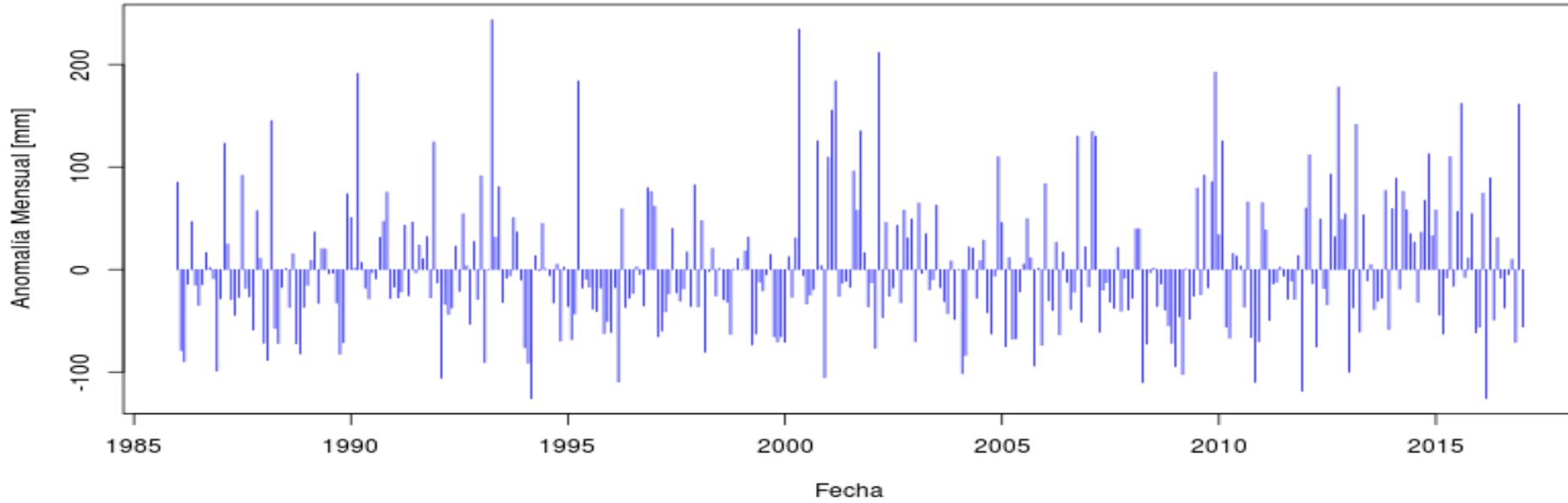
Laboulaye
Anomalía Mensual Acumulada. Período de referencia = 1986-2015



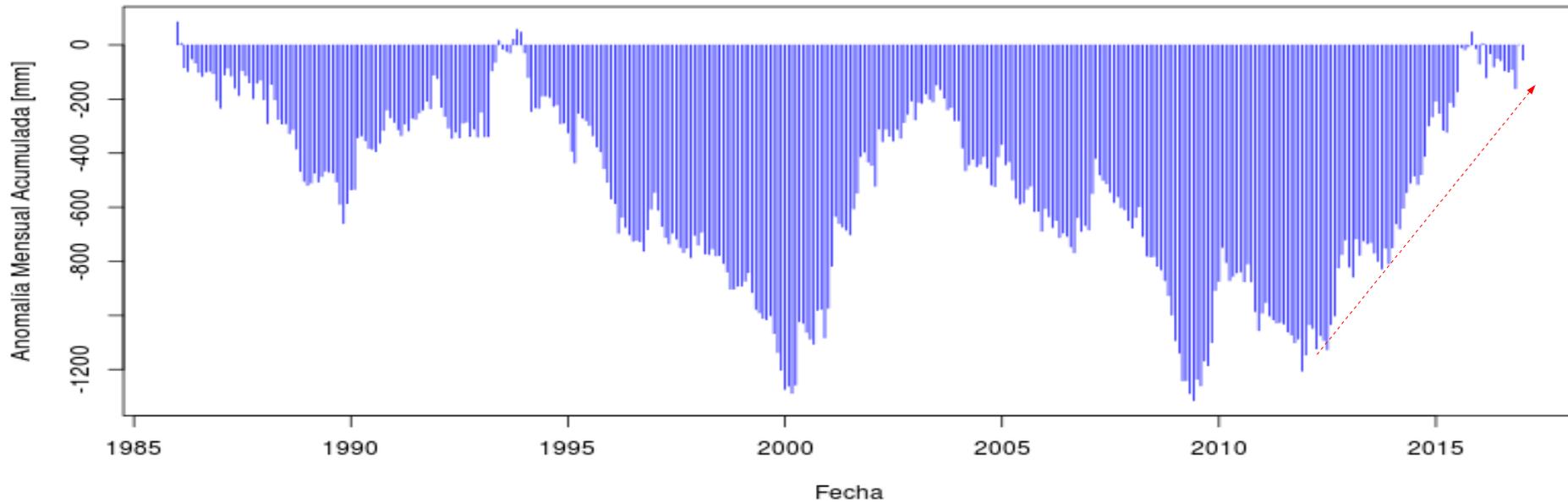
Análisis de la forzante (precipitación)

