

ENERGÍA Y GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL CONSUMO DE ALIMENTOS EN LOS HOGARES: INCIDENCIA DE LA COCCIÓN

Alejandro D. González

Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), CONICET y Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, 8400 Bariloche, Río Negro.

gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar

RESUMEN: Se estudió la energía usada y los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos en la cocción de alimentos en los hogares. En trabajos previos se realizaron inventarios de ciclo de vida teniendo en cuenta las etapas de producción y transporte. En este trabajo se investiga la cocción de alimentos y las mermas asociadas a esta etapa. Se analizaron carne vacuna, pollo y pescado, y cereales, pastas y legumbres. Se encontró una diferencia notable entre los diversos tipos de alimentos: ganancias de peso entre 2 y 4 veces para los cereales y legumbres; y pérdidas entre 15% y 50% en carnes. Los casos de carne vacuna y pan se estudiaron en detalle. La comparación de cuatro etapas del ciclo de vida muestra que la producción tiene mucho más impacto en carnes, tanto en energía como en GEI. En pan, la cocción es más relevante en energía utilizada, y la producción de grano tiene el mayor impacto en emisiones de GEI.

Palabras clave: Energía en cocción, Gases de efecto invernadero, Pérdidas y ganancias de peso en cocción

INTRODUCCIÓN

La producción y consumo de alimentos es un fenómeno complejo que incluye actividades rurales, transporte, procesamiento industrial, almacenaje y logística, refrigeración, deforestación, impacto en el suelo, agua y aire, y finalmente procesamiento para el consumo final y descarga de residuos. En cada etapa se requiere del uso de energía y se emiten diferentes contaminantes al medio ambiente (Pimentel, 2009). Del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el sector agropecuario es responsable de aproximadamente dos tercios (EPA, 2006). Se estima que cerca de un quinto del total global de emisiones corresponde a la producción animal (Steinfeld et al., 2006).

En trabajos previos se investigó la eficiencia para producir y transportar proteína y calorías alimentarias (González, 2010a; González et al., 2009; Carlsson-Kanyama y González, 2009). Los resultados mostraron que la energía necesaria para obtener una unidad de proteína o caloría alimentaria es mucho mayor en los productos de origen animal que en aquellos de origen vegetal. Las legumbres y los cereales presentan las eficiencias energéticas más altas. El resultado fue similar cuando se consideró los GEI: las emisiones asociadas con la obtención de 1 kg de proteína o de 1 MJ de calorías alimentarias son mucho mayores para los productos de origen animal. Las mayores emisiones se tienen para carnes de rumiantes. Por otro lado, los productos de origen vegetal presentan una correlación notable entre el contenido de proteína del alimento y la energía (o emisiones de GEI) por kg de proteína. La energía (o emisiones) por kg de proteína responde a una función potencial decreciente en función del contenido de proteína, y los ítems más eficientes son los cereales y las legumbres. Estos resultados refuerzan propuestas de otros autores tendientes a cambios de hábitos alimentarios que pongan el foco de atención en los productos de origen vegetal. Estas conclusiones se obtuvieron para productos a nivel mayorista, sin la preparación necesaria para el consumo final (González, 2010a).

Además de los procesos productivos y logísticos, una particularidad del sector alimentos con respecto a otros es que en cada una de las etapas existen variaciones de peso del producto. En cereales y legumbres se tienen pérdidas de peso por separación de cáscaras y fibras no comestibles, entre 10% y 30%. Estas son reutilizables pero de menor valor económico y no directamente en la alimentación humana. En la etapa final de consumo, en cereales y legumbres se tiene ganancia de peso, ya que los productos secos absorben agua en la cocción. Estos productos secos presentan también menores impactos en transporte y almacenamiento (no requieren refrigeración), dado que el agua se agrega sólo en la etapa final de cocción. En la obtención de carnes para consumo también existen variaciones de peso en las distintas etapas. La faena se origina en el animal vivo y finaliza con el producto denominado carcasa, que es el animal entero faenado sin líquido, sin órganos internos ni partes extremas. Por ejemplo, en Argentina, la carcasa de vacuno es la media res limpia que se transporta para troceo a nivel mayorista o carnicerías. Entre el animal vivo y la carcasa se tiene una variación de peso entre 35% y 50%, dependiendo de la constitución del animal y de su alimentación (Mathews y Vendeveer, 2007). La carcasa es luego trozada y parcialmente deshuesada para la venta a consumo final. En este proceso se tiene una variación promedio de 30%. Los subproductos son reutilizables con menor valor económico y no directamente en la provisión de carne para consumo. En este rubro se requiere refrigeración en toda la cadena de provisión, y se transporta entre 50% y 60% de agua incorporada, la cual se perderá parcialmente en la cocción final. Entonces, las mermas por cocción pueden ser relevantes para el cálculo de impactos.

