



ArgenTrigo

Asociación Argentina de Trigo

# Huella de Carbono de la Cadena de Trigo Argentina



**Fecha de Informe: 26/10/2020**

**Solicitante** **ARGENTRIGO - ASOCIACIÓN ARGENTINA DE TRIGO**  
Av. Corrientes N° 123 - C.P: C1043AAB  
Localidad: C.A.B.A.

**Título del informe** **Huella de Carbono de la cadena de trigo de Argentina**

**Fecha de realización** De Marzo a Octubre de 2020.

**Lugar de realización** **DEPTO. DE QUÍMICA ANALÍTICA Y RESIDUOS URBANOS CENTRO**  
Dirección Técnica Occidental  
Subgerencia Operativa Región Centro  
gestioncba@inti.gov.ar  
Avenida Vélez Sársfield 1561  
X5000JKC, Córdoba  
Córdoba, Argentina

**Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**  
www.inta.gov.ar  
Plataforma Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales (I163)  
Bongiovanni.rodolfo@inta.gov.ar  
Estación Experimental Agropecuaria Manfredi  
Ruta 9 km 636, X5988AAB MANFREDI, Argentina





La Huella de Carbono representa la totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto (ISO, 2013). Es la medida de uno de los impactos que provocan las actividades del hombre sobre el ambiente. Las emisiones de GEI contribuyen al cambio climático mediante la aceleración del calentamiento global (ISO, 2006). Los gases de efecto invernadero más comúnmente conocidos son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), entre otros.

Se calcula y analiza la Huella de Carbono de la cadena del trigo producido en Argentina, hasta la obtención de tres productos:

**1** GRANO DE TRIGO



**2** HARINA<sup>1</sup>



**3** PASTA SECA DE SÉMOLA<sup>2</sup>



Las unidades funcionales de este estudio son cuatro:

1 T DE GRANO



en la puerta del campo



1 T DE GRANO



en el puerto de exportación



1 KG DE HARINA



en el cliente del molino harinero



1 KG DE PASTA SECA



en el cliente del molino fideero.



Se incluyen la producción y uso de insumos agrícolas (agroquímicos, fertilizantes, combustibles, semillas), la producción de sus envases, las emisiones derivadas de la quema de combustibles en el transporte y en las labores agrícolas (siembra, fertilización, pulverización y cosecha), las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y las originadas por la descomposición de los residuos de cosecha.

En los molinos se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas del uso de energía y combustibles, de la producción y transporte de los insumos y packaging y del transporte de la materia prima principal: trigo, desde el campo hasta los acopios y desde éstos hasta la industria. Por último, el transporte del producto terminado (harina y pasta seca) hasta el distribuidor, que es el cliente de la industria.

Para asignar las cargas ambientales entre los distintos productos y sub-productos que se obtienen del procesamiento del grano de trigo, se usó el método de asignación económico, que consiste en valorar las cantidades físicas obtenidas de cada uno, con su precio de mercado.

<sup>1</sup> Código Alimentario HARINAS Artículo 661 - (Res 167, 26.1.82) Con la denominación de Harina, sin otro calificativo, se entiende el producto obtenido de la molienda del endosperma del grano de trigo que responda a las exigencias de éste.

<sup>2</sup> Código Alimentario SEMOLA Artículo 668 - (Dec 2370, 28.3.73 y Res 2878, 28.9.79) Se entiende por sémola, sin otro calificativo, el producto más o menos granuloso que se obtiene por la ruptura industrial del endosperma del *Triticum durum* Desf., libre de sustancias extrañas e impurezas.

## Los métodos utilizados siguen las normas ISO 14067 (ISO, 2013) y las directrices del IPCC (IPCC, 2019)



La Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina resultó en **146,5 kg CO2 eq / t de trigo en la puerta del campo.**

Considerando esta misma huella según distintos niveles tecnológicos analizados, resulta en 145,5 kg CO2 eq / t en el nivel Alto; 144,6 kg CO2 eq / t en el nivel Medio y 169,1 kg CO2 eq / t de trigo en el nivel Bajo.

A la huella del trigo en el campo se le suman 38 kg CO2 eq/t por el transporte para llegar al puerto de exportación, lo que resulta en un total de **184,4 kg CO2 eq/t de trigo en el puerto.**

Por otro lado, en la industria, los resultados indican una Huella de Carbono de **343 g CO2 eq / kg de harina en el cliente del molino harinero.**

A su vez, la Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola en el cliente del molino fideero es de **541 g CO2 eq / kg de pasta.**

En la producción primaria de trigo, el principal punto caliente (hotspot) desde el punto de vista ambiental son las emisiones de N2O derivadas de los residuos de cosecha, aéreos y subterráneos que representan 34% del total a campo y 27% del total en el puerto. En segundo lugar, se encuentran las emisiones por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (19% de las emisiones a campo y 15% de las emisiones del trigo puesto en el puerto). En tercer lugar, las emisiones por la producción y quema de combustible en las labores agrícolas (18% y 14% de las emisiones) y en cuarto lugar las emisiones por la producción de los fertilizantes (15% y 12% de las emisiones). No obstante, cuando se considera individualmente la unidad funcional 1 t de trigo en puerto, aparece el transporte en segundo lugar, con un 21% de la huella.

En el caso de la harina pan, la etapa de producción primaria del grano de trigo representa el 50% de la huella (173 g CO2 eq/kg), seguido por el

transporte al cliente que representa el 14% (48 g CO2 eq/kg), el transporte del trigo desde el campo hasta el molino 12% (43 g CO2 eq/kg), y el uso de aditivos a la harina 12% (41 g CO2 eq/kg). Los procesos que ocurren dentro del molino junto al packaging y los pallets suman un 11% más de impacto (38 g CO2 eq/kg).

Los resultados de la Huella de Carbono de la pasta seca muestran que la etapa agrícola es responsable por el 34% del impacto (181 g CO2 eq/kg) de la cadena productiva, mientras que el transporte del trigo desde el campo explica el 26% de la huella (140 g CO2 eq/kg). La producción industrial del molino de pasta (acopio, molino e industria) es responsable del 21% (114 g CO2 eq/kg). Finalmente, el packaging y los pallets aportan un 10% (54 g CO2 eq/kg) al igual que el transporte a cliente, otro 10% (52 g CO2 eq/kg).



# Carbon footprint of the wheat value chain of Argentina

The Carbon Footprint represents the sum of Greenhouse Gases (GHG) emitted directly or indirectly by an individual, organization, event or product (ISO, 2013). It is the measure of one of the impacts that human activities cause on the environment. GHG emissions contribute to climate change by accelerating global warming (ISO, 2006). The most commonly known greenhouse gases are: carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), among others.

The Carbon Footprint of the wheat chain produced in Argentina is calculated for three products: wheat grain, flour and dry semolina pasta from durum wheat. The functional units of this study are four: 1 t of grain at the farm gate, 1 t of grain at the export port, 1 kg of flour at the customer of the flour mill and 1 kg of dry pasta at the customer of the pasta mill.

This study includes the production and transport of agricultural inputs (agrochemicals, fertilizers, fuels, seeds), the production of their containers, the emissions derived from the burning of fuels in transport and agricultural work (sowing, fertilization, spraying and harvest), emissions derived from the application of nitrogen fertilizers and those caused by the decomposition of harvest residues.

In the mills, the emissions derived from the use of energy and fuels, from the production and transport of inputs and packaging and from the transport of the main raw material: wheat, from the field to the stockpiles and from these to the industry were taken into account. Finally, the transport of the finished product (flour and dry pasta) to the distributor, which is the industry customer.

To assign the environmental charges between the different products and by-products obtained from the processing of wheat grain, the economic allocation method was used, which consists of valuing the physical quantities obtained from each one, with its market price. The method used follows the ISO 14067 standards (ISO, 2013) and the IPCC guidelines (IPCC, 2019).



The Carbon Footprint of Argentina's primary wheat production resulted in 146.5 kg CO<sub>2</sub> eq / t of wheat at the farm gate. Considering this same footprint according to different technological levels analyzed, it results in 145.5 kg CO<sub>2</sub> eq / t in the High level; 144.6 kg CO<sub>2</sub> eq / t in the Medium level and 169.1 kg CO<sub>2</sub> eq / t of wheat in the Low level.

Additionally, 38 kg CO<sub>2</sub> eq / t are added to the wheat footprint in the field for transportation to reach the export port, resulting in a total of 184.4 kg CO<sub>2</sub> eq / t of wheat at the port.

On the other hand, in the industry, the results indicate a Carbon Footprint of 343 g CO<sub>2</sub> eq / kg of flour in the customer of the flour mill. In turn, the Carbon Footprint of dry semolina pasta in the pasta mill customer is 541 g CO<sub>2</sub> eq / kg of pasta.

In primary wheat production, the main hotspot from the environmental point of view is the N<sub>2</sub>O emissions derived from crop, aerial and underground residues, which represent 33% of the total at the farm and 27% of the total at the farm. Secondly, there are emissions from the application of nitrogen fertilizers (19% of emissions at the farm and 15% of the emissions at the port). In third place, emissions from the production and

burning of fuel in agricultural operations (18% and 14% of emissions at the farm and at the port, respectively) and fourthly, emissions from the production of fertilizers (15% and 12% of emissions).

Nevertheless, when the functional unit 1 t of wheat at the port is considered individually, transportation appears in second place, with 21% of the carbon footprint.

In the case of wheat flour, the primary production stage of the wheat grain represents 50% of the footprint (172 g CO<sub>2</sub> eq / kg), followed by transportation to the customer which represents 14% (48 g CO<sub>2</sub> eq / kg), transportation of wheat from the field to the mill 12% (43 g CO<sub>2</sub> eq / kg), and the use of additives to flour 12% (41 g CO<sub>2</sub> eq / kg). The processes that take place inside the mill together with the packaging and the pallets add up to 11% more impact (38 g CO<sub>2</sub> eq / kg).

The results of the Carbon Footprint of the dry pasta show that the agricultural stage is responsible for 33% of the impact (180 g CO<sub>2</sub> eq / kg) of the production chain, while the transport of wheat from the field explains 26% of the footprint (140 g CO<sub>2</sub> eq / kg). The industrial production of the pasta mill (elevator, mill and processing) is responsible for 21% (114 g CO<sub>2</sub> eq / kg). Finally, packaging and pallets contribute 10% (54 g CO<sub>2</sub> eq / kg), as transport to the customer, another 10% (52 g CO<sub>2</sub> eq / kg).



# TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	Introducción .....	7	<b>5</b>	Análisis de resultados comparativos de Huella de Carbono .....	33
<b>2</b>	Métodos .....	18	<b>5.1</b>	Comparación con resultados de la harina en EcolInvent .....	33
<b>3</b>	Desarrollo del trabajo.....	19	<b>5.2</b>	Comparación con resultados de la pasta seca de Barilla .....	33
<b>3.1</b>	Unidad funcional .....	19	<b>5.3</b>	Comparación con resultados de publicaciones científicas .....	34
<b>3.2</b>	Objetivo .....	19	<b>6</b>	Análisis de sensibilidad .....	35
<b>3.3</b>	Alcance .....	19	<b>6.1</b>	Escenario 1 .....	36
<b>3.4</b>	Asignación de cargas ambientales.....	20	<b>6.2</b>	Escenario 2 .....	37
<b>3.5</b>	Perfiles unitarios .....	21	<b>6.3</b>	Escenario 3 .....	38
<b>3.6</b>	Recopilación de datos e información .....	21	<b>6.4</b>	Escenario 4 .....	39
<b>3.6.1</b>	Producción agrícola .....	22	<b>6.5</b>	Escenario 5 .....	40
<b>3.6.2</b>	Industria secundaria de primera transformación. Industria molinera. Producción de harina .....	23	<b>6.6</b>	Escenario 6 .....	41
<b>3.6.3</b>	Industria secundaria de segunda transformación. Industria alimenticia. Producción de pasta seca .....	23	<b>6.7</b>	Escenario 7 .....	42
<b>3.6.4</b>	Transportes .....	24	<b>7</b>	Conclusiones.....	43
<b>3.7</b>	Inventarios ambientales construidos.....	25	<b>8</b>	Referencias citadas.....	45
<b>3.7.1</b>	Producción primaria .....	25	<b>9</b>	Anexos .....	49
<b>3.7.2</b>	Producción de harina .....	25			
<b>3.7.3</b>	Producción de pasta seca .....	26			
<b>4</b>	Resultados huella de carbono .....	27			
<b>4.1</b>	Producción primaria .....	27			
<b>4.2</b>	Producción de harina .....	29			
<b>4.3</b>	Producción de pasta .....	31			





# INTRODUCCIÓN

**El calentamiento global y su manifestación más notoria, el cambio climático, es uno de los desafíos ambientales más abrumadores que enfrenta la humanidad y es una realidad dentro de la cual se desarrollarán las actividades humanas y los intercambios económicos en los próximos años. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), generadas principalmente por la actividad humana, contribuyen de manera muy significativa al cambio climático (Field, y otros, 2014).**

Un efecto indirecto ha llegado vía el comercio internacional y la preocupación de los consumidores, sobre todo de los países desarrollados, por las emisiones generadas en la producción e importación de los bienes que consumen. La sensibilidad respecto de la huella de carbono y de agua de los alimentos es especialmente significativa (Frohmann, Herberos, Mulder, & Olmos, 2012). De acuerdo con el inventario 2016 del Tercer Informe Bienal de Actualización de la Argentina, el 53% de las emisiones del país están vinculadas al sector energético; el 37% agricultura, ganadería y silvicultura y otros usos de la tierra; el 6% a la industria y el 4% restante a los residuos (SAyDS, 2019).

Para reducir y manejar los riesgos del cambio climático existen dos estrategias complementarias: la mitigación y la adaptación. Si en los próximos decenios se reducen sustancialmente las emisiones, se podrán lograr disminuciones en los riesgos climáticos a lo largo del siglo XXI y posteriormente, ampliar las perspectivas de una adaptación efectiva, reducir los costos y los desafíos de mitigación a largo plazo y contribuir a que las trayectorias de desarrollo sostenible sean resilientes al clima. El primer paso en ese sentido es la determinación de las huellas.



<sup>3</sup> Los GEI son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación. En particular el enfoque de cálculo se basa en los principales GEI emitidos por las actividades del hombre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>).

En los mercados ligados a los bioproductos, los criterios ambientales repercuten cada vez con mayor frecuencia en la elección de los consumidores al adquirir variedad de productos, actitud que fomenta la producción y el consumo sostenible y responsable a través de diferentes mecanismos, entre los que se destaca el cálculo de las huellas ambientales, entre ellas la huella de carbono. La reducción de esta huella puede ser una oportunidad para hacer más competitivas las exportaciones del sector agropecuario. Estas tendencias también se evidencian en crecientes regulaciones de tipo comercial por bloque o por países, así como también una gran dispersión de estándares y regulaciones del ámbito privado. Dado que el mercado europeo es el que mayor importancia les da a las huellas ambientales, la competitividad de las cadenas productivas argentinas dependerá casi en mayor medida de la capacidad para mostrar mayor sustentabilidad ambiental, a pesar de las emisiones del transporte en las enormes distancias entre Sudamérica y Europa.

Esto traccionará toda la cadena de valor derivada de la producción agropecuaria, desde los proveedores de insumos para la producción, pasando por la agroindustria, los transportes, hasta llegar a la etapa de descarte posterior al uso o desperdicios, es decir, “desde la cuna hasta la tumba”.

La huella de carbono representa la totalidad de gases de efecto invernadero<sup>3</sup> (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto (ISO, 2013). Es la medida de uno de los impactos que provocan las actividades del hombre sobre el ambiente. Las emisiones de GEI contribuyen al cambio climático mediante la aceleración del calentamiento global (ISO, 2006).

La información de las huellas ambientales de productos genera conciencia entre los productores, industriales, comerciantes y consumidores, ya que promueve tendencias de producción y consumo responsable y sostenible, aportando al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: “Garantizar moda-



lidades de consumo y producción sostenibles” planteado por Naciones Unidas (ONU, 2015).

En el mundo se observa que los consumidores exigen, de forma creciente, información sobre el impacto ambiental de los productos que adquieren para poder realizar una compra responsable (IBM, 2020) (Eurobarometer, 2020). A su vez, son cada vez más las empresas y gobiernos que solicitan una valoración de las emisiones producidas por la actividad empresarial para la compra y contratación.





## Cadena del trigo

La cadena agroindustrial del trigo se encuentra conformada principalmente por dos sectores, el primario y el secundario.

**El sector primario** engloba la producción del grano de trigo, incluyendo tanto la producción de insumos agropecuarios (semillas, fertilizantes, agroquímicos, combustibles, entre otros) como las actividades agrícolas (siembra, pulverización, fertilización y cosecha).

**El sector secundario** se compone de la industria molinera, conocida como de primera transformación, donde el principal producto obtenido es la harina de trigo, y la industria de segunda transformación o alimentaria, donde se producen pan, pastas, galletitas, entre otros.

