

# **Pasivos Ambientales de la producción de soja: estimación y proyecciones para el caso argentino.**

Kassandra Moreno Halberstadt  
Director: Roberto A. Domenech

## **Resumen:**

La producción de soja es una de las actividades más relevantes de la economía argentina, este cultivo ha adquirido un lugar predominante dentro del sector agrícola tanto por su volumen de producción como por la superficie implantada. El crecimiento del sector sojero ha sido muy significativo, sobre todo en los últimos 20 años, y esto trajo aparejado problemas ambientales actualmente muy evidenciados. El presente trabajo se propone cuantificar parte de los pasivos ambientales ocasionados por la producción de soja en Argentina para la campaña 2014/2015 y analizar el grado de sustentabilidad de esta actividad. Para esto se estimarán los costos de erosión de suelos, extracción neta de nutrientes, deforestación, emisión de carbono y agua virtual generados por la producción sojera. Además se realizarán proyecciones sobre las toneladas producidas de soja para, de esta forma, poder extrapolar los resultados obtenidos en la primera sección del trabajo y estimar los pasivos ambientales para 2020. Completando el análisis mostraremos el cambio que se produciría en los pasivos futuros si se modificaran los porcentajes de erosión de suelos y deforestación, el coeficiente de extracción de nutrientes y si se internalizaran parte de los costos producidos por el agua virtual.

**Clasificación JEL:** Q10, Q51, Q57

**Palabras clave:** soja, pasivos ambientales, sustentabilidad.



Pasivos Ambientales de la producción de soja: estimación y proyecciones para el caso argentino. por Cassandra Moreno Halberstadt se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## Contenidos

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. Producción de Soja en Argentina</b>                                  | <b>5</b>  |
| <b>3. Campaña 2014/2015:</b>   | <b>8</b>  |
| 3.1 Rentabilidad Convencional.....   | 8         |
| 3.2 Pasivos Ambientales .....  | 10        |
| 3.2.1 Erosión .....  | 11        |
| 3.2.2 Extracción Neta de Nutrientes.....                                   | 13        |
| 3.2.3 Deforestación.....   | 14        |
| 3.2.4 Emisión de Carbono.....  | 17        |
| 3.2.5 Agua Virtual.....  | 18        |
| 3.2.6 Estimación del Pasivo Ambiental.....                                 | 19        |
| <b>4. Proyecciones del Pasivo Ambiental y Recomendaciones de Política:</b> | <b>21</b> |
| 4.1 Erosión.....   | 22        |
| 4.2 Extracción Neta de Nutrientes.....                                     | 23        |
| 4.3 Deforestación.....   | 24        |
| 4.4 Emisión de Carbono.....  | 25        |
| 4.5 Agua Virtual.....  | 27        |
| 4.6 Pasivo Ambiental 2020/2021, escenarios alternativos.....               | 28        |
| <b>5. Conclusiones</b>   | <b>30</b> |
| <b>6. Bibliografía</b>   | <b>32</b> |
| <b>7. Apéndices:</b>   |           |
| 7.1 Apéndice 1.....  | 37        |
| 7.2 Apéndice 2.....  | 41        |
| 7.3 Apéndice 3.....  | 45        |

## Tablas y Gráficos

### • Gráficos

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1: Exportaciones Agrícolas, como porcentaje de las exportaciones totales.....                       | 5  |
| Gráfico 2: Valor agregado de la actividad agrícola como porcentaje del PIB.....                             | 5  |
| Gráfico 3: Hectáreas cosechadas de soja total país, evolución histórica.....                                | 7  |
| Gráfico 4: Hectáreas cosechadas por provincia.....  | 7  |
| Gráfico 5: Evolución del precio de la soja.....   | 8  |
| Gráfico 6: Deforestación anual (%).....   | 15 |
| Gráfico 7: Proyecciones del costo por erosión, variaciones del porcentaje de erosión anual.....             | 22 |
| Gráfico 8: Proyecciones del costo de extracción neta de nutrientes, variando coeficiente de extracción..... | 23 |
| Gráfico 9: Proyecciones del costo por deforestación, variando porcentaje de deforestación.....              | 25 |
| Gráfico10: Proyecciones del costo por emisión de CO <sub>2</sub> , variando porcentaje de deforestación..   | 26 |
| Gráfico 11: Proyecciones del costo por agua virtual, variando porcentaje asignado al productor.....         | 28 |
| Gráfico 12: Proyecciones Pasivo Ambiental.....  | 29 |

### • Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Producción mundial de soja, millones de toneladas.....                         | 6  |
| Tabla 2: Resultado Final para la Campaña 2014/2015.....                                 | 9  |
| Tabla 3: Estimación del costo por erosión de suelos, campaña 2014/2015.....             | 13 |
| Tabla 4: Estimación del costo por extracción neta de nutrientes, campaña 2014/2015..... | 14 |
| Tabla 5: Deforestación en Argentina, 2006-2013.....                                     | 15 |
| Tabla 6: Estimación de la deforestación para Yungas y Parque Chaqueño 2014-2015.....    | 16 |
| Tabla 7: Costo de deforestación estimado para la campaña 2014-2015.....                 | 17 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 8: Emisión de Carbono por deforestación, costo estimado.....            | 18 |
| Tabla 9: Agua Virtual de la Soja, campaña 2014-2015.....                      | 19 |
| Tabla 10: Estimación del Pasivo Ambiental de la campaña sojera 2014-2015..... | 20 |
| Tabla 11: Pasivo Ambiental, porcentaje por componente.....                    | 20 |
| Tabla 12: Proyecciones, costo por erosión de suelos.....                      | 22 |
| Tabla 13: Proyecciones, costo por extracción neta de nutrientes.....          | 23 |
| Tabla 14: Proyecciones, costo por deforestación.....                          | 24 |
| Tabla 15: Proyecciones, costo por emisión de CO <sub>2</sub> .....            | 26 |
| Tabla 16: Proyecciones, costo generado por agua virtual.....                  | 27 |

## Introducción

La agricultura es una actividad sumamente relevante dentro de la economía argentina, el valor agregado de este sector aporta actualmente un 8,3% del PIB según datos del Banco Mundial. Además el sector es de vital importancia como proveedor neto de divisas y, por lo tanto, está directamente relacionado con el límite de expansión asociado a la capacidad de financiar las exportaciones conocido como restricción externa.

En lo que respecta a la soja, este cultivo se introdujo en Argentina durante la década del sesenta dentro del marco del Programa Nacional de Desarrollo de Oleaginosas. En ese momento la idea era producirla como proveedora alternativa de proteínas para el alimento animal. Durante la década de los 90' se produjo en nuestro país una revolución de la tecnología agrícola donde la soja tuvo un papel protagónico con la introducción de semillas genéticamente modificadas y nuevos métodos productivos intensivos en capital provocando el desplazamiento de productores que no adoptaron estos métodos y también de cultivos tradicionales. En este contexto surgen los Pools de Inversión destinados a la aplicación del nuevo paquete tecnológico orientado a la exportación ya que se requería una importante cantidad de fondos para llevarlo a cabo. Así, la participación del capital financiero extra-sectorial se incrementó notoriamente al asociarse con los propietarios tradicionales y la producción sojera reemplaza la agricultura tradicional por la industrial.

Durante la pos-convertibilidad el alza de precios de los *commodities* sumada a la devaluación del peso elevaron notablemente la rentabilidad del sector, lo cual provocó un nuevo incentivo para expandir la producción sojera. Esto llevó a que el cultivo de soja pasara a ser el de mayor relevancia a nivel nacional, tanto por su participación en la producción total como por la superficie sembrada.

Según los datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en 2014 Argentina se ubicó como el tercer productor mundial de la oleaginosa con un 19,3% del total de la producción

de granos detrás de EEUU y Brasil (USDA, 2016). Por otro lado, entre las campañas 1990/1991 y 2011/2012, el total de la superficie sembrada a nivel nacional se incrementó en 14,4 millones de hectáreas de las cuales el 95% fueron dedicadas al cultivo de Soja. Actualmente de los 34 millones de hectáreas con cultivos agrícolas que tenemos en nuestro país, aproximadamente 20 millones se destinan a la producción sojera (58,8%).

Ahora bien, el aumento en la producción de granos experimentado durante los últimos 20 años tiene como características principales, por un lado, la expansión del área sembrada (principalmente debido al cultivo de soja) incorporando nuevas tierras y, por otro lado, la incorporación de semillas transgénicas combinada con el uso intensivo de agroquímicos para elevar los rendimientos. Esta expansión de la frontera agrícola introdujo la actividad dentro de ecosistemas más frágiles y con límites físicos lo cual derivó en el uso de fertilizantes. De esta manera aumentaron los rendimientos relativos de los principales cultivos en un 12% por cada millón de toneladas de aumento en la aplicación de fertilizantes (García y Gonzales, 2013). Además, al uso de fertilizantes deben sumarse otros factores como la genética, otras tecnologías e insumos y el cambio en el manejo de suelos y cultivos.

Por lo tanto, para tener una visión integral a la hora de evaluar los beneficios de la agricultura industrial debemos considerar la sustentabilidad de esta actividad<sup>1</sup>. Es oportuno entonces introducir el concepto de agricultura sustentable que se basa en sistemas de producción cuya principal característica es la aptitud de mantener su productividad y ser útiles a la sociedad indefinidamente (Ferrari, 2010).

En cuanto a esto podemos decir que el cultivo de soja se caracteriza por ser extractivo de nutrientes, según datos del INTA por cada 40.000 toneladas de soja que salen del país, estaríamos perdiendo aproximadamente 3.576 tn de nutrientes lo cual equivale a 3 millones de

---

1

Cuando hablamos de una actividad sustentable debemos aclarar que esto implica que las futuras generaciones puedan contar con las mismas condiciones que las generaciones actuales para satisfacer sus necesidades.

dólares por año (Graciela Cordone, 2012).

Otra característica de la producción sojera es que ha generado una importante expansión de la frontera agrícola muchas veces en lugares como montes nativos cuyos suelos no son aptos para este tipo de cultivos pero que son una importante fuente de bienes y servicios ambientales<sup>2</sup>. La bibliografía indica que la deforestación del bosque nativo conduce a pérdidas de carbono orgánico en biomasa y suelo (Viglizzo et al., 2010), las cuales incrementan las emisiones de gases invernadero (Gasparri et al., 2008) y deterioran en el largo plazo los sumideros naturales de este elemento (Carreño et al., 2010).

Pincén et al. (2010) encontraron un grado de asociación muy elevada entre la deforestación y el área cultivada de soja para el caso de los bosques nativos lo cual genera, entre otras cosas, pérdida de servicios ecosistémicos<sup>3</sup>. Siendo el Bosque Atlántico, el Chaco Subhúmedo Occidental (Chaco Salteño o Umbral al Chaco), y la región de las Yungas los biomas más afectados por la pérdida de servicios ecosistémicos (Carreño y Viglizzo, 2010).

La erosión hídrica es otro de los principales problemas que afecta el rendimiento de nuestros suelos, hablando específicamente del cultivo de soja “la producción se reduce en 66,5 kilos de granos por hectárea por cada centímetro de suelo perdido” (INTA, Julio 2014).

Otro concepto interesante es el de agua virtual acuñado por John Anthony Allan en 1998 que se define como el volumen de agua que contiene un producto, así como la cantidad que demandó su desarrollo. Las actividades agropecuarias representan una porción significativa del agua utilizada en el mundo, especialmente desde su industrialización. Dada la importancia de este sector dentro de la economía argentina no es una sorpresa que nuestro país se encuentre entre los mayores exportadores de agua virtual a nivel mundial. Además debemos resaltar que, al no

---

2

Servicios ambientales: “flujo de materiales, energía e información del stock del capital natural, combinado con capital humano o manufacturado para el bien humano” (Costanza, et al. 1998).

3

Servicios ecosistémicos: “son aquellas funciones esenciales del ecosistema que generalmente carecen de un valor de mercado pero que, su alteración o destrucción, afecta la calidad de vida del entorno” (MEA, 2003)



contabilizarse el agua virtual en el precio del producto, los países exportadores de productos con alto contenido de agua virtual son los mayores perjudicados por la omisión de este concepto en el precio final del bien.

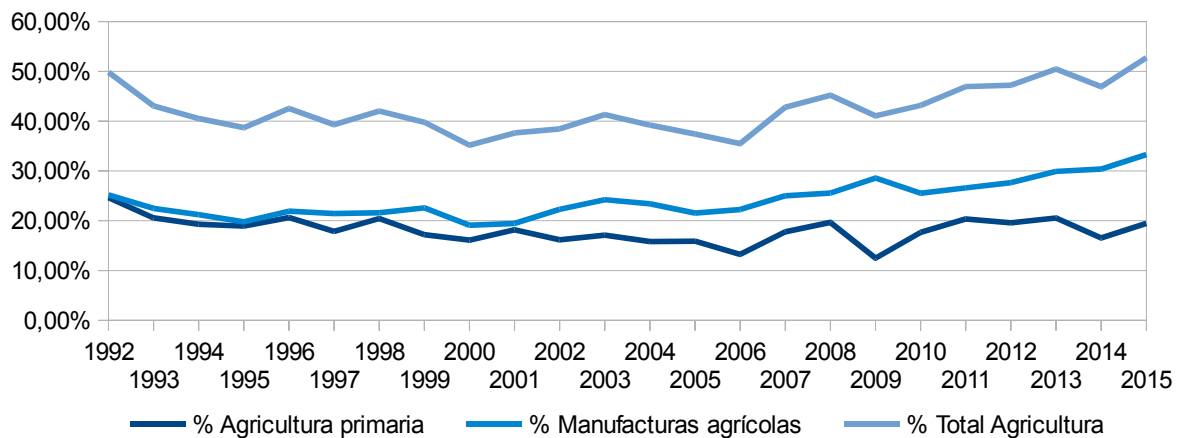
Todos los argumentos presentados anteriormente justifican la presente investigación que persigue el objetivo de cuantificar el valor económico de dichas pérdidas, es decir, calcular el Pasivo Ambiental del cultivo de soja en Argentina. Para eso tomaremos como referencia el trabajo realizado por el Ingeniero Carlos Merenson (2009) para la campaña sojera 2007/2008 donde se estima la “Rentabilidad Integral” de esta actividad en nuestro país. Cabe resaltar que muchos costos como pérdida de biodiversidad, desplazamiento de trabajadores rurales, los costos de salud humana derivados de la aplicación de agroquímicos, y las inundaciones generadas por la pérdida de capacidad absorción de suelo, entre otros, no serán objeto del presente trabajo debido a la gran dificultad que conlleva intentar asignarles un valor económico.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera. Para comenzar calcularemos el margen del cultivo de soja de la forma convencional. En la siguiente sección nos ocuparemos del cálculo del pasivo ambiental intentando darle un valor económico concreto a algunos de los costos ambientales generados por la producción de este cultivo. En una tercera sección realizaremos proyecciones del pasivo ambiental para el período 2020/2021 y haremos una comparación de escenarios alternativos mostrando cómo cambiarían las proyecciones si se aplicaran políticas dirigidas a reducir las tasas de erosión, deforestación, extracción de nutrientes y a incentivar la adjudicación de parte de la pérdida de agua virtual a los productores. Finalmente, analizaremos los resultados obtenidos para desarrollar las conclusiones pertinentes, y expondremos algunas consideraciones respecto de las políticas públicas que podrían aplicarse con el objetivo de lograr un mayor grado de sustentabilidad para el desarrollo de esta actividad.

