

Sistema palustre sur de Sante Fe y NW de Buenos Aires. Octubre de 2016. Análisis de la dinámica hídrica superficial sobre la base de datos de sensores remotos.



Equipo de trabajo

Lic. Leandro Giordano, Lic. Juan Bianchi, Sr. Tomás Calvi

Dirección de Sistemas de Información y Alerta Hidrológica, Instituto Nacional del Agua

- SENSORES (PLATAFORMA)

- MODIS (TERRA). Producto MOD09A1. Resolución espacial = 500 m. Resolución temporal = 8 días. Serie 2000-2016.
- OLI + TM (LANDSAT VIII y V). Resolución espacial = 30 m. Resolución temporal = 16 días. Datos TM 2001 y Datos OLI 2016.
- SENTINEL-2A (SENTINEL-2A). Resolución espacial = 10 m. Resolución temporal = 3 días (nativa) . Datos Octubre de 2016.

- PROCESAMIENTO

Identificación de píxeles anegados mediante aplicación de valor umbral de Índice Normalizado de Agua (NDWI).

El índice se obtiene a partir de la diferencia normalizada de los valores de reflectancia superficial entre los datos de una banda del visible (VIS) y otra del Infrarojo de onda corta (SWIR). Luego, sobre la capa de información NDWI se estiman como anegados todos aquellos píxeles con un valor $NDWI \geq u$ (valor umbral). Particularmente, hemos fijado el valor $u=0$.

- DETECCIÓN DE CAMBIOS

Los productos de detección de cambios muestran el incremental de la superficie anegada (detectada mediante aplicación de umbral NDWI) entre dos capturas o más de un mismo sensor (o misma familia, e.g. OLI vs TM).

- CUANTIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE ANEGADA

En algunos casos se presentan estimaciones del valor de área de la superficie anegada. Estas estimaciones no son exactas (e.g. errores de comisión y omisión, limitaciones propias de la rigidez del método de clasificación por aplicación de umbral NDWI – esquema dicotómico -, y deben calibrarse con información de campo o alguna referencia confiable). Particularmente, para el caso de MODIS, dada su baja resolución espacial, se presentan estimaciones de la 'fracción de superficie anegada' de un recorte o sistema en particular.

-MAPAS DE FRECUENCIA DE ANEGAMIENTO

Los mapas de frecuencia de anegamiento (f) muestran cuán usual (o inusual) es la presencia de agua en superficie sobre un píxel (i.e. cubriéndolo por una fracción $\geq 90\%$), para un intervalo de agregación temporal arbitrario. En consecuencia, el conjunto de píxeles con valores $f > 0$ muestra la envolvente de la máxima extensión del anegamiento durante el período analizado.

Dado que es necesario contar con densidad adecuada de datos, MODIS brinda una opción posible debido a su elevada resolución temporal, al costo de su baja resolución espacial. Aún así, la extensión espacial y la temporal de los procesos hidrológicos de grandes llanuras es adecuada a las características de MODIS, al menos para el monitoreo de variaciones espaciales a nivel macro-escala y temporales del orden semanal.

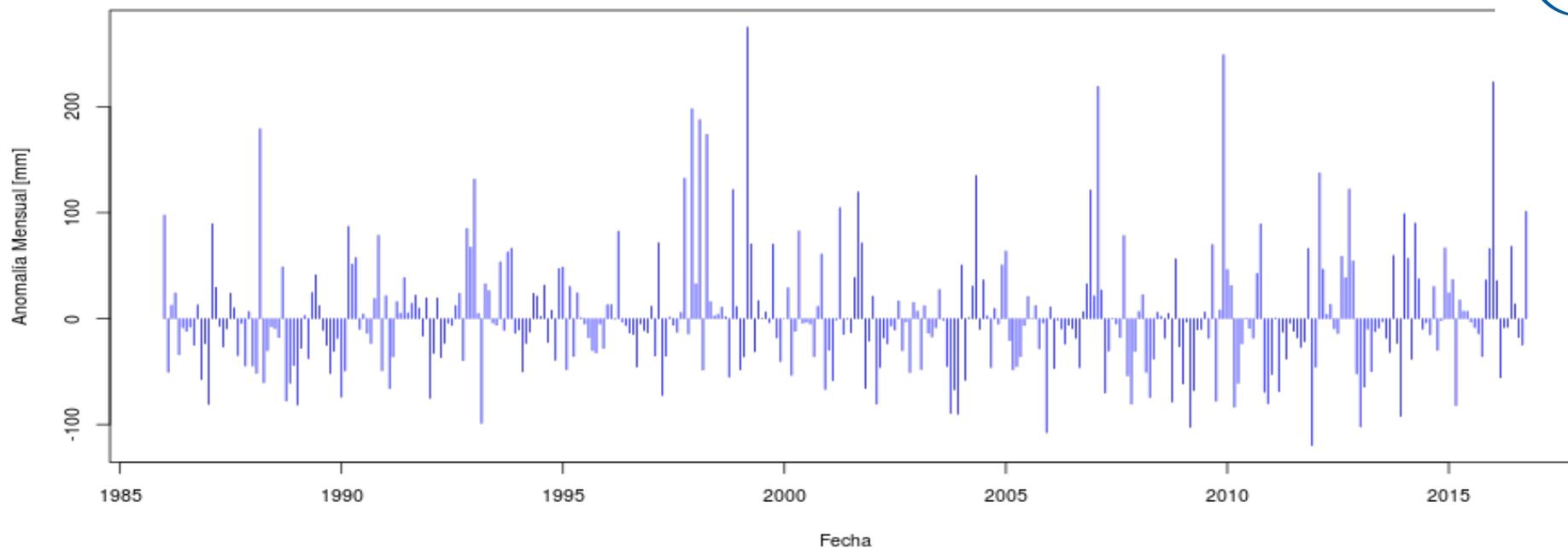
I. SITUACIÓN ANTECEDNTE 1985-2016

DATOS SYNOP PRECIPITACIÓN

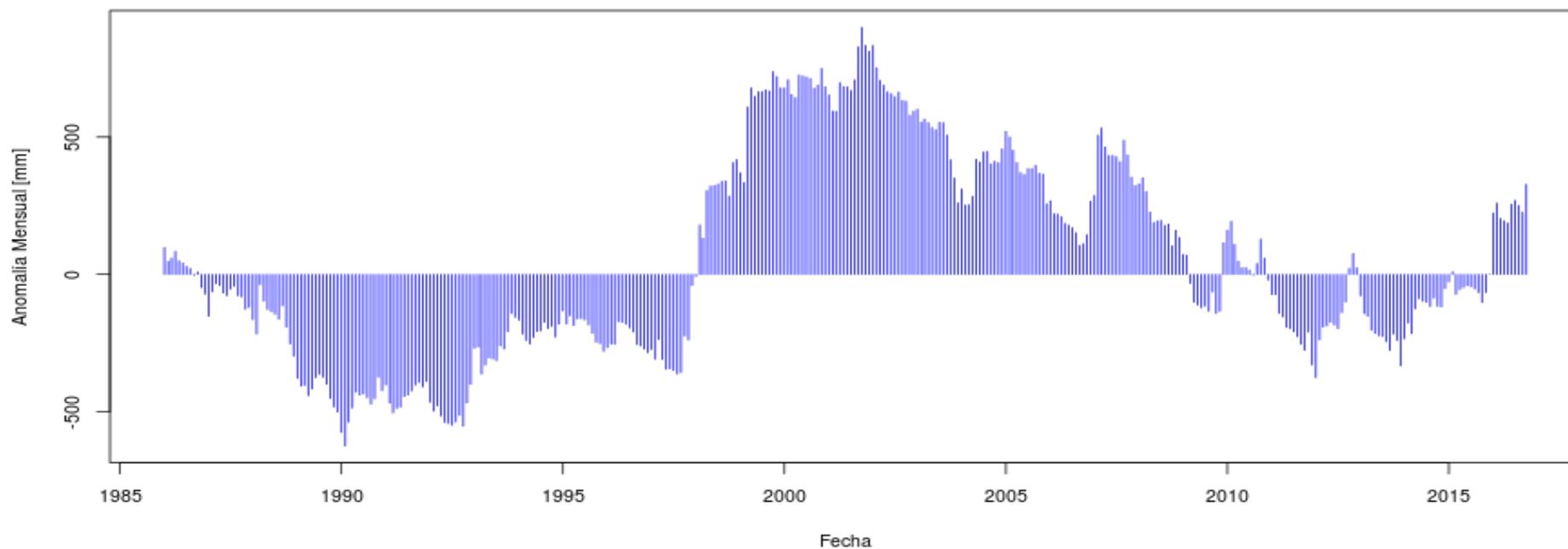
Precipitación Antecedente PAMPA ARENOSA (DATOS SYNOP)

Laboulaye (CBA)

Laboulaye
Anomalía Mensual. Base de cálculo = 1986-2015



Laboulaye
Anomalía Mensual [Acumulada]. Base de cálculo = 1986-2015

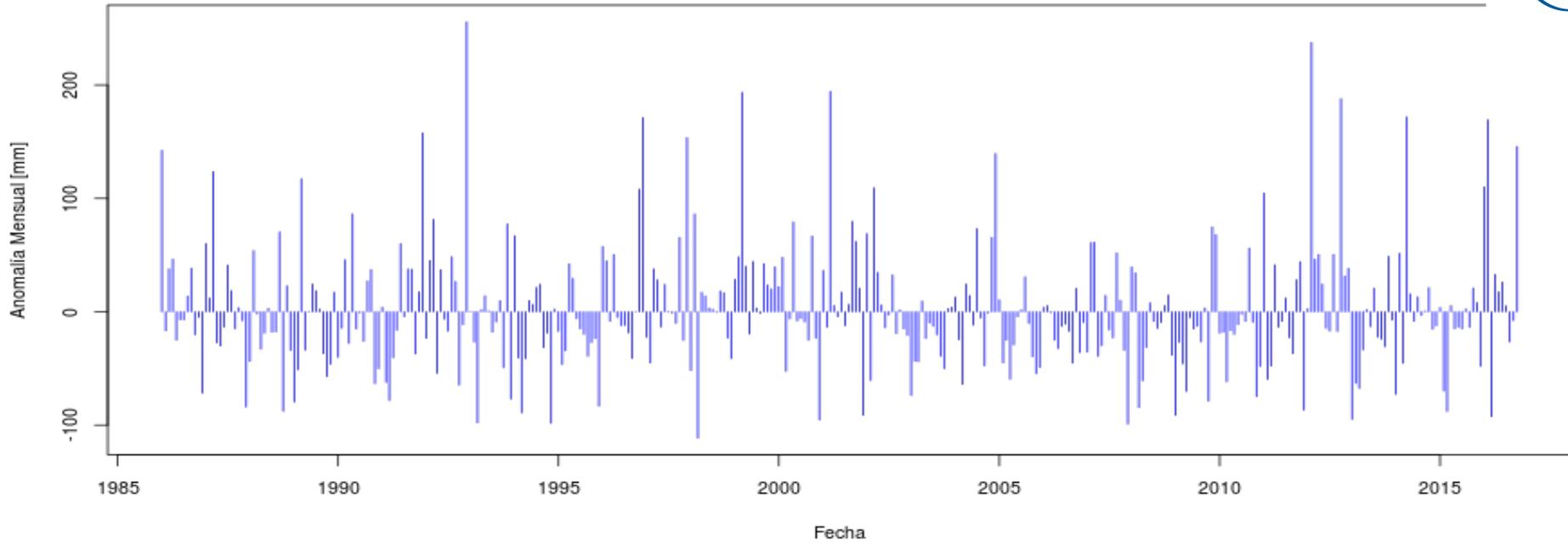


Precipitación Antecedente PAMPA ARENOSA (DATOS SYNOP)

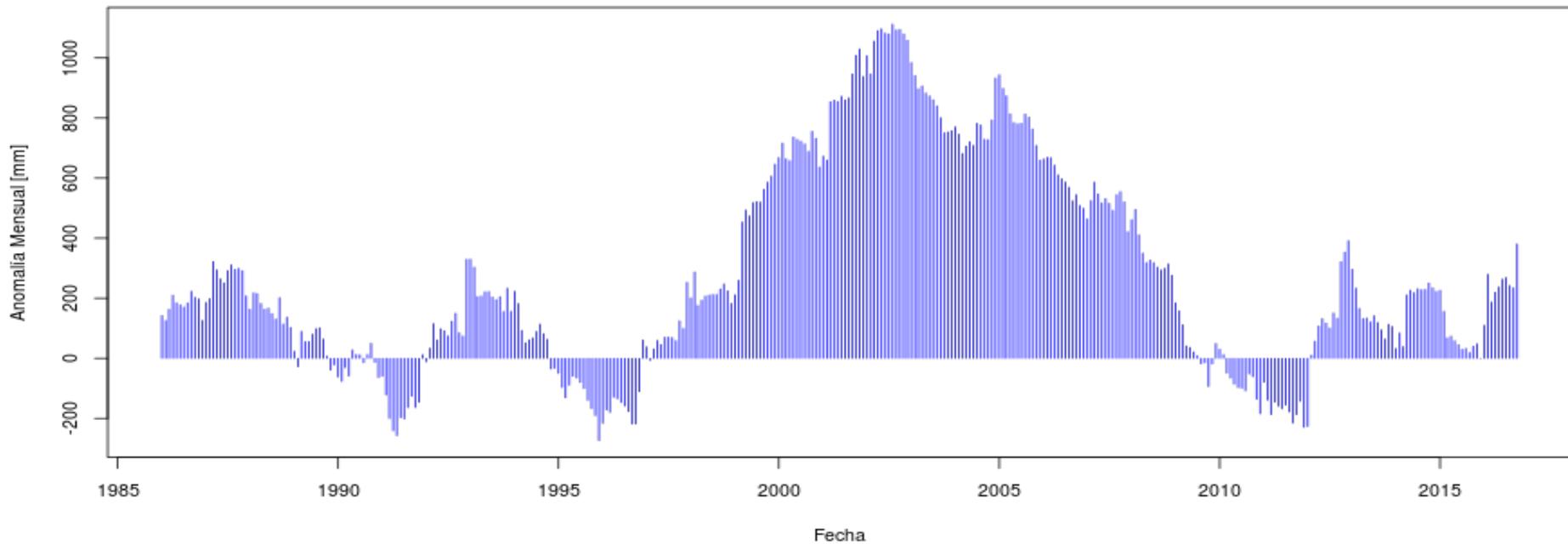
Gral Pico (LA PAMPA)