Según el Artículo 657 del Código Alimentario, se entiende por trigo, la semilla sana, limpia y bien conservada de distintas variedades del *Triticum vulgare* L. y del *Triticum durum*. De acuerdo a sus características, pueden clasificarse en dos grandes grupos:



**a) *Triticum vulgare* o trigo pan:** grano de forma elíptica más o menos redondeado; de color rojizo-amarillento, grisáceo y combinaciones de estos colores; de aspecto opaco; fractura almidonosa, no quebradizo; de gluten húmedo elástico y extensible; con buen o muy buen valor panadero; con un peso de 30-40 g los 1.000 granos.



**b) *Triticum durum* (Candeal y Taganrock) o Trigo Fideos:** grano de forma elíptica sensiblemente alargado; de color ámbar claro; aspecto traslúcido, fractura vítrea y gran friabilidad; con gluten húmedo, corto y duro; no apto para panificación con un peso de 50-60 g los 1.000 granos.

## Cadena del trigo. Producción primaria.

A los efectos de este trabajo, y después de haber consultado a referentes calificados del INTA, se asumieron los mismos planteos productivos para *Triticum vulgare* y para *Triticum durum*.

Para la producción primaria de trigo se consideraron los planteos productivos relevados por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires en su sistema "Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada" (ReTAA, 2020) (Bolsa de Cereales, 2019). Esto incluye tres niveles tecnológicos dentro de cada una de las dieciséis regiones productoras de trigo, en la campaña 2018-2019, en la que se produjeron 19.459.727 toneladas en 6.050.953 hectáreas (Bolsa de Cereales, 2019).

El ReTAA emplea una zonificación basada en la que utiliza el Panorama Agrícola Semanal (PAS) del Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. La misma tiene como base criterios agroecológicos homogéneos como son el tipo de suelo y el régimen de precipitaciones, entre otros. El ReTAA tiene un total de 17 zonas relevadas sobre el área agrícola nacional, aunque en la zona XV - Corrientes-Misiones no se produjo trigo en la campaña analizada (Figura 1).

La información se recaba mediante encuestas telefónicas a Informantes Calificados (IC) para cada una de las zonas relevadas, realizadas por personal idóneo y capacitado en cuanto a los criterios y consideraciones generales del sistema de relevamiento. Las encuestas se efectúan de forma telefónica, estructuradas en base a una muestra no probabilística, mediante un muestreo deliberado y estratégico de cada zona para lograr cubrir de forma eficiente el área agrícola que se considera en el análisis.

Todos los Informantes Calificados (IC) surgen de la red de colaboradores de la Bolsa de Cereales. Esta red está conformada por asesores - no



productores - y son todos profesionales técnicos de distintos ámbitos, como agronomías, redes comerciales, acopios, asociaciones e instituciones, entre otros. Esto asegura la heterogeneidad de los datos y la representatividad de los distintos estratos productivos.

Sobre un total de 1200 colaboradores que forman dicha red, para el ReTAA se hace una selección de 600 IC basada en un ranking que asigna categorías según el conocimiento y experiencia que éstos posean sobre el manejo técnico de los cultivos. Un total de 350 a 400 IC son efectivamente entrevistados cada 6 meses, alcanzando entre 700 y 800 encuestados por año entre ambas etapas de relevamiento. Si se consideran todos los cultivos bajo estudio, el número de encuestas realizadas por año asciende a un valor aproximado entre 1500 y 1700.

Cada cultivo estudiado tiene una encuesta propia que considera diversas variables de medición enmarcadas dentro de siete grandes rubros, que a la vez distingue entre niveles tecnológicos. Es decir, la encuesta de un cultivo identifica para cada nivel de tecnología un planteo representativo. Las encuestas comprenden siete grandes rubros que pretenden describir un planteo representativo del cultivo: siembra, materiales de siembra, fertilización, herbicidas, insecticidas, fungicidas y tratamiento de semilla.

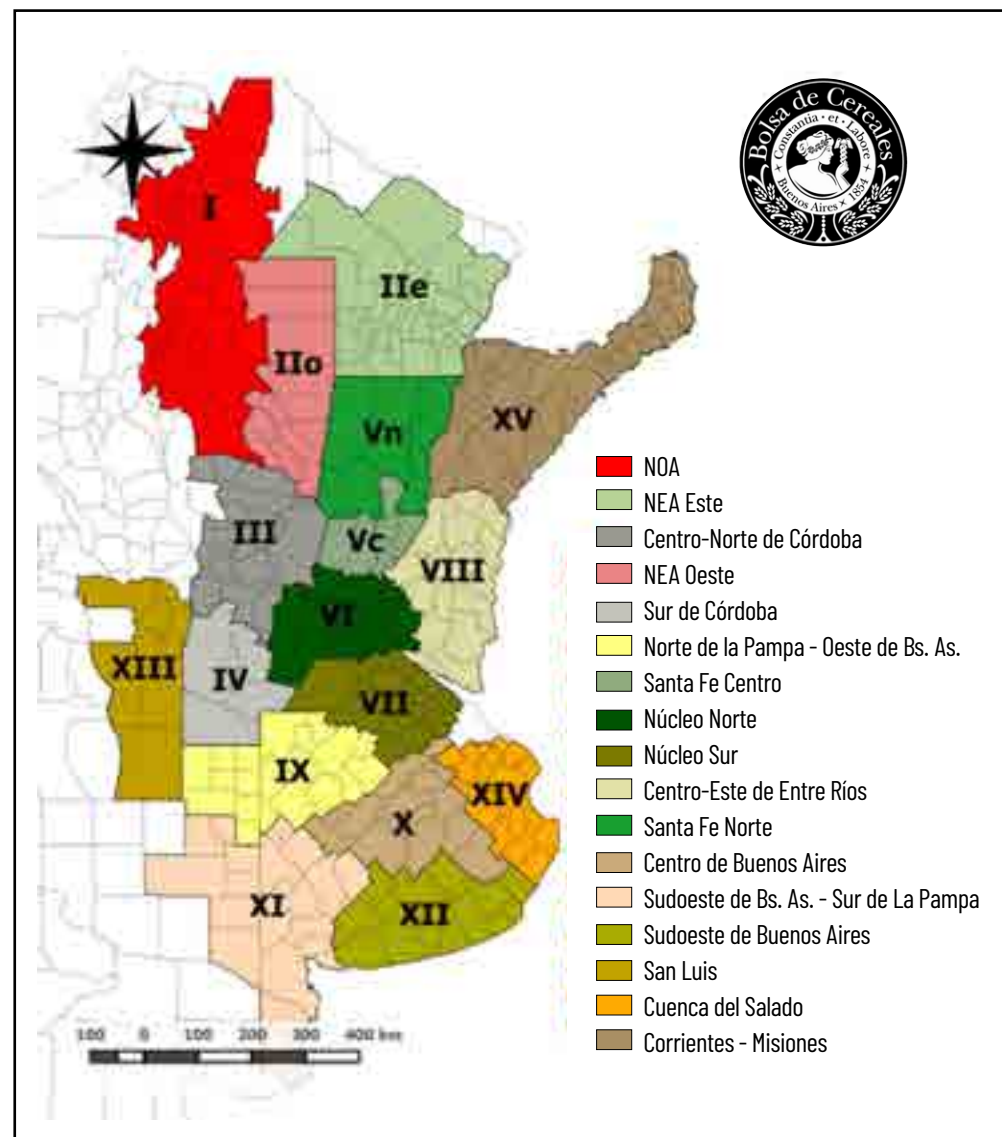
Para identificar el concepto de Nivel Tecnológico (NT) se utiliza la denominación introducida originalmente por el INTA en el año 1992. Se considera que el Nivel Tecnológico refiere a un concepto amplio que incluye tanto el nivel de utilización de insumos como las prácticas de manejo empleadas en cada cultivo para cada zona del país. De la conjunción de estos dos aspectos surgen distintos esquemas que son los que determinan tres niveles tecnológicos diferenciados.

Cada uno de los niveles refiere siempre al universo que conforman el total de productores de una zona, distinguido para cada cultivo en particular. La diferenciación de los NT se realiza en base a la definición de los IC encuestados, y es entre un nivel Alto, uno Medio y/o uno Bajo. Cabe resaltar que esta clasificación tecnológica es propia de cada cultivo y es relativa a cada zona.

Esta estratificación del Nivel Tecnológico en términos relativos a cada zona se debe principalmente a las características productivas y económicas que posee cada región en cuestión. De esta manera, lo que puede llegar a ser un Nivel Tecnológico Bajo para una zona típicamente de alto potencial productivo (Por ej., Núcleo Norte), puede llegar a ser un planteo tecnológico alto para una zona de menor capacidad agrícola (Por ej., San Luis).

En la campaña 2018/19, el 38% del trigo se produjo con un nivel tecnológico alto, el 50% medio, y el 12% bajo. El promedio de aplicación de fertilizantes fue de 23,4 kg/ha de N y de 3,3 kg/ha de P, respectivamente. A su vez, el 85% de la siembra se hizo con siembra directa (Bolsa de Cereales, 2019).

▼ **Figura 1:** Zonas productivas del ReTAA (ReTAA, 2020)





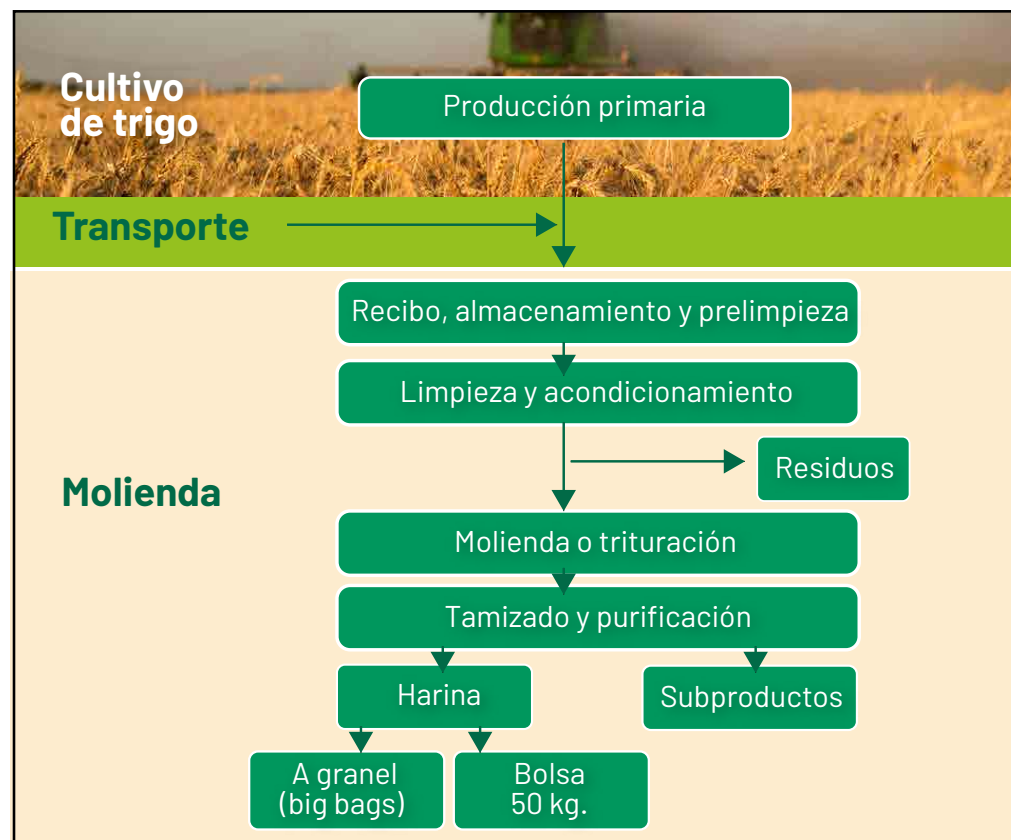
## Cadena del trigo. **Industria secundaria de primera transformación.**

En cuanto a la industria molinera, en 2019 se produjeron 4.684.896 t de harina, con un consumo anual per capita de 83 kg, de acuerdo a la Federación Argentina de la Industria Molinera, una asociación empresaria que reúne a los molinos de trigo que desarrollan su actividad en todo el ámbito de la República Argentina, produciendo harinas con destino a las industrias elaboradoras de pan artesanal y de molde, fideos, galletitas fraccionadas en envases para consumo hogareño y otros productos alimenticios (FAIM, 2020).

Como referencia, cabe destacar que se define la Harina, como el producto obtenido de la molienda del endosperma del grano de trigo que responda a las exigencias de éste, según el Artículo 661 del Código Alimentario.

Molienda Industrial. Las etapas que comprende la producción de harina son recibo, almacenamiento y prelimpieza, limpieza y acondicionamiento, molienda o trituración, tamizado y purificación. La harina obtenida del proceso de molienda puede ser cargada a granel en big bags de 1.250 kg o empaquetada en bolsas de papel Kraft de 50 kg cada una, para su posterior distribución a industrias de segunda transformación (Figura 2).

▼ **Figura 2:** Esquema de la molienda industrial para la obtención de harina



# Cadena del trigo. Industria secundaria de segunda transformación.

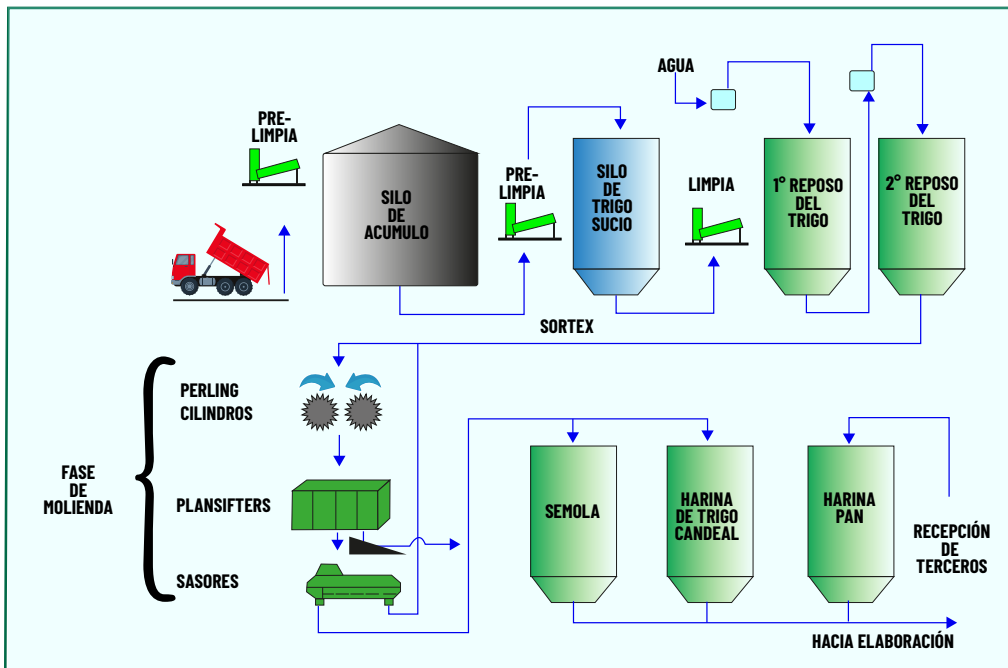
Por otro lado, en la **industria alimentaria**, se analizó la pasta seca, un alimento preparado de uso mundial hecho de trigo y agua y secado en una forma específica. Según la Unión Industrial de Fideeros de la República Argentina, en 2019 se produjeron 348.031 toneladas de pasta en Argentina, lo que equivale a alrededor del 2,8% de la producción mundial de pasta. En comparación con 2018, la producción de pasta seca aumentó un 0,31%. El consumo medio en 2019 fue de alrededor de 8,5 kg per cápita y año (7,39 kg de pasta seca y 1,15 kg de pasta fresca) En comparación con el pasado, el consumo es bastante estable, fluctuando entre 8,95 y 8,5 kg (UIFRA, 2020).

En este estudio, se analizó la pasta seca de sémola, un tipo especial de harina. El Artículo 668 del Código Alimentario define la Sémola como “el producto más o menos granuloso que se obtiene por la ruptura industrial del endosperma del *Triticum durum* Desf., libre de sustancias extrañas e impurezas.

Por su parte, el Artículo 706 de dicho Código llama Pastas o Fideos, a los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de: sémolas o semolín o harinas de trigo ricos en gluten o harinas de panificación o por sus mezclas, con agua potable.

