

SIMULACIÓN Y EFECTOS DE VARIABLES CLAVES EN LA GENERACIÓN DE VALOR AGREGADO EN LA CADENA DE LA SOJA DE URUGUAY

Milton Pintos¹; Pedro Arbeletche¹

⁽¹⁾Universidad de la República (UDELAR), Facultad de Agronomía (FAGRO) Av. Gral. Eugenio Garzón 780, 12900 Montevideo, Departamento de Montevideo, Uruguay.

mpintos@fagro.edu.uy; arbe19@fagro.edu.uy

Resumen

<p>Recibido: 10/2023 Aceptado: 12/2023</p>	<p>En los últimos 20 años, el cultivo de soja se ha posicionado como uno de los productos agrícolas principales de exportación del Uruguay, generando en 2017 un Valor Bruto de Producción (VBP) de 3.906 mill.U\$S y un Valor Agregado Bruto (VAB) del 39% del VBP. La fase agrícola produce el principal producto de exportación, el grano de soja, aportando el 51% del VAB total de la cadena. La relación VAB/VBP para la fase agrícola, indica que el proceso de producción actual agrega el 55% del valor. Las ganancias (pos-impuestos) y rentas de la tierra generadas representan el 68% y el 22% respectivamente del VAB generado por esta fase. Este trabajo simula a partir de datos reales de la fase agrícola, como se comportan los resultados presentados anteriormente frente a diferentes situaciones de mercado, en las cuales ciertas variables previamente seleccionadas se modifican, dentro de límites reales, permitiendo identificar y entender cuáles resultan más sensibles, conociendo de esta manera sus efectos y los límites que puede alcanzar esta cadena en Uruguay manteniendo la actual modalidad de producción y comercialización. El conocimiento de estos límites permite mejorar las decisiones para fomentar políticas públicas con respecto a la producción y comercialización de soja en Uruguay.</p>
<p>Palabras clave</p> <p>Valor agregado bruto Simulación Monte Carlo. <i>Glycine max.</i></p>	

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

SIMULATION AND EFFECTS OF KEY VARIABLES ON THE VALUE-ADDED GENERATION WITHIN URUGUAY'S SOYBEAN CHAIN

Milton Pintos¹; Pedro Arbeletche¹

¹Universidad de la República (UDELAR), Facultad de Agronomía (FAGRO) Av. Gral. Eugenio Garzón 780, 12900 Montevideo, Departamento de Montevideo, Uruguay.

mpintos@fagro.edu.uy; arbe19@fagro.edu.uy

Abstract

KEYWORDS

Gross value added.
Monte Carlo simulation.
Glycine max.

Over the past 20 years, soybean cultivation has established itself as one of Uruguay's primary agricultural export commodities. In 2017, it generated a Gross Production Value (GPV) of \$3.906 billion USD and a Gross Value Added (GVA) accounting for 39% of the GPV. The agricultural phase yields the key export product, soybean grain, contributing 51% of the total GVA of the chain. The GVA/GPV ratio for the agricultural phase indicates that the current production process adds 55% of the value. Profits (post-tax) and land rents generated represent 68% and 22% respectively of the GVA generated by this phase. This study employs real data from the agricultural phase to simulate how the previously presented outcomes behave under different market conditions. In these scenarios, select variables are modified within real limits, enabling the identification and comprehension of the most sensitive variables and their effects. This, in turn, elucidates the constraints that this chain in Uruguay could encounter while maintaining its existing production and marketing approach. Knowledge of these boundaries facilitates informed decisions to foster public policies concerning soybean production and marketing in Uruguay.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja en Uruguay no es nuevo, existen registros de superficie sembrada desde la década de los 70', los cuales indican que nunca superó las 50.000 ha de siembra hasta la zafra 2002/2003, a partir de la que se rompe esa barrera y comienza un periodo de gran escalada en superficie sembrada (MGAP-DIEA, 2008), impulsada en principio por el ingreso de nuevos agricultores al país, provenientes principalmente de Argentina, que cambiaron y dinamizaron la forma de producción (Arbeletche y Carballo, 2008), y por primera vez en Uruguay el área de siembra de los cultivos de verano supera a la de los cultivos de invierno, trigo y cebada, llegando a un máximo cercano a 1,6 millones de hectáreas sembradas en las zafras 2013/2014 y 2014/2015, aumentando consiguientemente la producción total de grano (MGAP-DIEA, 2016). Estos cambios fueron impulsados principalmente por la evolución del precio del mercado internacional del producto en esos años, periodo al cual se le denomina como el "boom de la soja". A partir del año 2012 el precio del commodity comienza a disminuir y también lo hace el área de siembra a partir de la zafra 2015/2016, manteniéndose cercanas al millón de hectáreas (MGAP-DIEA, 2020). Las exportaciones de soja representan aproximadamente el 63% de los productos agrícolas exportados desde Uruguay (MGAP-DIEA, 2018), dentro de los cuales el principal es el grano de soja, lo que permite posicionarlo en el principal cultivo del Uruguay.

En Uruguay participan muchos actores en la producción de soja, formando así una cadena de valor importante para el país, con interrelaciones entre los diferentes sectores y actores, la cual merece ser analizada y estudiada.

En la actividad analizada se identifican claramente 5 fases encadenadas, comenzando por la proveedora de insumos, la agrícola, la cual es la que produce el grano de soja, la fase de servicios, que está formada por el servicio de maquinaria agrícola, el de transporte y el de asesoramiento técnico, luego se encuentra una fase industrial reducida, que procesa solamente el 3 a 4% de la producción total de soja, produciendo especialmente aceite refinado y como sub producto harina de soja, consumidos ambos en el mercado interno. Por último, se identifica el proceso de acopio y exportación, en el que empresas multinacionales procesan el 95% de la producción, implicando una importante concentración de las exportaciones de soja del país en pocas empresas (Pintos y Arbeletche, 2020).

