

González-Velandia, Krystle Danitza; Landázury-Correa, Andrés; Chaparro, Adriana María
Evaluación de impactos ambientales en la cadena de producción de huevos
agroecológicos con un enfoque de ciclo de vida

Revista de Ciencias Ambientales, vol. 54, núm. 2, julio-diciembre, 2020, pp. 165-179

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665070595009>

NOTA TÉCNICA

Evaluación de impactos ambientales en la cadena de producción de huevos agroecológicos con un enfoque de ciclo de vida

Evaluation of Environmental Impacts in the Agroecological Egg Production Chain Using a Life Cycle Assessment Approach

Krystle Danitza González-Velandia¹, Andrés Landázury-Correa²,
Adriana María Chaparro³

[Recibido: 27 de setiembre 2019, Aceptado: 29 de enero 2020, Corregido: 4 de marzo 2020, Publicado: 1 de julio 2020]

Resumen

[Introducción]: Análisis de impactos ambientales en la producción de huevos, muestran diferencias significativas entre sistemas convencionales y orgánicos, relacionados con la alimentación, la eficiencia energética, la distribución y la gestión de residuos; sin embargo, se desconocen los impactos ambientales en sistemas agroecológicos para la producción de huevo. [Objetivo]: Evaluar los impactos ambientales de la producción agroecológica de huevos empleando un análisis de ciclo de vida. [Metodología]: La evaluación se realizó para 350 gallinas de raza Hy Line Brow de granjas agroecológicas en Cundinamarca, Colombia, contemplando toda la cadena de producción de 1 kg de huevos, es decir, desde la cuna hasta la tumba, siguiendo los lineamientos de la ISO 14040. La información se recolectó durante un año contemplando la elaboración de alimentos, la producción, la distribución, consumo y disposición final. Se consideraron cantidades de materiales, energía y residuos, para posteriormente, evaluar los impactos con la metodología CML-2001. [Resultados]: Los impactos ambientales de un huevo agroecológico son menores hasta en un 30 %, comparado con los de un huevo convencional, principalmente, por la alimentación, que en este caso es producida de forma agroecológica en la misma finca, al aprovechamiento de todos los residuos, el uso de energías alternativas y a que se reducen intermediarios en la cadena de comercialización. [Conclusiones]: Aunque, la producción de huevos agroecológicos tiene menores impactos, es necesario lograr una mayor eficiencia en la gestión del nitrógeno, buscar desinfectantes con menores impactos en el suelo, implementar sistemas de distribución más cortos y menos contaminantes y además propiciar una reutilización de los empaques.

Palabras claves: Agroecología; análisis de ciclo de vida; gases de invernadero; huevo agroecológico; producción avícola.

1 Ingeniera agrícola especialista en gestión ambiental y desarrollo sostenible, docente investigadora de la Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia; kgonzalez@uniminuto.edu; <https://orcid.org/0000-0002-6982-2569>

2 Ingeniero industrial, egresado de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia; andresfelipe.industria@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8530-5721>

3 Médica veterinaria, especialista en agroecología, recursos naturales y gestión sostenible, docente investigadora de la Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia; achaparro@uniminuto.edu; <https://orcid.org/0000-0001-9124-3005>



Abstract

[Introduction]: Analysis of environmental impacts in egg production show significant differences between conventional and organic systems, associated with food, energy efficiency, distribution and waste management. However, the environmental impacts of agroecological egg production systems are unknown. **[Objective]:** to assess the environmental impacts of agroecological egg production using a life cycle analysis. **[Methodology]:** The study was performed for 350 Hy Line Brown hens from agroecological farms in Cundinamarca, Colombia. The analysis covered the entire production chain of 1 kg of eggs, that is, from the cradle to the grave, following the guidelines of ISO 14040. The information was collected during one-year, contemplating food production, production, distribution, consumption, and final disposal. Quantities of materials, energy, and waste were considered to evaluate the impacts with the CML-2001 methodology subsequently. **[Results]:** the outcome revealed that the environmental effects of an agroecological egg were up to 30% lower than those of a conventional egg. This result is mainly due to feed, which is produced in an agroecological way in the same farm; it is also due to waste treatment, use of alternative energy, and reduction of intermediaries along the commercial chain. **[Conclusions]:** Although the impacts of agroecological eggs are lower, it requires greater efficiency in nitrogen management, the search of disinfectants with lower impacts on the soil, the implementation of shorter and cleaner distribution systems, and the promotion of packaging material reuse.

Keywords: Agroecology; life cycle assessment; greenhouse gases; agroecological egg; poultry production.

1. Introducción

En Colombia la producción de huevos fue de 13 827 millones de unidades en el 2017 y para el 2050 se espera sea cercana a los 102 millones (Fondo Nacional Avícola, 2017). Esta producción es de las mayores aportantes de gases de efecto invernadero (GEI) del país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015), así como de otros impactos como heces con altos contenidos de nitrógeno que generan emisiones de amoníaco al suelo, emisiones de GEI, acidificación a suelos y eutrofización de aguas (Ghasempour y Ahmadi, 2016).

