

Informe Final

Oficina de Riesgos Agropecuarios
3 Septiembre 2015

Informe final del estudio de factibilidad del desarrollo de un seguro de índice de déficit de precipitación para el cultivo de Maíz.

Introducción

El presente informe comprende el estudio de factibilidad de la cobertura por déficit de precipitación para maíz. En el mismo se exponen análisis descriptivos de precipitación en las tres estaciones meteorológicas en estudio: Paraná, Sauce Viejo y Rafaela. Adicionalmente se analizan los datos de rendimiento del cultivo de maíz, en los tres departamentos en los que las citadas estaciones se sitúan. Distintos análisis relacionando los datos de precipitación y rendimiento son llevados a cabo con la finalidad de sentar las bases para la confección de la cobertura de déficit de precipitación.

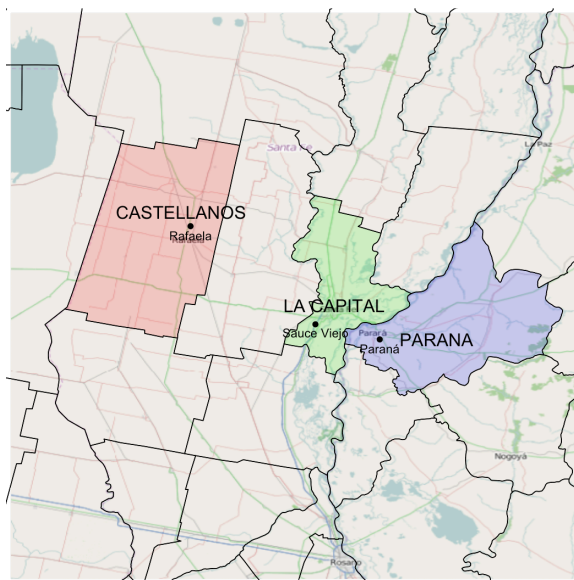
Se analizaron varios ensayos de coberturas, evaluando en cada caso la sensibilidad del costo de cobertura (prima pura) a cambios en los umbrales de activación de las mismas. Series sintéticas (simuladas) fueron creadas para realizar los análisis de sensibilidad para las tres estaciones. También se desarrolló una plataforma interactiva en la que se pueden evaluar distintos escenarios de cobertura, calculando automáticamente la prima pura. Finalmente, se seleccionaron 2 coberturas alternativas, basadas en 2 índices pluviométricos (milímetros de precipitación acumulada y cantidad de días consecutivos sin lluvia). Para estas coberturas se estimaron las tasas para la campaña 2015-2016, y se estimaron las tasas para una campaña genérica. Las tasas para una campaña genérica se desagregaron en 3 escenarios, niño, neutro y niña.

Más en particular, en este informe se exponen, dentro del área de interés, los análisis que se detallan a continuación:

- **Análisis descriptivo de la precipitación.**
- **Análisis descriptivo de rendimientos históricos de maíz. Cálculo de rendimientos relativos.**
- **Relación entre rindes y precipitación acumulada.**
- **Relación entre rindes y cantidad de días con lluvia.**
- **Relación entre rindes y días consecutivos sin precipitación.**
- **Aporte de las variables de precipitación en su relación con el rinde. Análisis de Correlación Canónica.**
- **Generación de series sintéticas de precipitación.**
- **Ensayos de coberturas potenciales. Análisis de escenarios y cálculo de primas puras.**
- **Definición de coberturas por déficit de precipitación.**
- **Sensibilidad de las tasas calculadas.**
- **Relación entre precipitación y ENSO.**
- **Análisis de estimación de tasas de las coberturas seleccionadas.**
- **Comparación de índices entre precipitación histórica y simulada.**
- **Apéndice metodológico de cálculo de primas puras.**

Selección del área de interés

La región de estudio incluye los departamentos de Paraná, en la provincia de Entre Ríos, La Capital y Castellanos en la provincia de Santa Fe. Las estaciones meteorológicas asociadas son, respectivamente, Paraná, Sauce Viejo y Rafaela.

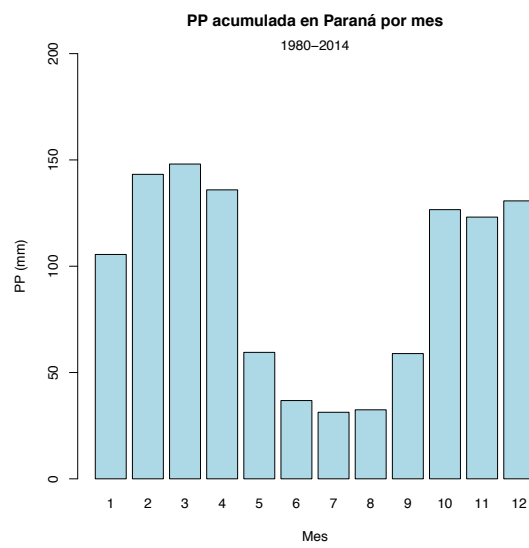


Análisis descriptivo de la precipitación

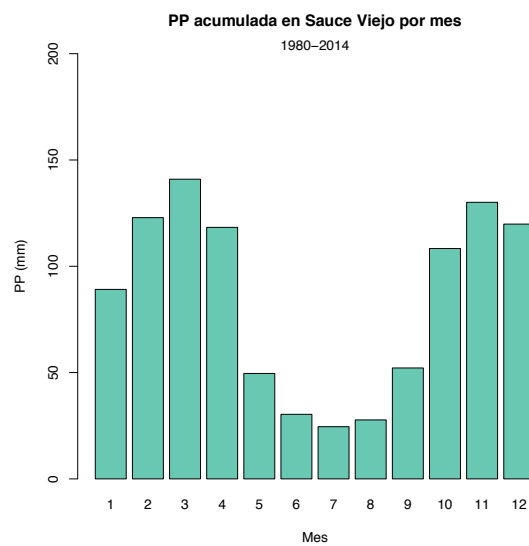
En relación al análisis de la precipitación, pese a contar con 44 años de datos (desde 1970), se decidió utilizar los últimos 34 años ya que a partir de la década del 70 se han observado cambios en los regímenes de lluvia a nivel regional (ver Minetti, J. L., & Vargas, W. M. (1996)). De esta manera, al utilizar el último tramo de las series de precipitación, se refleja con más fidelidad los regímenes de lluvia que podrían esperarse en la campaña 2015-2016.

La precipitación acumulada mensual en los últimos 34 años, en cada una de las tres estaciones elegidas, se muestra en los climogramas que se observan a continuación.

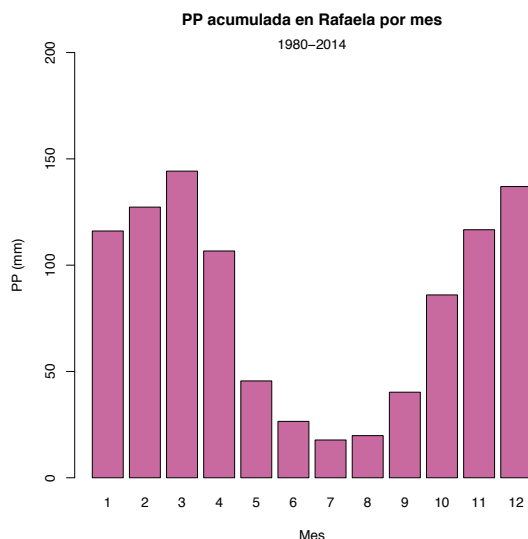
Paraná



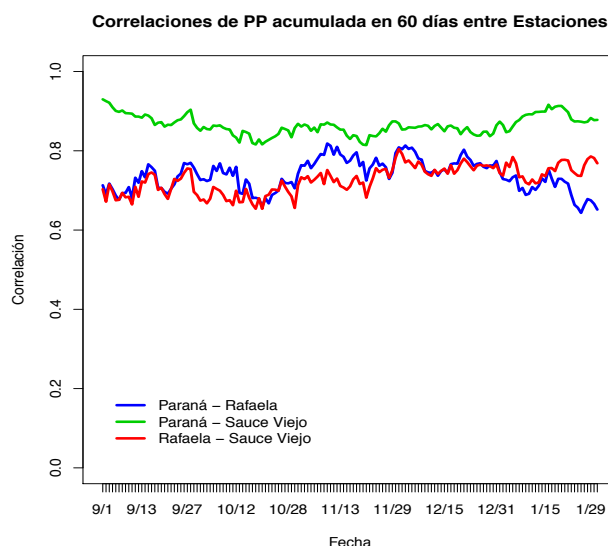
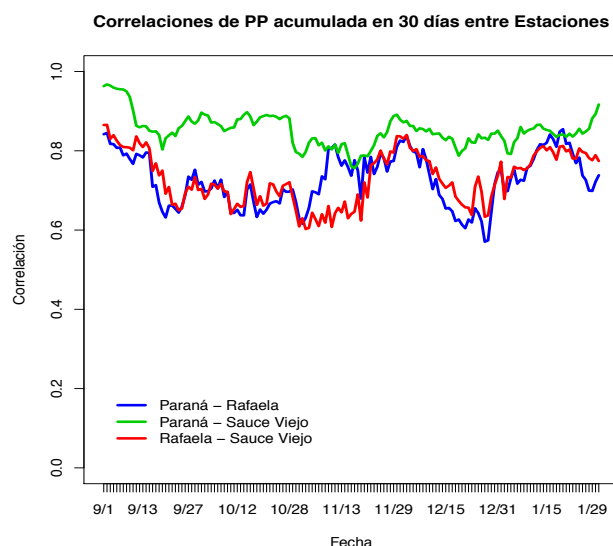
Sauce Viejo



Rafaela



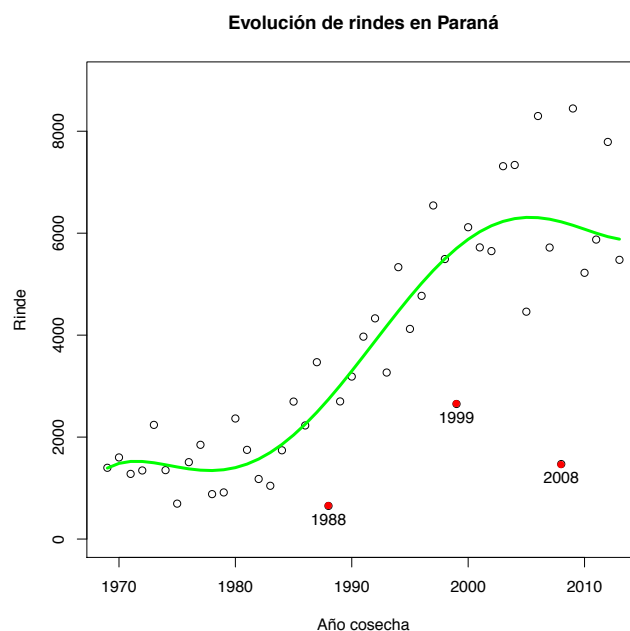
Se destaca la fuerte influencia de la distancia entre dos estaciones al momento de correlacionar las precipitaciones acumuladas. Dicha correlación es superior al comparar datos de precipitación de Paraná con los de Sauce Viejo, las dos estaciones de análisis más cercanas. En tanto que Rafaela mantiene, como es de esperarse, un nivel de correlación menor con las dos restantes estaciones.



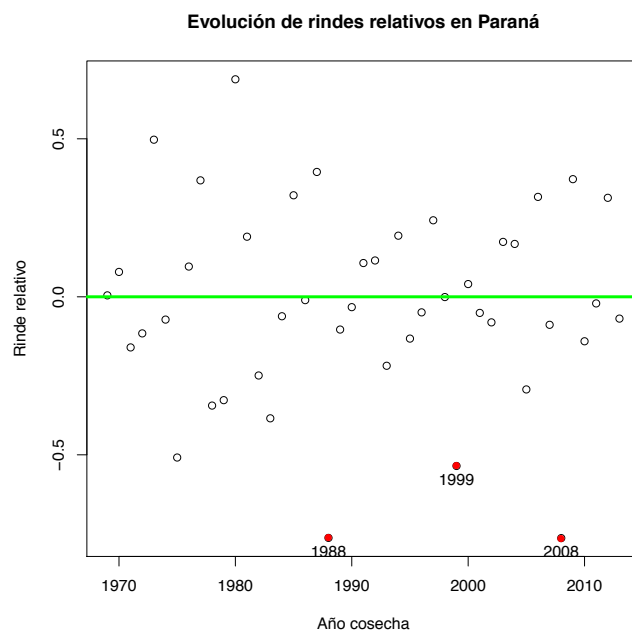
Análisis descriptivo de rendimientos históricos de maíz

Los rendimientos se calculan como el cociente del total de producción (kg) sobre superficie sembrada (ha). Este cociente representa el rendimiento promedio por departamento, agregando tanto la cosecha temprana como la tardía. Adicionalmente, es importante notar que cambios a lo largo del tiempo en la participación de cosechas tempranas/tardías no se verán reflejados en los datos. Esto último limita potencialmente el grado de relación que los rindes mantienen con diferentes índices de precipitación. Los siguientes gráficos muestran la evolución temporal de los rindes. La curva verde representa el ajuste de los rindes mediante un modelo suave y robusto. Los años marcados en rojo corresponden a los períodos donde se observaron caídas fuertes de rendimientos.

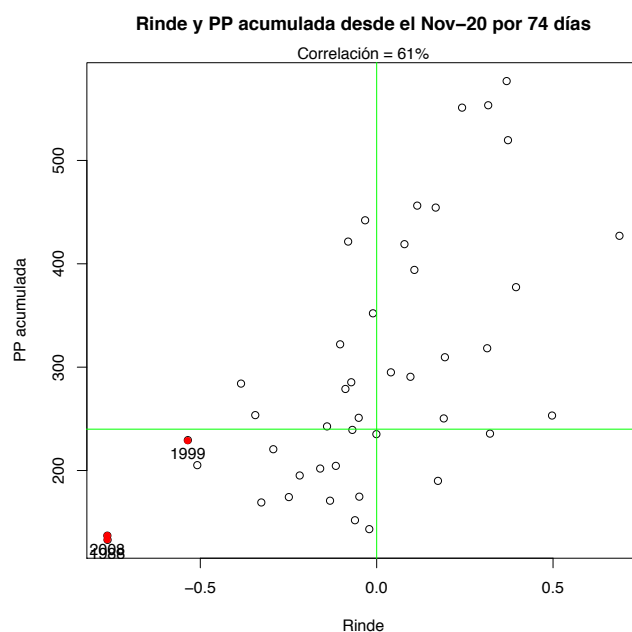
Paraná



Los rendimientos relativos se obtienen de dividir la diferencia entre los rindes observados y los valores ajustados sobre los valores ajustados. De esta manera, se obtienen valores de rendimientos estandarizados que son comparables a lo largo del tiempo en un mismo departamento, y entre distintos departamentos. Esta transformación intenta reflejar el rendimiento de una cosecha, relativo al rendimiento que para ese departamento y para ese año se espera de acuerdo a la evolución tecnológica.

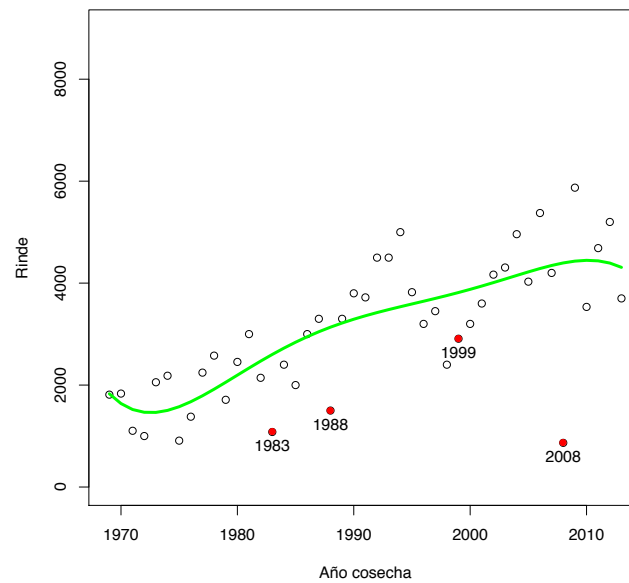


Una vez calculados los rindes relativos, se relacionan los mismos con los valores de precipitación acumulada para los últimos 34 años de análisis. En el caso de Paraná, la mayor correlación observada entre rendimiento y precipitación acumulada es de 61% para un período de 74 días a partir del 20 de noviembre.

