

Huella de carbono en sistemas de producción agropecuarios

► ► Bongiovanni, R.B.^{1 2*}; Tuninetti, L.³

¹ INTA Manfredi, ² Universidad Católica de Córdoba
³ INTI Córdoba

✉ Rodolfo_Bongiovanni@yahoo.com

>. INTRODUCCIÓN

La huella de carbono es una herramienta fundamental para evaluar el impacto ambiental de las actividades humanas, especialmente en el contexto de la producción agrícola. Este indicador mide la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos directa o indirectamente por una actividad, y su análisis es crucial para entender y mitigar el cambio climático.

El cambio climático se define como una variación persistente del clima atribuida, directa o indirectamente, a la actividad humana durante períodos de tiempo comparables, y adicional a la variabilidad climática natural. En este sentido, la agricultura, como uno de los sectores más importantes de la economía argentina, juega un papel significativo en la emisión de estos gases (MAyDS, 2023).

Según la norma ISO 14067, la huella de carbono de un producto (HCP) es la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y remociones de GEI, en un sistema de producción, expresadas como CO₂ equivalente, basadas en una evaluación del ciclo de vida (ACV) utilizando la categoría de impacto única de cambio climático (IRAM-ISO 14067, 2018).

Es crucial aclarar la diferencia entre la **huella de carbono de producto** y el **balance de carbono en suelos**, siendo esta última una medida que evalúa la cantidad neta de carbono que se almacena, libera o se mantiene en el suelo a lo largo del tiempo (AAPRESID, 2025). La huella de carbono incluye el balance de carbono en suelos, pero no a la inversa.

En esta presentación, exploraremos la evaluación de la huella de carbono en diversos sistemas de producción agropecuarios y agroindustriales argentinos, destacando cómo estas mediciones pueden contribuir a la sostenibilidad. Analizaremos los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las estrategias de mitigación que pueden implementarse para reducir el impacto ambiental y promover prácticas agrícolas más sostenibles.

>. EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es uno de los desafíos más importantes que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el calentamiento global observado desde mediados del siglo XX es principalmente resultado de las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles, la deforestación y otras prácticas que aumentan las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estos gases, como el dióxido de carbono (CO₂) el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), atrapan el calor en la atmósfera y provocan un aumento de la temperatura global. Este calentamiento tiene efectos profundos en los sistemas naturales y humanos, incluyendo el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones de precipitación y eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos (IPCC, 2021).

El uso del CO₂ equivalente (CO₂e) es fundamental para medir la huella de carbono porque permite comparar el impacto de diferentes gases de efecto invernadero (GEI) en términos de su potencial de calentamiento global (PCG). Cada gas tiene un PCG diferente, que mide la cantidad de calor que un gas puede atrapar en la atmósfera durante un período específico, generalmente 100 años, en comparación con el dióxido de carbono (CO₂), que tiene un PCG de 1. El PCG del metano es 28,9 para y el del óxido nitroso es 273 (IPCC, 2021).

En el mundo, el sector agropecuario tiene un impacto significativo en la huella de carbono global. Las emisiones de GEI provenientes de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra representan aproximadamente el 18,4% de las emisiones globales, que son de unos 50 mil millones de toneladas de CO₂e (Ritchie, 2020).

El sector agropecuario en Argentina tiene un impacto significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Argentina de 2020, este sector representa aproximadamente el 45% de las emisiones totales de GEI del país. Estas emisiones provienen principalmente de actividades como la fermentación entérica en el ganado, la gestión de estiércol, el uso de fertilizantes y la deforestación (MAYDS, 2023).

Para profundizar en el contexto de las estimaciones de la huella de carbono del sector agropecuario en Argentina, es importante considerar el nivel de producción agrícola y ganadera del país. Según la figura proporcionada, los datos relevantes son una superficie deforestada de 332 mil hectáreas, un stock bovinos de 53 millones de cabezas y una producción agrícola de 164 millones de toneladas.

Estos datos reflejan la magnitud de las actividades agropecuarias en Argentina y su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La deforestación, la producción ganadera y la agricultura intensiva son fuentes significativas de emisiones de CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

La producción agrícola de 164 millones de toneladas y la existencia de 53 millones de cabezas de ganado bovino contribuyen significativamente a las emisiones de GEI. La deforestación de 332 mil hectáreas también juega un papel crucial, ya que la pérdida de bosques reduce la capacidad de absorción de CO₂ y aumenta las emisiones de carbono.

Estos datos subrayan la necesidad de implementar prácticas más sostenibles en el sector agropecuario para reducir las emisiones y mitigar el impacto ambiental. La adopción de técnicas de agricultura regenerativa, la mejora en la gestión del estiércol y la reducción de la deforestación son algunas de las estrategias que pueden ayudar a disminuir la huella de carbono del sector.

Para abordar de manera efectiva la reducción de emisiones de GEI en el sector agropecuario, es crucial estudiar la huella de carbono por cadena de valor o sistema de producción agropecuario. Este enfoque permite identificar los puntos críticos de emisión, conocidos como "hotspots", y diseñar estrategias específicas para mitigarlos. Al analizar cada etapa de la cadena de valor, desde la producción hasta la distribución de un producto, se pueden identificar los procesos o actividades que generan la mayor cantidad de GEI. Esto permite focalizar los esfuerzos de mitigación en las áreas de mayor impacto y diseñar intervenciones más eficientes y efectivas, optimizando recursos y maximizando la reducción de emisiones, contribuyendo a un sector agropecuario más sostenible y resiliente.

>. TENDENCIAS DE LOS CONSUMIDORES (DEMANDA) Y DE LA PRODUCCIÓN (OFERTA)

Cada vez más personas buscan productos con menor impacto ambiental. En Argentina y Latinoamérica, el consumo sustentable ha crecido significativamente, con un aumento del 86% en usuarios que eligen productos ecológicos (Reyes, 2021). La demanda de opciones alimentarias sostenibles está en su punto más alto, con un 64% de los consumidores globales buscando activamente productos producidos de manera responsable (Puratos Group, 2024). En la última década, el consumidor ha incrementado la demanda de información sobre los impactos ambientales de los productos. El Eurobarómetro concluyó que más de la mitad de los ciudadanos europeos han visto u oído hablar de al menos una etiqueta ecológica, de los cuales el 30 % afirmó haber comprado un producto con etiqueta ecológica de la UE. Alrededor de un tercio de los encuestados (32 %) informó que las etiquetas ecológicas desempeñan un papel importante en sus decisiones de compra, mientras que una cuarta parte (25 %) asumió lo contrario. Otro punto clave es el hecho de que es más probable que los jóvenes hayan comprado productos con la etiqueta ecológica de la UE (34 % entre 15 - 24 años y 35 % entre 25 - 39 años), en comparación con el 24 % de los mayores de 55 años. En general, en España, el 77% de los consumidores está dispuesto a pagar más por un producto sostenible (Eurobarometer, 2017).

En EE.UU., el Institute for Business Value, de IBM, analizó la influencia de la pandemia sobre la percepción de la sostenibilidad ambiental, en áreas clave: El 54% de los consumidores están dispuestos a pagar más por marcas sostenibles y responsables con el medio ambiente. El 68% de los trabajadores potenciales prefieren postularse y aceptar empleos en empresas con compromiso ambiental, y el 48% aceptaría un salario menor por ello. El 82% de los consumidores elegiría opciones de transporte más ecológicas, incluso si son más caras. El 59% de los inversores personales planea comprar o vender activos en los próximos 12 meses basándose en factores de sostenibilidad. Además, el 93% de los encuestados afirma que la pandemia afectó su visión sobre la sostenibilidad, con un 68% diciendo que su impacto fue significativo (IBM Institute for Business Value (IBV), 2021).

En Europa, las tendencias de los consumidores en relación con la sostenibilidad están evolucionando rápidamente. Según el informe de AZTI, la sostenibilidad se ha convertido en una mega tendencia en el sector alimentario, impulsada por la creciente conciencia ambiental y el impacto del cambio climático. Los consumidores están cada vez más preocupados por el impacto de sus elecciones alimentarias en el medio ambiente. Se observa un mayor interés en reducir el desperdicio de alimentos y en la economía circular. La demanda de opciones de sustitutos de la carne sigue creciendo, aunque el precio y la percepción de sabor siguen siendo barreras para algunos consumidores. Hay una buena aceptación de sistemas de etiquetado ambiental con base científica, lo que ayuda a los consumidores a tomar decisiones más informadas. La mitad de la población está abierta a consumir nuevas fuentes de proteína como algas y hongos, aunque los insectos siguen generando rechazo. Estas tendencias reflejan un cambio en la mentalidad de los consumidores, quienes buscan opciones más sostenibles sin comprometer la calidad y el sabor (Riesco, Picaza, Santa Cruz, & García, 2019).