## Producción de Soja en Argentina

En Argentina el sector agrícola es de vital relevancia sobre todo cuando hablamos de exportaciones. Basándonos en los datos del Ministerio de Economía y Finanzas de la Nación podemos decir que en 2015 las materias primas agrícolas representaron un 19,5% de nuestras exportaciones y si a esto le sumamos las manufacturas provenientes de esta actividad vemos que el sector representa un 52,8% de las exportaciones en nuestro país.

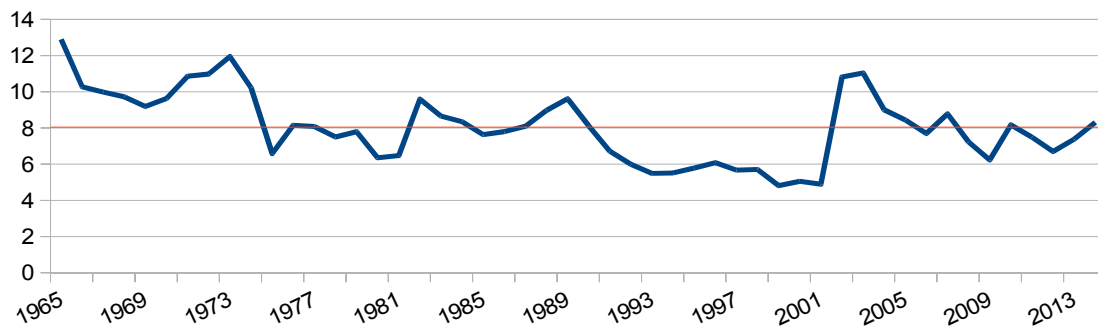
**Gráfico 1: Exportaciones Agrícolas, como porcentaje de las exportaciones totales**



Fuente: elaboración propia en base al Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.

Además teniendo en cuenta la economía del país a nivel global podemos decir que el valor agregado de este sector aporta actualmente un 8,3% del PIB, porcentaje muy cercano a su promedio histórico (Gráfico 2).

**Gráfico 2: Valor agregado de la actividad agrícola como porcentaje del PIB**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial.

Dentro del sector Agrícola el cultivo de mayor relevancia a nivel nacional es la soja, luego de la implementación de semillas resistentes al glifosato comenzó a producirse en base a la siembra directa y un paquete tecnológico que incluía pesticidas lo cual derivó en la producción de la oleaginosa a gran escala.

En 2014 Argentina se ubicó como el tercer productor mundial de la oleaginosa con un 19,3% del total de la producción de granos detrás de EEUU con 33,5% y Brasil con 30,2% y se estima que para la campaña 2015/2016 la producción mundial llegaría a unos 320,5 millones de toneladas representando la producción argentina un 18,3% del total (USDA, 2016).

**Tabla 1: Producción mundial de soja, millones de toneladas**

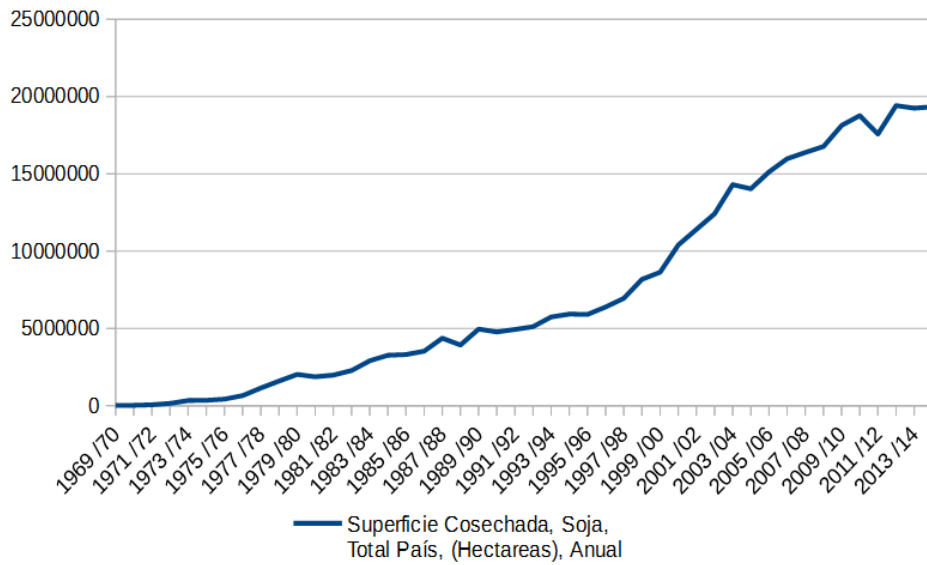
| Países        | 2013/2014   | 2014/2015   | 2015/2016*  | % 2014/2015  | % 2015/2016  |
|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| EE.UU         | 91,4        | 106,9       | 107,0       | 33,5%        | 33,4%        |
| Brasil        | 86,7        | 96,2        | 100,0       | 30,2%        | 31,2%        |
| Argentina     | <b>53,5</b> | <b>61,4</b> | <b>58,5</b> | <b>19,3%</b> | <b>18,3%</b> |
| China         | 12,0        | 12,2        | 12,0        | 3,8%         | 3,7%         |
| Paraguay      | 8,2         | 8,1         | 8,8         | 2,5%         | 2,7%         |
| Unión Europea | 1,2         | 1,8         | 2,1         | 0,6%         | 0,6%         |
| México        | 0,2         | 0,4         | 0,4         | 0,1%         | 0,1%         |
| Japón         | 0,2         | 0,2         | 0,2         | 0,1%         | 0,1%         |
| Resto         | 29,5        | 31,7        | 31,6        | 9,9%         | 9,9%         |
| TOTAL         | 282,9       | 318,8       | 320,5       | 100,0%       | 100,0%       |

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), \*Proyecciones a 2016.

Entre las campañas 1990/1991 y 2011/2012 la superficie sembrada dedicada a todos los cultivos a nivel nacional se incrementó en un 276% y el 95% de las nuevas hectáreas fueron dedicadas al cultivo de soja. Actualmente casi el 59% del total de hectáreas con cultivos agrícolas que tenemos en nuestro país se destinan a la producción sojera.

Para ser más precisos en la campaña 2013/2014 las hectáreas cosechadas de soja llegaron a 19.334.915, esto equivale a un aumento del 840,4% desde la campaña 1969/70 según los datos presentados por el SIIA (Sistema Integrado de Información Agropecuaria).

**Gráfico 3: Hectáreas cosechadas de soja total país, evolución histórica**

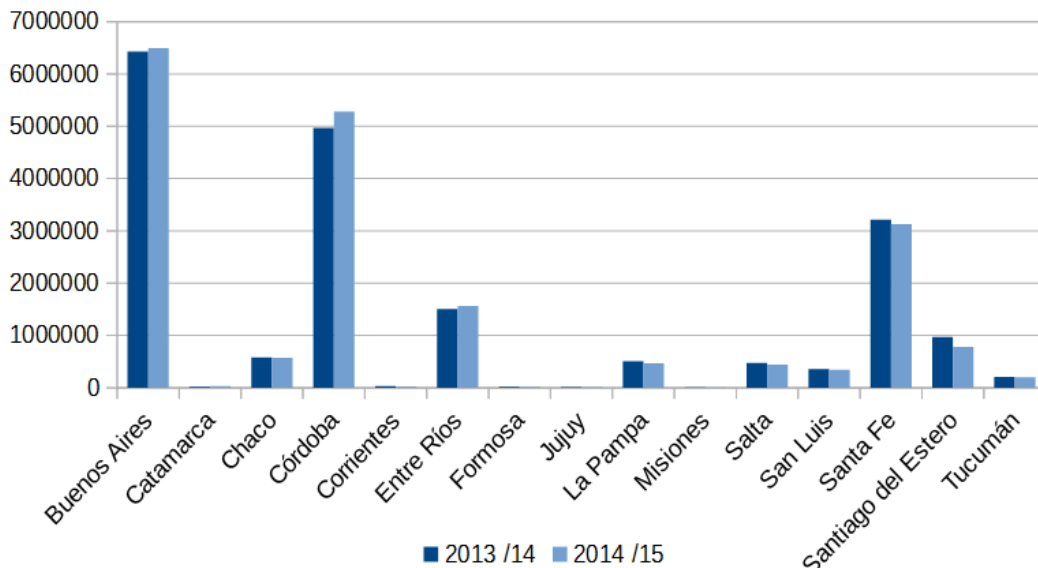


Fuente: Elaboración propia en base a datos del SIA.

Como podemos ver en el siguiente gráfico las provincias con mayor superficie cosechada son Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe sumando entre las tres el 77% del total.

**Gráfico 4: Hectáreas cosechadas por provincia**

(Has)

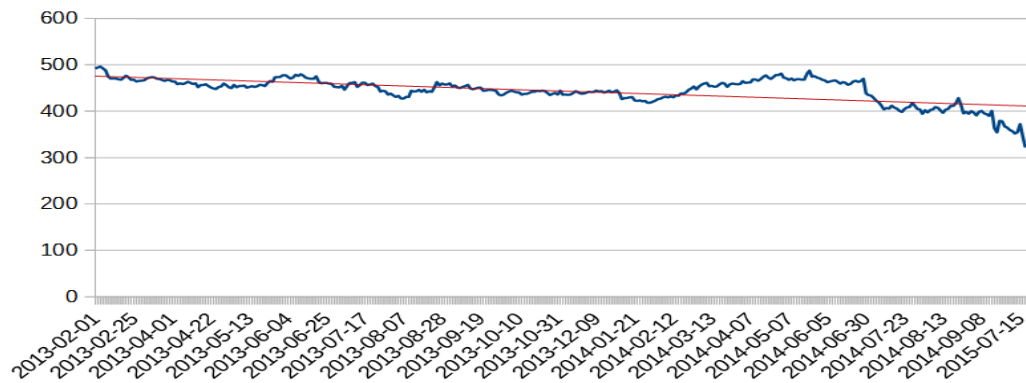


Fuente: Elaboración propia en base a datos del SIA.

## Campaña 2014/2015

La campaña sojera 2014/2015 fue un récord en nuestro país con una producción de 61,4 millones de toneladas, a su vez esto se repitió en varios de los países productores llegando a una producción mundial de 318,8 millones de toneladas. Este crecimiento se tradujo en un abundante stock de existencias finales lo cual provocó una baja en los precios de la oleaginosa, sobre todo por las buenas condiciones climáticas con las que se inició la campaña 2015/2016 en los Estados Unidos.

**Gráfico 5: Evolución del precio de la soja (US\$)**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Mercado de Chicago.

Podemos ver en el Gráfico 5 que el precio de la soja presenta una tendencia a la baja, disminuyendo un 28,4% desde el año 2013 hasta enero de 2016 según los datos del Mercado de Chicago.

### **Rentabilidad Convencional**

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente estimaremos los márgenes por hectárea para la campaña 2014/2015. Estos márgenes para un productor promedio fueron muy ajustados en el período mencionado, llegando a ser negativos si descontamos el costo impositivo (ver Tabla 2). La baja que viene manteniendo el precio de la soja (en 2007/2008 su valor rondaba alrededor de US\$450/tn) sumada a la presión impositiva que recae sobre la actividad son las principales explicaciones de este resultado.

**Tabla 2: Resultado Final para la Campaña 2014/2015**

|   |                       |     |       |
|---|-----------------------|-----|-------|
| Rendimiento(Tn)                                 | 3                     |     |       |
| Valor soja FOB, Mayo2015(U\$S/Tn)               | 372,8                 |     |       |
| <b>Ingreso Bruto (U\$S/ha)</b>                  | <b>1118,3</b>         |     |       |
| Retenciones(35%)                                | 391,4                 |     |       |
| Gasto de Puerto                                 | 38,1                  |     |       |
| <b>Precio Bruto Real al Productor (U\$S/ha)</b> | <b>688,8</b>          |     |       |
| Insumos   | 193,9                 |     |       |
| Labores   | 97,6                  |     |       |
| Seguro(1)                                       | 37,7                  |     |       |
| Asesoramiento agronómico/contable               | 25                    |     |       |
| <b>Costo directo(U\$S/ha)</b>                   | <b>354,1</b>          |     |       |
| Cosecha(2)                                      | 60,3                  |     |       |
| Flete corto+largo(3)                            | 114,1                 |     |       |
| Comercialización(4)                             | 32,6                  |     |       |
| <b>Costo indirecto (U\$S/ha)</b>                | <b>207</b>            |     |       |
| <b>Margen Bruto</b>                             | <b>127,7</b>          |     |       |
| Infraestructura (5)                             | 80                    |     |       |
| Costo impositivo                                | Ganancia Presunta (6) | 60  | 112,5 |
|   | Bienes Personales (7) | 45  |       |
|   | Ingresos Brutos (8)   | 7,5 |       |
| <b>Resultado Final(U\$S/ha)</b>                 | <b>-64,9</b>          |     |       |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Néstor Roulet, “Soja: Los últimos números de la campaña 2014/15” y Bolsa de Comercio de Rosario.

