



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ESTADÍSTICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

LICENCIATURA EN ECONOMÍA  
SEMINARIO DE INTEGRACIÓN Y APLICACIÓN  
TRABAJO FINAL

**“El impacto potencial en la economía argentina de la utilización de la soja HB4”**

Priotti, Nicolás

Legajo: P-5626/0

DOCENTES A CARGO DE LA COMISIÓN:

Vaudagna, Luciano

Jara Musuruana, Luciano

SEGUNDO CUATRIMESTRE DE 2022

## Índice

Resumen .....	2
1. Importancia de la soja en Argentina .....	3
2. Cambio tecnológico en el sector agropecuario argentino .....	4
3. Biotecnología aplicada al agro: soja HB4 .....	5
4. Fenómeno la niña .....	7
5. Pérdidas ocasionadas en las campañas de soja con mayor sequia .....	7
6. Estimación de dólares de exportación y de retenciones por uso de soja HB4 .....	9
7. Análisis costo-beneficio económico por el uso de la soja HB4 .....	11
8. Conclusiones .....	13
9. Bibliografía .....	14

## Resumen

Este trabajo propone una revisión en profundidad sobre los beneficios potenciales por el uso de la semilla de soja HB4 en Argentina en un contexto de cambios climáticos y fenómenos como La Niña. Repasa los cambios tecnológicos que impactaron en el sector agropecuario en el siglo pasado en pos de evidenciar cómo el modelo interactivo de innovación ha ido perfeccionando al sector agropecuario. Luego calcula las pérdidas en las campañas afectadas por la sequía de los últimos años; el potencial aumento de la producción y exportación de soja mediante el uso de esta semilla así como los ingresos adicionales y las retenciones estimadas para el Estado. Además destaca la viabilidad económica de dicha semilla, examinando el costo-beneficio de su aplicación. Plantea su eficiencia en años de lluvias normales, lo cual abre la posibilidad de usarla a modo de seguro frente a una sequía inesperada. Subraya el potencial de la soja HB4 para fortalecer la resiliencia del sector agrícola argentino y generar beneficios económicos significativos.

## 1. Importancia de la soja en Argentina

El aumento del precio internacional de la soja (especialmente a partir de que China comienza a generar demanda), la facilidad en su producción y el control de plagas, y la disponibilidad de tecnologías de siembra directa, la posibilidad de realizar dos cosechas anuales, mediante la práctica de doble cultivo (Andrade & Satorre, 2015) y su comercialización ágil y segura, potenciaron el crecimiento de la producción de soja en las regiones pampeanas y se extendieron a las extrapampeanas (efecto llamado “pampeanización”). El mejoramiento genético de las semillas con su consecuente mejora en los rendimientos y la implementación de la siembra directa, contribuyeron a la disminución de los costos de producción. Para finales de la década de '90, la soja se había convertido en el principal producto agrícola, estableciendo una sólida conexión entre la producción y la industrialización (aceite y harina destinados a exportación). Este proceso no sólo fortaleció ampliamente la cadena productiva, sino que también generó ingresos de divisas a través de los impuestos a la exportación (Reboratti, 2010; Rofman, 2012).

La sojización tuvo impactos positivos y negativos en la sociedad. Los productores aumentaron sus ganancias que se tradujeron en un incremento de la actividad económica regional, acompañada de modernización tecnológica y de gestión. Los pequeños productores alquilaban sus tierras por un alto precio y esas ganancias se volcaban en otros eslabones de la cadena productiva (insumos, servicios, transporte), aumento de las inversiones inmobiliarias, modernización de servicios y comercios, mejoras en las comunicaciones y aumento en las fuentes de trabajo (Reboratti, 2010). Por otro lado, se produjo daño ambiental por el proceso de desmonte que amenaza directamente contra la diversidad y la supervivencia de los pueblos originarios (Rofman, 2012).

La expansión de la soja en el norte argentino fue una consecuencia del aumento del precio de los alquileres y, paralelamente, el precio de las tierras. Esto hizo que los productores salieran en busca de terrenos en el norte que resultaban ser más accesibles y que, en general, no habían sido utilizados en agricultura (Di Paola, 2005; Reboratti, 2010).

En Argentina, el complejo sojero tiene tal importancia que desde su expansión modificó de manera sustancial el patrón de inserción internacional del país. A mediados de la década del '80, se da una rotación importante entre los rubros de exportación. Las exportaciones de productos primarios agrícolas pierden preponderancia mientras que crecen las exportaciones de manufacturas de origen agropecuario, seguidas por las de origen industrial, consolidándose las actividades vinculadas al circuito productivo sojero: productos primarios (semillas y frutos oleaginosos) y residuos de la industria alimenticia (harina, pellets, grasa y aceites).

A principios de los '70, el cultivo de soja era insignificante para la producción agrícola argentina que en general se encontraba dominada por el trigo. A partir del año 1996, la importancia de la producción de soja a nivel interno comienza a crecer hasta convertirse en uno de los principales puntos de la agenda política, económica y ambiental. Desde hace varias décadas, nuestro país se destaca como productor y exportador de soja y sus derivados a nivel mundial y se ubica como productor en el tercer puesto después de los Estados Unidos y Brasil.

Tanto la producción de soja como la industrialización en torno a este cultivo se encuentra mayoritariamente concentrada en tres provincias de la región pampeana: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, aunque en los últimos años fue muy notable el crecimiento de la participación de regiones extrapampeanas en la producción de este cultivo (Satorre, 2005; Bisang *et al*, 2008).

Entre los años 1970 y 2015 el crecimiento que se observa en el cultivo de soja es prácticamente exponencial, pasando de 2 millones de hectáreas sembradas en 1970 a casi 20 millones en 2015. Esta incorporación de áreas sembradas dio como resultado la expansión

de la frontera agrícola hacia áreas extra-pampeanas. Esto también se sustentó en la difusión masiva de la biotecnología aplicada a la semilla de soja (soja RR) que permitió la siembra en tierras no tan fértiles. El corrimiento de la frontera más significativo fue el de la provincia de Chaco en la campaña 2009/2010 aumentando su área cultivada en 320.000 hectáreas, y en Santiago del Estero con 550.000 hectáreas (Bisang, 2022).

