



La producción más limpia en el sector porcino: Una experiencia desde la Amazonía ecuatoriana

Cleaner production in the pig farming sector: An experience from the Ecuadorian Amazon

Estefany Vanessa Cárdenas Giler¹; Jairo Miguel Maldonado Erazo¹; Rubén Alfredo Valdez Silva¹; Liliana Bárbara Sarduy-Pereira²; Karel Diéguez-Santana^{1,2*}

¹ Facultad Ciencias de la Vida, Universidad Estatal Amazónica, Paso Lateral km 2 ½ Vía Tena, Puyo, Pastaza, Ecuador. C.P: 160150

² IKIAM - Universidad Regional Amazónica, km 7 Vía Muyuna, Tena, Napo, Ecuador. C.P: 150158. Telf: + (593) 995041600

Recepción: 28/08/2018 ; Aceptación: 05/01/2019

Resumen

El objetivo de la investigación fue analizar el comportamiento ambiental y las potencialidades de aplicación de mecanismos de producción más limpios (PML) en una granja dedicada a la cría de cerdos en la Amazonía ecuatoriana. El estudio se realizó durante un ciclo completo de cría y constó de tres fases: reconocimiento, diagnóstico y formulación de alternativas de producción más limpia. Las herramientas empleadas fueron la revisión ambiental inicial, los ecomapas, los análisis de flujos y análisis de costos e ingresos, a partir de las cuales se definieron las medidas de PML aplicables a las condiciones del lugar. Se evaluaron cinco opciones de mejora relacionadas con la alimentación y el manejo del estiércol y efluentes. Las alternativas de manejo de estiércol presentaron los mejores resultados desde el punto de vista económico y ambiental. Asimismo, la opción 2 (incorporación de un sistema de lombricompostaje) presentó el mayor valor actual neto (VAN) (USD 5696,94 en 5 años) y tasa de interés de retorno (TIR) de 76,22%, superior a la tasa de interés de entidades bancarias (12%). En conclusión, la aplicación de prácticas y tecnologías enmarcadas en sistemas de PML puede mejorar en gran medida la eficiencia de utilización de las materias primas y la reducción de los contaminantes sólidos y líquidos. Sin embargo, aún existen muchos desafíos en las pequeñas y medianas empresas en Ecuador y es necesario la continua búsqueda de estrategias factibles que potencien las actividades de los pequeños productores e impulsen el desarrollo sostenible de la región.

Palabras clave: manejo ambiental; impacto ambiental; estiércol, cría porcina; producción más limpia.

Forma de citar el artículo: Cárdenas *et al.*, 2019. La producción más limpia en el sector porcino: Una experiencia desde la Amazonía ecuatoriana. Anales Científicos 80 (1): 76- 91 (2019).

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i1.1288>

Autor de correspondencia: Karel Diéguez-Santana. Email: karel.dieguez.santana@gmail.com; karel.dieguez@ikiam.edu.ec

© Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Abstract

The objective of the research was to analyze the environmental behavior and the application potential of cleaner production mechanisms (CPM) in a pig breeding farm in the Ecuadorian Amazon. The study was conducted during a complete breeding cycle and consisted of three phases: recognition, diagnosis and cleaner production alternatives formulation. The tools used were initial environmental review, eco-maps, flow analysis and costs and revenues analysis, from which the CPM applicable measures were defined for the conditions of the farm. Five improvement options related to feeding and manure and effluent management were evaluated. Manure management alternatives presented the best results from the economic and environmental point of view. Likewise, option 2 (incorporation of a earthworm composting system) presented the highest net present value (NPV) (\$ 5696,94 in 5 years), and an internal return rate (IRR) of 76,22%, higher than the interest rate of banking entities (12%). In conclusion, the application of practices and technologies framed in CPM systems can greatly improve the efficiency of raw materials utilization and the reduction of solid and liquid pollutants. However, there are still many challenges in small and medium businesses in Ecuador and it is necessary to continuously search for feasible strategies that enhance the activities of small producers, and promote the region sustainable development.

Keywords: environmental management; environmental impact; manure; pig breeding; cleaner production.

1. Introducción

La población mundial crece vertiginosamente; reportes de las Naciones Unidas estiman que para el año 2050 llegará a 9700 millones (Nations, 2017). Este crecimiento implica un mayor consumo de alimentos (casi 3000 millones de personas más). Por su valor nutritivo o accesibilidad, uno de los principales productos que son consumidos es la carne (Gerber *et al.*, 2015). Alexandratos y Bruinsma (2012), analistas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), mencionan un aumento de más del 400% en los últimos 50 años (de 65 a 279 millones de toneladas) (Vranken *et al.*, 2014). Siendo una de las principales preocupaciones actuales en el orden de impactos ambientales (Hirschnitz-Garbers *et al.*, 2016), salud pública (Campbell y Campbell II, 2016) e, incluso, seguridad alimentaria (Mottet *et al.*, 2017).