Evaluaciones ambientales en la producción de huevos, basadas en el enfoque de ciclo de vida (ACV), coinciden en que la actividad que más genera impactos ambientales está asociada a la composición del alimento, pues aporta entre el 30 al 80 % del total de las emisiones (Cederberg *et al.*, 2009; Leninonen 2012; Pelletier, 2017; Wiedeman, 2011). Por su parte, la gestión del estiércol puede aportar entre 17 % y 46 % de las emisiones de GEI. Por tanto, estos dos aspectos son claves en la gestión hacia la reducción de impactos.

Según Pelletier (2017), esto se relaciona directamente con el sistema de producción, y son menores las emisiones de un huevo orgánico que la de un huevo convencional. Los impactos que generan los sistemas convencionales conducen a la búsqueda de modelos alternativos, entre ellos la producción agroecológica de huevos, es decir, sistemas en los que se promueve la sustentabilidad (Centro de Formación de la Asociación CAAE, 2006; Naredo, 1996; Sevilla-Guzmán, 2006), que buscan mantener las dinámicas e interrelaciones propias del agroecosistema, una menor dependencia de insumos externos, el acercamiento con el consumidor para evitar intermediarios y largas distancias de transporte. En estos sistemas, las gallinas están ubicadas en espacios abiertos, donde la luz y el aire son naturales (Santos, Lon-Wo, Savón y Herrera, 2014),



la alimentación está compuesta en un 80 % de agricultura ecológica, y no hay uso de medicamentos ni son despicadas (Benjumea y Castañeda, 2010; Pelletier, 2017). Estos huevos presentan tres veces menos colesterol, una cuarta parte menos de grasa saturada, dos veces los ácidos grasos omega 3, tres veces los niveles de vitamina E; esto, gracias a la combinación de una dieta con componentes naturales, un mínimo estrés y con libertad de movimiento (Mengod, 2016; Raigón, Martínez, y Esteve, 2006).

Sin embargo, en sistemas de producción agroecológica no se han desarrollado investigaciones que identifiquen cuantitativamente estos impactos ambientales, entonces, el objetivo de esta investigación se centró en estimar los impactos ambientales que se generan en la producción de 1 kg de huevos para consumo humano con un enfoque agroecológico, con la intención de responder las siguientes preguntas: ¿Cuáles impactos se presentan en un sistema agroecológico de producción de huevos?, ¿qué prácticas pueden contribuir a mejorar el desempeño ambiental de estos sistemas con el fin de establecer pautas para hacer más sustentable la producción de huevos?

2. ACV en huevos

El enfoque de análisis de ciclo (ACV) permite comprender la relación e influencia entre uso de recursos y actividades en la cadena de suministro sobre los impactos que se generan, para así buscar oportunidades de mejora que promuevan sustentabilidad (Castellani *et al.*, 2017). Esta metodología se ha estandarizado en las normas ISO 14040 e ISO 14044, y se ha convertido en una guía para estimar impactos ambientales, ampliamente usada en el sector de alimentos de origen animal.

Para huevo, los estudios muestran que cambios en el uso de fuentes de energía, eficiencia energética, insumos para alimentos y el sistema de distribución pueden tener cambios significativos en las emisiones. Pelletier (2017) realizó un estudio comparativo entre 1962 y 2012 que evidencia cómo sistemas de producción más eficientes en Canadá, producto de mejores sistemas de suministros, mejora de razas y mayores rendimientos en agricultura, entre otros, ha propiciado que la huella de carbono en estos años disminuyera en un 72 %, las emisiones acidificantes disminuyeron en un 61 %, y la eutrofización en un 68 %. Estos resultados coinciden con los reportados por Pelletier *et al.*, (2014) en Estados Unidos, al comparar la huella de carbono de la producción de huevos entre 1960 y 2010. A pesar de dichos avances, aún es necesario buscar alternativas al uso de combustibles fósiles, optimizar el uso de fertilizantes y considerar la alimentación, por ser el contribuyente más importante (Pelletier, 2018).

Dentro de estos análisis se encontró que las emisiones de carbono de un kilogramo de huevo varían entre 2.42 y 4.34 kg CO₂eq (Pelletier, 2017), la menor de las emisiones de un huevo orgánico, asociado a menores impactos en comparación con la alimentación convencional y el uso de energía no renovable. En el caso de eutrofización por kilogramo de huevo se estiman valores entre 0.023 a 0.0148 kg PO₄-eq y acidificación entre 0.078 a 46.6 kg SO₂eq, también son menores en sistemas de producción orgánica. Otros estudios reportan valores mayores en



sistemas convencionales, Ghasempour y Ahmadi (2016), por ejemplo, encontraron valores cercanos a 4.07 kg de CO₂ en Australia, Rueda (2016) obtuvo valores cercanos a 3.49 kg de CO₂ por kg de huevo en España, y en Holanda, Dekker (2011) obtuvo valores cercanos a 4 kg equivalentes de CO₂.