Gral Pico
Anomalía Mensual. Base de cálculo = 1986-2015



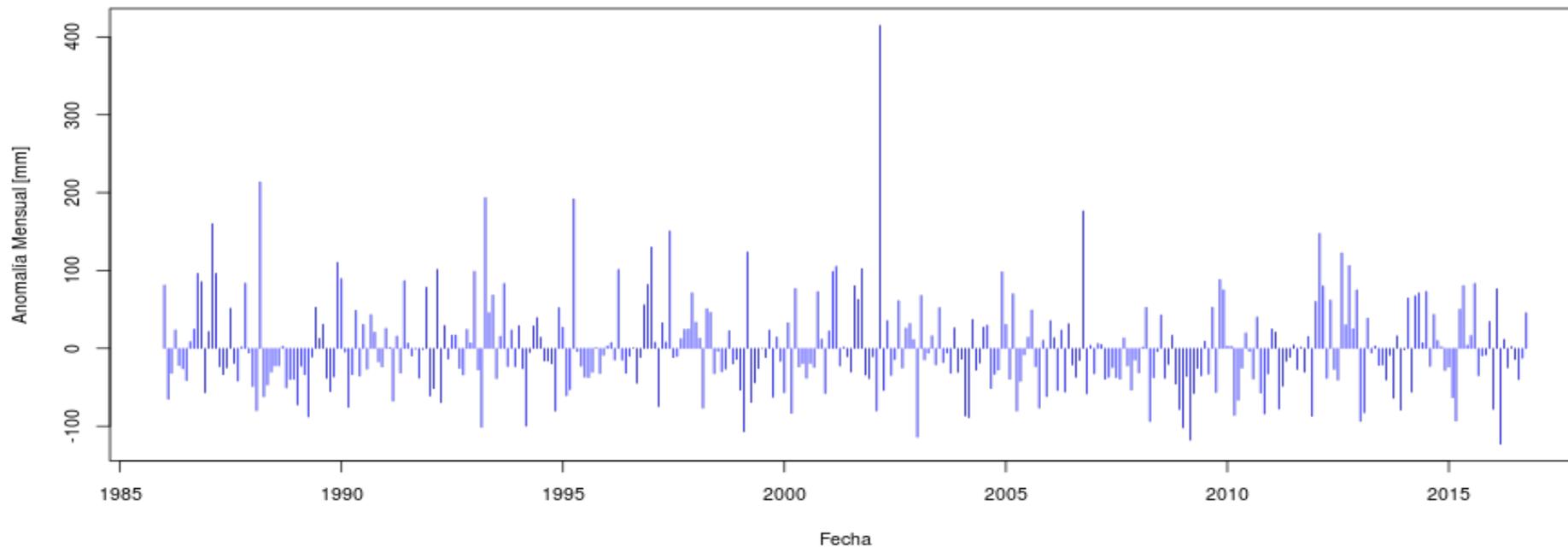
General Pico
Anomalía Mensual [Acumulada]. Base de cálculo = 1986-2015



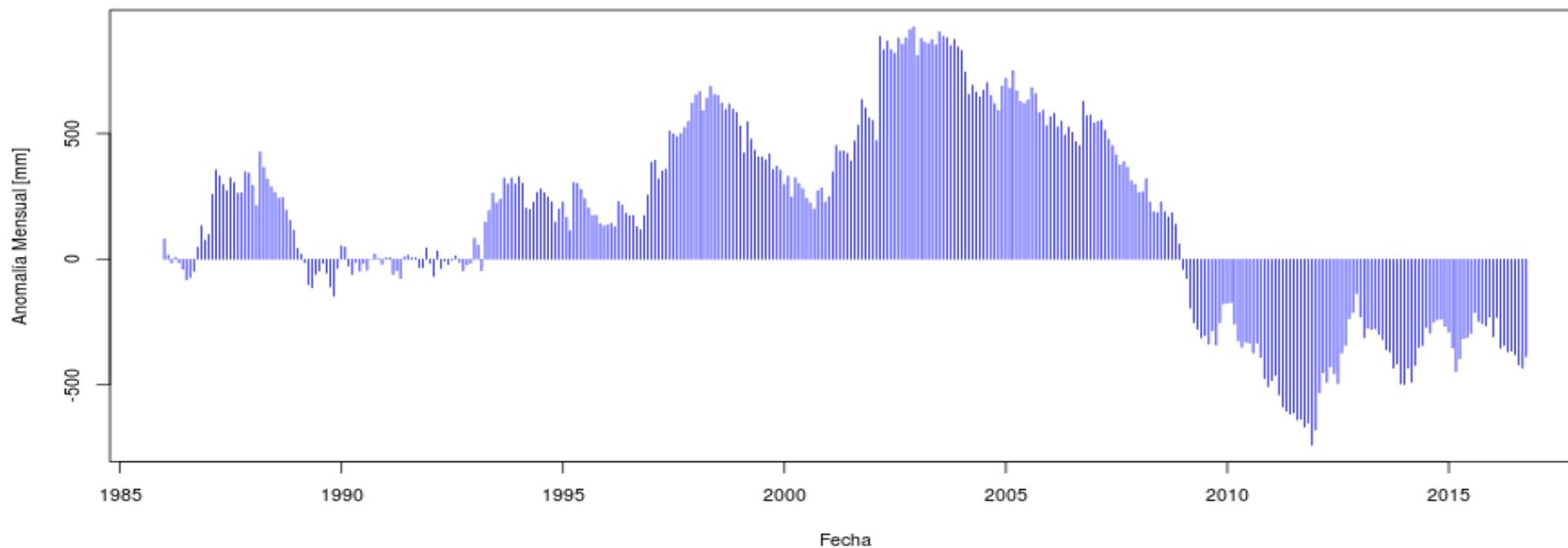
Precipitación Antecedente PAMPA ARENOSA (DATOS SYNOP)

9 de Julio (BUENOS AIRES)

9 de Julio
Anomalía Mensual. Base de cálculo = 1986-2015



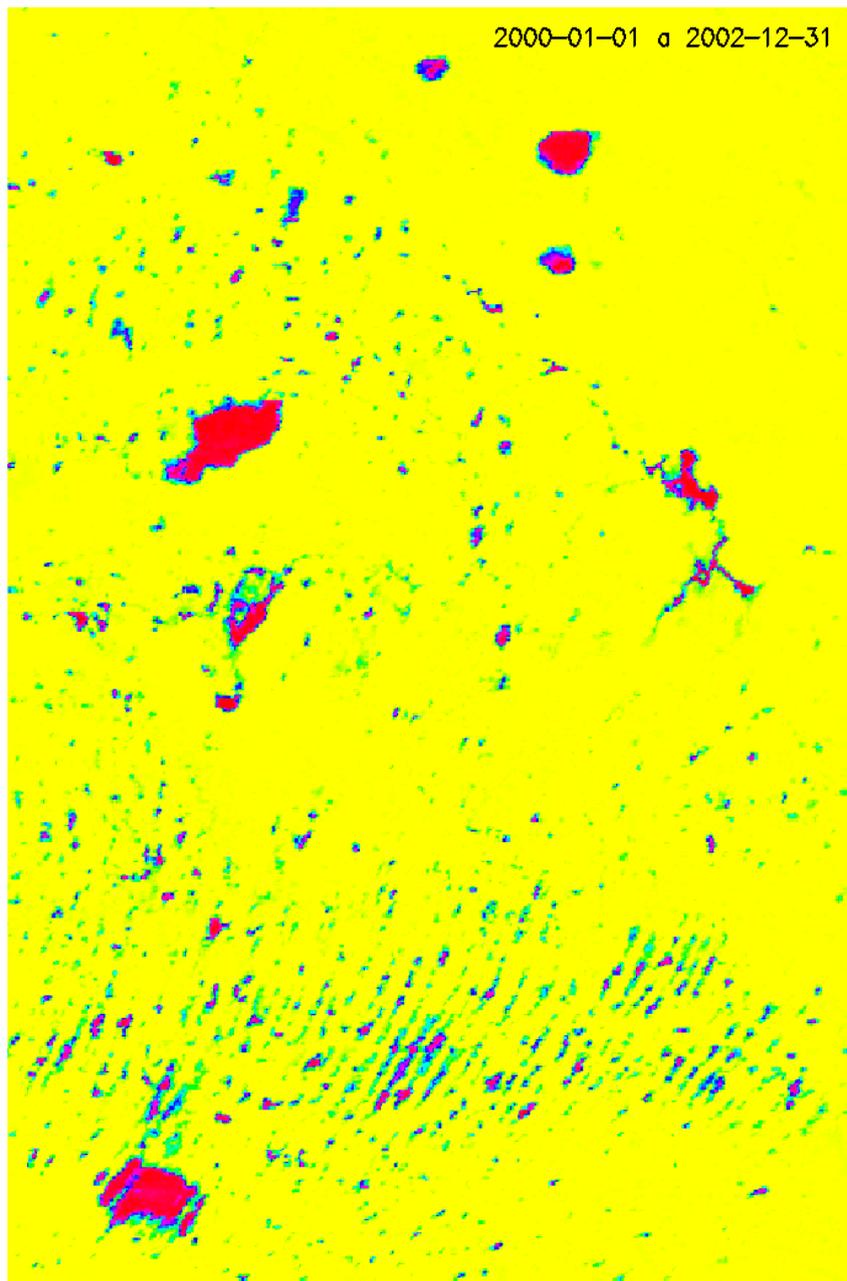
9 de Julio
Anomalía Mensual [Acumulada]. Base de cálculo = 1986-2015



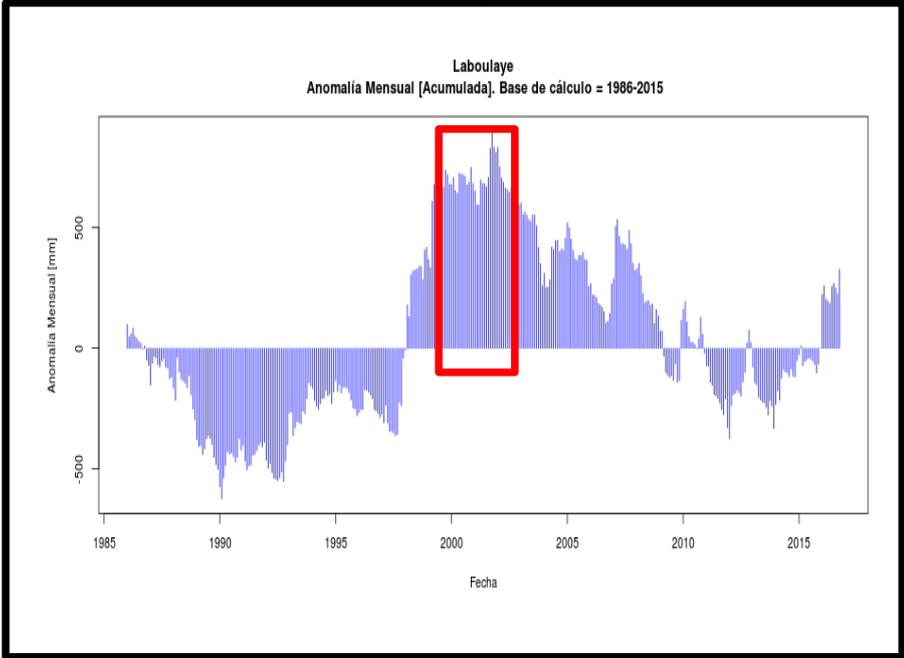
II. DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL 2000-2016

BASE DATOS MODIS (MOD09A1 NDWI37)

Sistemas palustres del Sur de Santa Fe y NW de Buenos Aires. Mapas de frecuencia de anegamiento. Cálculo agregado con dt=2 años sobre período 2000-2016. Límites NW = 32:24S 62:47W SE = 36:11S 60:47:45W



Vínculo con anomalías de precipitación mensual (tendencia)

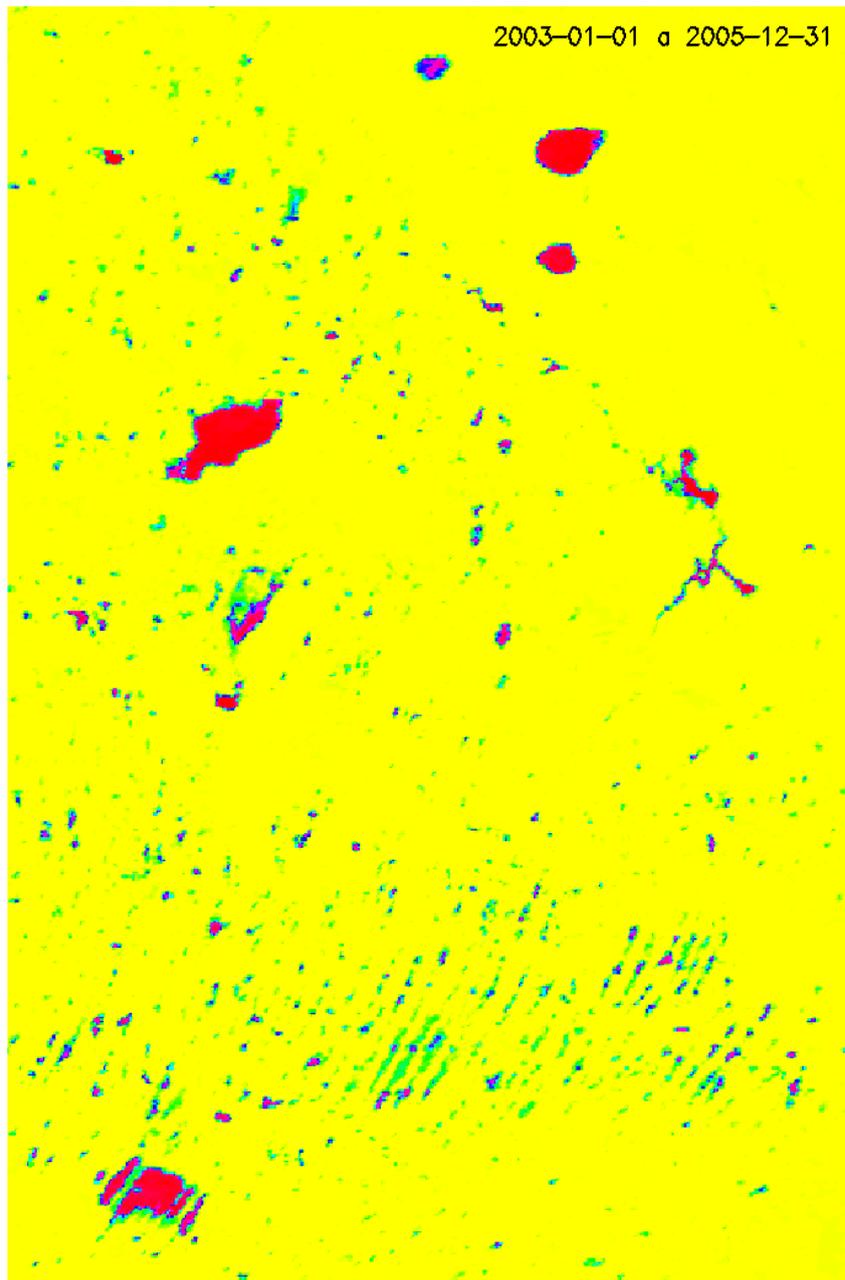


*el valor de anomalía mensual acumulada es útil para apreciar la tendencia positiva o negativa de las precipitaciones mensuales sobre su media climatológica