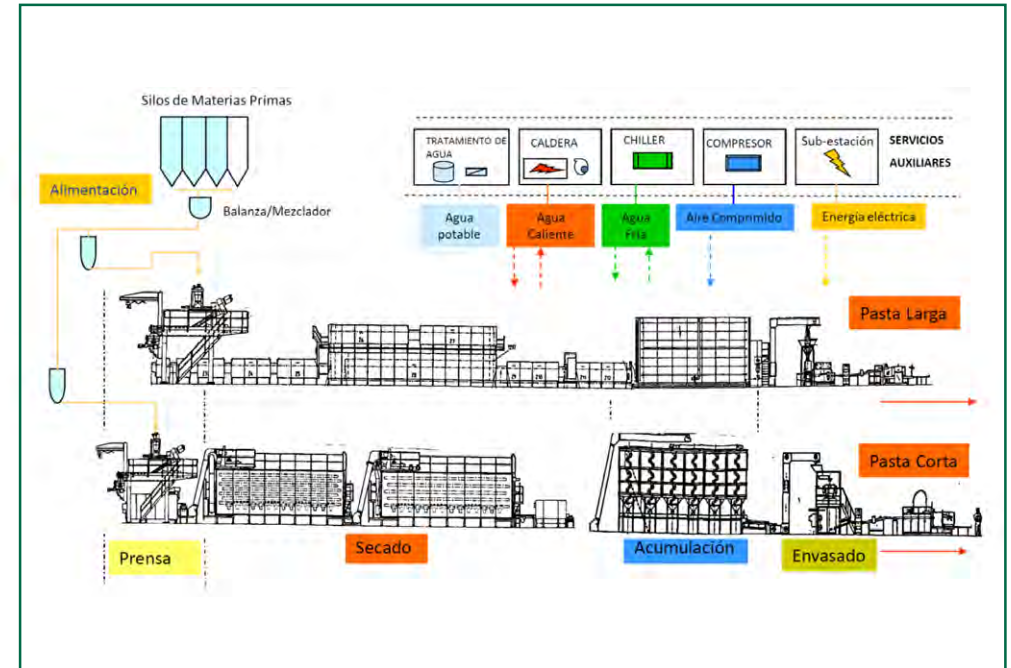
## El proceso industrial para la producción de pasta seca de sémola se describe en la Figuras 3 y 4.

▼ **Figura 3:** Esquema del proceso industrial para la producción de sémola y otras harinas



Fuente: Molinos Río de la Plata S.A. (2020)

▼ **Figura 4:** Esquema del proceso industrial para la producción de pasta seca de sémola



Fuente: Molinos Río de la Plata S.A. (2020)

# Antecedentes de HC en el mundo

En el mundo se han realizado algunos cálculos de huella de carbono de la cadena del trigo. En la mayoría de las regiones, los sistemas de producción difieren del de Argentina: se siembra con labranza convencional y se utiliza una cantidad de insumos mayor; pero aun así pueden utilizarse como punto de comparación.

En el 2019, Barilla publicó su Declaración Ambiental de Producto (Environmental Product Declaration, EPD) (Barilla, 2019) de la pasta seca de sémola en presentación de paquetes de cartón de 500 gramos. La unidad funcional es de 1 kg de pasta seca con su respectivo envase. En la Figura 5 se muestran los resultados de la Huella de Carbono calculada para Italia, Grecia, Turquía, Rusia, Italia para exportación y promedio mundial de la marca.

▼ **Figura 5:** Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca Barilla en diferentes mercados





---

Por otro lado, investigadores de la Universidad de Bangladesh estimaron una huella de 172 kg CO<sub>2</sub> eq por tonelada de trigo (Haq, 2014). La huella de carbono fue calculada utilizando los factores de emisión tomados de la bibliografía como valores predeterminados para cada insumo y operación utilizada para la producción de cultivos según las normas ISO 14067 y del IPCC (2006).

Rajaniemi y colaboradores analizaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la producción de trigo en Finlandia. Las emisiones de GEI se analizaron en un sistema de producción convencional, otro de siembra directa y otro de labranza reducida. Las emisiones de GEI del trigo fueron de 590 g CO<sub>2</sub>-eq / kg de trigo (Rajaniemi, Mikkola, & Ahokas, 2011).

En Canadá, se estimó la huella de carbono del trigo de primavera cultivado en diferentes sistemas de cultivo durante 25 años: (a) trigo en barbecho, (b) trigo en barbecho-trigo, (c) trigo en barbecho-trigo-trigo-trigo-trigo y (d) trigo continuo, en Saskatchewan, Canadá. Sin considerar la ganancia de COS en el cálculo, la huella de carbono del trigo promedió 0,343 kg CO<sub>2</sub> eq / kg de grano y no difirió entre los sistemas de cultivo. (Gan, et al., 2012). Otro informe de Canadá indica que la huella de carbono del trigo en labranza convencional es de 262 kg CO<sub>2</sub> eq / ha, con un rendimiento promedio de grano 2287 kg / ha (Fix & Tynan, 2011). Además, otros investigadores de Canadá relevaron entre 270 y 375 kg CO<sub>2</sub> equivalente por tonelada de trigo (Chang, Cutforth, Qiang, & Yantai, 2016).

Wanhalinna estimó las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción de trigo, como parte de un estudio más amplio de la huella de carbono del pan en Helsinki, Finlandia. Las emisiones de GEI del trigo fueron 720g CO<sub>2</sub> eq / kg de trigo (Wanhalinna, 2010).

Bernesson y col. (2006) estimaron las emisiones de GEI de la producción de trigo como parte de la cadena de producción de bioetanol en Suecia. En sus estudios las emisiones de GEI de la producción de trigo fueron de 2.210 kg de CO<sub>2</sub> eq./ ha (Bernesson, Nilsson, & Hansson, 2006).

De acuerdo con cálculos realizados por AHDB, Cereals and Oilseeds (2012), la huella de carbono en el Reino Unido alcanza los 361 kg CO<sub>2</sub> eq / tonelada de trigo.

En Australia, investigadores del Departamento de Industrias Primarias de Nueva Gales del Sur, calcularon la Huella de carbono de una tonelada de trigo, la que en promedio generó 200 kilogramos de dióxido de carbono emitidos por el proceso productivo, de la cuna a la puerta del campo. Las mayores emisiones provinieron de la producción y el transporte de fertilizantes y cal. El 37 por ciento de las emisiones de trigo provino de la producción pre-agrícola y el transporte de fertilizantes y cal. El 26 por ciento por las emisiones de óxido nitroso de fertilizantes nitrogenados aplicados al cultivo. El 15% por las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de fertilizantes y cal. El 16% por la producción, transporte y uso de diésel, y el 6% por emisiones menores (Brock & Stephens, 2020).

Ruini et al. estimaron una media mundial de 2,39 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de pasta (Ruini, Ferrari, Marino, & Sessa, 2013). Esto es un poco más alto que el promedio europeo de 2,11 kg CO<sub>2</sub> eq / kg de pasta seca (excluyendo la etapa de uso)(UNAFPA, 2018).

Un estudio reciente de Recchia et al. (2019) analizó la producción de pasta en cadenas de valor locales; y cadenas de valor globales, con metodología ACV. Consideraron dos cadenas de producción de pasta diferentes: una cadena de "pasta de alta calidad" (escenario local o regional), que sigue procedimientos tradicionales en una granja toscana que utiliza solo variedades antiguas de trigo; y una cadena de pasta "convencional" (escenario global o industrial), en el que la pasta se produce utilizando granos de dife-

rentes países, siguiendo procesos industriales. Como resultado, la cadena de pasta de alta calidad muestra un mejor desempeño en términos de reducción del riesgo de degradación del suelo y pérdida de biodiversidad, así como consumo de recursos no renovables; esto se debe principalmente al uso de menor cantidad de productos químicos, un menor nivel de mecanización en la fase agrícola y el uso de granos antiguos. Por el contrario, la cadena de la pasta convencional tiene menor impacto, en términos de un uso más eficiente de los recursos tierra y agua, debido a mejores rendimientos y el uso de maquinaria agrícola más eficiente.

Según este estudio, la huella de carbono de la "pasta convencional" es menor, debido a la economía de escalas en la fase agrícola y en la fase de producción. Sin embargo, la huella de carbono de la "pasta de alta calidad" es más baja en términos de transporte. En la sumatoria de todas las etapas, la "pasta convencional" resulta con mayores emisiones que la "pasta de alta calidad".

## Antecedentes de HC en Argentina

En el INTA Anguil (La Pampa), se encontraron valores de entre 189 kg CO<sub>2</sub> eq y 300 kg CO<sub>2</sub> equivalente por tonelada de trigo, con la mayor huella bajo el sistema de siembra directa con baja utilización de insumos (Frank, Montero, Ricard, & Sirotiuk, 2014).

Un relevamiento de la Universidad Nacional de La Plata mostró valores variables entre 134 y 289 kg CO<sub>2</sub> equivalente por tonelada de trigo para la provincia de Buenos Aires (Rosa, y otros, 2011).

Recientemente, en una tesis de Maestría en Agronegocios de la Universidad Católica de Córdoba, Álvarez (2020) estimó la huella de carbono del trigo producido en Córdoba. La unidad funcional fue una tonelada de trigo cultivado a secano, en la puerta del campo en la provincia de Córdo-

ba, Argentina, considerando el uso de tecnología en tres niveles: bajo, medio y alto. Para la realización de este estudio se utilizó la información del Departamento de Información Agronómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba. La huella de carbono ponderada resultó en 281,40 kg de CO<sub>2</sub> eq por tonelada de trigo, en la puerta del campo. La principal causa de emisión de gases de efecto invernadero es la fertilización nitrogenada, seguida por las emisiones propias de los residuos. Al comparar esta huella de carbono promedio, con un testigo teórico en el cual no se fertiliza con nitrógeno, la huella obtenida fue inferior en un 44%, con un promedio ponderado de 157,81 kg CO<sub>2</sub> eq por tonelada de trigo. Por otra parte, considerando un planteo teórico con un balance de nitrógeno neutro, la huella de carbono aumentaría un 28%, llegando a los 360,87 kg CO<sub>2</sub> eq por tonelada de trigo en promedio.

En una tesina de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad de La Pampa (Sirotiuk, 2012) estimó la huella de carbono del proceso de panificación en la cadena agroindustrial del trigo, determinando un promedio de 0,23 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kg de pan en la producción primaria. El valor promedio calculado de la Huella de Carbono del pan fue de 0,884 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de pan. El escenario de producción primaria con sistema de labranza convencional, panificación doméstica utilizando un horno alimentado con gas natural y almacenamiento en el hogar a temperatura ambiente, sin tostado del pan, manifiesta la menor emisión de GEI, con un valor de 0,502 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de pan. Mientras que, la máxima emisión es 1,323 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de pan, valor que surge de la producción de trigo utilizando siembra directa, panificación doméstica con cocción del pan en horno eléctrico, refrigerado y tostado del pan.

Según nuestro conocimiento, no existe un análisis de la emisión de gases de efecto invernadero de la producción de pasta argentina.

## 2 - MÉTODOS

Este trabajo sigue el protocolo de la norma ISO 14067, que define la Huella de Carbono de un producto como: "la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero y absorciones en un sistema de producto, expresado como CO<sub>2</sub> equivalente y basado en un Análisis de Ciclo de Vida (ACV)" (ISO, 2013).

El modelo de cálculo de emisiones es consistente con las 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Capítulo 11: N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions from Lime and Urea Application para las emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados y las ocasionadas por los residuos de cosecha (aéreos y subterráneos) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático<sup>4</sup>. (IPCC, 2019).

Un componente fundamental del ACV para calcular la Huella de Carbono es el Inventario ambiental, que consiste en una cuantificación de los ingresos al sistema (energía e insumos materiales), y de las emisiones al ambiente relacionadas con la creación del producto y su uso, es decir, todas las salidas (productos, subproductos, residuos, emisiones).

Este informe se complementa con un archivo en formato MS Excel que contiene toda la información obtenida, los inventarios armados, las definiciones tomadas, los cálculos y los resultados obtenidos.



---

<sup>4</sup> El Panel intergubernamental para el cambio climático (Intergovernmental Panel of Climate Change o IPCC) es el órgano técnico de Naciones Unidas para la temática relacionada al estudio del cambio climático

---



## 3 - DESARROLLO DEL TRABAJO

### 3.1 Unidad funcional

Las unidades funcionales de este estudio son cuatro: 1 t de trigo a campo, 1 t de grano en el puerto de exportación, 1 kg de harina en la puerta del molino harinero, y 1 kg de pasta seca en la boca de expendio al consumidor, en la campaña 2018/2019. Se usó el método de asignación económico.

### 3.2 Objetivo

El objetivo general de este trabajo es determinar la Huella de Carbono de la cadena del trigo de Argentina con la finalidad de identificar las actividades que generan los mayores impactos y que tienen el mayor potencial de mejora.

Desde el punto de vista de la cadena, interesa la potencialidad de esta metodología para determinar puntos críticos y poder plantear alternativas tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia, bajo la mirada de la sostenibilidad.

En forma adicional se pretende calcular la huella de cada región productiva, según la división de la Bolsa de cereales de Buenos Aires, y de la suma de los planteos técnicos de alta, media y baja tecnología. También se tendrán cada una de estas huellas expresadas por tonelada de trigo y por hectárea.

Para la fase industrial se busca conocer la huella de carbono de la pasta seca y de la harina, producidos a partir de trigo.

### 3.3 Alcance

**LAS UNIDADES FUNCIONALES DE ESTE ESTUDIO SON CUATRO:**

- a** 1 t de grano en la puerta del campo
- b** 1 t de grano en el puerto de exportación
- c** 1 kg de harina en el cliente del molino harinero
- d** 1 kg de pasta seca en el cliente del molino fideero



Se incluyen todas las labores del campo, la producción de insumos (semillas, agroquímicos, fertilizantes, combustibles, entre otros), la producción de sus envases, las emisiones derivadas de la quema de combustibles, de la aplicación de fertilizantes y las originadas en los residuos de cosecha. Se incluyó el transporte del grano hasta el puerto de exportación. En los molinos se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas del uso de energía y combustibles, de la producción y transporte de los insumos y packaging y del transporte, desde el campo hasta la industria. En el caso de la harina y de la pasta seca, también se incluyó la distribución al cliente.

El punto de partida para los cálculos y resultados presentados en este informe fue la información provista por el sistema ReTAA de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires <https://www.bolsadecereales.com/que-es-el-retaa> (ReTAA, 2020), por la empresa Gastaldi Hnos. S.A.I. y C.F. e I. (<https://www.gastaldihnos.com.ar/molino/>) y por la empresa Molinos Río

---

de la Plata S.A. (<https://www.molinos.com.ar/quienes-somos/>). Adicionalmente se consultaron informantes calificados y se usaron perfiles ambientales unitarios extraídos de bases de datos internacionales, disponibles por INTA e INTI (EcolInvent, Database version 3.5, 2020).

Respecto al alcance temporal de los inventarios, se asumieron datos de la campaña 2018/2019 para las labores agrícolas, ya que era la más reciente y completa al momento del inicio del estudio. Para el funcionamiento de los molinos se relevaron datos del período comprendido entre el 1 de enero al 30 de diciembre de 2019, correspondientes a un año de producción, acorde con el procesamiento del grano de la campaña de cultivo 2018/19.

No se incluyeron en el cálculo los siguientes elementos y eslabones de la cadena de valor:

- ✓ Variación del stock de carbono en suelos debido a la gestión agrícola, por no contar con información suficiente para realizar la estimación.
- ✓ Emisiones debidas al cambio de uso del suelo, ya que se asumió que la producción de trigo se desarrolla en superficies que se encuentran en uso agrícola desde hace más de 20 años y que, por lo tanto, no hubo cambio de uso de suelo.
- ✓ Impacto por la construcción y fabricación de infraestructura, equipos, máquinas y espacios de usos comunes ya que, por su extensa vida útil, la participación es poco significativa con respecto al volumen de producción que se maneja.
- ✓ Consumos de energía para el alumbrado de oficinas, talleres o comedores, limpieza de hornos y maquinaria. Tampoco se consideraron las emisiones generadas por el transporte de los empleados de los tres subsistemas analizados.

- ✓ Emisiones de CO<sub>2</sub> ocurridas en la aplicación de UREA, debido a que no se tiene certeza si los fertilizantes mencionados en la información provista por la Bolsa corresponden a UREA u otro fertilizante nitrogenado.

- ✓ Traslado y disposición final de los envases de agroquímicos.

- ✓ Transporte de los insumos desde donde son producidos hasta los campos.

### 3.4 Asignación de cargas ambientales

La asignación de cargas ambientales es un paso obligatorio en el cálculo de la huella de carbono de un producto basado en la metodología de análisis de ciclo de vida, siempre que existen otros productos y subproductos además del objeto de estudio. Tiene como finalidad “dividir” la carga ambiental “aguas arriba” de un proceso, entre las distintas salidas que se obtienen de él. La asignación se realiza definiendo el “valor” (no necesariamente monetario) de cada producto y subproducto, ya sea por su masa, su contenido energético, su precio de venta u otro método que resulte apropiado, de acuerdo al tipo de proceso.