A pesar del crecimiento poblacional, un factor importante han sido el incremento de las dietas proteicas, pues como mencionan Tamaš y Bečvařova (2013), de 1961 al 2011, el consumo medio mundial per cápita de carne de cerdo casi se duplicó (de 8,03 kg a 15,35 kg). Los principales consumidores siguen siendo los países con un alto nivel de vida, pero como fenómeno típico del desarrollo actual, el aumento en el consumo de carne de cerdo, ha sido más significativo

particularmente en los países en desarrollo, mayoritariamente países asiáticos y latinoamericanos (He *et al.*, 2016).

En Ecuador, la producción porcina se destina principalmente para consumo interno, contribuye al 2% del Producto Interno Bruto Agropecuario y genera empleo directo e indirecto (BCE, 2013); este subsector es una industria reprochada debido a los impactos ambientales que producen, pues como mencionan Burkholder *et al.* (2007), existe una alta correlación positiva entre las actividades de cría de cerdos y la emisión de contaminantes a cursos de agua, suelo y aire. En los últimos años, con la finalidad de disminuir el consumo de materiales e insumos, mejoramiento en el proceso productivo, aumento de la rentabilidad y obtención de subproductos, esta actividad está siendo sometida a una mayor presión por parte de las normativas ambientales vigentes, rigiéndose por lo establecido en el Acuerdo Ministerial 061 de la reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria (MAE, 2015).

Un instrumento importante para mejorar el desempeño ambiental de las empresas y/o procesos son las producciones más limpias. Durante los últimos 25 años, la aplicación del enfoque de producciones más limpias (PML) ha demostrado resultados positivos en la mitigación de daños ambientales y la creación de beneficios económicos y sociales

con el objetivo de optimizar la producción mediante la reducción del consumo de materia prima, agua y energía (Severo *et al.*, 2017). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) lo definió como “la aplicación continua de una estrategia ambiental integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente” (UNEP, 1990). Según Oliveira *et al.* (2016) esta metodología es una estrategia industrial preventiva diseñada para promover beneficios para el medio ambiente, las organizaciones y los seres humanos. En los últimos años, ha ampliado el alcance y se ha convertido en una estrategia que también abarca el diseño y evaluación de productos, procesos y servicios, incorporando todas las dimensiones del desarrollo sostenible y sostenibilidad industrial de la manera más integral posible (Matos *et al.*, 2018).

Desde el 2013, en Ecuador existe el Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos y Producción más Limpia (CEER), impulsado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Onudi) y apoyado por el Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador. Este Centro promueve el uso eficiente de recursos y las PML a nivel nacional (CEER, 2016), pero aún existe desconocimiento en los sectores productivos, universidades y población en general. Adicionalmente, existen pocos casos de estudios publicados, por ejemplo en la producción de compost a partir de residuos de camales (Caiza *et al.*, 2018), pero restan varios sectores importantes sin ser analizados.

El presente trabajo enmarca estrategias de Producción más Limpia para el proyecto porcino de la granja Asetimbay, en la provincia de Pastaza, parroquia Fátima, Vía Santa Martha. Esta granja carece de un plan técnico para el emplazamiento de sus instalaciones, presenta descarga de emisiones de sólidos y efluentes a un cuerpo de agua cercano, que posteriormente desemboca en el río Puyo.

Basado en los siguientes aspectos, el propósito de este estudio fue proponer opciones tecnológicas de producción más limpia para prevenir, controlar y compensar los impactos ambientales generados por

la granja porcina Asetimbay, a partir de la identificación de los impactos ambientales más significativos generados por la actividad porcina, a través de monitoreo de las condiciones actuales de la granja. Posteriormente, se seleccionaron alternativas que condujeran al manejo de buenas prácticas ambientales y cumplieran con la legislación ambiental para promover, de esa manera, la mejora en prácticas amigables con el ambiente aprovechando los subproductos en todos los procesos productivos.

2. Materiales y métodos

Localización y descripción del área de estudio

La granja porcina Asetimbay se encuentra ubicada en el barrio Las Américas, perteneciente al cantón Pastaza, provincia Pastaza. Emplazada en un predio rural rodeado de haciendas con cultivos de caña y cría de ganado. El ingreso se efectúa por la autopista estatal E45 de la troncal amazónica, en el km 4½ vía Puyo–Macas. El área de la granja es de 1425m² y se encuentra ubicada en las proximidades inmediatas de dos riachuelos sin nombre, a aproximadamente 50 m de la vivienda de los propietarios. El suelo es inundable y, según la Soil Taxonomy, se lo puede catalogar como Oxisol. Las instalaciones se componen de corrales de cemento de 3 x 3m cada división, los cuales se encuentran separados en función de la etapa fisiológica del cerdo. En las áreas donde no existe infraestructura prolifera el pasto gramalote.