En el año 2017, los productos primarios y las manufacturas de origen agropecuarios representaron el 64% de las exportaciones totales del país, lo que corresponde a 58.428 millones de dólares según la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR). En 2018, el complejo exportador sojero representa un 26% del total de las exportaciones ubicándose por encima de los sectores automotriz y petroquímico. Así es como la economía argentina posee una fuerte dependencia de los ingresos que genera el complejo sojero (Rofman, 2020). Del total de la soja producida en el país, el 84% se exporta a otros países en forma de grano, harina, aceite o biodiesel (Calzada & Rossi, 2016; Ortega, 2016).

## 2. Cambio tecnológico en el sector agropecuario argentino

El cambio tecnológico es la aparición de nuevos conocimientos técnicos aplicados a un campo específico. En economía, cuando se habla de innovación tecnológica nos referimos principalmente a conocimientos que se emplean en la producción. El estudio sobre el cambio tecnológico estuvo prácticamente fuera de interés hasta mediados del siglo XX. El supuesto común de la época era que la tecnología era exógena y gratuita, donde el progreso técnico se veía sobre la sociedad como “mana caída del cielo” (Pellegrini, 2020).

Los primeros estudios empíricos sobre el progreso técnico se dieron recién alrededor de 1950 con el surgimiento del Modelo Lineal de cambio tecnológico. La innovación en este modelo sigue una secuencia ineluctable de fases que se suceden unas a otras: investigación básica → investigación aplicada → desarrollo → producción → difusión. Cada fase crea las condiciones para que se desencadene la siguiente (Pellegrini, 2020).

El modelo lineal inspiró los criterios de evaluación y financiamiento que el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), fundado en 1958, utilizó durante décadas. Este modelo es compatible con la economía neoclásica, donde el proceso innovador es exógeno; la secuencia de fases puede asociarse con un proceso de producción de conocimientos modelado en una función de producción y donde al aumentar los recursos (esfuerzos creativos y los medios técnicos utilizados) lleva al aumento de la cantidad de nuevos conocimientos tecnológicos (Pellegrini, 2020).

El modelo empezó a ser cuestionado y puesto en duda ya que se observaban problemas de externalidades por la dificultad de apropiación de los beneficios por parte de quien patrocinó la investigación. También hay un problema de bien público, donde el empleo del conocimiento no reduce la cantidad disponible para cualquier otro que lo utilice y su utilización tiene un costo marginal social nulo. Una solución posible a esto sería financiar públicamente las investigaciones por ejemplo a través de universidades. En distintas investigaciones observaban que ni las fases estaban siempre claramente diferenciadas, ni se presentaban todas, ni necesariamente se daban en ese orden. Otra objeción importante que surgió fue cuestionar la idea de que la invención fuera un fenómeno exógeno (Pellegrini, 2020).

En la década de 1980 surge un enfoque evolutivo del cambio tecnológico, dando lugar a la denominada Economía Neoschumpeteriana, donde su mayor aporte es el estudio detallado del cambio tecnológico incremental. Esto da surgimiento al Modelo Interactivo en reemplazo del modelo lineal, donde la innovación no es secuencial ni existen fases que se disparan automáticamente, sino que es un proceso complejo y dinámico con numerosas retroalimentaciones, donde es decisiva la influencia del entorno y la experiencia acumulada dentro y fuera del mercado. La innovación puede comenzar tanto como un descubrimiento científico como por un intento de responder a una necesidad del mercado. También sostienen que la tecnología es inseparable del sistema productivo, pero en su gestación y cambio intervienen agentes de todo tipo. Esto hace que el entorno institucional juegue un papel

relevante, donde las interacciones entre estas configuran un sistema nacional e incluso regional de innovación que determinan los resultados en innovación que alcanzan las empresas de cada país (Pellegrini, 2020).

La supervivencia en un ámbito global depende de las posibilidades de diferenciación y pertenencia a mecanismos de coordinación, donde es igual de importante la gestión del conocimiento en ámbitos locales y regionales que el conocimiento per se. Esto obliga a generar mecanismos propios de coordinación para reconocer cuáles son nuestras capacidades, nuestro ambiente y nuestra historia para establecer las bases donde aterrizar y poner en práctica nuevos conocimientos (Pellegrini, 2020).

En el sector agropecuario argentino destacan dos momentos (entre otros) que pueden considerarse los más importantes en lo que refiere al cambio tecnológico. Por un lado tenemos la implementación masiva del método de siembra directa, a finales de la década del '80. Por el otro, la incorporación de las semillas transgénicas a mediados de la década del '90 (Campi, 2008).

La siembra directa correspondió a un cambio en el tratamiento del uso del suelo; se trata de la implantación de un cultivo sin labrar la tierra previamente, de manera que las máquinas sembradoras van abriendo el surco y depositando la semilla directamente (Aapresid, s.f.).

Las semillas transgénicas son cultivos que fueron modificados genéticamente en laboratorios, para otorgar otras cualidades y atributos de la especie original. La tecnología HB4 se encuentra en esta línea, en este caso otorgando resistencia a la sequía.

Según Campi (2008), la producción total de cereales y oleaginosas tuvo una tasa de crecimiento anual de 6,49, para el período 1995-99, mientras que la misma fue de 1,79 para el período 1990-94. Esto marca lo verdaderamente importante que son los cambios tecnológicos en los diferentes procesos.

### **3. Biotecnología aplicada al agro: soja HB4**

Considerando el posicionamiento histórico de nuestro país como productor de materias primas derivadas del sector agropecuario, para el desarrollo de este trabajo final se propuso el estudio de la soja HB4, sobre cómo influiría en nuestra economía su uso. En Argentina, la inserción en la cadena global (mundial) de la soja fue siempre de tipo periférica. Sin embargo, el desarrollo reciente de insumos o semillas con intervención biotecnológica, como la soja HB4, podría reposicionarnos en otro lugar y dejar de profundizar nuestro anclaje como proveedor de materias primas (Rofman, 2020).