Se definió utilizar el criterio de asignación económico, debido a que refleja, en este caso, una proporcionalidad adecuada entre los principales productos objeto de la producción, que son el grano de trigo, la harina y la pasta seca, respectivamente, y los subproductos.

Para el cálculo de asignación económica se tomó el precio de mercado del producto y de los subproductos y se hicieron los cálculos como se muestra en las Tablas 1 y 2.

▼ **Tabla 1:** Resultados del proceso de asignación de cargas ambientales por criterio económico en el molino harinero

Producto	Precio informado	Cantidad anual (t)	Ingresos /año	Asignación
Harina (bolsa de 50 kg)	\$ 1.060	75.000	\$ 1.590.000.000	<b>88,5%</b>
Pellet de afrechillo (t)	\$ 8.300	25.000	\$ 207.500.00	<b>11,5%</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.797.500.00</b>	

▼ **Tabla 2:** Resultados del proceso de asignación de cargas ambientales por criterio económico en el molino fideero

Productos	Precio (\$kg)	Cantidad (kg)	Ingreso	Asignación
Sémola	\$ 29,1	1,00	\$ 29,07	<b>90,4 %</b>
Afrecho pelletizado	\$ 8,8	0,27	\$ 2,40	<b>7,5%</b>
Harineta	\$ 7,3	0,10	\$ 0,70	<b>2,2 %</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 32,16</b>	

## 3.5 Perfiles unitarios

Una vez armados los inventarios de entradas y salidas de cada operación y etapas, se obtuvieron en bases de datos de uso internacional las emisiones unitarias asociadas a cada una de esas entradas: insumos, materias primas, energía, etc., referidas a 1 kg, 1 litro, 1 MJ o la unidad que corresponda. Los agroquímicos se contabilizaron por su contenido de principio activo y si no estaban disponibles de ese modo, se incluyeron por su grupo de pertenencia según su acción (herbicida, fungicida, insecticida). Como paso posterior, se asociaron las cantidades usadas de cada "entrada" a sus emisiones unitarias, obteniéndose el impacto para dichas cantidades.

El método utilizado para extraer los perfiles ambientales de todos los insumos del proceso productivo es "IPCC 2013 GWP 100 años". Dichos

perfiles se extrajeron desde la base de datos EcolInvent, a la que se accede desde el software de cálculo SIMAPRO, disponible por INTA e INTI. Esta base posee información de más de 10.000 perfiles unitarios de materiales, insumos, energías, productos, transportes, operaciones industriales, entre otras, principalmente de Europa, Norte América, China y el resto del mundo, en menor medida. En el Anexo se muestran los perfiles ambientales unitarios seleccionados para este caso.

## 3.6 Recopilación de datos e información

El estudio se dividió en las siguientes etapas, de acuerdo a cada unidad funcional analizada:

### 3.6.1 Producción agrícola Emisiones por fertilización y residuos de cosecha

Como ya se mencionó el modelo de cálculo de emisiones es consistente con el perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, Capítulo 11: Emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de cal y urea para las emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados y las ocasionadas por los residuos de cosecha (aéreos y subterráneos)

El óxido nitroso es producido naturalmente en los suelos a través del proceso de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación es la oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato y la desnitrificación es la reducción microbiana anaeróbica del nitrato en gas de nitrógeno (N<sub>2</sub>). El óxido nitroso es un producto intermedio gaseoso en la secuencia de reacción de la desnitrificación y un producto derivado de la nitrificación que se fuga de las células microbianas al suelo y, en última instancia, a la atmósfera (IPCC, 2006)(IPCC, 2019).



Uno de los principales factores que controlan esta reacción es la disponibilidad de N inorgánico en el suelo.

Por lo tanto, esta metodología estima las emisiones de N<sub>2</sub>O utilizando adiciones netas de N inducidas por el hombre a los suelos (por ejemplo, fertilizantes sintéticos u orgánicos, estiércol depositado, residuos de cultivos, lodos de depuradora), o de la mineralización de N en la materia orgánica del suelo después del drenaje / manejo de materia orgánica, suelos o cultivo / cambio de uso de la tierra en suelos minerales (por ejemplo, tierras forestales / pastizales / asentamientos convertidos en tierras de cultivo).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O que resultan de las entradas antropogénicas de N o de la mineralización de N se producen tanto a través de una vía directa (es decir, directamente de los suelos a los que se añade / libera N) como a través de dos vías indirectas: (i) después de la volatilización del amoníaco (NH<sub>3</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) de suelos gestionados y de la combustión de combustibles fósiles y quema de biomasa, y la posterior redistribución de estos gases y sus productos NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a suelos y aguas; y (ii) después de la lixiviación y escorrentía de N, principalmente como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, de suelos manejados.

Se sigue el nivel 2 (TIER 2) del método IPCC, en el que se usan las ecuaciones por defecto del IPCC, pero con factores de emisión específicos del país tomados de los Informes Bienales de Actualización de Argentina (SAyDS, 2019). El nivel 2 usa datos de actividad desagregados.

En el caso de los residuos de cosecha se incluyeron las fuentes de emisiones directas para todas las regiones y la fuente de emisión indirecta por lixiviación sólo se incluyó para la región VIII: Centro de Entre Ríos ya que responde al criterio de humedad requerido para su inclusión. En las guías se menciona que el cálculo de lixiviación solo aplica a climas húmedos, para climas secos los factores son iguales a cero<sup>5</sup>.

También se estimaron las emisiones de óxido nitroso por el aporte de fertilización nitrogenada in situ. Se incluye, en este último concepto, a las fuentes directas e indirectas por deposición atmosférica y lixiviación asociadas a la aplicación de fertilizantes sintéticos. Las directas e indirectas por deposición atmosférica se consideraron para todas las zonas geográficas, mientras que las indirectas por lixiviación sólo para la zona VIII tal como se explicó en el párrafo anterior.

Son emisiones de nitrógeno, llevadas a óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que es un gas de efecto invernadero 310 veces más poderoso que el CO<sub>2</sub> (MAyDS, 2015).

### COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

En este concepto se incluyeron las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), asociadas a la quema de combustibles para las actividades de laboreo, como la preparación, siembra, cosecha y aplicación de fertilizantes y agroquímicos.

Se asumió que todo el lubricante utilizado en las máquinas y camionetas se quema, ya sea dentro del motor o en su disposición final y que la proporción que se oxida durante su uso es considerablemente reducida. Para combustibles y lubricantes se adicionaron las emisiones generadas durante el ciclo de vida productivo, contemplando las etapas de extracción, refinado y transporte de los productos.

<sup>5</sup> Las guías incluyen una descripción de clima húmedo y seco cuya determinación depende del nivel de lluvias, superior o inferior a 1000 mm anuales. En el sitio web [http://climayagua.inta.gob.ar/estad%C3%ADsticas\\_de\\_precipitaciones](http://climayagua.inta.gob.ar/estad%C3%ADsticas_de_precipitaciones) las únicas zonas que entrarían dentro de la categoría húmedo serían la VIII y la XV, esta última que no produjo trigo durante la Campaña en estudio.

## AGROQUÍMICOS Y FERTILIZANTES

Este punto refiere a las emisiones de GEI asociadas al ciclo de producción de los agroquímicos y fertilizantes aplicados durante la producción del cultivo de trigo. Para realizar la estimación se calcularon las cantidades de agroquímicos (expresados en kilogramos de principio activo) aplicados según los datos del sistema ReTAA. La información de principio activo fue tomada de las hojas de seguridad de los productos. Se incluyeron fungicidas, herbicidas, insecticidas y coadyuvantes. Para fertilizantes se consideraron las cantidades de elemento esencial: nitrógeno, fósforo y azufre asumiendo que se comercializan a granel.

Las cantidades asumidas son los totales aplicados, es decir contabilizando la cantidad total aplicada sobre la superficie total de hectáreas sembradas, incluyendo los productores que aplicaron y los que no aplicaron agroquímicos.

También se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas de la producción de los envases de los distintos agroquímicos utilizados en la etapa agrícola, teniendo en cuenta su capacidad y material de fabricación.

### 3.6.2 Industria secundaria de primera transformación. Industria molinera. Producción de harina

#### MATERIA PRIMA E INSUMOS

Se incluyeron las fuentes de emisión asociadas a la producción, traslados y consumos de energía eléctrica, gas licuado de petróleo (GLP), lubricantes, agua y productos de limpieza y mantenimiento. También las asociadas a los aditivos que se agregan en la producción de harina y los insumos de producto terminado, como son big bag de polipropileno para la harina a granel, la bolsa de papel Kraft para los envases de 50 kg y los pallet.

#### PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

En el proceso productivo dentro del molino harinero se obtiene el producto principal que es la harina en una proporción del 75% (en peso), respecto al grano de trigo que ingresa. El subproducto que se origina es el pellet de afrechillo de trigo, que representa el 25% (en peso) de la materia prima grano de trigo. Este subproducto se vende en su totalidad en el mercado interno, 300 km a la redonda del molino. La asignación de cargas ambientales se llevó a cabo como se explicó en la sección precedente.

### 3.6.3 Industria secundaria de segunda transformación. Industria alimenticia. Producción de pasta seca

#### MATERIA PRIMA E INSUMOS

Se incluyeron las fuentes de emisión en los acopios y en la planta industrial asociadas a la producción, traslados y consumos de energía eléctrica, gas licuado de petróleo (GLP), gas natural, lubricantes, agua de proceso y limpieza, y para los insumos de producto terminado que son polietileno con distintas especificaciones (para el envase primario y para el packaging film) y el pallet. También se contabilizaron los residuos generados y su destino a vertedero o reciclado.

#### PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

En el proceso productivo dentro del molino harinero se obtiene el producto principal que es la Sémola en una proporción del 73% (en peso), respecto al grano de trigo que ingresa. Los subproductos que se originan son el pellet de afrechillo de trigo, que representa el 20% (en peso) de la materia prima grano de trigo, y la harineta, que representa el 7% (en peso). Estos subproductos se venden en su totalidad en el mercado interno. La asignación de cargas ambientales se llevó a cabo como se explicó en la sección precedente.

### 3.6.4 Transportes

Se tuvieron en cuenta todos los transportes, del trigo desde el campo a los puertos de exportación, desde el campo hasta el molino harinero, y desde el campo hasta el molino de pasta. Se consideraron los transportes de insumos dentro de cada etapa, según la respectiva unidad funcional.

Para la unidad funcional **1 t de trigo en el puerto**, se calculó una distancia promedio ponderado de 202,4 km. Para ello se ponderaron los datos del puerto de Rosario (Rosario, San Lorenzo, Va Constitución) con 227 km y el 62% del total de trigo; Bahía Blanca con 175 km y 21% del trigo; Necochea con 92 km y 10% del trigo y Zárate, con 227 km y 7% del trigo<sup>6</sup>

Para la unidad funcional **1 kg de harina**, la materia prima que ingresa de distintos productores, recorre 193,45 km desde origen al destino **molino harinero** (promedio ponderado obtenido de listado de recibos de todo el año). La distancia recorrida por el producto hasta llegar al cliente mayorista es de 514 km.

Para la unidad funcional **1 kg de pasta seca**, se recorre una distancia de 424 km entre el campo y el acopio, de acuerdo al promedio ponderado de los distintos acopios de la empresa estudiada, 181 km entre los acopios y la planta industrial del **molino fideero** y finalmente 531 km entre la planta y el cliente mayorista.

Todos los recorridos se consideraron con retorno vacío, por lo que las distancias recorridas se duplican en el estudio. Las excepciones son los retornos de los transportes de harina pan y de la pasta seca al cliente, donde según se informó, en el caso de la harina se retorna con otros productos y en el caso de la pasta hay sólo un 4% de retorno vacío, el 96% restante vuelve con otros productos a su origen.

▼ **Tabla 3:** Distancias usadas en el estudio (km)

TRAMO	DISTANCIA	IDA Y VUELTA
Campo - puerto	202	405
Campo - industria (harina pan)	193	387
Planta - supermercado (harina pan)	514	
Campo - acopio (pasta seca)	424	849
Acopio - planta (pasta seca)	181	363
Planta - supermercado (pasta seca)	531	552*

\*Incluye solo el 4% del retorno vacío

En todos los casos, los transportes se realizan con camiones de terceros. Se consideró el uso de camiones que consumen combustibles Gr2 para motores Euro II y III (menos de 500 ppm de Azufre), de acuerdo a la Ley 26093/06, con la Resolución 1283/06 y sus modificatorias 478/09 y 5/16 de la Secretaría de Recursos Hidrocarburíferos.

<sup>6</sup> Distancias medias de trigo destinado a puertos. Bolsa de Comercio de Rosario (Informado por Argentrigo en email del 23/09/2020).



## 3.7 Inventarios ambientales construidos

### 3.7.1 Producción primaria

La Tabla 4 muestra el inventario de producción primaria para el trigo de Argentina, por tonelada de trigo cosechado. El mismo se compone con los datos ponderados de las 16 regiones estudiadas. En la planilla Excel que acompaña este trabajo se encuentra el inventario completo, para las 16 regiones productivas definidas por la ReTAA.

▼ **Tabla 4:** Inventario de la producción primaria de 1 t de trigo en la puerta del campo

	Cantidad	Otros	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub>	Total	
<b>TOTAL PAIS TRIGO PUESTO EN PUERTO, PARA EXPORTACIÓN</b>			kg CO <sub>2</sub> eq/t				184,4	
Transporte campo/puerto (I y V)	tkm	404,9	0,1	36,9	0,2	0,6	0,0	37,9
<b>TOTAL PAIS TRIGO EN LA PUERTA DEL CAMPO</b>			kg CO <sub>2</sub> eq/t				146,5	
Semilla	kg/t	33,7	0,0	9,0	5,0	0,4	0,0	14,4
Nitrógeno	kg N/t	6,007	0,0	18,3	0,1	1,5	0,0	19,9
Fósforo	kg P/t	0,853	0,0	1,4	0,0	0,1	0,0	1,6
Azufre	kg S/t	0,093	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Glifosato 48% - Barbecho	kg ppio activo/t	0,013	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Glifosato concentrado - Barbecho	kg ppio activo/t	0,500	0,0	5,0	0,0	0,5	0,0	5,6
2-4D	kg ppio activo/t	0,104	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	0,8
Dicamba	kg ppio activo/t	0,016	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3
Metsulfurón	kg ppio activo/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfonilureas + Dicamba	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Graminicida	kg ppio activo/t	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Saflufenacil	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metribuzin	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fluroxipir	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Imazamox	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Piclorám	kg ppio activo/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorsulfurón+Metsulfurón	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cipermetrina	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lambdacialotrina	kg ppio activo/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorpirifós	kg ppio activo/t	0,006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dimetoato	kg ppio activo/t	0,003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IGRs	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Neonicotinoides	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diamidas	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Piretroide + Neonicotinoide	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carbendazim	kg ppio activo/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tebuconazole	kg ppio activo/t	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estrobirulina + Triazol	kg ppio activo/t	0,028	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
Estrobirulina + Triazol + Carboxamida	kg ppio activo/t	0,003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Triazol + Bencimidazol	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Curasemilla 1 - Insecticida	kg ppio activo/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Curasemilla 2a - Fungicida	kg ppio activo/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Curasemilla 2b - Fungicida	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Curasemilla 2c - Fungicida (carboxamida)	kg ppio activo/t	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Curasemilla 3 - Insecticida + Fungicida	kg ppio activo/t	0,005	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
plástico	kg/t	0,027	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
papel / cartón	kg/t	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Siembra directa	L/t	1,832	0,0	6,2	0,0	0,2	0,0	6,5
Siembra convencional	L/t	0,305	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Pulverización	L/t	0,764	0,0	2,6	0,0	0,1	0,0	2,7
Fertilización	L/t	1,143	0,0	3,9	0,0	0,1	0,0	4,0
Cosecha	L/t	2,557	0,0	8,7	0,0	0,3	0,0	9,0
Lubricantes	L/t	0,792	0,0	0,8	1,6	0,1	0,0	2,4
Residuos de cosecha			0,0	0,0	49,4	0,0	0,0	49,4
Emisiones fertilización			0,0	0,0	28,1	0,0	0,0	28,1

### 3.7.2 Producción de harina

La Tabla 5 muestra el inventario de la producción de harina. Se muestran las cantidades de insumos para producir 1 kg de harina en el molino harinero.