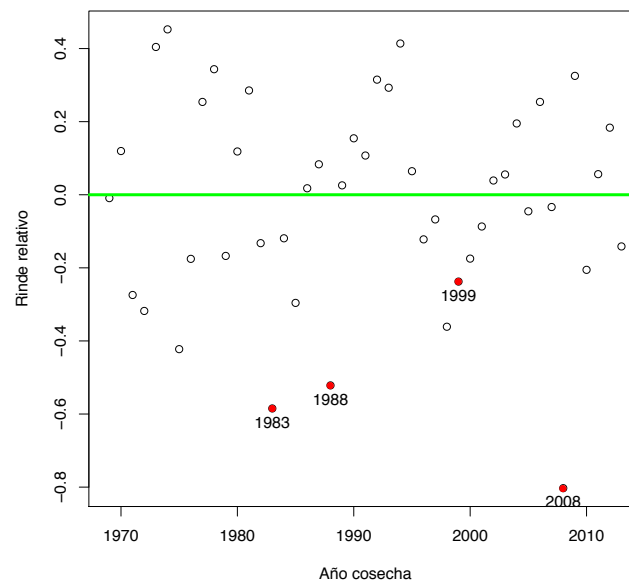


Sauce Viejo

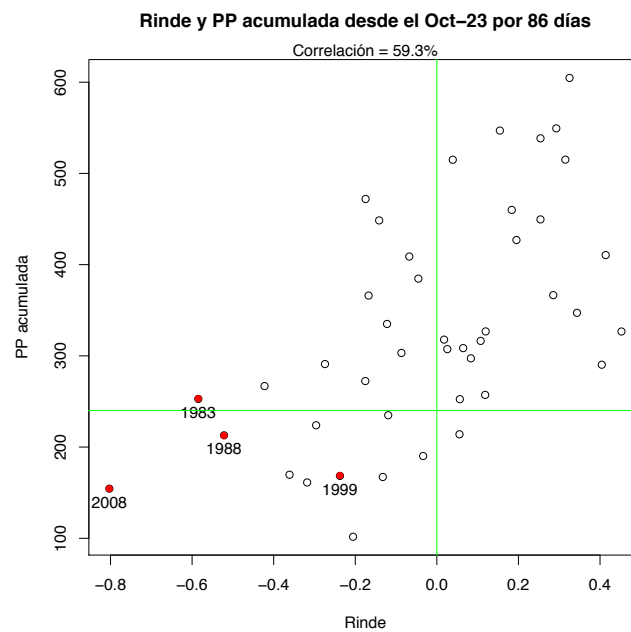
Evolución de rindes en Sauce Viejo



Evolución de rindes relativos en Sauce Viejo

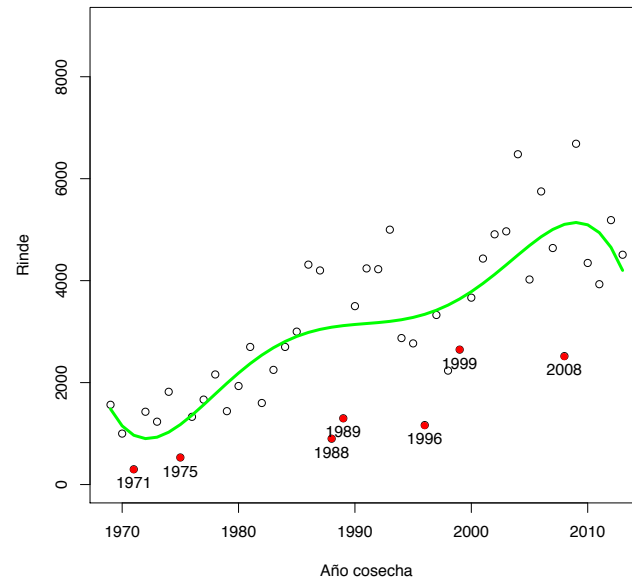


En la estación de Sauce Viejo, la mayor correlación observada entre rendimiento y precipitación acumulada es de 59.3% para un período de 86 días a partir del 23 de octubre.

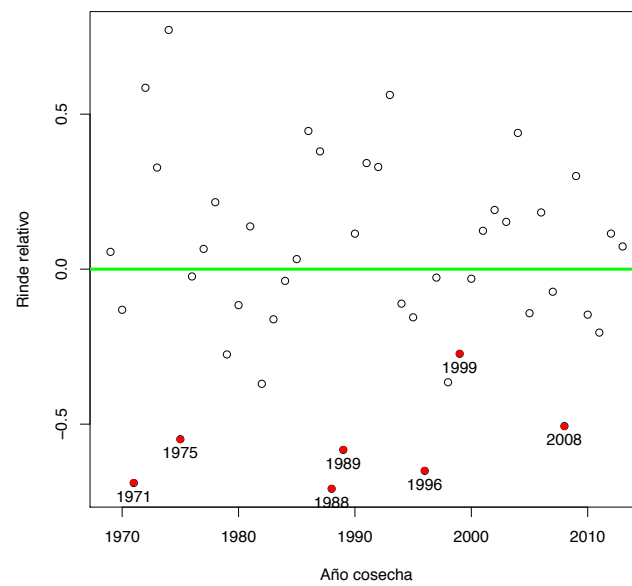


Rafaela

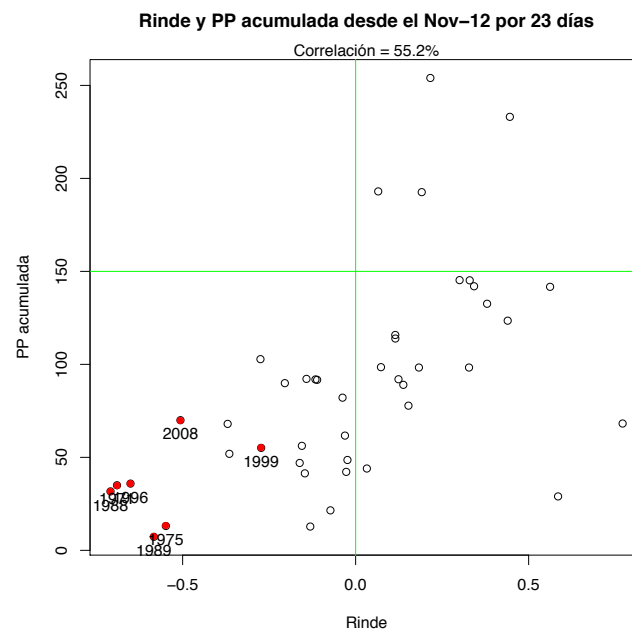
Evolución de rindes en Rafaela



Evolución de rindes relativos en Rafaela



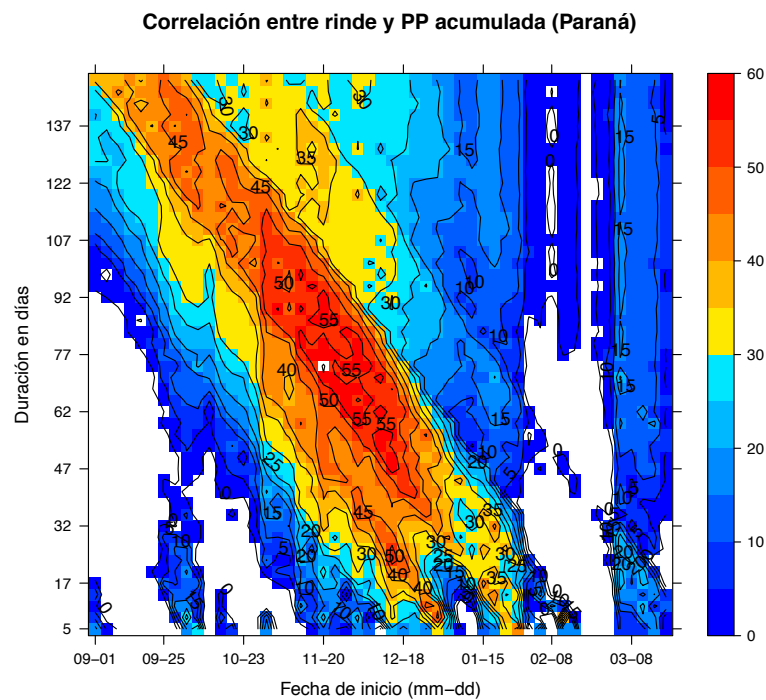
En Rafaela, la mayor correlación observada entre rendimiento y precipitación acumulada es de 55.2% para un período de 23 días a partir del 12 de noviembre.



Relación entre rindes y precipitación acumulada

Los gráficos de este apartado permiten analizar, para distintos períodos que varían entre 5 y 150 días (eje vertical), y desde una fecha inicial entre el 1º de septiembre y el 31 de marzo (eje horizontal), la correlación entre rendimientos y precipitación acumulada en ese período de tiempo. Cada punto de la grilla se colorea de acuerdo a su porcentaje de correlación indicado en la escala de la derecha. Los colores más cálidos indican fuerte correlación mientras que los azules se corresponden con bajas correlaciones.

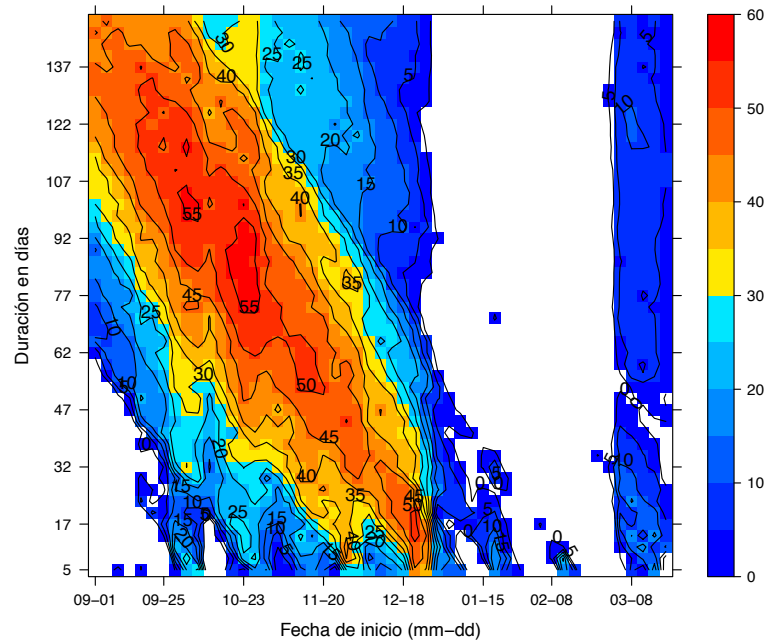
Paraná



Puede observarse que las máximas correlaciones se obtienen a partir de fines de Octubre hasta los primeros días de Enero. Esto se aprecia en el patrón diagonal de fuerte color rojo presente en la figura.

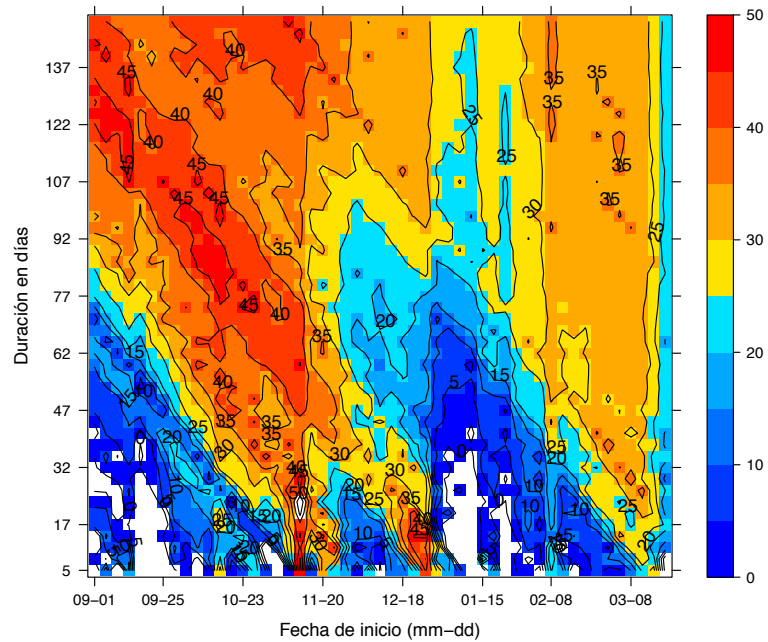
Sauce Viejo

Correlación entre rinde y PP acumulada (Sauce Viejo)



Rafaela

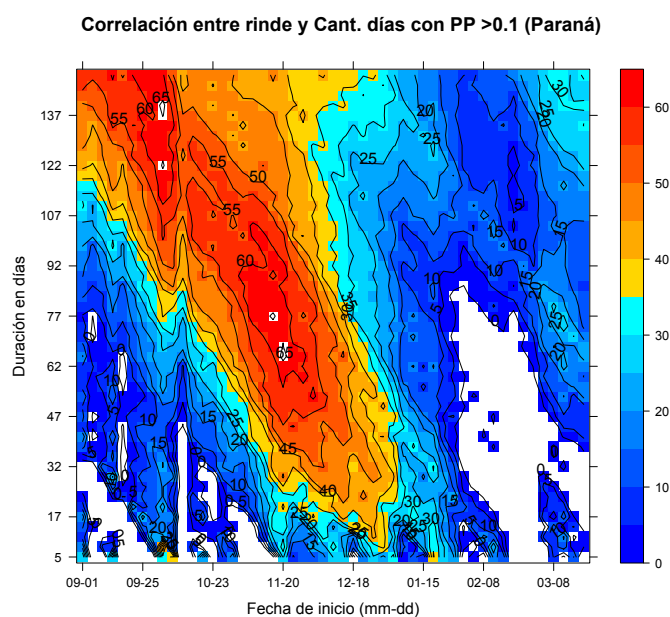
Correlación entre rinde y PP acumulada (Rafaela)



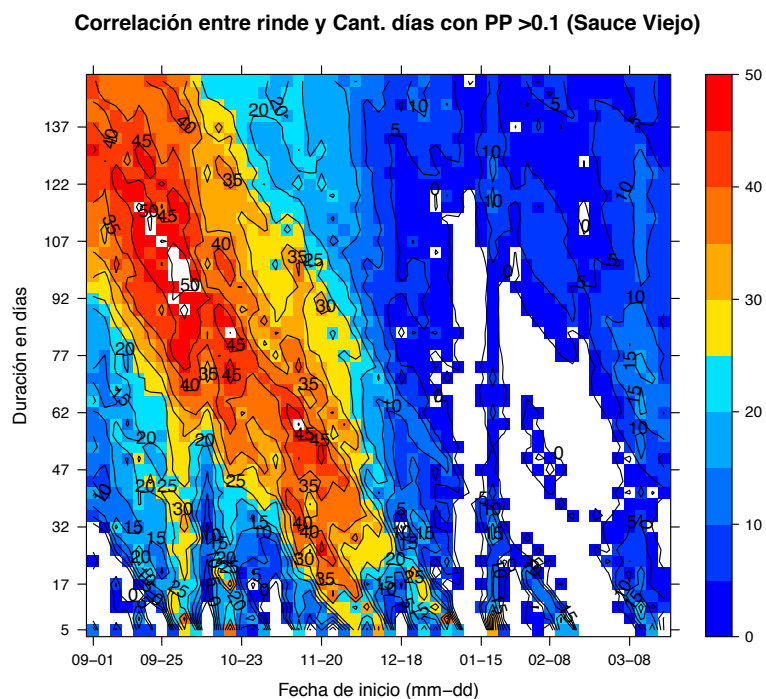
Relación entre rindes y cantidad de días con lluvia

Del mismo modo se pueden analizar las correlaciones en cada período entre rinde y cantidad de días con precipitación. En este caso se consideró un umbral mínimo de 0.1 mm para indicar día con lluvia. Nuevamente los tonos rojos hacen referencia a mayor correlación.