El uso de la soja HB4 permitiría la utilización de tierras que hoy en día no se utilizan porque están en zonas de pocas precipitaciones o se siembran cultivos que requieren de riego parcial o total con el consecuente efecto hídrico. El uso de la soja HB4 permitiría un aumento del rendimiento para los años con escasas precipitaciones en las campañas, y a su vez habría una ausencia de reducción del rendimiento en condiciones de alto rendimiento (Watson et al., 2020). Adicionalmente, con el propósito de fomentar la rotación de cultivos y facilitar la reutilización rápida del suelo para otro cultivo (dentro del mismo año), se podrían implementar prácticas como la siembra de dos tipos de granos como, por ejemplo, soja-trigo o soja-girasol. Esta estrategia no sólo promueve la diversificación de los cultivos, sino que también permite la reducción de la cantidad necesaria de agroquímicos, contribuyendo así a prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente.

En los últimos años, los avances biotecnológicos en nuestro país han hecho posible el descubrimiento de la tecnología HB4®, la cual debe su nombre al gen que le otorga al girasol su capacidad de ser más tolerante a la sequía y a suelos con alta salinidad.

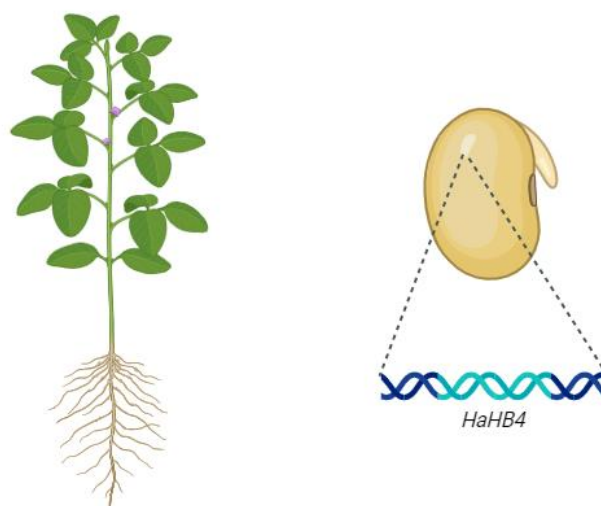


Figura 1. Planta de soja (izquierda) y semilla de soja HB4® (derecha), la cual muestra que en el ADN posee el gen *HaHB4*, un gen naturalmente encontrado en girasol que se sabe le provee la resistencia a las condiciones de sequía y salinidad a las plantas que lo poseen.

Hasta el momento, esta tecnología HB4® ha sido estudiada para proveer mayor tolerancia a la sequía y a la salinidad en los granos de trigo y soja y está bajo licencia. Una mayor tolerancia hace que se obtenga un mayor rendimiento los cultivos que se estima en un 10-20% en comparación con los granos empleados en la actualidad (González et al., 2019, 2020; Gupta, 2023). Esta tecnología surgió gracias a la colaboración público-privada entre un grupo de investigadores liderado por la Dra. Raquel Chan de la Universidad Nacional del Litoral y CONICET, y la empresa de carácter privado radicada en la ciudad de Rosario, Bioceres. La soja HB4 tendría un reflejo positivo desde el punto de vista ambiental dado que la semilla requiere menor consumo de agua y posee mayor fijación de dióxido de carbono en el suelo. Asimismo, puede sostener rendimientos en climas adversos y de sequía, un escenario que se estima que será profundizado por el cambio climático.

Actualmente, en la Argentina los principales cultivos son el maíz y la soja (Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina. Centro de Estudios para la Producción, 2022). Los buenos rindes del cultivo de soja hacen que los productores puedan liberar el campo durante el invierno. De esta manera, al comienzo de la siembra es necesario aplicar gran cantidad de herbicidas para combatir malezas crecidas durante ese periodo. En cambio, si se sembrara trigo HB4 como cultivo de rotación durante el invierno, en zonas donde hoy en día no puede ser cultivado por sus condiciones, se reduciría el uso de herbicidas (Fundar, 2022; Longoni, 2022).

En abril de 2022 se anunció la aprobación de la soja HB4 en China (el principal importador y consumidor de soja en el mundo). Esto debería traducirse en valor agregado y generación de trabajo, para así poder ampliar la capacidad productiva. En Argentina, la aprobación tuvo lugar en el año 2015, mientras que en otros países de mayor producción (EEUU, Brasil, Paraguay, Canadá) se aprobó entre 2019 y 2021 (Cancillería, 2022; HB4| GM Approval Database- ISAAA.Org, 2022).

El uso de la soja HB4 podría permitir reducir las pérdidas ocasionadas por la falta de precipitaciones en etapas determinantes del proceso. Permitiría adelantarnos a posibles impactos del cambio climático algunos estudios indican que para 2030 el rendimiento de los cultivos será negativo (Watson et al., 2020). Es por esto que, en este trabajo final, el objetivo fue analizar cómo impactaría el uso de la semilla de soja HB4 en la economía argentina.

#### **4. Fenómeno la niña**

La Niña es un fenómeno oceánico que produce un enfriamiento a gran escala de las aguas superficiales de las partes central y oriental del Pacífico Oriental. Tiene efectos en el tiempo y el clima opuestos a los de El Niño. Genera variaciones en la atmósfera, con cambios en los vientos y la presión. Ese combo genera alteración en el clima de toda la región y la consecuencia más concreta es la baja cantidad de precipitaciones (Gulman, 2023).

En nuestro país dependiendo la zona y época, los efectos son diversos, durante la primavera y el verano el noreste argentino tiende a registrar lluvias superiores a las normales durante la fase El Niño. En cambio, durante la fase La Niña la misma zona suele registrar precipitaciones por debajo de lo normal.