(1) 5 % del valor asegurado (2) 8% valor de producción (3) 50 Km Chacra galpón + 280 Km a puerto (4) 3 % comisión + 1 paritaria (5) Calculado en base de un establecimiento de 500 has: 1 Sueldo + Carga sociales + más gastos y mantenimiento de 1 vehículo + mantenimiento de alambrados + Mantenimiento y Gastos de una casa+ Asesoramiento contable. (6) 1 % Valor de la hectárea = U\$S 6.000. (7) 0,75 % del valor de la hectárea = U\$S 6.000. (8) 1 % de Ingreso Bruto.

El valor FOB de la soja en el puerto argentino para mayo de 2015 fue de 372,8 U\$S/tn (Bolsa de Comercio de Rosario). Descontando las retenciones y los gastos de puerto se llega a un valor FAS (precio al productor) de 229,6 U\$S/tn, teniendo en cuenta un rendimiento estimado de 3,0 tn/ ha.

La parte de la producción que se lleva el Estado Nacional puede calcularse como retenciones más el costo impositivo llegando a 503,9 U\$S/ha, teniendo una participación en el ingreso por hectárea del 45%.

## **Pasivos Ambientales**

Luego de haber calculado el resultado convencional de la producción sojera en Argentina para la campaña 2014/2015 nos dedicaremos a estimar algunos de los costos ambientales generados por esta actividad.

Como dijimos en la introducción del presente trabajo, para poder analizar los beneficios y costos generados por el cultivo de soja debemos tener en cuenta el concepto de agricultura sustentable. Siguiendo lo expuesto por Ferrari (2010) , para ser sustentables los sistemas de producción deben: 1) conservar los recursos productivos; 2) preservar el medio ambiente; 3) responder a los requerimientos sociales; y 4) ser económicamente competitivos y rentables. Así se definen tres ejes de la sustentabilidad: la viabilidad ecológica, la viabilidad social y la viabilidad económica.

El pasivo socioambiental es equivalente a la “suma de todos los daños no compensados producidos en forma directa e indirecta por las actividades productivas a las comunidades locales o a la sociedad en general y al ambiente; como así también, el valor de los servicios recibidos del ambiente, que hacen posible las actividades productivas y que no son compensados o contabilizados como costos de producción” (Merenson 2009). Si bien los derechos de propiedad de los recursos ambientales no están del todo definidos, la postura respaldada en el presente trabajo es que el pasivo ambiental es una deuda que se tiene con los habitantes (actuales y futuras generaciones) del país en donde se realiza la actividad.

Sería de vital importancia que las empresas de los distintos sectores productivos estén obligadas a contabilizar estos costos ya que, de esta manera, al intentar minimizar los costos se reducirían pérdidas ambientales.

Como puede suponerse intentar asignarle un valor monetario a los bienes y servicios ambientales es extremadamente complicado por lo tanto nos limitaremos a usar una metodología simple para

realizar las estimaciones. Cabe resaltar que muchos costos tales como pérdida de biodiversidad<sup>4</sup>, desplazamiento de trabajadores rurales, problemas de salud por la exposición a agrotóxicos, concentración de tierras, pérdida de soberanía alimentaria<sup>5</sup> y las inundaciones generadas por la pérdida de capacidad absorción de suelo, entre otros, no serán objeto del presente trabajo debido a la gran dificultad que conlleva intentar asignarles un valor económico.

La metodología utilizada será la aplicada por Merenson (2009) para estimar los valores correspondientes a la campaña 2007/2008. De esta manera, nuestro pasivo ambiental estará compuesto por los costos de erosión de suelos, pérdida de nutrientes, deforestación, emisión de carbono y agua virtual.

## **1. Erosión**

El principal desencadenante de la erosión de los suelos ligada a la producción de la soja es la forma de utilización como monocultivo sin tener en cuenta los tiempos necesarios de descanso de la tierra y la aptitud de la misma para soportar este tipo de actividad. Si bien la implementación de la siembra directa (técnica basada en el cultivo de la tierra sin arado previo a fines de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo) como respuesta a los problemas de degradación de suelos ha sido adoptada por la mayoría de los productores de soja, esta metodología debe complementarse con un plan de rotaciones de cultivos y fertilización adecuada.

La erosión es uno de los principales problemas que afecta el rendimiento de nuestros suelos, el

---

4

Biodiversidad: “la variabilidad entre los organismos vivos, incluyendo ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los cuales forman parte: esto incluye la diversidad dentro de las especies, entre las especies y de ecosistemas.” Cumbre de la Tierra, Naciones Unidas(1992), Núñez H., González Gaudiano E., Barahona A.(2003)

5

Soberanía Alimentaria: “capacidad de los Estados y de los pueblos a ejercer el derecho a definir e implementar libremente sus políticas y estrategias alimentarias y nutricionales, de forma soberana y orientadas al logro de la seguridad alimentaria nutricional, organizando la producción, el acceso y el consumo de alimentos acorde con las necesidades de sus poblaciones, otorgando prioridad a la producción de alimentos por parte de pequeños productores y de base familiar y comunitaria, y al consumo local de alimentos”, sesión extraordinaria del Consejo Permanente de la OEA , (Delegación del Estado Plurinacional de Bolivia, 2012), Godillo ,G. y Obed Méndez, J.(2013)



técnico del INTA Jorge Gvozdenovich hablando específicamente del cultivo de soja señala que “la producción se reduce 66,5 kilos de granos por hectárea por cada centímetro de suelo perdido. Esto representó en la campaña 2011/12 que cada productor cosechó 470 kilos menos de la oleaginosa, lo cual se traduce a la fecha en \$1.098 menos por hectárea al año” (INTA, julio 2014).

En el año 2007 el 20% del suelo argentino estaba erosionado (Domec 2008), con 8.000.000 ha erosionadas por soja (Merenson 2009); para 2015 ese número creció al 35% según Casas (julio 2015). En base a estas estimaciones supondremos que las hectáreas erosionadas por soja crecieron en el mismo porcentaje (15%) obteniendo así 9.200.000 hectáreas erosionadas para la campaña 2014/2015. Como las hectáreas cultivadas crecieron en un porcentaje de 17,8% el cual es mayor a la erosión, la proporción de hectáreas erosionadas sobre cultivadas tuvo una leve disminución pasando de 47,6% a 46,5%.

En este momento es importante introducir el concepto de “tolerancia” (relación entre formación y degradación de suelos) para poder determinar la tasa máxima de erosión que no comprometa el recurso, no contamine el agua y no reduzca la calidad del aire. Como la pérdida promedio<sup>6</sup> es de 20tn/ha para las tierras que superan valores de tolerancia (T), en este caso la pérdida resultante es de 184.000.000 toneladas de suelo.

Tomando el costo de erosión calculado en Merenson (2009) y actualizando por inflación<sup>7</sup> obtenemos U\$S117,4 por hectárea, y una pérdida total asignada a la campaña 2014/2015 de U\$S1.079,8 millones.

---

6

“Dado que no contamos con datos precisos sobre valores de T que reflejen las diferentes situaciones que se pueden presentar en el área de expansión del cultivo de soja, nos basaremos en valores de T máxima, disponibles en la bibliografía internacional, calculada para un suelo altamente erosionable, como son los suelos que se encuentran en las áreas de expansión del cultivo en nuestro país, particularmente cuando se desmonta para su habilitación; concluyendo que en promedio la pérdida que supera los valores de T es de 20 t/ha”(Merenson, 2009, p.5)

7

Se utiliza el IPC para Estados Unidos, elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados en base a los datos de U.S. Bureau of Labor Statistics. Este será el índice de precios utilizado de ahora en adelante para actualizar por inflación en el presente trabajo.

**Tabla 3: Estimación del costo por erosión de suelos, campaña 2014/2015**

(millones de dólares)

|                   | Has erosionadas | (U\$S)  |
|-------------------|-----------------|---------|
| Campaña 2014/2015 | 9.200.000       | 1.079,8 |

Fuente: Elaboración propia en base a Casas (2015), Domec (2008) y Merenson (2009).

## 2. Extracción Neta de Nutrientes

Si bien sabemos del incremento del área sembrada y del volumen de producción agrícola en nuestro país, sobre todo desde que la agricultura tomó la forma de producción industrial, no debemos olvidarnos que el uso del suelo tiene sus límites. Siguiendo a Cruzate y Casas (2012) podemos decir a modo de ejemplo que en el área núcleo de la región pampeana la materia orgánica viene descendiendo a 0,5% al año en promedio y la pérdida de calcio ha sido cercana al 50%. Esto muestra que la riqueza natural ha estado de algún modo subsidiando a los usuarios de la tierra y provocando una pérdida de capital natural<sup>8</sup>.

Si esta pérdida de nutrientes se incorporara a la hora de calcular la rentabilidad de los cultivos sería un buen incentivo para que los productores optaran por la rotación de cultivos ya que esto reduciría los costos. Además implicaría que comenzaran a buscarse alternativas sustentables a largo plazo y se dejara de lado la lógica extractivista del cortoplacismo.

Hablando específicamente del cultivo de la soja, sólo se repone un 37% de los nutrientes que se extraen (INTA, julio 2012). Cruzate y Casas (2012) calcularon cantidades promedio de extracción de nutrientes por cultivo, encontrando que algunos procesos productivos no sustentables están degradando considerablemente los suelos y limitando el crecimiento de la producción agrícola potencial. Al ser un cultivo marcadamente extractivo y además poseer un gran atractivo económico (lo cual explica que en los últimos 24 años se haya duplicado el área

---

8

Capital natural: "stock de materiales e información que existe en la naturaleza" (Costanza, et al. 1998).

sembrada y triplicado la producción) la producción de soja es un claro ejemplo de proceso productivo no sustentable.

Para calcular el costo monetario de la extracción neta de nutrientes utilizamos los datos sobre coeficiente de extracción, equivalentes en fertilizantes y el costo de fertilizantes según nutrientes de Cruzate y Casas (2012) mientras que los porcentajes de reposición de nitrógeno y azufre se tomaron del Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (La Nación, mayo 2015).

Así, teniendo en cuenta las toneladas de soja producidas en la campaña 2014/2015 según la SIIA (61.398.272 tn) el costo de extracción de nutrientes se estimó según muestra la Tabla 4.

**Tabla 4: Estimación del costo por extracción neta de nutrientes, campaña 2014/2015**

(millones de dólares)

| 2014/2015      | Coefficiente de Extracción (kg/tn) | Extracción (tn)  | % de Reposición | Reposición (tn)  | Extracción Neta (tn) | Equivalente en fertilizantes (tn) | Costo de los fertilizantes según nutriente (U\$/tn) | (U\$)          |
|----------------|------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|---|----------------|
| Nitrógeno      | 51,8                               | 3.180.430        | 25,00%          | 795.108          | 2.385.323            | 5.185.484                         | 590   | 3.059,4        |
| Fósforo        | 5,7                                | 347.514          | 37,00%          | 128.580          | 218.934              | 1.027.858                         | 690   | 709,2          |
| Potasio        | 17,0                               | 1.041.315        | 37,00%          | 385.286          | 656.028              | 1.317.326                         | 650   | 856,3          |
| Calcio         | 7,8                                | 477.679          | 37,00%          | 176.741          | 300.937              | 775.612                           | 50  | 38,8           |
| Azufre         | 3,8                                | 233.313          | 28,00%          | 65.328           | 167.986              | 699.929                           | 480   | 336,0          |
| <b>Totales</b> | <b>86,0</b>                        | <b>5.280.251</b> |                 | <b>1.551.043</b> | <b>3.729.208</b>     | <b>9.006.209</b>                  |   | <b>4.999,7</b> |

Fuente: Elaboración propia en base al INTA, SIIA, Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (La Nación, mayo 2015) y Cruzate y Casas 2012.

### 3. Deforestación

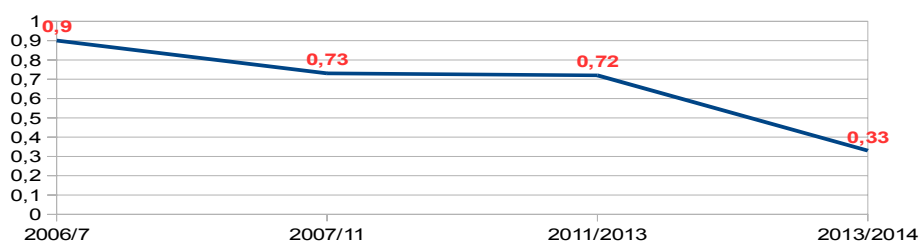
El considerable avance de la frontera agrícola ocasionado por la producción sojera trajo aparejado que el cultivo se expanda sobre suelos no aptos para tal actividad y sobre montes nativos generando importantes pérdidas de biodiversidad y servicios ecosistémicos.

La región más afectada por la deforestación son las provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero, el noroeste de Santa Fe y noreste de Salta. Según el IPCC para 2013 el 4,3% de la deforestación global ocurría en la Argentina (Benítez, diciembre 2015). Además el Monitoreo de la superficie de bosque nativo de Argentina (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015) afirma que entre noviembre de 2007 (cuando se sancionó la Ley de Bosques)

hasta fines de 2013 se arrasaron 1,9 millón de hectáreas de bosque nativo. Carreño y Viglizzo (2010) demostraron que el Bosque Atlántico, el Chaco Subhúmedo Occidental (Chaco Salteño o Umbral al Chaco), y la región de las Yungas parecen haber sido los biomas más afectados por la pérdida de servicios ecosistémicos.

Pincén et al. (2010) realizaron una estimación de las hectáreas deforestadas en el NOA tomando como variable explicativa las hectáreas cultivadas de soja en esa región y encontraron una fuerte asociación positiva obteniendo un  $R^2 = 0,92$  para el caso de los bosques nativos. Si bien este estudio es respaldado por el INTA no es conveniente utilizarlo debido a que la tasa de deforestación se ha reducido bastante desde entonces y usarlo nos llevaría a sobreestimar la deforestación actual.

**Gráfico 6: Deforestación anual (%)**



Fuente: Elaboración propia en base a Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina 2013-2014 (Secretaría de ambiente y desarrollo Sustentable de la Nación), Mayo 2015.