Según Pintos y Arbeletche (2020), para la zafra 2016/2017, toda la cadena generó un valor bruto de producción (VBP) total de 3.905 millones de dólares, de los cuales la fase agrícola y la fase de acopio y exportación generaron, 1.398 y 1.368 millones de dólares respectivamente. Siendo la fase agrícola la que mayor al valor agregado bruto (VAB) aportó, generando unos 773 millones de dólares, lo que representa el 51% del VAB total generado en la cadena (1.518 millones de dólares). Además, en su proceso de producción, por cada tonelada de soja producida agregó un 55% de valor, mientras que en el acopio y exportación agregó sólo un 6% de valor por cada tonelada que procesaron. Por lo tanto, el VAB generado por la zafra estudiada fue del 39% del VBP total.

Este trabajo tiene como principal objetivo determinar mediante una simulación (método Monte Carlo), en base a la información histórica del cultivo, de los últimos 14 años en Uruguay, como se comporta y que efecto tiene la relación VAB/VBP, expresada en proporción (%), que es generado frente a cambios en las variables de mayor relevancia para la cadena. Se considera que la fase

agrícola es una de las más importantes y desarrollada de la cadena (Oyhantçabal y Narbondo 2008, 2011, Pintos y Arbeletche, 2020), por lo cual las variables seleccionadas para el análisis están estrechamente relacionadas con ella y son: los precios del mercado local de soja, y de los principales insumos (semilla, fertilizante y combustible), el rendimiento promedio por área cosechada y la superficie total sembrada. Se debió recabar y procesar información de diferentes fuentes, planteando una metodología acorde a la misma, la cual se presenta a continuación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

A continuación, se especifica los datos utilizados y sus respectivas fuentes:

- Planillas de cálculo del VAB% (Pintos y Arbeletche, 2020)
- Registros físicos:
 - Serie histórica de área de siembra (MGAP-DIEA, 2011, 2020)
 - Serie histórica de rendimiento promedio de soja kg/ha (MGAP-DIEA, 2011, 2020)
- Precios del Mercado:
 - Serie histórica de precios de soja puesta en puerto de Nueva Palmira (CMPP, 2021)
 - Serie histórica de precios de soja puesta en Industria (CMPP, 2021)
 - Serie histórica de precios de harina soja (CMPP, 2021)
 - Serie histórica de precios de aceite crudo (MGAP-DIEA, 2011, 2020)
 - Serie histórica de precios de aceite refinado de soja (MGAP-DIEA, 2011, 2020)
 - Serie histórica de precios FOB de soja (ADUANAS, 2021)
 - Serie histórica de precios CIF de semilla (MGAP-DIEA, 2011, 2020)
 - Serie histórica de precios CIF de fertilizante fosforado (MGAP-DIEA, 2011, 2020)
 - Serie histórica de precios de combustible Gas-oil (ANCAP, 2021)
- Serie histórica de CPI - EEUU (U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2021)
- Software de simulación Monte Carlo (XLRISK).

2.2 Metodología

Para realizar la simulación, se utiliza el software de simulación Monte Carlo, al cual someteremos las variables seleccionadas como *inputs* y como *output* la variable del VAB (%) total de la cadena. Para el cálculo del VAB (%), se procede a estimar el mismo según la metodología presentada por Pintos y Arbeletche (2020), la cual consiste en determinar la sumatoria de las diferencias entre el VBP y Costos intermedios para cada fase de la cadena, siendo de interés en los cálculos las variables seleccionadas. Por lo tanto, es necesario conocer a las variables y obtener una descripción estadística de cada una de ellas. En este sentido, se analiza una serie histórica de precios de soja puesta en Nueva Palmira, suponiendo que esta representa en gran medida al precio recibido por el productor. Pero no basta solo con analizar el precio al que accede el productor, sino que también debemos analizar precios del mercado que están muy relacionados a este, como ser el precio de soja puesta en la industria, precio de harina de soja, precio del aceite crudo y el precio del aceite refinado. Se analiza también una serie histórica de precios FOB de soja en base a los registros de exportación aduaneros del país. En lo que respecta a las variables de insumos, para la semilla y el fertilizante se trabaja con una serie histórica de precios en base a la información de registros de importaciones, determinando el precio CIF de cada una de estas variables. Para el combustible, Gas-oil, se estudia una serie de precios histórica del país. Por último, se obtiene información histórica sobre el área de siembra y el rendimiento promedio anual de soja en Uruguay.

Las fuentes de información, correspondiente a las series de precios descriptas anteriormente, expresan sus datos en dólares corrientes, para este análisis se prioriza trabajar con precios en dólares constantes a octubre de 2017, ya que se toma como base el análisis realizado por Pintos y Arbeletche (2020) para la zafra 2016/2017. Entonces, se estima las series de precios en dólares

constantes en base a los datos históricos de CPI - EEUU (*Consumer Price Index - United States*). Como se pretende trabajar con promedios anuales para realizar las simulaciones, y en caso de que los precios presenten un componente de estacionalidad, mediante el método de “la razón a las medias móviles” aplicado a las series de precios constantes, se obtienen como resultado las series de precios desestacionalizadas, que nos permite disminuir la variación intra anual de las mismas.

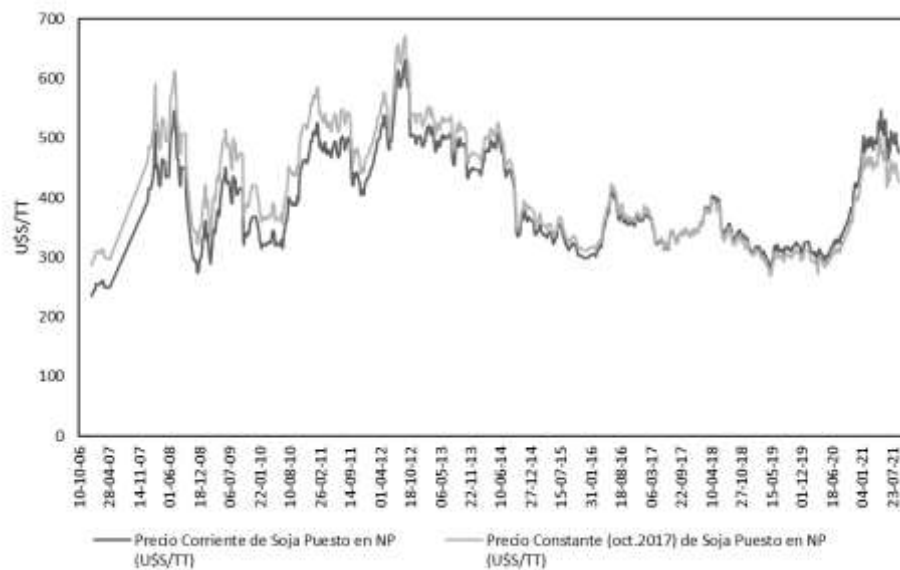
Una vez procesadas las series de datos, se realiza un análisis estadístico descriptivo de cada variable, que permite conocer la forma de distribución y los límites de estas, información necesaria que se ingresa al software. La simulación se “corre” con 10000 interacciones, cuyos resultados obtenidos se analizan y discute a continuación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y selección de variables