Paraná

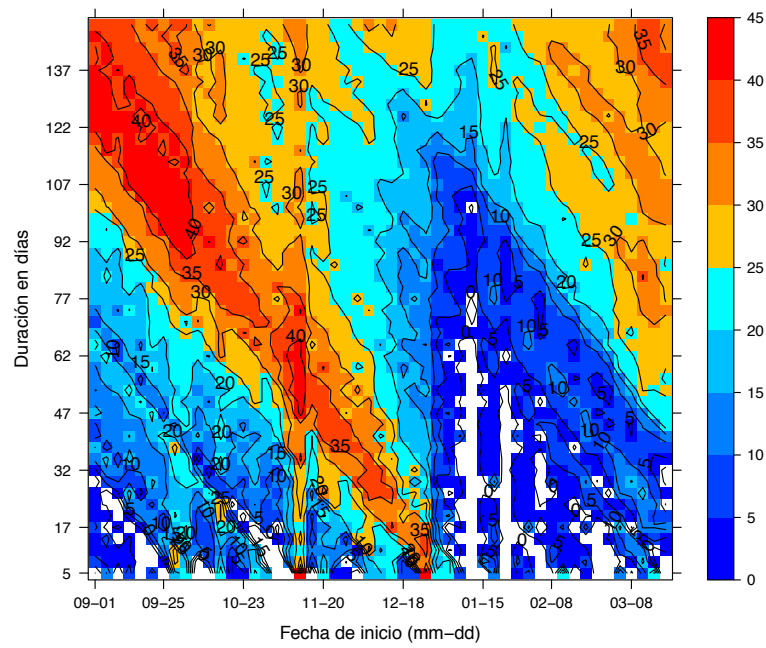


Sauce Viejo



Rafaela

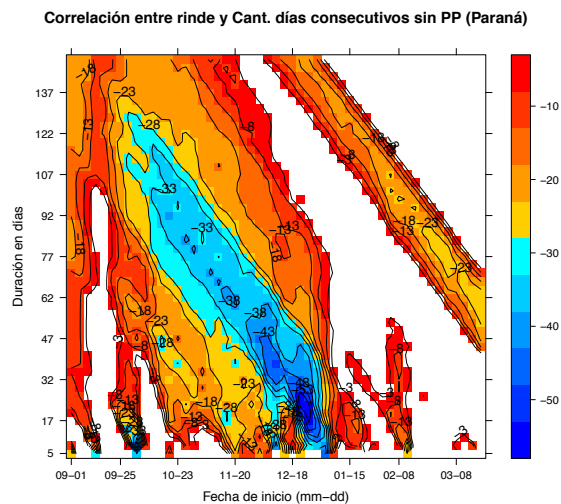
Correlación entre rinde y Cant. días con PP >0.1 (Rafaela)



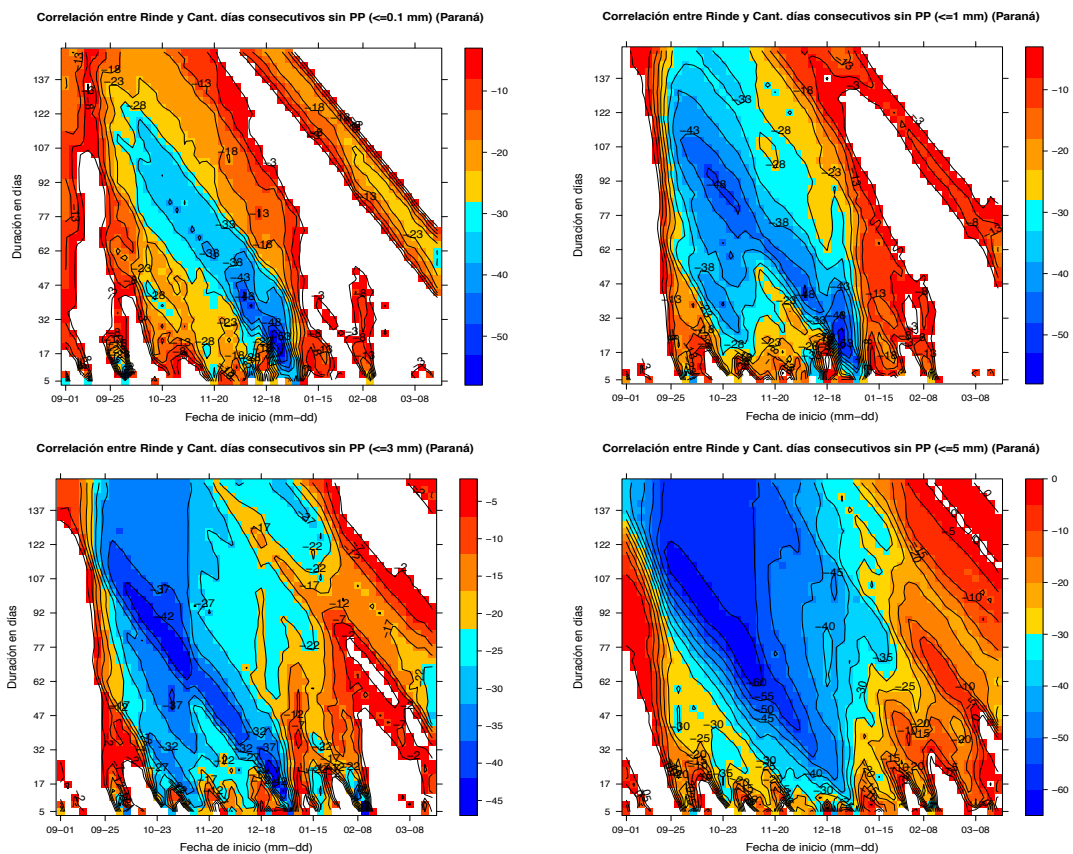
Relación entre rindes y cantidad de días consecutivos sin precipitación

Otro estudio interesante es el que se observa al comparar rindes con cantidad de días consecutivos sin lluvia. Aquí las correlaciones son negativas, y en consecuencia las relaciones más fuertes se ven en color azul.

Paraná



Los gráficos de abajo muestran las correlaciones entre rinde y cantidad de días consecutivos sin precipitación para distintos umbrales: 0.1, 1, 3 y 5 mm.

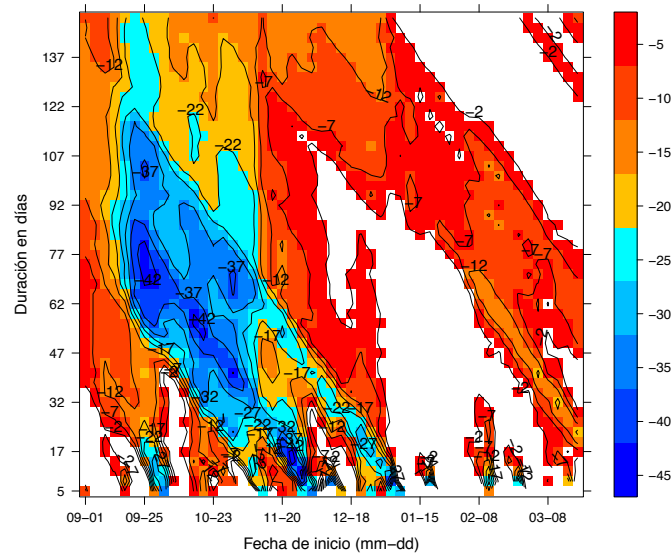


Puede observarse claramente que el incremento en el umbral de precipitación (que

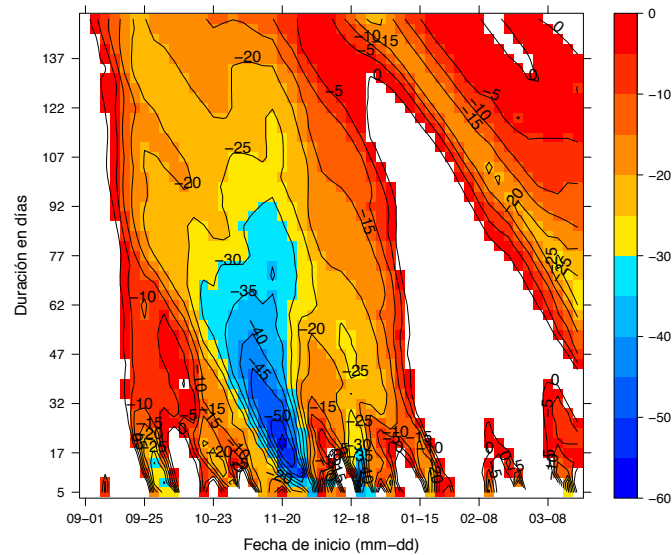
determina un día con lluvia) impacta directamente en la extensión del período con alta correlación.

Sauce Viejo

Correlación entre rinde y Cant. días consecutivos sin PP (Sauce Viejo)

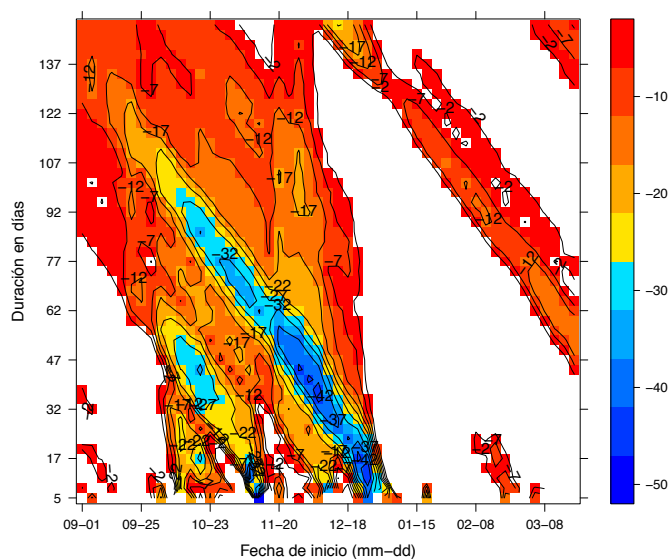


Correlación entre Rinde y Cant. días consecutivos sin PP (≤ 5 mm) (Sauce Viejo)

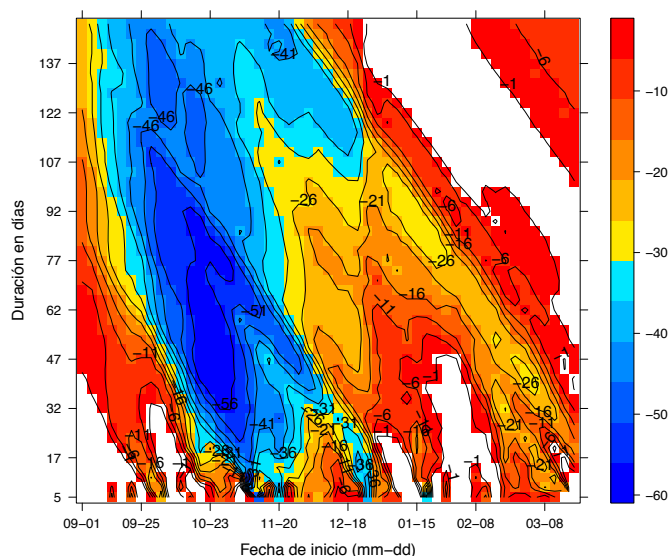


Rafaela

Correlación entre rinde y Cant. días consecutivos sin PP (Rafaela)



Correlación entre rinde y Cant. días consecutivos sin PP (≤ 5) (Rafaela)



Aporte de las variables de precipitación en su relación con el rinde. Análisis de Correlación Canónica

El siguiente análisis calcula la máxima correlación que puede obtenerse entre los rendimientos relativos en un departamento, y una combinación lineal de los 3 índices analizados de lluvia: precipitación acumulada, cantidad de días con lluvia y cantidad de días consecutivos sin lluvia. Esta técnica se conoce como correlación canónica. En las siguientes tablas se especifica la presencia de una variable mediante el color verde, mientras que la ausencia de la variable se manifiesta usando el color rojo. Por ejemplo, **PPacum** - **DiasPP** - **DiasConSinPP** representa la correlación entre rindes relativos y los índices de precipitación acumulada y cantidad de días consecutivos sin lluvia, dejando de lado el índice de cantidad de días con lluvia.

Paraná

En período de alta correlación entre rinde y PP acumulada (20 Nov – 02 Feb)

Paraná	Umbral de PP				
Correlación Canónica	0	0.1	1	3	5
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.67	0.68	0.66	0.64	0.67
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.61	0.61	0.61	0.61	0.65
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.67	0.68	0.65	0.64	0.67
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.64	0.65	0.61	0.60	0.64
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.64	0.65	0.60	0.59	0.64
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.35	0.36	0.37	0.30	0.50

Sauce Viejo

En período de alta correlación entre rinde y PP acumulada (23 Oct – 17 Feb)

Sauce Viejo	Umbral de PP				
Correlación Canónica	0	0.1	1	3	5
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.60	0.60	0.61	0.60	0.60
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.60	0.60	0.60	0.59	0.60
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.60	0.60	0.61	0.59	0.59
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.41	0.41	0.45	0.39	0.45
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.40	0.40	0.44	0.38	0.44
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.29	0.29	0.31	0.10	0.23

Rafaela

En período de alta correlación entre rinde y PP acumulada (12 Nov – 15 Dic)

Rafaela	Umbral de PP				
Correlación Canónica	0	0.1	1	3	5
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.59	0.59	0.56	0.56	0.57
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.58	0.59	0.56	0.56	0.56
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.56	0.56	0.56	0.55	0.56
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.27	0.28	0.29	0.42	0.51
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.25	0.27	0.29	0.41	0.51
PPacum - DiasPP - DiasConsSinPP	0.12	0.11	0.21	0.38	0.40

Del análisis anterior puede observarse que tanto precipitación acumulada, como cantidad de días consecutivos sin lluvia muestran las mayores correlaciones. También puede observarse que una vez que se toma uno de estos índices, el incremento en correlación por tomar los otros índices es relativamente pequeño.

Generación de series sintéticas de precipitación

Para poder proyectar escenarios de potenciales coberturas y cálculos de primas con alta precisión, se necesita contar con series sintéticas (simuladas) de precipitación que reproduzcan lo más fielmente posible las propiedades estadísticas de las series observadas en las estaciones meteorológicas. Así, se generaron para cada estación, 1.000 réplicas de las precipitaciones, con frecuencia diaria, para los años 2015-2016.

Se aplicó el método de simulación de series de precipitaciones del paquete RMAWGEN del software estadístico R. El método se basa en la aplicación de modelos vectoriales autoregresivos de regresión (VAR) con la opción de la aplicación de métodos de gaussianización multivariados (ver Cordano, E., & Eccel, E. 2012). El generador permite simular series multivariadas (varias estaciones simultáneamente) de precipitación, basadas en series históricas observadas. En este caso se utilizaron las series observadas de las estaciones de Paraná, Rafaela y Sauce Viejo, desde el 1 de Enero de 1980 hasta el 31 de Diciembre de 2014. El procedimiento utilizado permite dar cuenta de la estacionalidad subyacente en las series, así como de otros ciclos y tendencias en las mismas.

Adicionalmente, contar con series simuladas permite la evaluación, en términos de costo (prima pura), de configuraciones de parámetros (de coberturas) que no se hayan podido observar en el pasado en las estaciones de referencia. Además, las series sintéticas pueden ser dotadas del impacto de tendencias y/o ciclos que podrían diferenciar el comportamiento histórico de la precipitación, del comportamiento esperado para la campaña agrícola 2015-2016.

Análisis comparativo de las series sintéticas y observadas de precipitación

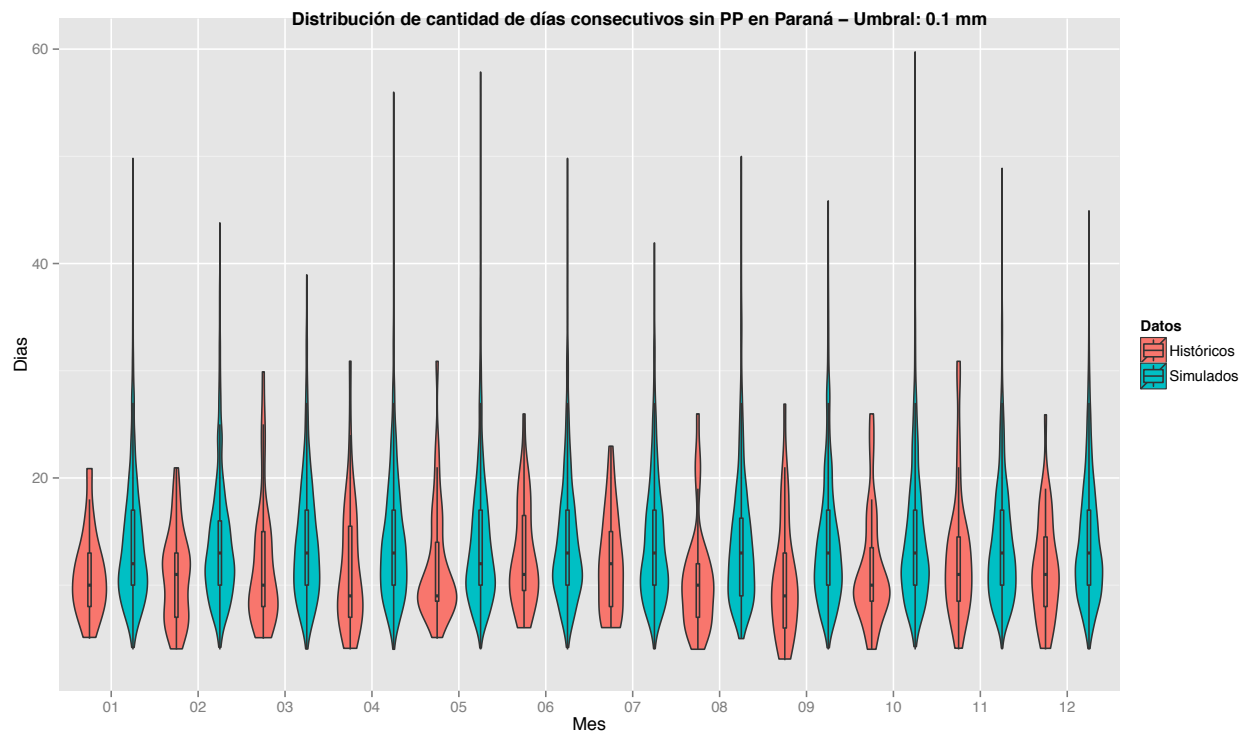
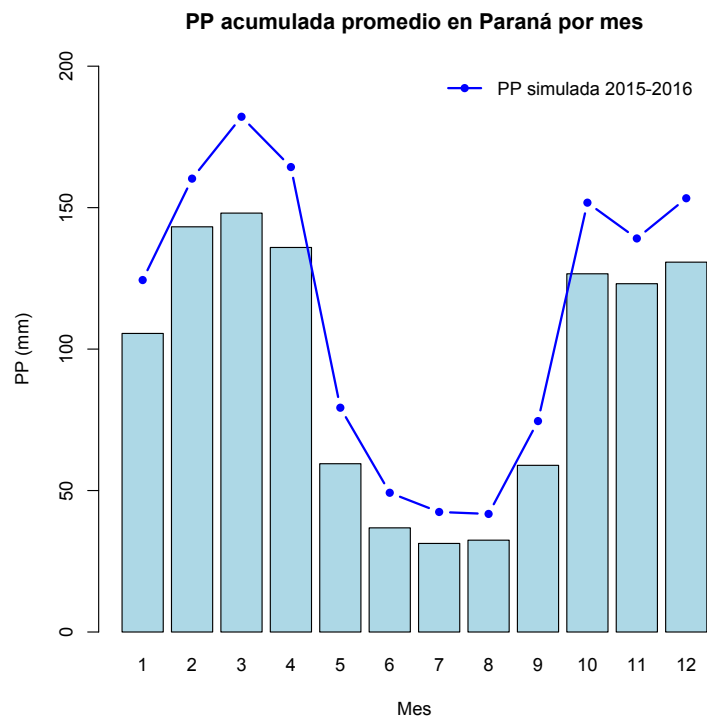
Se compara en esta sección el comportamiento de los índices de interés (precipitación acumulada y cantidad de días consecutivos sin lluvia) tanto en los datos históricos de las estaciones meteorológicas, como en las series simuladas. El objetivo es constatar el grado de asociación existente entre ambas fuentes de datos.