Sin embargo, la demanda de insumos de un sistema orgánico puede ser ligeramente más alta que en sistemas convencionales. Pelletier (2017) menciona que en Canadá un sistema orgánico demanda 2.17 kg de alimento por kg de huevo; mientras que uno convencional en jaulas demanda 2.0 kg. Según Wiedemann y McGahan (2011), la producción de gallinas criollas genera menores impactos que sistemas convencionales, pero en otros estudios como el adelantado por Leinonen *et al.*, (2012), los impactos del sistema convencional fueron menores que en el orgánico asociados a la eficiencia energética de la producción.

3. Metodología

El estudio se realizó para la producción con 350 gallinas raza Hy Line Brow, resultado de cruzar Rhode Island Red paterno y Rhode Island blanco materna. Estas gallinas presentan ciertas características que llevan a un alto rendimiento de producción y un bajo consumo. La granja está ubicada en el municipio de Guaduas-Cundinamarca, el concepto de producción agroecológica tenido en cuenta por el productor evaluado en este estudio se refiere al manejo ecológico de los recursos naturales mediante la acción colectiva y el desarrollo participativo en las fases de la producción, y la circulación alternativa de productos; todo ello con el fin de restaurar el curso alterado de la coevolución social y ecológica. El análisis siguió los lineamientos de la ISO 14040 (ISO, 2006), como unidad funcional de análisis se seleccionó 1 kg de huevo agroecológico para consumo humano en un año, para la cuantificación de todos los insumos, energía y desperdicio para la producción de 1kg de huevo se cuantificaron estas variables en un sistema de producción de 350 gallinas durante todo el ciclo de producción. Luego, estas cantidades del total producido se llevaron a la unidad de 1kg de huevo. Como límites del estudio se estableció como inicio el crecimiento de aves en la granja, luego se pasa por las etapas de producción del huevo, la distribución y la disposición final de los residuos generados en todo el proceso. La información primaria correspondiente a las cantidades de materiales, energía y desperdicios que se genera en cada etapa de producción en la granja se evaluó durante un periodo de un año. Se identificaron 4 etapas de análisis: crecimiento de aves en la granja y su desarrollo, la etapa en que inicia la producción de huevos, la distribución, y disposición final como se presenta en la **Figura 1**. En cada una de estas etapas se consideraron las entradas y salidas de materiales, energía y residuos, se contempló el lugar de procedencia de las aves, tipo de alimentos, insumos, medicamentos, pesticidas utilizados, maquinaria, mantenimiento, energía empleada, manejo de residuos, limpieza, agua, estructura, iluminación, empaque, transporte hasta el centro de comercialización, entre otros.



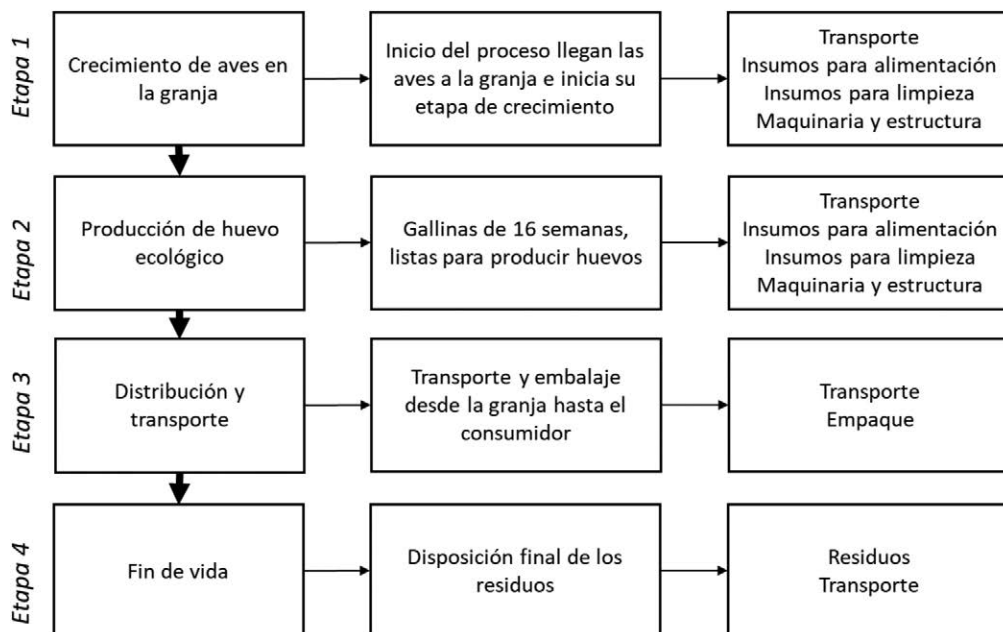


Figura 1. Etapas para la producción de huevos.

Figure 1. Stages for the production of eggs.

Para el ACV se empleó la metodología de CML–2001 y se consideraron múltiples categorías de impacto: cambio climático GWP, potencial de acidificación AP, ecotoxicidad acuática de agua dulce FAETP, ecotoxicidad acuática marina MAETP, ecotoxicidad terrestre TETP, toxicidad humana HTP, y agotamiento de los recursos abióticos: elementos y combustibles fósiles AD. El análisis se realizó con el apoyo del software *OpenLCA 1.6.3*⁴, la base de datos *Ecoinvent 3.3* y la información secundaria se obtuvo de [Federación Nacional de Avicultores de Colombia \(2017\)](#). Se contempló mirar los impactos etapa por etapa y, además, hacer un análisis global de los principales impactos causados por la producción de huevos agroecológicos.