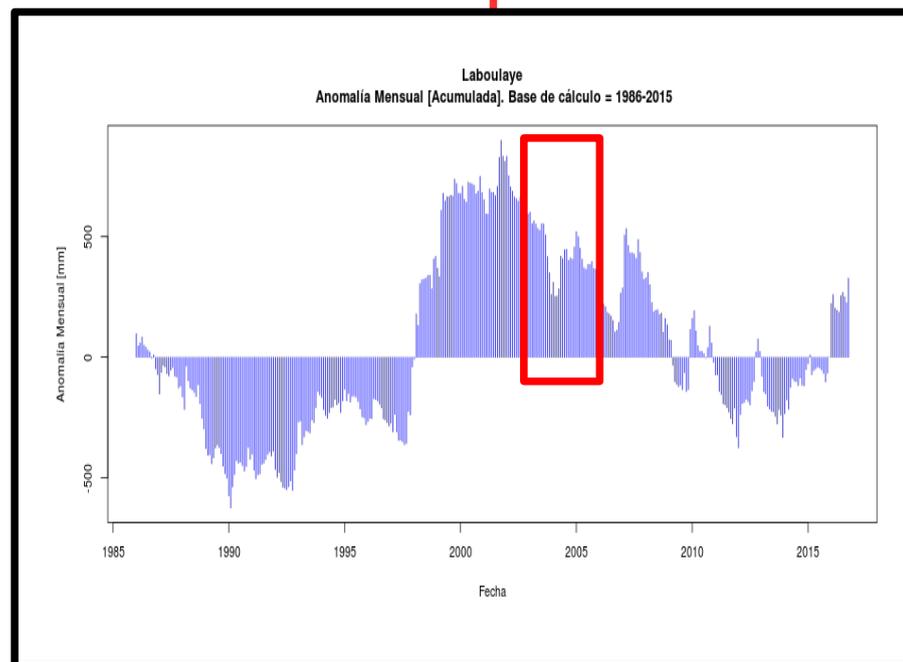
Sistemas palustres del Sur de Santa Fe y NW de Buenos Aires. Mapas de frecuencia de anegamiento. Cálculo agregado con $dt=2$ años sobre período 2000-2016.



2003-01-01 a 2005-12-31



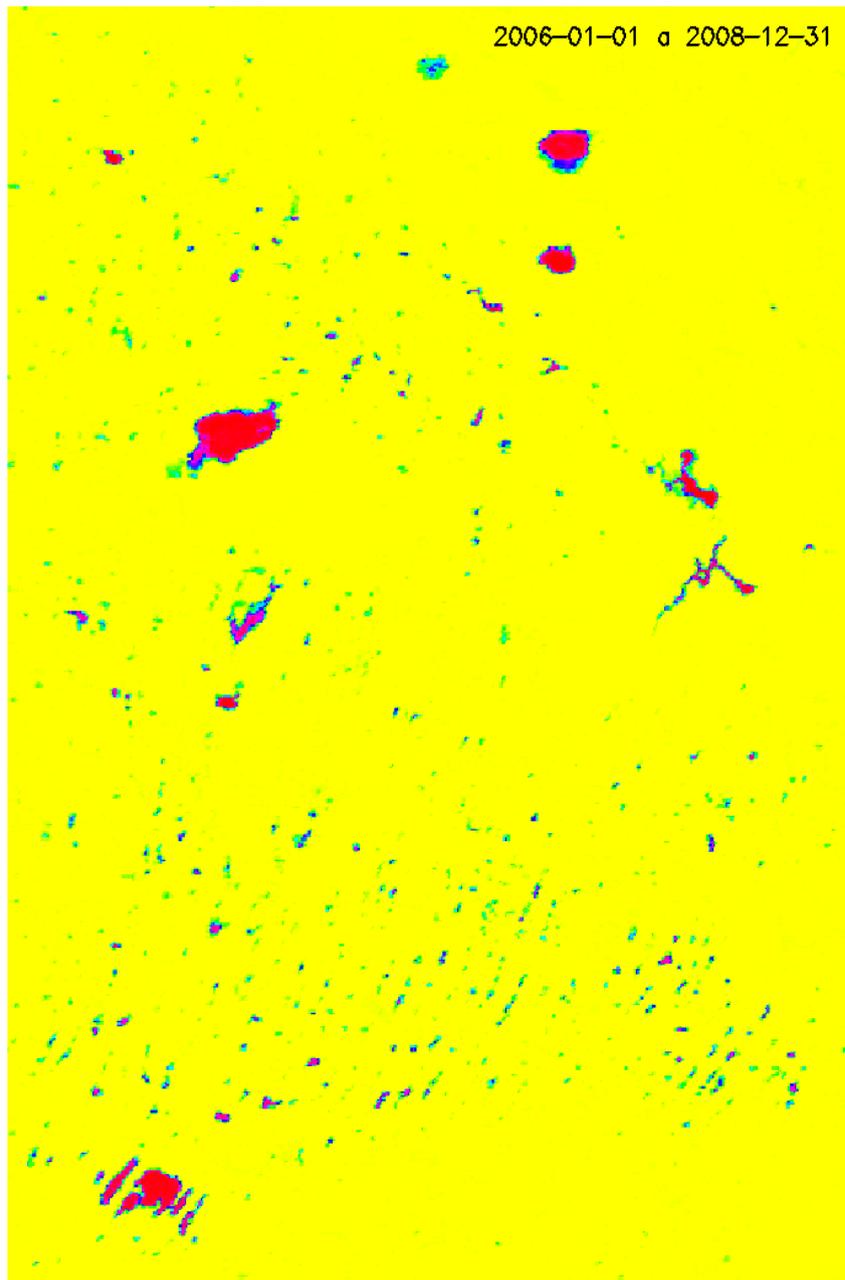
Vínculo con anomalías de precipitación mensual (tendencia)



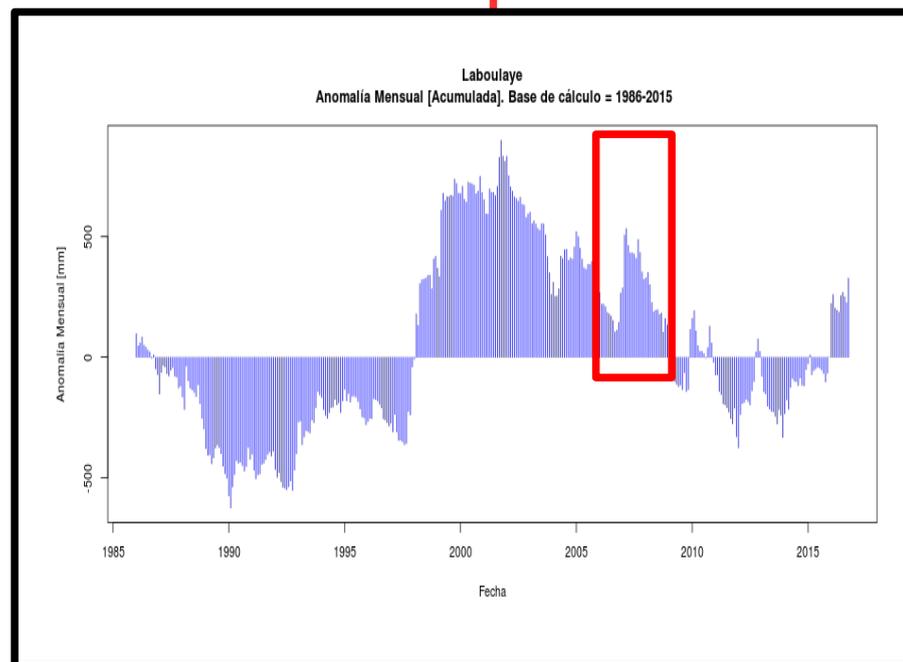
Sistemas palustres del Sur de Santa Fe y NW de Buenos Aires. Mapas de frecuencia de anegamiento. Cálculo agregado con $dt=2$ años sobre período 2000-2016.



2006-01-01 a 2008-12-31



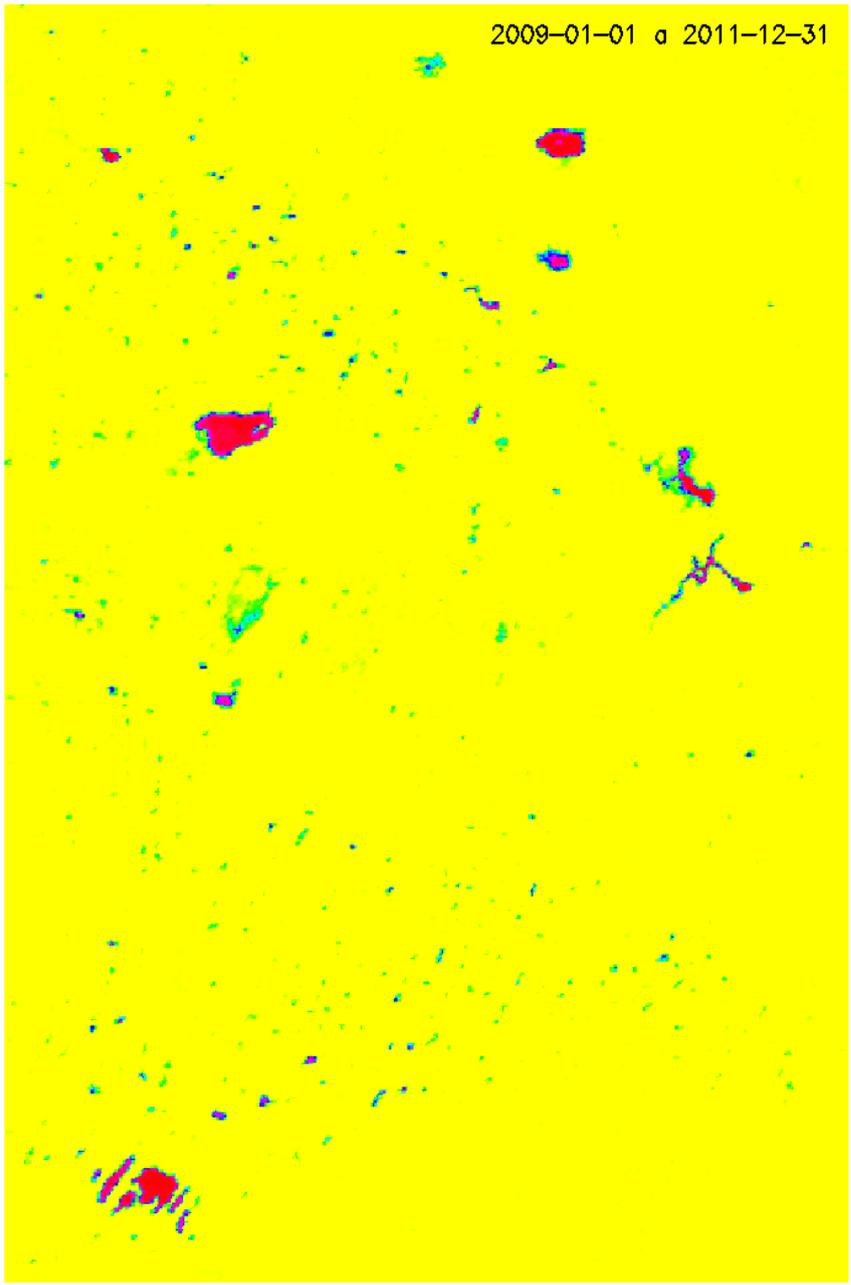
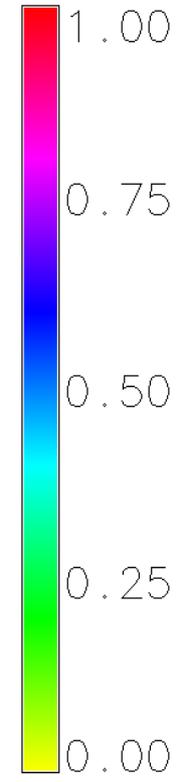
Vínculo con anomalías de precipitación mensual (tendencia)



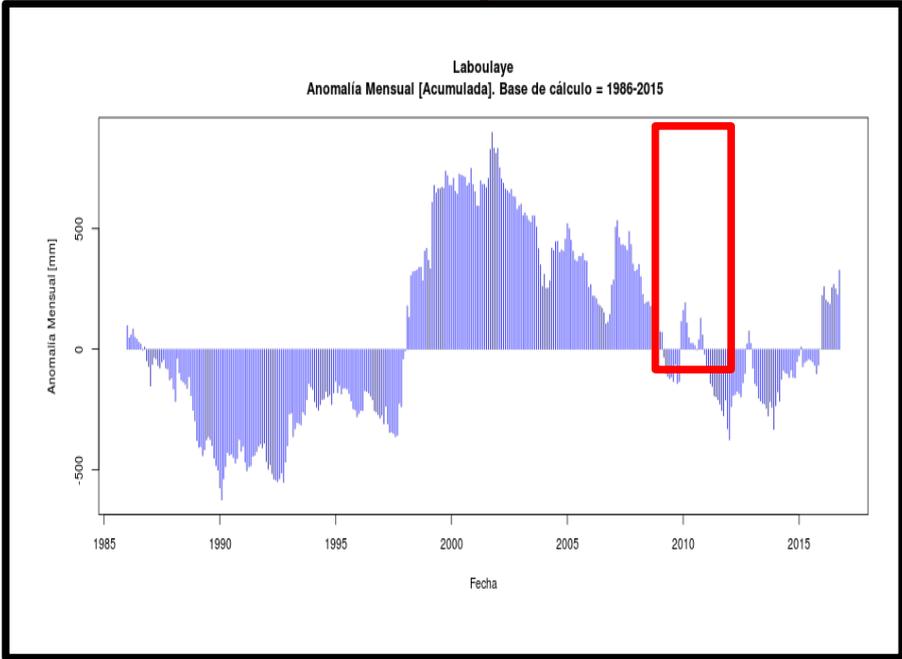
Sistemas palustres del Sur de Santa Fe y NW de Buenos Aires. Mapas de frecuencia de anegamiento. Cálculo agregado con $dt=2$ años sobre período 2000-2016.



