

LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS UTILIZADOS POR EL SECTOR AGRÍCOLA ARGENTINO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SOJA

*Esteban Otto Thomasz
Ana Silvia Vilker
Kevin Corfield
Marisol Osman*

Programa Vulnerabilidad al Riesgo Climático
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de Buenos Aires

CMA | CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN METODOS CUANTITATIVOS
IADCOM - UBA | APLICADOS A LA ECONOMÍA
Y LA GESTIÓN

ProVul

XXII Jornadas Nacionales
y Latinoamericanas Actuariales

 **consejo** GESTIÓN
Y FUTURO

.UBA200

.UBAeconómicas

Marco en el que se desarrolla el trabajo de investigación

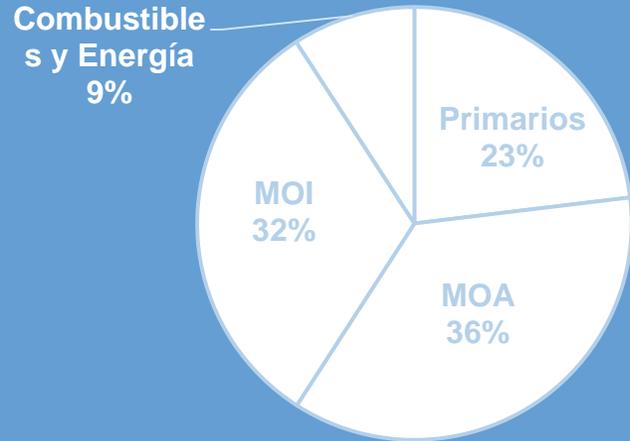
- Proyecto UBACyT: Gestión responsable y sustentable de riesgos agropecuarios en Argentina. Directora: Dra. María Teresa Casparri, Codirectora: María Alejandra Metelli.
- Proyectos de Desarrollo Estratégico (PDE) 2019: “Aplicación de pronósticos climáticos al manejo del riesgo agropecuario”
Directora: Marisol Osman, Codirector: Esteban Otto Thomasz.
Adoptante: Oficina de Riesgo Agropecuario.
- Proyecto Pict 2018-03537. Sistema de valuación de pérdidas económicas por eventos climáticos extremos en cultivos extensivos de Argentina. Director: Esteban Otto Thomasz.

Desarrollo de la investigación

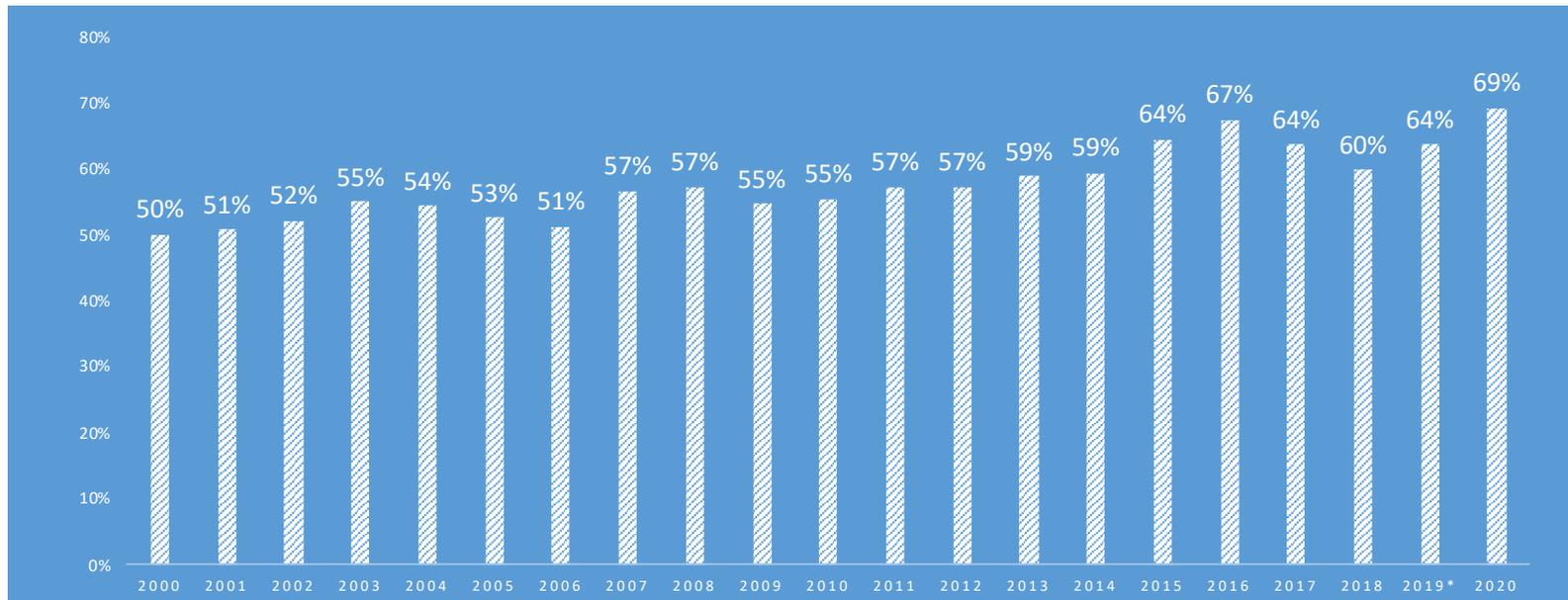
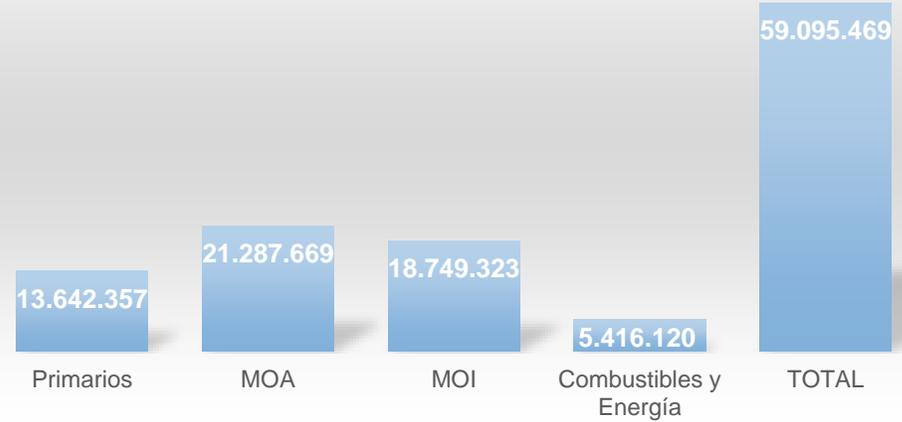
- Cálculo de modelos de valuación económica de eventos de variabilidad climática a nivel micro/departamental
- Combinación de proyecciones climáticas y proyecciones de precio.
- Desarrollar instrumentos fiscales y financieros para la estabilización de ingresos, para la atención de catástrofes y para financiar estrategias de adaptación al cambio climático.