En el contexto de la transformación del sector agroalimentario hacia 2030, emergen tendencias en el comportamiento de los consumidores que reflejan una preocupación creciente por lo ambiental y lo ético. Los consumidores actuales buscan no solo productos que satisfagan sus necesidades nutricionales y sensoriales, sino también aquellos que incorporen valores sostenibles, lo que se evidencia en la demanda de ingredientes de origen vegetal, alternativas no tradicionales y la transparencia en la trazabilidad de los alimentos. Así, se observa un creciente interés en experiencias culinarias auténticas y en propuestas que invitan a descubrir sabores exóticos, mientras que la digitalización —mediante blockchain y otras tecnologías— se erige como una herramienta clave para garantizar el origen y la integridad de los productos, generando confianza en el mercado. Según el roadmap presentado por Fava-Neves et al. (2020), hacia 2030 estos comportamientos se consolidarán en una revolución en la industria de alimentos y bebidas, donde las exigencias de sostenibilidad se convierten en un diferencial competitivo. Los consumidores valoran cada vez más las propuestas que reducen la huella ambiental, priorizan el bienestar animal y apoyan iniciativas locales, transformando lo que tradicionalmente se veía como barreras proteccionistas en oportunidades para destacar en mercados internacionales. Este cambio de paradigma impulsa a las empresas a ofertar productos gourmet, artesanales o premium que no compitan únicamente por precio, sino que lo hagan basándose en la calidad, el respeto por el medio ambiente y el cumplimiento de altos estándares sociales, lo que, a largo plazo, redundará en una mayor resiliencia y sostenibilidad del sistema alimentario global.

En este contexto, plataformas de difusión de conocimiento científico publican el impacto ambiental de los productos, como Our World in Data (<https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>), que analiza el impacto de los alimentos en términos de huella de carbono, uso de agua y tierra. Su explorador de datos permite comparar diferentes productos según su impacto ambiental. El sitio clasifica los alimentos según su impacto ambiental para ayudar a los consumidores y responsables de políticas a tomar decisiones informadas, en base a dos publicaciones científicas validadas (Poore & Nemecek, 2018). Our World in Data es una fuente de información accesible para todos, desde investigadores hasta consumidores interesados en el impacto ambiental de sus elecciones alimentarias, quienes pueden descubrir qué alimentos tienen menor impacto ambiental, cómo reducir la huella de carbono y qué factores influyen en la sostenibilidad de la producción de alimentos (Figuras 1 y 2).

Figura 1: Huella de carbono de alimentos según (Poore & Nemecek, 2018)

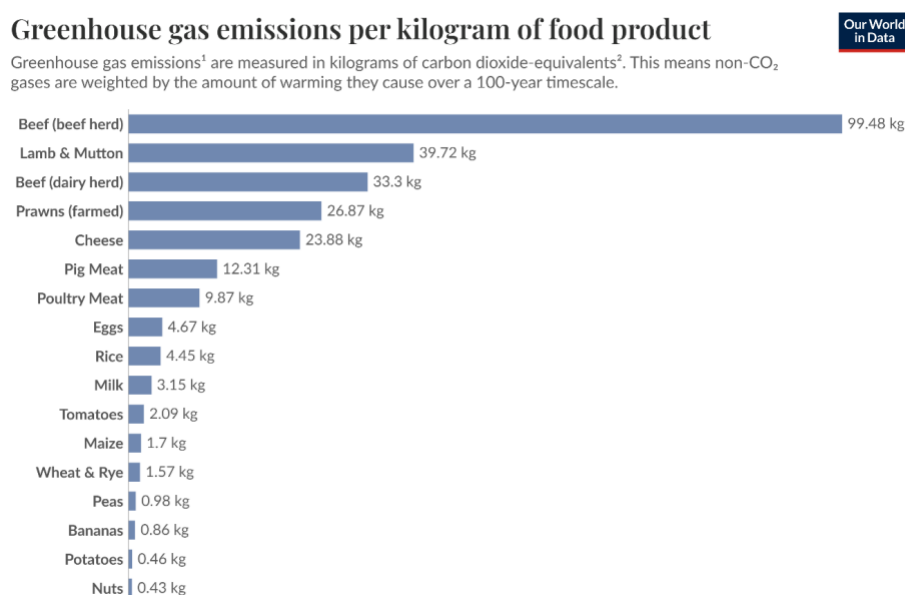
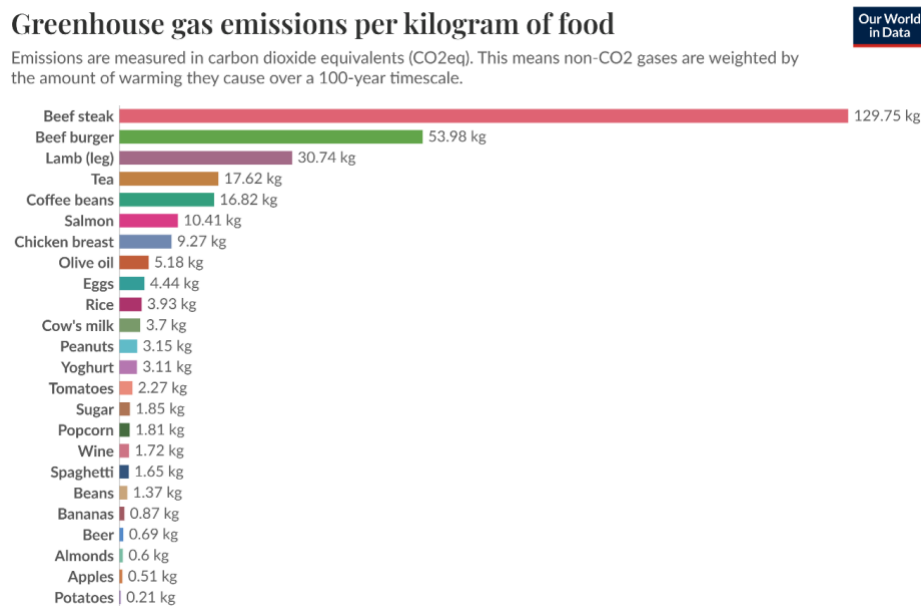
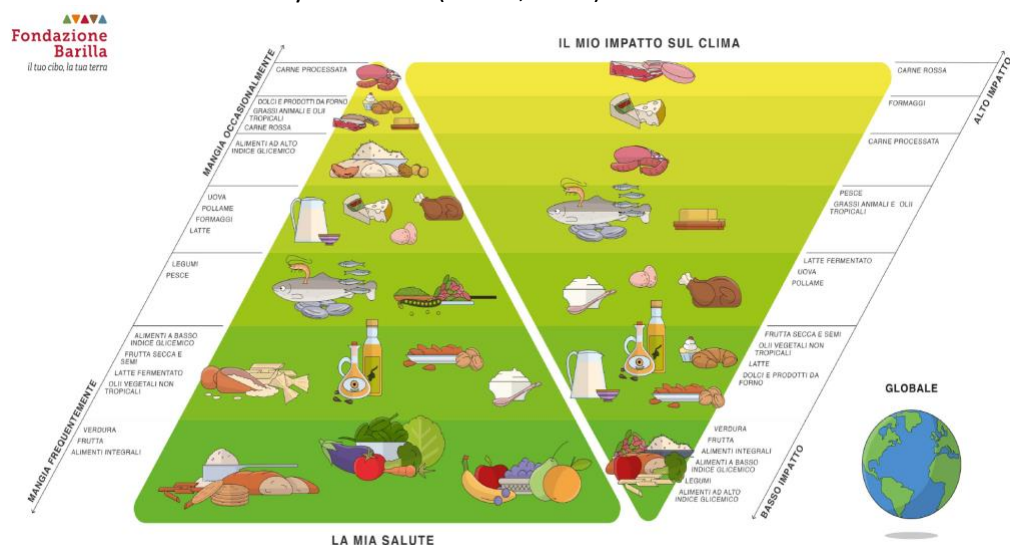


Figura 2: Huella de carbono de alimentos según (Clark, y otros, 2022)



Por otro lado, la Figura 3 muestra la Doble Pirámide de Salud y Ambiente, que compara la pirámide alimenticia tradicional con la pirámide ambiental para mostrar cómo los alimentos recomendados para una dieta saludable suelen ser también los más sostenibles (Barilla, 2025). El concepto de la Doble Pirámide lo desarrolló en 2009 el Centro Barilla de Alimentación y Nutrición (BCFN), una organización que investiga la relación entre alimentación, salud y sostenibilidad. La pirámide alimenticia organiza los alimentos según las recomendaciones de consumo. En la base están frutas y verduras, recomendadas en grandes cantidades, mientras que en la cima están productos como dulces y carne roja, que se deben consumir con moderación. La pirámide ambiental clasifica los alimentos según su impacto ambiental. En la base están productos como papas, frutas y verduras, con menor impacto, mientras que en la cima está la carne roja, con un impacto mayor. La imagen muestra la relación entre la alimentación saludable y la sostenibilidad ambiental, ayudando a los consumidores a tomar decisiones más conscientes.

Figura 3: Doble Pirámide de Salud y Ambiente (Barilla, 2025)



Para vincular las huellas ambientales, la doble pirámide y el diseño de estrategias alimenticias globales, la Comisión EAT-Lancet se propuso como objetivo definir una dieta que optimice la salud humana sin sobrepasar los límites planetarios. EAT-Lancet es un grupo de 37 científicos de diversas disciplinas que investigan cómo alimentar a una población mundial creciente de manera saludable y sostenible. El informe de la comisión propone una Dieta de Salud Planetaria, basada en alimentos de origen vegetal como frutas, verduras, legumbres y cereales integrales. Sugiere una reducción del consumo de carne roja y productos ultra procesados para disminuir el impacto ambiental. Y en tercer lugar propone la producción sostenible de alimentos, promoviendo buenas prácticas agrícolas que reduzcan emisiones de gases de efecto invernadero. La meta y los objetivos para reconfigurar la dieta global, según la Comisión EAT-Lancet (EAT-Lancet, 2019) (EAT-Lancet, 2019), se centran en lograr una alimentación saludable dentro de los límites planetarios. La meta es transformar el sistema alimentario global para garantizar dietas saludables y sostenibles para una población en crecimiento, sin comprometer el medio ambiente. El primer objetivo es definir una dieta saludable universal basada en alimentos de origen vegetal, con un consumo reducido de productos de origen animal y ultra procesados. El segundo objetivo es garantizar la producción sostenible de alimentos, reduciendo el impacto ambiental de la agricultura y promoviendo prácticas regenerativas. Estos principios buscan equilibrar la salud humana con la sostenibilidad del planeta.