Específicamente, las figuras que siguen comparan el comportamiento entre las series de precipitación observadas y las simuladas para cada estación meteorológica de estudio. El primer gráfico muestra el climograma de precipitación acumulada mensual, y la curva de precipitación acumulada mensual construida a partir de las 1.000 simulaciones realizadas basadas en los datos observados de los últimos 34 años (1980-2014).

El segundo gráfico muestra las distribuciones de cantidad de días consecutivos sin precipitación en cada mes del año, tanto para el caso de los datos históricos observados (izquierda-rojo) como para las simulaciones (derecha-azul). Cada “caja” (boxplot) representa dichas distribuciones. La línea horizontal central es la mediana, y los bordes inferior y superior de la caja indican los percentiles 25 y 75 respectivamente. Así, cada caja contiene el 50% de los datos. Más precisamente, estos gráficos son conocidos como “vioplots” o gráficos de violín, que incluyen además la densidad de los datos rotada sobre cada lado. Aquí se muestran 24 distribuciones de cantidad de días consecutivos sin lluvia, según sea el mes y los datos utilizados, históricos o simulados. Se puede ver que los vioplots correspondientes a las series simuladas tienen colas más largas hacia la derecha (arriba), generando algunos casos con rachas de hasta 60 días consecutivos sin lluvia. Debemos tener en cuenta que los gráficos correspondientes a precipitación observada consideran solo 34 años de datos, mientras que

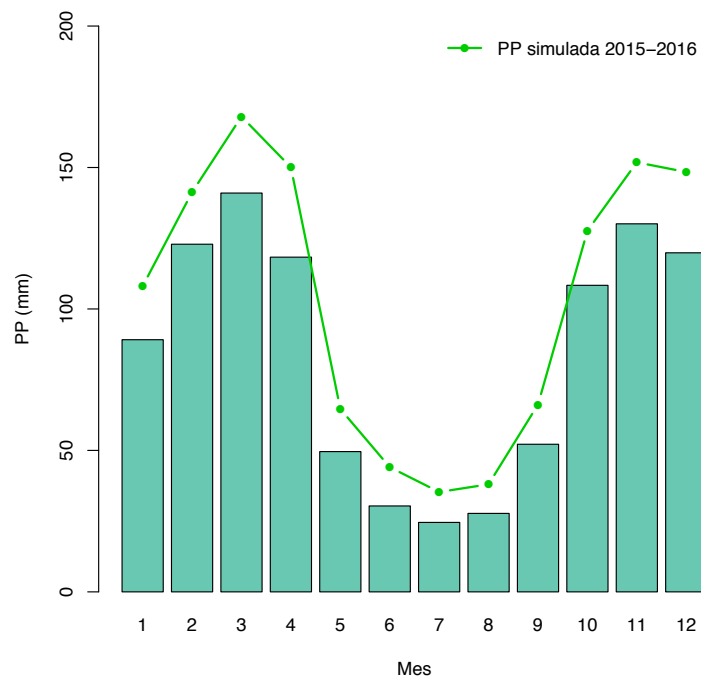
para los realizados con las simulaciones contamos con 1.000 años de datos (réplicas).

Paraná

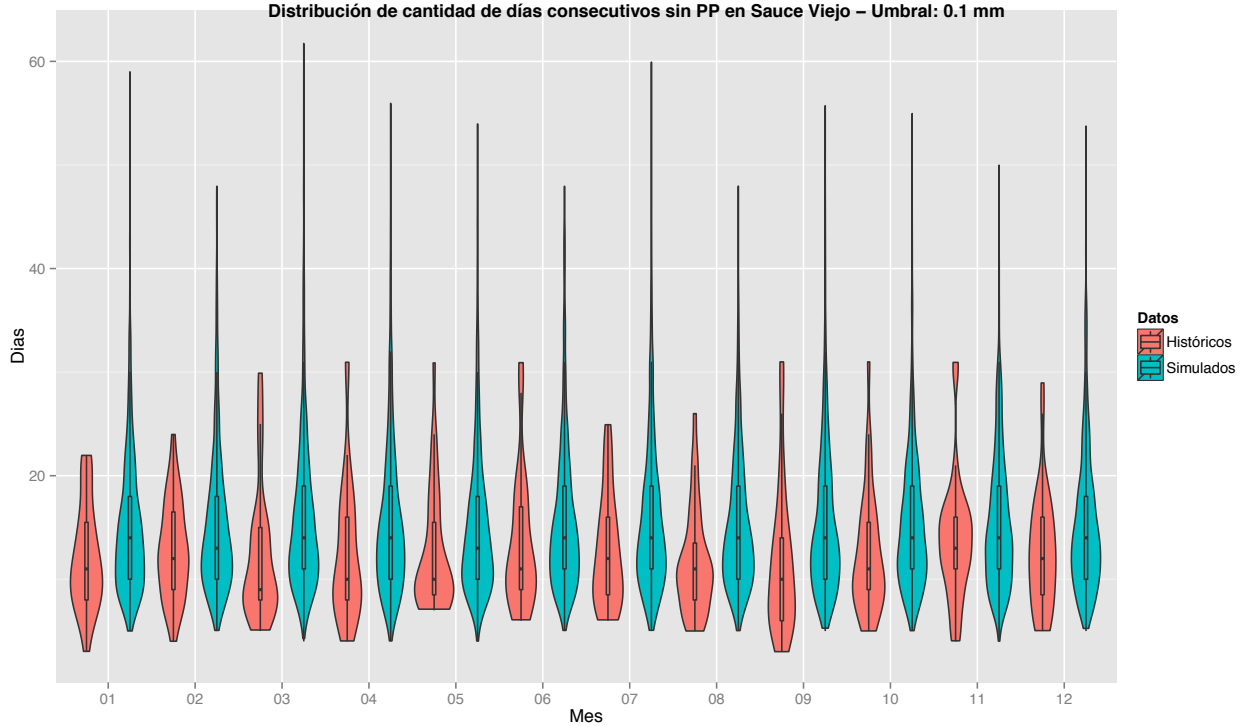


Sauce Viejo

PP acumulada promedio en Sauce Viejo por mes

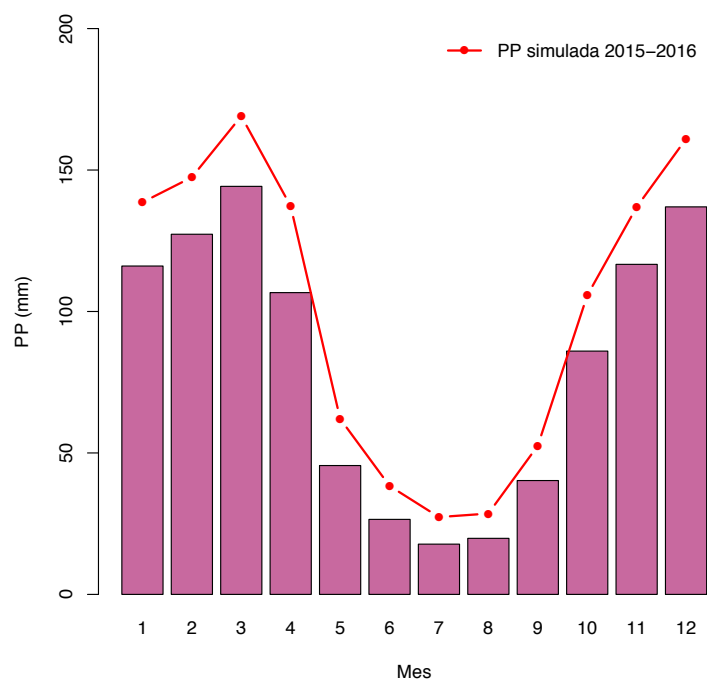


Distribución de cantidad de días consecutivos sin PP en Sauce Viejo – Umbral: 0.1 mm

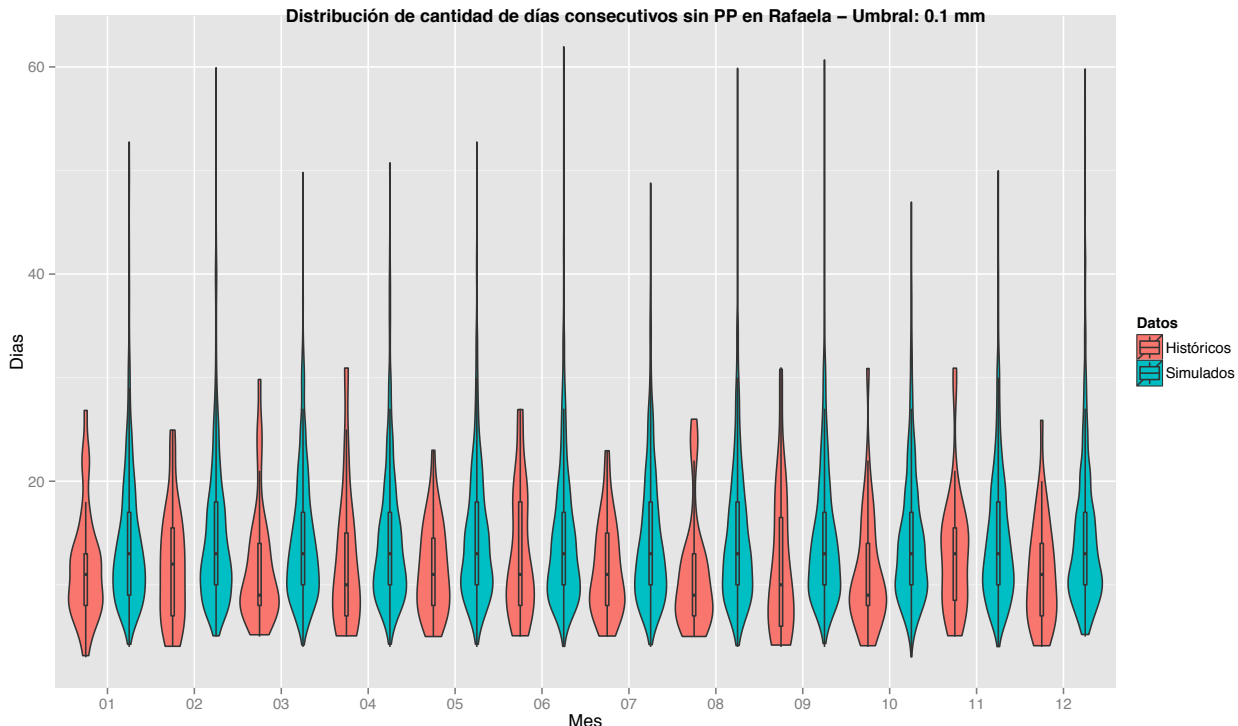


Rafaela

PP acumulada promedio en Rafaela por mes



Distribución de cantidad de días consecutivos sin PP en Rafaela – Umbral: 0.1 mm



Definición de coberturas por déficit de precipitación.

Del conjunto de análisis desarrollados, se decidió optar por 2 coberturas alternativas para cubrir el riesgo de déficit de precipitación del cultivo de maíz. Los parámetros básicos que definen las coberturas se detallan a continuación:

Cobertura 1

Esta cobertura incluye dos índices, uno de milímetros acumulados con disparador de entrada y salida, y otro índice independiente por cantidad de días consecutivos sin lluvia.

Parámetros para maíz de primera:

Disparador de entrada: **160 mm con 20 %** de daño
Disparador de salida: **80 mm con 100 %** de daño (entre estos dos disparadores, el cambio es lineal)
Período a riesgo para el índice de milímetros acumulados: **23/10 al 06/01 (75 días)**
Disparador del índice de días consecutivos sin lluvia: 20 días como gatillo con 20% de daño
Período a riesgo el índice de cantidad de días consecutivos sin lluvia: **7/11 al 22/12**
Umbral de PP considerado: **3 mm** (se considera día con lluvia si la precipitación acumulada supera los 3 mm)

Parámetros para maíz de siembra tardía:

Disparador de entrada: **150 mm con 20%** de daño
Disparador de salida: **65 mm con 100 %** de daño (entre estos dos disparadores, el cambio es lineal)
Período a riesgo para el índice de milímetros acumulados: **19/01 al 30/03 (70 días)**
Disparador del índice de días consecutivos sin lluvia: **20 días** como gatillo con **20%** de daño
Período a riesgo el índice de cantidad de días consecutivos sin lluvia: **31/01 al 17/03**
Umbral de PP considerado: **3 mm** (se considera día con lluvia si la precipitación acumulada supera los 3 mm)

Cobertura 2

Esta cobertura incluye sólo un índice de milímetros acumulados, con dos disparadores de entrada y salida.

Parámetros para maíz de primera:

Disparador de entrada: **160 mm con 70 %** de daño
Disparador de salida: **90 mm con 100 %** de daño (entre estos dos disparadores, la indemnización es constante, “pisa y paga”)
Período a riesgo para el índice de milímetros acumulados: **23/10 al 06/01 (75 días)**

Parámetros para maíz de siembra tardía:

Disparador de entrada: **150 mm con 70%** de daño
Disparador de salida: **70 mm con 100 %** de daño (entre estos dos disparadores, el cambio es lineal)
Período a riesgo para el índice de milímetros acumulados: **19/01 al 30/03 (70 días)**

Ensayos de escenarios de coberturas y su efecto en las primas puras.

Se desarrolló una plataforma interactiva (basada en el software estadístico R) que permite evaluar la sensibilidad del costo de las coberturas en función de los parámetros que definen las mismas. Las coberturas ensayadas se basan en la utilización de índices de precipitación acumulada y de cantidad de días consecutivos sin lluvia. Estos últimos índices son los que muestran una mayor correlación con los rindes.

La plataforma permite modificar los siguientes parámetros:

1. Estación de referencia (Paraná, Rafaela, Sauce Viejo).
2. Período de riesgo. El intervalo de tiempo sobre el cual se computará el índice meteorológico elegido, y sobre el cual se definen los disparadores (gatillos) que definen la cobertura.
3. Disparador de precipitación acumulada. Umbral por debajo del cual comienza a indemnizarse al asegurado.
4. Disparador de días consecutivos sin lluvia. Umbral máximo de días a partir del cual se paga el total de indemnización.
5. Umbral mínimo de precipitación diario. Valor a partir del cual se considera un día con precipitación.