En este caso nos basaremos en los datos del Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina 2013-2014 (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015).

**Tabla 5: Deforestación en Argentina, 2006-2013**

| Región           | 2006-2007     |            | 2007-2011      |             | 2011-2013     |             | 2013-2014     |             |
|------------------|---------------|------------|----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|                  | ha            | % anual    | ha             | % anual     | ha            | % anual     | ha            | % anual     |
| Yungas           | 23670         | 0,36       | 24592          | 0,18        | 13024         | 0,15        | 4493          | 0,09        |
| Parque Chaqueño  | 626819        | 1,08       | 1065997        | 0,93        | 643950        | 0,85        | 165262        | 0,41        |
| Espinal          | 52812         | 0,4        | 48942          | 0,18        | 94837         | 0,52        | 18033         | 0,19        |
| Selva Paranaense | 16989         | 0,76       | 21453          | 0,48        | 5614          | 0,19        | 1011          | 0,06        |
| <b>Total</b>     | <b>720290</b> | <b>0,9</b> | <b>1160984</b> | <b>0,73</b> | <b>757425</b> | <b>0,72</b> | <b>188799</b> | <b>0,33</b> |

Fuente: Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina 2013-2014 (Secretaría de ambiente y desarrollo Sustentable de la Nación), Mayo 2015.

Suponiendo que el porcentaje de deforestación anual se mantiene igual al de 2014/2015 y usando el método que se emplea en el Monitoreo de Superficie de Bosque Nativo para el cálculo de dicho porcentaje (r), Podemos estimar las hectáreas deforestadas siguiendo la Tabla 6.

Siendo:

$$r = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{A_2}{A_1}$$

A1: superficie de bosque al inicio del período  
A2: superficie de bosque al final del período  
t1: año de inicio del período  
t2: año de fin del período

**Tabla 6: Estimación de la deforestación para Yungas y Parque Chaqueño 2014-2015**

| Región          | Superficie inicial | has deforestadas | Superficie final | % anual |
|-----------------|--------------------|------------------|------------------|---------|
| Yungas          | 4.987.729          | 4.489            | 4.983.240        | 0,09%   |
| Parque Chaqueño | 40.241.095         | 164.586          | 40.076.509       | 0,41%   |

Fuente: Elaboración propia en base a Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina 2013-2014 (Secretaría de ambiente y desarrollo Sustentable de la Nación), Mayo 2015.

Para calcular la deforestación que corresponde específicamente a la soja usaremos el porcentaje de deforestación sobre las regiones de Yungas y Parque Chaqueño que correspondía a la agricultura (63,3%) en 2008<sup>9</sup> y, dentro de este, específicamente el que se adjudicaba a la soja (74%)<sup>10</sup> y los aplicaremos a los datos de deforestación actual aportados por el Monitoreo de Bosques Nativos 2013-2014. Para estimar su valor monetario se utilizó el costo calculado por Merenson (2009) llegando a la cifra actualizada por inflación de U\$S 1400,5.

9

En 2007 las hectáreas deforestadas para uso agrícola fueron 230.000 (Merenson, 2009) lo cual representa un 63,3% de la deforestación total del período si tomamos los datos de deforestación anual del Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina 2013-2014.

10

“De acuerdo a los datos disponibles de monitoreo de la deforestación en las regiones del Parque Chaqueño y Yungas, se ha estimado en 230.000 has la pérdida de bosques atribuibles al avance de la frontera agropecuaria, de los cuales, 170.000 ha anuales corresponden al avance de la soja”(Merenson, 2009, p.10)

**Tabla 7: Costo de deforestación estimado para la campaña 2014-2015,**

(millones de dólares)

| Has deforestadas | Yungas (ha) | Parque Chaqueño (ha) | Total (ha) | Agricultura (63,3%) | Soja (74%) | (U\$S)       |
|------------------|-------------|----------------------|------------|---------------------|------------|--------------|
| 2014/2015        | 4.489       | 164.586              | 169.075    | 107.024             | 79.198     | <b>110,9</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina 2013-2014 (Secretaría de ambiente y desarrollo Sustentable de la Nación), Mayo 2015 y Merenson (2009).

#### **4. Emisión de Carbono**

La bibliografía indica que la deforestación de bosque nativo conduce a incrementos en las emisiones de gases invernadero (Gasparri et al., 2009) y deterioran en el largo plazo los sumideros naturales (Carreño et al., 2010).

El carbono liberado por hectárea deforestada en la región chaqueña puede estimarse en 94 toneladas de carbono (Merenson, 2009). Si bien lo más sencillo en este caso sería usar los valores de la tC en el mercado de carbono, no sería correcto reducir el impacto de la emisión de carbono a un precio que no refleja los verdaderos costos ambientales<sup>11</sup>. Por lo tanto, optaremos por utilizar otras alternativas para asignarle un valor monetario.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos realizó una reciente investigación y se estimó el daño de una tonelada de carbono emitida en U\$S 37 incluyendo daños relacionados a la salud humana por el cambio climático y también incluyendo la disminución de los rendimientos agrícolas (Stanford, enero 2015). Para llegar a este resultado utilizaron un modelo para calcular el impacto económico del cambio climático conocido como IAM. Moore y Diaz (2015), a su vez, utilizaron el llamado Modelo Dinámico Integrado Climático-Economía (DICE) y lo modificaron permitiendo que el cambio climático afectara a la tasa de crecimiento de la economía; tuvieron en cuenta la adaptación al cambio climático y dividieron el modelo en dos

---

11

Los precios de los bonos de carbono han mostrado un descenso en los últimos años debido a las oscilaciones del mercado energético y la inestabilidad financiera. Si bien la idea del mercado de carbono es lograr disminuir emisiones, el precio de emitir una tonelada de CO<sub>2</sub> en Europa costaba de 8,22 € en diciembre del 2015, pero actualmente cuesta 4,75€, como vemos el precio del CO<sub>2</sub> también cae pese a los numerosos esfuerzos políticos por mantenerlo en niveles altos (“Mercado del CO<sub>2</sub>, inestabilidad y baja de precio”, febrero 2016).

regiones que representan países de altos y bajos ingresos. De esta manera concluyeron que cada tonelada de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera tiene un costo de U\$S 220 para la sociedad. Habiendo dicho esto podemos estimar el costo total de las emisiones de carbono por deforestación de la campaña sojera 2014/2015 utilizando dos valores alternativos como podemos ver en la Tabla 8.

**Tabla 8: Emisión de Carbono por deforestación, costo estimado**

(millones de dólares)

| Costo/tn    | Deforestación por soja (ha) | CO2 emitido (tn/ha) | Total (tn) | (U\$S)         |
|-------------|-----------------------------|---------------------|------------|----------------|
| 220 U\$S/tn | 79.198                      | 94                  | 7.444.612  | <b>1.637,8</b> |
| 37 U\$S/tn  | 79.198                      | 94                  | 7.444.612  | <b>275,5</b>   |

Fuente: Elaboración propia en base a Merenson (2009) y Moore y Diaz (2015) y Stanford news (enero 2015).

## 5. Agua Virtual

El agua virtual, es decir la cantidad de agua utilizada o contenida en la creación del producto, suele confundirse con el concepto de huella hídrica introducido por Arjen Hoekstrar (2002). Si bien ambos conceptos son similares, tienen usos diferentes, “mientras que la *huella hídrica* implica volumen, el *agua virtual* se calcula como un flujo, como el balance neto entre lo que sale del país, más lo que entra” (Gallardo, S., agosto 2013). Se estima que en los últimos cuarenta años el comercio de agua virtual se ha incrementado mucho debido al aumento de las exportaciones agrícolas. Podemos decir que alrededor de un 15% del agua utilizada en el mundo se destina a la exportación agrícola y el 67% de la circulación está relacionada con la agricultura (Pengue, mayo 2012).

Argentina es uno de los mayores exportadores de agua virtual a nivel mundial lo cual está claramente asociado al perfil agropecuario del sector exportador de nuestro país. Hablando particularmente de la soja se exportan aproximadamente 119 mil millones de metros cúbicos de agua virtual, cuyo principal destino es China. En esa misma línea, las exportaciones de trigo se llevan 18,7 mil millones de m<sup>3</sup> y la carne vacuna 3,3 mil millones de litros anuales. Esa cantidad

de agua es, por otro lado, agua que se está ahorrando en el país importador. Además, la demanda de soja por parte de China aumentó en un 19% el intercambio global de agua virtual (Viano, febrero 2013).

Teniendo en cuenta que la población mundial crecerá en los próximos 50 años debemos concientizarnos sobre la preservación del agua y, por lo tanto, no podemos dejar de incluir este concepto como parte del costo oculto de la producción agrícola, en este caso de la producción de soja.

Para calcular el valor monetario correspondiente al agua virtual tomaremos las estimaciones de Merenson (2009), que asigna un valor promedio de 1.250 m<sup>3</sup> por tonelada para el caso de Argentina<sup>12</sup>, cuyo costo actualizado por inflación es de U\$S 0,74/m<sup>3</sup> (Merenson 2009). Siguiendo los datos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA) en la campaña 2013/2014 se produjeron 61,4 millones de toneladas, por lo tanto la erogación total generada por este concepto se estima en U\$S 56.614,6 millones.

**Tabla 9: Agua Virtual de la Soja, campaña 2014-2015**

(millones de dólares)

| Agua virtual (m <sup>3</sup> /ton) | Producción de soja, millones de tn | Agua virtual total (m <sup>3</sup> ) | U\$S/m <sup>3</sup> | (U\$S)          |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|
| 1.250                              | 61,4                               | 76.748                               | 0,74                | <b>56.614,6</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de SIIA y Merenson 2009.

## 6. Estimación del Pasivo Ambiental

Habiendo realizado todos los cálculos correspondientes estamos ahora en condiciones de calcular el pasivo ambiental total para la campaña de soja 2014/2015 sumando los componentes anteriormente descriptos para los dos valores considerados del costo ambiental del carbono.

<sup>12</sup>

Debemos resaltar que existe bibliografía que indica que este número sería más elevado, por ejemplo Hoekstra y Chapagain (2008) calculan 1.617 m<sup>3</sup> por tonelada para Argentina.



**Tabla 10: Estimación del Pasivo Ambiental de la campaña sojera 2014-2015,**

(millones de dólares)

| Costo CO2 (U\$S)              | 220             | 37              |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| Erosión de suelos             | 1.079,8         | 1.079,8         |
| Extracción neta de nutrientes | 4.999,7         | 4.999,7         |
| Deforestación                 | 110,9           | 110,9           |
| Carbono                       | 1.637,8         | 275,5           |
| Agua virtual                  | 56.614,6        | 56.614,6        |
| <b>Total</b>                  | <b>64.442,7</b> | <b>63.080,4</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a las estimaciones realizadas de los componentes de Pasivo Ambiental para 2014/2015.

Si tenemos en cuenta que el Producto Bruto Interno de 2014 fue de U\$S 537,7 mil millones (Banco Mundial, valores actualizados), el Pasivo Ambiental estimado (tomando la segunda estimación) representaría un 11,7% del PIB. Al momento de analizar el resultado obtenido vemos que, sin lugar a dudas, el agua virtual tiene el mayor peso representando casi el 90% del costo ambiental estimado. Este aspecto reviste importancia ya que uno de los principales problemas que se vaticinan para los próximos años es la necesidad de agua potable para satisfacer la población futura (solamente de 2015 a 2023 la población argentina crecerá de 43.298 a 48.766 miles de personas, o sea un 12,6% según el Anuario estadístico de la CEPAL, 2015).

**Tabla 11: Pasivo Ambiental, porcentaje por componente**

| Costo CO2 (U\$S)              | 220  | 37   |
|-------------------------------|------|------|
| Erosión de suelos             | 1,7  | 1,7  |
| Extracción neta de nutrientes | 7,8  | 7,9  |
| Deforestación                 | 0,2  | 0,2  |
| Carbono                       | 2,5  | 0,4  |
| Agua virtual                  | 87,9 | 89,7 |

Fuente: Elaboración propia en base a las estimaciones realizadas de los componentes de Pasivo Ambiental para 2014/2015.

La segunda preocupación que debe tenerse en cuenta es la pérdida de nutrientes del suelo que, junto con los granos de soja, se exportan desde nuestro país sin ningún tipo de compensación y

poniendo en peligro la productividad de la tierra. Básicamente, a través de este subsidio oculto se están generando beneficios de corto plazo a costa de pérdidas en el potencial productivo del suelo.

Debemos recalcar que el dato alentador de la presente estimación es la reducción de la deforestación en nuestro país. Antes de la Ley de Bosques a fines de 2007 Argentina tenía una tasa de deforestación (porcentaje de pérdida anual sobre la superficie remanente) cinco veces superior al promedio mundial. Para ese entonces el promedio de deforestación anual en nuestro país era cercano al 1% siendo que a nivel mundial era del 0,2% según Diego Moreno, director de la organización no gubernamental Fundación Vida Silvestre (Castilla, octubre 2009). A partir de 2008 comenzó un proceso de disminución de la deforestación y, aunque Argentina sigue siendo uno de los países con mayor deforestación en el mundo, actualmente el porcentaje anual es aproximadamente una tercera parte del de 2007.

### **Proyecciones Pasivo Ambiental y Recomendaciones de Política**

Para realizar proyecciones de los resultados obtenidos en la sección anterior primeramente necesitamos estimar la producción de soja para los años venideros, para esto utilizamos el método de suavización exponencial doble o método de Brown obteniendo un  $R^2$  de 0,95 (en el Apéndice 1 del presente trabajo se detallan el método y los resultados obtenidos).

Así, tomando las estimaciones de la producción anual de soja podremos proyectar el pasivo ambiental analizando la evolución de cada uno de sus componentes de acuerdo a ciertos supuestos, especificados en cada caso, y viendo cómo éstos se modificarían si se lograra un uso más sustentable de los recursos<sup>13</sup>.

---

13

Cabe aclarar que para estimar el valor monetario de los componentes se utilizarán los mismos precios que en la sección anterior (actualizados a 2016), es decir, que los valores monetarios que obtendremos en nuestras proyecciones no contemplan la inflación en dólares para años posteriores.