Valor económico del agro

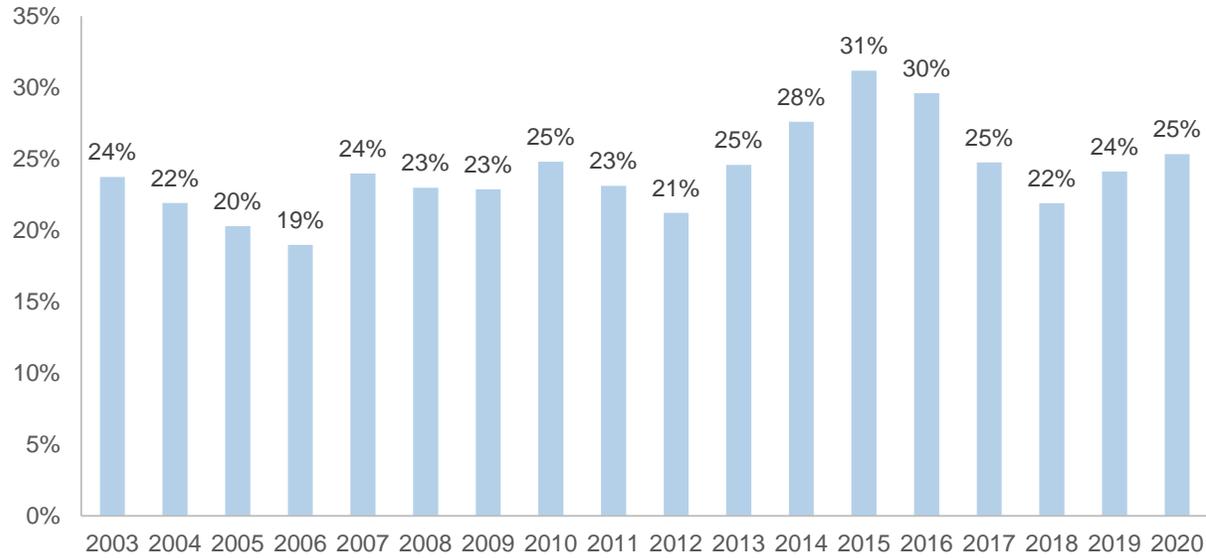
2003-2020 EXPORTACIONES POR RUBRO



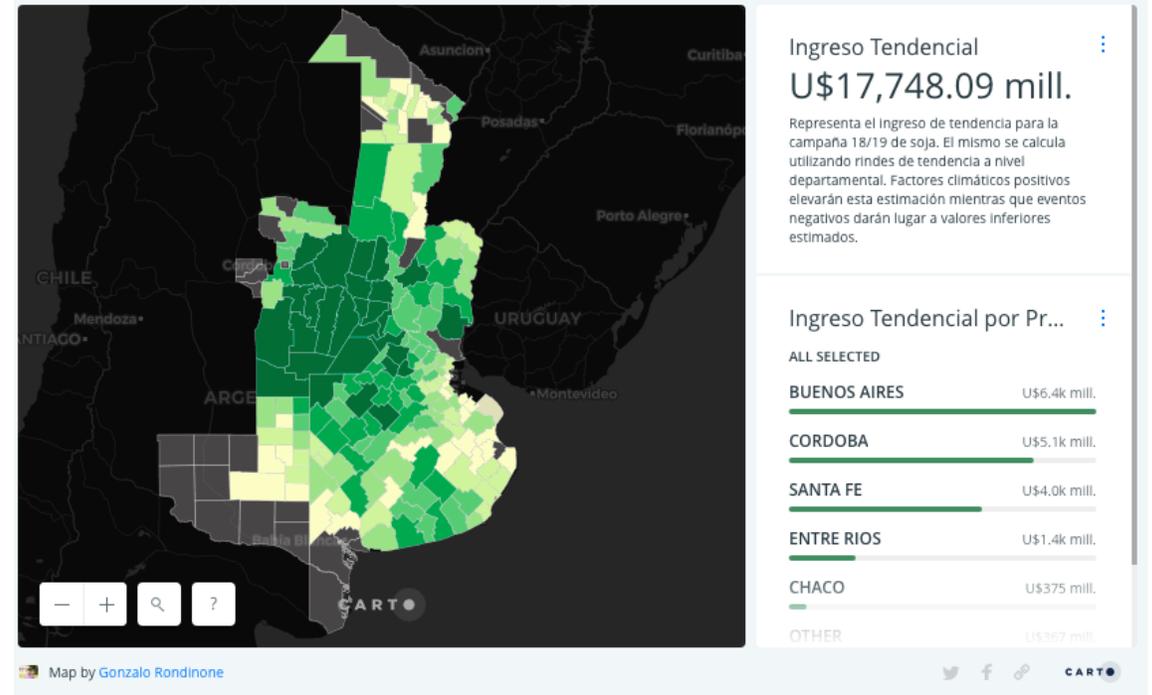
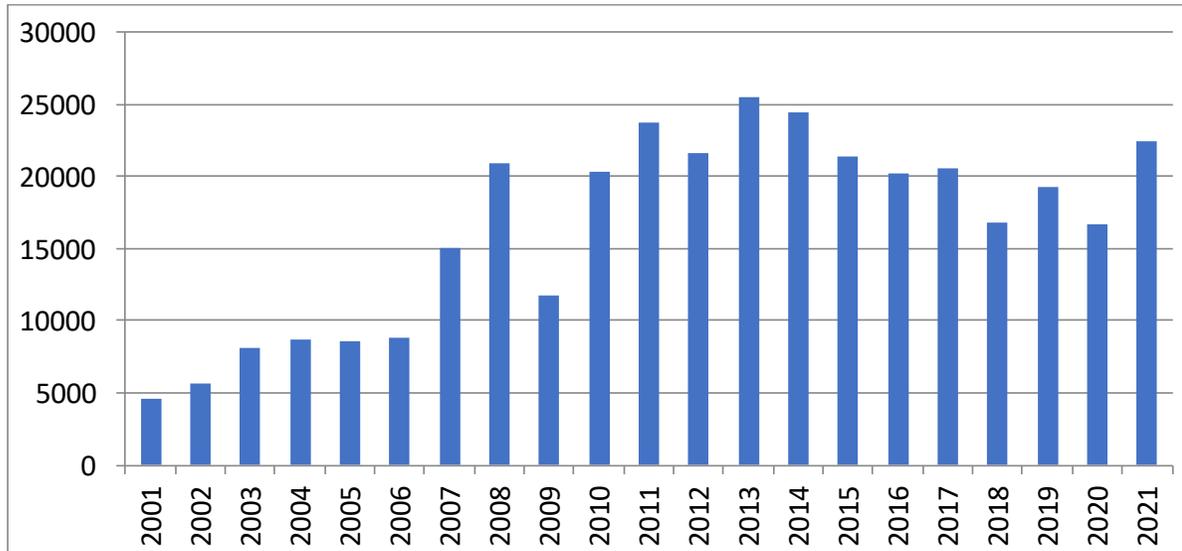
Promedio anual en millones u\$s



Complejo Soja / Total Exportaciones



VBP Soja



Soja	17 millones de hectáreas, promedio anual de 50 millones de toneladas	u\$ 16.800
Maíz	7 millones de hectáreas, 50 millones de toneladas	u\$ 7.500
Trigo	15 millones de toneladas	u\$ 2.415