4. Resultados

Las gallinas llegan a la granja con 16 semanas de vida provenientes de un criadero ubicado en la zona, son transportadas en un camión diésel con una capacidad de carga de 5.6 m³, este transporte se considera en la evaluación de impactos por las emisiones asociadas al uso de combustible. Las aves presentan un peso entre 1.40 kg y 1.48 kg, solo hasta la semana 18 las gallinas inician su etapa productiva. Este tipo de ave puede colocar en promedio de 430 huevos al cumplir 90 semanas de edad. La granja maneja un sistema de producción agroecológico donde no es necesario despigar y vacunar a las gallinas para aumentar su nivel de producción, estas cuentan con espacios abiertos e iluminación natural.

⁴ <http://www.openlca.org/>



La alimentación de las aves desde que llegan a la granja hasta que salen para la planta de beneficio se compone de un 20 % de concentrado (compuesto maíz, frijón, grasa, ceniza, sal, fósforo, calcio) y un 80 % alimentación alternativa. Esta alimentación alternativa es la combinación de varios alimentos cultivados en la misma granja de forma agroecológica, como balú, sauco, maíz verde, pasto de corte y cáscara de huevo, los cuales son ingresados en una máquina picadora que funciona con diésel, donde se tritura y se mezcla cada uno de los ingredientes y se genera una mezcla homogénea. La limpieza superficial se hace con una combinación de sábila, extracto de ceniza, agua y yodo. Cuentan con fuentes de energías propias alimentadas por paneles solares. El estiércol y los residuos se compostan y se emplean en los cultivos de la granja como abonos.

Las gallinas producen 5 tipos de huevos: tipo Yumbo presenta un peso superior a 80 g, tipo Extra que presenta un peso entre 80 y 69 g, tipo AA presenta un peso entre 68 y 57 g, tipo A presenta un peso entre 56 y 50 g, y tipo B presenta un peso inferior a 50 g. Se realiza un proceso de limpieza, utilizando la clara de un huevo para eliminar aquellos residuos en la superficie; luego se colocan en cubetas de cartón en las que son empacados y dejados listos para la distribución. Los huevos son transportados hasta Bogotá. En el **Cuadro 1** se presenta el inventario para todo el ciclo de producción de 350 aves que posteriormente se lleva a la unidad funcional planteada.

Cuadro 1. Inventario por etapas para toda la muestra analizada

Table 1. Inventory by stages for the sample analyzed

Etapa	Material	Cantidad
Crecimiento de las aves en la granja	Transporte	Capacidad Transporte, vehículo comercial ligero 5.6 m ³
	Insumos para alimentación de las aves	Grano de cebada, alimentación 248.85 kg
		Grano de maíz, alimento 124.425 kg
		Coliflor 124.425 kg
	Insumos para limpieza	Yodo 0.02 kg
		Desinfectante 3.0 kg
		Agua del grifo 843.25 L
	Estructura y maquinaria	Diésel para energía 1.09 gal
		Ladrillo de arcilla 10 kg
	Producción	Pollo peso vivo 497.0 kg
		Residuos orgánicos 547 kg



Etapa		Material	Cantidad
Producción de huevo ecológico	Insumos para alimentación de las aves	Grano de cebada, alimentación	1 373.7 kg
		Grano de maíz, alimento	686.8 kg
		Coliflor	686.9 kg
	Insumos para limpieza	Yodo	0.38 kg
		Pesticida, no especificado	109.5 kg
		Agua del grifo	46 173.41 L
	Estructura y maquinaria	Diésel para energía	1.00 gal
		Ladrillo de arcilla	10.0 kg
		Motor eléctrico	1 U
	Producción	Pollo, peso vivo	710.0 kg
		Residuos	1121 kg
		Huevos	9 979.02 kg
Distribución y transporte	Transporte	Diésel energía	5.0 L
		Transporte capacidad	5.6 m ³
	Producción	Huevo ecológico	9 979.02 kg
	Empaque	Cubeta de huevo	718.2 kg
Fin de vida	Residuos	Residuos papel	718.20 kg
		Cascara de huevo	102. 90 kg
	Transporte	Transporte	5.6 m ³
		Diésel	7.0 L

Una vez terminado el inventario con el apoyo de *OpenLCA* y la base de datos de *Ecoinvent* 3.3. , se estimaron los impactos para cada etapa del proceso de producción de huevos agroecológicos (**Cuadro 2**). El análisis arrojó que uno de los impactos más significativos es la AP, principalmente en la producción de huevo ecológico, con un valor de 9.65E+01 kg SO₂, también en esta etapa fueron más altas las emisiones de GWP con un valor de 3.61E+03 kg CO₂, y FAETP alcanzó valores de 1.44E+02 kg 1.4-DB eq.