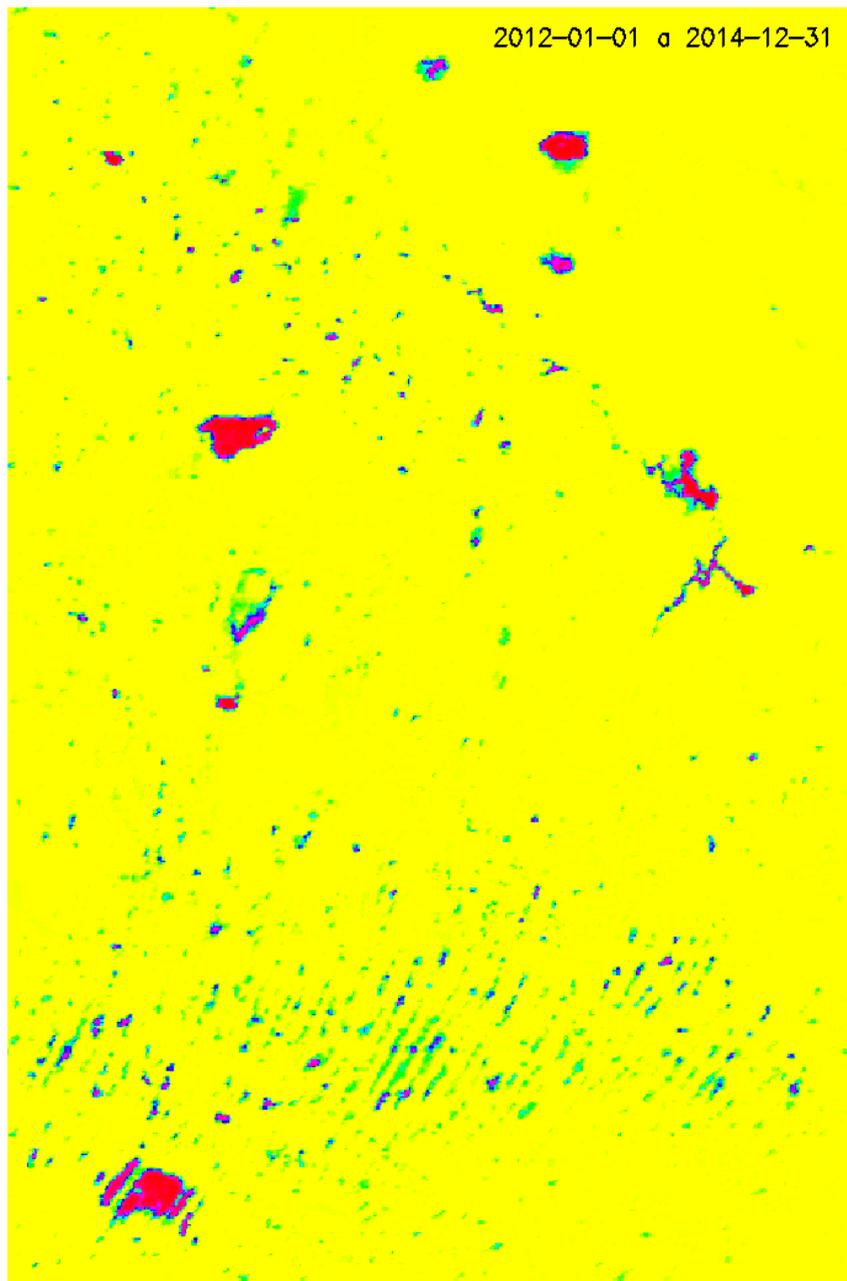
2009-01-01 a 2011-12-31



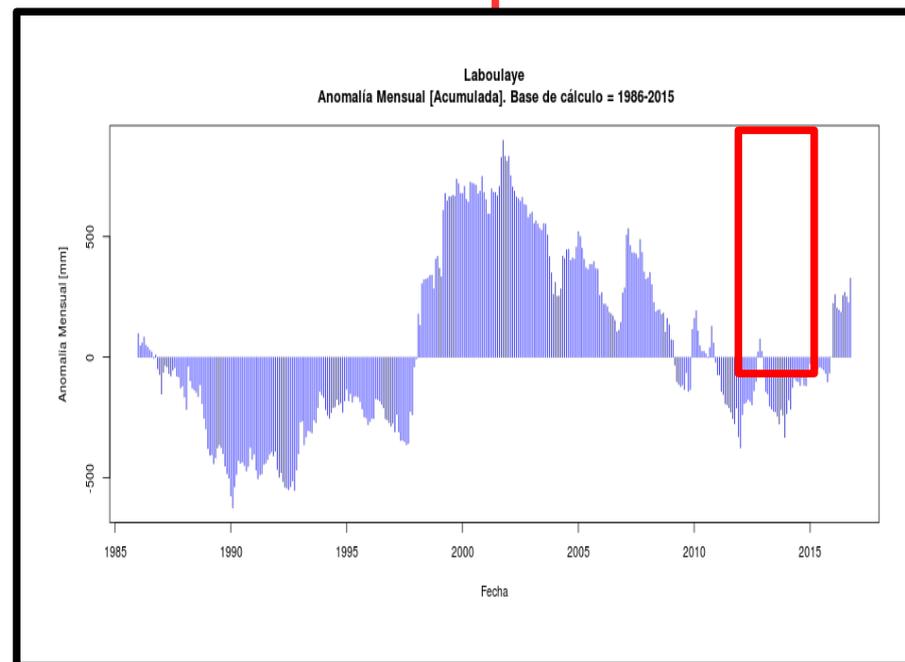
Vínculo con anomalías de precipitación mensual (tendencia)



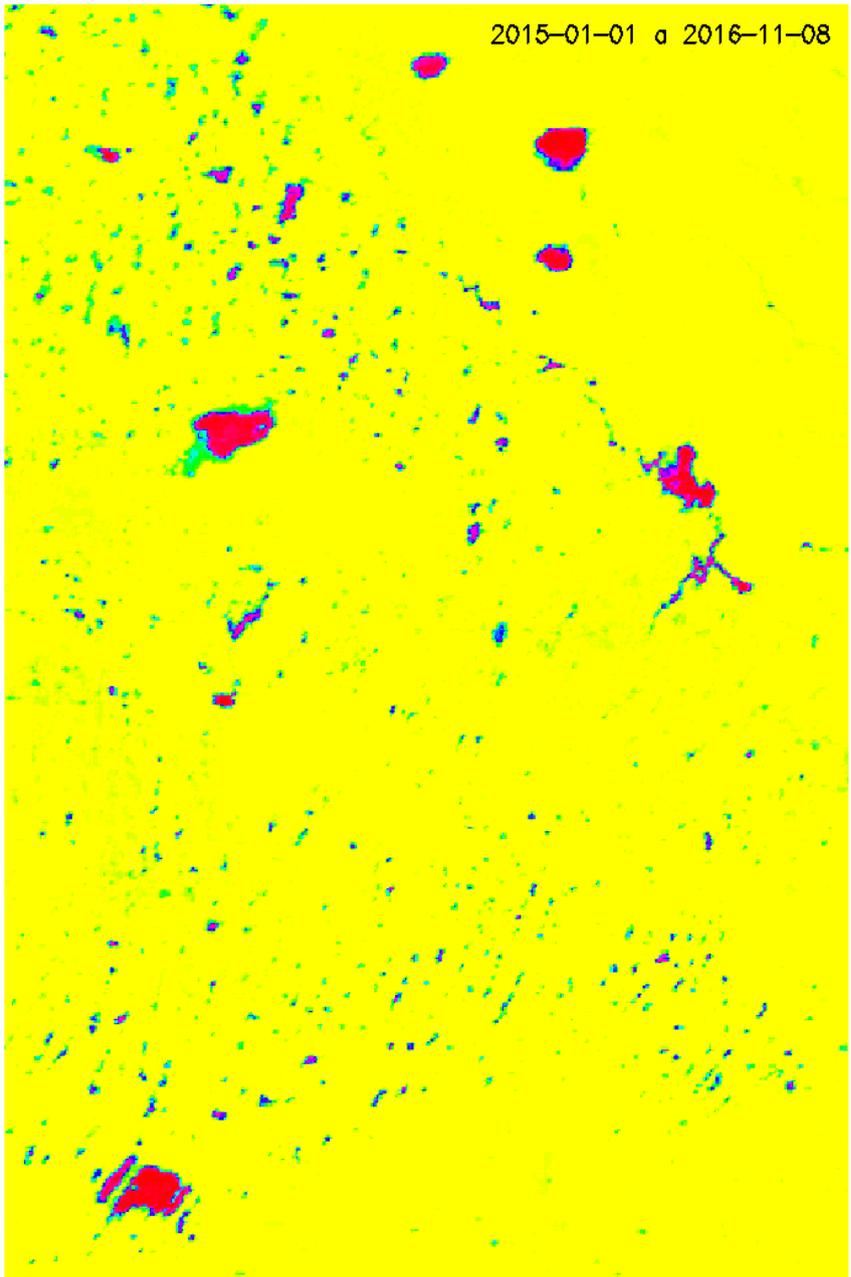
Sistemas palustres del Sur de Santa Fe y NW de Buenos Aires. Mapas de frecuencia de anegamiento. Cálculo agregado con $dt=2$ años sobre período 2000-2016.



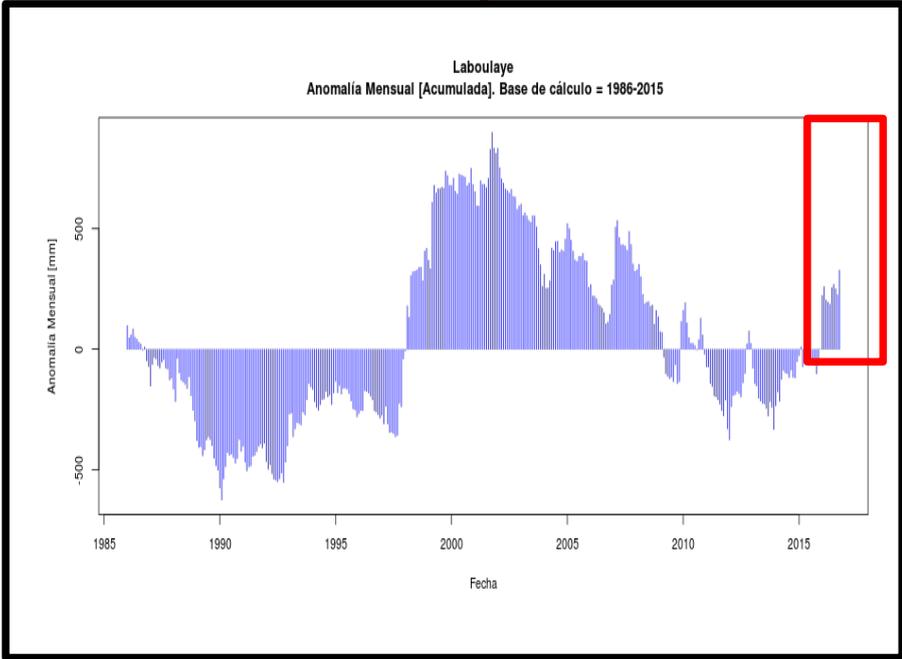
Vínculo con anomalías de precipitación mensual (tendencia)



Sistemas palustres del Sur de Santa Fe y NW de Buenos Aires. Mapas de frecuencia de anegamiento. Cálculo agregado con dt=2 años sobre período 2000-2016.



Vínculo con anomalías de precipitación mensual (tendencia)



ÁREA DE ESTUDIO

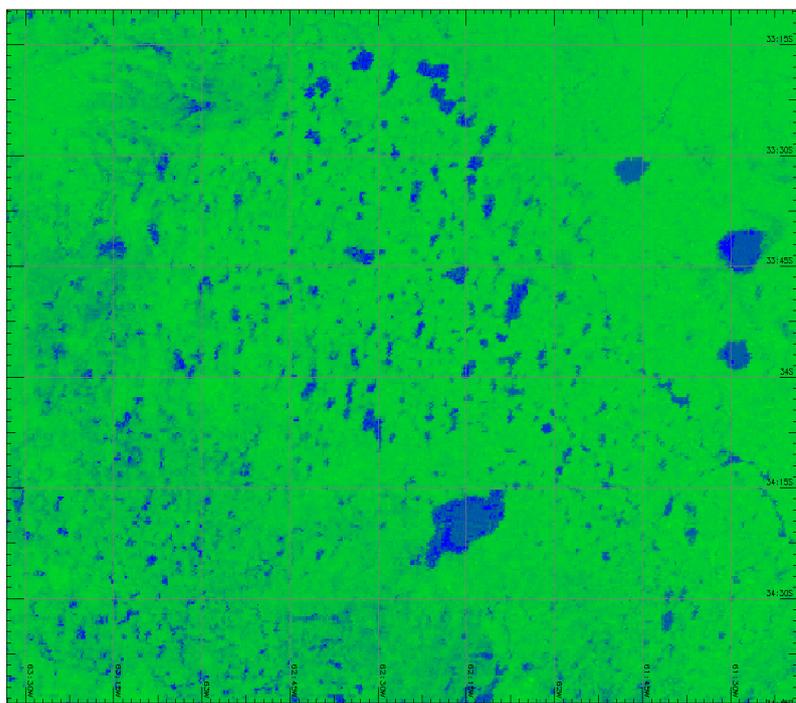
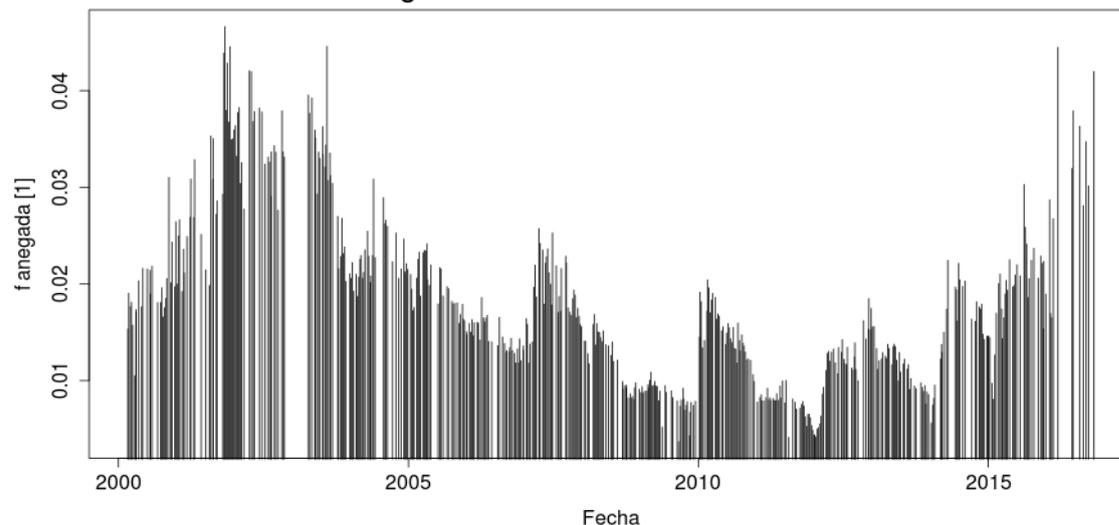
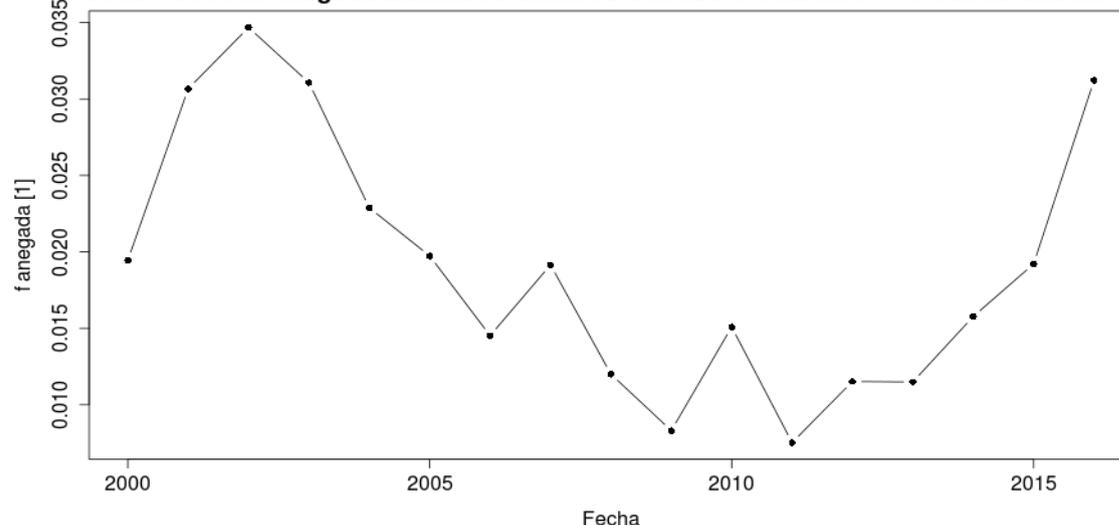