En el hogar, la cocción de alimentos requiere de energías variables dependiendo del tipo de artefacto utilizado y de la intensidad de llama. Las eficiencias energéticas y las emisiones de GEI han sido estudiadas previamente para cocinas que se utilizan en Argentina, concluyendo que para cocción de alimentos el uso del gas en el hogar conlleva menor energía y GEI que el de electricidad (González, 2010b). En el presente trabajo, entonces, se utilizan datos previos para obtener la energía

utilizada y los GEI emitidos por kg de algunos alimentos cocidos. Para los casos particulares de carne vacuna y pan integral se obtienen los impactos en las etapas de producción, molienda, transporte y refrigeración, y se las compara con los impactos obtenidos para la cocción. De esta forma es posible identificar en cuál de las etapas de consumo sería más significativo un esfuerzo de aumento de eficiencias. Se sitúa la experiencia en un hogar de Bariloche con provisión de gas natural, lo cual determina las distancias de transporte y las modalidades de cocción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cocción de alimentos en los hogares

Se realizó la cocción de diversos alimentos en cantidades que corresponden al requerimiento de 2 a 4 personas, en ollas y asaderas comunes y con una cocina a gas de tipo familiar estudiada en un trabajo previo (González, 2010b). En el caso de pan se trabajó con cantidades mayores que satisfacen la necesidad semanal de pan de 2 a 4 personas. De esta manera se buscó estudiar algunos procedimientos que son habituales en los hogares de la región. Se utilizó una balanza electrónica de tipo comercial con precisión de 5g (y lectura máxima 30 kg) para pesar los alimentos crudos y cocidos. La Tabla 1 muestra los resultados de los cambios de masa observados, y las relaciones de peso entre los alimentos cocidos y crudos.

Tabla 1: Factores de pérdida o ganancia de peso en la cocción obtenidos para distintos alimentos

Tipo de alimento	Producto	Peso inicial (g)	Peso cocido (g)	Factor de ganancia o pérdida
Cereales	trigo entero	350 ¹⁾	870	2,5
	cebada entera	500 ¹⁾	1590	3,2
	Avena	490 ¹⁾	1725	3,5
	Tallarines	250 ¹⁾	600	2,4
	arroz integral	500 ¹⁾	1600	3,2
	arroz integral	600 ¹⁾	2570	4,3
Legumbres	poroto aduki	190 ¹⁾	435	2,3
	arveja partida	300 ¹⁾	605	2,0
	poroto negro	250 ¹⁾	520	2,1
	Garbanzos	600 ¹⁾	1025	1,7
	Garbanzos	600 ¹⁾	1140	1,9
	Lentejas	500 ¹⁾	1120	2,2
	Lentejas	500 ¹⁾	1200	2,4
Carnes	carne horno c/jugo	525	435 ²⁾	0,83
	carne horno s/jugo	525	325 ³⁾	0,62
	Hamburguesa	570 ⁴⁾	390	0,68
	bife angosto con hueso	780	380 ⁵⁾	0,49
	bife sin hueso	475	260	0,55
	Carne estofada (en salsa)	785	455	0,58
	Carne, horno solar	535	315	0,59
	Morcilla, horno solar	280	255	0,91
	pollo	2580	1275 ⁶⁾	0,49
	pescado horno	1000	850 ⁷⁾	0,85
Panes	Pan 3 cereales + lino ⁸⁾	2975 ⁹⁾	4750	1,6
	Pan 3 cereales + lino ⁸⁾	4615 ⁹⁾	6700	1,4
	Pan 3 cereales y pizza ⁸⁾	3130 ⁹⁾	5140	1,6
	Pan 3 cereales + lino ⁸⁾	2500 ⁹⁾	4750	1,9

1) Peso seco; 2) se considera el líquido remanente como aprovechable; 3) se considera sólo el peso de la carne cocida;

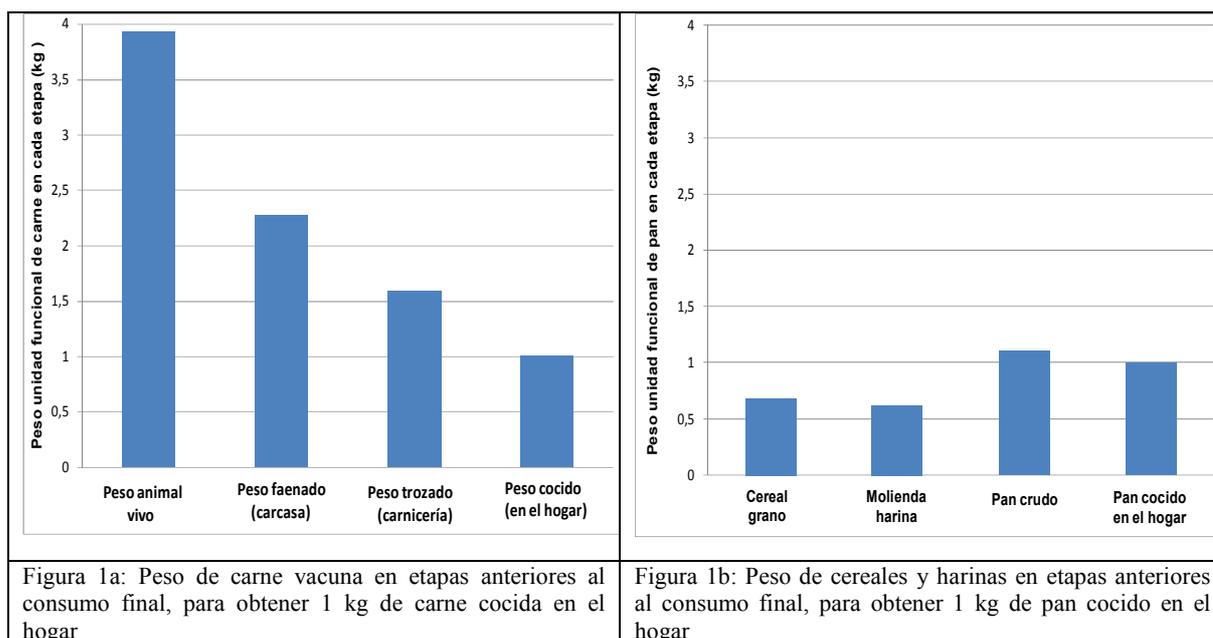
4) preparada en el hogar con carne de muy bajo contenido de grasa; 5) se descartaron 140 g de hueso y 120 g de grasa visible antes de la cocción; 6) cocido entero, se descartaron 170 g de grasa derretida en cocción y 265 g de huesos cocidos; 7) cocido en asadera con tapa, sin espinas; 8) harinas integrales de trigo, centeno, avena, y 5% de lino molido; 9) peso de los ingredientes secos sin agua