Fase húmeda: persisten anomalías positivas desde inicios de 2012

Junín
Anomalia Mensual. Período de referencia = 1986-2015



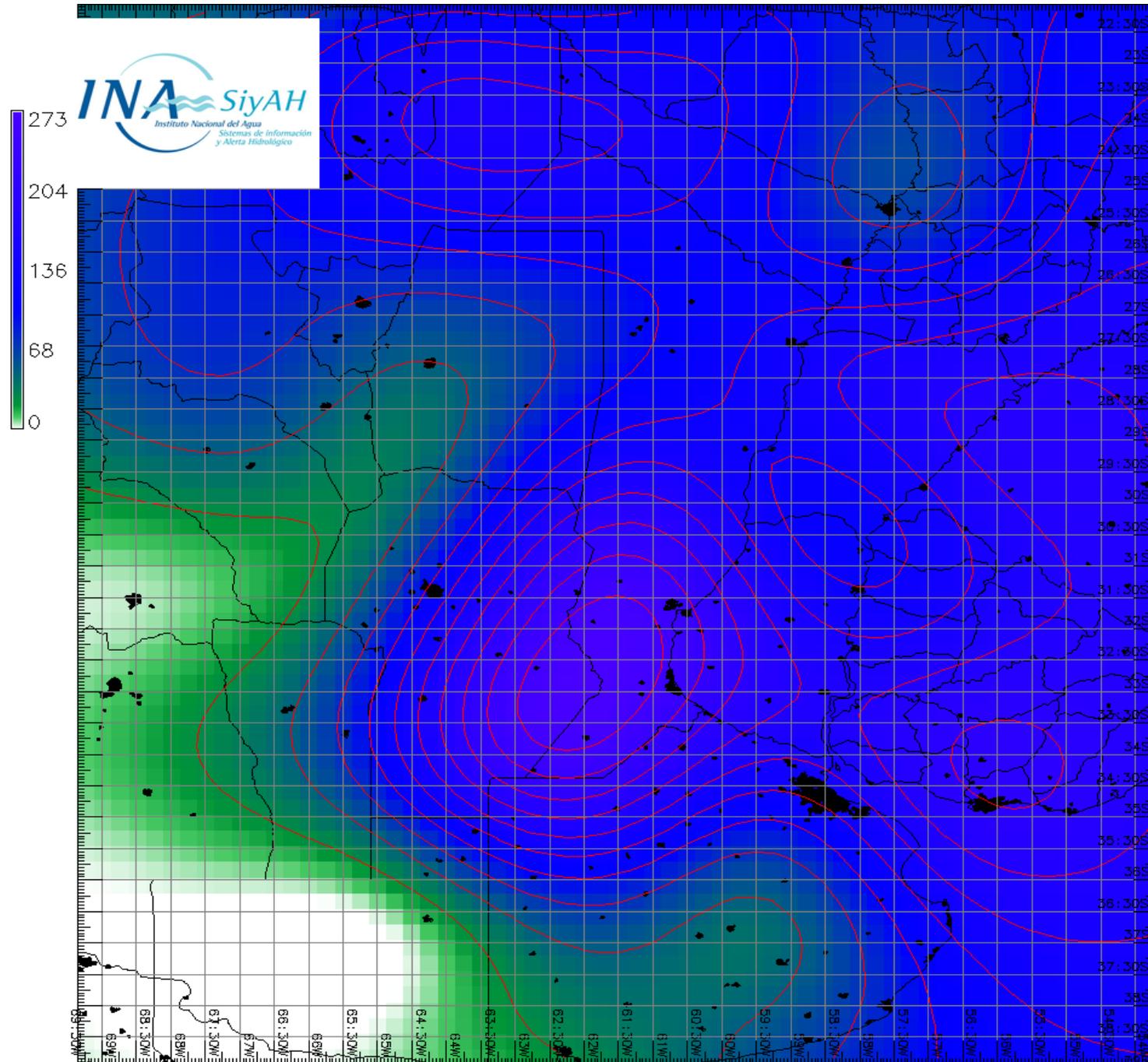
Junín
Anomalia Mensual Acumulada. Período de referencia = 1986-2015