En la figura 1 se presenta la evolución de la serie histórica de los precios de la soja puesta en el puerto de Nueva Palmira, de 2007 a 2020 observando un periodo de aumento del precio hasta los años 2013, 2014 llegando a alcanzar valores de hasta 600 U\$\$/TT, luego un periodo de baja hasta fines de 2019 llegando a 300 U\$\$/TT, luego comienza nuevamente un aumento hasta la actualidad, retornando a valores superiores a los 500 U\$\$/TT.

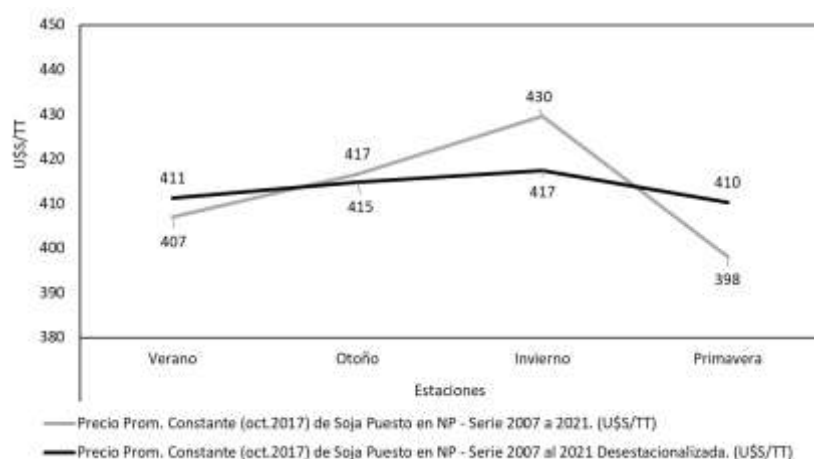
Figura N° 1. Evolución del precio corriente y constante (oct. 2017) de la soja puesta en Puerto de Nueva Palmira - serie 2007 al 2021



Fuente: Elaborado en base a CMPP 2021.

La principal época de venta del cultivo es en otoño, en zafra, en la que se comercializa gran parte de la producción de soja, pero se desconoce exactamente qué proporción se comercializa en cada estación del año (zafra y pos-zafra) para cada una de las zafras en estudio, por lo cual se analiza la estacionalidad del precio de la soja para los 14 años de la serie, la que se puede observar en la Figura N°2, que muestra que el precio llega a su máximo en invierno (pos-zafra) y a un mínimo en la primavera, lo que demuestra que esta serie tiene una marcada estacionalidad. Mediante el método de “la razón de las medias móviles” se calcula el precio promedio de cada trimestre sin el componente estacional, permitiendo estimar un promedio anual más ajustado para continuar con el análisis de este trabajo.

Figura N° 2. Precios promedios trimestrales de soja de una serie de precios constante y una serie de precios constantes desestacionalizada.



Fuente: Elaborado en base a CMPP 2021

En el cuadro N°1 se presenta las series de precios promedios anuales desestacionalizadas en dólares constantes de los diferentes destinos de la producción y de productos y subproductos de la industria.

Cuadro N° 1. Precios promedios anuales según destino de venta y productos de soja. (U\$S constantes a Oct-2017)

Año	Precio de Soja Puesto en NP (U\$\$/TT)	Precio FOB de Soja Exp (U\$\$/TT)	Precio de Soja Industria (U\$\$/TT)	Precio Harina de Soja (U\$\$/TT)	Precio Aceite Crudo de soja (U\$\$/TT)	Precio Aceite Refinado de soja (U\$\$/TT)
2007	302	336	371	600	915	1.133
2008	476	469	545	500	1.338	1.719
2009	433	471	449	471	914	1.228
2010	421	408	452	428	1.030	1.374
2011	518	531	543	453	1.337	1.671
2012	560	586	621	525	1.251	1.682
2013	516	580	574	529	1.027	900
2014	453	551	487	465	885	1.579
2015	343	400	384	361	741	1.141
2016	361	396	420	350	765	998
2017	344	393	375	329	776	860
2018	349	389	379	387	791	1.121
2019	301	333	328	317	701	1.115
2020	324	352	322	341	691	831

Fuente: Elaborado en base a Aduanas 2021; CMPP 2021.

Para un mejor análisis e interpretación de los resultados del presente trabajo es que solamente la variable de “precio de soja puesto en Nueva Palmira” se seleccionará como *inputs* para el software de simulación, ya que es la de mayor importancia directa en los productores de la fase agrícola, descartando el precio FOB y el precio industria ya que estas son variables que están muy correlacionada con la primera (ver cuadro N°2). Para las variables precio de la harina de soja, de aceite crudo y de aceite refinado de soja, las mismas son descartadas como *inputs* del software por considerar que son productos y subproductos de la industria, la que sólo procesa entre 3 y 4% de

la producción total de soja (Pintos y Arbeletche, 2020), por lo tanto, se asume que estas variables no afectan considerablemente al VAB (%) del total de la cadena. Si bien se descartan estas variables como *inputs* para la simulación, se mantiene la relación de ellas con la variable seleccionada para la estimación del VAB (%).

Cuadro N° 2. Matriz de correlaciones entre variables de precios del mercado de soja.