Prototipo Seguros Indice

Estación:
Paraná

Fecha de inicio:
2015-10-23

Seleccione la fecha de inicio:
-60 0 60

Cantidad de días en el período:
30 75 90

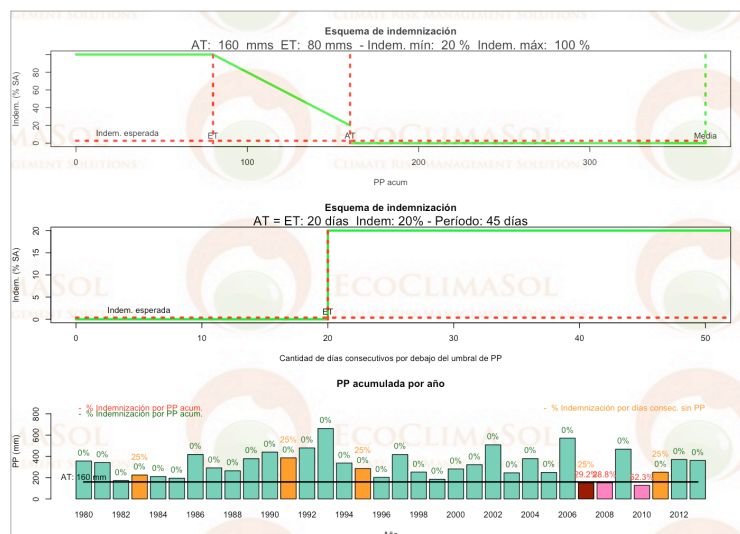
Disparador (mms de pp acumulada):
35 160 300

Disparador de salida (mms de pp acumulada):
50 80 200

Indemnización mínima (% sobre S. A.):
10 20 100

Indemnización máxima (% sobre S. A.):
10 100

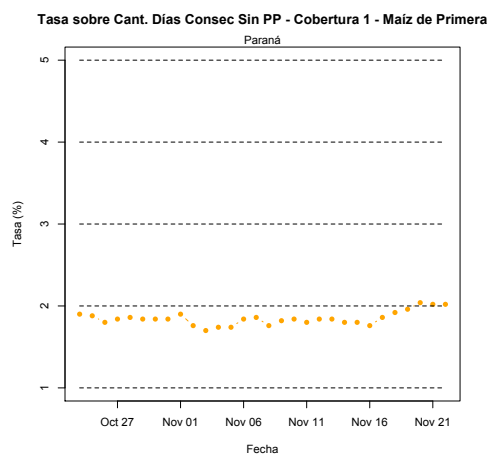
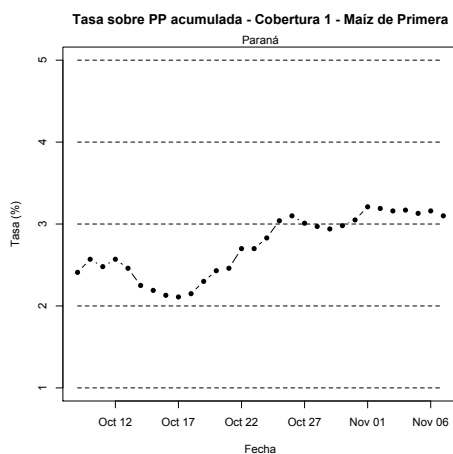
Fecha para días sin PP:
2015-11-07



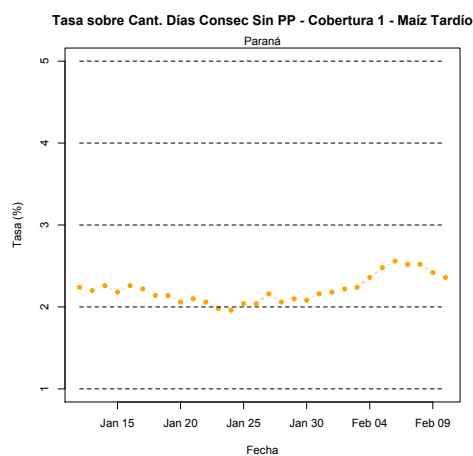
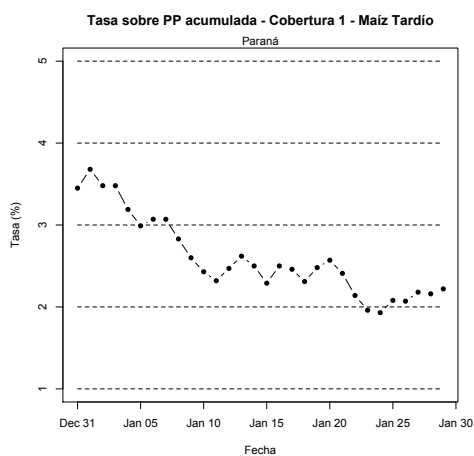
Sensibilidad de las tasas calculadas.

Con el objetivo de mostrar la variabilidad de las tasas calculadas (2015-2016) para cada cobertura según el período de análisis utilizado, a continuación se muestran, para cada estación, los gráficos correspondientes a las tasas estimadas de acuerdo a la fecha de inicio de la cobertura. Esta fecha depende de la fecha de siembra considerada dependiendo del tipo de maíz, ya sea de primera o de siembra tardía. En el primer caso, se obtuvieron las tasas para fechas de siembra entre el 1 y 30 de septiembre, mientras que para las de siembra tardía se evaluaron los 31 días del mes de diciembre.

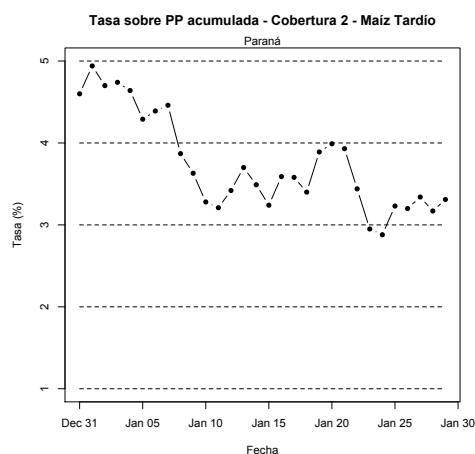
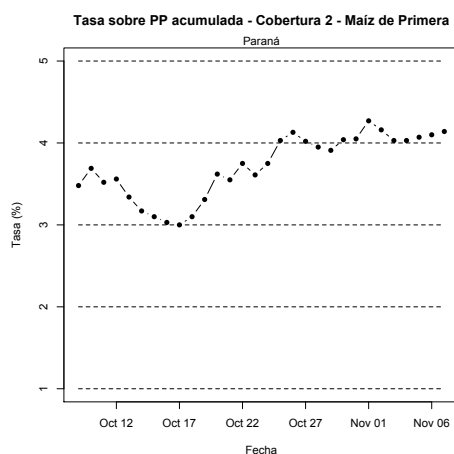
PARANA - Tasas Cobertura 1 – 2015-2016



Cobertura 1				Maíz tardío			
Maíz de primera							
PP acum		Días consec. Sin PP		PP acum		Días consec. Sin PP	
Fecha	Tasa	Fecha	Tasa	Fecha	Tasa	Fecha	Tasa
10/9/15	2.41	10/24/15	1.9	12/31/15	3.45	1/12/16	2.24
10/10/15	2.57	10/25/15	1.88	1/1/16	3.68	1/13/16	2.2
10/11/15	2.48	10/26/15	1.8	1/2/16	3.48	1/14/16	2.26
10/12/15	2.57	10/27/15	1.84	1/3/16	3.48	1/15/16	2.18
10/13/15	2.46	10/28/15	1.86	1/4/16	3.19	1/16/16	2.26
10/14/15	2.25	10/29/15	1.84	1/5/16	2.99	1/17/16	2.22
10/15/15	2.19	10/30/15	1.84	1/6/16	3.07	1/18/16	2.14
10/16/15	2.13	10/31/15	1.84	1/7/16	3.07	1/19/16	2.14
10/17/15	2.11	11/1/15	1.9	1/8/16	2.83	1/20/16	2.06
10/18/15	2.15	11/2/15	1.76	1/9/16	2.6	1/21/16	2.1
10/19/15	2.3	11/3/15	1.7	1/10/16	2.43	1/22/16	2.06
10/20/15	2.43	11/4/15	1.74	1/11/16	2.32	1/23/16	1.98
10/21/15	2.46	11/5/15	1.74	1/12/16	2.47	1/24/16	1.96
10/22/15	2.7	11/6/15	1.84	1/13/16	2.62	1/25/16	2.04
10/23/15	2.7	11/7/15	1.86	1/14/16	2.5	1/26/16	2.04
10/24/15	2.83	11/8/15	1.76	1/15/16	2.29	1/27/16	2.16
10/25/15	3.04	11/9/15	1.82	1/16/16	2.5	1/28/16	2.06
10/26/15	3.1	11/10/15	1.84	1/17/16	2.46	1/29/16	2.1
10/27/15	3.01	11/11/15	1.8	1/18/16	2.31	1/30/16	2.08
10/28/15	2.97	11/12/15	1.84	1/19/16	2.48	1/31/16	2.16
10/29/15	2.94	11/13/15	1.84	1/20/16	2.57	2/1/16	2.18
10/30/15	2.98	11/14/15	1.8	1/21/16	2.41	2/2/16	2.22
10/31/15	3.05	11/15/15	1.8	1/22/16	2.14	2/3/16	2.24
11/1/15	3.21	11/16/15	1.76	1/23/16	1.96	2/4/16	2.36
11/2/15	3.19	11/17/15	1.86	1/24/16	1.93	2/5/16	2.48
11/3/15	3.16	11/18/15	1.92	1/25/16	2.08	2/6/16	2.56
11/4/15	3.17	11/19/15	1.96	1/26/16	2.07	2/7/16	2.52
11/5/15	3.13	11/20/15	2.04	1/27/16	2.18	2/8/16	2.52
11/6/15	3.16	11/21/15	2.02	1/28/16	2.16	2/9/16	2.42
11/7/15	3.1	11/22/15	2.02	1/29/16	2.22	2/10/16	2.36



PARANA - Tasas Cobertura 2 – 2015-2016



Cobertura 2

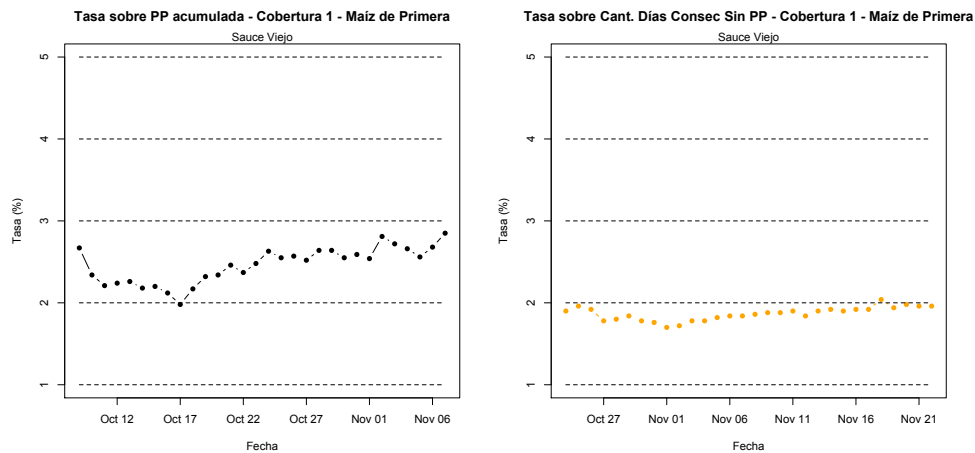
Maíz de primera

Fecha	PP acum	Tasa
10/9/15	3.48	
10/10/15	3.69	
10/11/15	3.52	
10/12/15	3.56	
10/13/15	3.34	
10/14/15	3.17	
10/15/15	3.1	
10/16/15	3.03	
10/17/15	3	
10/18/15	3.1	
10/19/15	3.31	
10/20/15	3.62	
10/21/15	3.55	
10/22/15	3.75	
10/23/15	3.61	
10/24/15	3.75	
10/25/15	4.03	
10/26/15	4.13	
10/27/15	4.02	
10/28/15	3.95	
10/29/15	3.91	
10/30/15	4.04	
10/31/15	4.05	
11/1/15	4.27	
11/2/15	4.16	
11/3/15	4.03	
11/4/15	4.03	
11/5/15	4.07	
11/6/15	4.1	
11/7/15	4.14	

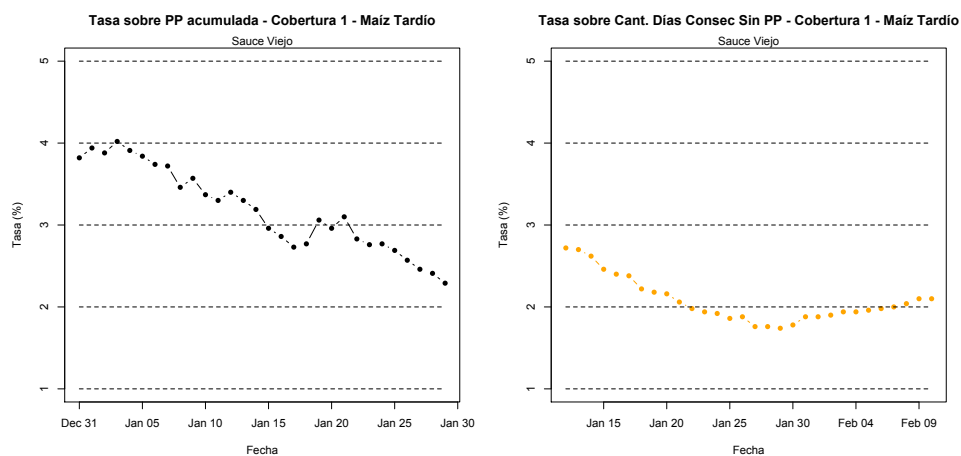
Maíz tardío

Fecha	PP acum	Tasa
12/31/15	4.6	
1/1/16	4.94	
1/2/16	4.7	
1/3/16	4.74	
1/4/16	4.64	
1/5/16	4.29	
1/6/16	4.39	
1/7/16	4.46	
1/8/16	3.87	
1/9/16	3.63	
1/10/16	3.28	
1/11/16	3.21	
1/12/16	3.42	
1/13/16	3.7	
1/14/16	3.49	
1/15/16	3.24	
1/16/16	3.59	
1/17/16	3.58	
1/18/16	3.4	
1/19/16	3.89	
1/20/16	3.99	
1/21/16	3.93	
1/22/16	3.44	
1/23/16	2.95	
1/24/16	2.88	
1/25/16	3.23	
1/26/16	3.2	
1/27/16	3.34	
1/28/16	3.17	
1/29/16	3.31	

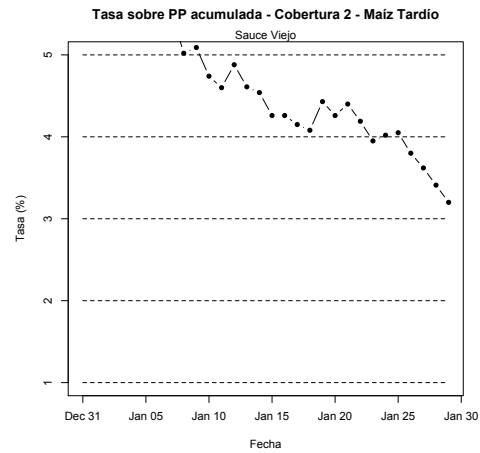
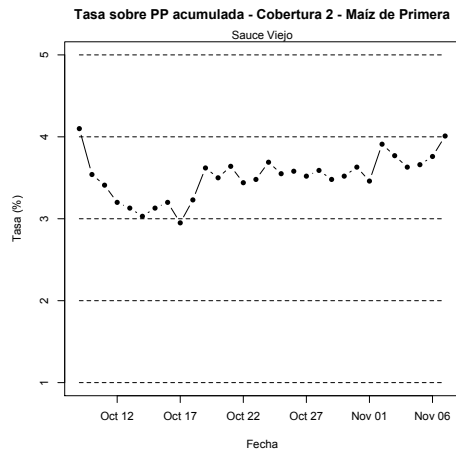
SAUCE VIEJO - Tasas Cobertura 1 – 2015-2016