Los datos obtenidos para cereales se refieren a cocción de grano entero en olla, y también se incluye en este grupo a los tallarines. Las legumbres, salvo las lentejas, se remojaron en agua por 24 horas antes de cocerlas. Para dos tipos de lentejas y 500 g de producto seco, se obtuvieron datos sin remojo (1200 g final) y con remojo de 4 horas (1120 g final). En las cocciones de cereales, pasta, y legumbres se tienen fluctuaciones en los cambios de masa que dependen del grado de cocción que se alcance, ya sea a punto, blando o muy blando. Algo similar ocurre con las carnes. Estas fluctuaciones del punto de cocción no son relevantes para los objetivos del presente trabajo, y no serán tratadas en detalle aquí. En todos los casos se cocieron los alimentos a un punto medio que habitualmente es aceptado.

Tanto con los cereales y harinas, como con las legumbres se obtienen ganancias de peso en la cocción. En promedio, se obtuvo que los cereales aumentan su peso en la cocción en 3,3 veces; las legumbres en 2,1 veces; y las harinas en la preparación de pan conducen a aumentos de peso en 1,6 veces. Como se mencionó, estos productos se proveen secos o con mínima humedad, y el agregado de agua se realiza en el consumo final. Esto simplifica el transporte y logística, con menores cargas transportadas y sin refrigeración, lo cual reduce impactos ambientales en distintas etapas.

En el caso de las carnes se realizaron cocciones con distintos tipos de producto y con distintos métodos. Para las cocciones al horno se utilizaron trozos enteros de carne de alrededor de 500 g y cocciones en horno a gas y solar. En la Tabla 1 se informan datos de cocción al horno con aprovechamiento del jugo residual en la asadera o sin aprovechamiento. Como es corriente encontrar en el consumidor estas dos preferencias entonces se consideran los dos pesos y la posibilidad de promediarlos con la intención de dar generalidad al resultado. Para evaluar la acción de la cocción en la carne picada se prepararon hamburguesas caseras, picando un trozo de carne al cual se le extrajo previamente el exceso de grasa. De este modo, el dato para hamburguesas es significativo de la pérdida por evaporación en carnes cocidas en una plancha de hierro. La carne vacuna cruda contiene entre 55% y 65% de agua, dependiendo del corte (USDA, 2011). Los datos de la Tabla 1 para carnes incluyen mermas por haber quitado hueso, grasa excesiva, y tejido duro, y el peso cocido está también influido por la evaporación de agua. Por ejemplo, para bife angosto se extrajo el hueso y grasa excesiva en la siguiente proporción: sobre 780 g de bifos angostos comprados se extrajeron 120 g de grasa y 140 g de hueso previos a la cocción. La merma específica en esta cocción fue de 520 g inicial a 380 g final (27%), la cual se observó principalmente por evaporación. El caso de horneado de pollo da un resultado similar al de bife angosto con hueso: de 2580 g de pollo crudo se obtuvieron 1540 g de pollo cocido entero, de los cuales 265 g resultaron huesos y tejido conectivo no comestible, y se descartaron 170 g de grasa derretida en la cocción. Es muy interesante también el dato de carne estofada en salsa de tomate, ya que se trata de una cocción en medio líquido. Se extrajeron los trozos de carne de la salsa, se escurrieron, y se obtuvo que la carne lista para consumir tuvo un peso 0,63 veces menor a la inicialmente usada. La pérdida promedio para cocción de carne vacuna obtenida aquí indica que en el consumo final se aprovecha 0,63 veces el peso inicial. El dato para pescado corresponde a baja evaporación en recipiente cerrado (0,85), y el de morcilla a la cocción con piel (0,91). Este producto está previamente cocido al momento de la provisión al hogar, y una evaluación precisa debería incluir la etapa industrial. Se ensayó aquí a nivel comparativo.

En las Figuras 1a y 1b se muestran las pérdidas o ganancias de peso en el consumo de carne vacuna y de pan integral. En la Figura 1a se grafican los pesos promedio correspondientes a las etapas del ciclo de vida que conducen a la obtención de 1 kg de carne cocida en el hogar, el cual requiere de 1,6 kg comprados en la carnicería, 2,3 kg de media res faenada (peso carcasa) y cerca de 3.9 kg de peso vivo del animal. Para Argentina, para un promedio de 80% en pastura y 20% en feedlot, el peso de carcasa se estima en promedio en 0,58 del peso vivo (Mathews y Vanderveer, 2007). Del peso carcasa a peso trozado en carnicería (desprovisto de los huesos principales) se considera un factor adicional de merma de 0,70 (González et al., 2009). Estos datos se usan también más abajo para evaluar el impacto en energía y GEI relativo de cada etapa.



En la Figura 1b se grafican las etapas más relevantes en la elaboración de pan. Para obtener 1 kg de pan integral cocido en el hogar se requieren 1,1 kg de pan crudo, 0,62 kg de harinas en molienda, y 0,69 kg de granos de cereal producido. Se tiene una merma de 10% en molienda por ser harinas integrales, lo cual sería de 30% en el caso de harina blanca común (Carlsson-Kanyama y Faist, 2001). En promedio, en los 4 ensayos de elaboración de pan se agregaron 0,79 kg de agua por cada kg de harinas. Como veremos más adelante, los casos de carne y pan ejemplifican situaciones que difieren significativamente en los impactos en energía y GEI. No discutiremos aquí las diferencias nutricionales, que ya fueron mencionadas en trabajos anteriores (González, 2010; Carlsson-Kanyama y González, 2009).