	Precio de Soja Puesto en NP (U\$S/TT)	Precio FOB de Soja Exp (U\$S/TT)	Precio de Soja Industria (U\$S/TT)	Precio Harina de Soja (U\$S/TT)	Precio Aceite Crudo de soja (U\$S/TT)	Precio Aceite Refinado de soja (U\$S/TT)
Precio de Soja Puesto en NP (U\$S/TT)	1,000					
Precio FOB de Soja Exp (U\$S/TT)	0,919	1,000				
Precio de Soja Industria (U\$S/TT)	0,988	0,913	1,000			
Precio Harina de Soja (U\$S/TT)	0,881	0,816	0,916	1,000		
Precio Aceite Crudo de soja (U\$S/TT)	0,808	0,585	0,817	0,743	1,000	
Precio Aceite Refinado de soja (U\$S/TT)	0,678	0,523	0,672	0,633	0,875	1,000

Fuente: Elaboración propia.

Por parte de los costos, según Pintos y Arbeletche (2020), el 49% del total de la fase agrícola corresponden a insumos de producción, siendo estos principalmente semillas, fertilizantes y fitosanitarios, de los que se selecciona como variable *inputs* para el software el precio de importación de las semillas (precio CIF) y el de los fertilizantes (precio CIF). Además, es de interés evaluar el precio del insumo de combustible (Gas-oil). En el cuadro N°3 se presenta los precios de las variables consideradas.

Cuadro N° 3. Precio de los principales insumos del cultivo de soja (U\$S constantes - Oct. 2017)

Año	Precio CIF Semilla (U\$S/TT)	Precio CIF Fertilizante Fosforado (U\$S/TT)	Precio Combustible Gas-oil (U\$S/L)
2007	639	506	1,24
2008	847	1.171	1,64
2009	832	378	1,32
2010	705	544	1,32
2011	913	736	1,78
2012	986	586	1,97
2013	1.089	580	1,89
2014	1.052	585	1,84
2015	942	597	1,48
2016	858	353	1,48
2017	993	330	1,42
2018	814	399	1,35
2019	1.182	353	1,19
2020	1035	247	1,19

Fuente: Elaborado en base a MGAP 2011, 2020; ANCAP 2021.

En los últimos 14 años, la superficie sembrada de soja en el país ha presentado un crecimiento importante, llegando a su máximo en 2015 (1.334.000 ha) y una posterior caída hasta la actualidad (916.800 ha en 2020), aun así, continúa siendo el principal cultivo del Uruguay. Sin embargo, el rendimiento promedio se ha mantenido estable en todo este periodo, en aproximadamente 2.180

Kg/ha, con variaciones anuales debido principalmente a condiciones climáticas favorables y adversas. En el cuadro N°4 se presenta la evolución de la superficie de siembra del cultivo de soja y el rendimiento promedio obtenido a nivel nacional desde el 2007 al 2020, las que se incorporan a las demás variables seleccionadas anteriormente como *inputs* para el software de simulación.

Cuadro N° 4. Área de siembra y rendimiento promedio de soja por año.

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Área sembrada de Soja (miles ha)	367	462	578	863	862	884	1.050	1.321	1.334	1.140	1.268	1.099	966	916,8
Rendimientos de Soja (Kg./ha)	2.128	1.673	1.780	2.105	1.788	2.390	2.634	2.393	2.331	1.937	3.056	1.214	2.928	2171

Fuente: Elaborado en base a MGAP 2011, 2020.

Una vez definidas las seis variables a evaluar en el software, se realiza una descripción estadística de las mismas (ver cuadro N°5), siendo parte de esta información requerida por el software XLRISK para definir los límites y la distribución de cada una de ellas.

Cuadro N° 5. Estadísticas descriptivas de las variables de interés.

	Precio de Soja Puesto en NP (U\$S/TT)	Precio CIF Semilla (U\$S/TT)	Precio CIF Fertilizante Fosforado (U\$S/TT)	Precio Combustible Gas-oil (U\$S/L)	Área sembrada de Soja (miles ha)	Rendimientos de Soja (Kg./ha)
Media	410,40	920,55	526,19	1,47	936,43	2180,57
Mediana	421,40	927,58	525,37	1,42	941,40	2149,50
Desv. estándar	84,64	149,69	230,38	0,30	302,60	497,42
Coef. Variación	21%	16%	44%	21%	32%	23%
Curtosis	-1,23	-0,26	4,20	-0,60	-0,42	0,03
Coef. asimetría	0,28	-0,21	1,71	0,14	-0,55	0,02
Mínimo	300,81	638,89	247,37	0,90	366,50	1214,00
Máximo	560,05	1182,05	1171,02	1,97	1334,00	3056,00

Fuente: Elaborado en base a CMPP 2021; Aduanas 2021; ANCAP 2021; MGAP 2011, 2020.

3.2 Resultados de la simulación

Para realizar la simulación Monte Carlo, se ingresa cada variable seleccionada y sus características al software XLRISK. Se configura para efectuar 10.000 interacciones al azar entre las variables y obtener un valor de VAB (%) por cada interacción. En el cuadro N°6 se observa la descripción estadística de cada variable *inputs* producto del resultado de “correr” la simulación.

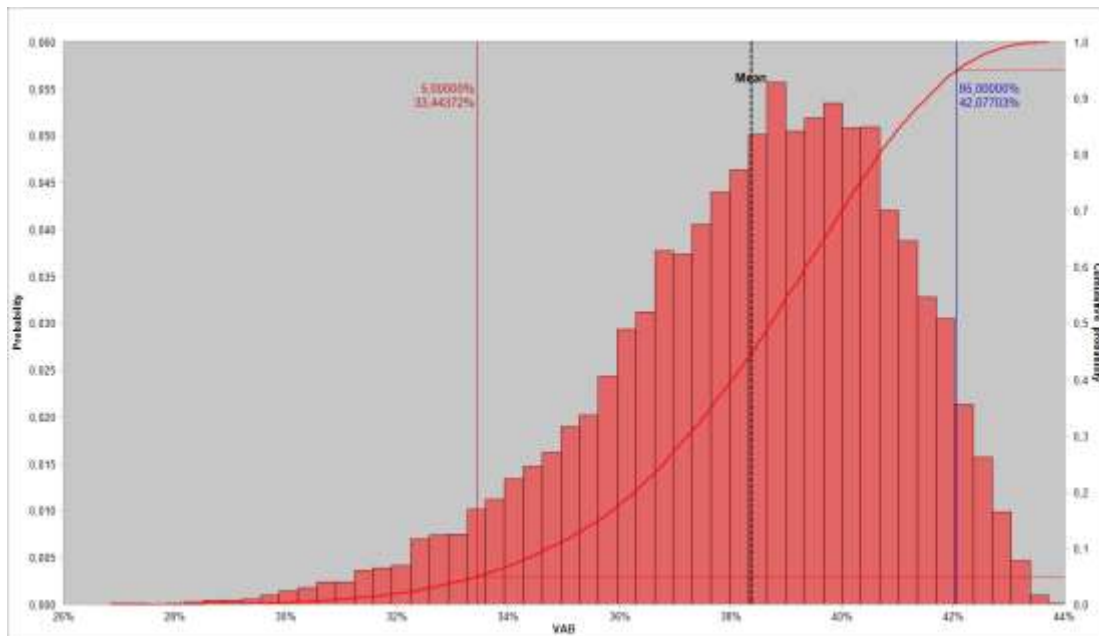
Cuadro N° 6. Estadísticas descriptivas de las variables inputs generadas por XLRISK.