La Comisión EAT-Lancet, la Doble Pirámide de Barilla y los datos de Our World in Data sobre la huella de carbono de los alimentos están estrechamente relacionados en la búsqueda de una alimentación más sostenible: La Comisión EAT-Lancet propone una dieta basada en alimentos de origen vegetal con un consumo reducido de productos de origen animal, lo que coincide con la Doble Pirámide de Barilla. Ambos modelos destacan que los alimentos más saludables suelen ser también los más sostenibles. Según Our World in Data, la producción de alimentos representa aproximadamente un cuarto de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Los productos de origen animal, especialmente la carne bovina, tienen una huella de carbono significativamente mayor que los alimentos vegetales. Esto refuerza la recomendación de EAT-Lancet y Barilla de priorizar alimentos con menor impacto ambiental. Our World in Data también señala que, si no se reducen las emisiones del sistema alimentario, se podría sobrepasar el límite de emisiones de gases de efecto invernadero, necesario para mantener el calentamiento global por debajo de 1.5°C o 2°C. Esto subraya la urgencia de adoptar dietas más sostenibles.

Resumiendo las tendencias que provienen del lado de la demanda y del lado de la oferta, los enfoques de EAT-Lancet, Barilla y Our World in Data convergen en la necesidad de transformar la dieta global hacia opciones más sostenibles, reduciendo el consumo de alimentos con alta huella de carbono y promoviendo una alimentación basada en proteínas vegetales.

>. PUBLICACIONES DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO REALIZADOS POR EL EQUIPO DE TRABAJO INTA - INTI

Siguiendo las tendencias globales de consumo y producción, en el INTA y el INTI asumimos el compromiso de liderar el desafío de la producción sostenible de alimentos y bio productos en Argentina. A través de la medición de la huella de carbono y otros impactos ambientales de las cadenas de valor agroalimentarias, buscamos aportar datos precisos y herramientas concretas para la transformación del sistema productivo.

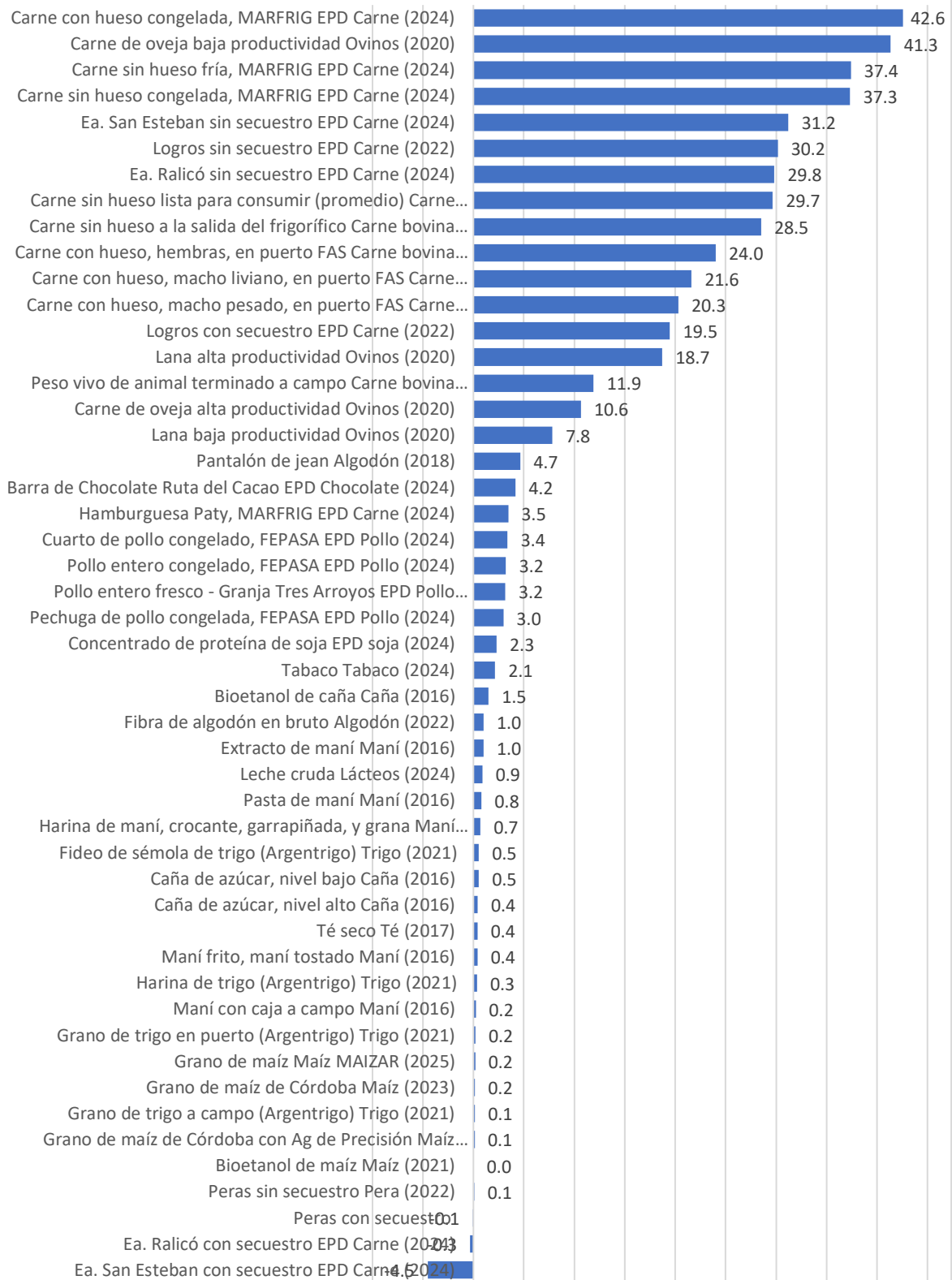
La Tabla 1 y la Figura 4 reflejan más de una década de trabajo conjunto entre INTA e INTI, en colaboración con empresas, cámaras, bolsas de cereales y diversas organizaciones del sector. Las citas incluyen la información completa de los estudios realizados, disponibles en la sección de Bibliografía. Para mantener coherencia con el enfoque de Our World in Data, los resultados de la Figura 4 están presentados en orden descendente, facilitando su análisis y comparación.

Tabla 1: Huella de carbono de productos analizados y publicados por INTA – INTI

	Producto	kg CO ₂ e/kg	kg CO ₂ e/MJ
Caña (Nishihara-Hun, Mele, & Pérez, 2016)	Caña de azúcar, nivel alto	0,430	
	Caña de azúcar, nivel bajo	0,540	
	Bioetanol de caña	1,500	
Maní (Bongiovanni, Tuninetti, & Garrido, 2016)	Maní con caja a campo	0,237	
	Maní frito, maní tostado	0,400	
	Harina de maní, crocante, garrapiñada, y grana	0,700	
	Pasta de maní	0,800	
	Extracto de maní	1,000	
Té (Lysiak, 2018)	Té seco	0,405	
Algodón (Bongiovanni & Tuninetti, 2018)	Pantalón de jean	4,650	
Ovinos (Peri, Rosas, Ladd, Díaz-Delgado, & Martínez-Pastur, 2020)	Carne de oveja alta productividad	10,640	
	Carne de oveja baja productividad	41,320	
	Lana alta productividad	7,830	
	Lana baja productividad	18,700	
Trigo (Bongiovanni & Tuninetti, 2021)	Grano de trigo a campo (Argentrigo)	0,148	
	Grano de trigo en puerto (Argentrigo)	0,186	
	Harina de trigo (Argentrigo)	0,345	
	Fideo de sémola de trigo (Argentrigo)	0,543	
Maíz (Bongiovanni & Tuninetti, 2021)	Bioetanol de maíz		0,020
Algodón (Bongiovanni & Tuninetti, 2020)	Fibra de algodón en bruto	1,004	
EPD Carne (Logros S.A., 2022)	Logros sin secuestro	30,160	
	Logros con secuestro	19,470	
Pera (Romagnoli, Thomas, & Bongiovanni, 2022)	Peras sin secuestro	0,091	
	Peras con secuestro	-0,084	
Maíz (Bongiovanni R. , y otros, 2023)	Grano de maíz de Córdoba	0,157	
	Grano de maíz de Córdoba con Ag de Precisión	0,124	
Carne bovina Hilton (Bongiovanni R. , Tuninetti, Charlón, & Minaglia, 2023)	Peso vivo de animal terminado a campo	11,910	
	Carne sin hueso a la salida del frigorífico	28,500	
	Carne sin hueso lista para consumir (promedio)	29,653	