II. Características de los eventos

Análisis de la forzante (precipitación)

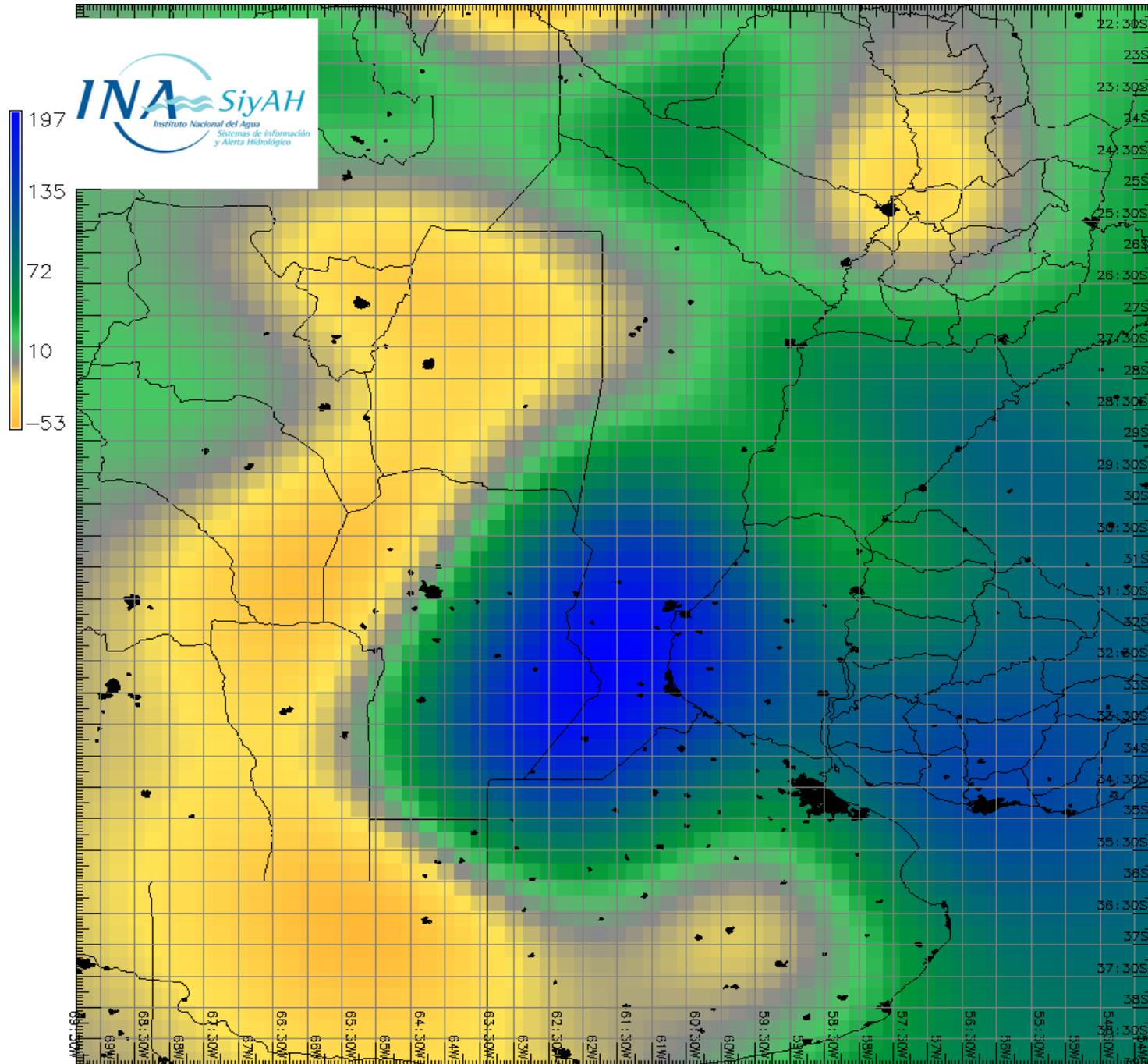
PRECIPITACIÓN ACUMULADA [mm] 21/12/2016 A 14/01/2017 (DATOS RED SYNOP)