Cuadro 2. Resultados de impactos ambientales por etapas

Table 2. Results of environmental impacts by stages

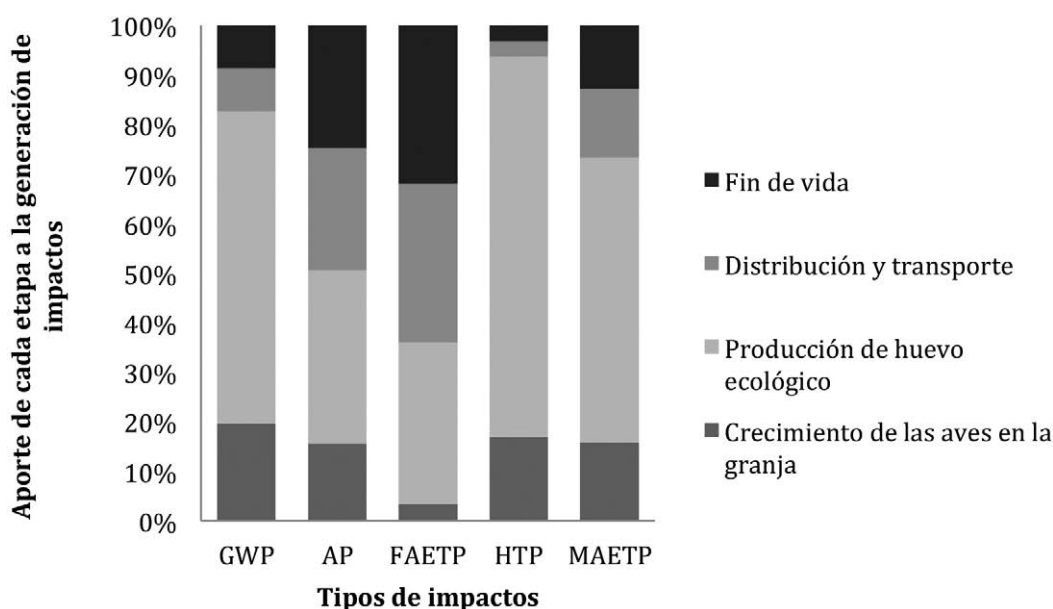
Etapa	Material	GWP (kg CO ₂ eq)	AP (kg SO ₂ eq)	FAETP (kg 1,4- DB eq)	HTP (kg 1,4- DB eq)	MAETP (kg 1,4- DB eq)
Crecimiento de las aves en la granja	Grano de cebada, alimentación	-	-	-	-	-
	Grano de maíz, alimento	-	-	-	-	-
	Coliflor	14.92	-	4.03	1.65	-
	Ladrillo de arcilla	-	-	-	-	-
	Yodo	-	0.12	-	-	-
	Pesticida, no especificado	-	-	0.67	1.17	-
	Agua del grifo	-	-	-	-	-
	Diésel, para máquina de construcción	523.22	2.72	0.12	41.57	2.69
	Transporte	-	0.46	-	-	-
	Pollo para matanza, peso vivo	167.68	11.646	-	0.73	-
Producción de huevo ecológico	Grano de cebada, alimentación	-	-	-	-	-
	Grano de maíz, alimento	-	-	-	-	-
	Coliflor	73.44	-	22.23	9.10	-
	Ladrillo de arcilla	-	-	-	-	-
	Yodo	1.64	0.40	-	-	-
	Pesticida, no especificado	54.25	5.19	24.51	42.43	-
	Agua del grifo	-	-	-	-	-
	Diésel, para máquina de construcción	1 896.00	9.82	-	151.34	9.81
	Motor eléctrico	8.77	1.68	-	1.54	-
	Pollo para matanza. peso vivo	239.54	16.63	-	-	-
Distribución y transporte	Diésel. para máquina de construcción	312.95	23.877	45.83	8.49	-
	Huevo ecológico	-	-	-	-	-
	Transporte	-	-	-	-	2.36
	Cubeta de huevo	-	-	-	-	-
Fin de vida	Diésel, para máquina de construcción	73.94	2.79	45.83	7.06	2.18
	Cáscara de huevo	239.54	16.64	-	1.04	-
	Transporte	-	4.45	-	0.40	-

Nota: GWP calentamiento global potencial, AP acidificación potencial, HTP Toxicidad humana, FAETP Ecotoxicidad en agua dulce, MAETP ecotoxicidad acuática marina.

Durante el ciclo de vida del huevo ecológico el GWP fue uno de los impactos más significativos, el 19.57 % se presenta en el crecimiento de aves en la granja, el 63.05 % en la producción del huevo ecológico, 8.68 % hace referencia a la distribución y transporte desde la granja hasta la ciudad de Bogotá (alrededor de 122 km) en un camión diesel de carga ligera y el 8.69 % es el final del ciclo de vida del huevo donde la cáscara se dispone en un relleno sanitario. Uno de



los componentes que contribuye a este impacto en todas las etapas es el uso de diésel para las labores de picar la comida y transporte; pero en la etapa de producción, donde se presentan los mayores valores, principalmente, este valor se asocia a la alimentación de las gallinas; aunque su procedencia es de la misma granja y se manejan de manera orgánica, es uno de los recursos que más se consume en la producción de huevos; a esto se suma la generación de residuos, que en este caso son, en su totalidad, empleados para compostaje y posteriormente fertilizantes. El agua no genera impactos ambientales, ya que la principal fuente de bastecimiento de agua de la finca proviene de la cosecha de agua de lluvia.