## 1. Erosión

Para realizar esta estimación utilizamos la misma metodología que en la sección anterior y supusimos que el porcentaje de erosión se mantendrá constante (2,14% anual), por lo cual en el año 2020 pasaríamos a contar con 10,5 millones de hectáreas erosionadas aproximadamente. Lo cual representaría un costo de U\$S 1.225,9 millones (tomando el precio establecido anteriormente de U\$S 117,4/ha). Esto representa un aumento del 13,5% respecto de la campaña 2014/2015.

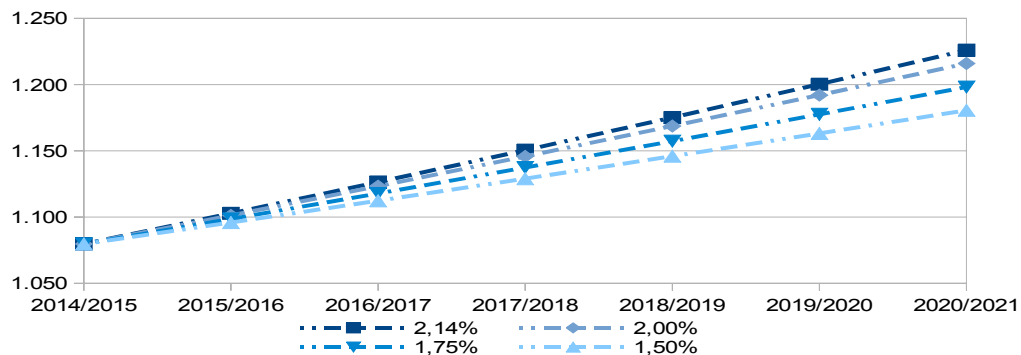
**Tabla 12: Proyecciones, costo por erosión de suelos**  
(millones de dólares)

| Año       | Erosión (ha) | (U\$S)          |
|-----------|--------------|-----------------|
| 2014/2015 | 9.200.000    | <b>1.079,71</b> |
| 2015/2016 | 9.396.880    | <b>1.102,82</b> |
| 2016/2017 | 9.597.973    | <b>1.126,42</b> |
| 2017/2018 | 9.803.370    | <b>1.150,52</b> |
| 2018/2019 | 10.013.162   | <b>1.175,14</b> |
| 2019/2020 | 10.227.444   | <b>1.200,29</b> |
| 2020/2021 | 10.446.311   | <b>1.225,98</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a un porcentaje de erosión de 2,14% anual.

Si el porcentaje de erosión anual se redujera en los próximos años podríamos observar la variación del costo por erosión que muestra al Gráfico 7.

**Gráfico 7: Proyecciones del costo por erosión, variaciones del porcentaje de erosión anual,**  
(millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones especificadas en el Apéndice 2.

Así, si el porcentaje de erosión anual fuese de 2%, el pasivo generado por la erosión de suelos sería un 0,82% menor y si este porcentaje se reduce a 1,5%, sería un 3,7% más bajo.

## 2. Extracción Neta de Nutrientes

Suponiendo que los coeficientes de extracción y reposición se mantienen constantes en los valores presentados para 2014, obtenemos la siguiente estimación:

**Tabla 13: Proyecciones, costo por extracción neta de nutrientes**  
(millones de dólares)

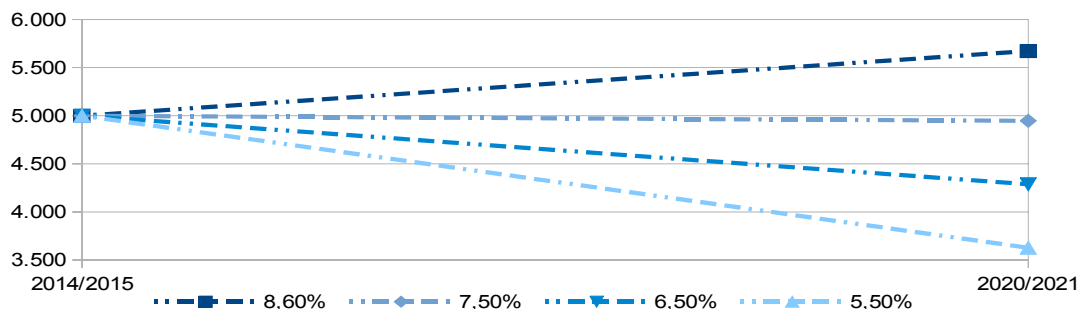
| Año       | (US\$)   |
|-----------|----------|
| 2014/2015 | 4.999,67 |
| 2015/2016 | 4.763,66 |
| 2016/2017 | 4.959,90 |
| 2017/2018 | 5.138,04 |
| 2018/2019 | 5.316,18 |
| 2019/2020 | 5.494,32 |
| 2020/2021 | 5.672,46 |

Fuente: Elaboración propia en base a un coeficiente de extracción de 8,6%.

Podemos observar que si el coeficiente de extracción se mantiene en 8,6% para 2020 el costo por extracción neta de nutrientes aumentaría un 13,5%.

Ahora analizaremos cuál sería la disminución del costo estimado si se redujera el grado de extracción (esto podría lograrse, por ejemplo, con un sistema de rotación de cultivos). El Gráfico 8 muestra los diferentes costos proyectados para la campaña 2020/2021 teniendo en cuenta el coeficiente de extracción actual (8,6%) y sus disminuciones.

**Gráfico 8: Proyecciones del costo de extracción neta de nutrientes, variando el coeficiente de extracción (Kg/tn),**  
(millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones especificadas en el Apéndice 2.

### 3. Deforestación:

Para realizar las proyecciones de hectáreas deforestadas mantendremos los supuestos usados para la estimación de 2014/2015 (63.3% de la deforestación total de las regiones de Yungas y Parque Chaqueño corresponden a la agricultura y un 74% de ellas al cultivo de soja).

Teniendo en cuenta esto las estimaciones se harán en base a la metodología utilizada en el Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo en Argentina 2014-2013 para el cálculo del porcentaje anual de deforestación.

Así, suponiendo que los porcentajes de deforestación en ambas regiones (0,09% en Yungas 0,41% en Parque Chaqueño) no disminuyen en los próximos años podemos estimar el costo de deforestación para los próximos años (usando los U\$S 1400,5 por hectárea calculados anteriormente).

**Tabla 14: Proyecciones, costo por deforestación,**

(millones de dólares)

| Año       | (U\$S)        |
|-----------|---------------|
| 2013/2014 | <b>111,36</b> |
| 2014/2015 | <b>110,91</b> |
| 2015/2016 | <b>110,47</b> |
| 2016/2017 | <b>110,03</b> |
| 2017/2018 | <b>109,59</b> |
| 2018/2019 | <b>109,15</b> |
| 2019/2020 | <b>108,71</b> |
| 2020/2021 | <b>108,28</b> |

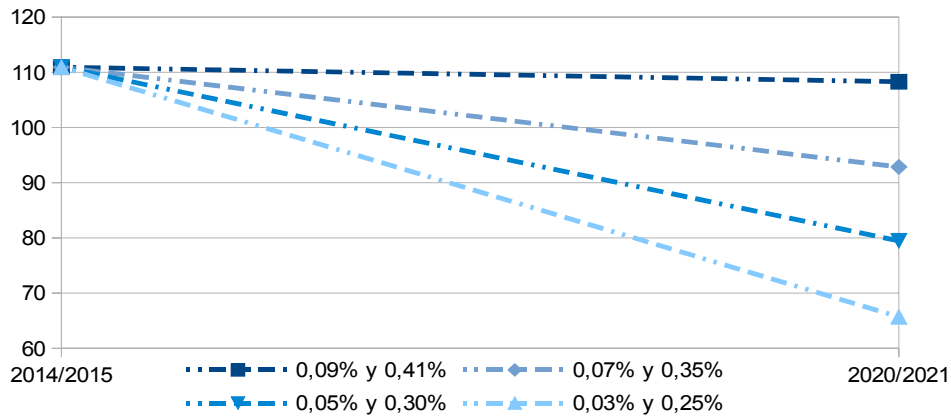
Fuente: Elaboración propia en base a tasas de deforestación anual de 0,09% y 0,41% respectivamente.

\*Los datos para realizar las estimaciones se basan en el Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo en Argentina 2014-2013 .

Como vemos, al mantener constante el porcentaje de deforestación anual, las hectáreas deforestadas se reducen debido a que el área no deforestada disminuye con el tiempo. Por lo tanto, la disminución del costo por deforestación entre 2014 y 2020 sería de 2,4%.

**Gráfico 9: Proyecciones del costo por deforestación, variando porcentaje de deforestación**

(millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones especificadas en el Apéndice 2.

\*Los datos para realizar las estimaciones se basan en el Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo en Argentina 2014-2013

Como vemos en el Gráfico 9, el porcentaje se redujera a 0,07% en la zona de Yungas y 0,35% en Parque Chaqueño obtendríamos un costo de U\$S 92,8 millones para 2020 (14,3% menor).

Para el caso de una deforestación anual del 0,05% y 0,30% en las regiones mencionadas, obtendríamos una reducción del costo del 28,4% y si la disminución llegase a 0,03% y 0,25% respectivamente podríamos llegar a bajar el pasivo generado por deforestación en un 40,8%.

#### **4. Emisión de Carbono**

Para las estimaciones futuras del costo por emisión de carbono causado por deforestación utilizaremos las estimaciones obtenidas en el punto anterior en base a un costo de U\$S 37/tn y supondremos, al igual que para el período 2014/2015, que se emiten 94 tC/ha (Merenson, 2009).

**Tabla 15: Proyecciones, costo por emisión de CO<sub>2</sub>,**  
(millones de dólares)

| Año       | (U\$S)        |
|-----------|---------------|
| 2014/2015 | <b>275,45</b> |
| 2015/2016 | <b>274,35</b> |
| 2016/2017 | <b>273,25</b> |
| 2017/2018 | <b>272,15</b> |
| 2018/2019 | <b>271,06</b> |
| 2019/2020 | <b>269,98</b> |
| 2020/2021 | <b>268,90</b> |

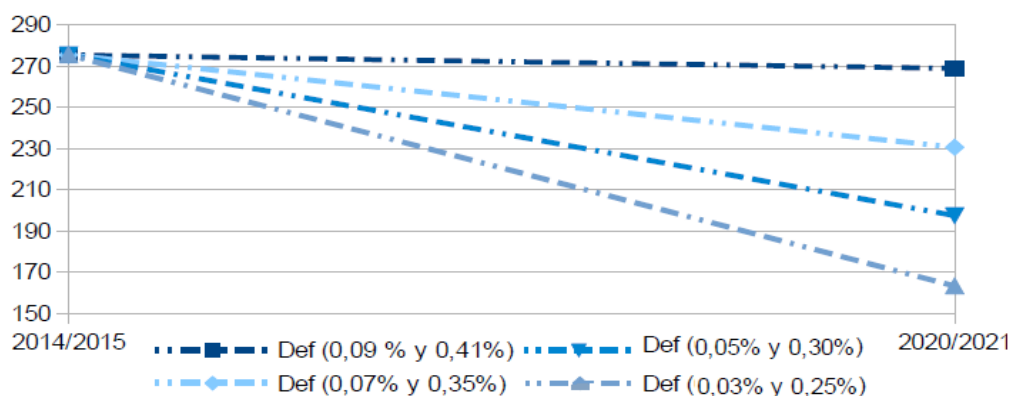
Fuente: Elaboración propia, en base a tasas de deforestación anual de 0,09% y 0,41% respectivamente

\* Se utilizó el precio de U\$S 37/tn para realizar las proyecciones como se detalla en el Apéndice 2.

Para 2020 se estima un costo de U\$S 268,9 millones, el cual es un 2,4% menor que en 2014. Este resultado era de esperarse porque depende directamente de las hectáreas deforestadas y, por lo tanto, presenta la misma disminución que el costo de deforestación.

Teniendo en cuenta los distintos escenarios de disminución en el porcentaje de deforestación usados en el punto anterior podemos ver como cambiaría el costo por emisión de Carbono para la campaña 2020/2021 en el siguiente gráfico.

**Gráfico 10: Proyecciones del costo por emisión de CO<sub>2</sub>, variando porcentaje de deforestación** (millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones especificadas en el Apéndice 2.

\*Los datos para realizar las estimaciones se basan en el Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo en Argentina 2014-2013.

## 5. Agua Virtual

En este punto simplemente se procederá de manera análoga al cálculo realizado para campaña 2014/2015, atribuyendo un valor de 1.250 m<sup>3</sup>/tn (Merenson 2009) y calculando el valor monetario en base a los 0,74 U\$S/m<sup>3</sup> estimados en la sección anterior.

**Tabla 16: Proyecciones, costo generado por agua virtual,**

(millones de dólares)

| Año       | (U\$S)           |
|-----------|------------------|
| 2014/2015 | <b>56.614,58</b> |
| 2015/2016 | <b>54.112,50</b> |
| 2016/2017 | <b>56.341,72</b> |
| 2017/2018 | <b>58.365,28</b> |
| 2018/2019 | <b>60.388,83</b> |
| 2019/2020 | <b>62.412,39</b> |
| 2020/2021 | <b>64.435,95</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a las proyecciones de producción anual de soja especificadas en el Apéndice 1.

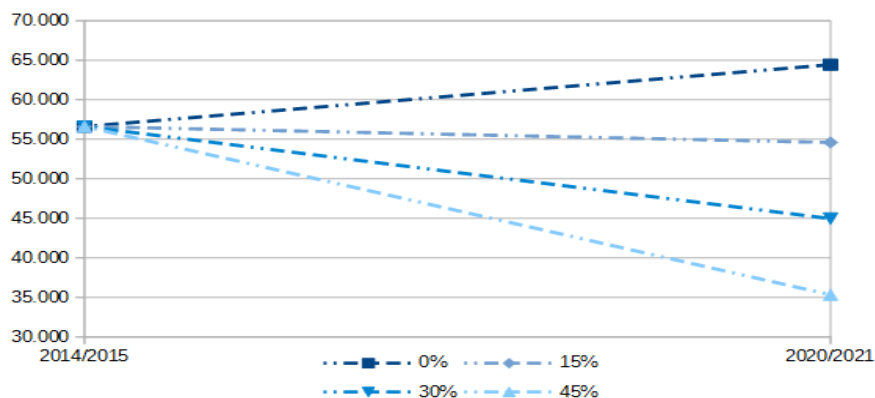
\* La estimación del costo generado por Agua virtual se detalla en el Apéndice 2.