	Precio de Soja Puesto en NP (U\$\$/TT)	Precio CIF Semilla (U\$\$/TT)	Precio CIF Fertilizante Fosforado (U\$\$/TT)	Precio Combustible Gas-oil (U\$\$/L)	Área sembrada de Soja (miles ha)	Rendimientos de Soja (Kg./ha)
	Input	Input	Input	Input	Input	Input
Mean	451,85	913,32	647,63	1,39	903,17	2167,27
Minimum	302,76	645,21	254,33	0,90	367,61	1214,61
Maximum	558,91	1180,75	1165,22	1,96	1333,94	3054,52
St. dev.	54,88	110,47	191,26	0,22	230,27	417,90
Variance	3011,86	12203,86	36581,00	0,05	53024,54	174660,00
Cofv	12%	12%	30%	16%	25%	19%
Skewness	-0,40	-0,03	0,33	0,18	-0,17	-0,04
Kurtosis	2,40	2,41	2,39	2,38	2,22	2,32

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°3 se muestra el resultado final de la variable *output* de la simulación realizada, VAB (%) en relación con el VBP. La misma presenta una media de 38,4%, posee una distribución asimétrica negativa (skewness= -0,66), ya que presenta una mayor “cola” de distribución hacia la izquierda y podría presentar valores más extremos que una distribución normal ya que su curtosis es positiva (kurtosis=3,25). A su vez tiene un amplio rango de resultado, con un VAB mínimo de 26,8% y un máximo de 43,7%, en la que el 90% de los resultados obtenidos se encuentran con mayor probabilidad de obtener un VAB de entre 33% y el 42%, indicando que hay una probabilidad menor a 5% de un VAB inferior a 33% y una probabilidad menor del 5% de resultados mayores a 42%.

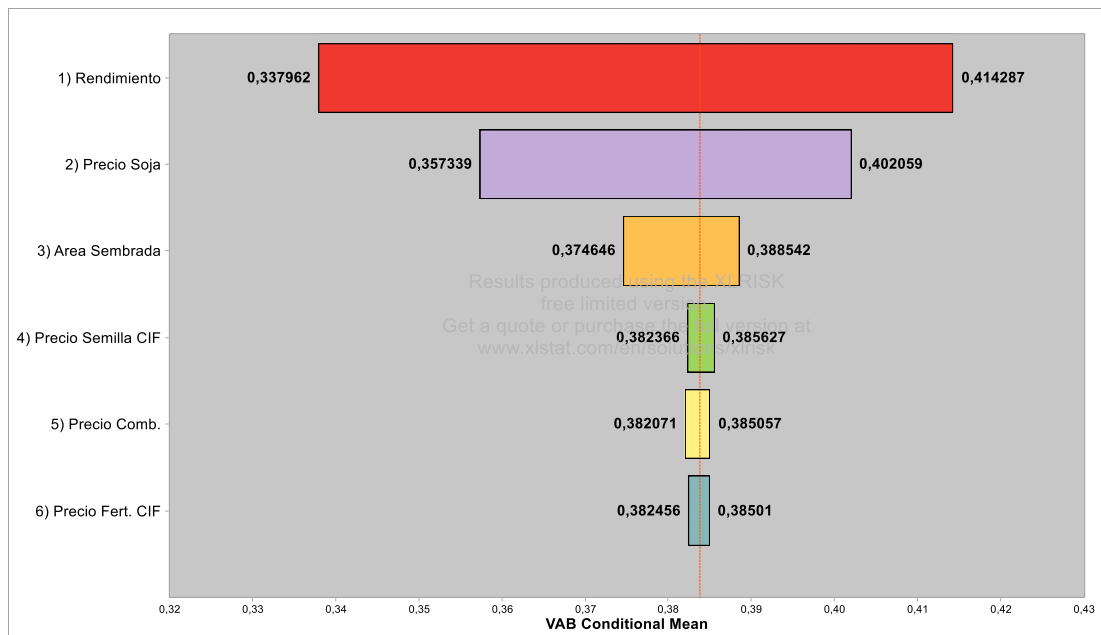
Figura N° 3. Histograma de probabilidad para la variable output VAB (%)



Fuente: Elaboración propia.

Esta variabilidad del VAB (%) esta explicada por las interacciones simuladas a partir de las variables *inputs* seleccionadas, lo que interesa conocer es cuál de estas variables explican en mayor medida esta variación del VAB, para ello y a partir de los datos de la simulación se genera un gráfico “tornado” que muestra un ranking de las variables *inputs* según el impacto que tiene cada una de ellas (figura N°4).

Figura N° 4. Ranking de las variables inputs según su variabilidad con respecto de la media del VAB (expresado como la relación entre el VAB (U\$S) /VBP(U\$S)).