Nota: GWP calentamiento global potencial, AP acidificación potencial, HTP Toxicidad humana, FAETP Ecotoxicidad en agua dulce, MAETP ecotoxicidad acuática marina.

Figura 2. Impactos ambientales por etapa.

Figure 2. Environmental impacts by stage.

Tal y como se muestra en la **Figura 2**, la AP alcanza sus valores más altos en la producción con un aporte de 34.95 % con respecto al total, para distribución y transporte de 24.74 % y, por último, en la disposición final de la cáscara con 24.74 %, asociado principalmente a la generación de residuos de compostaje más el uso de yodo como parte de insumo de limpieza y desinfección. Estos modifican la composición química del suelo, y ocurre lo mismo con la FAETP por la presencia de componentes como urea, sulfato de aluminio, ácido nítrico (Antonio y Guzmán, 2006) los que, por las dinámicas del clima, terminan en cuencas hidrográficas de las tierras altas y repercuten con gran fuerza en las zonas bajas donde están situados los ríos y demás canales hídricos (Arroyave, 2004; Díaz, Bustos, y Espinosa, 2009). Sin embargo, el aprovechamiento de



los residuos sólidos y aguas residuales en sistemas de compostaje y después como fertilizantes hace que los impactos sean menores de lo que podrían llegar a ser.

La HTP se concentra en un 76.70 % en la producción de huevo asociado a contaminantes que pueden afectar la salud humana, causado principalmente por el uso de yodo como componente principal de la mezcla (Cavieres, 2004). La MAETP presenta mayores valores en la producción de huevo ecológico (57.56 %), asociado a que se generan residuos en fluidos que representan, básicamente, en la contaminación del agua y el aire; esta carga contaminante desencadena en el lecho marino y pone en peligro la vida de las especies que hacen parte de ese ecosistema, y más allá de eso, de las personas que consumen los alimentos provenientes de estos territorios, sin embargo, algunos de estos residuos yacen en el lecho de los ríos, lagunas, lagos entre otros (Miguez *et al.*, 2010).

5. Discusión

La huella de carbono estimada para 1 kg de huevo agroecológico para consumo humano corresponde a 2.77 kg CO₂, este valor es menor al reportado en otros estudios desarrollados en sistemas productivos convencionales (Leinonen *et al.*, 2012; Pelletier, 2017; Wiedemann y McGahan, 2011), en donde la alimentación juega un papel fundamental; la cual, en el caso de estudio, estuvo compuesta por grano de cebada, grano de maíz, coliflor y otros productos agrícolas cultivados de forma agroecológica en la misma finca, a diferencia de sistemas de producción convencionales donde la alimentación de las aves se basa en maíz, soja, aceite vegetal, cultivados en sistemas convencionales que alcanzan valores de emisiones por kilogramo de huevo de hasta 5.59 kg CO₂ (Ghasempour y Ahmadi, 2016; Rueda, 2016). El resultado obtenido coincide con el estudio desarrollado en Canadá, de huevos en un criadero ecológico donde encontraron que cada kilogramo de huevos generaba 2.41 kg CO₂; la alimentación con cebada, guisantes y canola fue determinante, en este caso (Pelletier, 2017). Otro factor que influye en las menores emisiones es el aprovechamiento del total de los residuos en procesos de compostaje, empleados como fertilizantes en los cultivos, para aprovechar, así, el nitrógeno y reducir sus pérdidas y los efectos negativos en el suelo; además se evitaron costos y energía en la disposición de estos residuos. Adicionalmente, al contar el sistema evaluado con un panel solar, también se reduce la demanda de energía eléctrica y sus emisiones asociadas (Pelletier, 2013).

La AP estimada en 0.07652 kg SO₂ por kilogramo de huevo se asocia al uso de vehículos, uso de fertilizantes, la generación de compostaje, el uso de yodo como parte del pesticida. Esta es menor a la reportada por Pelletier (2017) de 0.0806 kg SO₂ y mayor a reportados por Ghasempour y Ahmadi (2016) de 0.003846 kg, en donde fue determinante el uso de energías renovables, el aprovechamiento de los residuos y sistemas eficientes de transporte. En nuestro caso, aunque las distancias de transporte son cortas, los vehículos funcionan con combustibles convencionales. La HTP para un kilogramo de huevo equivale 0.27 kg dichlorobenzen, dada por el uso de yodo como componente principal de la mezcla de pesticida; mientras en el estudio de producción de huevos realizado en Irán es de 0.0058 kg dichlorobenzen; aunque se manejan pesticidas



para preservar la salud de las aves, estos no usan yodo como componente dentro de su proceso (Ghasempour y Ahmadi, 2016).