Imagen NDWI37 correspondiente al recorte para el cual se ha agregado el valor de fracción anegada. Los tonos azules pueden asociarse a píxeles completamente anegados.

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.

**III. COMPARACIÓN ESCENARIO HÚMEDO 2000-2003 vs ESCENARIO ACTUAL y
EVOLUCIÓN (DESARROLLO) RECIENTE DE ESCENARIO ACTUAL
DETECCIÓN DE CAMBIOS DATOS LANDSAT**



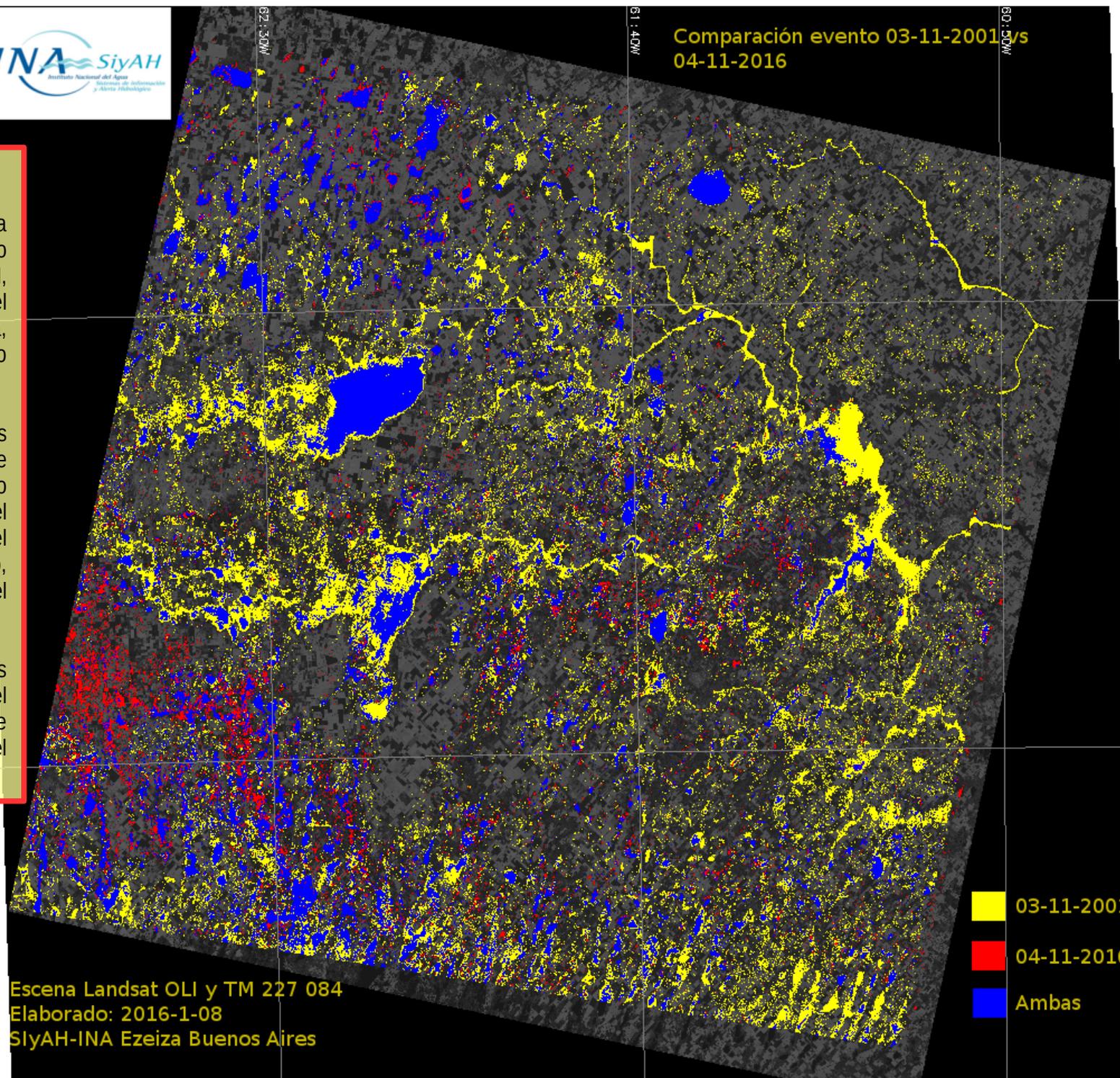
Comparación evento 03-11-2001 vs
04-11-2016

ANÁLISIS

El producto muestra la variación de la superficie anegada, tomando como referencia una captura del sensor TM, correspondiente al desarrollo del escenario húmedo en Pampa Arenosa, durante 2001, en relación al escenario actual, mediante información OLI.

Puede apreciarse que, en términos promedio, la extensión de la superficie anegada correspondiente al escenario húmedo de 2000-2003, hasta el momento, ha sido mayor que la del escenario en curso. Esto, sobre todo, para los sistemas fluvio-palustres del sur de Santa Fe.

Por otro lado, debe señalarse que los incrementos de superficie anegada, del escenario actual en relación a 2001, se han dado en la zona intermedanos del NW Bonaerense.



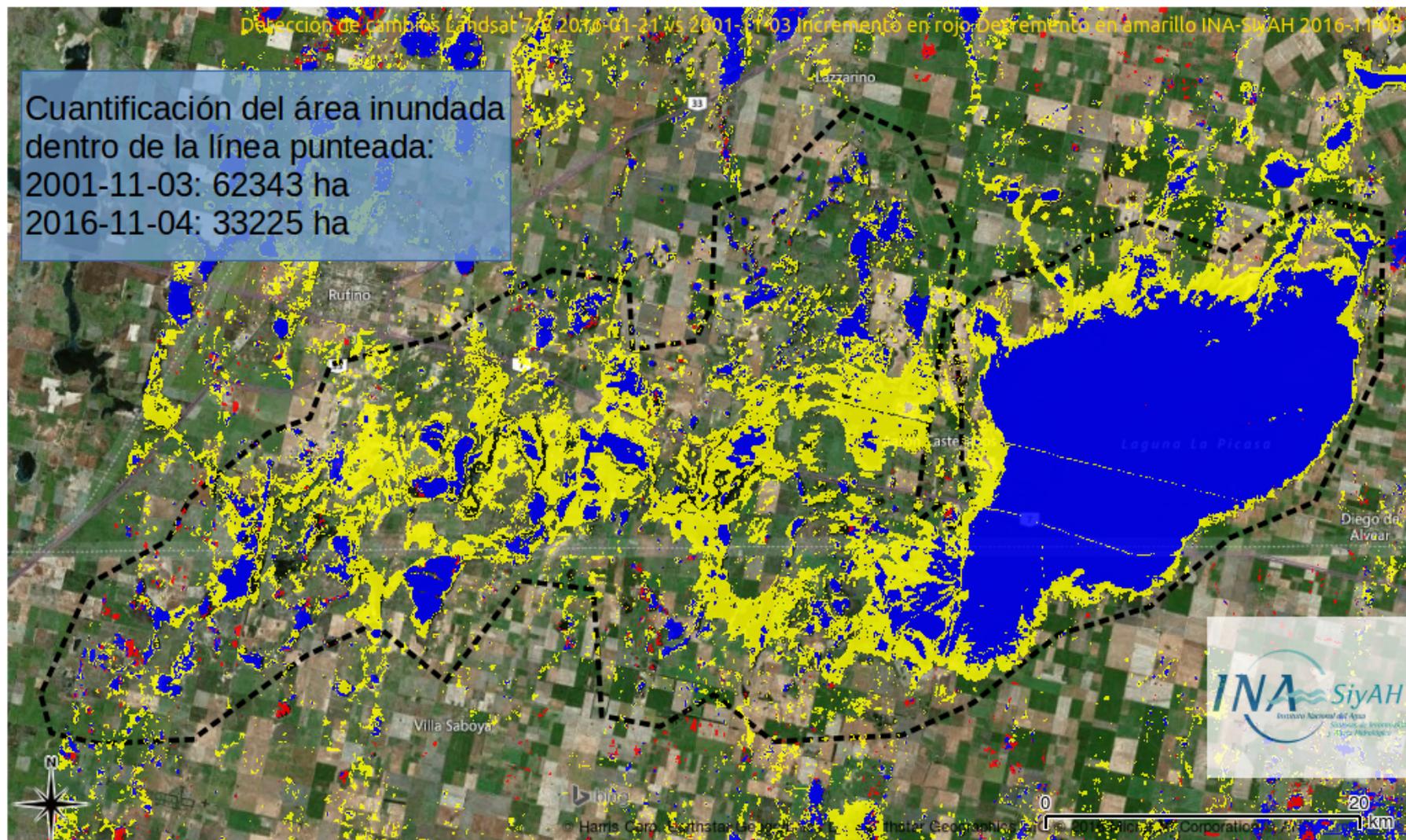
Escena Landsat OLI y TM 227 084
Elaborado: 2016-1-08
SiyAH-INA Ezeiza Buenos Aires

03-11-2001
04-11-2016
Ambas

Detección de cambios

Escenario Actual versus Escenario húmedo (2000-2003). OLI (2016) vs TM (2001)

Detalle Sistema Palustre La Picasa



En amarillo se presentan los píxeles cubiertos por agua en 2001 y no cubiertos por agua en 2016. En rojo la situación contraria, mientras el azul señala la cobertura hídrica invariante entre instantes de medición.

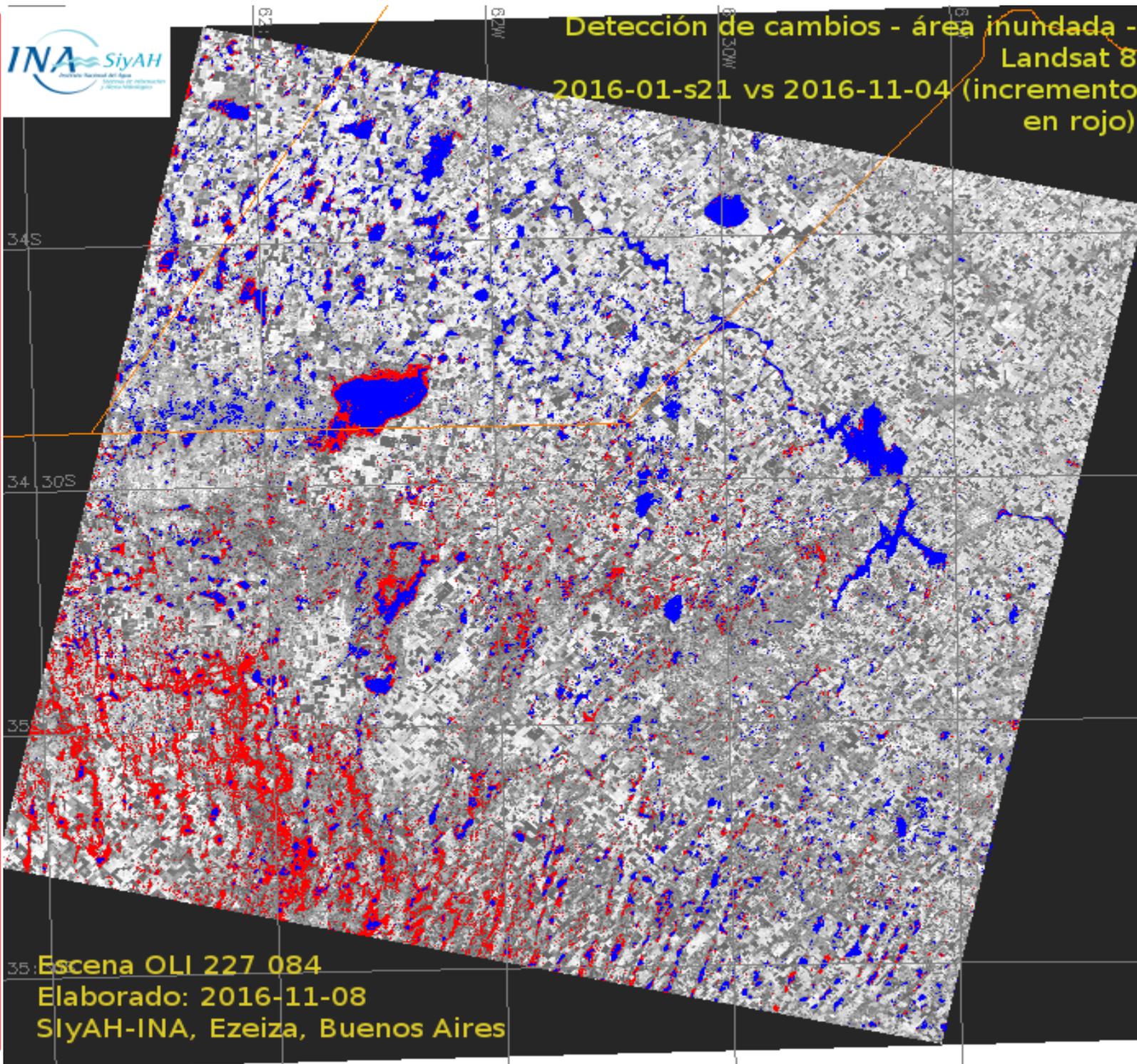
Detección de cambios. Evolución de Escenario Actual. OLI (2016)

ANÁLISIS

El producto muestra la variación de la superficie anegada, tomando como referencia una captura del sensor OLI, correspondiente al inicio del presente año, en relación a la situación actual, también obtenida mediante datos OLI.