El fenómeno tiene una periodicidad irregular, usualmente ocurre cada 2 a 7 años, y se declara la fase El Niño/La Niña cuando las temperaturas del mar en el Pacífico oriental tropical aumentan/disminuyen 0,5°C por encima/por debajo del promedio durante varios meses consecutivos (5 trimestres) (Ballarino, 2022).

Debemos entender que estos procesos serán cada vez más agudos, y que la contracara será más violenta. Es decir, luego de un proceso de sequía, es factible que haya inundaciones posteriores.

La falta de agua debido a la sequía perjudica directamente el desarrollo y crecimiento de los cultivos agrícolas, impidiendo que las plantas obtengan los nutrientes necesarios para su crecimiento óptimo, trayendo como consecuencia una disminución en su calidad y rendimiento (Agriplastics, 2023).

Este fenómeno nos plantea numerosos desafíos, poniendo en riesgo el suministro tanto local como global de alimentos. Por lo que debemos tomar medidas y encontrar soluciones sostenibles, especialmente frente al cambio climático.

La falta de agua debido a la sequía perjudica directamente el desarrollo y crecimiento de los cultivos agrícolas, impidiendo que las plantas obtengan los nutrientes necesarios para su crecimiento óptimo y trayendo como consecuencia una disminución en su calidad y rendimiento.

#### **5. Pérdidas ocasionadas en las campañas de soja con mayor sequía**

En la siguiente tabla se muestra información sobre la producción de soja en Argentina a lo largo de varios años, en base a la cual posteriormente haremos nuestro análisis.

**Tabla 1.** Datos de siembra de soja en Argentina

Campaña	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (Tn)	Rendimiento (Kg/ha) <sup>#</sup>	Precipitaciones (mm) <sup>*</sup>	Precio FOB Soja Rosario (USD/t)
2012/13	19.902.072	19.286.625	49.117.029	2546	997	548,1
2013/14	19.705.342	19.252.952	53.398.720	2773	909	532,6
2014/15	19.792.100	19.334.915	61.398.276	3175	916	416,5
2015/16	20.562.233	19.590.871	59.095.246	3016	954	361,8
2016/17	18.057.162	17.335.666	54.972.546	3171	1027	376,1
<b>2017/18</b>	<b>17.259.260</b>	<b>16.318.060</b>	<b>37.785.927</b>	<b>2315</b>	<b>730</b>	<b>387,2</b>
2018/19	17.010.277	16.575.887	55.263.891	3333	1266	348,5
2019/20	16.918.869	16.710.793	48.780.407	2919	644	345,4
2020/21	16.650.093	16.466.714	46.217.911	2806	769	518,5
2021/22	16.094.383	15.874.266	43.861.066	2763	455	614
<b>2022/23</b>	<b>15.978.773</b>	<b>14.356.922</b>	<b>25.044.978</b>	<b>1744</b>	<b>S/D</b>	<b>587,1</b>

ha: hectáreas, Tn: toneladas, S/D: sin datos.

<sup>#</sup>Rendimiento = Producción/Sup. Cosechada x 1000 Kg/1 Tn

<sup>\*</sup>Considerando las campañas desde octubre de un año hasta fines de junio del siguiente, dado que la siembra se realiza comúnmente en noviembre (en un rango de octubre a diciembre) y se cosecha en mayo (abril a junio).

Fuentes: elaboración propia en base a:

Subsecretaría de Agricultura de la Nación:

<https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones;>

Gobierno de Santa Fe: <https://www.santafe.gob.ar/regpluv/pluviometria/sistema/informemensual.php>

La Tabla 1 nos da información que puede ser analizada desde diferentes perspectivas. Primero vamos a señalar las campañas 2017/18 y 2022/23 como años de sequía, en donde las precipitaciones fueron escasas, lo cual se traduce en los menores rendimientos de todo el rango. Si tomamos una metodología de promedio olímpico, el cual se calcula tomando un rango de 5 años y eliminando el valor máximo y el valor mínimo, entre las campañas 2012/13 y 2016/17 el promedio olímpico de la producción fue de 55.822.171 Tn, mientras que el promedio olímpico del rendimiento fue de 2986,67 Kg/ha. Estos datos los podemos comparar con los de la campaña 2017/18, en la cual se registró una fuerte sequía; en dicha campaña tuvimos una producción de 37.785.927 Tn y un rendimiento de 2315 Kg/ha. Comparada con la de las campañas 2012/13-2016/17, tenemos una diferencia de 18.036.244 Tn, lo que fue una menor cantidad de kilogramos (32% menos), en relación a los años con precipitaciones suficientes. En cuanto a los rendimientos observamos una diferencia de 671,67 Kg/ha, lo que nos muestra una caída del 22% en el rendimiento.

El mismo análisis anterior lo podemos realizar para el período que comprende las campañas 2017/18 y 2021/22. En ese rango, la producción promedio fue de 46.286.461 Tn, mientras que el rendimiento promedio fue de 2829,33 Kg/ha. Comparado con la segunda campaña con una fuerte sequía dentro del rango seleccionado, 2022/23, en dicha campaña tuvimos una producción de 25.044.978 Tn y un rendimiento de 1744 Kg/ha. La comparativa nos otorgó una diferencia en la producción total de 21.241.483 Tn menor al período 2017/18-2021/22 (45% menos) y una caída en el rendimiento del 38%. Agregando ambas comparativas tenemos una caída total en la producción de 39.277.682 Tn.

También se debe tener en cuenta que la superficie sembrada ha sido menor a la de otros años (Bertello, 2022), y si se tuviera conocimiento de que no se venía un año seco, suponemos que la superficie sembrada hubiese sido mayor y por ende se hubiesen obtenido más toneladas que las nombradas.