Energía y GEI en cocción de alimentos

En la Tabla 2 se obtienen la energía usada y los GEI en la cocción en el hogar. Los resultados están expresados por unidad funcional de 1 kg de alimento cocido. Con la excepción de dos cocciones solares, el resto se realizó en una cocina a gas natural descrita en un trabajo previo. Se usaron las posiciones indicadas con el número 3 de la hornalla chica y del horno, y se midió la potencia siguiendo el procedimiento descrito previamente (González, 2010b). En la Tabla 2 se indica el tiempo

de cocción y la potencia de llama usada en cada caso. Los GEI se obtienen usando el dato estándar 0,056 kg CO₂/MJ dado en la referencia PICC (2006) para el gas natural. La cocina solar fue provista por Ñancuñán y es del tipo HS3 descrito previamente (Esteves et al., 2008). La potencia solar se estimó considerando un máximo de 800 W/m² para fines de marzo de 2011. En este trabajo, la cocción solar aporta a una comparación cualitativa y no se requiere de mayor precisión.

Tabla 2: Energía utilizada y gases de efecto invernadero correspondientes a la cocción en el hogar.

Tipo de alimento	Producto	Tiempo cocción (minuto)	Potencia cocción (W)	Energía cocción (MJ/kg cocido)	GEI cocción (kg CO ₂ /kg cocido)
Cereales	trigo entero	52	910	3,3	0,18
	cebada entera	54	910	1,8	0,10
	Avena	50	910	1,6	0,09
	Tallarines	34	910	3,1	0,17
	arroz integral	43	910	1,5	0,08
	arroz integral	60	910	1,3	0,07
Legumbres	poroto aduki	40	910	5,0	0,28
	arveja partida	70	910	6,3	0,35
	poroto negro	70	910	7,3	0,41
	Garbanzos	58	910	3,1	0,17
	Garbanzos	60	910	2,9	0,16
	Lentejas	35	910	1,7	0,10
	Lentejas	64	910	2,9	0,16
Carnes	carne horno c/jugo	45	1480	9,2	0,51
	carne horno s/jugo	45	1480	12,3	0,69
	Hamburguesa	25	910	3,5	0,20
	bife angosto	30	910	4,3	0,24
	bife sin hueso	20	910	4,2	0,24
	carne estofada	60	910	7,2	0,40
	pollo horno	90	1480	6,3	0,35
	pescado horno	45	1480	4,7	0,26
	Carne, horno solar	150	84	2,4	
	Morcilla, horno solar	45	84	0,89	
Panes	Pan 3 cereales +lino	90	1480	1,7	0,09
	Pan 3 cereales + lino	180	1480	2,4	0,13
	Pan 3 cereales y pizza	120	1480	2,1	0,12
	Pan 3 cereales + lino	100	1480	1,9	0,10

El promedio que se obtuvo para cereales enteros fue 1,9 MJ/kg de cereal cocido, para legumbres 4,2 MJ/kg cocido, para carne al horno 10,7 MJ/kg cocido, y para pan 2 MJ/kg cocido. Estos resultados concuerdan con datos previos de otros autores, que informan promedios de 2,3 MJ/kg para cereales, 4,6 MJ/kg para legumbres, y 9,8 MJ/kg para carnes al horno (Carlsson-Kanyama y Boström-Carlsson, 2001). La cocción de carne en horno solar muestra una merma de peso similar a la obtenida en horno a gas, aunque requiere menor energía (2,4 MJ/kg carne cocido) y no se emiten GEI. La cocción de la carne requiere la misma energía absorbida por el producto tanto se use gas como energía solar. La diferencia notable en energía usada entre estos casos se debe a la mayor eficiencia del horno solar, que cuenta con un nivel de aislación térmica muy superior al del horno a gas (Esteves et al., 2008).

COMPARACIÓN CON LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE

En las secciones anteriores se estudió el impacto de la cocción de alimentos realizada en los hogares. Esta es una de las etapas finales del ciclo de vida, junto con la de manejo de los residuos. La cocción industrial o en restaurant puede tener asociados valores algo menores de energía y GEI que la preparación en el hogar, aunque depende de los procesos y las diferencias en general son pequeñas (Sonesson et al., 2005). En trabajos previos estudiamos las etapas de producción y transporte de algunos productos alimenticios (González, 2010a; González et al., 2009). En lo que sigue se compararán estas etapas con la de cocción en el hogar.

En la Figura 2 se grafica la energía usada por unidad funcional de pan integral para 4 etapas del proceso. En la producción del grano se considera un cultivo realizado con técnicas convencionales que usan maquinaria agrícola y agroquímicos. Se incluyen la siembra, fertilización de suelo, uso de agroquímicos, cosecha y secado del grano. En la Figura 2, el dato para producción es el promedio de energía por kg de grano para cereales en distintas regiones de cultivo, informado en González et al. (2009). En molienda se incluye la energía del proceso mismo, corregido en un factor 2 teniendo en cuenta la matriz de generación eléctrica de Argentina (González, 2010b), y la pérdida de masa de 10% en molienda de harinas integrales. En la etapa de transporte se considera la distancia entre Buenos Aires y Bariloche (1600 km) y una energía de 0,63 MJ/ton.km. Este es el dato promedio informado por Carlsson-Kanyama y Faist (2001) para transporte en Europa, y se corresponde con un consumo de combustible diesel de 0,49 litro/km. Este consumo es muy similar al informado por una compañía de transporte de Bariloche (IMAZ, 2011) para camiones de 45 toneladas de peso bruto. La energía de 2 MJ/kg de pan cocido es el promedio de las cuatro cocciones resumidas en la Tabla 2.