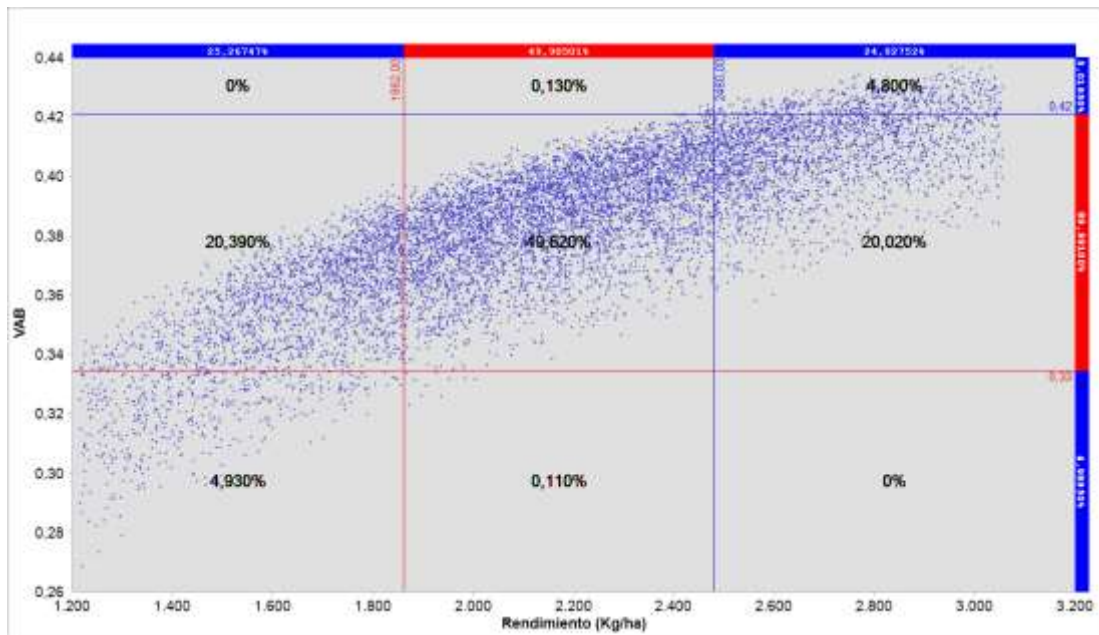


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura precedente (N°4), el rendimiento promedio de la soja es la variable que explica en mayor medida la variación del VAB, generando una variación de 7,6% (de 33,8 a 41,4%), siendo mayor la variación por debajo de la media del VAB (-4,6%) que superior a esta (+3%). En segundo lugar, el precio de la soja tiene un menor impacto sobre el VAB de 4,5%, siendo mayor el negativo con respecto a la media del VAB (-2,6% vs. +1,9%). En tercer lugar, se posiciona la de superficie de siembra, que varía el VAB en 1,39%, pero con mayor impacto negativo (-0,9%) con respecto a la media del VAB. Con respecto al precio del combustible, precio del fertilizante y precio de la semilla, la variación es mínima, entre 38,2 y 38,5%, (0,3%) y muy cercana a la media del VAB (38,37%).

En la figura N°5, se presenta la nube de puntos que muestra una correlación positiva entre el rendimiento y el VAB. Aproximadamente el 50% de los rendimientos se ubican en el rango de los 1862 Kg/ha a 2480 kg/ha, generando como resultado un VAB entre 34% y 42%. Los datos generados del cuartil inferior, rendimientos menores a 1862 Kg/ha, el 20% de tiene una probabilidad del 5% de obtener un resultado del VAB inferior a 33%, en cambio, hay 0% de probabilidad de obtener un VAB superior a 40%, el restante 80% de los datos logra un VAB entre 33% y 42%. En cambio, el cuartil superior, rendimientos mayores a 2480 Kg/ha, el 20% de los datos generados tienen una probabilidad del 5% de un VAB superior a 42%, el restante 80% logra un VAB entre 38% y 42%, mientras que hay 0% de probabilidad de un VAB inferior a 36%.

Figura N° 5. Correlación entre el Rendimiento de soja (kg/ha) y el VAB según datos generados por la simulación XLRISK. VAB expresado como la relación entre el VAB (U\$) /VBP(U\$).



Fuente: Elaboración propia.

Si comparamos los resultados generados por la simulación con los reales presentados en el cuadro N°4, para los 14 años del análisis, hay una frecuencia de 2/7 años de obtener rendimientos por debajo del límite superior del cuartil inferior (1862 Kg/ha), correspondiente a los años 2008, 2009, 2011 y 2018. En cambio, hay una frecuencia de 1,5/7 años que registran rendimientos superiores al límite inferior del cuartil superior (2480kg/ha), años 2013, 2017 y 2019.

En el 2008 “la distribución de las lluvias que ha registrado el área agrícola en la última zafra de verano, ha sido sumamente errática y ha afectado diferencialmente a los cultivos según zonas o parajes...” (MGAP-DIEA, 2008), en 2009 “...las condiciones de sequía predominaron a lo largo del ciclo de los cultivos. Esta situación determinó no sólo reducción de áreas, sino además mermas importantes en los rendimientos obtenidos a nivel de chacras.” (MGAP-DIEA, 2009), en 2011 “La importante sequía registrada durante la zafra estival fue un factor que condicionó los planes originales de los productores...” (MGAP-DIEA, 2011), en 2018 “...importante variación en los rendimientos se explica por el déficit hídrico que afectó a los cultivos de verano...” (MGAP-DIEA, 2018).

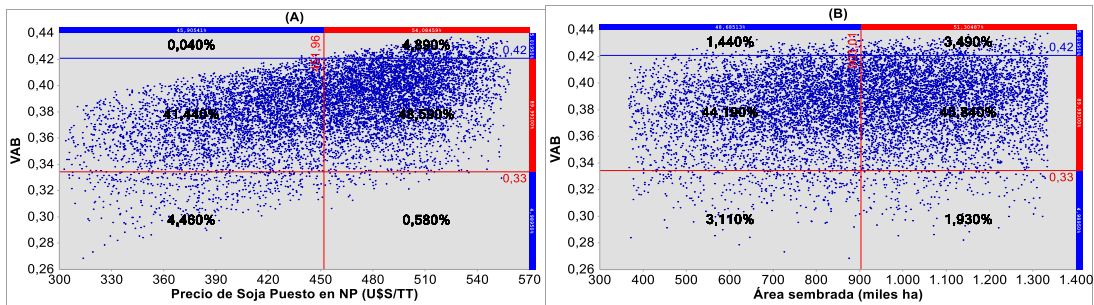
Por lo tanto, el principal factor común de los años mencionados en la anterior cita es el déficit hídrico durante las etapas de desarrollo del cultivo, determinando bajos rendimientos. Sin embargo, en los años 2013, 2017 y 2019 las condiciones climáticas fueron muy favorables para el desarrollo del cultivo (MGAP-DIEA, 2013, 2017, 2019).