Esto podemos observarlo también a través de la tabla y utilizando el promedio olímpico contra el año seco al igual que como hicimos con la producción y el rendimiento. El promedio olímpico de la superficie sembrada entre la campaña 2012/13 y 2016/17 es de 19.799.838 hectáreas sembradas contra 17.259.260 en la campaña seca de 2017/18. Para el siguiente periodo tenemos un promedio olímpico de superficie sembrada entre la campaña 2017/18 y 2021/22 de 16.859.746 hectáreas sembradas contra 15.978.773.

Si bien notamos un descenso consecutivo de la superficie sembrada a lo largo de los años analizados en la tabla 1, que pueden deberse por otros factores extras además de la sequía como ser los cepos al dólar, condiciones impositivas y demás; nos mantendremos alejados de estas hipótesis para basar nuestro análisis en la sequía. En la tan temida “Niña” que tanto está afectando al rubro agropecuario desde hace unos años y con perspectiva de seguir.

A lo largo de esta sección hemos visto lo significativas que fueron las pérdidas en la producción y los rendimientos, abriéndonos las puertas a pensar distintas alternativas para mitigarlas y sobre la importancia y el impacto que puede tener una semilla resistente a la sequía como la HB4.

## **6. Estimación de dólares de exportación y de retenciones por uso de soja HB4**

En esta sección procedemos a calcular la recuperación en la producción que se hubiese obtenido en las campañas de sequía utilizando la semilla HB4 en primer lugar, y en segundo calculamos los dólares de exportación que se hubiesen obtenido en las campañas de mayor sequía por uso de la semilla de soja HB4.

En base a informes se da un recupero en el rendimiento del 10,5% (Watson et al., 2020) en años de sequía utilizando la soja HB4, sumado a que como dijimos en la sección anterior suponemos que con conocimiento de esta semilla la superficie sembrada seria mayor, por esto tomamos el promedio olímpico de la superficie sembrada para el primer periodo de comparación (2012/2013-2016/2017 versus 2017/18) que es 19.799.838 ha para tener un número más realista y lo multiplicamos por el rendimiento de 2017/18 que es 2315 Kg/Ha más un 10,5% por el uso de HB4, lo cual nos da 50.649.371 Tn. Restando esta producción estimada por el uso de HB4 a la verdadera producción que se obtuvo en la campaña 2017/18 que obtenemos de la tabla 1, calculamos que el extra que se hubiese conseguido en la producción gracias a la semilla seria 12.863.444 Tn extras.

Haciendo lo mismo con el segundo periodo considerado en la sección anterior, tenemos un promedio olímpico de superficie sembrada de 16.859.746 Tn para el periodo 2017/18-2021/22, el rendimiento de la campaña 2022/23 fue 1744 Kg/Ha mas el 10,5% extra, obtendríamos un rendimiento de 1927.12 Kg/ha. Ahora multiplicando como antes la superficie sembrada por el potencial rendimiento nos arroja unas 32.490.753 Tn. Haciendo la diferencia de la producción potencial menos la efectivamente obtenida, en este periodo en el incremento de la producción total hubiese sido de 7.445.775 Tn extras.

Sumando ambos resultados obtenidos, 20.309.219 Tn es la producción extra que hubiese obtenido el país, gracias al uso de dicha semilla.

La Tabla 2 resume las cantidades de grano de soja y sus derivados (harina, aceite y biodiesel) en millones de toneladas obtenidas de la literatura, los porcentajes calculados del total de soja de cada uno de los productos y los precios en dólares por tonelada consultados. Las dos últimas columnas de la Tabla 2 se utilizaron en los cálculos de la siguiente sección.

Para los cálculos se consideraron los siguientes datos y supuestos:

- Porcentaje de retenciones del 33 % y una cotización del dólar de \$830,61.
- Mismas toneladas y porcentaje de exportación de grano de soja y derivados (harina, aceite y biodiesel) que los reportados en la literatura (Calzada & Rossi, 2016; Ortega, 2016).

- Precios internacionales de soja y derivados al día de la fecha obtenidos de la BCR.

**Tabla 2.** Cantidades de exportación de soja y sus derivados en Argentina en el periodo 2015/16 y precios internacionales al 07/02/2024.

Exportación de soja	En millones de toneladas*	En porcentaje del total	Precio (U\$/tonelada)#
<i>Grano</i>	11,5	22,7%	426
<i>Harina</i>	31,9	63,0%	410
<i>Aceite</i>	6,2	12,3%	824
<i>Biodiesel</i>	1,0	2,0%	1.132&
<b>Total</b>	50,6	-	-

Fuente: elaboración propia en base a: \*(Calzada & Rossi, 2016; Ortega, 2016)

#Datos tomados de la BCR y Secretaría de Energía de la Nación.

&Precio biodiesel en U\$S = (\$AR 940.334 x 1 U\$S) / \$ 830,60, tomando cotización según Centro Despachantes de Aduana de la República Argentina [https://www.cda.org.ar/tipo\\_cambio.php](https://www.cda.org.ar/tipo_cambio.php)

Utilizando la información de la Tabla 2 y aplicándolo para las 20,3 millones de toneladas extras, además, teniendo en cuenta que el 84% de la producción de soja corresponde a exportación (Calzada & Rossi, 2016), obtendríamos un total de exportación extra de  $20,3 \times 84\% = 17$  millones de Tn de soja.

**Tabla 3.** Cantidades de exportación de soja y sus derivados en Argentina extras por uso de Hb4 en campañas con sequía, precios internacionales al 07/02/2024, cálculo del total de dólares correspondientes y de los ingresos por retención.

Exportación de soja	En millones de toneladas	Precio (U\$/tonelada)	Total (millones de U\$S)	Ingresos por Retención (millones de U\$S)
<i>Grano</i>	3,85	426	1640	541
<i>Harina</i>	10,71	410	4391	1449
<i>Aceite</i>	2,09	824	1722	568
<i>Biodiesel</i>	0,35	1.132	396	131
<b>Total</b>	17	-	8149	2689

Fuente: elaboración propia en base a: (Calzada & Rossi, 2016; Ortega, 2016)

#Datos tomados de la BCR y Secretaría de Energía de la Nación.