Cobertura 1				Maíz tardío			
Maíz de primera							
PP acum		Días consec. Sin PP		PP acum		Días consec. Sin PP	
Fecha	Tasa	Fecha	Tasa	Fecha	Tasa	Fecha	Tasa
10/9/15	2.67	10/24/15	1.9	12/31/15	3.82	1/12/16	2.72
10/10/15	2.34	10/25/15	1.96	1/1/16	3.94	1/13/16	2.7
10/11/15	2.21	10/26/15	1.92	1/2/16	3.88	1/14/16	2.62
10/12/15	2.24	10/27/15	1.78	1/3/16	4.02	1/15/16	2.46
10/13/15	2.26	10/28/15	1.8	1/4/16	3.91	1/16/16	2.4
10/14/15	2.18	10/29/15	1.84	1/5/16	3.84	1/17/16	2.38
10/15/15	2.2	10/30/15	1.78	1/6/16	3.74	1/18/16	2.22
10/16/15	2.12	10/31/15	1.76	1/7/16	3.72	1/19/16	2.18
10/17/15	1.98	11/1/15	1.7	1/8/16	3.46	1/20/16	2.16
10/18/15	2.17	11/2/15	1.72	1/9/16	3.57	1/21/16	2.06
10/19/15	2.32	11/3/15	1.78	1/10/16	3.37	1/22/16	1.98
10/20/15	2.34	11/4/15	1.78	1/11/16	3.3	1/23/16	1.94
10/21/15	2.46	11/5/15	1.82	1/12/16	3.4	1/24/16	1.92
10/22/15	2.37	11/6/15	1.84	1/13/16	3.3	1/25/16	1.86
10/23/15	2.48	11/7/15	1.84	1/14/16	3.19	1/26/16	1.88
10/24/15	2.63	11/8/15	1.86	1/15/16	2.96	1/27/16	1.76
10/25/15	2.55	11/9/15	1.88	1/16/16	2.86	1/28/16	1.76
10/26/15	2.57	11/10/15	1.88	1/17/16	2.73	1/29/16	1.74
10/27/15	2.52	11/11/15	1.9	1/18/16	2.77	1/30/16	1.78
10/28/15	2.64	11/12/15	1.84	1/19/16	3.06	1/31/16	1.88
10/29/15	2.64	11/13/15	1.9	1/20/16	2.96	2/1/16	1.88
10/30/15	2.55	11/14/15	1.92	1/21/16	3.1	2/2/16	1.9
10/31/15	2.59	11/15/15	1.9	1/22/16	2.83	2/3/16	1.94
11/1/15	2.54	11/16/15	1.92	1/23/16	2.76	2/4/16	1.94
11/2/15	2.81	11/17/15	1.92	1/24/16	2.77	2/5/16	1.96
11/3/15	2.72	11/18/15	2.04	1/25/16	2.69	2/6/16	1.98
11/4/15	2.66	11/19/15	1.94	1/26/16	2.57	2/7/16	2
11/5/15	2.56	11/20/15	1.98	1/27/16	2.46	2/8/16	2.04
11/6/15	2.68	11/21/15	1.96	1/28/16	2.41	2/9/16	2.1
11/7/15	2.85	11/22/15	1.96	1/29/16	2.29	2/10/16	2.1

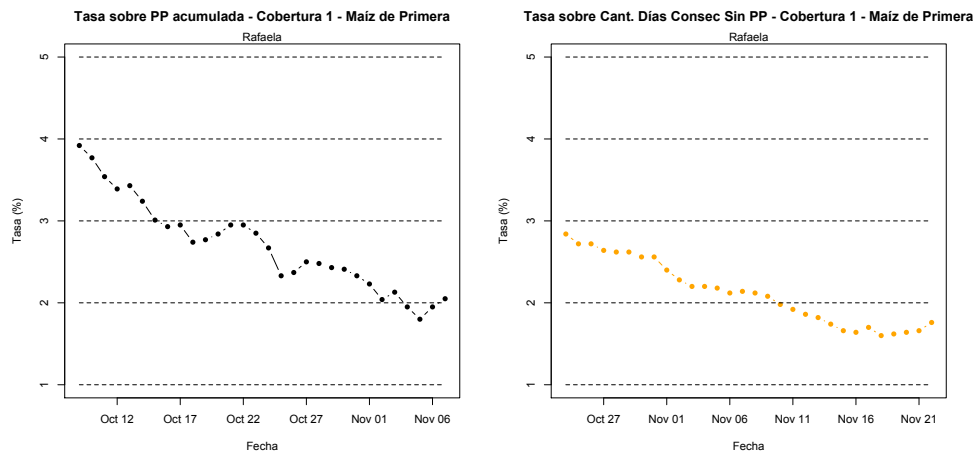


SAUCE VIEJO - Tasas Cobertura 2 – 2015-2016

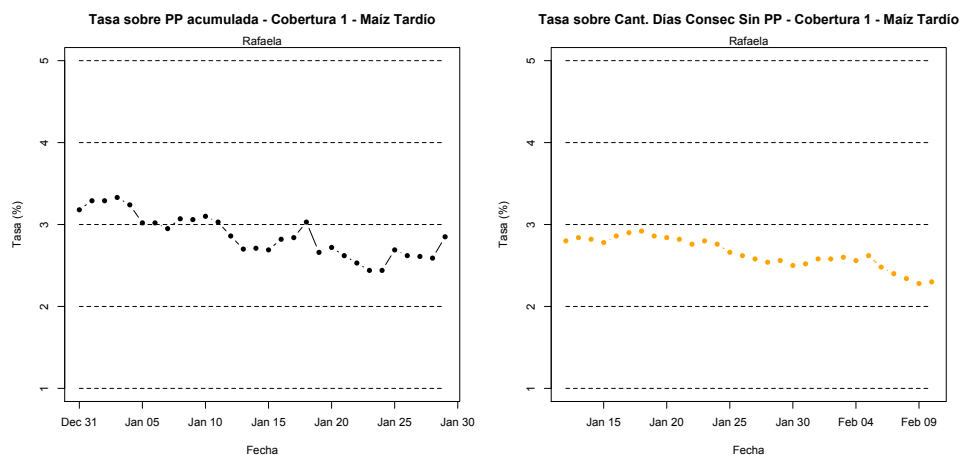


Cobertura 2					
Maíz de primera			Maíz tardío		
Fecha	PP acum	Tasa	Fecha	PP acum	Tasa
10/9/15		4.1	12/31/15		5.39
10/10/15		3.54	1/1/16		5.53
10/11/15		3.41	1/2/16		5.5
10/12/15		3.2	1/3/16		5.74
10/13/15		3.13	1/4/16		5.54
10/14/15		3.03	1/5/16		5.4
10/15/15		3.13	1/6/16		5.54
10/16/15		3.2	1/7/16		5.54
10/17/15		2.95	1/8/16		5.02
10/18/15		3.23	1/9/16		5.09
10/19/15		3.62	1/10/16		4.74
10/20/15		3.5	1/11/16		4.6
10/21/15		3.64	1/12/16		4.88
10/22/15		3.44	1/13/16		4.61
10/23/15		3.48	1/14/16		4.54
10/24/15		3.69	1/15/16		4.26
10/25/15		3.55	1/16/16		4.26
10/26/15		3.58	1/17/16		4.15
10/27/15		3.52	1/18/16		4.08
10/28/15		3.59	1/19/16		4.43
10/29/15		3.48	1/20/16		4.26
10/30/15		3.52	1/21/16		4.4
10/31/15		3.63	1/22/16		4.19
11/1/15		3.46	1/23/16		3.95
11/2/15		3.91	1/24/16		4.02
11/3/15		3.77	1/25/16		4.05
11/4/15		3.63	1/26/16		3.8
11/5/15		3.66	1/27/16		3.62
11/6/15		3.76	1/28/16		3.41
11/7/15		4.01	1/29/16		3.2

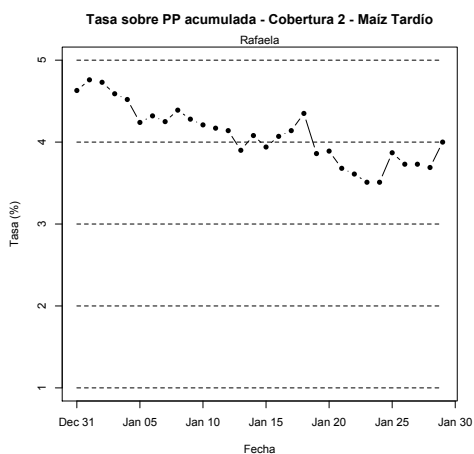
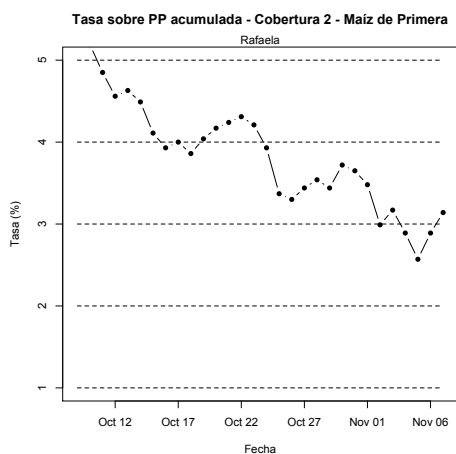
RAFAELA - Tasas Cobertura 1 – 2015-2016



Cobertura 1				Cobertura 1			
Maíz de primera				Maíz tardío			
PP acum		Días consec. Sin PP		PP acum		Días consec. Sin PP	
Fecha	Tasa	Fecha	Tasa	Fecha	Tasa	Fecha	Tasa
10/9/15	3.92	10/24/15	2.84	12/31/15	3.18	1/12/16	2.8
10/10/15	3.77	10/25/15	2.72	1/1/16	3.29	1/13/16	2.84
10/11/15	3.54	10/26/15	2.72	1/2/16	3.29	1/14/16	2.82
10/12/15	3.39	10/27/15	2.64	1/3/16	3.33	1/15/16	2.78
10/13/15	3.43	10/28/15	2.62	1/4/16	3.24	1/16/16	2.86
10/14/15	3.24	10/29/15	2.62	1/5/16	3.02	1/17/16	2.9
10/15/15	3.01	10/30/15	2.56	1/6/16	3.02	1/18/16	2.92
10/16/15	2.93	10/31/15	2.56	1/7/16	2.95	1/19/16	2.86
10/17/15	2.95	11/1/15	2.4	1/8/16	3.07	1/20/16	2.84
10/18/15	2.74	11/2/15	2.28	1/9/16	3.06	1/21/16	2.82
10/19/15	2.77	11/3/15	2.2	1/10/16	3.1	1/22/16	2.76
10/20/15	2.84	11/4/15	2.2	1/11/16	3.03	1/23/16	2.8
10/21/15	2.95	11/5/15	2.18	1/12/16	2.86	1/24/16	2.76
10/22/15	2.95	11/6/15	2.12	1/13/16	2.7	1/25/16	2.66
10/23/15	2.85	11/7/15	2.14	1/14/16	2.71	1/26/16	2.62
10/24/15	2.67	11/8/15	2.12	1/15/16	2.69	1/27/16	2.58
10/25/15	2.33	11/9/15	2.08	1/16/16	2.82	1/28/16	2.54
10/26/15	2.37	11/10/15	1.98	1/17/16	2.84	1/29/16	2.56
10/27/15	2.5	11/11/15	1.92	1/18/16	3.03	1/30/16	2.5
10/28/15	2.48	11/12/15	1.86	1/19/16	2.66	1/31/16	2.52
10/29/15	2.43	11/13/15	1.82	1/20/16	2.72	2/1/16	2.58
10/30/15	2.41	11/14/15	1.74	1/21/16	2.62	2/2/16	2.58
10/31/15	2.33	11/15/15	1.66	1/22/16	2.53	2/3/16	2.6
11/1/15	2.23	11/16/15	1.64	1/23/16	2.44	2/4/16	2.56
11/2/15	2.04	11/17/15	1.7	1/24/16	2.44	2/5/16	2.62
11/3/15	2.13	11/18/15	1.6	1/25/16	2.69	2/6/16	2.48
11/4/15	1.95	11/19/15	1.62	1/26/16	2.62	2/7/16	2.4
11/5/15	1.8	11/20/15	1.64	1/27/16	2.61	2/8/16	2.34
11/6/15	1.95	11/21/15	1.66	1/28/16	2.59	2/9/16	2.28
11/7/15	2.05	11/22/15	1.76	1/29/16	2.85	2/10/16	2.3



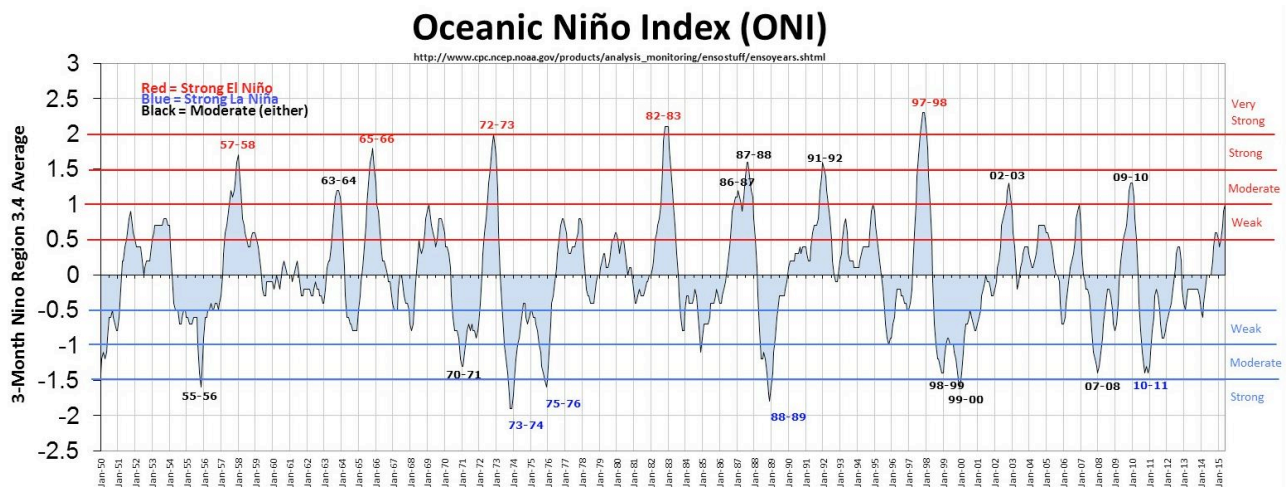
RAFAELA - Tasas Cobertura 2 – 2015-2016



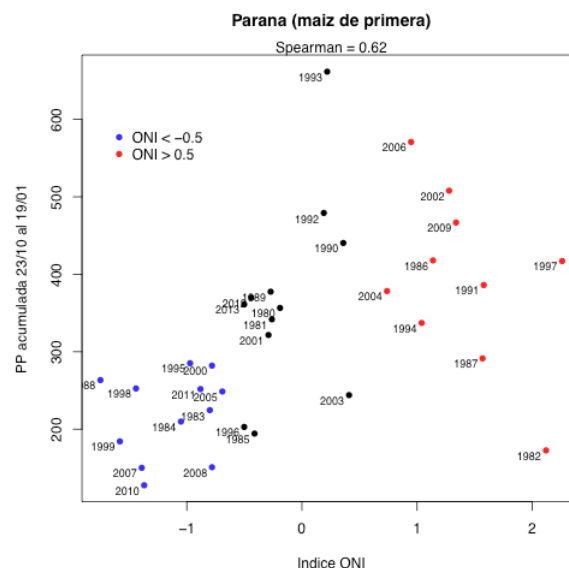
Cobertura 2			
Maíz de primera		Maíz tardío	
Fecha	PP acum Tasa	Fecha	PP acum Tasa
10/9/15	5.35	12/31/15	4.63
10/10/15	5.19	1/1/16	4.76
10/11/15	4.85	1/2/16	4.73
10/12/15	4.56	1/3/16	4.59
10/13/15	4.63	1/4/16	4.52
10/14/15	4.49	1/5/16	4.24
10/15/15	4.11	1/6/16	4.32
10/16/15	3.93	1/7/16	4.25
10/17/15	4	1/8/16	4.39
10/18/15	3.86	1/9/16	4.28
10/19/15	4.04	1/10/16	4.21
10/20/15	4.17	1/11/16	4.17
10/21/15	4.24	1/12/16	4.14
10/22/15	4.31	1/13/16	3.9
10/23/15	4.21	1/14/16	4.08
10/24/15	3.93	1/15/16	3.94
10/25/15	3.37	1/16/16	4.07
10/26/15	3.3	1/17/16	4.14
10/27/15	3.44	1/18/16	4.35
10/28/15	3.54	1/19/16	3.86
10/29/15	3.44	1/20/16	3.89
10/30/15	3.72	1/21/16	3.68
10/31/15	3.65	1/22/16	3.61
11/1/15	3.48	1/23/16	3.51
11/2/15	2.99	1/24/16	3.51
11/3/15	3.17	1/25/16	3.87
11/4/15	2.89	1/26/16	3.73
11/5/15	2.57	1/27/16	3.73
11/6/15	2.89	1/28/16	3.69
11/7/15	3.14	1/29/16	4

Relación entre precipitación y ENSO.