Vemos que para 2020 el costo aumentaría un 13,8%. Ahora bien, podríamos pensar en la posibilidad de internalizar el costo del agua virtual. Por ejemplo, podría implementarse una legislación que apunte a adjudicar al productor parte del costo por agua virtual contenida en el producto. Esto, además, crearía incentivos para generar nuevos métodos de producción apuntando al ahorro de agua.

En el siguiente gráfico podemos ver como se modificaría el pasivo generado por agua virtual en 2020/2021 si el productor afrontara distintos porcentajes del costo por m<sup>3</sup>.



**Gráfico 11: Proyecciones del costo por agua virtual, variando porcentaje asignado al productor**  
(millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones especificadas en el Apéndice 2.

Cabe aclarar que el presente trabajo respalda el concepto de recursos naturales limitados y valiosos por lo cual todo el costo generado por la explotación de los recursos debería ser tenido en cuenta en su totalidad, pero en vistas de la dificultad que tendría implementarlo se decidió mostrar cómo se reducirían las pérdidas si se lograra un reconocimiento, al menos parcial, del agua virtual contenida en los granos de soja.

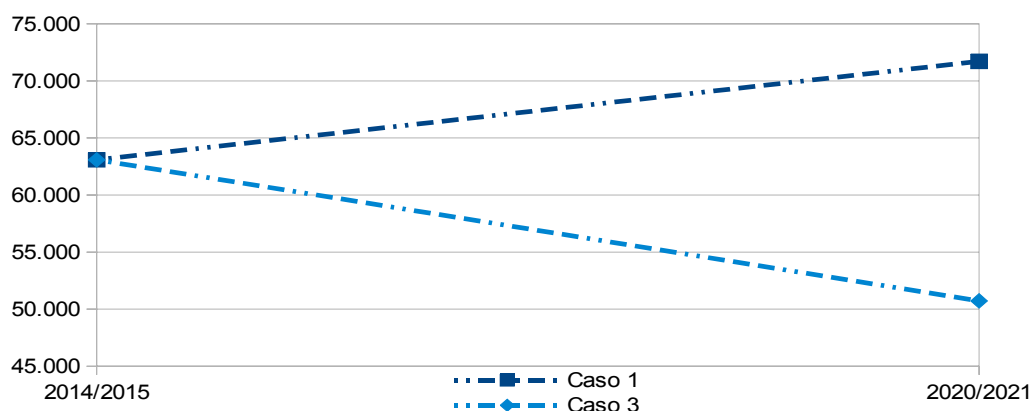
## 6. Pasivo Ambiental 2020/2021, escenarios alternativos

Teniendo en cuenta lo obtenido podemos calcular el Pasivo Ambiental proyectado para la campaña sojera 2020/2021. De las estimaciones anteriores podrían surgir cuatro casos, el primero es el costo estimado si la situación no cambia a futuro, el segundo si se presenta una leve mejoría, luego para una disminución intermedia de la explotación de recursos y el cuarto es un panorama un poco más optimista teniendo en cuenta el punto de partida.

En la presente sección usaremos dos de los cuatro casos posibles (el primero y el tercero), no obstante en el Apéndice 3 se muestran los resultados obtenidos para todos los escenarios.

## Gráfico 12: Proyecciones Pasivo Ambiental,

(millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones especificadas en el Apéndice 3.

\*Caso 1: Erosión 2,14% anual, Coef. de extracción de nutrientes 8,6%, Deforestación anual 0,09% (Yungas), 0,41% (Parque Chaqueño), costo de agua virtual adjudicado al productor 0%.

\*Caso 3: Erosión 1,75% anual, Coef. de extracción de nutrientes 6,5%, Deforestación anual 0,05% (Yungas), 0,30% (Parque Chaqueño), costo de agua virtual adjudicado al productor 30%.

En el primer caso el Pasivo Ambiental obtenido para 2020/2021 es de U\$S 71.711,6 el cual podría reducirse en un 29,3% si se hicieran los esfuerzos necesarios para lograr una explotación más sustentable de recursos (caso 3), esto implicaría un ahorro de U\$S 20.986 millones anuales.

Para lograr la reducción del costo generado por la explotación irresponsable de recursos es indispensable introducir algunos cambios en lo que respecta no sólo a la tecnología de producción de la soja sino también cambios en las políticas públicas. Por un lado, el sistema de rotación de cultivos es el más recomendable para la disminución de erosión de suelos y reposición de nutrientes (INTA, agosto 2013). En lo que respecta a la deforestación si bien se han mostrado avances desde la sanción de la Ley de Bosques (2007), las tasas de deforestación en nuestro país siguen siendo de las más altas del mundo (FAO, 2015). En este caso es necesario reforzar el cumplimiento de la ley mediante controles y asegurando que los permisos se cumplan sin excesos (por consiguiente, al ajustarse la tasa de deforestación se reducirán las emisiones de CO<sub>2</sub>). Para finalizar, debemos decir que es indispensable internalizar los costos generados por el

agua virtual ya que estos representan la mayor parte del Pasivo Ambiental. Haciendo esto se lograría no sólo visibilizar este problema sino que además se generaría un incentivo para innovar en tecnologías de producción que disminuyan el uso de agua.

### **Conclusiones**

El presente trabajo tuvo como finalidad medir los costos que genera el cultivo de soja en Argentina. Además del cómputo de la rentabilidad convencional el principal propósito fue considerar el impacto de los costos ambientales y sociales externalizados por esta actividad. Así, hemos encontrado que existe un monto significativo de pasivos generados por la producción sojera que deben ser puestos en evidencia ya que son deudas que se tienen con los habitantes presentes y futuros del país.

El valor monetario correspondiente a los pasivos ambientales de la campaña sojera 2014/2015 representa un 11,7% del PBI, lo cual implica que las tasas de crecimiento del PBI reveladas esconden costos socioambientales que devendrán en un menor crecimiento futuro. Los pasivos considerados fueron erosión de suelos, extracción neta de nutrientes, deforestación, emisión de carbono y agua virtual. Analizando los resultados obtenidos vemos que los dos conceptos predominantes son el agua virtual y la extracción neta de nutrientes, ambos componentes sumados explican el 97,6% de los costos ambientales provocados por el cultivo de soja. De hecho, la mayor parte de la producción sojera es dedicada a la exportación, por lo tanto, si bien es un producto de vital importancia para el frente externo de nuestro país, también debemos tener en cuenta que se está subsidiando a los países importadores con el valor de los nutrientes y el agua virtual que se exportan junto con las toneladas de soja.

Por otro lado, decir que el costo está siendo soportado por personas ajenas a la actividad no es menor ya que se está subvencionando involuntariamente la producción de soja poniendo en

juego recursos indispensables para asegurar una buena calidad vida para quienes estamos hoy y los que estarán mañana.

Cabe aclarar que la campaña 2014/2015 fue especialmente mala para los productores en cuanto a los bajos precios de la oleaginosa y las altas retenciones, las cuales están siendo aliviadas por el gobierno actual en vistas de mejorar los márgenes del agro. En general esta actividad ha sido altamente rentable lo cual explica el incremento tanto del volumen de producción como de hectáreas cultivadas. Esto, sin embargo, generó incentivos para el uso abusivo de los recursos en vistas de lograr un beneficio individual inmediato que se traduce en pérdidas sociales y ambientales de más largo plazo.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran claramente que no asignar valor económico a los recursos naturales es una grave omisión que incentiva una visión cortoplacista de obtención de rentabilidad privada. Así, el haber encontrado pasivos ambientales realmente significativos se evidencia la necesidad de explorar tecnologías de producción sustentable que contemplen costos socio-ambientales de largo plazo.

Tal como se indicó en la introducción y debido a las limitaciones de esta investigación sólo se han contemplado algunos de los costos ocultos generados por la producción de soja. Cabe igualmente resaltar que son por demás elocuentes las evidencias sobre otros aspectos como problemas de salud por uso de agrotóxicos, inundaciones por desmontes, desplazamiento y desaparición de comunidades, desempleo, pérdida de biodiversidad, entre los principales. Si bien muchos de estos costos son inconmesurables sin lugar a dudas elevarían de forma importante el monto de los subsidios otorgados a la producción sojera.

Esta investigación desnuda la necesidad de tomar conciencia sobre la insustentabilidad de esta actividad y posiblemente de muchas otras. Así, según las proyecciones realizadas en este trabajo se encontró que hacia el año 2020 el pasivo acumulado generado por la producción de soja

alcanzará la suma de U\$S 8.631,2 millones por encima del actual (1,6% del PBI) lo cual se reflejará indudablemente en la disminución de calidad de vida y del crecimiento potencial del producto.

Finalmente, debemos destacar que teniendo en cuenta la existencia de alternativas tecnológicas, esta situación puede revertirse y, por lo tanto, es imprescindible que se refuerce la investigación sobre la sustentabilidad de las actividades económicas considerando tanto los costos de oportunidad ambientales como sociales, ya que las medidas que se tomen para revertir la explotación no sustentable de recursos definirán el escenario de posibilidades futuras. Para este fin es clave que se lleven a cabo políticas de Estado y que se forme equipos transdisciplinarios para estudiar no sólo el impacto ambiental de las actividades económicas sino también las soluciones y alternativas.

### **Bibliografía**

“Balance en rojo para los nutrientes”. (23 de mayo, 2015). *La Nación*. Recuperado de: <http://www.lanacion.com.ar/1794913-balance-en-rojo-para-los-nutrientes>.

“Estimated social cost of climate change not accurate, Stanford scientists say: The "social cost" of carbon dioxide emissions may not be \$37 per ton, as estimated by a recent U.S. government study, but \$220 per ton”. (12 de Enero 2015). Stanford University. Recuperado de: <http://news.stanford.edu/news/2015/january/emissions-social-costs-011215.html>.

“Mercado del CO<sub>2</sub>, inestabilidad y baja de precio”. (19 febrero, 2016). Recuperado de: <http://www.comunicarseweb.com.ar/noticia/mercado-del-co2-inestabilidad-y-baja-de-precio>.

Benítez, S. “Consecuencias del cambio climático en Argentina”. (3 de diciembre 2015). Recuperado de: <http://www.laizquierdadiario.com/Consecuencias-del-cambio-climatico-en-Argentina>.

Carreño LV, Pereyra H, Ricard F., (2010).”Captura y emisión de gases de efecto invernadero”. En: Viglizzo, EF & E Jobbágy (eds.). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su*

*Impacto Ecológico-Ambiental*, INTA. (Pp. 31-36. Buenos Aires, Argentina).

Carreño LV, Viglizzo EF. (2010). “Efecto de la agricultura sobre la provisión de servicios ecosistémicos”. En: Viglizzo, EF & E Jobbágy (eds.). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*, INTA. (Pp. 47-52. Buenos Aires, Argentina).

Casas, R. “La erosión, un daño ambiental que vuelve a aumentar”. (11 julio 2015). Recuperado de: <http://losandes.com.ar/article/la-erosion-un-dano-ambiental-que-vuelve-a-aumentar>.

Castilla, J. “Argentina reduce ritmo deforestación, pero duplica tasa global”. (27 de octubre 2009). Recuperado de: <http://ar.reuters.com/article/topNews/idARN2724626520091027>.

Centro de Estudios Económicos y Sociales Scalabrini Ortiz. (2013). “Costos y Rentabilidad del cultivo de soja en la Argentina”. *Informe Económico Especial*, Nro.2.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2015). “Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe”, Naciones Unidas (Pp.21, Santiago).

Cordone, G. “La Argentina sólo repone el 37% de los nutrientes del suelo”. (4 de Julio 2012), INTA. Recuperado de: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=12116>.

Costanza, R. et al. (1998). “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”. *Ecological Economic*. Vol. 25. (Pp.3-15).

Cruzate, Gustavo A. y Casas, Roberto R. (2012). “Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina”. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. International Plant Nutrition Institute, IAH Ed. 6. (Pp.7-14).

Domec, E. "La Tierra avisa una amenaza silenciosa; la EROSIÓN de los suelos". (16 de agosto, 2013). Recuperado de:<http://bitacorasiete1000.blogspot.com.ar/2007/08/una-amenaza-silenciosa-la-erosin-de-los.html>.

Ferrari, M. (2010). “¿Nuestros actuales sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables?”. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI). Georgia (USA).

Gallardo, S. “El precio del agua”. (15 de agosto, 2013). Recuperado de: <http://nexciencia.exactas.uba.ar/agua-ecologia-huella-hidrica>

Gasparri, I; Grau RH & Manghi E. (2008). “Carbon pools and emissions from deforestation in extratropical forests of Northern Argentina between 1900 and 2005”. *Ecosystems* 11. (Pp.1247-1261).

Gordillo, G., Obed Méndez J. (2013). “Seguridad y Soberanía Alimentaria”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Hoekstra, A.Y. y Chapagain, A.K. (2008). “Globalization of water: Sharing the planet’s freshwater resources”. Blackwell Publishing, Oxford, UK. (Pp.14).

Hoekstra, A.Y. y Hung, P.Q. (2002). “Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade”. *Value of water research report series*. N° 11, IHE Delft. The Netherlands.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. “El costo de la erosión: al año se pierden \$1.100 por hectárea”. (30 de Julio 2014). Recuperado de: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=23007>.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. “Siembra directa: la elegida para conservar el suelo”. (7 de Agosto 2013). Recuperado de: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=18029>.

Merenson, C. (2009). “Estimación del Pasivo Ambiental del Cultivo de Soja en Argentina”. Centro de Estudios e Investigación Social Nelson Mandela DD.HH, Resistencia- Chaco.

Millennium Ecosystem Assessment, MEA. (2003). "Ecosystem and Human Well-Being. A Framework for assessment". World Resources Institute, (P.p 212, Washington DC).

Moore, Frances, C. Diaz, B. Delavane. (2015). "Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy". *Nature Climate Change*. Vol 5. (Pp. 127 -131).