▼ **Tabla 5:** Inventario de la producción de 1 kg de harina

	Salidas	Perfil asignado	Cantidad	Asignación
	<b>Harina pan</b>		<b>1,00 kg</b>	<b>88%</b>
	<b>Pellet de afrechillo trigo</b>		<b>0,33 kg</b>	<b>12%</b>
	<b>Entradas</b>			
<b>Proceso Subproducto</b>	Gas Natural en caldera (m3)	Gas Natural en caldera (m3)	0,000 m <sup>3</sup>	
	Energía eléctrica de Red Argentina	Energía eléctrica Red Arg.	0,001 kwh	
	Agua	Agua	0,013 kg	
<b>Producto</b>	Embolse de producto terminado (Harinas)	Energía eléctrica Red Arg.	0,003 kwh	
	Embolse de producto terminado (Harinas)	GLP (en kg)	0,000 kg	
	Envases - Bolsas papel kraft	Papel Kraft	0,003 kg	
	Envases - BigBag x 1250 kg PP	Polipropileno	0,000 kg	
	AGUA - Proceso harina	Agua	0,059 kg	
	Pellet madera pino	Pallet madera	0,000 Unid.	
<b>Procesos comunes</b>	Tamizado y purificación	Energía eléctrica Red Arg.	0,003 kwh	
	Molienda	Energía eléctrica Red Arg.	0,044 kwh	
	Limpieza y acondicionamiento	Energía eléctrica Red Arg.	0,008 kwh	
	Recibo, almacenamiento , prelimpieza	Energía eléctrica Red Arg.	0,004 kwh	
	Aditivos	Enzimas	0,002 kg	
	Aditivos	Azodicarbonamida	0,002 kg	
	Trigo Pan	Trigo Argentina	1,333 kg	
<b>Limpieza y mantenimiento</b>	Agua - Limpieza instalaciones/sanitarios	Agua	0,013 kg	
	Hipoclorito de sodio	Hipoclorito de Sodio	0,000 litros	
	Otros productos químicos	Hipoclorito de Sodio	0,000 litros	
	Aceite	Lubricantes	0,000 litros	
	Grasa	Lubricantes	0,000 kg	
<b>Transporte</b>	Transporte Trigo Campo/ Planta (I y V)	Transporte >32 t EURO 3	0,516 tkm	
	Transporte Insumos (sólo ida)	Transporte 16-32 t EURO 3	0,003 tkm	

### 3.7.3 Producción de pasta seca

La Tabla 6 muestra los resultados del inventario de la producción de pasta seca. Se muestran las cantidades de insumos para producir un kg de pasta seca de sémola en el molino fideero.



▼ **Tabla 6:** Inventario de la producción de 1 kg de pasta seca

	Salidas	Perfil asignado	Cantidad	Asignación
	<b>Pasta seca, fideo largo: Tallarín/Spaguetti</b>		<b>1,00 kg</b>	<b>100%</b>
<b>Planta: línea exclusiva fideo largo</b>	Residuos Reciclado/Recuperado		0,017 kg	
	Residuos Relleno	Residuos a vertedero	0,001 kg	
	Efluentes	Salen tratados	0,478 litros	
	<b>Entradas</b>			
	Sémola		1,000 kg	
	Consumo e. eléctrica	Energía eléctrica Red Arg.	0,132 kWh	
	Consumo gas natural (red) + Esp. Tec. Calderas	Gas Natural en caldera (m3)	0,011 m3	
	Consumo GLP	GLP (en Litros)	0,000 litros	
	Consumo lubricantes máquinas	Lubricantes	0,000 litros	
	Consumo agua	Agua	0,175 litros	
Insumos vinculados a pack	Packaging film	0,008 kg		
Transporte packaging	Transporte 16-32 t EURO 3	0,000 tkm		
Pellet madera pino	Pallet madera	0,00067 Unid.		
	<b>Salidas</b>			
			1,000 kg	90,4%
	Subproductos	Afrecho	0,274 kg	7,5%
	Subproductos	Harineta	0,096 kg	2,2%
<b>Molino</b>	Residuos Relleno	Residuos a vertedero	0,000406 kg	
	<b>Entradas</b>			
	TRIGO		1,370 kg	
	Consumo e. eléctrica	Energía eléctrica Red Arg.	0,069 kWh	
	Consumo agua	Agua	0,048 litros	
	<b>Salidas</b>			
			1,370 kg	
<b>Acopio</b>	Residuos Reciclado		0,000 kg	
	Residuos Relleno	Residuos a vertedero	0,001 kg	
	<b>Entradas</b>			
	TRIGO	TRIGO Argentina	1,370 kg	
	Consumo e. eléctrica	Energía eléctrica Red Arg.	0,015 kWh	
<b>Transporte de Trigo</b>	Transporte Acopio - Planta (I y V)	Transporte >32 t EURO 3	0,497 tkm	
	Transporte Campo - Acopio (I y V)	Transporte >32 t EURO 3	1,163 tkm	

# 4 - RESULTADOS HUELLA DE CARBONO

▼ **Tabla 7:** Huella de Carbono de 1 t de trigo

## 4.1 Producción primaria

La Tabla 7 muestra la Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina, la que resulta en **147 kg CO2 eq / t de trigo en la puerta del campo**. A ese valor se le suman 38 kg CO2 eq/t por el transporte para llegar al puerto de exportación, lo que resulta en un total de **184 kg CO2 eq/t de trigo en el puerto**.

La segunda columna de esta tabla indica la Huella de Carbono (emisiones) por tonelada de trigo (kg CO2 eq/t). Las tercera y cuarta columnas indican el peso relativo (%) de cada uno de los factores de emisión de CO2 eq, tanto si se considera el trigo a campo, como si se analiza el trigo en el puerto. La quinta columna expresa la Huella de Carbono por hectárea de trigo a campo, como un valor de referencia.

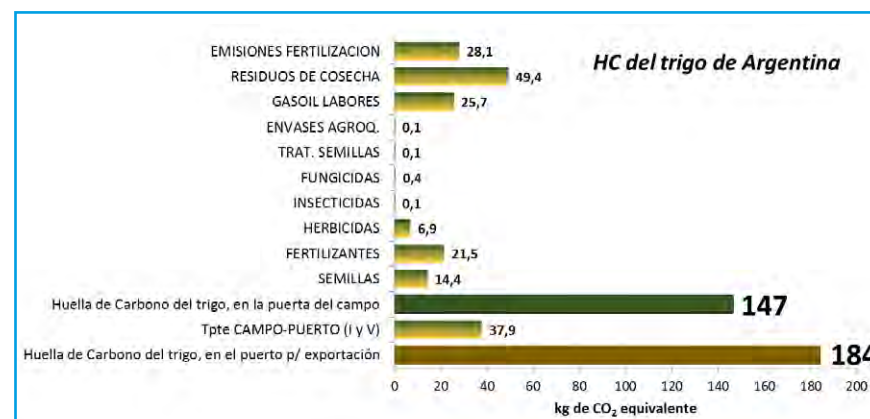
La Tabla 7 también muestra la Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina en la puerta del campo, según c/u de los tres niveles tecnológicos definidos por la ReTAA, la que resulta en **145,5 CO2 eq / t en el nivel Alto**, **144,6 kg CO2 eq / t en el nivel Medio** y **169,1 kg CO2 eq / t de trigo en el nivel Bajo**. En el caso del nivel alto y medio, los valores son muy similares al valor total país (diferencia en torno al 1%), mientras que el nivel tecnológico bajo, tiene una huella 15% superior al total país calculado. Como se puede observar, existe una relación inversa entre la Huella de Carbono y el nivel tecnológico vinculado a los rendimientos y uso de insumos por nivel.

En la planilla Excel que acompaña este trabajo se encuentran los resultados completos, que permiten hacer un análisis más profundo, a través de la sensibilización de las diferentes variables.

	HC Trigo País (kg CO <sub>2</sub> equivalente)			Por nivel tecnológico en la puerta del campo			
	Por t de Trigo (kg CO <sub>2</sub> eq/t)	% Trigo Campo	% Trigo Puerto	Por ha de trigo (kg CO <sub>2</sub> eq/ha)	Alto (kg CO <sub>2</sub> eq/t)	Medio (kg CO <sub>2</sub> eq/t)	Bajo (kg CO <sub>2</sub> eq/t)
<b>Huella de Carbono del trigo en el puerto de exportación</b>	<b>184</b>		<b>100%</b>				
Tpte CAMPO-PUERTO (l y V)	37,9		21%		-1%	-1%	+15%
<b>Huella de Carbono del trigo en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>100%</b>		<b>526,0</b>	<b>145,5</b>	<b>144,6</b>	<b>169,1</b>
SEMILLAS	14,4	10%	8%	47,1	11,5	14,6	19,2
FERTILIZANTES	21,5	15%	12%	83,8	25,1	20,6	26,3
HERBICIDAS	6,9	5%	4%	21,4	5,2	6,8	8,6
INSECTICIDAS	0,1	0%	0%	0,2	0,1	0,1	0,1
FUNGICIDAS	0,4	0%	0%	1,6	0,4	0,4	0,3
TRAT. SEMILLAS	0,1	0%	0%	0,3	0,1	0,1	0,1
ENVASES AGROQ.	0,1	0%	0%	0,2	0,0	0,1	0,1
GASOIL LABORES	25,7	18%	14%	83,6	20,6	25,7	31,0
RESIDUOS DE COSECHA	49,4	34%	27%	178,2	49,4	49,4	49,4
EMISIONES FERTILIZACION	28,1	19%	15%	109,6	33,1	26,9	34,2

La Figura 6 permite visualizar gráficamente la Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina según los factores que contribuyen en cada uno de los eslabones de la cadena de producción primaria del trigo. Es la visualización de la Tabla 7.

▼ **Figura 6:** Factores que contribuyen a la Huella de Carbono de 1 t de trigo





En la Tabla 7 y en la Figura 6 se observa que, en la **producción primaria de trigo**, el principal punto caliente (hotspot) desde el punto de vista ambiental son las emisiones por los residuos de cosecha (34% del trigo a campo y 27% del trigo en puerto). En segundo lugar, se encuentra la suma de las emisiones por la fabricación y por el uso de fertilizantes (34% del trigo a campo y 27% del trigo en puerto). En tercer lugar, aparece la huella por el uso de combustibles para las labores agrícolas (18% del trigo a campo y 14% del trigo en puerto). Por otro lado, cuando se considera sólo la unidad funcional 1 t de trigo en puerto, aparece el transporte en tercer lugar con un 21% de la huella.

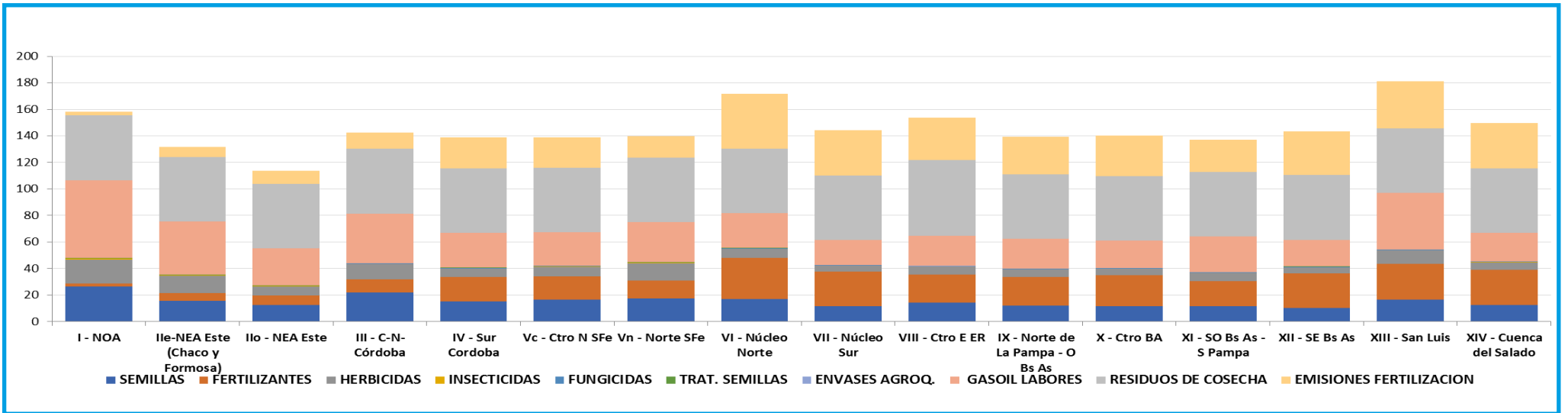
La Tabla 8 y la Figura 7 muestran la Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina en la puerta del campo, según cada una de las 16 zonas definidas por la ReTAA, la que varía desde un **mínimo de 113,8 kg CO<sub>2</sub> eq / t** en la zona Ilo - NEA Este a un **máximo de 181,0 kg CO<sub>2</sub> eq / t** de trigo en la zona I - NOA. Los valores en porcentajes (%) representan la diferencia relativa con respecto a la Huella de Carbono del trigo de Argentina.



▼ **Tabla 8:** Huella de Carbono de 1 t de trigo en la puerta del campo de origen según zona productiva en kg CO<sub>2</sub> eq/t

I - NOA	Ile-NEA Este (Chaco y Formosa)	Ilo - NEA Este	III - C-N-Córdoba	IV - Sur Córdoba	Vc - Ctro N SFe	Vn - Norte SFe	VI - Núcleo Norte	VII - Núcleo Sur	VIII - Ctro E ER	IX - Norte La Pampa - O Bs As	X - Ctro BA	XI - SO Bs As - S Pampa	XII - SE Bs As	XIII - San Luis	XIV - Cuenca del Salado
+8%	-10%	-22%	-3%	-5%	-5%	-5%	+17%	-2%	+5%	-5%	-4%	-7%	-2%	+24%	+2%
<b>158,1</b>	<b>131,8</b>	<b>113,8</b>	<b>142,3</b>	<b>138,8</b>	<b>139,0</b>	<b>139,9</b>	<b>171,6</b>	<b>144,1</b>	<b>153,8</b>	<b>139,3</b>	<b>140,3</b>	<b>136,9</b>	<b>143,6</b>	<b>181,0</b>	<b>149,6</b>
26,7	15,8	12,4	22,0	15,1	16,5	17,4	16,9	11,6	14,4	12,1	11,5	11,7	10,3	16,8	12,4
2,0	5,6	7,1	9,8	18,5	17,6	13,8	31,2	26,0	21,1	21,5	23,5	18,7	26,1	26,8	26,9
18,1	13,3	7,0	11,8	6,5	7,4	12,8	6,8	4,4	6,1	5,8	4,8	6,3	4,4	10,3	5,4
0,9	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
0,0	0,1	0,3	0,1	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,2	0,7
0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
58,6	40,0	28,0	37,4	26,0	25,2	30,1	26,1	19,0	22,5	22,5	20,6	27,0	20,1	42,5	21,4
48,7	48,7	48,7	48,7	48,7	48,7	48,7	48,7	48,7	57,5	48,7	48,7	48,7	48,7	48,7	48,7
2,8	7,7	9,9	12,2	23,3	22,9	16,2	41,2	33,8	31,9	28,3	30,5	24,0	33,2	35,4	33,9

▼ **Figura 7:** Huella de Carbono de 1 t de trigo según nivel tecnológico y zona productiva



## 4.2 Producción de harina

La Tabla 9 muestra la Huella de Carbono de 1 kg de harina de trigo en el cliente del molino harinero, la que resulta en **0,343 kg CO2 eq / kg de harina**. En la planilla Excel que acompaña este trabajo se encuentra esta Tabla vinculada con todas las variables de las que depende este valor.

▼ **Tabla 9:** Huella de Carbono de 1 kg de harina de trigo en el cliente del molino harinero. Aportes de cada eslabón según tipo de gas de efecto invernadero.