Los sistemas palustres del Este han evidenciado una recarga más temprana (no hay variación significativa desde inicio del año, caracterizado por anomalías de precipitación positivas), en relación al sistema La Picasa, el cual muestra una apreciable variación intra-anual de su superficie inundada (vinculada a los últimos eventos de recarga). La progresiva expansión de la superficie inundada es la respuesta de estos sistemas a una secuencia predominante de anomalías positivas de precipitación mensual (fase húmeda), intensa a principios de año, ya iniciada a partir de fines del año 2012. En otras palabras, se observa el desarrollo de un proceso de expansión propio de un bajo déficit hídrico sostenido en una secuencia de meses con predominio de anomalías positivas.

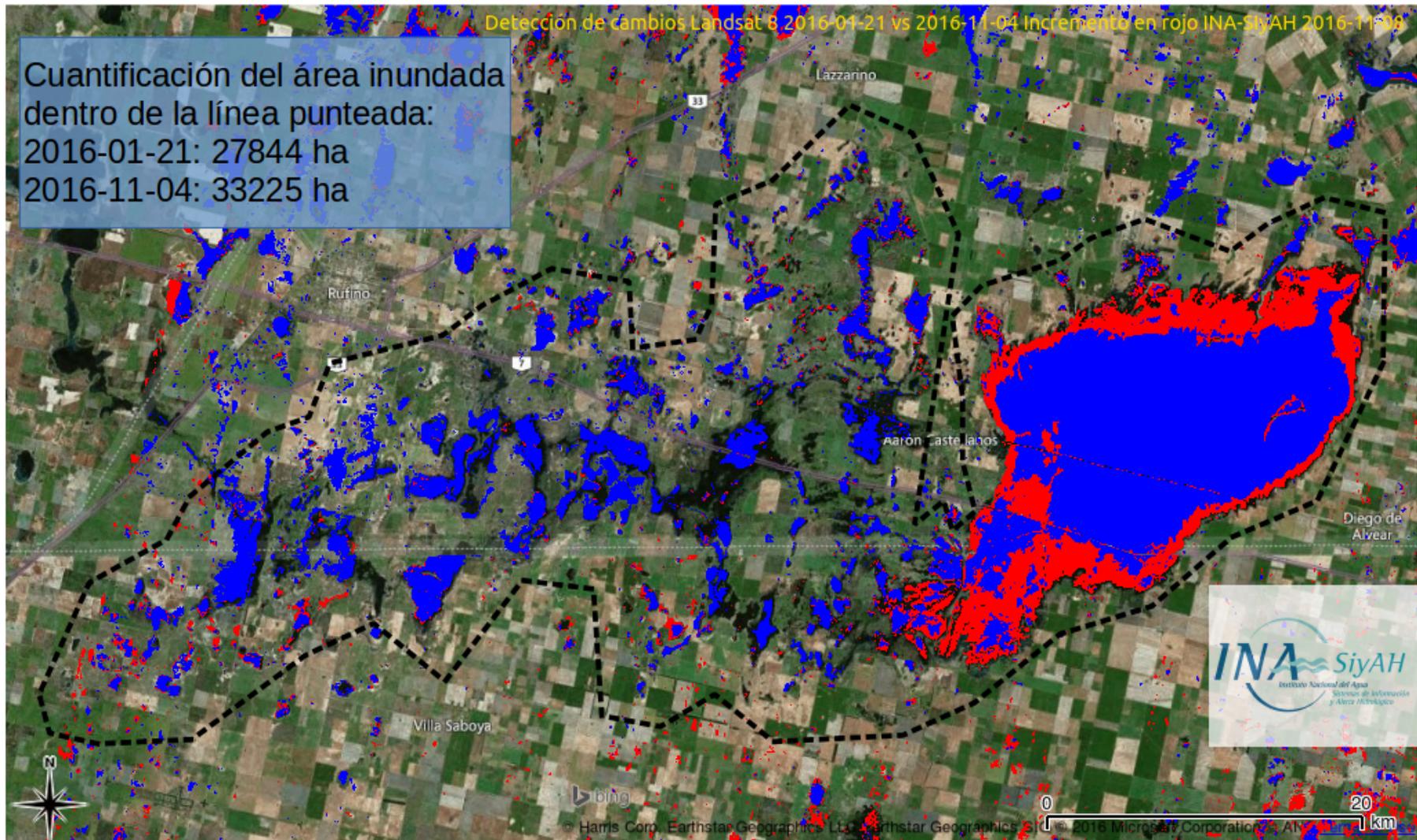
Por otro lado, la variación intra-anual en la zona intermediana del NW de Buenos Aires ha sido fuertemente significativa, localizándose en esta región el mayor incremento de superficie anegada y, particularmente, la que evidenció cambios más notorios durante octubre.



Detección de cambios

Evolución Escenario Actual. Condición actual versus Condición a inicio de 2016. OLI

Detalle Sistema Palustre La Picasa

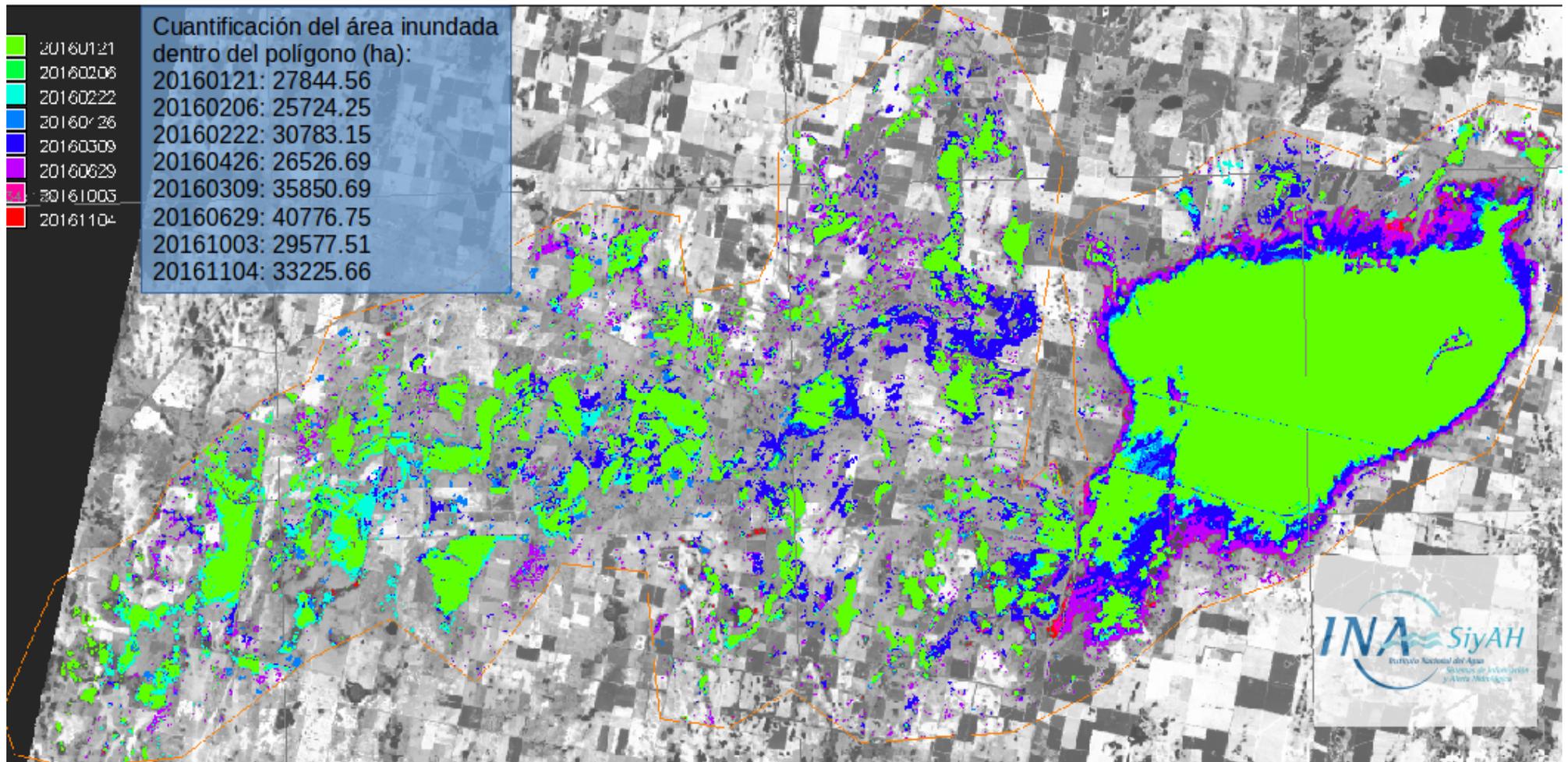


En amarillo se presentan los píxeles cubiertos por agua en 2016/11/04 y no cubiertos por agua en 2016/01/21. En rojo la situación contraria, mientras el azul señala la cobertura hídrica invariante entre instantes de medición.

Detección de cambios

Evolución Escenario Actual en 2016. OLI

Detalle Sistema Palustre La Picasa



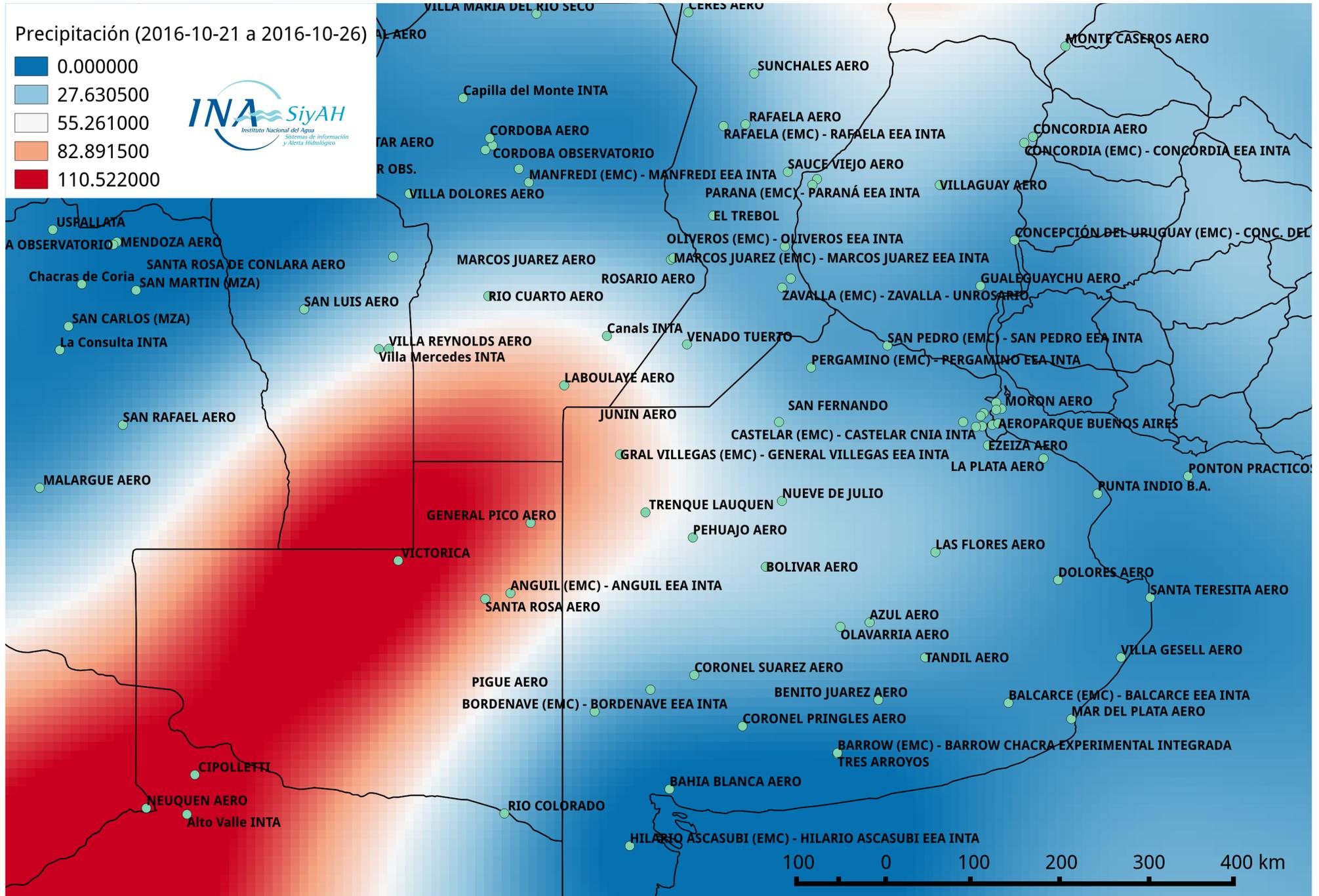
El análisis de la evolución temporal, sobre la base de datos OLI, señala que el mayor incremento se produjo durante los meses de abril y junio de 2016.