Carne bovina congelada (Bongiovanni & Tuninetti, 2023)	Carne con hueso, macho liviano, en puerto FAS	21,600	
	Carne con hueso, hembras, en puerto FAS	24,000	
	Carne con hueso, macho pesado, en puerto FAS	20,300	
EPD Carne (Tuninetti & Bongiovanni, 2024)	Ea. San Esteban sin secuestro	31,200	
	Ea. San Esteban con secuestro	-4,510	
EPD Carne (Tuninetti & Bongiovanni, 2024)	Ea. Ralicó sin secuestro	29,800	
	Ea. Ralicó con secuestro	-0,310	
Lácteos (Bongiovanni, Tieri, & Nardi, 2024)	Leche cruda	0,890	
Tabaco (Arce, 2024)	Tabaco	2,147	
EPD soja (Tuninetti, Bongiovanni, & Cavagnaro, 2024)	Concentrado de proteína de soja	2,300	
EPD Chocolate (Casañas, Bilbao, & Del Castillo, 2024)	Barra de Chocolate Ruta del Cacao	4,160	
EPD Carne (Tuninetti & Garcia, 2024)	Carne con hueso congelada, MARFRIG	42,600	
EPD Carne (Tuninetti & Garcia, 2024)	Carne sin hueso congelada, MARFRIG	37,300	
EPD Carne (Tuninetti & Garcia, 2024)	Carne sin hueso fría, MARFRIG	37,400	
EPD Pollo (Lirio, García, & Tuninetti, 2024)	Cuarto de pollo congelado, FEPASA	3,390	
EPD Pollo (Lirio, García, & Tuninetti, 2024)	Pechuga de pollo congelada, FEPASA	2,970	
EPD Pollo (Lirio, García, & Tuninetti, 2024)	Pollo entero congelado, FEPASA	3,220	
EPD Hamburguesa (Tuninetti & Garcia, 2024)	Hamburguesa Paty, MARFRIG	3,450	
EPD Pollo (Barrera, Lirio, & Tuninetti, 2024)	Pollo entero fresco - Granja Tres Arroyos	3,170	
Maíz MAIZAR (2025)	Grano de maíz	0,178	

Figura 4: Huella de carbono de productos analizados y publicados por INTA - INTI (kg CO₂e/kg)



>. SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Frente a estos problemas, es necesario identificar las posibles soluciones. El Informe Especial 2019 del IPCC sobre Cambio Climático y Tierra (Shukla, y otros, 2019) destaca que las soluciones basadas en la naturaleza son esenciales para limitar el calentamiento global a 1,5°C. Estas soluciones incluyen prácticas como la reforestación, la restauración de ecosistemas y la gestión sostenible de tierras agrícolas y forestales. Estas estrategias no solo ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también aumentan el secuestro de carbono en los suelos, contribuyendo al almacenamiento de carbono a largo plazo. El informe subraya que el manejo sostenible de la tierra puede mejorar la resiliencia climática, reducir la desertificación y degradación del suelo, y garantizar la seguridad alimentaria. Sin embargo, también advierte que estas soluciones deben implementarse junto con reducciones drásticas en las emisiones de otros sectores para alcanzar los objetivos climáticos.

En la misma búsqueda de soluciones basadas en la naturaleza, el trabajo de la Universidad de Purdue (Thompson, y otros, 2021) propone una serie de prácticas agrícolas elegibles para pagos de bonos de carbono, como ser: 1. Siembra Directa. 2. Cultivos de cobertura. 3. Pasturas perennes. 4. Cultivos perennes. 5. Forestación. 6. Incorporación de materia orgánica al campo. 7. Biocarbón (biochar) y 8. Otros. Este trabajo destaca que, si bien estas prácticas son prometedoras para contribuir a la mitigación del cambio climático, su efectividad está condicionada por la capacidad real de cada suelo para almacenar carbono. Es fundamental reconocer que el potencial de secuestro de carbono en los suelos es finito, lo que significa que la capacidad del suelo para almacenar carbono está limitada por sus propiedades intrínsecas, las cuales dependen de su estado, manejo histórico, composición orgánica y condiciones ambientales. En otras palabras, aunque los suelos pueden acumular carbono en sus fases iniciales de manejo regenerativo, a medida que se acerca a un equilibrio o "saturación", su capacidad adicional para almacenar carbono se reduce. Este límite natural subraya la necesidad de implementar estas estrategias de forma adaptada a las características particulares de cada región y tipo de suelo, sin asumir que el secuestro de carbono puede incrementarse indefinidamente.

Como punto de partida, FAO dispone de un mapa de potencial de secuestro de C de los suelos a nivel mundial (FAO & ITPS, 2020) que puede ser consultado como referencia. En Argentina, AAPRESID publicó los mapas de carbono de suelos, con su respectivo potencial de secuestro de carbono (AAPRESID, Mapas de carbono, 2024). En dicho estudio, concluyen que los suelos en Argentina se encuentran a sólo el 46% de su capacidad de secuestro de carbono orgánico del suelo (COS), y que la adopción masiva de prácticas como siembra directa continua, rotaciones con gramíneas, cultivos de servicios y manejo balanceado de nutrientes ayudarían a cerrar la brecha entre lo actual y lo alcanzable.

El protocolo MRV (Medición, Reporte y Verificación) propuesto por la FAO es una herramienta integral y estandarizada para cuantificar los cambios en el carbono orgánico del suelo agrícola. Este protocolo se desarrolló mediante un extenso proceso de investigación y consulta en el que participaron científicos, responsables de políticas y miembros de la FAO, con el objetivo de crear una metodología robusta, confiable y rentable. Es un marco estandarizado que permite medir, monitorear y reportar de forma consistente los incrementos o disminuciones en las reservas de carbono del suelo, facilitando así la implementación de prácticas agrícolas sostenibles que contribuyan a la mitigación del cambio climático. La metodología se fundamenta en procedimientos que abarcan desde la toma de muestras in situ y su análisis de laboratorio hasta la aplicación de modelos que extrapolen los resultados a escalas más amplias. Este enfoque integral permite evaluar de manera precisa el potencial de secuestro de carbono de los suelos, un potencial que es finito y depende del estadio de desarrollo y las características propias de cada terreno. Al integrar mediciones directas y herramientas de monitoreo adaptadas a diversas condiciones agroecológicas, el protocolo MRV se posiciona como un recurso clave para la toma de decisiones y para

el desarrollo de mecanismos de pago por servicios ambientales en el ámbito de la gestión y mejora de la salud del suelo (FAO, 2020). Cabe aclarar que esta es la opción por excelencia, que brinda la verdad de campo sobre el cambio en el stock de carbono en el suelo, sin incurrir en los errores propios de los modelos de estimación. En ese sentido, no hay opción más verdadera que medir antes y medir después.

Otra posibilidad es estimar la remoción o secuestro de carbono a través del Nivel 1 (Tier 1) del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). De los tres niveles que propone el IPCC, el nivel 1 es el básico, el nivel 2 es intermedio y el nivel 3 el más exigente en términos de complejidad y datos. El Nivel 1 se basa en la ecuación 2.25, que requiere conocer el stock de carbono en el suelo a los 30 cm, algo que se puede obtener de datos de laboratorio, o bien del mapa de carbono orgánico del suelo de FAO (FAO & ITPS, 2020).

EQUATION 2.25
ANNUAL CHANGE IN ORGANIC CARBON STOCKS IN MINERAL SOILS

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC_{Mineral} = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

Los demás factores, FLU, Fmg y Fi se obtienen de la Tabla 5.5 del IPCC para el caso de cultivos, o bien de la Tabla 6.2 del IPCC para el caso de pastizales (IPCC, 2019). Sin perjuicio de que se puedan usar las tablas del IPCC, se recomienda usar valores publicados para Argentina, como por ej. el valor de FLU=0,86 propuesto para la pampa húmeda (Villarino, Studdert, Laterra, & Cendoya, 2014).

A pesar de que el Informe Especial 2019 del IPCC destaca la importancia de las soluciones basadas en la naturaleza, un informe de la consultora McKinsey (McKinsey, 2020) indica que, aunque el potencial de reducción de emisiones mediante estas prácticas es importante, se trata de una contribución finita y dependiente de las características específicas de cada terreno y de su estadio de manejo. En otras palabras, la capacidad del suelo para secuestrar carbono tiene límites naturales, y estas prácticas deben implementarse de forma coordinada y a escala para maximizar sus beneficios. El análisis de McKinsey ofrece, por tanto, una hoja de ruta detallada que no solo identifica el volumen de reducción requerido (en GtCO₂e), sino que también enfatiza la necesidad de políticas, inversiones y colaboraciones entre los actores del sector para transformar la agricultura hacia un modelo más sostenible y resiliente.

McKinsey plantea un "camino de reducción de emisiones" en el que se cuantifica, en gigatoneladas de CO₂ equivalente (GtCO₂e), la disminución de emisiones que debe lograrse en el sector agrícola para sostener el calentamiento global por debajo de 1,5°C. Este camino se articula a partir de la implementación de prácticas agrícolas mejoradas, que incluyen medidas como la optimización del manejo de fertilizantes y estiércol, la adopción de técnicas de siembra directa y cultivos de cobertura, además de mejoras en el manejo del ganado y en la captura de carbono a través de prácticas que aumentan la estabilidad y la materia orgánica del suelo. La idea central es que, mediante la aplicación de estas estrategias de bajo carbono, se puede cerrar la brecha de emisiones del sector agrícola y contribuir a la meta climática global, reduciendo de manera significativa el impacto del sistema agroalimentario sobre el clima.

>. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

En el camino de reducción de emisiones, con soluciones basadas en la naturaleza, resulta fundamental calcular la huella de carbono de los productos del sector bio agro industrial de Argentina. La huella de carbono se estima llevando a cabo un inventario de emisiones de GEI o un análisis de ciclo de vida según la tipología de huella, siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14067 (IRAM-ISO 14067, 2018), que la define como la suma de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a lo largo de todo el ciclo productivo y de consumo de un producto (Ciclo de Vida). Los gases de efecto invernadero (GEI) se acumulan en la atmósfera, aumentando su concentración por encima de los niveles naturales, contribuyendo al Cambio Climático. La huella de carbono se expresa en toneladas de CO₂e (dióxido de carbono equivalente).

Para calcular la huella de carbono de un producto según la norma ISO 14067, en primer lugar es necesario identificar todas las **fuentes de emisión** a lo largo del ciclo de vida del producto. En el caso de los cultivos, estas fuentes se extraen, por ejemplo, de los planteos técnicos que definen las etapas productivas. Esto implica reconocer todas las **actividades** que generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desde el cultivo hasta el procesamiento, distribución y uso final del producto. Es esencial delimitar el alcance y fronteras del sistema de análisis para asegurar que se incluye toda la información relevante de cada etapa.

El siguiente paso consiste en determinar la **magnitud** de las actividades, lo que implica cuantificar los consumos y procesos involucrados. Por ejemplo, se puede medir el consumo de gas natural en metros cúbicos o el consumo de gasoil en litros en las actividades agrícolas o de procesamiento. Finalmente, es fundamental conocer y aplicar los factores de emisión, que expresan las emisiones de GEI (por ejemplo, en kg CO₂) por unidad de actividad (como kg CO₂/m³ o kg CO₂/l). Multiplicando la magnitud de cada actividad por su correspondiente factor de emisión, se obtiene la contribución de cada fuente a la huella total, la cual se suma para obtener el valor global de emisiones del producto.

Además, según la norma ISO 14067 se debe considerar el balance neto de GEI, lo que implica restar aquellas absorciones o remociones de carbono que actúan como sumideros en el sistema. Por ello, si existen procesos o prácticas que capturan carbono—por ejemplo, la absorción, secuestro o remoción en suelos debido a ciertas técnicas de manejo regenerativo—estos valores deben ser restados del total de emisiones calculado. Este enfoque neto permite obtener una huella de carbono final que refleje tanto las emisiones como las remociones, proporcionando así una evaluación más completa y realista del impacto ambiental del producto. Es decir, la huella de carbono incluye el **balance de carbono en suelos**, o la cantidad neta de carbono que se almacena, libera o se mantiene en el suelo a lo largo del tiempo (AAPRESID, 2025). El resultado de ese balance se suma o se resta a las emisiones GEI por unidad de producto.

También existen calculadores online, siendo **Cool Farm Tool** el más conocido (CoolFarmTool, 2025). Es una herramienta en línea diseñada para calcular y analizar la huella de carbono en el sector agrícola, considerando también otros indicadores ambientales como el uso de agua y el impacto sobre la biodiversidad. Basada en metodologías científicas y en datos validados (incluyendo estándares del IPCC), esta herramienta ofrece métricas cuantificables, creíbles y estandarizadas que permiten evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero y estimar el potencial de secuestro de carbono en los sistemas productivos agrícolas. Su interfaz interactiva y sencilla facilita la realización de "qué pasaría si" o análisis de escenarios, ayudando a los usuarios a identificar oportunidades para reducir las emisiones y, al mismo tiempo, mejorar la sostenibilidad de sus prácticas.

El Cool Farm Tool es una herramienta muy valiosa para diagnosticar y evaluar la huella de carbono y otros indicadores ambientales en la agricultura. Su fortaleza radica en ofrecer a los usuarios diagnósticos detallados, identificar oportunidades de mejora en las prácticas agrícolas y facilitar el seguimiento continuo del desempeño ambiental. Sin embargo, una limitación importante es que la herramienta se centra únicamente en la evaluación interna y el análisis diagnóstico, ya que los datos generados no se hacen abiertos o accesibles para verificadores externos. Debido a esta falta de transparencia en el acceso a los datos, el Cool Farm Tool no cumple con los requisitos necesarios para la certificación por terceros. Esto significa que, si bien es excelente para impulsar mejoras internas y fomentar la toma de decisiones sostenibles, no puede ser utilizado como base para certificaciones oficiales o validaciones independientes, pues los verificadores no pueden confirmar la veracidad de la información reportada por la herramienta.

En cambio, el **Programa Argentino de Carbono Neutro (PACN)** cuenta con calculadores de huella de carbono diseñados no solo para evaluar el desempeño ambiental de los productos agroindustriales, sino también para certificar la huella de carbono a través de un proceso estandarizado y validado por organismos independientes. Estos calculadores se fundamentan en un análisis del ciclo de vida local, incorporando factores de emisión y datos específicos que se ajustan a las condiciones agroclimáticas y productivas de Argentina. De esta manera, el PACN permite a los actores del sector obtener diagnósticos precisos de sus impactos y usar esos resultados como base para la certificación de la huella de carbono, otorgando mayor credibilidad y transparencia en el mercado.

Además, el sistema del PACN está acompañado de un conjunto de manuales y herramientas sectoriales que documentan la metodología, facilitando el acceso y la verificación de los datos. Esto contrasta con otras herramientas, como el Cool Farm Tool, que, aunque efectivas para el diagnóstico interno, no comparten abiertamente la información necesaria para procesos de verificación externa y, por ende, no permiten la certificación. Con estos calculadores y el acompañamiento metodológico, el PACN no solo mide el impacto ambiental de los productos, sino que crea un marco confiable para comunicar y certificar los avances en sostenibilidad, abriendo oportunidades en mercados que requieren transparencia en las emisiones. El INTA y el INTI han participado como consultores para el desarrollo de algunos de estos calculadores (PACN, 2022).

El INTA y el INTI también han colaborado con el **programa Pro Carbono de Bayer** para desarrollar calculadores específicos que permiten medir de forma precisa la huella de carbono en las actividades agrícolas de Argentina. Estas herramientas se basan en metodologías científicas reconocidas internacionalmente y están diseñadas para cuantificar tanto las fuentes de emisiones—como el consumo de combustibles, insumos y la aplicación de fertilizantes—como las capacidades de absorción o remoción de carbono, considerando las particularidades de cada cultivo y región. Al integrar datos técnicos y parámetros específicos provenientes de la experiencia en campo, los calculadores ofrecen un diagnóstico detallado y personalizado, facilitando la identificación de oportunidades para la mejora en la gestión ambiental y el desarrollo de estrategias más sostenibles. Además, estos instrumentos permiten un seguimiento riguroso y la validación de los resultados de forma estandarizada, lo cual es fundamental para la transparencia y la comparabilidad en procesos de certificación de huella de carbono. Al estar alineados con estándares internacionales, tales como la norma ISO 14067, facilitan la verificación por parte de terceros y abren la posibilidad de acceder a mercados de carbono y certificaciones oficiales. En este sentido, el trabajo conjunto de INTA e INTI, a través del Pro Carbono, no solo respalda la toma de decisiones informadas en la gestión agrícola, sino que también impulsa la transformación hacia un modelo productivo más sostenible e innovador, con un enfoque claro en la mitigación del cambio climático.

>. CERTIFICACIÓN DE HUELLAS A TRAVÉS DEL ECO ETIQUETADO

Para certificar la huella de carbono de un producto mediante eco etiquetado (según la norma ISO 14025), es fundamental comenzar con un estudio detallado del impacto ambiental. Este estudio se puede llevar a cabo de dos formas, ya sea mediante la evaluación de la huella de carbono del producto conforme a la norma ISO 14067 o realizando un análisis completo del ciclo de vida (ACV) utilizando las Reglas de Categoría de Producto (PCR) del sistema de Declaración Ambiental de Producto (EPD) ofrecido por Environdec.com (Environdec, 2023). Estas evaluaciones permiten identificar y cuantificar las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final, garantizando que la información resultante sea robusta, comparable y transparente.

Una vez obtenido este análisis exhaustivo, se procede a la certificación del producto a través del eco etiquetado basado en ISO 14025, considerado un estándar de declaración ambiental de tipo III. Este proceso implica la verificación por parte de un tercero independiente, lo cual aporta objetividad y credibilidad a la declaración ambiental del producto. La ecoetiqueta certificada no solo valida las afirmaciones ambientales realizadas, sino que también mejora la competitividad en el mercado al ofrecer a los consumidores y a los compradores institucionales una herramienta confiable para adoptar decisiones sostenibles. De esta manera, la integración de un estudio de huella de carbono o ACV con la certificación mediante eco etiquetado crea un marco integral para la gestión ambiental responsable, alineándose con las mejores prácticas y estándares internacionales.

Uno de los tantos ejemplos de EPD es el de la carne del frigorífico Logros (Logros S.A., 2022), que publicó una huella de carbono de la carne al consumidor de 30,16 kg CO₂e / kg y una remoción de 10,69 kg CO₂e / kg, dejando un balance neto de 19,47 kg CO₂e / kg de carne sin hueso lista para ser consumida.