*En rojo se presentan isoyetas a paso de 25 mm. En negro se presentan las principales aglomeraciones

Análisis de la forzante (precipitación)

ANOMALÍA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA [mm] 21/12/2016 A 14/01/2017 (DATOS RED SYNOP)



*En negro se presentan las principales aglomeraciones

Observaciones sobre la respuesta

Variable:

Superficie Anegada obtenida mediante discriminación aplicando técnica de umbral NDWI. Sensores

- Detección de cambios en superficie inundada. Sensor OLI (LANDSAT VIII). Resolución espacial 30 m, Resolución temporal 16 días. Escenas utilizadas path-row 228-084 (Zona Villegas). 29/12/2016 (postevento) vs 13/12/2016 (pre-evento).

- Saturograma (dinámica área anegada a nivel de agregación de dominio espacial seleccionado). Sensor MODIS. Resolución espacial 500 m, Resolución temporal diaria.

Observaciones

La secuencia de meses con anomalía de precipitación positiva se ha asociado a una expansión del área anegada, trasladándose el patrón cíclico observado. Gran parte del fenómeno apreciado puede explicarse por la fuerte asociación entre la posición de la napa freática y la extensión de los cuerpos de agua (lagunas). Actualmente, la zona sur de la 'Pampa Arenosa' presenta una leve retracción del área anegada, recuperándose de la intensa recarga de Noviembre de 2016, mientras la zona norte ha mostrado una expansión de esta en respuesta directa a los eventos de Diciembre de 2016. Aún así, el almacenamiento en los distintos reservorios de los sistemas hídricos continúa siendo relativamente elevado, aspecto propio del desarrollo de la fase húmeda.

Grandes Números

La cuantificación del área afectada sobre la base de Teledetección no es exacta debido a limitaciones en la resolución del sensor y a errores propios de la técnica de clasificación. Luego, las estimaciones deben ajustarse con observaciones realizadas *in situ*. Aún así, pueden constituir un buen estimado de 'cota inferior'. Particularmente, la detección de cambios sobre la base de información espectral OLI, ha permitido estimar un área afectada de 342,76 km² al 29/12/2016 (incluyendo las zonas anegadas permanentemente), con un incremento de 153,41 km² entre el día 29/12/2016 en relación al 13/12/2016, para la escena 226-084 (cubriendo la zona de General Villegas).