IV. EVENTO DE OCTUBRE DE 2016

DETECCIÓN DE CAMBIOS DATOS SENTINEL, ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (10 m)

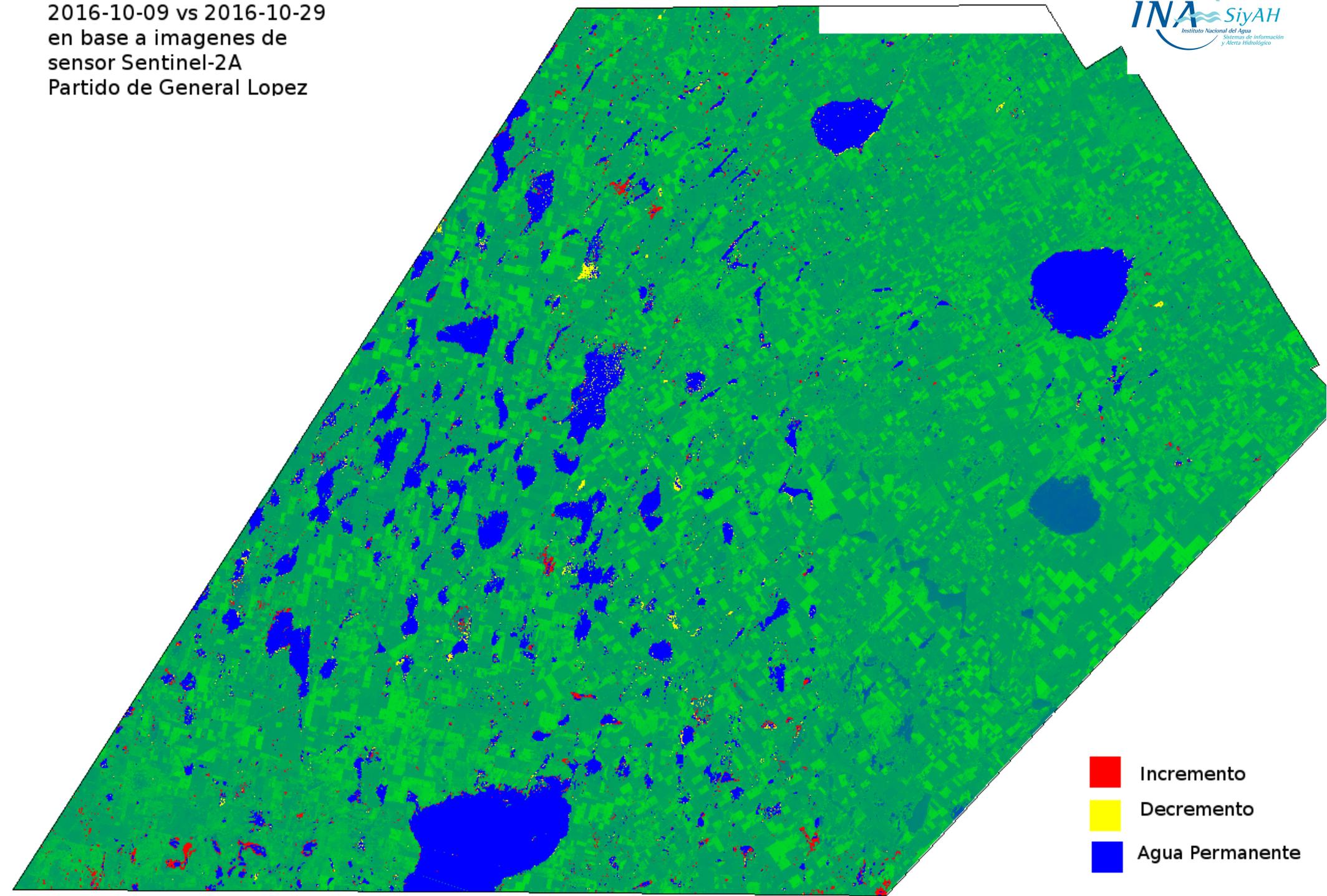
Evento. Distribución Espacial del Evento de Precipitación en Pampa Arenosa (23/10/2016 a 26/10/2016)

Precipitación Acumulada [mm] .Estimación sobre la base de datos de campo de Red SYNOP (Splines)

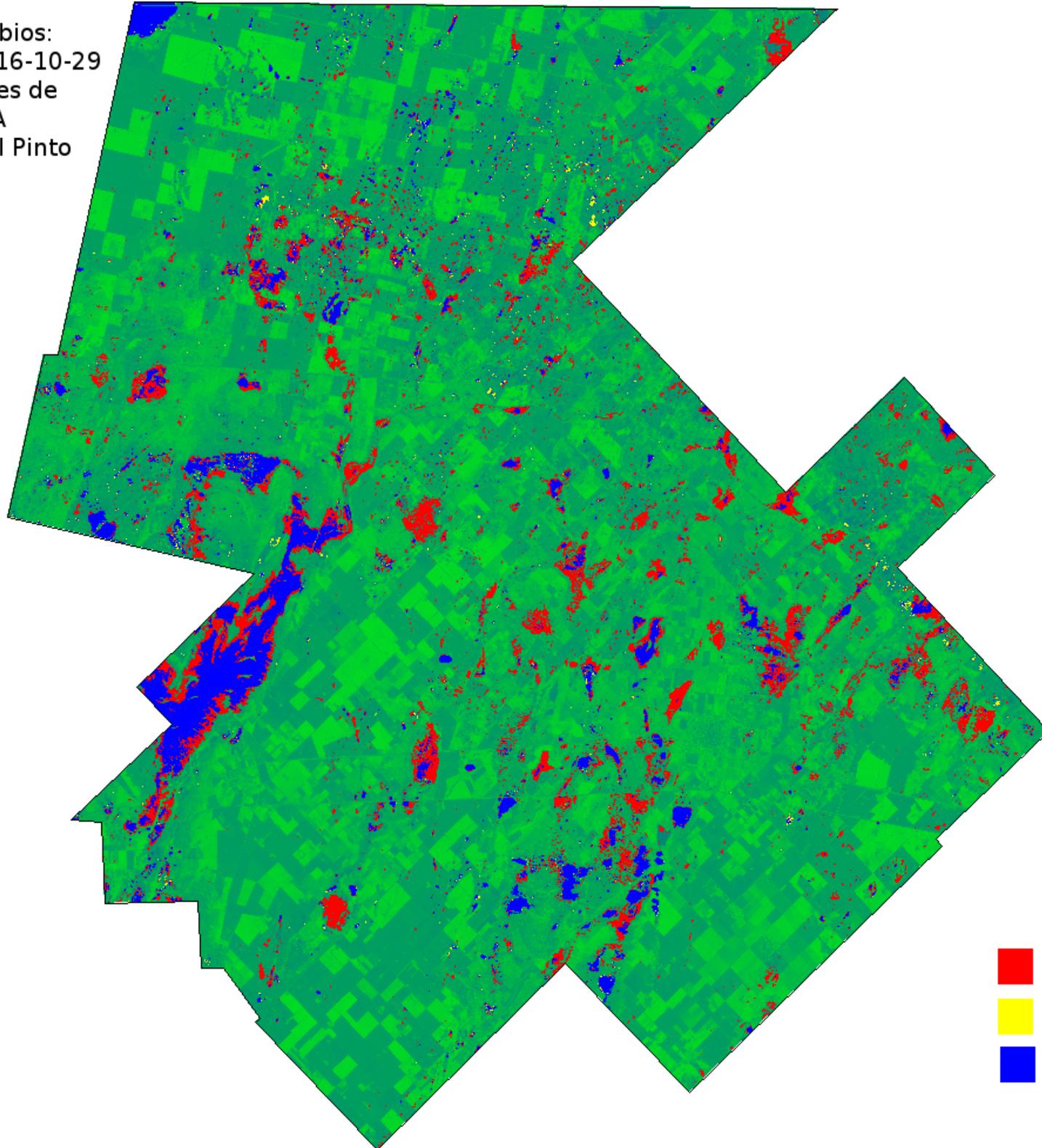


Deteccion de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imagenes de
sensor Sentinel-2A
Partido de General Lopez

-  Incremento
-  Decremento
-  Agua Permanente

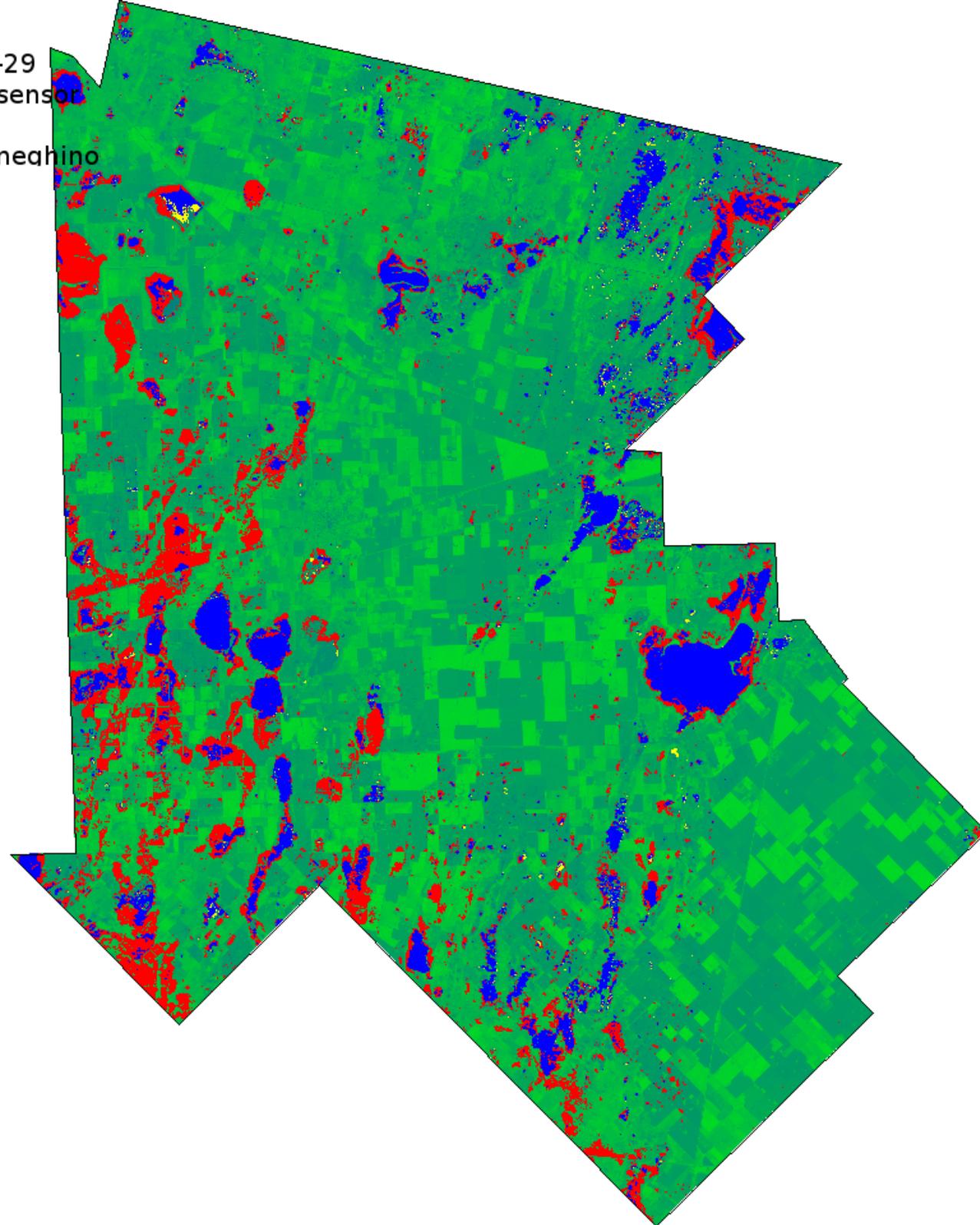


Detección de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imágenes de
sensor Sentinel-2A
Partido de General Pinto



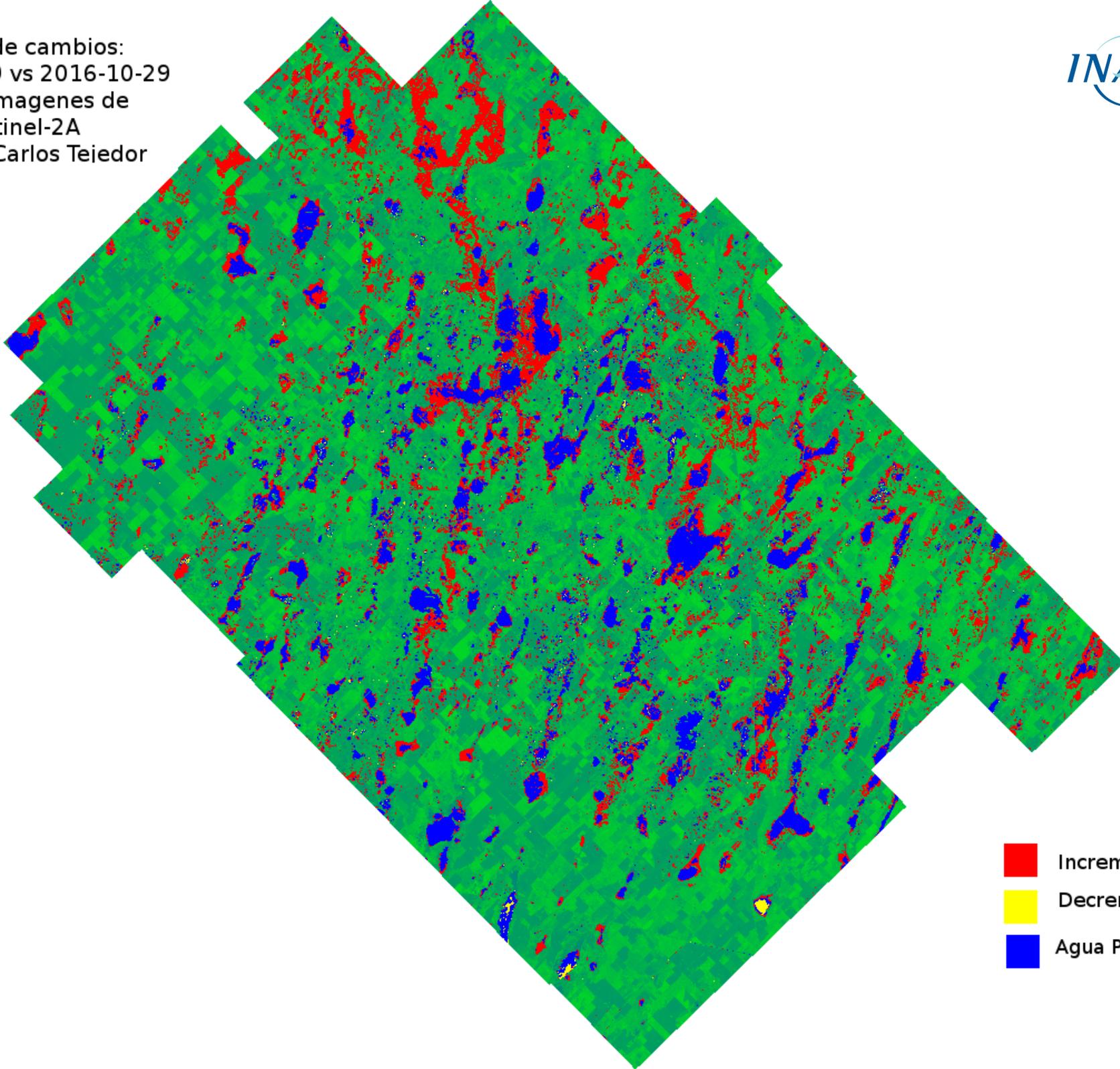
-  Incremento
-  Decremento
-  Agua Permanente