Se puede afirmar que, el rendimiento del cultivo de la soja es la variable de mayor relevancia en la variación del VAB (%), la que depende de la combinación de varios factores, entre estos los climáticos, sobre todo teniendo en cuenta que el 98,8% de la superficie sembrada en Uruguay de soja se realiza sin riego artificial (MGAP-DIEA, 2018). Según Giménez (2012), una deficiencia hídrica en el periodo crítico del cultivo (R4 – R6) puede ocasionar una pérdida de un 45 a 50% del rendimiento potencial, y una del 32 a 40% si las deficiencias se dan en la etapa vegetativa y el periodo crítico (en ambas). Otro factor importante son las prácticas de manejo realizadas en base a las decisiones de los productores, según Rizzo y Ernst (2018), la brecha entre el rendimiento potencial limitado por el agua (“rendimiento potencial en seco”) y el rendimiento obtenido por

los productores es de un 42 a 50%, para soja de primera y de segunda respectivamente, siendo mayor la brecha en aquellas zonas agrícolas de menor limitación hídrica, debido a una reducción en la inversión de insumos de producción (en relación al potencial del cultivo), como consecuencia de una sobrestimación del riesgo a obtener bajos rendimientos, por lo que las prácticas de manejo realizadas también limitan la obtención de mayores rendimientos.

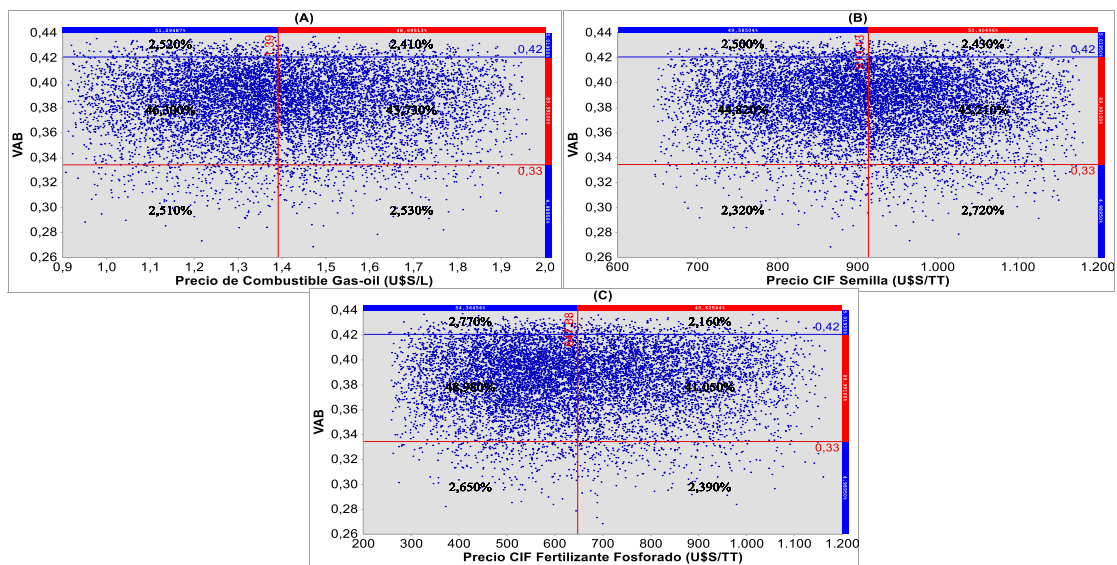
En la figura N°6 y N°7, para cada uno de los gráficos se presenta en el eje Y la variable output VAB en función del eje X, en el cual se grafica los 10.000 puntos generados por el software de simulación para cada una de las variables seleccionadas, en línea roja vertical se indica la media aprox. de la variable del eje X y en líneas horizontales se indica el 5% (roja) y el 95% (azul) de probabilidad acumulada de obtener un VAB del 33% al 42%, mientras que en cada cuadrante se indica la proporción (%) de puntos sobre el total que corresponde a cada uno de ellos. Como se observa en cada uno de los gráficos, la correlación entre las variables es muy baja, la nube de puntos generada se dispersa por todo el gráfico, muy distinto a la variable de rendimiento observada en la figura N°5.

Figura N° 6. (A) Relación entre Precio de soja NP y VAB, y (B) relación entre área de siembra y VAB, según datos generados por la simulación XLRISK. VAB expresado como la relación entre el VAB (U\$S) /VBP(U\$S).



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 7. (A) Relación entre Precio del combustible y VAB, (B) relación entre Precio CIF semilla y VAB y (C) relación entre Precio CIF Fertilizante y VAB, según datos generados por la simulación XLRISK. VAB expresado como la relación entre VAB (U\$S)/VBP(U\$S).



Fuente: Elaboración propia.

Según los datos analizados para la zafra 2016/2017 por Pintos y Arbeletche (2020), en la cual el VAB fue de 1518,5 millones de U\$, correspondiente al 39% del VBP. Esta variación del VAB (%) obtenida por la simulación es del 9% aproximadamente, que representa un valor cercano a los 350 millones de U\$. Si se tiene en cuenta los límites inferior y superior para el 100% de los datos simulados (26,8 y 43,7% respectivamente), la variación es de 17%, implicando que la pérdida entre obtener una zafra muy buena y una zafra mala es de 662 millones de U\$ de VAB.

CONCLUSIONES

La simulación realizada permite observar el comportamiento del VAB (%) relativo al VBP generado por la cadena de valor de la soja a partir de un conjunto de variables seleccionadas por su incidencia directa en la fase agrícola. Los resultados obtenidos de VAB (%) indican que el rango de variación se encuentra aproximadamente entre 33 a 42%, siendo muy baja la probabilidad (5%) de obtener tanto resultados inferiores como resultados superiores a ese rango.