La etapa con mayores impactos en el caso de huevos agroecológicos sigue siendo la producción, porque es la etapa con mayor duración en tiempo, donde se presenta una mayor ingesta de alimentos y salida de desperdicios, y un uso constante de insumos para el aseo y la desinfección (Pelletier, 2017; Rueda, 2016). Esta etapa generó un 63.05 % del total de emisiones de kg CO₂, lo que coincide con investigaciones realizadas en sistemas convencionales y orgánicos, en los que esta etapa genera hasta el 80 % del total de las emisiones (Pelletier, 2017; Pelletier *et al.*, 2013; Wiedemann y McGahan, 2011).

Al comparar las emisiones de 1 kg de huevo agroecológico con la de 1 kg de carne de pollo que están cercanas a 4.2 kg CO₂ (Pelletier *et al.*, 2017), y con la producción de carne bovina que es cercana a 1 345.83 kg CO₂ (Álvarez-Chávez, Flores-Soto, y R., 2011), se evidencia que son mucho menores, lo que refleja que, en términos ambientales, el sector avícola genera menores impactos ambientales que otros sectores alimentarios. Las emisiones en la producción de huevos agroecológicos son menores hasta en un 62 % a las de sistemas convencionales evaluados alrededor del mundo, y aunque el huevo convencional genera alrededor de un 20 % más de unidades producidas, el huevo agroecológico presenta un mayor tamaño y aporte nutricional, sin contar el estado físico y saludable de las gallinas (Benjumea y Castañeda, 2010; De Basilio, 2013; Ruesga, Orozco, Serratos, y Flores, 2015) y menores impactos al ambiente.

6. Conclusiones

Los impactos ambientales de la producción de un kilogramo de huevos agroecológicos son menores a la producción de huevos convencionales. Ello se asocia a una dieta basada en alimentos orgánicos producidos en el mismo sitio, al aprovechamiento de residuos para compostaje y a que se cuenta con fuentes de energía alternativas. Sin embargo, aunque los impactos son menores, se debe impulsar una mayor eficiencia en la producción centrada en una gestión eficiente del nitrógeno, en la búsqueda de desinfectantes con menores impactos en el suelo, sistemas de distribución más cortos, con un transporte menos contaminante y reutilización de empaques.

Además de la reducción de impactos ambientales negativos evidenciada con la aplicación del método ACV, en este caso la producción de huevo agroecológico también evidencia la generación de impactos bioéticos, económicos y sociales positivos. Por un lado, la producción de huevo agroecológico logró ser desarrollada con ponedoras sin despigar, en condiciones de semi estabulación, protegidas de las inclemencias climáticas y depredadores, y con acceso a alimento, agua y niales en condiciones de higiene y comodidad. Por otro lado, el sistema productivo agroecológico tiene menores costos de inversión asociado a una menor dependencia de insumos externos.

Este análisis permitió cuantificar los impactos ambientales en la cadena de producción de huevos agroecológicos e identificar las etapas del proceso productivo donde se requiere modificar para promover mayor sostenibilidad. La información generada podrá ser utilizada para



mejor informar a las personas consumidoras y promover, así, la preferencia por comprar productos sostenibles, particularmente en la industria alimentaria

7. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos, y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

8. Agradecimientos

A los productores de huevos agroecológicos por su colaboración, a los mercados agroecológicos de Uniminuto que motivaron y apoyaron esta iniciativa. A la Revista y a las personas revisoras anónimas por sus aportes, los cuales enriquecieron el presente documento.

9. Referencias

- Álvarez-Chávez, C. R., Flores-Soto, A. (2011). Análisis de ciclo de vida de la carne bovino en Sonora: Etapa de sacrificio. *Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world*, 10.
- Antonio, M. A., y Guzmán, G. I. (2006). Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología*, 1, 63-74. <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/21>
- Arroyave, M. D. (2004). La lenteja de agua (Lemna minor L.): Una planta acuática promisoría. *Revista EIA*, 33-38. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004
- Benjumea, C., y Castañeda, M. (2010). Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown en tres modelos. *Universidad de La Salle*. <http://hdl.handle.net/10185/6184>
- Castellani, V., Sala, S., y Benini, L. (2017). Hotspots analysis and critical interpretation of food life cycle assessment studies for selecting eco-innovation options and for policy support. *Journal of Cleaner Production*, 140, 556–568. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.078>
- Cavieres, M. F. (2004). Exposición a pesticidas y toxicidad reproductiva y del desarrollo en humanos: Análisis de la evidencia epidemiológica y experimental. *Revista Médica de Chile*, 132(7), 873-879.