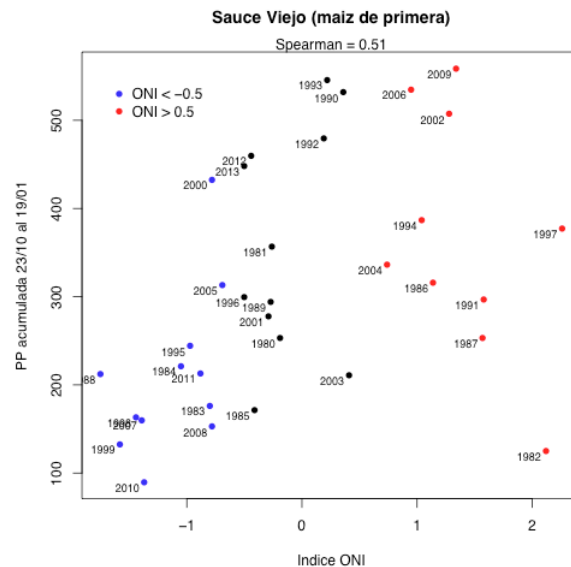
La presente sección intenta analizar la relación que pudiera haber entre el fenómeno ENSO y los regímenes de precipitación, en términos de milímetros acumulados en los períodos de riesgo definidos en las coberturas definidas previamente. Para esto tomamos los 44 años de datos de las 3 estaciones de referencia y analizamos la relación entre el régimen de precipitaciones y el índice ONI. El índice ONI (Oceanic Niño Index) calcula medias móviles trimestrales de las anomalías de temperatura en la región 3.4 del Pacífico tropical. Anomalías positivas del índice reflejan evidencia de situaciones Niño asociadas en general a mayores regímenes de precipitación en la región sudamericana. Por otro lado, anomalías negativas reflejan situaciones Niña, asociadas en general a menores regímenes de precipitación. El siguiente gráfico (Fuente: NOAA) muestra la evolución del índice ONI desde el año 1950 a la fecha.



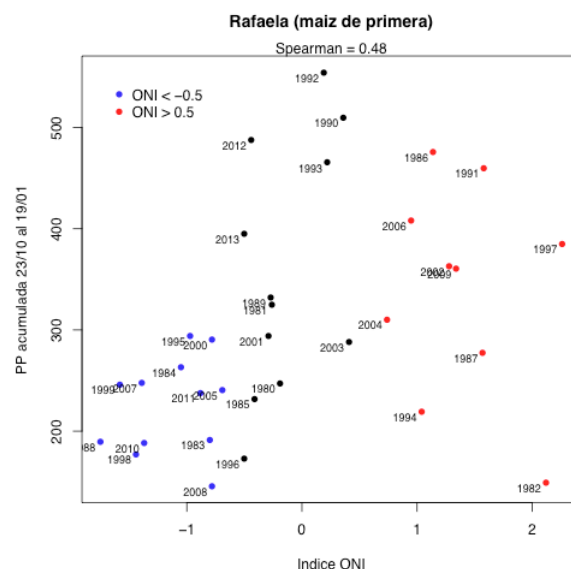
La relación entre el fenómeno ENSO y las precipitaciones observadas históricamente en las tres estaciones de referencia se muestra en los próximos 3 gráficos. En los mismos se contrapone la precipitación acumulada durante los 75 días (23/10 al 19/01) del período de cobertura, con el valor del índice ONI. En los 3 casos, el valor de índice ONI asociado a la campaña de los años (t, t+1) es el valor más extremo (del índice) medido durante el período que comienza el 01/08 del año t y que finaliza con dicho período de riesgo (19/01 del año t+1). Las etiquetas que acompañan a los puntos de los gráficos se corresponden con el año t de la campaña (t,t+1).



Ese gráfico indica claramente que la ocurrencia de un evento Niña trae una mayor probabilidad de déficit de lluvia en la región. La comparación entre la distribución de lluvia en condiciones normales y en condiciones Niño no indica una diferencia significativa. Ese resultado indicaría que podría ser suficiente saber que no ocurriría un evento Niña para reducir significativamente la probabilidad de lluvias bajas y por ende la prima del seguro desarrollado, considerando que cuatro de los seis peores años son eventos Niña.

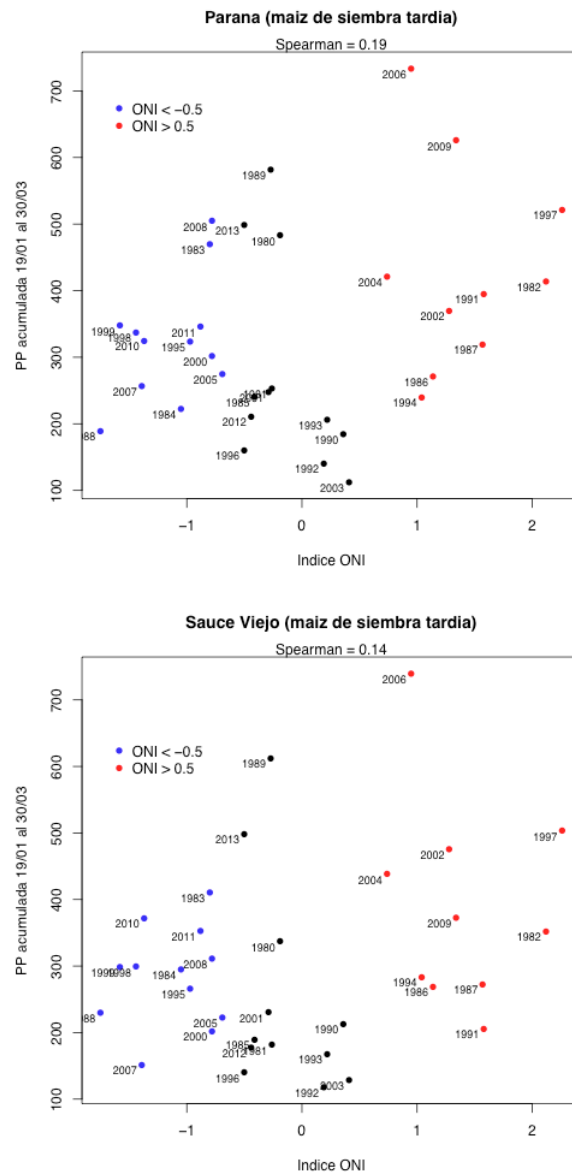


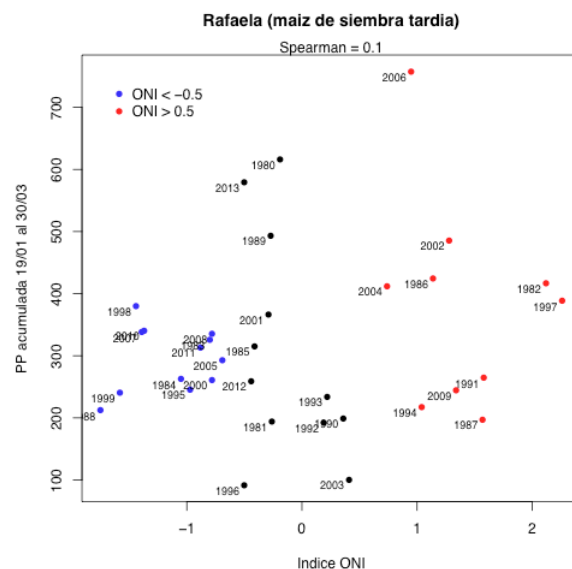
Ese gráfico indica también que la ocurrencia de un evento Niña trae una mayor probabilidad de déficit de lluvia en la región. La comparación entre la distribución de lluvia en condiciones normales y en condiciones Niño no indica una diferencia significativa. Ese resultado indicaría que podría ser suficiente saber que no ocurriría un evento Niña para reducir significativamente la probabilidad de lluvias bajas y por ende la prima del seguro desarrollado, considerando que cinco de los siete peores años son eventos Niña.



Ese gráfico indica también que la ocurrencia de un evento Niña trae una mayor probabilidad de déficit de lluvia en la región. La comparación entre la distribución de lluvia en condiciones normales y en condiciones Niño no indica una diferencia significativa. Ese resultado indicaría que podría ser suficiente saber que no ocurriría un evento Niña para reducir significativamente la probabilidad de lluvias bajas y por ende la prima del seguro desarrollado, considerando que cinco de los siete peores años son eventos Niña.

Un análisis similar para la cobertura relacionada a la siembra tardía de maíz se presenta a continuación.





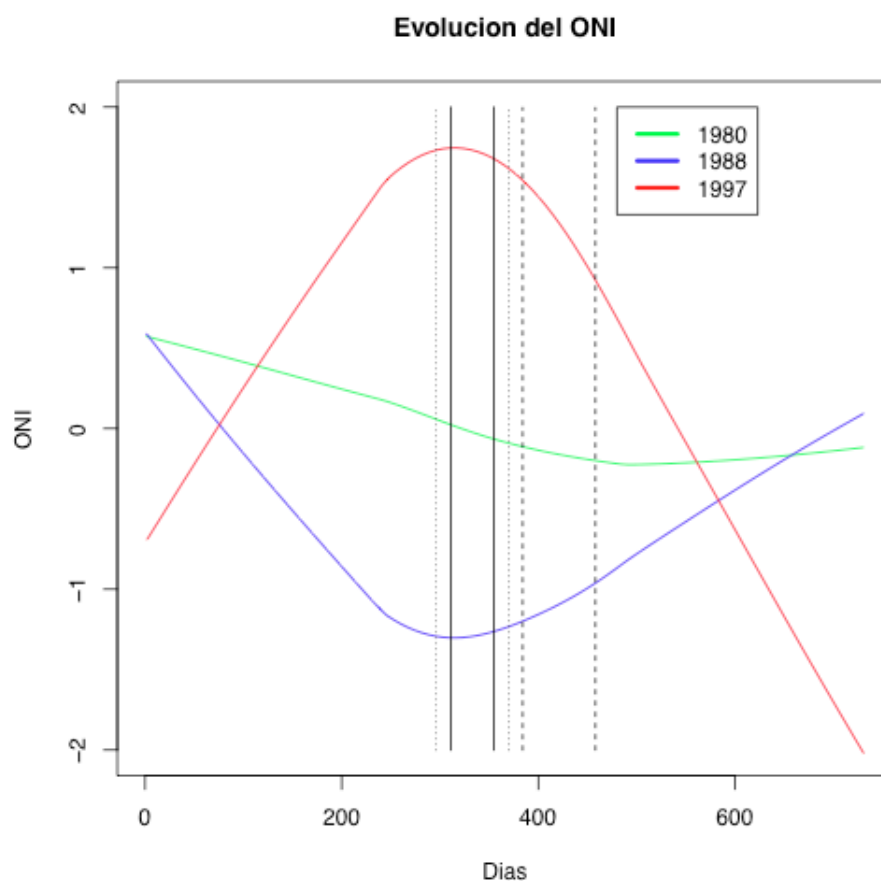
Para este último período puede verse que la relación entre ambos fenómenos es casi inexistente.

Análisis de estimación de tasas de las coberturas seleccionadas

En esta sección se presenta la estimación de las tasas, según el modelo descrito en el apéndice, para las combinaciones de los siguientes factores:

- Cobertura (1 o 2)
- Período (maíz de primera o siembra tardía)
- Índice (PP acum. o Cant. Días sin PP)
- Estación meteorológica

Presentamos 2 tipos de estimaciones. Las estimaciones para la campaña 2015-2016, que se corresponden con tasas derivadas bajo la influencia de un pronóstico de ciclo Niño del ENSO, coincidentes con las tasas analizadas durante los ensayos de coberturas, y que figuran en el informe de avance. Por otro lado, se realizó un análisis de carácter mas general, en el que se incluyeron 3 escenarios distintos, dependientes del ciclo del ENSO. A saber, un escenario neutro, generado condicionando el modelo a valores de variable exógena (ONI) correspondiente al año 1980. Un escenario niño, generado condicionando el modelo a valores de variable exógena (ONI) correspondiente al año 1997. Por último, un escenario niña, generado condicionando el modelo a valores de variable exógena (ONI) correspondiente al año 1988. El siguiente gráfico muestra la evolución del índice ONI durante los tres períodos (1980, 1988 y 1997) tomados para los escenarios de estimación de tasas. La figura muestra los valores del índice a lo largo de dos años (730 días). Las simulaciones se realizan, dependiendo del escenario elegido, condicionando la variable exógena a estos valores del índice.



En la figura también están representados (con líneas verticales) los períodos temporales que definen los indicadores en los que se basan las coberturas (23/10 al 06/01, 19/01 al 30/03 y 31/01 al 17/03).

La siguientes tablas muestran, en primer lugar, las tasas generales estimadas según el ciclo del ENSO. Los 3 escenarios del ENSO fueron generados tomando los valores del índice ONI correspondientes a años con una marcada tendencia. Específicamente:

- Año niño = 1997
- Año neutro = 1980
- Año niña = 1988

En segundo lugar, se muestran las tasas estimadas para la campaña 2015-2016. Estas tasas se corresponden con la estimación de una situación de Niño moderado, por lo que en general son tasas comprendidas entre las tasas generales neutras y las tasas generales Niño.

Tasas generales según escenario ENSO

Tasas (%)		Cobertura 1						Cobertura 2	
		Maíz Primera			Maíz Tardío			Maíz Primera	Maíz Tardío
		PP acum	Dias Cons Sin PP	PP acum	Dias Cons Sin PP	PP acum	Dias Cons Sin PP	PP acum	PP acum
Paraná	ENSO								
	Niña	5.91	2.58	4.38	2	8.54	6.45		
	Neutro	3.64	2.06	3.47	1.78	5.32	5.27		
	Niño	2.04	1.52	1.85	1.36	2.83	3		
Sauce Viejo	Niña	6.73	1.96	7.28	2.04	9.96	9.97		
	Neutro	3.61	1.42	5.71	1.72	5.11	8.03		
	Niño	1.8	0.96	2.99	1.38	2.58	4.58		
Rafaela	Niña	6.8	2.48	5.87	2.96	9.76	8.29		
	Neutro	3.7	2	4.54	2.68	5.15	6.8		
	Niño	1.93	1.4	2.31	2.08	2.44	3.32		

Tasas - período 2015-2016

Tasas (%)		Cobertura 1						Cobertura 2	
		Maíz Primera			Maíz Tardío			Maíz Primera	Maíz Tardío
		PP acum	Dias Cons Sin PP	PP acum	Dias Cons Sin PP	PP acum	Dias Cons Sin PP	PP acum	PP acum
Paraná		2.7	1.86	2.48	2.16	3.61	3.89		
Sauce Viejo		2.48	1.84	3.06	1.88	3.48	4.43		
Rafaela		2.85	2.14	2.66	2.52	4.21	3.86		

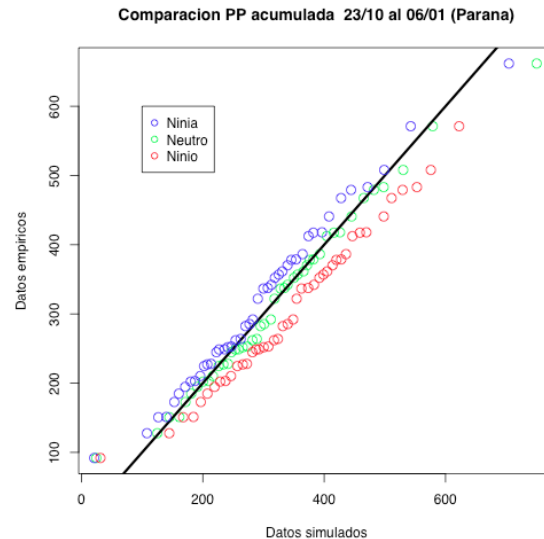
Es importante notar la gran variabilidad de las tasas, entre los escenarios niño y niña. Como es de esperar, el escenario niña representa las tasas más elevadas. Nuevamente, se enfatiza la incertidumbre en el cálculo de las tasas, dada la dependencia de las mismas a la elección de la metodología.

Comparación de índices entre precipitación histórica y simulada

En esta sección realizamos una comparación entre valores históricos observados de los indicadores (o índices) que intervienen en las coberturas, precipitación acumulada y cantidad de días consecutivos sin lluvia, y los valores generados por el modelo estadístico, para los escenarios Niño, Niña y Neutro. La finalidad del análisis es verificar la coherencia, en términos de los indicadores relevantes, entre los escenarios simulados y la información empírica disponible. En todos los casos utilizamos gráficos cuantil-cuantil para mostrar y cuantificar la relación entre las distribuciones de los valores de los indicadores. Estos gráficos cuantil-cuantil consisten en representar, mediante un gráfico de dispersión, los valores de los cuantiles del indicador simulado (eje horizontal) junto con los valores de los cuantiles del indicador empírico (eje vertical). En los gráficos, la cercanía a la recta identidad (línea negra) señala la similitud entre los valores simulados y el comportamiento (promedio) histórico. A su vez, los puntos a la derecha (izquierda) de la recta identidad representan situaciones en las que los valores simulados son mayores (menores).