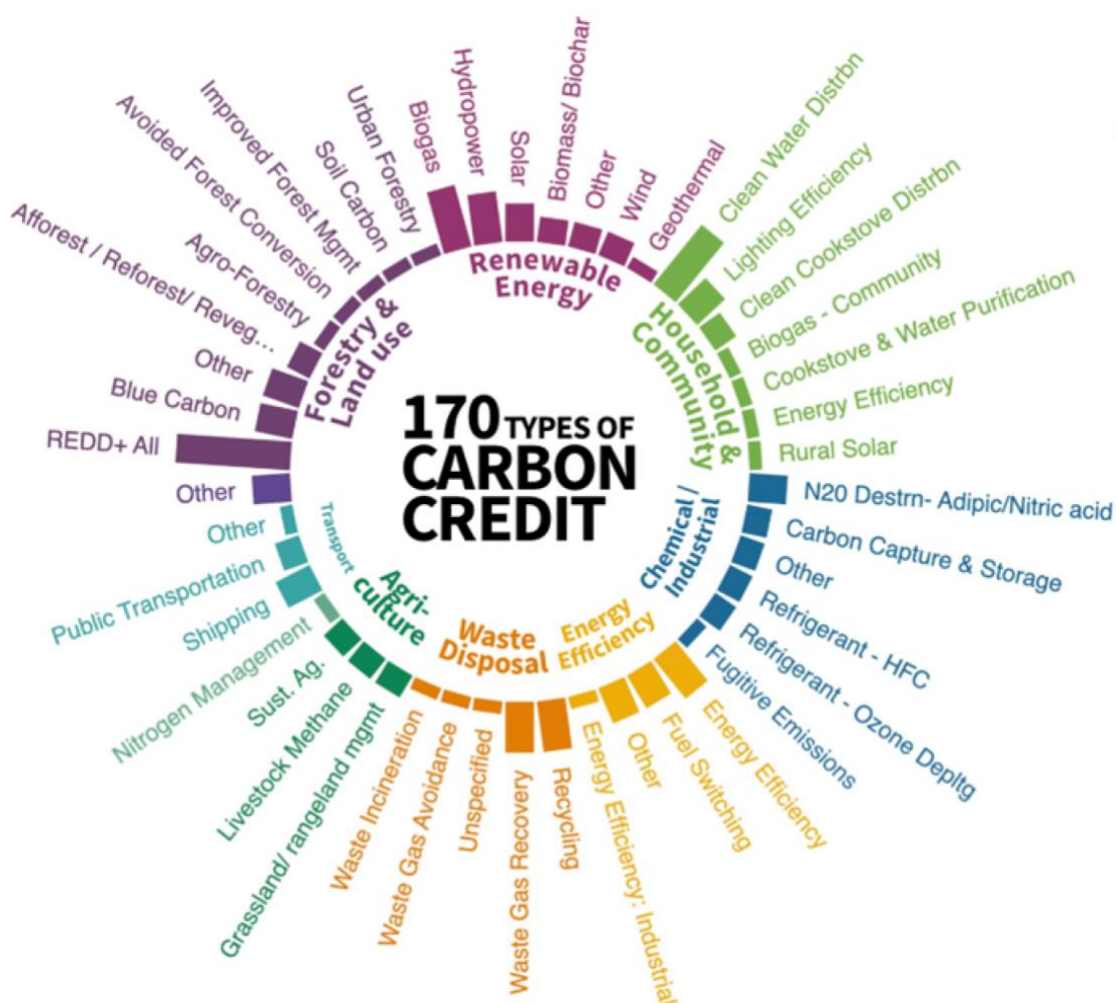
Después de obtener la ecoetiqueta o la eco-certificación, cada empresa cuenta con un activo estratégico que le permite resaltar de forma transparente su desempeño ambiental. Esta certificación valida de manera rigurosa la huella de carbono y otros indicadores ambientales, lo que genera confianza en los consumidores cada vez más preocupados por el impacto ambiental de sus compras. Al comunicar eficazmente estos datos, la empresa puede posicionarse en nichos de mercado premium, atraer a un público que está dispuesto a pagar más por productos sostenibles y, en consecuencia, monetizar el valor agregado ambiental.

Sin embargo, capitalizar este valor depende fundamentalmente de la estrategia de cada empresa. Se requiere integrar estos datos en la comunicación de marca, en el desarrollo de propuestas de valor diferenciadas y en la implementación de políticas de precios que reflejen la inversión realizada en sostenibilidad. Además, esta transparencia no solo mejora la reputación corporativa, sino que también abre puertas a alianzas estratégicas, a participar en programas de incentivos gubernamentales o en mercados de créditos de carbono. En síntesis, si bien la eco-certificación proporciona una base sólida, es responsabilidad de cada empresa aprovechar y potenciar ese trabajo de huellas de carbono para generar ventajas competitivas y beneficios económicos.

>. BONOS DE CARBONO Y MERCADOS VOLUNTARIOS

Por otro lado, y en forma simultánea a la medición de huella de carbono de producto, se vienen desarrollando los mercados voluntarios de bonos de carbono. A grandes rasgos, un bono de carbono es un certificado comercializable que representa la reducción o eliminación de una tonelada de dióxido de carbono (o su equivalente en otros gases de efecto invernadero) de la atmósfera. Estos bonos se generan a partir de proyectos que, ya sea evitando emisiones o secuestrando carbono, contribuyen a mitigar el cambio climático. Su adquisición permite que empresas, organizaciones e incluso particulares compensen sus propias emisiones, apoyando así iniciativas ambientales verificadas y, en ciertos casos, generando co-beneficios adicionales en términos de biodiversidad, desarrollo social y conservación de ecosistemas.

Figura 5: 170 tipos de proyectos de bonos de carbono, agrupados en 7 categorías: Basados en la naturaleza (forestación, uso de tierra, agricultura, etc.), Energía renovable, Eficiencia energética, Gestión de residuos, Eficiencia en hogares y comunidad, Químico e Industrial, Transporte.



Los mercados voluntarios de carbono son plataformas en las que se negocian bonos de carbono sin que la participación sea obligatoria por mandato gubernamental. Estos mercados permiten a los actores involucrados comprar, vender o intercambiar créditos de carbono para compensar sus emisiones de manera voluntaria y demostrar su compromiso ambiental. La Figura 5 (Ecosystem Marketplace, 2022) ilustra la tipología de proyectos que generan estos bonos, mostrando cómo se agrupan en diversas categorías y subtipos. En concreto, el esquema de tipología clasifica los proyectos en amplios grupos—por ejemplo, Forestal y Uso de la Tierra, Energías Renovables, Procesos Químicos, Gestión de Residuos, Eficiencia Energética, Dispositivos para el Hogar y la Comunidad, Transporte y Agricultura—que a su vez se subdividen en más de 170 tipos específicos organizados en clústeres o grupos homogéneos. Esta clasificación no solo refleja la diversidad de enfoques para la reducción o remoción de carbono, sino que también permite identificar de manera rigurosa los atributos y co-beneficios de cada proyecto, facilitando la comparación, la verificación y, en última instancia, una mejor valoración en el mercado.

Verra es una de las principales certificadoras de bonos de carbono en el mercado voluntario a nivel mundial (<https://verra.org/>). Su programa Verified Carbon Standard (VCS) es el más utilizado para la acreditación de proyectos que reducen o eliminan emisiones de gases de efecto invernadero. Desde su fundación en 2007, Verra ha gestionado más de 2,000 proyectos en más de 88 países, logrando capturar más de un billón de toneladas de CO₂ equivalente. Además de garantizar la calidad y transparencia de los créditos de carbono, Verra promueve beneficios sociales y ambientales, como el acceso a servicios de salud y educación en las comunidades donde se desarrollan los proyectos. En Argentina, Verra se unió a la Mesa Argentina de Carbono (<https://mesacarbono.org.ar/>), una iniciativa que busca fortalecer el mercado de carbono en el país mediante la promoción de marcos regulatorios y la certificación de mecanismos de medición, reporte y verificación (MRV). Este esfuerzo incluye la colaboración con más de 45 empresas e instituciones para desarrollar estrategias que posicionen a Argentina como líder en los mercados de carbono. Además, Verra ha certificado proyectos en Sudamérica relacionados con la conservación forestal y la agricultura regenerativa, promoviendo soluciones basadas en la naturaleza.

Gold Standard (GS) (<https://www.goldstandard.org/>), por su parte, es otra certificadora líder en el mercado voluntario de carbono, reconocida por su enfoque en proyectos que generan beneficios adicionales para las comunidades y el medio ambiente. Fundada en 2003 por el World Wildlife Fund (WWF) y otras organizaciones, GS establece estándares rigurosos para garantizar la adicionalidad, transparencia y trazabilidad de los proyectos. Los créditos emitidos bajo Gold Standard son altamente valorados por su impacto positivo en el desarrollo sostenible, incluyendo iniciativas de acceso a agua potable y eficiencia energética.

En Argentina, recientes publicaciones en medios como *La Nación* (Arias, 2025), *Ovis21* (Ovis21, 2025) y el programa POA de la plataforma *Ruuts* (Ruuts, 2025) han resaltado un importante avance en el ámbito de los mercados voluntarios de carbono. Ruuts es una plataforma digital y programa que busca promover la regeneración de tierras y ecosistemas productivos en Sudamérica. A través de prácticas de ganadería regenerativa, la plataforma facilita la captura de carbono en el suelo, la mejora de la biodiversidad y la infiltración de agua, generando ingresos para los productores.