El SEPSI y sus tiene 4 instancias de evaluación de impacto

PROYECCIÓN CON
INCERTIDUMBRE
CLIMÁTICA

PRONÓSTICO CON
RIESGO CLIMÁTICO

MONITOREO CON
CERTIDUMBRE
CLIMÁTICA

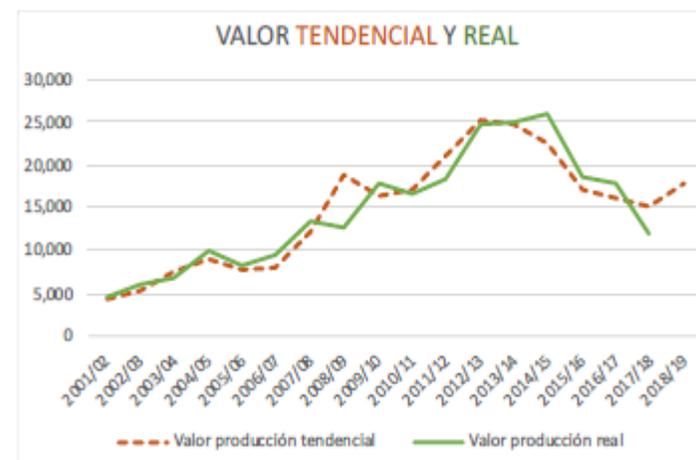
EVALUACIÓN FINAL DE
IMPACTO

Proyección con incertidumbre climática

Con los datos definitivos campaña anterior, se proyecta la siguiente, bajo el supuesto tendencial. Por ejemplo: Junio año t, se proyecta t+1.

Este valor representa la producción de poroto de soja bajo un escenario climático promedio. Es un indicador tendencial de cada campaña en ausencia de eventos climáticos extremos, ya sean favorables o desfavorables.

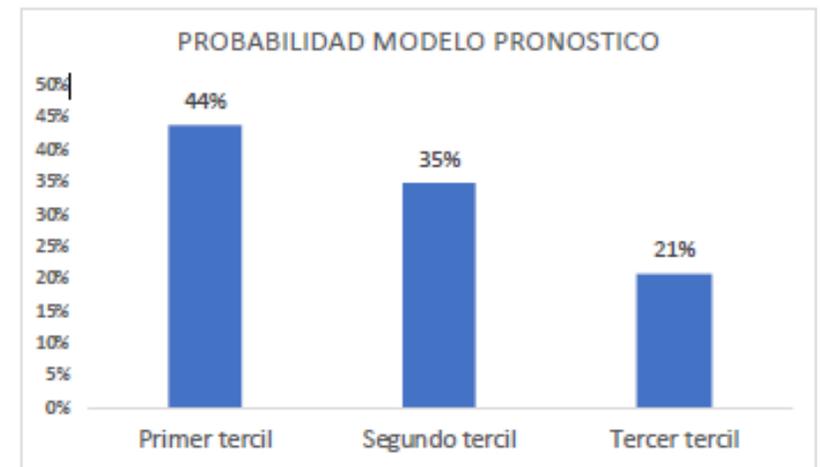
El ingreso tendencial generado por la producción de poroto de soja en la campaña 2020/21 se estimó en u\$s **20.757** millones, de no generarse extremos climáticos ya sean favorables o desfavorables.



Proyección con riesgo climático

A diciembre 2020, el modelo de pronóstico arrojaba una probabilidad de ocurrencia del 44% de una campaña por debajo del promedio: “se esperaba con un 44% de probabilidad acumulada que la producción sea de hasta u\$s 19.346 millones” -48.4 millones de toneladas de poroto de soja-

Con un 35% de probabilidad que sea mayor a u\$s 19.346 millones y menor a u\$s 22.397, y con 21% de probabilidad que sea u\$s 22.397 o superior.



Precio de valuación -u\$s 396 por tn-.

Monitoreo con certidumbre climática

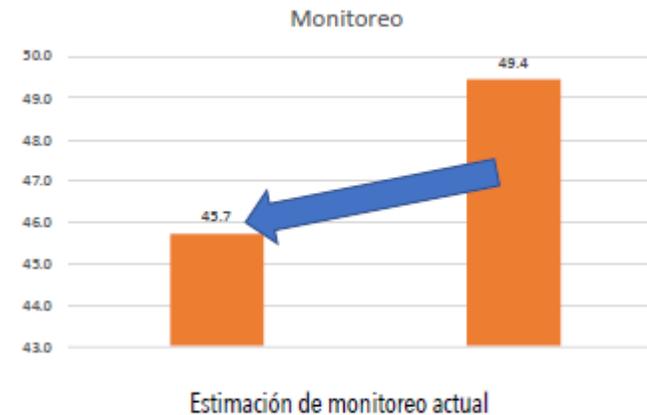
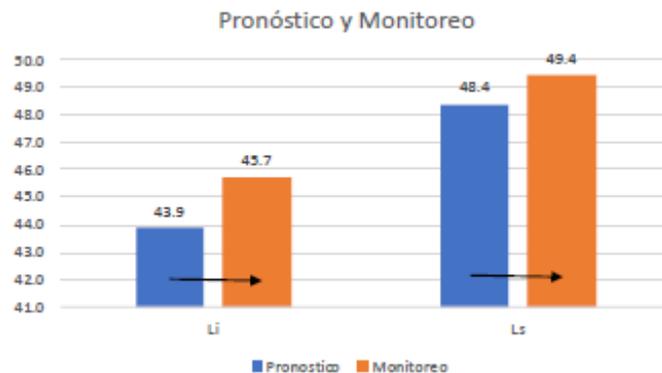
Modelo precipitaciones

La proyección con certidumbre climática se realiza con los datos de las precipitaciones reales acaecidas en la totalidad de los períodos críticos identificados a lo largo del país, correspondientes a los meses de diciembre, enero y febrero para el caso del modelo de proyección de la producción agregada (**total país**).