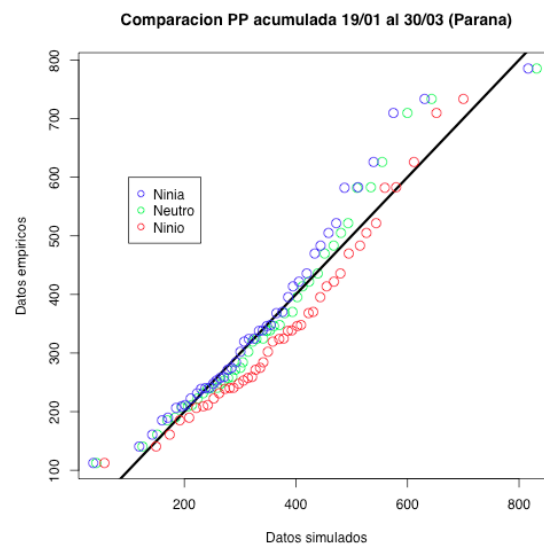
Paraná

El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de precipitación acumulada para maíz de primera se muestra a continuación.



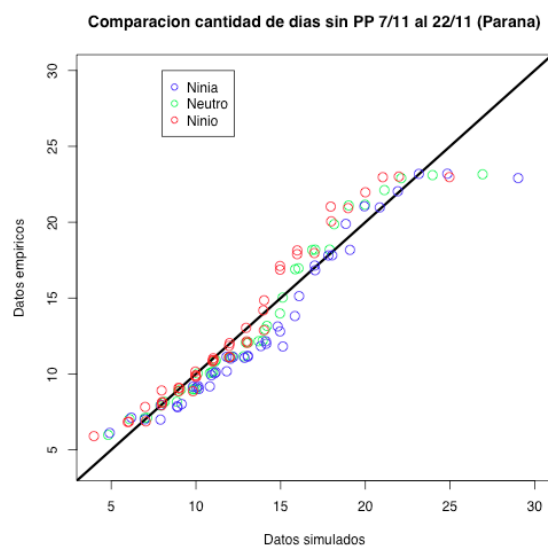
Puede observarse que en condiciones neutras (puntos verdes) la distribución de los valores simulados es muy parecida a la distribución empírica. Por otro lado, para el escenario niño (niña) las precipitaciones acumuladas son mayores (menores).

El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de precipitación acumulada para maíz de siembra tardía se muestra a continuación.



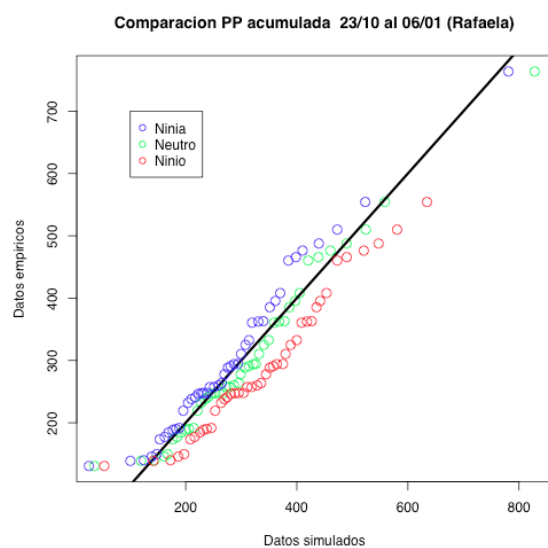
Para el período 19/01 al 30/03 se observa un comportamiento similar al anterior.

El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de cantidad de días sin precipitación para maíz de primera se muestra a continuación.

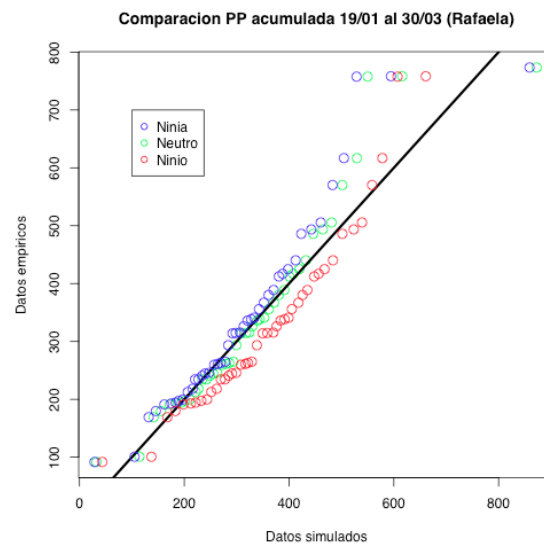


Rafaela

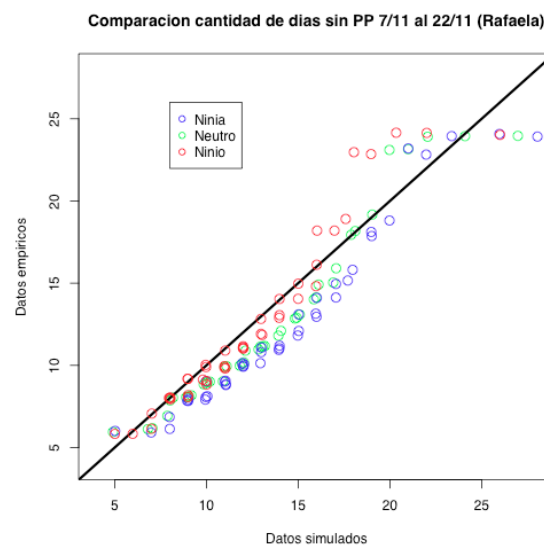
El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de precipitación acumulada para maíz de primera se muestra a continuación.



El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de precipitación acumulada para maíz de siembra tardía se muestra a continuación.

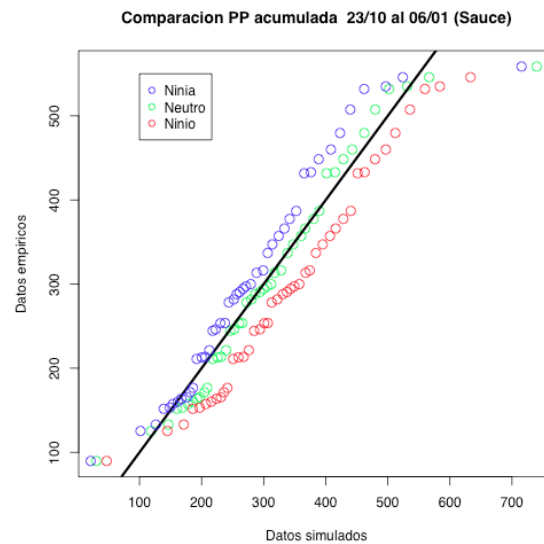


El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de cantidad de días sin precipitación para maíz de primera se muestra a continuación.

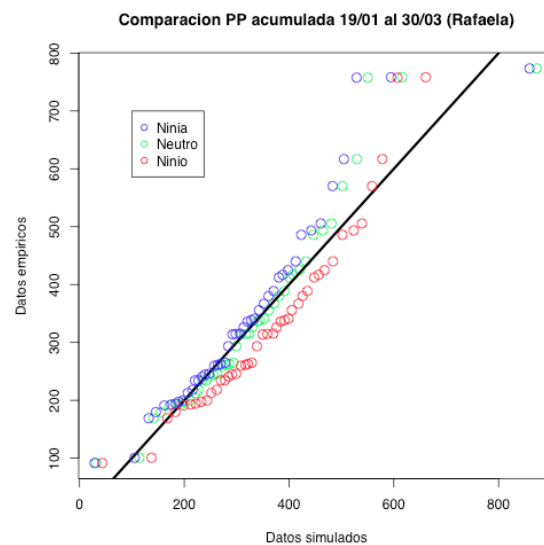


Sauce Viejo

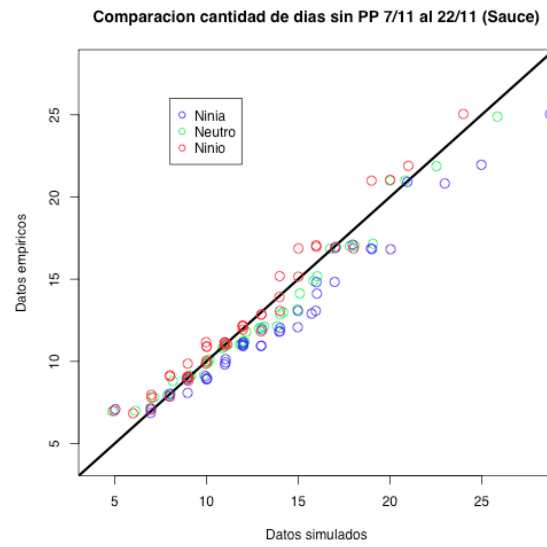
El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de precipitación acumulada para maíz de primera se muestra a continuación.



El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de precipitación acumulada para maíz de siembra tardía se muestra a continuación.



El gráfico cuantil-cuantil para el indicador de cantidad de días sin precipitación para maíz de primera se muestra a continuación.



Conclusiones

Como resultado de este trabajo, se analizaron distintas propuestas de cobertura para el desarrollo de un índice por déficit de precipitación para el cultivo de maíz en las tres estaciones de referencia. Se establecieron parámetros y se fijaron criterios que nos permitieron seleccionar posibles ejemplos de seguros de índices. Se determinaron dos coberturas alternativas para las cuales se calcularon las tasas de precipitación acumulada y de cantidad de días consecutivos sin lluvia para la campaña 2015-2016.

Luego de los análisis previos de datos de precipitación y rendimientos, y los estudios estadísticos realizados, puede concluirse que el fenómeno relevante para la región es el fenómeno La Niña que ha afectado (históricamente) de manera muy significativa la precipitación en toda la zona. La precipitación durante los eventos Niño no es significativamente diferente de la precipitación en períodos neutros del Pacífico Tropical. Por lo tanto, la no-ocurrencia de un evento Niña debería afectar la probabilidad de lluvias bajas y por ende las primas. De manera similar, la ocurrencia de un evento Niña afectaría de manera muy significativa la probabilidad de lluvia en la zona y por consecuencia las primas. Por lo expuesto, recomendamos, en el marco de las coberturas elegidas, dejar a las compañías fijar la prima en función de la disponibilidad y confianza en los pronósticos de ENSO.

Las tasas estimadas para la campaña 2015-2016 se corresponden con la estimación de una situación de Niño moderado, por lo que en general son tasas comprendidas entre las tasas generales Niño y las tasas generales Neutro.

En forma general, a lo largo del análisis pueden extraerse las siguientes conclusiones relevantes:

1. Existe una relación positiva y significativa entre el rinde de maíz en la región de análisis y el régimen de precipitaciones.
2. Tanto el índice de precipitación acumulada, como el índice de días consecutivos sin lluvia han mostrado relación significativa con el rinde del maíz.
3. La cobertura (densidad) espacial de las 3 estaciones existentes es claramente insuficiente para proveer, a nivel operacional, de valores de índices pluviométricos que permitan expandir las coberturas propuestas a la mayoría de los productores de maíz de la zona.
4. Se han establecido 2 coberturas alternativas, basadas tanto en el índice de precipitación acumulada como en el índice de días consecutivos sin lluvia.
5. Se han determinado niveles de parámetros para las coberturas que redundan en tasas moderadas (cercanas al 5% en condiciones neutras del ENSO), a la vez de ofrecer una frecuencia de activación no demasiado baja (del orden del 10%).
6. El ciclo del ENSO es relevante en lo que respecta al régimen de precipitaciones, para los 3 sitios analizados.
7. La variabilidad debida al ENSO es mayor para maíz de primera, en comparación con siembra tardía, consistentemente con lo visto en el análisis de los regímenes de precipitación y el ENSO.
8. El rango de variabilidad de las tasas para períodos niño/niña es importante (entre 2% y 10%), por lo que la capacidad de pronóstico y la correcta tarificación basada en estos pronósticos son clave para el desarrollo de este tipo de producto.
9. La dependencia en las determinaciones metodológicas del cálculo de tasas es muy importante, recomendándose a los operadores de estos productos (compañías de seguros) llevar a cabo estudios de sensibilidad en el cálculo de las tasas.
10. La comparación, entre distribución empírica de lluvia y las distribuciones simuladas para los 3 escenarios estudiados, muestra un alto grado de coherencia, avalando las tasas obtenidas. No obstante, dichas tasas deben considerarse orientativas, dada la

complejidad del fenómeno precipitación (en lo espacial y temporal) y la dependencia a la metodología de evaluación ya señalada.

Apéndice metodológico de cálculo de primas puras

Esta sección brinda una descripción técnica de la metodología utilizada para el cálculo de las primas puras de las coberturas analizadas.

Es importante aclarar que dada la complejidad del fenómeno precipitación, desde lo espacial y temporal, sumado a la baja densidad de cobertura espacial de las mediciones en campo (estaciones meteorológicas) y bajo un escenario global de cambio climático, el grado de incertidumbre en el cómputo de las tasas es importante. En particular, la elección o cambio, de la metodología implementada puede impactar fuertemente en el cálculo efectivo de las tasas, por lo que Ecoclimasol recomienda considerar a las tasas presentadas como orientativas, permitiendo a las compañías de seguros que potencialmente operen con estas coberturas la determinación de otras metodologías de evaluación, con su concomitante efecto sobre las tasas estimadas. Ecoclimasol ha verificado que moderados cambios en la elección metodológica (cambios en los parámetros del modelo) pueden impactar fuertemente en las tasas calculadas, en especial, mediante la incorporación al modelado del factor ENSO. Las relaciones inferidas por el modelado estadístico entre el régimen de precipitación y el índice ONI, si bien son significativas, podrían revestir un carácter temporario, y alterar en el futuro la intensidad de dichas relaciones. Similares alteraciones de las relaciones ENSO y precipitación podrían verificarse en el dominio espacial, invalidando así la extrapolación de resultados a regiones no cubiertas por este análisis.

Todas las tasas calculadas (en ambas coberturas e índices) se obtienen mediante el cómputo de la frecuencia relativa de los eventos de activación. Dichos cálculos de frecuencias relativas se basan en la generación de **1000** réplicas de series de tiempo de precipitaciones diarias para las 3 estaciones de referencia, para 2 años consecutivos ($t, t+1$) y para los años 2015-2016. Cada réplica es generada mediante la aplicación de un modelo Vectorial AutoRegresivo (VAR) con la inclusión de variables exógenas. En nuestro caso particular, la variable exógena introducida es el índice ONI que representa cuantitativamente el nivel del ciclo del ENSO.

Es importante señalar que la utilización de modelos estadísticos es inevitable en un contexto en el que se pretende la evaluación de los valores esperados de variables o eventos cuyas probabilidades son del mismo orden de magnitud (o menores) que la recíproca ($1/N$) de la cantidad de años de historia disponibles (N). Por ejemplo, la estimación empírica de la probabilidad de un evento extremo de días consecutivos sin lluvia podría ser 0. Sin embargo, la verdadera probabilidad es, seguramente, positiva.

Los modelos vectoriales autoregresivos con variables exógenas explican el comportamiento de una variable de interés (en este caso la precipitación acumulada diaria) en función de sus valores pasados y de los valores de otras variables relacionadas. En este caso se supone que la precipitación de un cierto día depende de la precipitación de días anteriores, del período del año (estacionalidad), y del valor del índice ONI del día en cuestión. Una descripción detallada de estos modelos y de los procedimientos de estimación puede ser hallada en Pfaff (2008).

El método utilizado en este trabajo, realiza como primer paso una normalización de las variables mediante componentes principales (PCA gaussianization). La normalización se realiza por mes, con la finalidad de captar el comportamiento estacional de la variable. Luego de la transformación, se aplica el modelo VAR, bajo el cual se estiman los coeficientes mediante la metodología mínimos cuadrados (OLS).

Para el presente trabajo, se utilizó la siguiente elección específica de parámetros del modelo:

Frecuencia del análisis = diario
Método de estimación de coeficientes = Ordinary Least Squares (OLS)
Modalidad de muestreo = mensual
Dimensión del espacio de trabajo (cantidad de estaciones simultáneas) = 2
Grado de autoregresión = 3
Cantidad de iteraciones de GPCA= 10
Año de comienzo de la serie de calibración = 1980
Año de finalización de la serie de calibración = 2014
Período simulado específico = 2015-2016 (731 días)
Período simulado general= 2 años (730 días)
Cantidad de series replicadas = 1000
Año niño = 1997
Año neutro = 1980
Año niña = 1988

Referencias

Pfaff B. (2008). \VAR, SVAR and SVEC Models: Implementation Within R Package vars." Journal of Statistical Software, 27(4). URL <http://www.jstatsoft.org/v27/i04/>.

Cordano, E., & Eccel, E. (2012). RMAWGEN: A software project for a daily Multi-SiteWeather Generator with R. In European Geosciences Union General Assembly 2012.

Minetti, J. L., & Vargas, W. M. (1996). Tendencias y saltos en la precipitación anual de Sudamérica al Sur del paralelo 15 S. Anal. Vif Cong. Lat. e lbe. de Met, 371-372.

Hellmuth, M., Osgood, D., Hess, U., Moorhead, A., & Bhojwani, H. (2010). Seguros en base a índices climáticos y riesgo climático: perspectivas para el desarrollo y la gestión de desastres. Clima y Sociedad, (2).