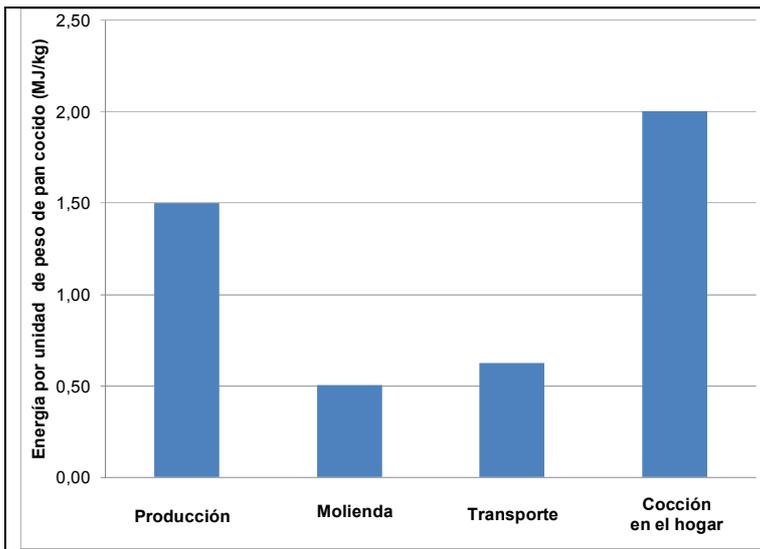


Figura 2: Energía usada en etapas del ciclo de vida para pan integral elaborado en el hogar

En la Figura 3 se grafican las mismas etapas. En producción se consideró la emisión de GEI en combustión de diesel en maquinaria agrícola, en la fabricación de fertilizante y agroquímicos, y en emisiones de N_2O en suelos fertilizados, lo cual es proporcional a la cantidad de fertilizante usado (González y Carlsson-Kanyama, 2007). En la molienda se consideró una emisión de $0,1 \text{ kg CO}_2/\text{MJ}$ de energía eléctrica, correspondiente a la matriz de generación en Argentina en 2008 (González, 2010b). Para transporte se usó el factor de emisión de diesel dado por PICC (2006), y las emisiones para cocción son el promedio de los datos para las 4 elaboraciones de pan citadas en la Tabla 2.

En la Figura 2 se observa que, en energía usada, la etapa de cocción en el hogar es la principal, seguida de la producción de grano. La molienda y el transporte son las que menos energía requieren. Otros autores también han encontrado que el procesamiento primario de alimentos (secado, limpieza, y molienda en este caso) conlleva un impacto menor comparado con los de producción (Carlsson-Kanyama y Faist, 2001). El transporte, en general, es también un impacto menor comparado con otras etapas del ciclo de vida. En este caso se compara el transporte en una larga distancia con una energía de producción que es en sí misma relativamente baja entre los grupos alimentarios (González, 2010a), y de todos modos el transporte resulta de menor peso. Una importancia relativa similar fue obtenida en trabajos previos en el caso de alimentos de bajo impacto de producción en Europa (Milà i Canals, 2007). Como la cocción es el principal demandante de energía en la elaboración de pan, las soluciones que puedan aportar aumento de eficiencia de cocinas y las alternativas en energía solar tendrían un efecto de mitigación importante. En su mayoría, los hornos de las cocinas a gas tienen bajo nivel de aislación térmica, lo cual constituye un potencial de reducción significativo.

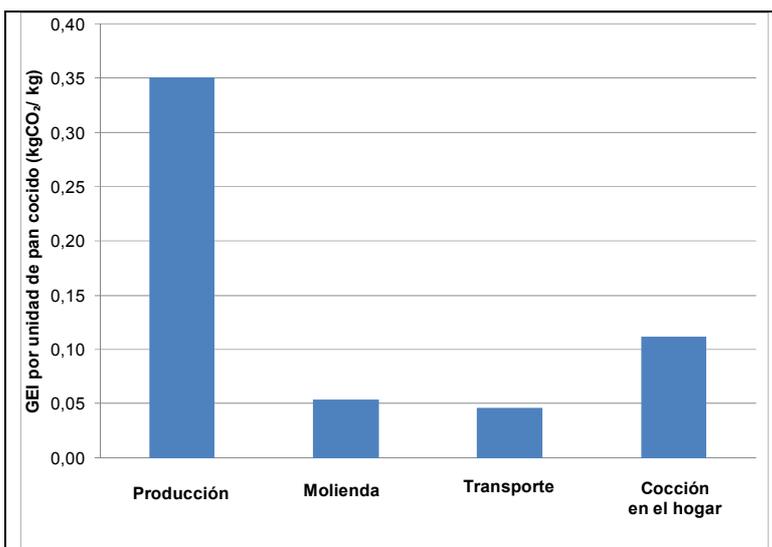


Figura 3: GEI emitidos en etapas del ciclo de vida para pan integral elaborado en el hogar

En la Figura 3 se muestran los impactos en GEI para cada etapa en la elaboración de pan integral. Las importancias relativas son diferentes para emisiones de GEI que para energía usada, lo cual se debe a las emisiones en la producción de fertilizantes y en su uso en suelos agrícolas. Estas emisiones, diferentes de CO_2 , son responsables de que la producción de cereales sea la etapa de mayores emisiones para elaboración de pan (González et al., 2009). Las emisiones en molienda y transporte son, al igual que en el uso de energía, relativamente más bajas que la producción y la cocción.