- Cederberg, C., Sonesson, U., Henriksson, M., Sund, V., y Davis, J. (2009). Greenhouse gas emissions from Swedish consumption of meat, milk and eggs 1990 and 2005. *Report*, 793,1-97). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.01.007>
- Centro de Formación de la Asociación CAAE. (2006). *Avicultura en producción ecológica*. Asociación para el Desarrollo Sostenible del Poniente Granadino.
- De Basilio, V. (2013). *Principios básicos de la producción comercial de pollos y gallinas ponedoras*. Universidad Central de Venezuela. https://www.academia.edu/18646796/Pollos_y_Gallinas_Ponedoras
- Dekker, S. E. M., de Boer, I. J. M., Vermeij, I., Aarnink, A. J. A., y Koerkamp, P. W. G. G. (2011). Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science*, 139(1-2), 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.011>
- Díaz, B. M., Bustos, L. M., y Espinosa, R. A. (2009). Pruebas de toxicidad acuática: Fundamentos y métodos. *Ingeniería e Investigación*, 29(1), 142-142.
- Ecoinvent. (2016). Ecoinvent 3.3. Centro Suizo para Inventarios del Ciclo de Vida. Base de datos de inventario de ciclo de vida. www.ecoinvent.org
- Federación Nacional de Avicultores (FENAVI). (19 de abril de 2017). http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=3507:en-elprimer-trimestre-del-ano-el-sector-avicola-crecio-52-&catid=454:comunicados-deprensa&Itemid=1348
- Fondo Nacional Avícola FENAVI. (13 de Julio de 2017). *El sector avícola. estadísticas*. http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=3536:2017-07-13-22-57-47ycatid=454:comunicados-de-prensa&Itemid=1348
- Ghasempour, A., y Ahmadi, E. (2016). Assessment of environment impacts of egg production chain using life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 183, 980-987. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.054>
- Instituto de Ciencias Medioambientales. (2001). CML. Holanda: Universidad de Leiden en los Países Bajos.
- ISO 14040. (2006). Organización Internacional para la Estandarización. Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco: <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- Leinonen, I., Williams, A. G., Wiseman, J., Guy, J., y Kyriazakis, I. (2012). Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a Life Cycle Assessment: Egg production systems. *Poultry Science*, 91(1), 26-40. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01635>



- Mengod, A. R. (2016). Tipificación de la calidad del huevo de gallina ecológico y convencional [Doctoral dissertation]. En Rosset y Martínez, Agroecología, territorio, recampesinización y movimientos sociales. *Universidad Politécnica de Valencia*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71437/RODR%C3%8DGUEZ%20-%20TIPIFICACI%C3%93N%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20HUEVO%20DE%20GALLINA%20ECOL%C3%93GI-CO%20Y%20CONVENCIONAL..pdf?sequence=1>
- Miguez, D., Carrara, M. V., Carnikián, A., Keel, K., Aizpún, A., ..., Soane, I. (2010). Evaluación ecotoxicológica de sedimentos en una zona del Río Uruguay, con puntos finales indicadores de toxicidad aguda, sub-letal, crónica, reproductiva y teratogénica. *Innotec*, 5, 3-10.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Plan Acción Sectorial PAS de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) sector Agropecuario. *República de Colombia*. http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/planes_sectoriales_de_mitigaci%C3%B3n/PAS_Agropecuario_-_Final.pdf
- Naredo, M. (Enero a marzo, 1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término “sostenible”. *Documentación social*, 102, 48-57.
- Pelletier, N. (2017). Life cycle assessment of Canadian egg products, with differentiation by hen housing system type. *Journal of Cleaner Production*, 152, 167-180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.050>
- Pelletier, N. (2018a). Social sustainability assessment of Canadian egg production facilities: Methods, analysis, and recommendations. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051601>
- Pelletier, N. (2018b). Changes in the life cycle environmental footprint of egg production in Canada from 1962 to 2012. *Journal of Cleaner Production*, 176, 1144–1153. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.212>
- Pelletier, N. Ibarbaru-Blanc y Xin H. (2013). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions for contemporary intensive egg production systems in the Upper Midwestern United States. *Journal of Cleaner Production*, 54, 108-114.
- Pelletier, N., Ibarburu, M., y Xin, H. (2014, February). Comparison of the environmental footprint of the egg industry in the United States in 1960 and 2010. *Poultry Science*, 93(2), 241–255. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03390>
- Raigón, M. D., Martínez, M. G., y Esteve, P. (2006). Valoración de la calidad del huevo de granja ecológica e intensiva. *Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola*, 1-10.



- Rueda, R. A. (2016). *Impactos ambientales de la producción de huevos: Análisis de ciclo de vida y huella de carbono*. Universidad de Oviedo. http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/38994/6/TFM_RocioAbinRuedo.pdf
- Ruesga, G. E., Orozco, H. J., Serratos, V. J., y Flores, L. H. (2015). Efecto de la densidad de aves en jaula y energía alimentaria en la producción y calidad de huevo en gallinas Bovans. *Iberoamericana de Ciencias*, 2(2), 49-54. <http://www.reibci.org/publicados/2015/marzo/0900109.pdf>
- Santos, M., Lon-Wo, E., Savón, L., y Herrera, M. (2014). Comportamiento productivo de pollos cuello desnudo heterocigotos en pastoreo, con diferentes espacios vitales y harina de hojas de *Morus alba* en la ración. (Spanish). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(3), 265–269. <http://ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=99311863&lang=es&site=eds-live>
- Sevilla-Guzmán, E. (2006). *De la sociología rural a la agroecología*. Icaria.
- Wiedemann, S. y McGahan E. (2011). Environmental Assessment of an Egg Production Supply Chain Using Life Cycle Assessment. *Australian Egg Corporation Limited*, North Sydney, New South Wales. <http://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/library/detalles/es/c/263419>