En estas noticias se informa que, por primera vez, productores agropecuarios han recibido pagos derivados de la monetización de créditos de carbono generados a partir de prácticas regenerativas. Proyectos pioneros, como el Programa POA, permiten a los productores transformar su modelo de gestión mediante la implementación de prácticas holísticas de manejo, que mejoran la salud del suelo, capturan carbono y, en consecuencia, generan créditos susceptibles de certificación por organismos internacionales como Verra.

Este desarrollo no solo implica un reconocimiento ambiental, sino que abre la puerta a un nuevo modelo de negocio en el campo. Al certificar y comercializar los créditos de carbono, los productores pueden acceder a ingresos adicionales que les permiten reinvertir en infraestructura y reconfigurar sus explotaciones hacia sistemas más sostenibles. En síntesis, la difusión de estas iniciativas subraya el potencial del mercado voluntario de carbono para convertir la mejora ambiental en un valor económico tangible, marcando un hito en la transición hacia una ganadería regenerativa y más resiliente frente al cambio climático. Este ejemplo es uno de los tantos casos de bonos de carbono de mercados voluntarios. En EE.UU. estos mercados están más evolucionados, como por ej., a través de las empresas Indigo Ag, Truterra, Nori, Inc. y Bayer Crop Sciences (Thompson, y otros, 2021).

En Argentina, Carbon Neutral Plus es una entidad privada que ha desarrollado un sistema integral para la medición, certificación, registro, compra y venta de créditos de carbono en el mercado voluntario. Su metodología se sustenta en estándares internacionales y en avanzados protocolos de medición de la huella de carbono, lo que permite evaluar de forma rigurosa las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de los productos y procesos. Esta herramienta combina la recopilación de datos técnicos con auditorías y procesos de verificación independientes, ofreciendo así un marco transparente y científicamente robusto para certificar créditos de carbono.

La presencia de plataformas como Carbon Neutral Plus ha contribuido significativamente a la profesionalización del mercado voluntario de carbono. La capacidad para cuantificar el impacto ambiental de manera estandarizada y, posteriormente, registrar y comercializar dichos créditos, permite a las empresas transformar sus mejoras ambientales en activos económicamente valorizables. Este enfoque no solo refuerza la credibilidad de las iniciativas de sostenibilidad, sino que también abre la posibilidad de monetizar los beneficios ambientales, consolidando un puente entre la ciencia del cambio climático y la práctica empresarial orientada hacia la mitigación de emisiones.

>. CONCLUSIONES

En conclusión, la cuantificación de la huella de carbono en los sistemas de producción agropecuaria constituye una herramienta fundamental para identificar los puntos críticos de emisión y orientar estrategias de mitigación ambiental. La implementación de metodologías reconocidas internacionalmente, como la norma ISO 14067 y el análisis de ciclo de vida, permite evaluar de forma precisa las fuentes de emisiones y considerar las remociones naturales de carbono en los suelos. Este riguroso enfoque ha demostrado ser esencial para detectar los "hotspots" ambientales y para definir intervenciones, como la adopción de prácticas regenerativas y el uso adecuado de tecnologías de manejo sostenible, que potencian la resiliencia del sistema productivo y, a su vez, contribuyen a la mitigación del cambio climático. No obstante, es importante reconocer que el potencial de secuestro de carbono en los suelos es finito y depende de las condiciones intrínsecas y del manejo histórico, lo que subraya la necesidad de combinar estas soluciones con reducciones drásticas en otras fuentes de emisiones.

Por otro lado, la certificación de la huella de carbono a través del ecoetiquetado (ISO 14025) y de Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) ofrece a las empresas un activo estratégico para comunicar de manera transparente su compromiso ambiental. Esta validación no solo incrementa la credibilidad de las iniciativas de sostenibilidad, sino que también abre la posibilidad de monetizar el valor ambiental agregado, transformándolo en ventajas competitivas en mercados exigentes. La experiencia acumulada por instituciones como INTA e INTI, en colaboración con programas como Pro Carbono y plataformas como PACN y Carbon Neutral Plus, evidencia que el desarrollo de calculadores específicos y la integración metodológica de los datos de huella de carbono facilitan el acceso a mercados de compensación climática y respaldan la transición hacia un modelo agropecuario más sostenible e innovador.

Las exigencias de certificaciones y de trazabilidad ambiental en los productos de exportación se han consolidado como una tendencia en ascenso. Estas exigencias, lejos de constituir meros obstáculos o barreras proteccionistas, pueden verse como herramientas estratégicas que impulsan a los exportadores a elevar sus estándares de calidad, social y ambiental. La implementación de sistemas de trazabilidad, apoyados por tecnologías como blockchain, garantiza la transparencia a lo largo de toda la cadena de producción, lo que permite certificar el origen y los procesos de manufactura de los productos. Así, las nuevas normativas y exigencias de certificación actúan como un sello de garantía que fideliza a un mercado internacional cada vez más exigente, que prefiere competir en términos de calidad y sostenibilidad sobre la mera reducción de precios.

Dentro de este contexto, los requisitos regulatorios en mercados desarrollados, se reinterpretan como una oportunidad para que los productores argentinos se diferencien competitivamente. Al adoptar prácticas que aseguren altos estándares ambientales y sociales, las empresas pueden transformar lo que inicialmente parecía ser una barrera en una ventaja competitiva. Este enfoque no solo mejora la imagen de los productos en el mercado global, sino que también incentiva la innovación y la mejora continua en los procesos productivos, fortaleciendo la posición de Argentina como proveedor de productos de calidad que responden a las demandas emergentes de sostenibilidad y responsabilidad social.

>. BIBLIOGRAFÍA CITADA:

- AAPRESID. (2024). *Mapas de carbono*. Obtenido de Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa: <https://www.aapresid.org.ar/mapas-de-carbono/>
- AAPRESID. (2025). *Huella de Carbono en sistemas productivos bajo Siembra Directa*. Obtenido de AAPRESID. Informe final 2024 de la Red de Carbono: https://www.aapresid.org.ar/blog/huella-carbono-sistemas-productivos-siembra-directa_informe_final_2024
- Arce, S. (2024). *Estimación de la huella de carbono en la producción de la hoja de tabaco seco en el Valle de Lerma de Salta-Argentina*. Obtenido de Tesis de Magister en Responsabilidad Social y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Cuyo, <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/21651>: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/21651>
- Arias, M. (2025). *Volantazo: recibieron los primeros pagos de créditos de carbono y rediseñaron su campo con un revolucionario sistema*. Obtenido de LA NACIÓN Campo - Bonos de Carbono: <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/volantazo-recibieron-los-primeros-pagos-de-creditos-de-carbono-y-redisenaron-su-campo-con-un-nid04042025/>
- Barilla. (2025). *Doble pirámide de salud y clima*. Obtenido de Fundación Barilla - Centro Barilla de Alimentación y Nutrición (BCFN): <https://www.fondazionebarilla.com/en/double-pyramid/>
- Barrera, V., Lirio, L., & Tuninetti, L. (2024). *EPD Pollo entero fresco - Granja Tres Arroyos - S-P-07363-Es*. Obtenido de EPD INTI: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/S-P-07363>
- Bongiovanni, R. G., & Tuninetti, L. (2018). *Análisis del Ciclo de Vida de un jean producido en Argentina*. Obtenido de Lalca: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida, ISSN 2527-0184 v. 2 n. 1 (2018) : <https://doi.org/10.18225/lalca.v2i1.3942>
- Bongiovanni, R., & Tuninetti, L. (2020). *HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA DE LA FIBRA DE ALGODÓN DESMOTADO*. Obtenido de Libro de actas del IX encuentro argentino de ciclo de vida y VIII encuentro de la red argentina de huella hídrica, ENARCIV 2020: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/8481>
- Bongiovanni, R., & Tuninetti, L. (2021). *Huella de Carbono de la cadena de trigo de Argentina*. Obtenido de LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida: <http://lalca.acv.ibict.br/lalca/article/view/5551>
- Bongiovanni, R., & Tuninetti, L. (2021). *Huella de carbono y huella energética del etanol anhidro producido en una mini destilería "minidest" en origen*. Obtenido de Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA): <http://ria.inta.gob.ar/contenido/ria-47-no-2-agosto-2021>
- Bongiovanni, R., & Tuninetti, L. (2023). *Huella de Carbono de la carne: Un estudio de caso*. Obtenido de Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2023. 31 (1): <https://doi.org/10.53588/alpa.310104>
- Bongiovanni, R., Tieri, M. P., & Nardi, N. (2024). *Huella de carbono de la leche: un caso piloto*. Obtenido de Agronomía & Ambiente Vol. 44, núm. 1 (2024): <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/290>