I. Escenario pre-eventos (saturograma MODIS NDWI)

ÁREA DE ESTUDIO

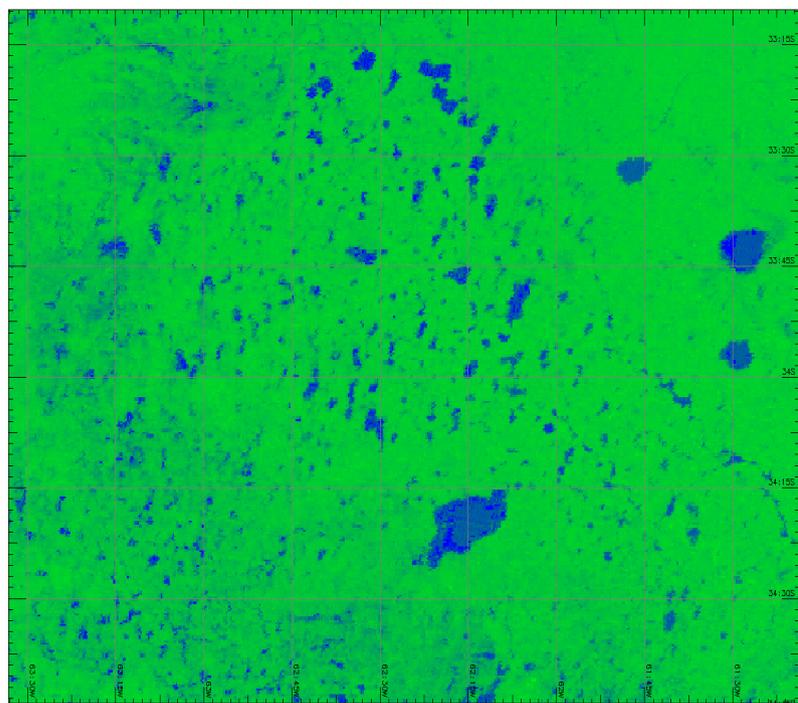