	Salidas	Perfil asignado	Cantidad	Asignación	Sumatoria	Rem.	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub>
<b>HUELLA DE CARBONO en el punto de compra del consumidor (kg CO<sub>2</sub> equivalente)</b>										
	Harina pan		1,00 kg		<b>0,343</b>	<b>0,00</b>	<b>0,23</b>	<b>0,10</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>
<b>Transp. harina</b>	Transporte Planta - Cliente (solo ida)	Transporte >32t EURO 3	0,514 tkm		0,048	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
<b>HUELLA DE CARBONO en la puerta de la Industria (kg CO<sub>2</sub> equivalente)</b>										
	Harina de pan		1,00 kg	88%	<b>0,295</b>	<b>0,00</b>	<b>0,18</b>	<b>0,10</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>
	Pellet de afrechillo trigo		0,33 kg	12%	<b>0,038</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Entradas</b>										
<b>Producto</b>	Embalse de producto terminado (Harinas)	Energía eléctrica Red Arg.	0,003 kwh		0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Embalse de producto terminado (Harinas)	GLP (en kg)	0,000 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Envases - Bolsas papel kraft	Papel Kraft	0,003 kg		0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Envases - BigBag x 1250 kg PP	Polipropileno	0,000 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	AGUA - Proceso harina	Agua	0,059 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Pellet madera pino	Pallet madera	0,000 Unid.		0,009	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Procesos comunes</b>	Tamizado y purificación	Energía eléctrica Red Arg.	0,003 kwh		0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Molienda	Energía eléctrica Red Arg.	0,044 kwh		0,019	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
	Limpieza y acondicionamiento	Energía eléctrica Red Arg.	0,008 kwh		0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Recibo, almacenamiento , prelimpieza	Energía eléctrica Red Arg.	0,004 kwh		0,002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aditivos	Enzimas	0,002 kg		0,021	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	Aditivos	Azodicarbonamida	0,002 kg		0,026	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
	Trigo Pan	Trigo Argentina	1,333 kg		0,195	0,00	0,08	0,11	0,00	0,00
<b>Limpieza y mantenimiento</b>	Agua - Limpieza instalaciones/sanitarios	Agua	0,013 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Hipoclorito de sodio	Hipoclorito de Sodio	0,000 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Otros productos químicos	Hipoclorito de Sodio	0,000 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aceite	Lubricantes	0,000 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Grasa	Lubricantes	0,000 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Transporte</b>	Transporte Trigo Campo - Planta (I y V)	Transporte >32 t EURO 3	0,516 tkm		0,048	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
	Transporte Insumos (sólo ida)	Transporte 16-32 t EURO 3	0,003 tkm		0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

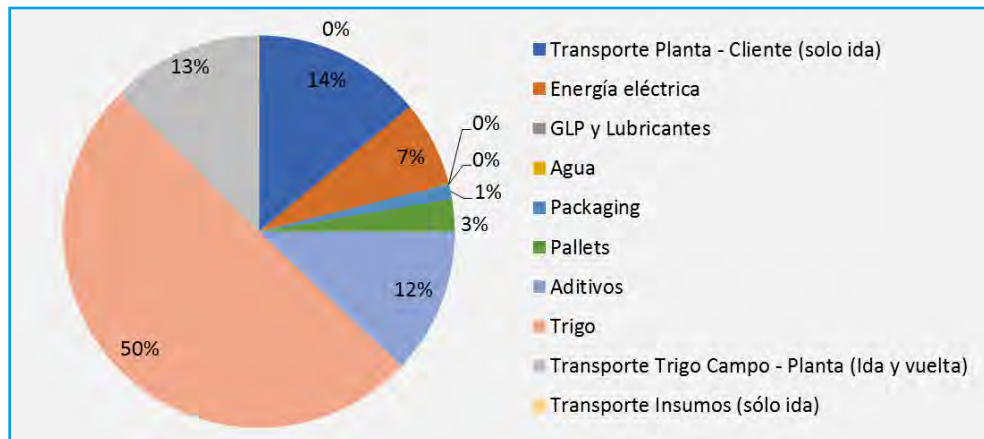


En forma resumida se observa a través de la Tabla 10 y de la figura 8 el impacto de la producción de 1 kg de harina de trigo en el cliente del molino harinero. La Tabla 10 y la Figura 8 permiten visualizar que, en el caso de la harina de trigo, la etapa de producción primaria del grano de trigo representa el 50% de la huella, seguido por el transporte al cliente (14%), el transporte del trigo desde el campo hasta el molino (12%), y el uso de aditivos a la harina (12%)

▼ **Tabla 10:** Huella de Carbono de 1 kg de harina de trigo en el cliente del molino harinero. Aportes de CO<sub>2</sub> eq y contribución porcentual de los diferentes eslabones.

HUELLA DE CARBONO DE HARINA	0,343	kg CO <sub>2</sub> eq/kg
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	14%
Energía eléctrica	0,024	7%
GLP y Lubricantes	0,000	0%
Agua	0,000	0%
Packaging	0,004	1%
Pallets	0,009	3%
Aditivos	0,041	12%
Trigo	0,173	50%
Transporte Trigo Campo - Planta (Ida y vuelta)	0,043	12%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0%

▼ **Figura 8:** Huella de Carbono de 1 kg de harina de trigo en el cliente del molino harinero. Contribución porcentual de los diferentes eslabones.



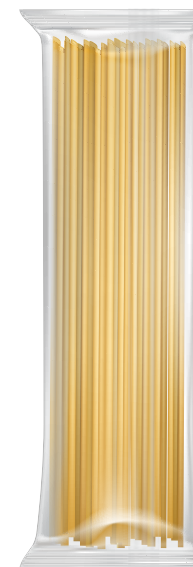


## 4.3 Producción de pasta

La Tabla 11 muestra la Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola en el cliente del molino fideero, la que resulta en 0,541 kg CO<sub>2</sub> eq / kg de pasta. En la planilla Excel que acompaña este trabajo se encuentra esta Tabla vinculada con todas las variables de las que depende este valor.

	Salidas	Perfil asignado	Cantidad	Asignación	Sumatoria	Rem.	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub>	
<b>HUELLA DE CARBONO en el punto de compra del consumidor (kg CO<sub>2</sub> equivalente)</b>											
	Pasta seca, fideo largo: Tallarin/Spaghetti			1,00 kg		0,541	0,001	0,409	0,110	0,021	0,000
<b>Transp. pasta</b>	Transporte Planta - Cliente (solo ida)	Transporte >32t EURO 3	0,552 tkm		0,052	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	
<b>HUELLA DE CARBONO en la puerta de la Industria (kg CO<sub>2</sub> equivalente)</b>											
	Pasta seca, fideo largo: Tallarin/Spaghetti			1,00 kg	100%	0,489	0,001	0,359	0,109	0,020	0,000
<b>Planta: línea exclusiva fideo largo</b>	Residuos Reciclado/Recuperado		0,017 kg								
	Residuos Relleno	Residuos a vertedero	0,001 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Efluentes	Salen tratados	0,478 litros								
	<b>Entradas</b>										
	Sémola		1,000 kg								
	Consumo e. eléctrica	Energía eléctrica Red Arg.	0,132 kWh		0,057	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	
	Consumo gas natural (red)	Gas Natural en caldera (m3)	0,011 m3		0,025	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	
	Consumo GLP	GLP (en Litros)	0,000 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Consumo lubricantes máquinas	Lubricantes	0,000 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Consumo agua	Agua	0,175 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Insumos vinculados a pack	Packaging film	0,008 kg		0,023	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	
	Transporte packaging	Transporte 16-32 t EURO 3	0,000 tkm		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Pellet madera pino	Pallet madera	0,00067 Unid.		0,030	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	
<b>Molino</b>	<b>Salidas</b>										
	Sémola		1,000 kg	90,4%	0,354	0,00	0,24	0,11	0,01	0,00	
	Subproductos	Afrecho	0,274 kg	7,5%	0,029	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	
	Subproductos	Harineta	0,096 kg	2,2%	0,008	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
	Residuos Relleno	Residuos a vertedero	0,000406 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<b>Entradas</b>										
	TRIGO		1,370 kg								
Consumo e. eléctrica	Energía eléctrica Red Arg.	0,069 kWh		0,030	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00		
Consumo agua	Agua	0,048 litros		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
<b>Acopio</b>	<b>Salidas</b>										
	TRIGO		1,370 kg								
	Residuos Reciclado		0,000 kg								
	Residuos Relleno	Residuos a vertedero	0,001 kg		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<b>Entradas</b>										
TRIGO	TRIGO Argentina	1,370 kg		0,201	0,00	0,08	0,12	0,00	0,00		
Consumo e. eléctrica	Energía eléctrica Red Arg.	0,015 kWh		0,006	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00		
<b>Transporte de Trigo</b>	Transporte Acopio - Planta (I y V)	Transporte >32 t EURO 3	0,497 tkm		0,046	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	
	Transporte Campo - Acopio (I y V)	Transporte >32 t EURO 3	1,163 tkm		0,109	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	

◀ **Tabla 11:** Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca en el cliente del molino fideero. Aportes de cada eslabón según tipo de gas de efecto invernadero.

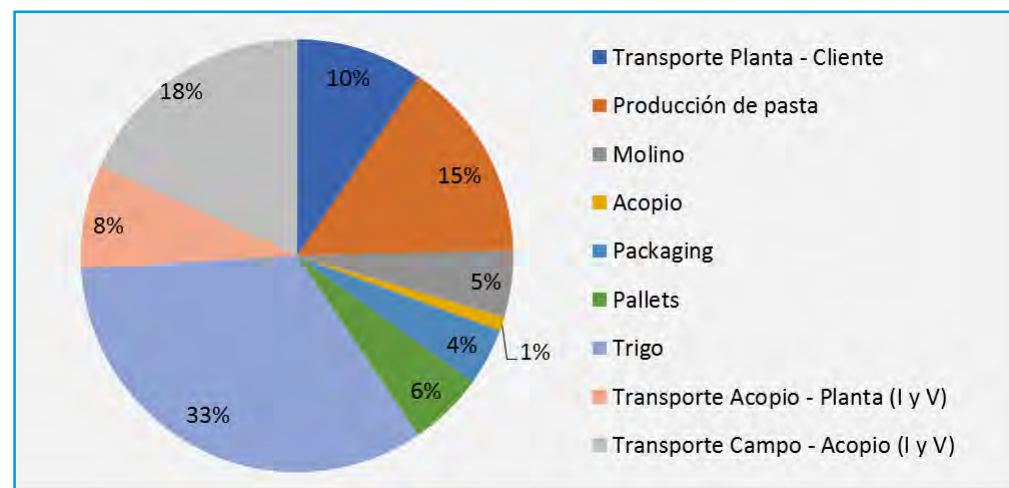


En forma resumida se observa a través de la tabla 12 y de la figura 9 el impacto de la producción de 1 kg de pasta seca en el cliente de la industria fideera. Con respecto a la Tablas 12 y Figura 9, los resultados de la Huella de Carbono de la pasta seca muestran que la etapa agrícola es responsable por el 34% del impacto de la cadena productiva, mientras que el total del transporte explica el 36% de la huella. La producción industrial de la pasta (molienda más elaboración) es responsable del 20%.

▼ **Tabla 12:** Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola en el cliente del molino fideero. Aportes de CO<sub>2</sub> eq y contribución porcentual de los diferentes eslabones.

Huella de Carbono pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti	0,541	kg CO <sub>2</sub> eq/kg
Transporte Planta - Cliente	0,052	10%
Producción de pasta	0,082	15%
Molino	0,027	5%
Acopio	0,006	1%
Packaging	0,023	4%
Pallets	0,030	6%
Trigo	0,181	34%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	8%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	18%

▼ **Figura 9:** Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola en el cliente del molino fideero. Contribución porcentual de los diferentes eslabones.



# 5 - ANÁLISIS DE RESULTADOS COMPARATIVOS DE HUELLA DE CARBONO

## 5.1 Comparación con resultados de la harina en Ecolnvent

Para comparar el resultado obtenido en este estudio sobre la Huella de Carbono de la harina se buscaron perfiles ambientales de producción de harina de trigo en la base de datos Ecolnvent, los cuales se muestran a continuación en la tabla 13.

▼ **Tabla 13:** Comparación del resultado obtenido en este trabajo para la harina, respecto a diferentes Huellas de Carbono calculadas en distintas partes del mundo, disponibles en la base de datos Ecolnvent.

País	HC Harina Pan (g CO <sub>2</sub> eq/kg)	Diferencia
Bélgica	585	-170%
Rep. Checa	632	-184%
Alemania	550	-160%
España	816	-238%
Francia	534	-156%
Hungría	635	-185%
Italia	663	-193%
Polonia	676	-197%
Portugal	732	-213%
Rumania	678	-198%
Reino Unido	585	-170%

## 5.2 Comparación con resultados de la pasta seca de Barilla

Resulta de interés comparar, los resultados obtenidos en este trabajo y la Declaración Ambiental de Producto de la empresa Barilla, por ser uno de los trabajos más conocidos mundialmente. Barilla es una Empresa italiana líder mundial en producción de pasta seca; produce y vende sus productos en distintas partes del mundo. El trabajo publicado por

ellos y mencionado en la introducción y antecedentes de este trabajo, calcula la huella de carbono, entre otros impactos ambientales, de producir y empacar 1 kg de pasta seca en diferentes locaciones. La Tabla 15 muestra la huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola de Argentina (izquierda) y la huella calculada por Barilla (derecha) para la producción y consumo en Italia, descontando el impacto calculado por ellos en la cocción de la pasta.

En la columna "Arg vs Barilla" se pueden observar las diferencias porcentuales entre la pasta de Argentina y la de Barilla para el mercado de Italia. En general, la Huella de Carbono es un 34% inferior en Argentina; con el transporte planta-cliente un 48% por debajo de la italiana y la producción industrial de pasta seca un 56% inferior a Barilla. Por otro lado, la Huella de Carbono del packaging y pallets es un 7% superior en Argentina y el trigo colocado en el molino fideero resulta un 21% inferior en Argentina.

▼ **Tabla 14:** Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola de Argentina y de Barilla.

Huella de Carbono pasta seca: fideo largo tipo tallarín o spaghetti					
Caso Argentina		0,541 kg CO <sub>2</sub> eq/kg	Arg vs Barilla	Caso Barilla	
				0,817 kg CO <sub>2</sub> eq/kg	
Transporte Planta - Cliente	0,052	10%	-48%	Distribución	0,100 12%
Producción de pasta	0,082	15%	-56%	Prod. pasta	0,235 29%
Molino	0,027	5%		Molino	0,023 3%
Acopio	0,006	1%			
Packaging	0,023	4%	+7%	Packaging	0,050 6%
Pallets	0,030	6%	-21%	Prod. Trigo (asumimos que incluye tptes)	0,409 50%
Trigo	0,181	34%			
Tpte. Acopio/Planta (I y V)	0,042	8%			
Tpte. Campo/Acopio (I y V)	0,098	18%			

▼ **Figura 10:** Comparación HC Pasta seca Argentina e Italia UF: 1 kg de pasta.



### 5.3 Comparación con resultados de publicaciones científicas

La Tabla 15 enumera los resultados de publicaciones científicas sobre la Huella de Carbono de la cadena de trigo, con resultados disímiles y su diferencia con el resultado obtenido en este estudio.

▼ **Tabla 15:** Comparación de la Huella de Carbono de la cadena de trigo de Argentina, con resultados publicados

País	HC (diferentes unidades)	Diferencia
(Haq, 2014)	172	-15%
(Rajaniemi, Mikkola, & Ahokas, 2011)	590	-75%
(Gan, et al., 2012)	353	-59%
(Fix & Tynan, 2011)	115	<b>28%</b>
(Chang, Cutforth, Qiang, & Yantai, 2016)	323	-55%
(Wanhalinna, 2010)	720	-80%
(Bernesson, Nilsson, & Hansson, 2006)	2210	-76%
(Amaia, et al., 2012)	384	-62%
(AHDB, Cereals and Oilseeds, 2012)	361	-59%
(Brock & Stephens, 2020)	200	-27%
(Ruini, Ferrari, Marino, & Sessa, 2013)	2,39	-77%
(UNAFPA, 2018)	2,11	-74%
(Frank, Montero, Ricard, & Sirotiuk, 2014)	245	-40%
(Rosa, et al., 2011)	212	-31%
(Álvarez, 2020)	281	-48%

La Huella de Carbono del trigo a campo de Argentina resulta un **15% inferior** a la calculada por (Haq, 2014) para Bangladesh.

A su vez, la Huella de Carbono del trigo a campo de Argentina resulta **75% inferior** a la de Rajaniemi en Finlandia (Rajaniemi, Mikkola, & Ahokas, 2011).

Con respecto a Canadá, los datos de Argentina resultan un **59% inferiores** a los informados por Gan et al., (2012) para Canadá, o **55% inferiores** según Chang et al. (Chang, Cutforth, Qiang, & Yantai, 2016). Sin embargo, los valores de Argentina son **28% superiores** a los calculados por Fix & Tynan (2011).

Argentina está un **80% por debajo** de lo calculado por Wanhalinna para Finlandia (Wanhalinna, 2010) y un **76% por debajo** de lo estimado por Bernesson y col. para Suecia (Bernesson, Nilsson, & Hansson, 2006).

La Huella de Carbono del trigo a campo de Argentina resulta **62% inferior** a la calculada por el INIA de España (Amaia, y otros, 2012) y **59% por debajo** de la de AHDB (2012) para el Reino Unido.

Argentina está un **27% por debajo** de lo calculado para Australia (Brock & Stephens, 2020). La pasta de Argentina tiene una Huella de Carbono **77% inferior** a la estimada por Ruini et al. (Ruini, Ferrari, Marino, & Sessa, 2013) y **74% inferior** a la calculada para Europa (UNAFPA, 2018).

Con respecto a estudios previos de Argentina sobre la Huella de Carbono del trigo a campo, los resultados de este trabajo indican una Huella de Carbono un **40% inferior** a la calculada previamente para La Pampa por Frank et al. (Frank, Montero, Ricard, & Sirotiuk, 2014); o un **31% menor** a la estimada por Rosa (2011) para la provincia de Buenos Aires. También resulta un **48% inferior** a la estimada recientemente por Álvarez (2020) para la Provincia de Córdoba.



# 6 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad consiste en calcular los resultados que se obtienen, al cambiar una variable de riesgo debido al clima (como ser el rendimiento), o bien variables de manejo como la fertilización o la distancia de transporte. De este modo, teniendo los nuevos resultados se pueden mejorar las estimaciones del estudio, en el caso de que esas variables cambiasen.