&Precio biodiesel en U\$S = (\$AR 940.334 x 1 U\$S) / \$ 830,60, tomando cotización según Centro Despachantes de Aduana de la República Argentina [https://www.cda.org.ar/tipo\\_cambio.php](https://www.cda.org.ar/tipo_cambio.php)

Por lo que podemos estimar una pérdida de 8.149 millones de dólares de exportación y 2.689 millones de dólares en retenciones para el estado por la falta de una semilla como la HB4 las campañas de soja con mayor sequía en los últimos años (2017/18 y 2022/23).

Vemos que el uso de esta semilla nos brinda una oportunidad muy significativa para evitar las pérdidas por sequía en la producción de soja. Los cálculos nos denotan un potencial aumento en la producción y exportación de soja, lo cual se podría traducir en importantes beneficios económicos para el país. Además, esta tecnología innovadora podría fortalecer la resiliencia del sector agrícola frente al cambio climático, destacando la importancia de continuar investigando y promoviendo la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y resilientes.

## 7. Análisis costo-beneficio económico por el uso de la soja HB4

A pesar de la aprobación en Argentina en el año 2015, aún no se comercializa la soja HB4 en nuestro país, lo que se traduce en un desconocimiento del precio que tendría en el mercado. Por tanto, en este trabajo se plantea un precio similar al de la semilla Enlist® (tolerante a los herbicidas glifosato, 2,4-D, y glufosinato de amonio) que a pesar de no ser competencia de la HB4 -porque no posee resistencia a la sequía-, sirve como referencia para estimar un potencial precio de mercado ya que es la semilla de soja con mayor aplicación de tecnología disponible en el mercado. Esta estimación se hace en base al supuesto de que la inversión de tiempo y esfuerzo en investigación son comparables en dichas semillas.

Datos provistos por personas relacionadas al agro (ingenieros y productores):

- Soja RR: U\$S 30/bolsa 40 kg.
- Soja Enlist: U\$S 40/bolsa 40 kg (33,3% más que RR).
- Cantidad necesaria para la siembra: 1 ½ bolsa/hectárea ~60 kg/hectárea □ Costo RR: U\$S 45/ha; Costo estimado HB4: U\$S 60/ha (considerando igual precio que Enlist).
- Costo promedio de la semilla de soja sobre el costo total del 7%.

En base a los datos obtenidos vemos que con una semilla 33,3% más cara nos implica un aumento en el costo total del 2,33%, restándole al aumento del 10,5% en la productividad nos da un margen del 8,17%. Sumando a esto se agrega que este 2,33% de costo extra es para la primera campaña en la cual se utilice la semilla Hb4, porque para las siguientes campañas se usa semilla guardadas de la cosecha propia.

Como limitante de este cálculo es importante señalar que, para los cálculos de la inversión en soja HB4, no se consideró el pago por regalías a la empresa Bioceres que posee la propiedad intelectual de la semilla.

Apoyándonos en la teoría microeconómica neoclásica, y considerando a la semilla como un factor productivo, el productor agropecuario contrata la cantidad de semilla que maximice sus beneficios. Para decidir la cantidad de un factor productivo que debe contratar, compara el costo de contratar una unidad adicional del factor con el valor que este tiene para la empresa, este valor se conoce como el valor del producto marginal del factor. El valor del producto marginal es igual al precio de una unidad de producción multiplicado por el producto marginal del factor de producción, en este caso el producto marginal nos muestra el cambio en la producción total que resulta del aumento en una unidad de semilla empleada, suponiendo los demás factores constantes (Parkin & Loria, 2010).

Basándonos en el rendimiento promedio de Argentina para la campaña 2022/23 (1744 kg/ha), suponiendo en base a los datos de la sección anterior, 420 dólares la tonelada de soja, 33% de retenciones, lo que nos da un precio de  $420 - 33\% = 281,3$  dólares la tonelada de soja; calculamos la productividad marginal (Pmg) que nos genera por hectárea el uso de la soja HB4 y lo comparamos contra el costo extra que nos implica esta semilla y ahí podremos ver hasta donde el productor va a estar dispuesto a demandar esa semilla en base a cuanto cueste.

Para el cálculo hacemos:  $Pmg = 1744 \text{ kg/ha} * 10,5\% = 183,12 \text{ kg/ha}$  y dado que una tonelada son 281,4 dólares en este caso obtenemos 51,52 dólares extras por hectárea. Con respecto al costo marginal en este caso sería el costo extra que tenemos por hectárea por el uso de la HB4. Como la semilla no está a la venta podemos concluir que el productor la demandara hasta que la productividad marginal sea igual al costo marginal, es decir, hasta que la diferencia en el costo de la semilla por hectárea sea igual a 51,52 dólares. Como vemos en los datos provistos arriba, si tomamos como precio de referencia para la HB4 el precio de la soja Enlist tenemos una diferencia de 15 dólares (60 – 45) por hectárea. Por lo tanto  $51,52 - 15 = 36,52$  dólares de ganancia extra por hectárea se obtendrían gracias al uso de la semilla HB4.

Proyectando el análisis para la campaña 2024/25 en donde es cada vez más fuerte la probabilidad de la llegada de la niña, y si bien estuvimos en presencia del niño, esta lluvia solo sirvió para poder implantar los cultivos y que se desarrollen, pero no alcanzo para dejar una reserva para un año complicado (Infocampo, 2024). Sumado a esto nos encontramos frente a la complicación en el maíz por la chicharrita, que es un insecto que está en el norte generalmente pero que se ha trasladado a la zona núcleo debido a un invierno cálido, con pocas heladas, generando muchas pérdidas en lo que es la producción de maíz. Esta plaga tiene la complicación de no existe un fitosanitario especial para esta plaga, sumado a que se aloja en el cogollo de la planta y que al ser una especie de mosquito, tiene movilidad, por lo que se puede fumigar y a los 5 días aparecer de nuevo (Fernandez, 2024).