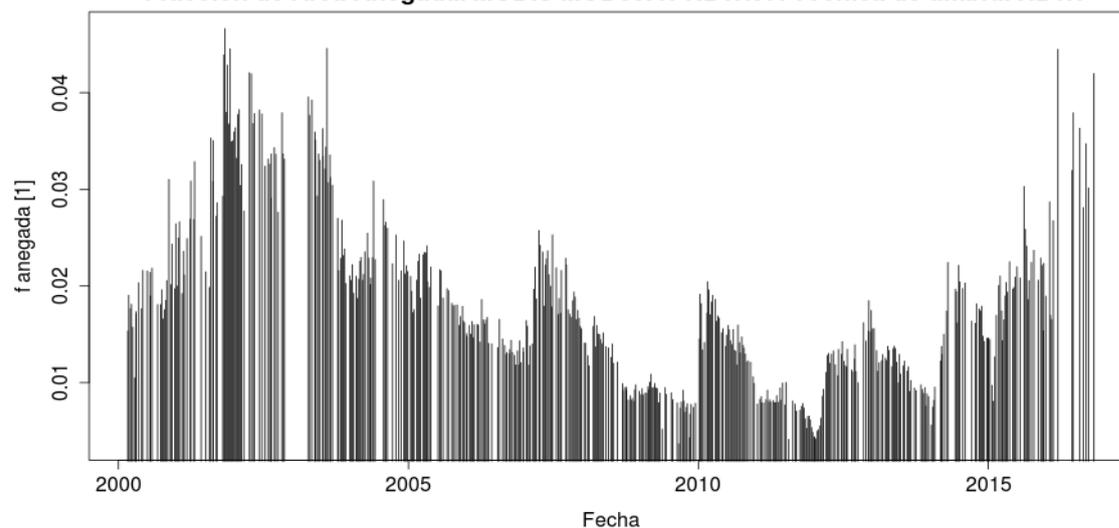
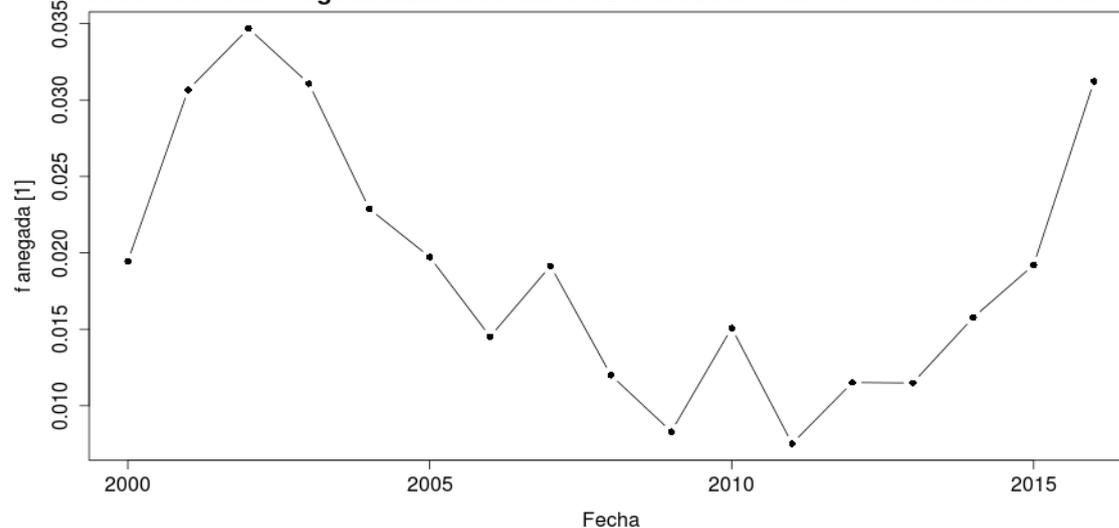