A los precios internacionales vigentes, la valuación de la campaña sojera estaría en el orden de los u\$s 23.317 millones, en base al modelo estimado de precipitaciones con un ajuste del 70%. El modelo de balance hídrico en desarrollo aumentaría el ajuste, permitiendo un monitoreo más eficiente.

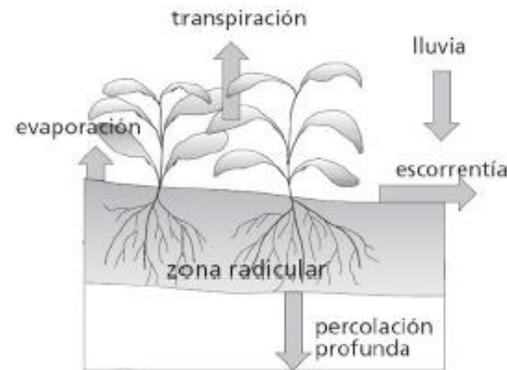
Monitoreo con certidumbre climática

Con las condiciones climáticas fijas hasta el último día de febrero, el modelo estimó una producción de entre **49.4 y 45.7** millones de toneladas. De esta forma, generó un pequeño corrimiento, positivo, respecto al peor escenario provisto en el modelo de pronóstico pre-campaña **-48.4 y 43.9-**

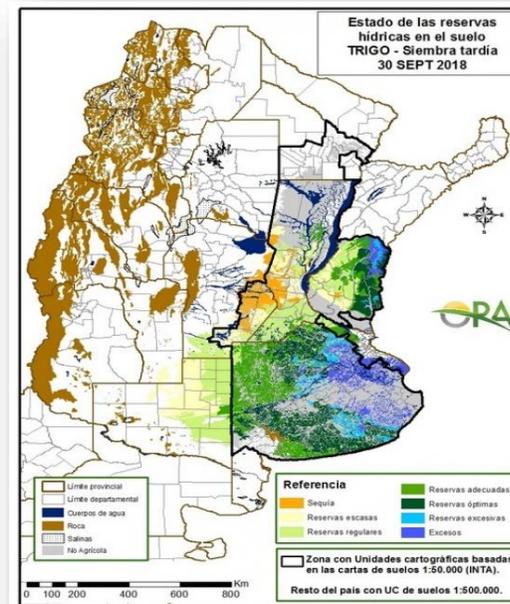


Proyección con certidumbre climática

El indicador **BALANCE HÍDRICO** considera características de los suelos locales (INTA), del cultivo particular (Agroindustria) y variables meteorológicas diarias (SMN). El desarrollo del modelo de reserva de agua hídrica viene a contribuir a la evaluación **anticipada** de la probabilidad de ocurrencia de déficit hídricos o excesos de agua.