Detección de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imágenes de sensor
Sentinel-2A
Partido de Florentino Ameghino



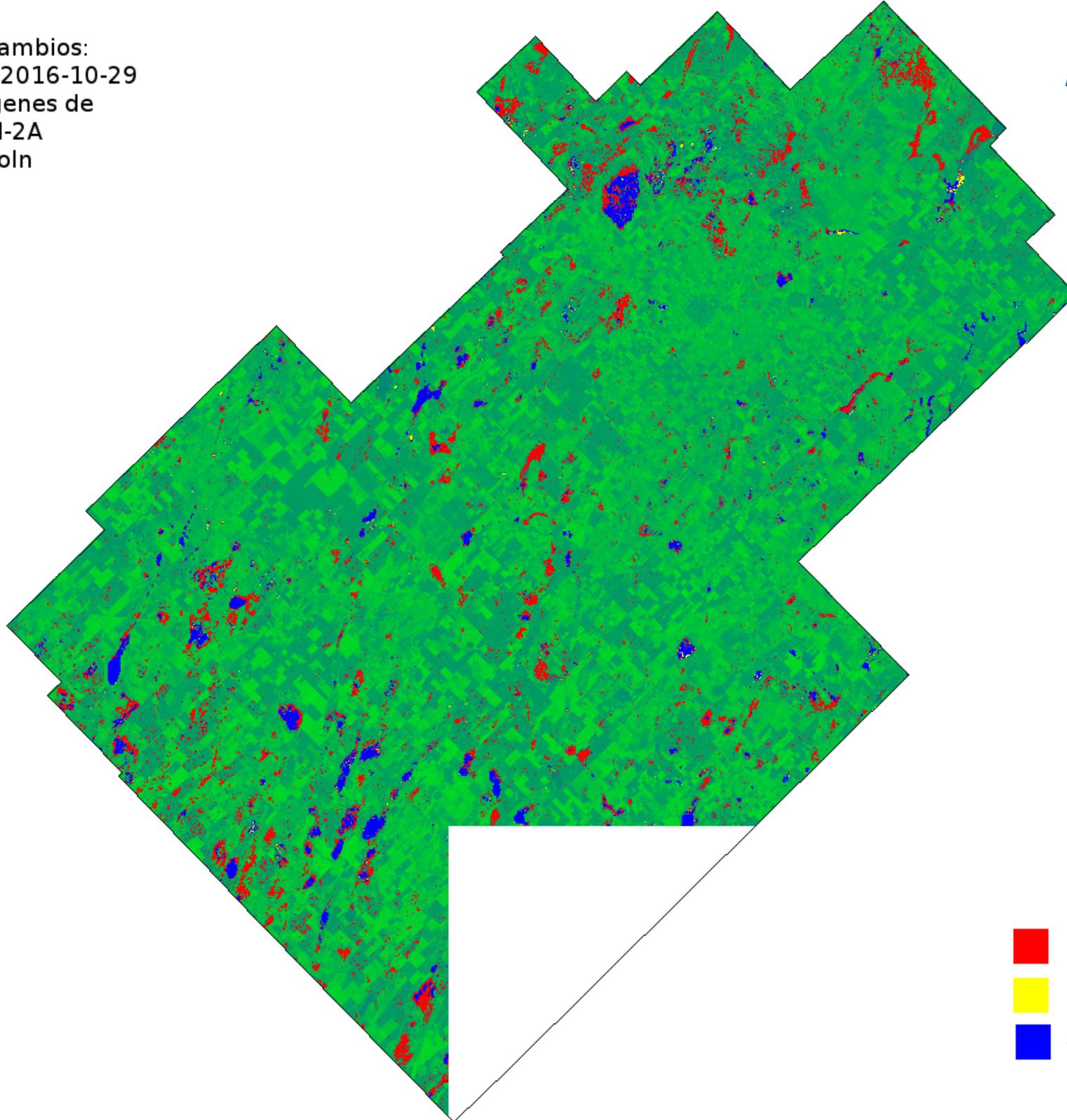
-  Incremento
-  Decremento
-  Agua Permanente

Detección de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imágenes de
sensor Sentinel-2A
Partido de Carlos Tejedor



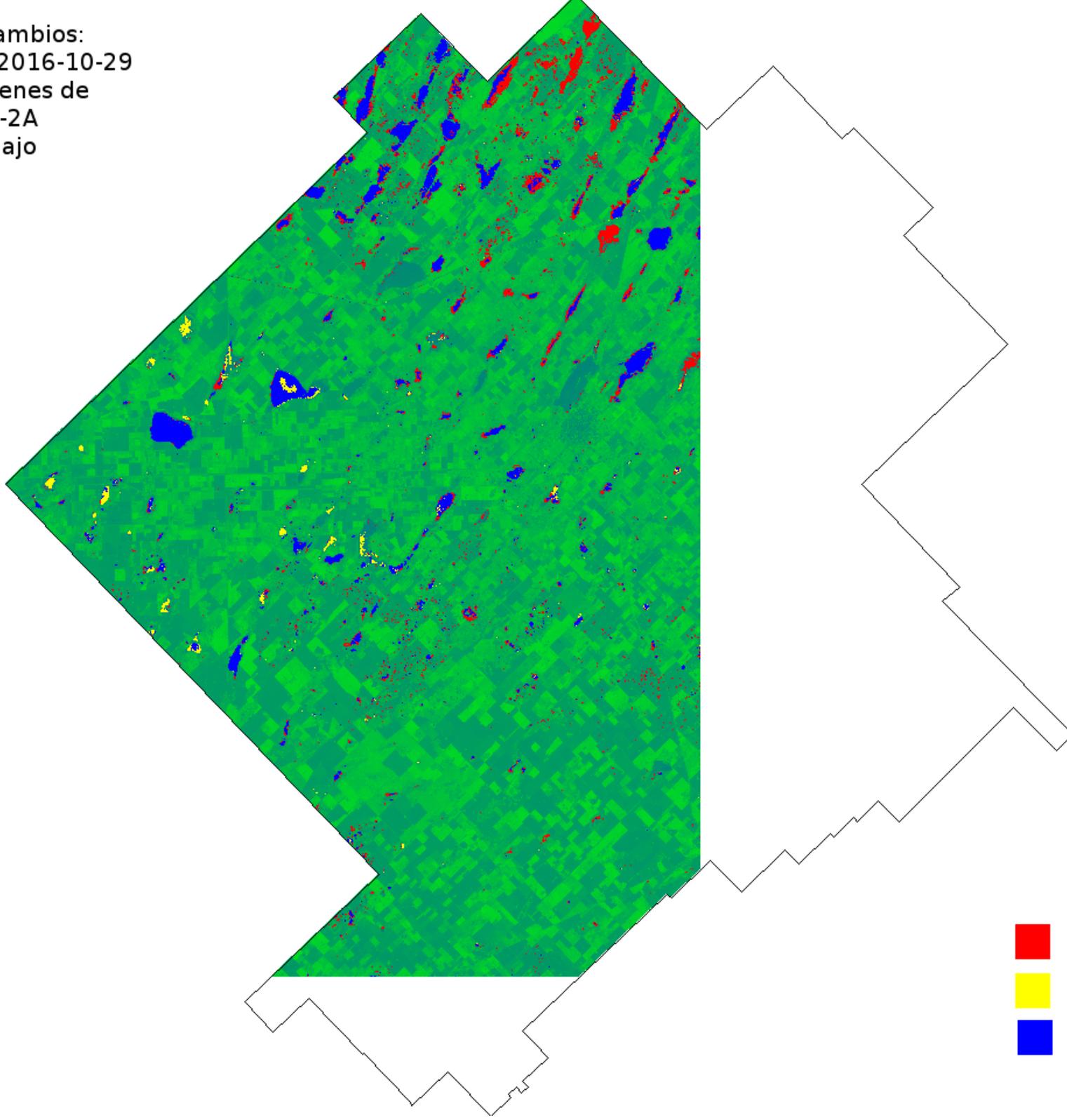
- Incremento
- Decremento
- Agua Permanente

Detección de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imágenes de
sensor Sentinel-2A
Partido de Lincoln



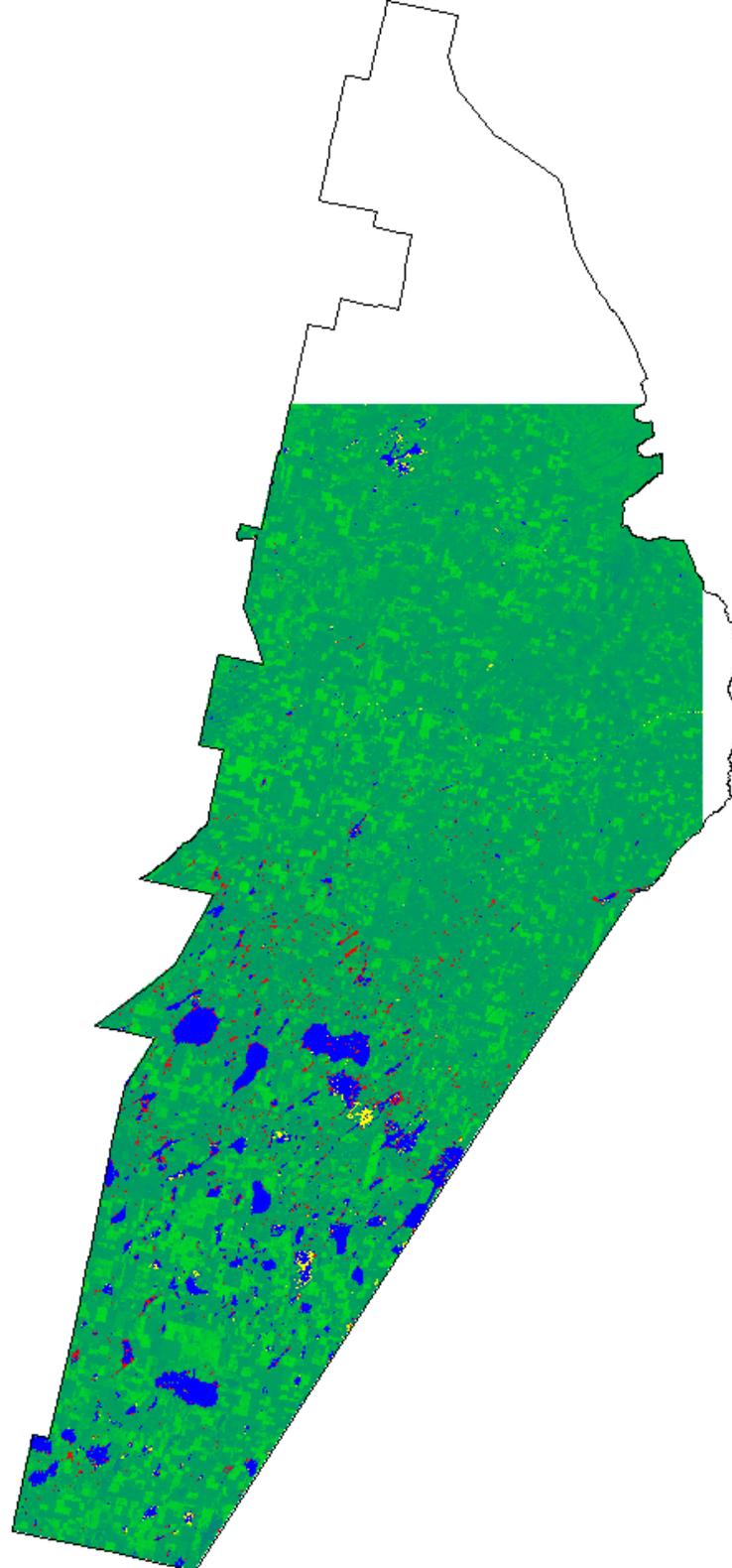
- Incremento
- Decremento
- Agua Permanente

Detección de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imágenes de
sensor Sentinel-2A
Partido de Pehuajo



- Incremento
- Decremento
- Agua Permanente

Detección de cambios:
2016-10-09 vs 2016-10-29
en base a imágenes de sensor
Sentinel-2A
Partido de Marcos Juárez



- Incremento
- Decremento
- Agua Permanente

Observaciones preliminares

- Para los sistemas fluvio-palustres del sur de Santa Fe, la evidencia empírica señala que la condición hídrica observada actualmente es propia de la evolución de una fase húmeda (recarga continua del almacenamiento superficial debido a un sostenido bajo déficit hídrico), iniciada en 2012 y que se ha intensificado en 2016, debido a la persistencia de anomalías positivas de precipitación. A la vez, *no hay evidencia que señale lo observado como apartado de la propia variabilidad de estos sistemas hídricos*. En efecto, los datos de precipitación y fracción de área anegada acompañan esta última línea de pensamiento.
- El último evento de precipitaciones de Octubre de 2016 no tuvo efecto significativo sobre el sistema hídrico La Picasa (al menos a la resolución de los instrumentos utilizados). En efecto, la mayor aceleración en la expansión de la superficie anegada, en La Picasa y durante el año en curso, se produjo durante los meses de abril y junio. En este sentido, remitimos a la observación precedente.
- Finalmente, el análisis cruzado de las detecciones de cambio correspondientes al sensor SENTINEL-2A y la distribución espacial de los montos de precipitación acumulada durante los días 23 y 26/10/2016, indica que la intensidad de la respuesta* guarda relación directa con la distribución de isoyetas. Asumiendo un déficit hídrico antecedente por debajo de lo normal para toda la región, y dadas las condiciones particulares del terreno, es directa la asociación con la variación de la superficie anegada. Y de ahí, el por qué de la mayor intensidad de cambios en el NW de Buenos Aires y Este de La Pampa, durante octubre de 2016.
- *la cual en este tipo de ambientes debe entenderse en relación a la variación de la superficie anegada, por el drenaje superficial deficiente debido a las condiciones de terreno – i.e. antiguos médanos dispuestos transversalmente a la pendiente regional -