Núñez H., Gonzalez Gaudiano E., Barahona A. (2003). "La Biodiversidad: Historia y Contexto de un concepto". *Interciencia*. Vol 28. (Pp. 387-393, Caracas Venezuela).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2015). "Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015". Departamento Forestal, Roma.

Pengue, Walter A. (2006). "Agua virtual", agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras. *Fronteras*, Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (GEPAMA). Ed.5 (Pp. 14-25).

Pengue, Walter A. "Los Intangibles Ambientales". (23 de mayo, 2012). Recuperado de: [http://www.ecoportal.net/Blogs/Economia\\_Ecologica\\_-\\_Blog\\_del\\_Dr.\\_Walter\\_Pengue/Los\\_Intangibles\\_Ambientales\\_Walter\\_A.\\_Pengue](http://www.ecoportal.net/Blogs/Economia_Ecologica_-_Blog_del_Dr._Walter_Pengue/Los_Intangibles_Ambientales_Walter_A._Pengue)

Pincén, D, Viglizzo, EF, Carreño, LV, Frank F. (2010). "La relación soja-ecología-ambiente. Entre el mito y la realidad". En: Viglizzo, EF & E. Jobbágy (eds.). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. INTA. (Pp. 53-61. Buenos Aires, Argentina).

Roulet, Néstor E. "Soja: Los últimos números de la campaña 2014/15". (18 de Febrero 2015). Recuperado de: <http://agroblog.com.ar/agricultura/soja-los-ultimos-numeros-de-la-campana-201415.html>.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental. (2015). "Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina: período 2013-2014". Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal



(UMSEF) de la Dirección de Bosques.

United States Department of Agriculture, USDA. (2016). “World Agricultural Supply and Demand Estimate”.

Viano L. “Argentina, uno de los mayores exportadores de agua virtual”. (18 de Febrero 2013). Recuperado de: <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/argentina-uno-mayores-exportadores-agua-virtual>.

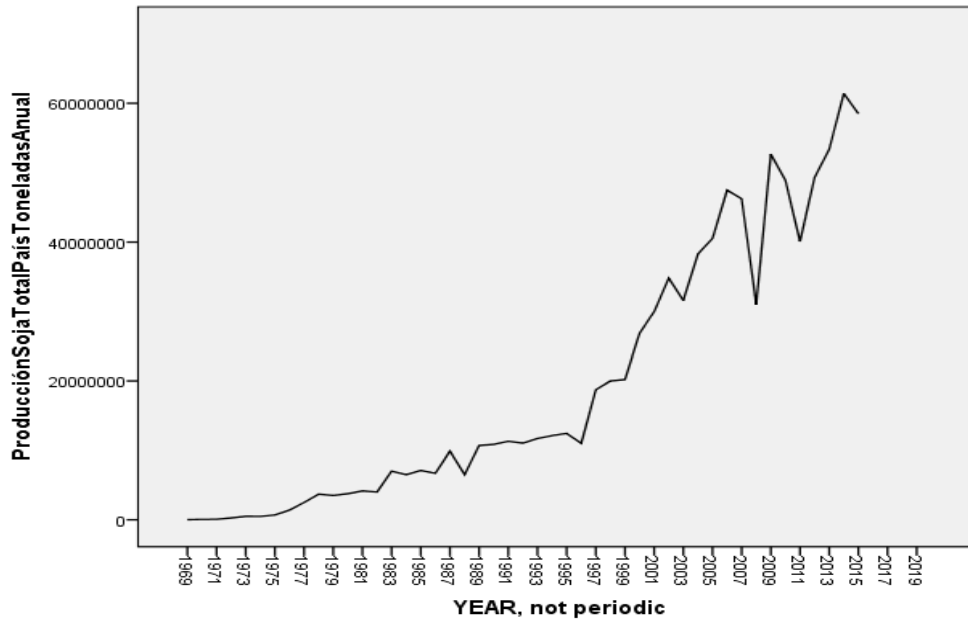
Viglizzo ,E. ,Frank F., Carreño L., Jobbágy E., Pereyra,H., Clatt J., Pincén D.y Ricard, M . F. (2010). “Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina”. *Global Change Biology*.

Viglizzo E. (2011). “La soja y los bosques natives”. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. INTA*. Recuperado de:<http://ria.inta.gov.ar/?p=414>.

Viglizzo, EF; LV Carreño; H Pereyra; F Ricard; J Clatt; D Pincén. (2010). “Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico”. En: Viglizzo, EF & E Jobbágy (eds.). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. INTA (Pp. 9-16. Buenos Aires, Argentina).

## Apéndice 1: Proyecciones producción anual de soja

Gráfico A1.1: Producción de soja total país, 1969-2015



Al analizar el gráfico de la serie de tiempo notamos que muestra tendencia positiva. El método que usaremos para pronosticar los valores de producción de soja anuales es el de suavizado exponencial doble o método de Brown.

Este método se basa en calcular una suavización exponencial simple para cada valor de la serie y, una vez realizado esto, se calcula nuevamente una suavización exponencial simple sobre los resultados arrojados por la primera.

En el caso de la suavización exponencial simple se obtienen las estimaciones usando el promedio exponencial de los mismos, por lo tanto los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones recientes. Es decir, dándole valor  $\alpha$  a la ponderación de la observación más reciente,  $(1-\alpha)$  a la anterior,  $(1-\alpha)^2$  a la siguiente y así sucesivamente hasta completar los valores de la serie.

Luego el pronóstico será el valor obtenido al calcular el promedio ponderado:

$$P_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(\alpha-1)Y_{t-1} + \alpha(\alpha-1)^2 Y_{t-2} + \dots + \alpha(\alpha-1)^{n-1} Y_{t-(n-1)} \quad ; \quad P_{t+1} = \alpha Y_t + (\alpha-1)P_t$$

Siendo:

$Y_t$ : valor de la serie en el período t.

$P_{t+1}$ : Predicción para el período t+1.

$P_t$ : Predicción en el período t.

$\alpha$ : Factor de suavización,  $(0 \leq \alpha \leq 1)$

Por último cabe aclarar que el valor de  $\alpha$  que debemos utilizar es el que minimiza el ECM (error cuadrático medio)

Para aplicar el método de suavización exponencial doble, entonces, tenemos la siguiente fórmula:

$$Y'_t = \alpha P_t + (1-\alpha)Y'_{t-1}$$

Siendo:

$P_t$ : Valor atenuado según modelo de suavización exponencial simple, en el período t.

$Y'_t$ : Valor pronosticado en la segunda suavización exponencial en el período t.

$Y'_{t-1}$ : Valor pronosticado en la segunda suavización exponencial en el período t-1.

$\alpha$ : Factor de suavización,  $(0 \leq \alpha \leq 1)$

Para pronosticar a futuro se usa una interpolación lineal que contempla el componente de tendencia, entonces se realiza el siguiente cálculo:

$$\hat{Y}_{t+j} = a_t + j \times (b_t)$$

Siendo:

$$a_t = 2 \times P_t - Y'_t$$

$$b_t = \left( \frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \times (P_t - Y'_t)$$

Donde:

$\hat{Y}_{t+j}$  : Valor pronosticado agregando tendencia lineal para el período t+j.

$A_t$ : Ordenada al origen para el modelo lineal en el período t

$b_t$ : Pendiente de la tendencia lineal en el período t.

j: cantidad de períodos a pronosticar.

### Resultados:

Estadísticos del modelo

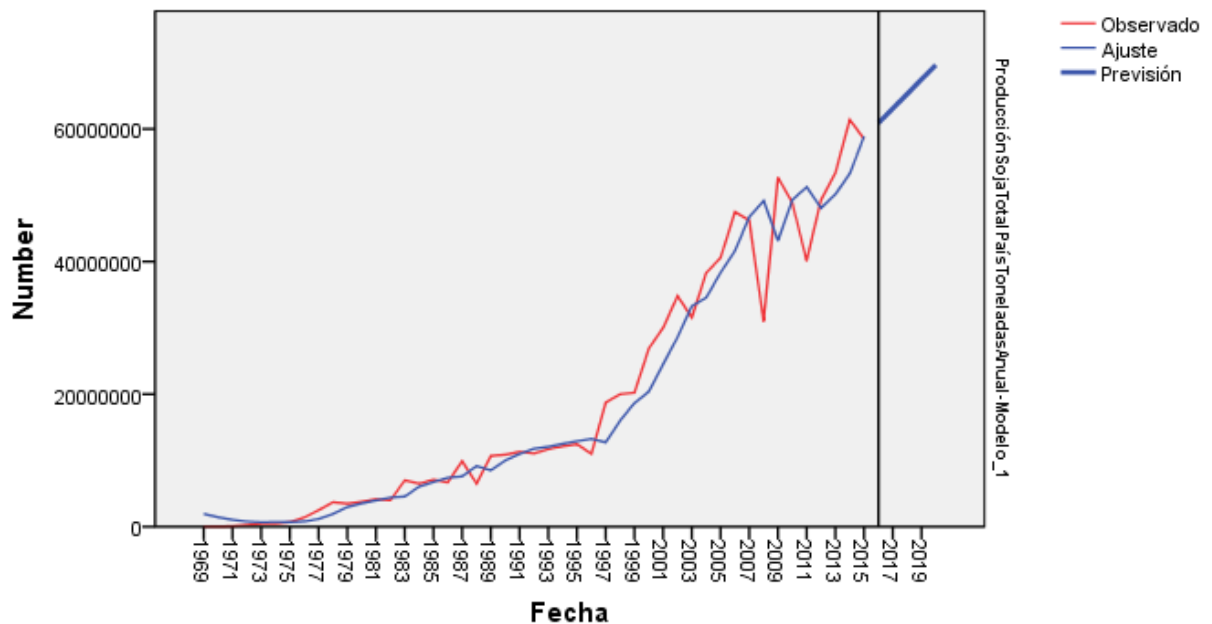
| Modelo   | Número de predictores | Estadísticos de ajuste del modelo |             | Ljung-Box Q(18) |    |      | Número de valores atípicos |
|--|-----------------------|-----------------------------------|-------------|-----------------|----|------|----------------------------|
|  |                       | R-cuadrado                        | RMSE        | Estadísticos    | GL | Sig. |                            |
| ProducciónSojaTotalPaísToneladasAnual-Modelo_1 | 0                     | ,946                              | 4398432,294 | 17,629          | 17 | ,413 | 0                          |

Previsión

| Modelo   |           | 2016     | 2017     | 2018     | 2019     | 2020     |
|--|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ProducciónSojaTotalPaísToneladasAnual-Modelo_1 | Previsión | 60909964 | 63097595 | 65285226 | 67472857 | 69660488 |
|  | LCS       | 69763549 | 72901844 | 76163195 | 79535544 | 83008133 |
|  | LCI       | 52056379 | 53293347 | 54407258 | 55410171 | 56312844 |

Para cada modelo, las predicciones comienzan después del último valor no perdido del rango del período de estimación solicitado y finalizan en el último período para el que hay disponibles valores no perdidos de todos los predictores o en la fecha de finalización del período de predicción solicitado, lo que ocurra antes.

**Gráfico A1.2: Proyecciones producción de soja total país, 2016-2020**



El modelo estimado presenta un  $R^2$  de 0,946 por lo cual es aceptable para realizar nuestra proyección, el estadístico de Ljung-Box, también conocido como el estadístico Box-Pierce modificado, proporciona una indicación de si el modelo se ha especificado correctamente. Un valor de significación inferior a 0,05 implica que existe una estructura en la serie observada que el modelo no explica. El valor de 0,413 que se muestra aquí no es significativo, por lo que no habría evidencia para pensar que el modelo no está correctamente especificado.

## Apéndice 2: Proyecciones componentes del Pasivo Ambiental

### 1. Erosión de suelos

**Tabla A2.1: Erosión anual 2,14%, costo en millones de dólares.**

| Año       | Erosión (ha) | (U\$S)          |
|-----------|--------------|-----------------|
| 2014/2015 | 9.200.000    | <b>1.079,71</b> |
| 2015/2016 | 9.396.880    | <b>1.102,82</b> |
| 2016/2017 | 9.597.973    | <b>1.126,42</b> |
| 2017/2018 | 9.803.370    | <b>1.150,52</b> |
| 2018/2019 | 10.013.162   | <b>1.175,14</b> |
| 2019/2020 | 10.227.444   | <b>1.200,29</b> |
| 2020/2021 | 10.446.311   | <b>1.225,98</b> |

Fuente: Elaboración propia .Partiendo de los datos de la Tabla 3.

**Tabla A2.2: Erosión anual 2%, costo en millones de dólares.**

| Año       | Has erosionadas | (U\$S)          |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 2014/2015 | 9.200.000       | <b>1.079,71</b> |
| 2015/2016 | 9.384.000       | <b>1.101,31</b> |
| 2016/2017 | 9.571.680       | <b>1.123,33</b> |
| 2017/2018 | 9.763.114       | <b>1.145,80</b> |
| 2018/2019 | 9.958.376       | <b>1.168,71</b> |
| 2019/2020 | 10.157.543      | <b>1.192,09</b> |
| 2020/2021 | 10.360.694      | <b>1.215,93</b> |

Fuente: Elaboración propia .Partiendo de los datos de la Tabla 3.

**Tabla A2.3: Erosión anual 1,75%, costo en millones de dólares.**

| Año       | Has erosionadas | (U\$S)          |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 2014/2015 | 9.200.000       | <b>1.079,71</b> |
| 2015/2016 | 9.361.000       | <b>1.098,61</b> |
| 2016/2017 | 9.524.818       | <b>1.117,83</b> |
| 2017/2018 | 9.691.502       | <b>1.137,39</b> |
| 2018/2019 | 9.861.103       | <b>1.157,30</b> |
| 2019/2020 | 10.033.672      | <b>1.177,55</b> |
| 2020/2021 | 10.209.262      | <b>1.198,16</b> |

Fuente: Elaboración propia .Partiendo de los datos de la Tabla 3.

**Tabla A2.4: Erosión anual 1,5%, costo en millones de dólares.**

| Año       | Has erosionadas | (U\$S)          |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 2014/2015 | 9.200.000       | <b>1.079,71</b> |
| 2015/2016 | 9.338.000       | <b>1.095,91</b> |
| 2016/2017 | 9.478.070       | <b>1.112,35</b> |
| 2017/2018 | 9.620.241       | <b>1.129,03</b> |
| 2018/2019 | 9.764.545       | <b>1.145,97</b> |
| 2019/2020 | 9.911.013       | <b>1.163,16</b> |
| 2020/2021 | 10.059.678      | <b>1.180,60</b> |

Fuente: Elaboración propia .Partiendo de los datos de la Tabla 3.