www.ora.gob.ar

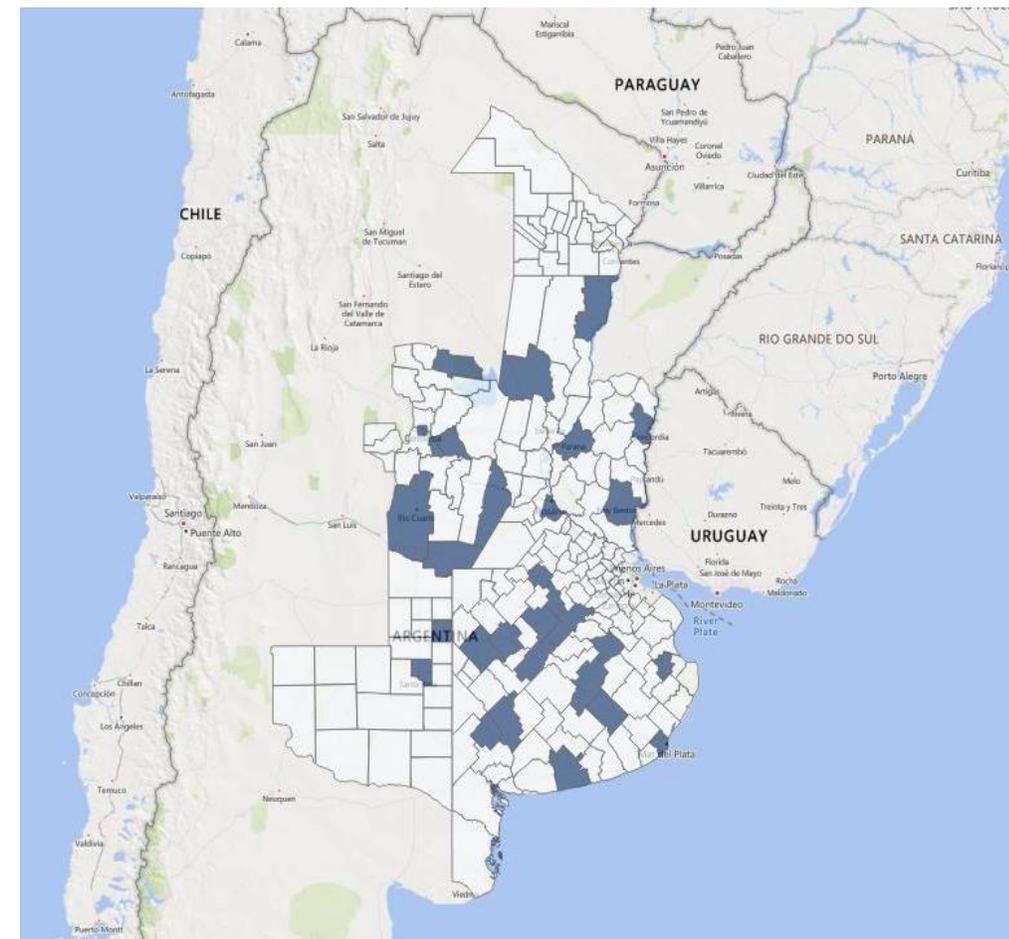


MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende 28 departamentos de la zona agrícola núcleo con información agroclimática histórica suficiente para el análisis.

Provincia	Departamentos
Buenos Aires	9 de Julio, Azul, Bolívar, Coronel Suarez, Dolores, General Pueyrredón, Junín, Las Flores, Olavarría, Pehuajó, Saavedra, Tandil, Trenque Lauquen, Tres Arroyos
Córdoba	Córdoba, Marcos Juárez, Presidente Roque Sáenz Peña, Río Cuarto, Río Seco, Río Segundo
Entre Ríos	Concordia, Gualeguaychú, Paraná
La Pampa	Capital, Maracó
Santa Fe	General Obligado, Rosario, San Cristóbal

Área de soja y departamentos con estación meteorológica



METODOLOGÍA

- Se utilizó el índice de rendimientos que se estima con el modelo realizado dentro del Sistema de evaluación de pérdidas por sequías e inundaciones. (Thomasz, et al., 2016; Thomasz, et al., 2017).
- Las series de rendimientos sin tendencia (estimadas) se escalaron en índices o desviaciones relativas para una mejor visualización y comparación entre departamentos.
- Los rindes reales son $Y_t = \frac{Q_t}{A_t}$ donde Q_t es la cantidad de soja en toneladas por departamento en el año t y A_t es la superficie cosechada en el año t en hectáreas. Luego se aplica el ajuste lineal para obtener \hat{Y}_t y finalmente se estima $IndexYI_t$

$$IndexYI_t = 1 + \left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{\hat{Y}_t} \right)$$

Para establecer las relaciones entre el índice de rendimiento de soja y los valores de balance hídrico se siguieron los siguientes pasos:

- i. Determinación de la máxima correlación entre el índice de rendimientos y los valores de balance hídrico mediante ventanas móviles de diferentes longitudes.
- ii. Construcción de una regresión lineal con los valores del balance hídrico del período seleccionado en el paso anterior como variable independiente.
- iii. Testeo por medio de la técnica *leave one out cross validation* obteniendo el error cuadrático medio para comprobar la solidez de la predicción.

Window	Start-end date	Total windows	Correlations
30 days	01 December-30 April	13	354
40 days	01 December-30 April	12	336
50 days	01 December-30 April	11	308
60 days	01 December-30 April	10	280

Correlaciones máximas por departamento

4

Departamentos tienen correlación mayor al 80%.

12

Departamentos tienen correlación entre 70% - 80%.

9

Departamentos tienen correlación entre 50% - 70%.

Department	Correlation	Window	Date
9 De Julio	0.73	40	1 Jan -10 Feb
Azul	0.79	60	1 Jan - 28 Feb
Bolivar	0.77	60	1 Jan - 28 Feb
Capital	0.62	30	21 Jan - 20 Feb
Concordia	0.77	30	11 Jan - 10feb
Córdoba	0.73	60	1 Jan - 28 Feb
Coronel Suarez	0.76	40	21 Jan - 28 Feb
Dolores	0.84	60	21 Dec - 20 Feb
General Obligado	0.80	60	1 Mar - 30 Apr
General Pueyrredón	0.71	30	21 Dec - 20 Jan
Gauleguaychu	0.63	40	11 Jan - 20 Feb
Junin	0.66	40	21 Mar - 30 Apr
Las Flores	0.77	60	20 Dec 20 Feb
Maraco	0.18	30	21 Jan - 20 Feb
Marcos Juarez	0.55	30	21 Dec - 20 Jan
Olavarria	0.68	60	1 Jan - 28 Feb
Paraná	0.76	40	1 Jan - 10 Feb
Pehuajo	0.62	60	1 Jan - 28 Feb
Presidente Roque Saenz Pena	0.83	40	1 Jan - 10 Feb
Rio Cuarto	0.70	50	10 Jan - 28 Feb
Rio Seco	0.46	30	21 Jan - 20 Feb
Rio Segundo	0.52	30	10 Jan - 10 Feb
Rosario	0.69	50	11 Dec - 10 Feb
Saavedra	0.75	40	1 Feb - 10 Mar