En la Figura 4 se analiza en forma similar el caso de consumo de carne vacuna en el hogar. En la etapa de producción de carne se incluye la producción de alimento para los animales, el transporte a faena y el procesamiento en frigorífico. En esta etapa se tiene la producción de la cantidad de animal vivo que corresponde a 1 kg de carne cocida en el hogar. Se incluye en el análisis del consumo de carne la refrigeración durante 5 días en cámaras para medias reses y luego 5 días en refrigeradores en carnicerías. Se tuvo en cuenta en estas etapas de refrigeración los pesos distintos entre media res y carne trozada para carnicerías (70% de la media res). No se incluye la refrigeración en el hogar ni el manejo en comercios intermedios. El transporte es a su vez refrigerado, siendo el valor de energía de 0,65 MJ/ton.km (Carlsson-Kanyama y Faist, 2001). La etapa de producción de carne es la que requiere mayor energía, que a su vez es 52 veces mayor que la necesaria para producir 1 kg de cereal para pan. Esta diferencia se debe principalmente a la tasa de conversión de alimento que requiere el animal, y ha sido analizada en detalle en trabajos previos (González, 2010a; González et al., 2009).

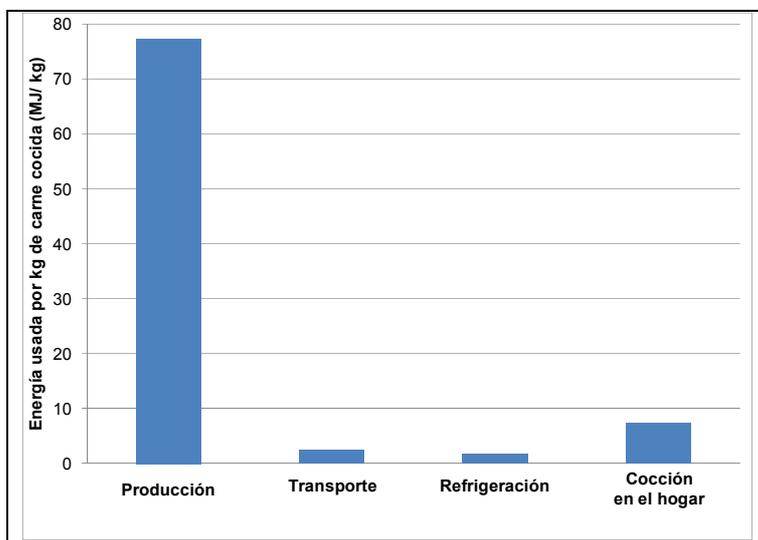


Figura 4: Energía usada en etapas del ciclo de vida para carne vacuna consumida en el hogar

Es interesante comparar los valores de energía en el transporte de carne (2,4 MJ/kg carne cocida) con la refrigeración (1,7 MJ/kg carne cocida). La importancia relativa de estas cantidades puede variar si se expone el producto a períodos largos de almacenamiento, por ejemplo congelado. Si este es el caso la refrigeración prolongada de un producto local puede tener mayor impacto en energía y GEI que un producto fresco transportado en larga distancia (Milà i Canals, 2007). Para el impacto total, la incidencia de la refrigeración y el transporte es menor que la cocción de carne en el hogar (6,8 MJ/kg cocido, promedio de Tabla 2); aunque en este caso, de todos modos, la etapa más relevante es la de producción.

En la Figura 5 se grafican los impactos en emisión de GEI en cuatro etapas de consumo de carne vacuna. Al igual que en el caso de energía, la producción es responsable de las mayores emisiones de GEI, aunque la importancia relativa con respecto a las otras etapas es aún mayor para emisiones que para energía usada. Esto se debe a la emisión de metano (CH₄), principalmente en fermentación entérica pero también en estiércol, y a la emisión de óxido nitroso (N₂O) en estiércol y en fertilización para producir alimento animal (González y Carlsson-Kanyama, 2007).

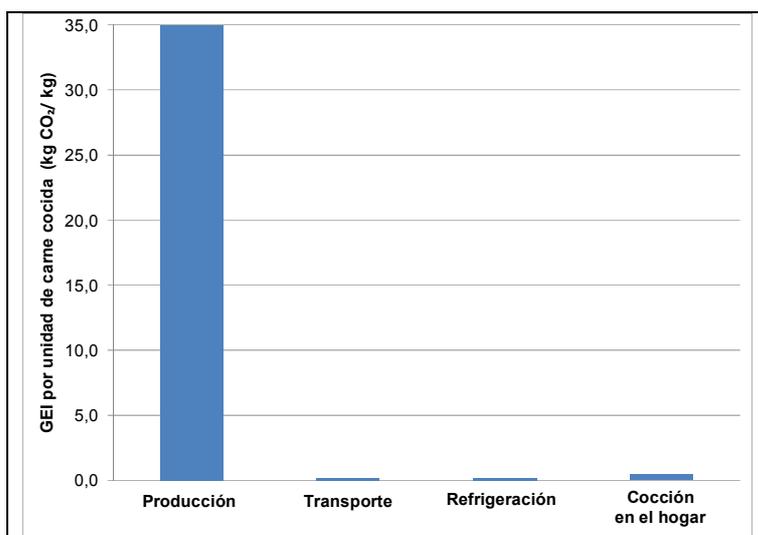


Figura 5: GEI emitidos en etapas del ciclo de vida para carne vacuna consumida en el hogar

En promedio, la provisión de 1 kg de carne vacuna cocida en el hogar requiere de 88 MJ de energía invertida en el ciclo de vida, y tiene asociada la emisión de 36 kg de GEI. El resultado promedio para 1 kg de pan integral cocido resultó de 4,4 MJ de energía en el ciclo de vida y emisiones de 0,53 kg de GEI.