## 2. Extracción de nutrientes

**Tabla A2.5: Estimación del costo de extracción neta de nutrientes para la campaña 2020/2021, variando el coeficiente de extracción, costo en millones de dólares.**

| Producción proyectada | Coef. de extracción | Extracción (tn) | % Reposición | Reposición (tn) | Extracción neta (tn) | Equivalente en fertilizantes(tn) | (US\$)          |
|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------|----------------------------------|-----------------|
| 69.660.488            | <b>8,60%</b>        | 5.990.802       | 29,37%       | 1.759.763       | 4.231.039            | 10.218.153                       | <b>5.672,46</b> |
| 69.660.488            | <b>7,50%</b>        | 5.224.537       | 29,37%       | 1.534.677       | 3.689.859            | 8.911.180                        | <b>4.946,91</b> |
| 69.660.488            | <b>6,50%</b>        | 4.527.932       | 29,37%       | 1.330.054       | 3.197.878            | 7.723.022                        | <b>4.287,32</b> |
| 69.660.488            | <b>5,50%</b>        | 3.831.327       | 29,37%       | 1.125.430       | 2.705.897            | 6.534.865                        | <b>3.627,74</b> |

Fuente: Elaboración propia, en base a las estimaciones realizadas en el Apéndice 1. Partiendo de los datos de la Tabla 4.

## 3. Deforestación

**Tabla A2.6: Estimación del costo por deforestación, 0,09% y 0,41% deforestación anual para Yungas y Parque Chaqueño respectivamente.**

(millones de dólares)

| Estimación Has deforestadas | Yungas (ha) | Parque Chaqueño (ha) | Total (ha) | Agricultura (63,3%) | Soja (74%) | (US\$ )       |
|-----------------------------|-------------|----------------------|------------|---------------------|------------|---------------|
| 2013/2014                   | 4.493       | 165.262              | 169.755    | 107.455             | 79.517     | <b>111,36</b> |
| 2014/2015                   | 4.489       | 164.586              | 169.075    | 107.024             | 79.198     | <b>110,91</b> |
| 2015/2016                   | 4.485       | 163.913              | 168.398    | 106.596             | 78.881     | <b>110,47</b> |
| 2016/2017                   | 4.481       | 163.243              | 167.723    | 106.169             | 78.565     | <b>110,03</b> |
| 2017/2018                   | 4.477       | 162.575              | 167.052    | 105.744             | 78.250     | <b>109,59</b> |
| 2018/2019                   | 4.473       | 161.910              | 166.383    | 105.320             | 77.937     | <b>109,15</b> |
| 2019/2020                   | 4.469       | 161.248              | 165.717    | 104.899             | 77.625     | <b>108,71</b> |
| 2020/2021                   | 4.465       | 160.588              | 165.053    | 104.479             | 77.314     | <b>108,28</b> |

Fuente: Estimaciones propias partiendo de la Tabla 7.

**Tabla A2.7: Estimación del costo por deforestación campaña 2020/2021, 0,07% y 0,35% deforestación anual para Yungas y Parque Chaqueño respectivamente.**

(millones de dólares)

| Has deforestadas | Yungas (ha) | Parque Chaqueño (ha) | Total (ha) | Agricultura (63,3%) | Soja (74%) | (US\$)       |
|------------------|-------------|----------------------|------------|---------------------|------------|--------------|
| 2020/2021        | 3.475       | 138.726              | 142.201    | 89.587              | 66.294     | <b>92,84</b> |

Fuente: Estimaciones propias partiendo de la Tabla 7.

**Tabla A2.8: Estimación del costo por deforestación campaña 2020/2021, 0,05% y 0,30% deforestación anual para Yungas y Parque Chaqueño respectivamente.**

(millones de dólares)

| Has deforestadas | Yungas (ha) | Parque Chaqueño (ha) | Total (ha) | Agricultura (63,3%) | Soja (74%) | (U\$S)       |
|------------------|-------------|----------------------|------------|---------------------|------------|--------------|
| 2020/2021        | 2.485       | 119.235              | 121.720    | 76.684              | 56.746     | <b>79,47</b> |

Fuente: Estimaciones propias partiendo de la Tabla 7.

**Tabla A2.9: Estimación del costo por deforestación campaña 2020/2021, 0,03% y 0,25% deforestación anual para Yungas y Parque Chaqueño respectivamente.**

(millones de dólares)

| Has deforestadas | Yungas (ha) | Parque Chaqueño (ha) | Total (ha) | Agricultura (63,3%) | Soja (74%) | (U\$S)       |
|------------------|-------------|----------------------|------------|---------------------|------------|--------------|
| 2020/2021        | 1.493       | 99.140               | 100.632    | 63.398              | 46.915     | <b>65,70</b> |

Fuente: Estimaciones propias partiendo de la Tabla 7.

#### 4. Emisión de Carbono

**Tabla A2.10: Estimación del costo por emisión de CO<sub>2</sub>, 0,09% y 0,41% deforestación anual para Yungas y Parque Chaqueño respectivamente.**

(millones de dólares)

| Año       | Has deforestadas por soja | CO <sub>2</sub> (tn/ha) | Total (tn) | *37, total (U\$S) |
|-----------|---------------------------|-------------------------|------------|-------------------|
| 2014/2015 | 79.198                    | 94                      | 7.444.612  | <b>275,45</b>     |
| 2015/2016 | 78.881                    | 94                      | 7.414.806  | <b>274,35</b>     |
| 2016/2017 | 78.565                    | 94                      | 7.385.109  | <b>273,25</b>     |
| 2017/2018 | 78.250                    | 94                      | 7.355.534  | <b>272,15</b>     |
| 2018/2019 | 77.937                    | 94                      | 7.326.078  | <b>271,06</b>     |
| 2019/2020 | 77.625                    | 94                      | 7.296.743  | <b>269,98</b>     |
| 2020/2021 | 77.314                    | 94                      | 7.267.527  | <b>268,90</b>     |

Fuente: Estimaciones propias en base los resultados obtenidos en la tabla A2.6



**Tabla A2.11: Estimación del costo por emisión de CO<sub>2</sub>, variando deforestación anual para Yungas y Parque Chaqueño respectivamente.**

(millones de dólares)

| Campaña 2020/2021   | Has deforestadas por soja | CO2 (tn/ha) | Total (tn) | *37, total (U\$S) |
|---------------------|---------------------------|-------------|------------|-------------------|
| Def (0,07% y 0,35%) | 66.294                    | 94          | 6.231.639  | <b>230,57</b>     |
| Def (0,05% y 0,30%) | 56.746                    | 94          | 5.334.120  | <b>197,36</b>     |
| Def (0,03% y 0,25%) | 46.915                    | 94          | 4.409.977  | <b>163,17</b>     |

Fuente: Estimaciones propias partiendo de las tablas A2.7, A2.8 y A2.9.

## 5. Agua Virtual

**A2.12: Estimación costo por Agua virtual, 2014/2015-2020/2021, millones de dólares.**

| Año       | Proyecciones producción de soja | (U\$S)           |
|-----------|---------------------------------|------------------|
| 2014/2015 | 61.398.272                      | <b>56.614,58</b> |
| 2015/2016 | 58.500.000                      | <b>54.112,50</b> |
| 2016/2017 | 60.909.964                      | <b>56.341,72</b> |
| 2017/2018 | 63.097.595                      | <b>58.365,28</b> |
| 2018/2019 | 65.285.226                      | <b>60.388,83</b> |
| 2019/2020 | 67.472.857                      | <b>62.412,39</b> |
| 2020/2021 | 69.660.488                      | <b>64.435,95</b> |

Fuente: Estimaciones propias en base a los resultados del Apéndice 1 y Merenson (2009).

**A2.13: Estimación costo por Agua virtual campaña 2020/2021, variando porcentaje del costo internalizado por el productor, millones de dólares.**

| Porcentaje del costo que se adjudica al productor | Producción de soja proyectada | Agua virtual total | U\$S/m <sup>3</sup> | U\$S             |
|---|-------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 15%   | 69.660.488                    | 87.075,61          | 0,63                | <b>54.598,11</b> |
| 30%   | 69.660.488                    | 87.075,61          | 0,52                | <b>44.963,15</b> |
| 45%   | 69.660.488                    | 87.075,61          | 0,41                | <b>35.328,19</b> |

Fuente: Estimaciones propias en base a los resultados del Apéndice 1 y Merenson (2009).

### Apéndice 3: Proyecciones Pasivo Ambiental, distintos casos

#### Caso 1:

Porcentaje de suelos erosionados: 2,14% anual

Coefficiente de extracción de nutrientes: 8,6%

Porcentaje de deforestación anual: 0,09% para Yungas, 0,41% para Parque Chaqueño

Porcentaje del costo de agua virtual adjudicado al productor: 0%

**Tabla A3.1: Pasivo ambiental proyectado 2020/2021, Caso 1**

(millones de dólares)

| Caso 1                   | Costo proyectado 2020/2021 |
|--------------------------|----------------------------|
| Erosión de suelos        | 1.225,98                   |
| Extracción de nutrientes | 5.672,46                   |
| Deforestación            | 108,28                     |
| Carbono                  | 268,90                     |
| Agua virtual             | 64.435,95                  |
| <b>TOTAL</b>             | <b>71.711,56</b>           |

Fuente: Elaboración propia en base a las tablas A2.1, A2.5, A2.6, A2.10, A2.12.

#### Caso 2:

Porcentaje de suelos erosionados: 2% anual

Coefficiente de extracción de nutrientes: 7,5%

Porcentaje de deforestación anual: 0,07% para Yungas, 0,35% para Parque Chaqueño

Porcentaje del costo de agua virtual adjudicado al productor: 15%

**Tabla A3.2: Pasivo ambiental proyectado 2020/2021, Caso 2**

(millones de dólares)

| Caso 2                   | Costo proyectado 2020/2021 |
|--------------------------|----------------------------|
| Erosión de suelos        | 1.215,93                   |
| Extracción de nutrientes | 4.946,91                   |
| Deforestación            | 92,84                      |
| Carbono                  | 230,57                     |
| Agua virtual             | 54.598,11                  |
| <b>TOTAL</b>             | <b>61.084,36</b>           |

Fuente: Elaboración propia en base a las tablas A2.2, A2.5, A2.7, A2.11, A2.13.

**Caso 3:**

Porcentaje de suelos erosionados: 1,75% anual

Coefficiente de extracción de nutrientes: 6,5%

Porcentaje de deforestación anual: 0,05% para Yungas, 0,30% para Parque Chaqueño

Porcentaje del costo de agua virtual adjudicado al productor: 30%

**Tabla A3.3: Pasivo ambiental proyectado 2020/2021, Caso 3**

(millones de dólares)

| Caso 3                   | Costo proyectado 2020/2021 |
|--------------------------|----------------------------|
| Erosión de suelos        | 1.198,16                   |
| Extracción de nutrientes | 4.287,32                   |
| Deforestación            | 79,47                      |
| Carbono                  | 197,36                     |
| Agua virtual             | 44.963,15                  |
| <b>TOTAL</b>             | <b>50.725,46</b>           |

Fuente: Elaboración propia en base a las tablas A2.3, A2.5, A2.8, A2.11, A2.13.

#### Caso 4:

Porcentaje de suelos erosionados: 1,50% anual

Coefficiente de extracción de nutrientes: 5,5%

Porcentaje de deforestación anual: 0,03% para Yungas, 0,25% para Parque Chaqueño

Porcentaje del costo de agua virtual adjudicado al productor: 45%

**Tabla A3.4: Pasivo ambiental proyectado 2020/2021, Caso 4**

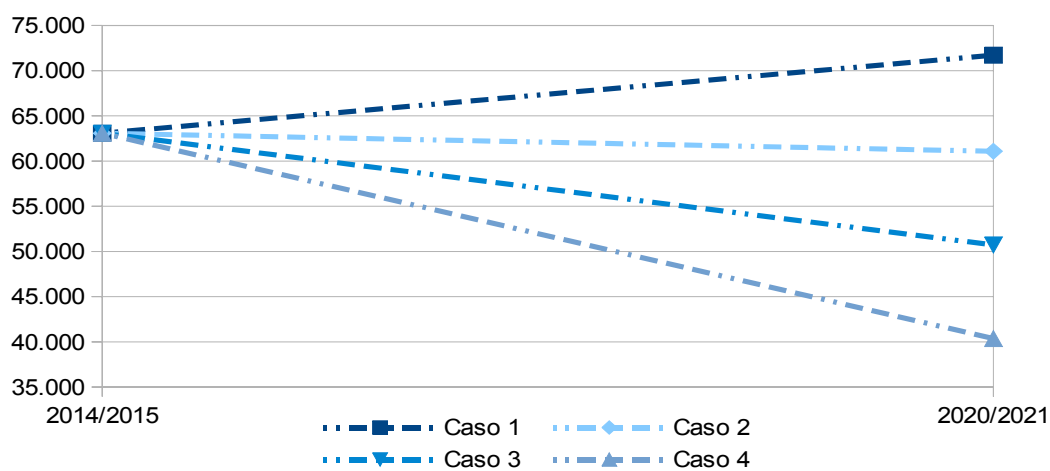
(millones de dólares)

| Caso 4                   | Costo proyectado 2020/2021 |
|--------------------------|----------------------------|
| Erosión de suelos        | 1.180,60                   |
| Extracción de nutrientes | 3.627,74                   |
| Deforestación            | 65,70                      |
| Carbono                  | 163,17                     |
| Agua virtual             | 35.328,19                  |
| <b>TOTAL</b>             | <b>40.365,40</b>           |

Fuente: Elaboración propia en base a las tablas A2.4, A2.5, A2.9, A2.11, A2.13.

**Gráfico A3.1: Proyecciones Pasivo Ambiental, distintos casos**

(millones de dólares)



Fuente: elaboración propia en base a las tablas A3.1, A3.2, A3.3, A3.4.