Imagen NDWI37 correspondiente al recorte para el cual se ha agregado el valor de fracción anegada. Los tonos azules pueden asociarse a píxeles completamente anegados.

Recorte sobre La Picasa y Sistemas Palustres adyacentes. Fracción de Área Anegada. MODIS MOD09A1 NDWI37. Técnica de umbral NDWI



Recorte sobre La Picasa y Sistemas Palustres adyacentes Fracción de Área Anegada Máxima Anual. MODIS MOD09A1 NDWI37. Técnica de umbral NDWI



Puede advertirse una nueva fase de ascenso (húmeda) a partir de 2012, todavía de menor intensidad que la presenciada a inicios de 2000, luego de la retracción (con fluctuaciones estacionales) propia del período 2003-2011. Estas oscilaciones están asociadas a las tendencias apreciadas en la integral de anomalías correspondiente a Laboulaye.

**II. Observaciones post-eventos 21/12/2016
Detección de cambios OLI (LANDSAT VIII)**

GENERAL VILLEGAS

Detección de cambios agua en superficie 2016/12/29 vs 2016/12/13 (Sensor OLI)

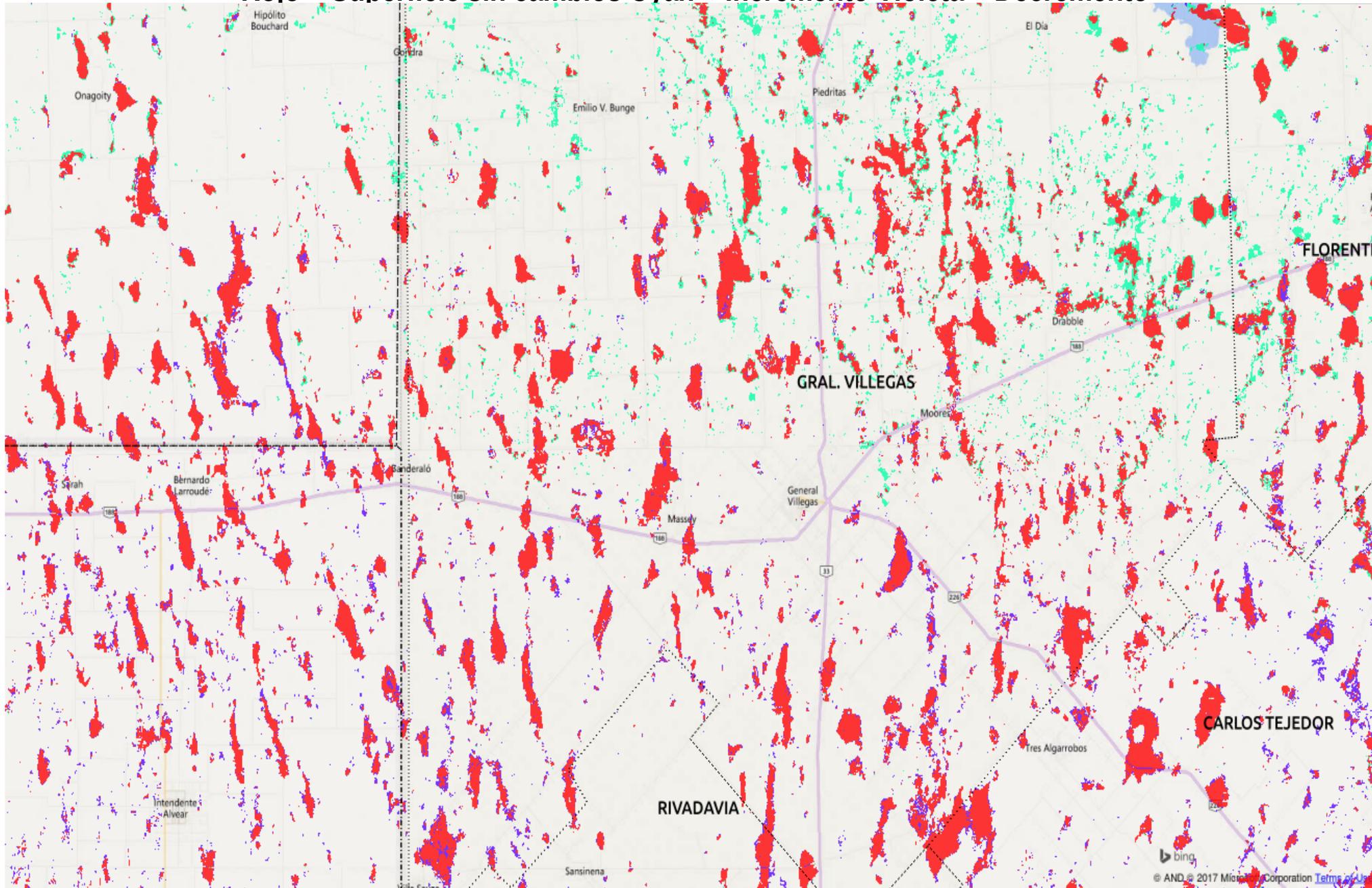
Rojo = Superficie sin cambios Cyan = Incremento Violeta = Decremento



GENERAL VILLEGAS (SUR)

Detección de cambios agua en superficie 2016/12/29 vs 2016/12/13 (Sensor OLI)