METODOLOGÍA

ii. Se estimaron una serie de regresiones utilizando el índice de rendimientos como variable dependiente y los valores de balance hídrico correspondiente a la ventana temporal óptima como variable explicativa.

$$YI_t^c = \beta_0 + \beta_1 \overline{hr}_t^c + \varepsilon_t^c$$

Donde:

YI_t^c : Índice de rendimientos para el departamento c en el año t.

\overline{hr}_t^c : Balance hídrica del departamento c en el año t de la ventana óptima.

RESULTADOS

Province	Department	R ²	Slope	Intercept	DW	JB
BA	9 de Julio	0.531	0.0062**	0.8097**	1.789	1.057
BA	Azul	0.627	0.0100**	0.5823**	2.245	0.704
BA	Bolívar	0.597	0.0064**	0.8415**	2.462	1.393
ER	Concordia	0.594	0.0050**	0.7560**	1.161	1.219
CO	Córdoba	0.530	0.0063**	0.7961**	1.927	0.100
BA	Coronel Suárez	0.585	0.0103**	0.8488**	2.041	0.978
BA	Dolores	0.703	0.0124**	0.1895	1.726	0.806
SF	General Obligado	0.646	0.0133**	-0.0541	2.558	1.572
BA	General Pueyrredón	0.508	0.0087**	0.3885*	2.308	0.678
ER	Gualeguaychú	0.400	0.0053**	0.7441**	2.235	3.207
BA	Junín	0.442	0.0088**	0.2857	2.384	1.448
LP	La Capital	0.379	0.0160**	0.9239**	1.692	0.444
BA	Las Flores	0.345	0.0082**	0.6445**	1.262	8.319