Todas estas proyecciones nos dan a pensar y formular estrategias en cómo se debería encarar la próxima campaña, ya que hay una alta probabilidad de presenciar la Niña y por el lado del maíz la presencia de la chicharrita. Creemos más que importante y necesaria la presencia en el mercado de una semilla resistente a la sequía como la HB4.

Por último, en la siguiente tabla se detalla información de la campaña de soja similar a la tabla 1 pero en este caso por provincias.

**Tabla 4.** Datos de siembra de soja en Argentina por provincias de la campaña 2022/23 y rendimiento de la campaña 2021/22

Provincia	Sup. Sembrada (ha)	Producción (tn)	Rendimiento 2022/23 Kg/ha <sup>#</sup>	Rendimiento 2021/22 Kg/ha
Buenos Aires	4.997.610	8.490.928	1926	2735
Córdoba	4.198.034	6.264.013	1572	2854
Santa Fe	2.873.207	3.829.670	1548	2893
La Pampa	431.050	759.420	1869	3054
Santiago del Estero	1.129.500	2.823.431	2499	3098
Chaco	603.124	1.057.294	1882	2683

ha: hectáreas, Tn: toneladas

<sup>#</sup>Rendimiento = Producción / Sup. Cosechada x 1000 Kg / 1 Tn

Fuentes:

Subsecretaría de Agricultura de la Nación:

<https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>

La tabla 4 se plantea a modo de disparador, para que se puedan comparar los rendimientos en la distintas provincias planteadas para la campaña con sequía 2022/23 contra la campaña anterior que fue normal y nos muestra la gran diferencia en los rendimientos. Si bien puede que la niña no suceda, las chances son altas (Clarín, 2024) y como se explicó, en un periodo de lluvias normales la semilla HB4 no afectaría el rendimiento, por lo que vemos muy conveniente su utilización a modo de seguro. Se puede presumir que Santiago del Estero parecería enfrentar mayores dificultades geográficas y climáticas para el desarrollo del cultivo en comparación con Córdoba o Santa Fe, pero los datos de la tabla reflejan lo contrario. Entonces es importante considerar una semilla adecuada para utilizar en todo el territorio nacional.

En las dos secciones anteriores vimos primero la pérdida que hubo en la producción y en los rendimientos, luego calculamos los dólares de exportación y de retenciones que perdió el país. Por último, en esta sección hicimos más un análisis microeconómico analizando la factibilidad de la semilla en base no solo a su rendimiento si no también teniendo en cuenta sus posibles costos. Parece haber quedado claro la potencialidad de dicha semilla, y como puede impactar positivamente en nuestra economía.

## 8. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se derivan varias conclusiones. En primer lugar, debemos tener en cuenta la importancia de la producción de soja para la economía de nuestro país sin menoscabar el impulso que genera en las diferentes regiones agrícolas, directa o indirectamente, específicamente en relación a los productores.

Los efectos del cambio climático están aumentando la recurrencia de eventos extremos que van desde sequía a precipitaciones muy superiores a lo necesario. Frente a la inexistencia de un seguro que cubra las consecuencias de la sequía, la introducción de una semilla resistente a esas condiciones podría subsanar las pérdidas económicas en los años de poco rendimiento de la cosecha, tanto para los productores como para el Estado. Además, al no afectar el rendimiento en años de condiciones normales de lluvia, se podría utilizar siempre.

Es de una importancia preponderante la articulación entre Estado y privado para que el desarrollo de tecnologías como esta sigan apareciendo, fomentándose y finalmente utilizándose.

Como se planteó en el desarrollo, a nivel macroeconómico continuamos siendo muy dependientes de las exportaciones de soja y de sus derivados, los cuales generan un importante ingreso de divisas que se necesitan para otras actividades. Por lo tanto, desde este punto también debemos tener presentes los avances tecnológicos y la posibilidad de implementarlos, ya que repercutirían positivamente a nivel económico.

La implementación de tecnologías innovadoras como la soja HB4 no solo podría ofrecer beneficios económicos directos, sino que también fortalecería la resiliencia del sector agrícola ante los desafíos climáticos, destacando la importancia de la investigación y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y resilientes. Además en el análisis microeconómico de la semilla se revela que a pesar de tener que hacer una inversión inicial más grande por el mayor costo de la semilla, los cálculos nos muestran un impacto significativo en el rendimiento y por ende en la economía en general, sumado a que se puede reutilizar parte de la cosecha para la futura siembra.