La comparación de los resultados para pan y carne vacuna permite entender dos casos muy distintos de impactos en energía y GEI, en los cuales las estrategias de mitigación encuentran oportunidades en etapas diferentes. Para alimentos de alto impacto en producción es en ésta en donde deben buscarse las soluciones principales, sin desmedro de otras medidas que aumenten la eficiencia general. Por ejemplo, una discusión relevante en consumo de alimentos es la mitigación a la que puede conducir la producción local. En el caso de alimentos de alto impacto, como es en general toda la producción animal, no sería un factor mitigante importante que la producción sea local. En menor grado aun si el alimento que se utiliza para el engorde animal debe transportarse largas distancias. Dada la baja eficiencia de conversión de alimento vegetal en alimento animal, el transporte del alimento de engorde se multiplica por la tasa de conversión. Entonces es conveniente situar la producción animal en cercanías de donde se produce su alimento para engorde, y luego transportar el producto animal final limpio. Claro está que en este trabajo no se consideran aspectos sociales y económicos que pueden ser importantes para decidir la conveniencia de una producción local. Sin embargo, para productos de alto impacto en producción, y a los fines de la energía usada y los GEI, la elección local no daría mitigaciones significativas.

Por el contrario, en el caso de alimentos de bajo impacto de producción (cereales, legumbres, vegetales y frutas), la incidencia del transporte y la logística intermediaria puede ser apreciable, y la mitigación dada por una producción local puede tener efectos relevantes en reducción de energía y GEI. Por ejemplo, el transporte y logística en frutas y verduras puede implicar impactos similares o superiores a los de producción (Carlsson-Kanyama y González, 2009). En los casos de alimentos de bajo impacto de producción, además, es importante focalizar en los medios de procesamiento final del alimento, ya sea cocción en el hogar o en restaurantes o industrias (Baldwin et al., 2011).

En la comparación anterior no se tuvo en cuenta el valor nutricional de los alimentos, el cual se estudió en detalle en trabajos previos (González, 2010a; González et al., 2009). En esos estudios se investigaron las eficiencias para producir proteína y calorías alimentarias de origen animal y vegetal, y se obtuvieron eficiencias en energía y GEI mucho mayor para proteína y calorías vegetales que las correspondientes a productos de origen animal. Combinando esta información con los datos actuales es posible obtener los impactos de consumo final en el hogar por unidad de proteína o caloría alimentaria. Por ejemplo, se deduce que en carne vacuna cocida se obtienen cerca de 3,3 g de proteína por MJ invertido, y 8 g de proteína por kg CO₂eq emitido; mientras que en el caso de pan cocido se obtienen 20 g de proteína por MJ invertido, y 160 g de proteína por cada kg CO₂eq emitido. Los estudios de los demás alimentos con los datos nutricionales están fuera del alcance del presente artículo, y se informarán en trabajos futuros. De todos modos, en los dos ejemplos mencionados, se observa una tendencia similar a la informada previamente para los productos a nivel mayorista sin cocción (González, 2010a).

La comparación del impacto de carnes con cereales y legumbres confirma la baja eficiencia del consumo de carnes encontrada en trabajos anteriores. En productos de baja necesidad energética y bajas emisiones en producción, el transporte, almacenamiento y preparación pueden ser significativos en el ciclo de vida. Sin embargo, cuando las energías y emisiones en producción, sumado a las mermas, son tan altas como en el caso de las carne vacuna, entonces las etapas posteriores de logística y preparación no son relevantes. En estos casos la mitigación debe buscarse en los medios de producción, o en el reemplazo del producto por otro de menor impacto. En este sentido, la alimentación basada en productos de origen vegetal, o en estos suplementados con cantidades moderadas de productos de origen animal, ha sido estudiada extensamente y se considera apropiada y beneficiosa para la salud humana (Harvard, 2011; WCRF, 2009; OMS-FAO, 2003). Los detalles de estos estudios escapan al alcance del presente trabajo, aunque es importante destacar las posibilidades nutricionales y con beneficios para la salud de formas de alimentación que además son bajas en impactos ambientales (Friel et al., 2009).

CONCLUSIONES

Se estudió la elaboración de alimentos en el hogar con énfasis en las pérdidas o ganancias de masa en esta etapa. A diferencia de trabajos anteriores, el objetivo del presente fue conocer las variaciones de masa para obtener los impactos en energía y GEI por kg de comida preparada lista para consumir en el hogar. Se utilizó una cocina a gas convencional ya caracterizada en trabajos previos, y en dos casos un horno solar. Para cereales se obtuvieron ganancias de peso en la cocción entre 2,5 y 4,3 veces el peso seco inicial, y para legumbres valores entre 1,7 y 2,4 veces el peso seco inicial. Se ensayaron cuatro horneadas de pan integral (harinas provenientes de granos enteros de trigo, centeno, avena, y lino), y se obtuvo una ganancia de peso promedio de 1,6 veces el peso de las harinas usadas. En todos los casos se midió el consumo energético en la cocción, encontrándose valores similares a los de trabajos previos de otros autores que utilizaron artefactos distintos. En el caso de pan se estudiaron la energía y GEI en tres etapas del ciclo de vida previas a la obtención del producto final: la producción de grano, la molienda, y el transporte hasta Bariloche, donde se sitúa el caso. La energía usada en la cocción de pan supera a las etapas de producción, molienda y transporte; en cambio, en emisión de GEI la etapa de producción es la más relevante. Esto se debe a la influencia de los GEI propios de los procesos de cultivo en suelos agrícolas, con emisiones altas de óxido nítrico.