Significance **1% *5%

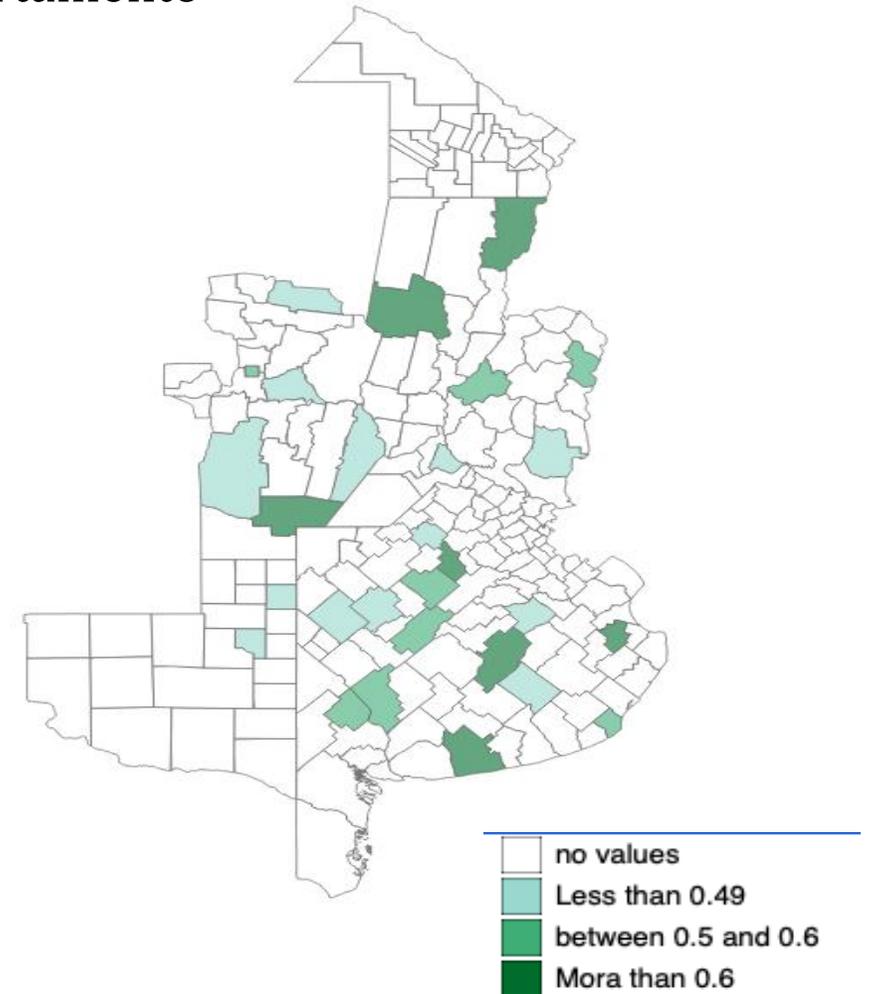
RESULTADOS

Province	Department	R ²	Slope	Intercept	DW	JB
LP	Maracó	0.033	0.0035	0.9894**	0.924	10.468
CO	Marcos Juárez	0.304	0.0028*	0.8379**	2.278	0.989
BA	Olavarría	0.462	0.0068**	0.7612**	2.104	2.239
ER	Paraná	0.585	0.0058**	0.7590**	0.940	1.172
BA	Pehuajó	0.381	0.0080**	0.8805**	1.293	0.257
BA	Roque Saenz Peña	0.681	0.0065**	0.8446**	1.397	2.366
CO	Río Cuarto	0.490	0.0068**	0.7894**	2.156	1.452
CO	Río Seco	0.215	0.0097*	0.6539*	0.709	1.274
CO	Río Segundo	0.231	0.0068*	0.8131**	0.827	0.644
SF	Rosario	0.470	0.0046**	0.7432**	2.248	0.178
BA	Saavedra	0.561	0.0091**	0.9347**	1.459	0.917
SF	San Cristobal	0.644	0.0057**	0.6579**	2.254	0.444
BA	Trenque Lauquen	0.338	0.0084**	0.8840**	1.371	0.766
BA	Tres Arroyos	0.619	0.0068**	0.7921**	1.664	0.483

ESTIMACIONES

1. El 60% de los departamentos tienen un coeficiente de determinación mayor al 50%.
2. En 20 de los 27 departamentos el poder explicativo de la regresión es de al menos el 50%, con diez de ellos por encima del 60%.
3. Estos resultados sugieren que en general los cambios en el índice de rendimiento se explican en un 50% o más por los cambios en el balance hídrico

Coeficientes de determinación por departamento



TESTEO PARA PROYECCIÓN

1. Para testear el poder predictivo del modelo se utilizó la metodología *Leave one out cross validation*
2. Este método consiste en definir aleatoriamente una parte de las observaciones para ajustar el modelo y otra para proyectar. Dado el tamaño muestral se definen los datos para la estimación en $t-1$ observaciones.

TESTEO PARA LA PROYECCIÓN

Posteriormente se calculó el siguiente estadístico:

$$\Lambda = 1 - \frac{RMSE}{\sigma_{YI_t^c}} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{t=0}^T \frac{(Y\hat{I}_t^c - YI_t^c)^2}{T}}}{\sigma_{YI_t^c}}$$

Donde $Y\hat{I}_t^c$ es el índice de rendimiento estimado para el periodo t y departamento c, YI_t^c es el índice de rendimiento observado en el periodo t y departamento c y $\sigma_{ir_t^c}$ es el desvío estandar del índice de rendimiento del departamento c.