## 9. Bibliografía

- Aapresid. (s.f.). *Sistema de siembra directa*. [https://www.aapresid.org.ar/siembra\\_directa#:~:text=La%20Siembra%20Directa%20es%20la,un%20buen%20contacto%20semilla%2Dsuelo](https://www.aapresid.org.ar/siembra_directa#:~:text=La%20Siembra%20Directa%20es%20la,un%20buen%20contacto%20semilla%2Dsuelo).
- Agriplastics (2022) Impacto de la sequía en la agricultura: consecuencias y soluciones. *Impacto de la sequía en la agricultura - Agriplastics Community*
- Andrade, José F. & Satorre, Emilio. (4 de marzo 2015) Doble cultivo: mayor productividad, menor variabilidad y riesgos. Revista Chacra. <https://www.revistachacra.com.ar/cultivos/doble-cultivo-mayor-productividad-menor-variabilidad-y-riesgos/>
- BCR. (2020). Industrialización y exportaciones de girasol 2019/20 | Bolsa de Comercio de Rosario. *AÑO XXXVII-Nº Edición 1953*, 1–6.
- Ballarino, Florencia (2022). Que es el fenómeno la Niña y como afecta a Argentina. *Chequeado Qué es el fenómeno de La Niña y cómo afecta a la Argentina - Chequeado*
- Bertello, Fernando (2022). La sequía no cede y la siembra de soja tiene el menor avance de los últimos 10 años. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/agricultura/la-sequia-no-cede-y-la-siembra-de-soja-tiene-el-menor-avance-de-los-ultimos-diez-anos-nid08122022/>
- Bisang, R. (2022). *Del sector agropecuario a las redes agroindustriales : revisando supuestos del modelo de Introducción Desde hace décadas, buena parte del análisis aplicado al desempeño eco-época el enfoque caracteriza a la economía argentina como una “estructura produ.* 1–26.
- Calzada, J., & Rossi, G. (2016). 84% De la soja Argentina se exporta como grano, harina, aceite y biodiesel. *Informativo Semanal de La Bolsa de Comercio de Rosario*, 4–6.
- Cancillería. (2022). *La soja transgénica HB4 desarrollada en Argentina fue aprobada en China | Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto*. <https://www.cancilleria.gob.ar/es/actualidad/noticias/la-soja-transgenica-hb4-desarrollada-en-argentina-fue-aprobada-en-china>
- Campi, M.M. (2008). Cambios históricos en la frontera agraria pampeana. La tecnología y el uso de la tierra. *Universidad de San Andrés*.
- Clarín (2024). Alarma en el agro: hay un 80% de probabilidades de que vuelva la Niña y temen por una nueva sequía. [https://www.clarin.com/rural/alarma-agro-80-probabilidades-vuelva-nina-temen-nueva-sequia\\_0\\_8o6MYD89cT.html](https://www.clarin.com/rural/alarma-agro-80-probabilidades-vuelva-nina-temen-nueva-sequia_0_8o6MYD89cT.html)
- Di Paola, M. M. (2005). Expansión de la frontera agropecuaria. *Apuntes Agroeconómicos. Facultad de Cs. Agronómicas. UBA*, 3(4), 1–11.
- Fernandez, Juan Manuel (2024). El enigma de la chicharrita de maíz. El Litoral. [https://www.ellitoral.com/campolitoral/centro-santafesino-maiz-siembra-bacteria-dalbulus-maidis\\_0\\_Ca5W33a9oF.html?utm\\_term=&utm\\_campaign=El+Litoral+-+Categor%C3%ADas&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=2288789652&hsa\\_cam=19995898982&hsa\\_grp=148590362336&hsa\\_ad=655484474343&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=dsa-19959388920&hsa\\_kw=&hsa\\_mt=&hsa\\_net=adwords&hsa\\_ver=3&qad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwztOwBhD7ARIsAPDKnkCt79QFL80f8Oqle-9N2A5xipJmQ030410vPED1x50kbmauGLLkIHEaAn6sEALw\\_wcB](https://www.ellitoral.com/campolitoral/centro-santafesino-maiz-siembra-bacteria-dalbulus-maidis_0_Ca5W33a9oF.html?utm_term=&utm_campaign=El+Litoral+-+Categor%C3%ADas&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=2288789652&hsa_cam=19995898982&hsa_grp=148590362336&hsa_ad=655484474343&hsa_src=g&hsa_tgt=dsa-19959388920&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&qad_source=1&gclid=Cj0KCQjwztOwBhD7ARIsAPDKnkCt79QFL80f8Oqle-9N2A5xipJmQ030410vPED1x50kbmauGLLkIHEaAn6sEALw_wcB)
- Fundar. (2022). *Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina · Fundar*. <https://fund.ar/publicacion/pilares-de-la-innovacion/>
- González, F. G., Capella, M., Ribichich, K. F., Curín, F., Giacomelli, J. I., Ayala, F., Watson, G., Otegui, M. E., & Chan, R. L. (2019). Field-grown transgenic wheat expressing the sunflower gene HaHB4 significantly out yields the wild type. *Journal of Experimental Botany*, 70(5), 1669–1681. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERZ037>
- González, F. G., Rigalli, N., Miranda, P. V., Romagnoli, M., Ribichich, K. F., Trucco, F., Portapila, M., Otegui, M. E., & Chan, R. L. (2020). An Interdisciplinary Approach to Study the Performance of Second-generation Genetically Modified Crops in Field Trials: A Case Study With Soybean and Wheat Carrying the Sunflower HaHB4 Transcription Factor. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2020.00178>

Gulman, Agustin (2023). La Niña llevo a su fin: los devastadores efectos de la sequia extrema y que pasara con el clima. Pagina 12. [La Niña llegó a su fin: los devastadores efectos de la sequía extrema y qué pasará con el clima | La advertencia por la “agudización de los extremos” | Página12 \(pagina12.com.ar\)](#)

Gupta, P. K. (2023). Drought-tolerant transgenic wheat HB4®: a hope for the future. *Trends in Biotechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2023.12.007>

HB4| GM Approval Database- ISAAA.org. (2022). <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=403>

Infocampo (2024). Una señal de alerta cada vez mas encendida: “hay cada vez mas señales de que vuelva la niña” [Una señal de alerta cada vez más encendida: “Hay grandes posibilidades de que vuelva La Niña” - Infocampo](#)

Longoni, M. (2022). *El gen HB4 ya puede usarse en la Argentina: Repasamos la historia de un desarrollo argentino que siempre se impuso con respaldo de la política*. 1–16.

Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina. Centro de Estudios para la Producción. (2022). *Informe de Coyuntura Agrícola*.

Ministerio del Interior. (2024). <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/parquesnacionales/ecorregiones/chaco-seco>.

Ortega, L. E. (2016). ¿Qué es la expansión de la frontera agropecuaria? Aproximación al caso de Chaco. *Documentos Del CIEA*, 6, 87–110.

Pellegrini, José Luis (2022). *Economía evolutiva (II)*. FCEYE- Universidad Nacional de Rosario

Reboratti, C. (2010). Un mar de soja: la nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45, 63–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000100005>

Rofman, A. (2012). El avance de la frontera agrícola en regiones extrapampeanas. *Voces En El Fénix*, 12, 104–111.

Rofman, A. (2020). *Circuitos productivos regionales y estrategias de desarrollo en la Argentina del Siglo XXI*.