Esta variación esta explicada principalmente por la variable “rendimiento promedio de soja (kg/ha)”, en los años analizados, variable que en algunos años está dentro del cuartil inferior y otros en los que se encuentra dentro del cuartil superior de los rendimientos simulados. Para los primeros, como factor común se registra que los cultivos estuvieron bajo déficit hídrico gran parte del desarrollo del cultivo, mientras que, para los segundos, las condiciones climatológicas fueron muy favorables. Además de las limitaciones hídricas, también existen limitaciones por las prácticas de manejos realizadas por los productores. Por lo cual, si bien existen leyes que promueven las inversiones, las mismas no han tenido el alcance suficiente, ya que actualmente el área bajo riego en soja es mínima, por lo que se deben aumentar los esfuerzos en el desarrollo y promoción de estas políticas, que faciliten la adopción de tecnologías capaces de mitigar el riesgo a déficit hídricos que se presentan en la fase agrícola, contribuyendo así a mitigar pérdidas millonarias que se producen bajo condiciones de estrés hídrico.

La variable precios de soja recibido por el productor es importante, pero en menor medida que la del rendimiento. La fase agrícola es tomadora de precios, no puede incidir en la variación de este y sólo dependerá conocer que sucede con la producción de soja en los principales países productores y exportadores, como Brasil y EEUU, así como también conocer el comportamiento del mercado de los principales países compradores, como China. Con respecto a la variable superficie sembrada, la misma aporta en menor proporción que las variables mencionadas (rendimiento y precio) a la variabilidad del VAB (%), aumentar el área sembrada no implica obtener un mayor VAB (%), ni mayores rendimientos y mejores precios. Entonces se plantea el siguiente interrogante: ¿cuáles son las variables de mayor incidencia en la toma de decisión de los productores para aumentar o reducir el área de siembra en cada nueva zafra y la magnitud de esta?

Con respecto a las variables de precio combustible, fertilizante y semilla, las mismas son las que menos aportan a la variabilidad del VAB (%), destacar que la variable precio del combustible, si bien es un tema recurrente en el debate político y ampliamente difundido por los medios de comunicación, en la simulación realizada, la variación del precio de este insumo solamente explica una mínima variación VAB (%).

Por último, lo analizado en este trabajo es una simulación de la realidad en base a la generación de un número elevado de interacciones entre las variables que están directamente relacionadas con la fase agrícola, ya que de acuerdo al estudio de Pintos y Arbeletche (2020), es la que tiene mayor poder y control sobre todo el proceso de producción del cultivo, lo que no impide que puedan existir otros factores que afecten al VAB (%) y que estén relacionados con otras fases de la cadena como las de acopio y exportación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduanas (Administración Nacional de Aduanas, UY). 2021. Estadísticas DUA. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 nov. 2021. Recuperado de <https://www.aduanas.gub.uy/innovaportal/v/18714/1/innova.front/consultas-dua.html>
- ANCAP (Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Pórtland, UY). 2021. Precios combustibles. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 10 nov. 2021. Recuperado de <https://www.ancap.com.uy/2093/1/precios-combustibles.html>
- Arbeletche, P.; Carballo, C. 2008. La expansión agrícola en Uruguay: algunas de sus principales consecuencias. *Revista de Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario*. no. 12: 7-20.
- BROU (Banco República Oriental del Uruguay, UY). 2021. Cotizaciones. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 nov. 2021. Recuperado de <https://www.portal.brou.com.uy/web/guest/cotizaciones>
- CMPP (Cámara Mercantil de Productos del País, UY). 2021. Mercados agropecuarios: cereales y oleaginosas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado nov. 2021. Recuperado de <http://www.camaramercantil.com.uy/softis/documentos/dl/ceroleag/>
- Giménez, L. 2012. ¿Cuánto estamos perdiendo por no regar cultivos en Uruguay? In: Grupo de Desarrollo de Riego. ed. *Riego en cultivos y Pasturas*. Montevideo, INIA. pp. 33-41.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2008. *Anuario estadístico agropecuario*. 11^a. ed. Montevideo. 206 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2008b. *Encuesta agrícola “invierno 2008”*. Montevideo. 41 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2009. *Encuesta agrícola “invierno 2009”*. Montevideo. 41 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. *Anuario estadístico agropecuario*. 14^a. ed. Montevideo. 246 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011b. *Encuesta agrícola “invierno 2011”*. Montevideo. 3 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. *Anuario estadístico agropecuario*. 19^a. ed. Montevideo. 198 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. *Encuesta agrícola “invierno 2017”*. Montevideo. 26 p.

- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario. 21^a. ed. Montevideo. 211 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018b. Encuesta agrícola “invierno 2018”. Montevideo. 36 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Encuesta agrícola “invierno 2019”. Montevideo. 28 p.
- MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario. 23^a. ed. Montevideo. 270 p.
- Oyhantçabal, G.; Narbondo, I. 2008. Radiografía del agronegocio sojero: descripción de los principales actores y los impactos socio-económicos en Uruguay. Montevideo, REDES-AT. 120 p.
- Oyhantçabal, G.; Narbondo, I. 2011. Radiografía del agronegocio sojero: descripción de los principales actores y los impactos socio-económicos en Uruguay: datos actualizados a 2010. Montevideo, REDES-AT. 122 p.
- Pintos, M.; Arbeletche, P. 2020. Descripción y análisis de la cadena de valor de la soja en Uruguay. Revista Ciencias Agronómicas; UNR, Nro. 35. (en línea). Rosario. Consultado dic. 2021. Recuperado de <https://test-cienciasagronomicas.unr.edu.ar/journal/index.php/agronom/article/view/294/261>
- Rizzo, G.; Ernst, O. 2018. Mapeando la brecha de rendimiento en soja para diferentes zonas climáticas y grupos de suelos. Revista Cangue. no. 41: 10-14. (en línea). Paysandú. Consultado dic. 2021. Recuperado de http://www.emac.edu.uy/cangue/images/revistas/revista_41/C41_completa.pdf
- U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS (United States Bureau of Labor Statistics, EE.UU). 2021. Consumer Price Index. (en línea). Washington, DC. S.p. Consultado nov. 2021. Recuperado de <https://www.bls.gov/>