Se estudió también la cocción de carne vacuna (6 casos), de pollo (1 caso), y de pescado (1 caso). En carne vacuna se obtuvo una merma promedio en cocción de 37% del peso inicial del producto ingresado en el hogar. Esto se debe a partes que se descartan antes o después de la cocción (hueso, exceso de grasa, y tejido conectivo duro), y evaporación. Se encontró que la evaporación de agua es el factor más importante en la merma en cocción, en hamburguesas magras y en carne estofada magra se obtuvieron pérdidas de peso de 32% y 37% respectivamente. El pescado se horneó en un recipiente tapado y resultó en una merma de 15%; mientras que el pollo se horneó entero abierto a la mitad y resultó en una merma de 51% respecto del peso ingresado en el hogar. Esta merma es de igual valor a la obtenida para bifes con hueso. Para carne vacuna se investigaron tres etapas previas al hogar: la producción del animal, el transporte hasta Bariloche, y la refrigeración. Tanto en energía usada

como en GEI la etapa de producción resultó de mucho mayor impacto que cualquiera de las otras. La cocción involucró mayor energía y GEI que el transporte y refrigeración.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado en parte por el proyecto PIP 114 200801 00107 del CONICET, y por una colaboración con Division of Industrial Ecology, Royal Institute of Technology, Suecia, que permitió el uso de la biblioteca electrónica de esa universidad. Se agradece al Profesor Carlos Lage (Colegio Suizo de Madrid) por sus observaciones sobre la pérdida de agua en cocción de carnes.

REFERENCIAS

- Baldwin C., Wilberforce N., Kapur A. (2011). Restaurant and food service life cycle assessment and development of a sustainability standard. *International Journal Life Cycle Assessment* 16, 40-49.
- Carlsson-Kanyama A., González A.D. (2009). Potential contributions of food consumption patterns to climate change. *American Journal of Clinical Nutrition* 89, 1704S-1709S
- Carlsson-Kanyama A., Faist M., (2001). Energy use in the food sector: a data survey. FMS report, <http://www.infra.kth.se/fms/pdf/energyuse.pdf>
- Carlsson-Kanyama A., Boström-Carlsson K. (2001). Energy use for cooking and other stages in the life cycle of food. Environmental Strategies Research Group and Swedish Consumer Agency, report fms-160, disponible en <http://www.infra.kth.se/fms/pdf/Report160.pdf>
- EPA (2006). U.S. Environmental Protection Agency. Report: Global anthropogenic non-CO2 greenhouse gas emissions 1990-2020. <http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/international.html>
- Esteves A., Buenanueva F., Orduna D., Cuitiño G. (2008). Estudio del comportamiento de hornos solares tipo caja en el tiempo y con la frecuencia de uso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 03.71-03.78
- Friel S. et al. (2009). Public Health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: food and agriculture. *Lancet* 374, 2016-2025
- González A.D. (2010a). Contribución de la producción y transporte de alimentos al cambio climático: eficiencia calórica y proteica de distintos grupos de alimentos. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 25, 29-37
- González A.D. (2010b). Comparación de energía y gases de efecto invernadero en calentamiento de agua para cocción de alimentos con electricidad y gas natural. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 14, 07.35-07.32
- González A.D., Frostell B., Assefa G., Kutter R., Strogon L. (2009). Energía y gases de efecto invernadero en la producción de distintos grupos de alimentos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 01.63-01.70
- González A.D., Carlsson-Kanyama A. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11, 01.07-01.14
- Harvard (2011). Harvard School of Public Health. The Nutrition Source. <http://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/>
- IMAZ (2011). Comunicación privada via e-mail de Transporte Imaz de Bariloche.
- Mathews K.H., Vandever M. (2007). Beef production, markets, and trade in Argentina and Uruguay. An overview. Report Economic Research Service. USDA, <http://www.ers.usda.gov/Publications/LDP/2007/09sep/LDPM15901/>
- Milà i Canals L., Cowell S.J., Sim S., Basson L. (2007). Comparing domestic versus imported apples: a focus on energy. *Environmental Science Pollution Research* 14, 338-344
- OMS-FAO (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Joint Report World Health Organization and Food and Agriculture Organization. Technical report series 911, http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_916.pdf
- PICC, (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>
- Pimentel D. (2009). Energy inputs in crop production. *Energies* 2, 1-24 (revista indexada de libre acceso)
- Steinfeld H, et al (2006). *Livestock's long shadow, environmental issues and options*. FAO report, Rome 2006. Libre acceso.
- Sonesson et al. (2005). Industrial processing versus home cooking: an environmental comparison between three ways to prepare a meal. *Ambio* 34, 414-421
- USDA (2011). National Nutrient Database for Standard Reference. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
- Williams A.G., Audsley E., Sandars D.L. (2006). Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205.
- WCRF (2009). Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer. World Cancer Research Fund. <http://www.dietandcancerreport.org/>

ABSTRACT: The aim of this work is to study the energy used and the greenhouse gas (GHG) emissions associated with end-consumption of common foods by households. In previous works, life cycle inventories for the stages of production, transport, and refrigeration have been performed. In the present work, the home cooking of foods and its associated mass gains or losses were investigated for a household in Bariloche. Large impact differences were found across different food products, with mass gains between 2 and 4 times for cereals and legumes, contrasting with losses of 15% to 50% in meat products. The comparison of four stages in the life cycle showed that production carries the main impacts for meats, in both energy and GHG emissions. For whole grain bread cooking is the largest impact in energy, but the production of grains is the more relevant stage for GHG emissions in bread making in households.

Keywords: Energy for home cooking– Greenhouse gases – Mass gains and losses in cooking