## 6.1 Escenario 1

Un aumento del rendimiento del 20%, ceteris paribus significa una reducción del 11% de la huella a campo y del 9% de la huella en el puerto. También implica una disminución del 6% de la huella de la harina y del 4% de la pasta.

▼  
**Tabla 16:** Huella de carbono del trigo, considerando un **aumento del rendimiento del 20%**.

HC Trigo País (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 1	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>168</b>	<b>-9%</b>
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	37,9	0%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>130</b>	<b>-11%</b>
Semillas	14,4	12,0	-17%
Fertilizantes	21,5	17,9	-17%
Herbicidas	6,9	5,7	-17%
Insecticidas	0,1	0,1	-17%
Fungicidas	0,4	0,3	-17%
Trat. semillas	0,1	0,1	-17%
Envases agroquímicos	0,1	0,0	-17%
Gasoil labores	25,7	21,4	-17%
Residuos de cosecha	49,4	49,4	0%
Emisiones fertilización	28,1	23,4	-17%

▼  
**Tabla 17:** Huella de carbono de la harina, considerando un **aumento del rendimiento del 20%**

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 1	Diferencia
<b>Huel la de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,324</b>	<b>-6%</b>
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,154	-11%
Transporte Trigo Campo - Planta (Ida y vuelta)	0,043	0,043	0%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%

▼  
**Tabla 18:** Huella de carbono de la pasta seca, considerando un **aumento del rendimiento de trigo del 20%**.

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 1	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,521</b>	<b>- 4%</b>
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,161	-11%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,098	0%

## 6.2 Escenario 2

Una disminución del rendimiento del 20%, ceteris paribus significa un aumento del 17% de la huella a campo y del 13% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 8% de la huella de la harina y del 6% de la pasta.

**Tabla 19:** Huella de carbono del trigo, considerando una **disminución** del rendimiento del 20%.

HC Trigo Pais (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 2	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>209</b>	13%
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	37,9	0%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>171</b>	17%
Semillas	14,4	18,0	25%
Fertilizantes	21,5	26,8	25%
Herbicidas	6,9	8,6	25%
Insecticidas	0,1	0,1	25%
Fungicidas	0,4	0,5	25%
Trat. semillas	0,1	0,1	25%
Envases agroquímicos	0,1	0,1	25%
Gasoil labores	25,7	32,1	25%
Residuos de cosecha	49,4	49,4	0%
Emissiones fertilización	28,1	35,1	25%

**Tabla 21:** Huella de carbono de la pasta seca, considerando una **disminución** del 20% en el rendimiento del trigo, ceteris paribus

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarín o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 2	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,571</b>	6%
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,212	17%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,098	0%

**Tabla 20:** Huella de carbono de la harina, considerando una **disminución** del 20% en el rendimiento del trigo.

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 2	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,372</b>	8%
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,201	17%
Transporte Trigo Campo - Planta (Ida y vuelta)	0,043	0,043	0%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%

## 6.3 Escenario 3

Una disminución del 20% en la fertilización nitrogenada, pero con rendimientos constantes, *ceteris paribus* significa una disminución del 7% de la huella a campo y del 5% de la huella en el puerto. También implica una baja del 3% de la huella de la harina y del 2% de la pasta.



**Tabla 22:** Huella de carbono del trigo, con una **disminución del 20% en la fertilización nitrogenada**, pero con rendimientos constantes.

HC Trigo Pais (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 3	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>175</b>	-5%
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	37,9	0%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>137</b>	-7%
SEMILLAS	14,4	14,4	0%
FERTILIZANTES	21,5	17,5	-18%
HERBICIDAS	6,9	6,9	0%
INSECTICIDAS	0,1	0,1	0%
FUNGICIDAS	0,4	0,4	0%
TRAT. SEMILLAS	0,1	0,1	0%
ENVASES AGROQ.	0,1	0,1	0%
GASOIL LABORES	25,7	25,7	0%
RESIDUOS DE COSECHA	49,4	49,4	0%
EMISIONES FERTILIZACION	28,1	22,5	-20%



**Tabla 24:** Huella de carbono de la pasta seca, considerando un cultivo con una **disminución del 20% en la fertilización nitrogenada**, pero con rendimientos constantes.

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 3	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,529</b>	-2%
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,170	-7%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,098	0%



**Tabla 23:** Huella de carbono de la harina, considerando un cultivo con una **disminución del 20% en la fertilización nitrogenada**, pero con rendimientos constantes.

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 3	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,332</b>	-3%
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,162	-7%
Transporte Trigo Campo - Planta (Ida y vuelta)	0,043	0,043	0%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%

## 6.4 Escenario 4

Un **aumento** del 20% en la **fertilización nitrogenada**, con rendimientos constantes, ceteris paribus, significa una suba del 7% de la huella a campo y del 5% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 3% de la huella de la harina y del 2% de la pasta.



**Tabla 25:** Huella de carbono del trigo, considerando un cultivo con un **aumento del 20%** en la fertilización **nitrogenada**, pero con rendimientos constantes

HC Trigo País (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 4	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>194</b>	5%
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	37,9	0%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>156</b>	7%
SEMILLAS	14,4	14,4	0%
FERTILIZANTES	21,5	25,4	18%
HERBICIDAS	6,9	6,9	0%
INSECTICIDAS	0,1	0,1	0%
FUNGICIDAS	0,4	0,4	0%
TRAT. SEMILLAS	0,1	0,1	0%
ENVASES AGROQ.	0,1	0,1	0%
GASOIL LABORES	25,7	25,7	0%
RESIDUOS DE COSECHA	49,4	49,4	0%
EMISIONES FERTILIZACION	28,1	33,7	20%



**Tabla 26:** Huella de carbono de la harina, considerando un cultivo con un **aumento del 20%** en la fertilización **nitrogenada**, pero con rendimientos constantes.

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 4	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,354</b>	3%
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,184	7%
Transporte Trigo Campo - Planta (Ida y vuelta)	0,043	0,043	0%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%

**Tabla 27:** Huella de carbono de la pasta seca, considerando un cultivo con un **aumento del 20%** en la fertilización **nitrogenada**, pero con rendimientos constantes.

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 4	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,553</b>	2%
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,193	7%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,098	0%



## 6.5 Escenario 5

Un aumento del 25% en las distancias del transporte de aprovisionamiento del trigo (recorrido desde el campo hasta el acopio o industria), significa una suba del 5% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 3% de la huella de la harina y del 5% de la pasta.

**Tabla 28:** Huella de carbono del trigo, considerando un **aumento del 25% en las distancias del transporte.**

HC Trigo Pais (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 5	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>194</b>	5%
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	47,4	25%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>147</b>	0%
Semillas	14,4	14,4	0%
Fertilizantes	21,5	21,5	0%
Herbicidas	6,9	6,9	0%
Insecticidas	0,1	0,1	0%
Fungicidas	0,4	0,4	0%
Trat. Semillas	0,1	0,1	0%
Envases agroquímicos	0,1	0,1	0%
Gasoil labores	25,7	25,7	0%
Residuos de cosecha	49,4	49,4	0%
Emisiones fertilización	28,1	28,1	0%

**Tabla 29:** Huella de carbono la harina, considerando un **aumento del 25% en las distancias del transporte.**

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 5	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,354</b>	3%
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,173	0%
Transporte Trigo Campo - Planta (I y V)	0,043	0,053	25%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%

**Tabla 30:** Huella de carbono de la pasta seca, considerando un **aumento del 25% en las distancias del transporte.**

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 5	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,566</b>	5%
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,181	0%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,123	25%

## 6.6 Escenario 6

Una disminución del 25% en las distancias del transporte de aprovisionamiento del trigo (recorrido desde el campo hasta el acopio o industria), significa una baja del 5% de la huella en el puerto. También implica una merma del 3% de la huella de la harina y del 5% de la pasta.



**Tabla 31:** Huella de carbono del trigo, considerando una **disminución del 25% en las distancias del transporte.**

HC Trigo País (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 6	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>175</b>	-5%
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	28,4	-25%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>147</b>	0%
SEMILLAS	14,4	14,4	0%
FERTILIZANTES	21,5	21,5	0%
HERBICIDAS	6,9	6,9	0%
INSECTICIDAS	0,1	0,1	0%
FUNGICIDAS	0,4	0,4	0%
TRAT. SEMILLAS	0,1	0,1	0%
ENVASES AGROQ.	0,1	0,1	0%
GASOIL LABORES	25,7	25,7	0%
RESIDUOS DE COSECHA	49,4	49,4	0%
EMISIONES FERTILIZACION	28,1	28,1	0%



**Tabla 32:** Huella de carbono de la harina, considerando una **disminución del 25% en las distancias del transporte.**

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 6	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,332</b>	-.3%
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,173	0%
Transporte Trigo Campo - Planta (I y V)	0,043	0,032	-25%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%



**Tabla 33:** Huella de carbono de la harina, considerando una **disminución del 25% en las distancias del transporte.**

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 6	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,516</b>	-5%
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,181	0%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,074	-25%

## 6.7 Escenario 7

Considerar que los fertilizantes nitrogenados corresponden en su totalidad a urea incrementa las emisiones en su aplicación, lo que significa un aumento del 7% de la huella a campo y del 5% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 3% de la huella de la harina y del 2% de la pasta.

**Tabla 34:** Huella de carbono del trigo, considerando que todo el fertilizante nitrogenado que se aplica es urea.

HC Trigo Pais (kg CO <sub>2</sub> equivalente/t)	Caso base	Escenario 7	Diferencia
<b>Huella de Carbono del trigo, en el puerto p/ exportación</b>	<b>184</b>	<b>194</b>	5%
Tpte CAMPO-PUERTO (I y V)	37,9	37,9	0%
<b>Huella de Carbono del trigo, en la puerta del campo</b>	<b>147</b>	<b>156</b>	7%
SEMILLAS	14,4	14,4	0%
FERTILIZANTES	21,5	21,5	0%
HERBICIDAS	6,9	6,9	0%
INSECTICIDAS	0,1	0,1	0%
FUNGICIDAS	0,4	0,4	0%
TRAT. SEMILLAS	0,1	0,1	0%
ENVASES AGROQ.	0,1	0,1	0%
GASOIL LABORES	25,7	25,7	0%
RESIDUOS DE COSECHA	49,4	49,4	0%
EMISIONES FERTILIZACION	28,1	37,7	34%

**Tabla 36:** Huella de carbono de la harina, considerando que todo el fertilizante nitrogenado que se aplica es urea.

HC pasta seca: fideo largo tipo tallarin o spaghetti (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 7	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,541</b>	<b>0,553</b>	2%
Transporte Planta - Cliente	0,052	0,052	0%
Producción de pasta	0,082	0,082	0%
Molino	0,027	0,027	0%
Acopio	0,006	0,006	0%
Packaging	0,023	0,023	0%
Pallets	0,030	0,030	0%
Trigo	0,181	0,193	7%
Transporte Acopio - Planta (I y V)	0,042	0,042	0%
Transporte Campo - Acopio (I y V)	0,098	0,098	0%

**Tabla 35:** Huella de carbono de la harina, considerando que todo el fertilizante nitrogenado que se aplica es urea.

HC harina pan (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Caso base	Escenario 7	Diferencia
<b>Huella de carbono en el punto de compra del consumidor</b>	<b>0,343</b>	<b>0,354</b>	3%
Transporte Planta - Cliente (solo ida)	0,048	0,048	0%
Energía eléctrica	0,024	0,024	0%
GLP y Lubricantes	0,000	0,000	0%
Agua	0,000	0,000	0%
Packaging	0,004	0,004	0%
Pallets	0,009	0,009	0%
Aditivos	0,041	0,041	0%
Trigo	0,173	0,184	7%
Transporte Trigo Campo - Planta (Ida y vuelta)	0,043	0,043	0%
Transporte Insumos (sólo ida)	0,000	0,000	0%

## 7 - CONCLUSIONES



Los resultados obtenidos por este trabajo indican que la huella de carbono del **trigo a campo** es de 146,5 kg CO<sub>2</sub> eq / t de trigo y cuando consideramos los resultados medidos en el **trigo en el puerto** de exportación es de 184,4 kg CO<sub>2</sub> eq / t de trigo. La fertilización nitrogenada, junto a los residuos de cosecha son los puntos críticos más relevantes identificados. El consumo de gasoil en los procesos de producción agrícola es el siguiente punto crítico sobre el que actuar para reducir la huella de carbono. Otro aspecto a considerar es el transporte, que en Argentina tiene mucho peso por las distancias que se recorren y por la flota obsoleta del parque de camiones.

La fertilización nitrogenada en el punto crítico más importante sobre el que se debe actuar para reducir la huella de carbono a campo. Introducir leguminosas en la rotación de cultivos permitiría esto, además de mejorar la productividad. También es importante el uso como fertilizantes de los residuos orgánicos que puedan estar disponibles. La bibliografía indica que el manejo sitio-específico de los insumos con tecnologías de

Agricultura de Precisión tienen un alto potencial de reducción de la Huella de Carbono (Finger, Swinton, El Benni, & Walter, 2019), como así también los fertilizantes de liberación controlada y el riego complementario (McKinsey, 2020).

El consumo de gasoil en los procesos de producción agrícola es el segundo punto crítico sobre el que actuar para reducir la huella de carbono. Para ello es decisiva la elección del sistema de laboreo, así como del tractor adecuado y el manejo adecuado del mismo. La bibliografía consultada indica que un factor de reducción de emisiones es el mantenimiento preventivo de la maquinaria, como así también el uso de motores diésel de nueva generación. En el futuro, se prevé que la incorporación de maquinaria agrícola con motores eléctricos tenga un gran efecto sobre la disminución de las emisiones (McKinsey, 2020).

En una visión a largo plazo, una alternativa potencial son los cultivos perennes de trigo, ya que no sería necesario sembrar cada año. Los ejemplos





incluyen las nuevas especies Salish Azul y Kernza®, que producen granos similares al trigo (Curwen-McAdams, Arterburn, Murphy, Cai, & Jones, 2017). Además, tales cultivos pueden secuestrar más niveles de carbono en el suelo. Por ejemplo, el productor de Kernza® estima que su adopción podría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en millones de toneladas anuales (Cusick, 2019).

Si se observan las huellas por nivel tecnológico adoptado, se concluye que aquellos con alta tecnología logran rendimientos superiores que compensan los posibles incrementos de emisiones derivados del uso más intensivo de insumos, con lo cual, avanzar desde los sistemas de baja tecnología a sistemas de media o alta tecnología puede lograr mejoras en los niveles de emisiones totales.

Por otra parte, es importante considerar que cualquiera de las medidas propuestas tiene una repercusión económica positiva en las empresas, puesto que de lo que se trata, en definitiva, es de hacer un uso eficiente de

las materias primas y de la energía.

La Huella de Carbono de 1 kg de harina de trigo en el cliente del molino harinero, la que resulta en **343 g CO<sub>2</sub> eq / kg de harina**. La Huella de Carbono de 1 kg de **pasta seca de sémola** en el cliente del molino fideero es de 541 g CO<sub>2</sub> eq / kg de pasta.

En las industrias harinera y fideera, si bien el punto crítico se encuentra en la producción primaria de trigo, se pueden lograr disminuciones de las huellas de carbono a través de la optimización del packaging y de los transportes que son los puntos críticos con mayor potencial de mejora sobre los que la industria tiene control.

La sensibilización de la variable **rendimiento** indica que un aumento del rendimiento del 20%, ceteris paribus significa una reducción del 11% de la huella a campo y del 9% de la huella en el puerto. También implica una disminución del 6% de la huella de la harina y del 4% de la pasta. Por el

---

contrario, una disminución del rendimiento del 20%, ceteris paribus significa un aumento del 17% de la huella a campo y del 13% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 8% de la huella de la harina y del 6% de la pasta.

Con respecto a la variable **fertilización**, una disminución del 20% en la fertilización nitrogenada, pero con rendimientos constantes, ceteris paribus significa una disminución del 7% de la huella a campo y del 5% de la huella en el puerto. También implica una baja del 3% de la huella de la harina y del 2% de la pasta. Por el otro lado, Un aumento del 20% en la fertilización nitrogenada, con rendimientos constantes, ceteris paribus, significa una suba del 7% de la huella a campo y del 5% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 3% de la huella de la harina y del 2% de la pasta.

En cuanto a cambios en las **distancias**, un aumento del 25% en las distancias del transporte, significa una suba del 5% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 3% de la huella de la harina y del 5% de la pasta. Por el contrario, una disminución del 25% en las distancias del transporte, significa una baja del 5% de la huella en el puerto. También implica una merma del 3% de la huella de la harina y del 5% de la pasta.

Finalmente considerar que la totalidad de los fertilizantes nitrogenados son urea, incrementa las emisiones en 7% de la huella a campo y del 5% de la huella en el puerto. También implica un aumento del 3% de la huella de la harina y del 2% de la pasta.