- Bongiovanni, R., Tuninetti, L., & Garrido, G. (2016). Huella de Carbono de la cadena de maní de Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* ISSN edición impresa 0325-8718 ISSN en línea 1669-2314, <http://ria.inta.gob.ar/trabajos/huella-de-carbono-de-la-cadena-de-mani-de-argentina>, http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/bongiovanni-castellano-4_0.pdf; <http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/bongiovanni-ingles.pdf>.
- Bongiovanni, R., Tuninetti, L., Charlón, V., & Minaglia, M. (2023). *Análisis de Ciclo de Vida de la carne bovina de exportación de Argentina*. Obtenido de Número especial "Investigación y producción ganadera sostenible en Latino América y el Caribe". Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2023. 31 (1) : <https://doi.org/10.53588/alpa.310106>
- Bongiovanni, R., Tuninetti, L., Espósito, G., Fiant, S., Ponienman, K., Álvarez, S., . . . Oliverio, N. (2023). *La huella de carbono del maíz como vínculo entre producción y ambiente*. Obtenido de Revista científica de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Cienc. Suelo 41 (2): 49-58, 2023 ISSN 1850-2067 Versión electrónica: <http://ojs.suelos.org.ar/index.php/cds/authorDashboard/submission/775>
- Casañas, E., Bilbao, L., & Del Castillo, S. (2024). *EPD Barra de chocolate*. RUTA CACAO S.R.L. Obtenido de <https://epd.inti.gob.ar/>
- Clark, M., Springmann, M., Rayner, M., Scarborough, P., Hill, J., Tilman, D., . . . Harrington, R. A. (2022). *Estimating the environmental impacts of 57,000 food products*. Obtenido de PNAS Vol. 119 | No. 33: <https://doi.org/10.1073/pnas.2120584119>
- CoolFarmTool. (2025). *Calculadora de Huella de Carbono*. Obtenido de Cool Farm Alliance <https://app.coolfarmtool.org/account/login/?next=/>: <https://app.coolfarmtool.org/>
- EAT-Lancet. (2019). *Alimentos. Planeta. Salud. Informe Resumido de la Comisión EAT-Lancet*. Obtenido de The EAT-Lancet Commission Summary Report. Comisión EAT-Lancet sobre dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles: https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report_Spanish.pdf
- EAT-Lancet. (2019). *Can we feed a future population of 10 billion people a healthy diet within planetary boundaries?* Obtenido de The EAT-Lancet Commission on Food, Planet, Health: <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>
- Ecosystem Marketplace. (2022). *The Art of Integrity. August 2022*. Obtenido de <https://www.ecosystemmarketplace.com/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2022/>
- Environdec. (2023). *Environmental Product Declarations*. Obtenido de <https://www.environdec.com/all-about-epds/the-epd>
- Eurobarometer. (2017). *Attitudes of European citizens - Special Eurobarometer 468 Report*. Obtenido de Directorate-General for Environment and co-ordinated by the Directorate General for Communication, European Commission. : doi:10.2779/84809
- FAO & ITPS. (2020). *Global Soil Organic Carbon Map V1.5: Technical report*. Obtenido de Rome, FAO <https://doi.org/10.4060/ca7597en>: <https://data.apps.fao.org/glosis/>
- FAO. (2020). *A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol*. Obtenido de FAO Rome: <https://doi.org/10.4060/cb0509en>

- Fava-Neves, M., Gray, A., Runkhe-Valerio, F., Franco-Martinez, L., Mateus-Rodrigues, J., Bordonal-Kalaki, R., . . . Cambaúva, V. (2020). *Food and agribusiness in 2030: a roadmap*. eISBN: 978-90-8686-907-7 | ISBN: 978-90-8686-354-9. Obtenido de Wageningen Academic Publishers 2020: <https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-907-7>
- IBM Institute for Business Value (IBV). (2021). *Sustainability at a turning point*. Obtenido de <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainability-consumer-research>
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI): <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- IPCC. (2021). *IPCC en español*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
- IRAM-ISO 14067. (2018). *Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación. Primera edición 2019-11-08. 68 pp.* Obtenido de <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/12261>
- Lirio, L., García, M. C., & Tuninetti, L. (2024). *Chicken Fillet - FEPASA*. Obtenido de EPD INTI: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0016200001>
- Lirio, L., García, M. C., & Tuninetti, L. (2024). *Frozen Chicken Leg Quarter - FEPASA*. Obtenido de EPD INTI: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0016211001>
- Lirio, L., García, M. C., & Tuninetti, L. (2024). *Whole chicken - FEPASA*. Obtenido de EPD INTI: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0016156001>
- Logros S.A. (2022). *LOGROS S.A. Beef Meat. Environmental Product Declaration*. Obtenido de INTI <https://epd.inti.gob.ar/libreria/S-P-07356>: <https://epd.inti.gob.ar/assets/uploads/libreria/S-P-07356.pdf>
- Lysiak, E. (2018). La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* pp. 359-370 ISSN 0325-8718 ISSN 1669-2314. Institución Editora: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Obtenido de <https://ria.inta.gob.ar/wp-content/uploads/2018/12/ria-vol44-n3-diciembre-2018.pdf>
- MAYDS. (2023). *Quinto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://ciam.ambiente.gob.ar/images/uploaded/recursos/372/BUR5.pdf>
- 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-emissions-through-improved-farming-practices#>
- Nishihara-Hun, A. L., Mele, F. D., & Pérez, G. A. (2016). *A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of Tucumán (Argentina) considering different technology levels*. Obtenido de Int J Life Cycle Assess: DOI 10.1007/s11367-016-1047-3
- Ovis21. (2025). *¡Logro histórico! Productores de la Patagonia reciben los primeros pagos por créditos de carbono*. Obtenido de <https://ovis21.com/primerospagoscreditosc carbono/>
- PACN. (2022). Obtenido de <https://carbononeutro.com.ar/>

- Peri, P., Rosas, Y. M., Ladd, B., Díaz-Delgado, R., & Martínez-Pastur, G. (2020). *Carbon Footprint of Lamb and Wool Production at Farm Gate and the Regional Scale in Southern Patagonia*. Obtenido de Sustainability 2020, 12, 3077 <http://www.mdpi.com/journal/sustainability:doi:10.3390/su12083077>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
- Puratos Group. (2024). *Las principales tendencias y deseos de los consumidores en alimentación sostenible para 2024*. Obtenido de <https://www.puratos.es/es/blog/taste-tomorrow/Las-principales-tendencias-y-deseos-de-los-consumidores-en-materia-de-alimentacion-sostenible-para-2024>
- Reyes, F. (2021). *Aumentó un 86% la cantidad de usuarios que eligen productos con impacto positivo*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/tendencias/2021/07/24/aumento-un-86-la-cantidad-de-usuarios-que-eligen-productos-con-impacto-positivo/>
- Riesco, S., Picaza, N., Santa Cruz, E., & García, S. (2019). *EATendencias: Las tendencias con mayor impacto para la innovación alimentaria*. Obtenido de Arrantzuarekiko Zientziaeta Teknika Ikaskundea (AZTI): <https://www.azti.es/eatendencias-las-tendencias-con-mayor-impacto-para-la-innovacion-alimentaria/>
- Ritchie, H. (2020). *Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?*. Obtenido de Published online at OurWorldinData.org: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Romagnoli, S., Thomas, E., & Bongiovanni, R. (2022). *Análisis de estrategias de mitigación de la huella de carbono de la producción de peras argentinas*. Pp. 512-520. Obtenido de 13th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2022 (LCA Foods 2022) Book of Proceedings LCA Foods 2022. Editores: Ian Vázquez Rowe, Ramzy Kahhat Abedrabbo, Eizo Muñoz Sovero.: <https://drive.google.com/file/d/169oaQGafERtOc8aQwfxd6srEgHADoQrz/view>
- Ruuts. (2025). *Programa POA - Escalando la ganadería regenerativa en la Patagonia*. Obtenido de Plataforma RUUTS: <https://ruuts.la/poa/>
- Shukla, P., Skea, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., . . . M. (2019). *IPCC 2019 Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Thompson, N. M., Hughes, M. N., Nuworsu, E. K., Reeling, C. J., Armstrong, S. D., Mintert, J. R., . . . Foster, K. A. (2021). *Opportunities and Challenges Associated with "Carbon Farming" for U.S. Row-Crop Producers*. Obtenido de Purdue University: <https://ag.purdue.edu/commercialag/home/resource/2021/06/opportunities-and-challenges-associated-with-carbon-farming-for-u-s-row-crop-producers/>
- Tuninetti, L., & Bongiovanni, R. (2024). *Declaración Ambiental de Producto (EPD) de animales peso vivo de la empresa BERCA (Estancia Ralicó. Córdoba)*. Obtenido de The International EPD® System: <https://www.environdec.com/library/epd7362>
- Tuninetti, L., & Bongiovanni, R. (2024). *Declaración Ambiental de Producto (EPD) de animales peso vivo de la empresa San Esteban (Entre Ríos)*. Obtenido de The International EPD System: <https://www.environdec.com/library/epd7361>
- Tuninetti, L., & Garcia, M. C. (2024). *Chilled and vacuum-packed boneless beef*. Obtenido de EPD Marfrig Argentina - Quickfood S.A.: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0015864001>

- Tuninetti, L., & Garcia, M. C. (2024). *Frozen and vacuum packed bone beef*. Obtenido de EPD Marfrig Argentina - Quickfood S.A.: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0016589001>
- Tuninetti, L., & Garcia, M. C. (2024). *Frozen and vacuum packed boneless beef*. Obtenido de EPD Marfrig Argentina - Quickfood S.A.: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0016579001>
- Tuninetti, L., & Garcia, M. C. (2024). *Hamburguesas bovinas congeladas Marfrig Argentina - Quickfood S.A.* Obtenido de EPD INTI: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0006436001>
- Tuninetti, L., Bongiovanni, R., & Cavagnaro, M. R. (2024). *Concentrado de proteína de soja* . Obtenido de EPD Porta IES-0016461001: <https://epd.inti.gob.ar/libreria/IES-0016461001>
- Villarino, S. H., Studdert, G. A., Laterra, P., & Cendoya, M. G. (2014). *Agricultural impact on soil organic carbon content: Testing the IPCC carbon accounting method for evaluations at county scale*. Obtenido de Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 185, Pages 118-132, ISSN 0167-8809: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.021>