Interpretación: Si **el error de pronóstico** se explica totalmente por la varianza de la variable a pronosticar, el indicador Λ es igual a cero. Cuanto mayor sea el error de pronóstico, la relación será mayor que la unidad y el indicador Λ será menor que cero.

RESULTADOS DE *LEAVE ONE OUT CROSS VALIDATION*

1. Los resultados muestran que el error de pronóstico se explica principalmente por la variabilidad del índice de rendimiento y los resultados son consistentes con la bondad de ajuste de los modelos estimados.
2. Cuanto mayor es el coeficiente de determinación menor es el error de pronóstico. Por lo tanto, el modelo es lo suficientemente robusto como para ser utilizado como estimación futura de los rendimientos de la soja, dado el valor de balance hídrico.

CONCLUSIONES

1. El balance hídrico explica al menos el 50% de la variabilidad del rendimiento de la soja, con un máximo del 70% de poder explicativo en un departamento.
2. Del análisis de pronóstico se deduce que los modelos son lo suficientemente robustos como para proporcionar una proyección de un periodo, ya que el error se explica en su mayor parte por la desviación estándar del índice de rendimiento.

APLICACIONES DEL MODELO DESARROLLADO CON LOS VALORES DEL BALANCE HÍDRICO

El modelo podría utilizarse para:

1. diseñar seguros basados en índices ya que presenta la oportunidad de contar con un indicador objetivo y exhaustivo.
2. estimar el impacto económico de la campaña en curso, proporcionando información importante para la ayuda agrícola de emergencia y anticipar el impacto en las finanzas públicas nacionales y también a nivel departamental.
3. proyectar los rendimientos y ser insumo de análisis económicos y financieros para la toma de decisiones de inversiones en infraestructura de adaptación.

Para más información pueden consultar la siguiente página web:

http://www.economicas.uba.ar/institutos_y_centros/provul/

Muchas gracias!!!

CMA | CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN METODOS CUANTITATIVOS
IADCOM - UBA | APLICADOS A LA ECONOMÍA
Y LA GESTIÓN

XXII Jornadas Nacionales
y Latinoamericanas Actuariales

 **consejo** GESTIÓN
Y FUTURO

.UBA200

.UBAeconómicas