Del análisis de escenarios se desprende que el rendimiento es la variable de peso ya sea en el aumento o disminución de las emisiones; por lo tanto cualquier acción que se oriente a mejorar el rendimiento mejorará la huella de carbono de la cadena del trigo, sea a través del riego, la agri-

cultura de precisión y el avance hacia una tecnificación de las prácticas. En general, los valores encontrados por este trabajo se encuentran por debajo de los valores internacionales, utilizando los mismos métodos y protocolos adoptados internacionalmente.

Se debe tener en cuenta que todas las actividades económicas, en la medida en la que utilizan energía a lo largo de sus cadenas de producción, son responsables de una cantidad más o menos significativa de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La actividad agrícola y la producción de alimentos no son una excepción, al utilizar diversas fuentes energéticas para producir, fundamentalmente gasoil para mover la maquinaria. La suma de esas emisiones de gases es lo que se denomina huella de carbono.

La preocupación por el medio ambiente y las políticas para frenar el calentamiento climático del planeta, han llevado a concientizar sobre las huellas que producen los productores, las empresas y los países. Existen estándares internacionales para medir la huella de carbono. En el mercado internacional cobra mayor fuerza cada vez este tema y cumplir esos estándares se convierte en una herramienta estratégica y comercial.

El equipo del INTA y del INTI lleva varios años estudiando este tema y participan en la Plataforma Huellas Ambientales del INTA, que mide la huella de carbono en las cadenas de valor agropecuarias.



## 8 - REFERENCIAS CITADAS

AHDB, Cereals and Oilseeds. (2012). Understanding carbon footprint for cereals and oilseeds. Obtenido de Agriculture and Horticulture Development Board 2020. Agriculture and Horticulture Development Board, Stoneleigh Park, Kenilworth, Warwickshire, CV8 2TL: <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/carbon-footprinting-for-cereals-and-oilseeds>

Álvarez, S. (2020). Estimación de la Huella de Carbono en la producción primaria de trigo en la provincia de Córdoba. Tesis Maestría en Agronegocios, Universidad Católica de Córdoba. Córdoba: UCC.

Amaia, A., Lafarga, A., del Hierro, O., Unamunzaga, O., Besga, G., Domench, F., & Sopelana, A. (2012). Huella de Carbono de los Cereales: Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en el sector agroalimentario. <https://www.navarraagraria.com/categories/item/257-huella-de-carbono-de-loscereales-analisis-de-la-emision-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-sector-agroalimentario>: Navarra Agraria ISSN 0214-6401, Nº 194, 2012, págs. 31-38. Navarra, España.

Barilla. (2019). Environmental Product Declaration (EPD) The International EPD System. Durum Wheat Semolina Pasta in Paperboard Box.

Bernesson, S., Nilsson, D., & Hansson. (2006). A limited LCA comparing large- and smallscale production of ethanol for heavy engines under Swedish conditions. *Biomass and bioenergy* 30, 46-57.

Bolsa de Cereales. (2019). Campaña 2018/19: Contribución de la Cadena del Trigo a la Economía Argentina. Obtenido de [www.bolsadecereales.com](http://www.bolsadecereales.com): <https://www.bolsadecereales.com/download/documentos/documento1/125>

Bolsa de Cereales. (2019). Informes y Datos. Obtenido de Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA) de la campaña 2018/19: <https://www.bolsadecereales.com/tecnologia-informes>

Bolsa de Cereales. (2019). Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA). Obtenido de Campaña 2018/19. Buenos Aires, Bolsa de Cereales: <http://www.bolsadecereales.com/retaa-informes-anuales>

Brock, P., & Stephens, P. (2020). Carbon footprint for one tonne of wheat. NSW Government Australia. Obtenido de <https://www.dpi.nsw.gov.au/content/archive/agriculture-today-stories/ag-todayarchives/ september-2011/carbon-footprint-for-one-tonne-of-wheat>

- 
- Chang, L., Cutforth, H., Qiang, C., & Yantai, G. (2016). Farming tactics to reduce the carbon footprint of crop cultivation in semiarid areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36 - 69.
- Curwen-McAdams, C., Arterburn, M., Murphy, K., Cai, X., & Jones, S. S. (2017). Toward a taxonomic definition of perennial wheat: a new species *Triticum aaseae* described. Obtenido de *Genetic Resources and Crop Evolution* volume 64, pages 1651-1659: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-016-0463-3>
- Cusick, D. (2019). Grain may take a big bite out of cropland emissions. Obtenido de E&E News: <https://www.eenews.net/stories/1060290955/>
- EcolInvent. (2020). Database version 3.5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. <http://www.ecoinvent.org/>.
- Eurobarometer. (2020). Flash Eurobarometer 367 (2013). Attitudes of Europeans towards building the single market for green products. Obtenido de European Commission website: [https://ec.europa.eu/environment/eusds/smgp/facts\\_and\\_figures\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/eusds/smgp/facts_and_figures_en.htm)
- FAIM. (2020). Federación Argentina de la Industria Molinera. Obtenido de Estadística Nacional: <https://www.faim.org.ar/>
- Field, C., Barros, V., Dokken, D., Mach, K., Mastrandrea, M., Bilir, T., . . . White, L. (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Obtenido de Summary for policymakers in Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf)
- Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics* Annu. Rev. Resour. Econ. 2019. 11:5.1-5.23 - <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-5.1-5.23>.
- Fix, J., & Tynan, S. (2011). Carbon Footprint Analysis for Wood & Agricultural Residue Sources of Pulp- Final Report. Alberta Agriculture and Rural Development Environmental Stewardship Division, Edmonton, Alberta, T6H 5T6. Edmonton, Alberta, T6H 5T6.
- Frank, F., Montero, G., Ricard, F., & Sirotiuk, V. (2014). La huella de carbono en la agroindustria. Anguil: Ediciones INTA.
- Frohmann, A., Herreros, S., Mulder, N., & Olmos, X. (2012). Huella de carbono y exportaciones de alimentos.
- Guía práctica. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile: ONU.



---

Gan, Y., Liang, C., Con, A., Robert, P., Zentner, Reynald, L., & Wang, H. (2012). Carbon footprint of spring wheat in response to fallow frequency and soil carbon changes over 25 years on the semiarid Canadian prairie. *European Journal of Agronomy* [www.elsevier.com/locate/eja](http://www.elsevier.com/locate/eja), <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030112001025>.

Haq, M. E. (2014). Carbon footprint of selected cereals and legume crops cultivated in the old brahmaputra foodplain soil. Bangladesh: Bangladesh Agricultural University.

IBM. (2020). Meet the 2020 consumers driving change. Obtenido de Los compradores están dispuestos a pagar más por marcas sostenibles y rastrea- bles: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institutebusiness-value/report/consumer-2020>

IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Obtenido de Capítulo 11: Emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de cal y urea: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>

IPCC. (2019). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Revisión 2019. Obtenido de Volumen 4: Agri- cultura, silvicultura y otros usos de la tierra: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

ISO. (2006). ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment Requirements and Guidelines, International Organisation for Standardisa- tion (ISO).

ISO. (2013). ISO 14067: Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization (ISO).

MAyDS. (2015). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, <https://unfccc.int/documents/67499>. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desa- rrollo Sustentable. República Argentina: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/comunicacionnacional/te>

rcera McKinsey. (2020). Reducing agriculture emissions through improved farming practices. Obtenido de Daniel Aminetzah; Nicolas Denis; Kimberly Henderson; Joshua Katz; Peter Mannion: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/reducing-agriculture-emissionsthrough-improved-farming-practices#>

ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. Roma: ONU A/RES/70/1.

---

Rajaniemi, M., Mikkola, H., & Ahokas, J. (2011). Greenhouse gas emissions from oats, barley, wheat and rye production. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 1*, 189-195.

Recchia, L., Cappelli, A., Cini, E., Pegna, F. G., & Boncinelli, P. (2019). Environmental Sustainability of Pasta Production Chains: An Integrated Approach for Comparing Local and Global Chains. *Obtenido de Resources* 2019, 8(1), 56; <https://doi.org/10.3390/resources8010056>; <https://www.mdpi.com/2079-9276/8/1/56> ReTAA. (2020). Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada. Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Obtenido de <http://www.bolsadecereales.com/que-es-el-retaa>

Rosa, R., Galbusera, S., Lusarreta, P., Bonda, L., González, A., Eirin, M., . . . López Otegui, G. (2011). Huella de Carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires. *III Congreso internacional sobre cambio climático y desarrollo sustentable* (págs. 259 - 271). La Plata: Universidad Nacional de la plata.

Ruini, L., Ferrari, E., Marino, M., & Sessa, F. (2013). Increasing the Sustainability of Pasta Production through a Life Cycle Assessment Approach. Obtenido de Conference Paper <https://www.researchgate.net/publication/299690463>: <http://www.internationalpasta.org/resources/WPD2013/Luca%20Ruini%20Pasta%20and%20Sustainability%20WPD%20Istanbul.pdf>

SAyDS. (2019). Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Obtenido de Argentina. Biennial update report (BUR).

BUR 3: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/3er%20Informe%20Bienal%20de%20la%20Republica%20Argentina.pdf>

Sirotiuk, P. V. (2012). Estimación de la huella de carbono del proceso de panificación. Santa Rosa: Universidad Nacional de La Pampa.

UIFRA. (2020). PASTAS SECAS ESTADÍSTICAS SECTORIALES. Obtenido de UNIÓN DE INDUSTRIALES FIDEEROS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA : <https://uifra.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/dossier2020v2.pdf>

UNAFPA. (2018). UNAFPA and Life Cycle Engineering (2018): Product Environmental Footprint Category Rules for Dry pasta. Version number: 3.0. Obtenido de [https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/Dry%20pasta%20PEFCR\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/Dry%20pasta%20PEFCR_final.pdf)

Wanhalinna, W. (2010). Carbon footprint of bread. Obtenido de University of Helsinki, Finland: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/18027/-maisterin%20tutkielma%20ViiviWanhalinna%2025.10.10.pdf?sequence=1>

# 9 - ANEXOS

## Anexo 1: Perfiles ambientales usados en este estudio.

Perfil requerido en inventarios	Perfil -seleccionado en Bases de datos-	Cantidad	Total
24D 100 %	2,4-D, at plant/RER Mass	1 kg	7,920
Aceite vegetal	Soybean oil, crude {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	5,985
Alambre	Steel wire rod/GLO	1 kg	2,249
Clorsulfuron	Chlorsulfuron, at plant/RER Mass	1 kg	6,486
DICAMBA	Dicamba, at plant/RER Mass	1 kg	16,254
Ditiocarbomto	Dithiocarbamate-compound {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	5,806
Bezimidazol	Benzimidazole-compound {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	8,106
Sulfonilurea	[sulfonyl]urea-compound {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	11,160
Trifluralin	Trifluralin, at plant/RER Mass	1 kg	13,922
Cipermetrina	Cypermethrin, at plant/RER Mass	1 kg	12,033
Piretroides	Pyrethroid ester insecticides, at plant/RER Mass	1 kg	7,355
Regulador de crecimiento	Growth reglulators, at regional storehouse/RER U	1 kg	7,819
Azufre	Ammonium sulphate, as 100% (NH4)2SO4 (NPK 21-0-0), at plant/RER Mass	1 kg	0,581
Semilla de trigo	Wheat grain, seed, at farm/AR Mass	1 kg	0,426
ATRAZINA	Atrazine, at plant/RER Mass	1 kg	12,497
Clorometil	Chloromethyl methyl ether, at plant/RER U	1 kg	1,676
Corrector Ph	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H2O, at plant/US U	1 kg	0,905
Detergente	Soap, at plant/RER U	1 kg	1,670
Diuron	Diuron, at regional storehouse/RER U	1 kg	10,824
METOLACLORO	Metolachlor {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	9,154
Envases cartón	Kraft paper, unbleached, at plant/RER U	1 kg	0,851
Envases plásticos	Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	2,086
Fósforo (P2O5)	Phosphate fertiliser, as P2O5 {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	1,829
Fungicidas	Fungicide, at plant/RER Mass	1 kg	11,661
GLIFOSATO	Glyphosate {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	11,199
GLP (en kg)	LPG, combusted in industrial boiler, at pulp and paper mill (EXCL.)/I/RNA	1 kg	3,818
GLP (en Litros)	LPG, combusted in industrial boiler, at pulp and paper mill (EXCL.)/I/RNA	1 Litro	2,050
Herbicidas	Herbicide, at plant/RER Mass	1 kg	16,848
Insecticidas	Insecticide, at plant/RER Mass	1 kg	12,817
Lubricantes	Lubricant oil	1 Litro	3,068
Packaging film	Packaging film, LDPE, at plant/RER U	1 kg	2,791
Quema Gasoil	Energy, from diesel burned in machinery/RER Mass	1 MJ	0,092

Perfil requerido en inventarios	Perfil -seleccionado en Bases de datos-	Cantidad	Total
Residuos a quema	Disposal, packaging cardboard, 19.6% water, to municipal incineration/CH U	1 kg	0,025
Nitrógeno (N)	Urea, as N {RoW} production   Cut-off, U	1 kg	3,306
Pallet madera	EUR-flat pallet AR	1 pallet	45,405
Gas Natural en caldera (MJ)	Natural gas, quemado en caldera>100kW/AR	1 MJ	0,066
Agua	Tap water {RoW} market for   Cut-off, U	1 kg	0,001
Neumáticos	Synthetic rubber {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	2,730
Nitrato de amonio	Ammonium nitrite {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	4,212
Paraquat	Paraquat, at plant/RER Mass	1 kg	12,153
Pendimetalin	Pendimethalin {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	5,436
Potasio (K2O)	Potassium fertiliser, as K2O {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	0,340
RIZO SPRAY	C16-18 Alcohol (oleo) Ethoxylate, >20 moles EO (No. 14 - Matrix), at plant, 100% active ingredient/EU-27	1 kg	2,751
Energía eléctrica Red Arg. Media	Electricity, medium voltage {AR} Cut-off, U	1 kWh	0,431
Energía eléctrica Red Arg. Baja	Electricity, low voltage {AR} Cut-off, U	1 kWh	0,481
Energía eléctrica Red Arg. Alta	Electricity, high voltage {AR} Cut-off, U	1 kWh	0,422
Transporte >32 t EURO 3	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro3 {RoW}, EURO3   Cut-off, U	1 tkm	0,094
Transporte >32 t EURO 4	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro4 {RoW} EURO4   Cut-off, U	1 tkm	0,092
Transporte >32 t EURO 5	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RoW} EURO5   Cut-off, U	1 tkm	0,093
Transporte >32 t EURO 6	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RoW} EURO6   Cut-off, U	1 tkm	0,089
Transporte 16-32 t EURO 3	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} EURO3   Cut-off, U	1 tkm	0,172
Transporte 16-32 t EURO 4	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RoW} EURO4   Cut-off, U	1 tkm	0,170
Transporte 16-32 t EURO 5	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RoW} EURO5   Cut-off, U	1 tkm	0,172
Transporte 16-32 t EURO 6	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro6 {RoW} EURO6   Cut-off, U	1 tkm	0,168
Papel Kraft	Kraft paper, unbleached {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	1,104
Papell kraft blanqueado	Kraft paper, bleached {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	1,455
Polipropileno	Polypropylene, granulate {GLO} market for   Cut-off, U	1 kg	2,291
Hipoclorito de Sodio	Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {RoW} Cut-off, U	1 kg	2,596
Enzimas	Enzymes {GLO} market for enzymes   Cut-off, U	1 kg	10,495
Azodicarbonamida	Azodicarbonamide {GLO} market for azodicarbonamide   Cut-off, U	1 kg	14,080
Gasoil (producción y quema)	Creado a partir de perfil: Energy, from diesel burned in machinery/RER Mass Creado a partir del perfil: LPG, combusted in industrial boiler, at pulp and paper mill (EXCL.)/I/RNA	1 Litro	3,526
Calor de GLP		1 kWh	14,211
Gas Natural en caldera (m3)	Creado a partir del perfil: Natural gas, quemado en caldera>100kW/AR	1 m3	2,303
TRIGO Argentina	Creado en base a información de la Bolsa De Cereales	1 kg	

Fin del informe



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
2020 - Año del General Manuel Belgrano

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Informe gráfico firma conjunta**

**Número:** IF-2020-77091624-APN-SORC#INTI

CORDOBA, CORDOBA  
Martes 10 de Noviembre de 2020

**Referencia:** OT 216-1922

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 58 pagina/s.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2020.11.10 17:11:39 -03:00

Silvia Adriana Ermeninto  
Técnico Profesional  
Subgerencia Operativa Regional Centro  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2020.11.10 17:38:31 -03:00

Leticia Tuninetti  
Analista técnico  
Subgerencia Operativa Regional Centro  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2020.11.10 17:38:32 -03:00