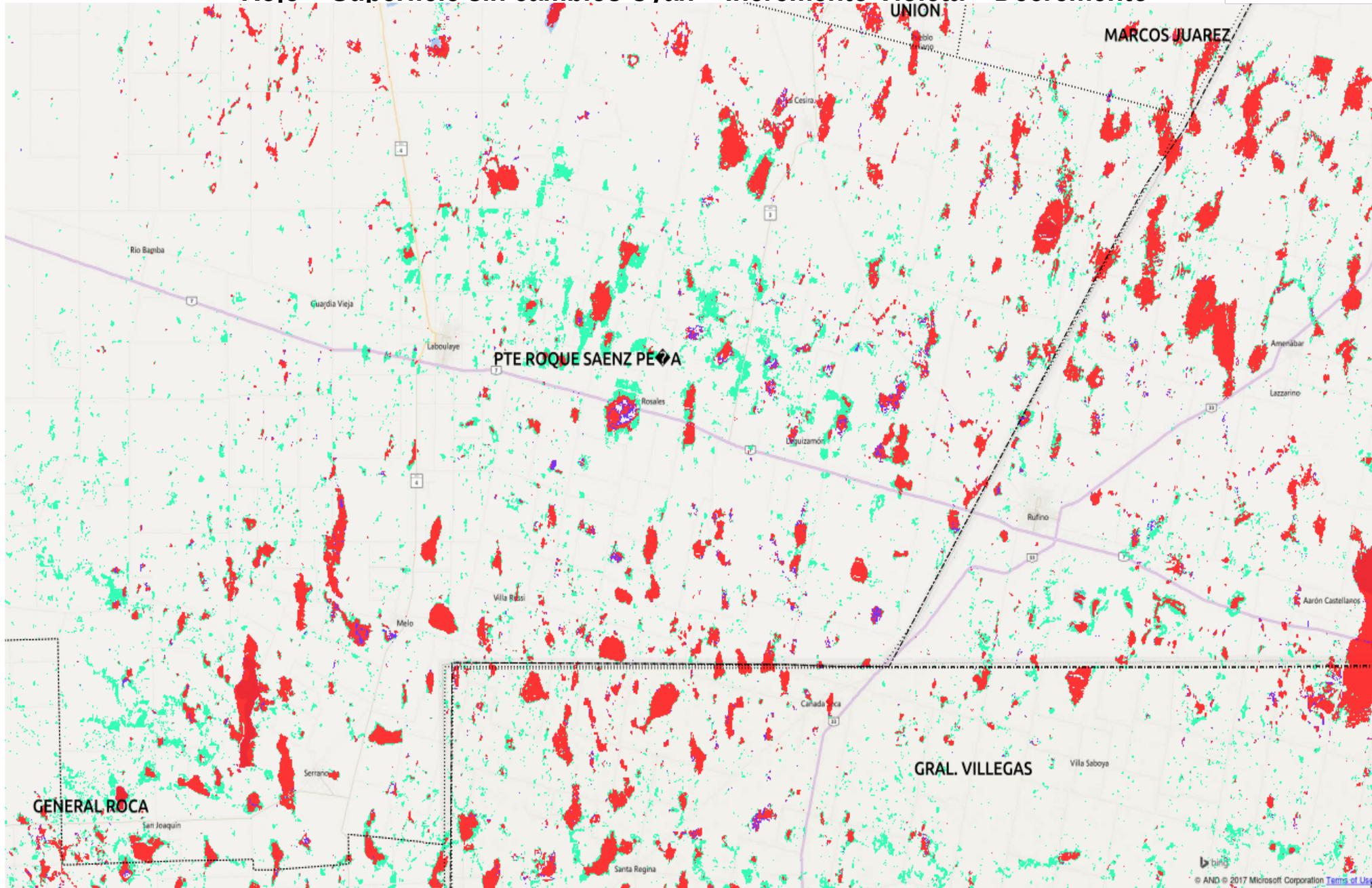
Rojo = Superficie sin cambios Cyan = Incremento Violeta = Decremento



ROQUE SAENZ PEÑA

Detección de cambios agua en superficie 2016/12/29 vs 2016/12/13 (Sensor OLI)

Rojo = Superficie sin cambios Cyan = Incremento Violeta = Decremento



CHAPALEUFÚ

Detección de cambios agua en superficie 2016/12/29 vs 2016/12/13 (Sensor OLI)

Rojo = Superficie sin cambios Cyan = Incremento Violeta = Decremento