Metodología de evaluación de producciones más limpias

La metodología utilizada para el desarrollo del presente estudio está comprendida por tres diferentes fases, las cuales se describen a continuación:

Fase 1. Reconocimiento

Primeramente, se realizó una revisión bibliográfica para definir conceptos sobre la producción más limpia, las buenas prácticas en la producción porcina y la legislación ambiental aplicable para ese tipo de actividad económica.

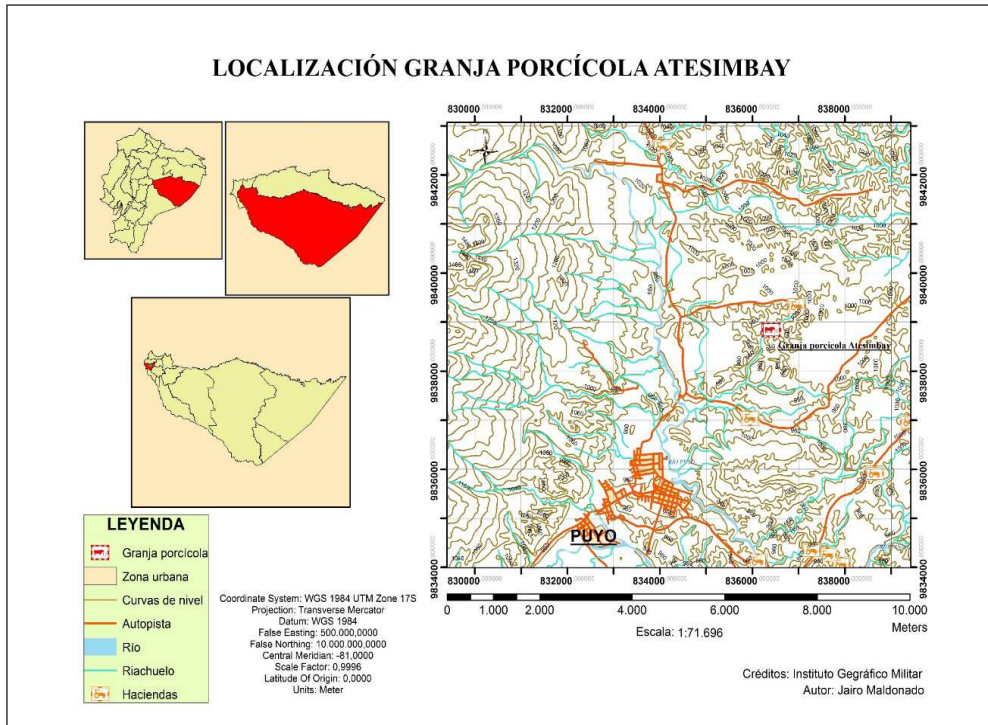


Figura 1: Mapa del área de estudio

Se llevó a cabo el reconocimiento del lugar en donde se encuentran las instalaciones de porcinos con la finalidad de conocer las condiciones de equipos, insumos y personal, entre otras, también se recopiló información ambiental sobre aquellos procesos que generen impactos negativos al medio ambiente, para así establecer e implementar alternativas de producción más limpia para minimizar los impactos que pueden estar generándose en la actividad productiva. Finalmente, se obtuvo información técnica sobre estadísticas de producción, costos de materia prima e insumos. Todos estos elementos fueron obtenidos de entrevista a los propietarios y trabajadores, así como revisión de registros históricos de la actividad. En el Anexo 1 se encuentran fotografías de la situación actual de la granja.

Fase 2. Diagnóstico

Esta fase se lleva a cabo en varias etapas, las cuales son las siguientes:

Revisión ambiental inicial: con el propósito de evaluar el sistema de producción de la granja porcina Asetimbay en la parroquia Fátima, cantón Puyo, provincia de Pastaza, se formuló una encuesta de preguntas cerradas y abiertas, para el personal que labora o está involucrado en el funcionamiento diario de la misma. Esta encuesta fue preparada a partir de conocimientos básicos de actividades de producción, manejo de residuos, medidas de mitigación de impactos y cumplimiento de normativa.

Tabla 1: Encuesta realizada a propietarios y personal de la empresa

Nº	Temas consultados
1	Asesoramiento técnico que recibe la granja.
2	Además de la porcicultura, si se mantiene en la granja algunas otras actividades.
3	Finalidad de la granja.
4	Si se llevan registros físicos o económicos de la producción de cerdos.
5	Medidas que se adoptan para contrarrestar enfermedades en los animales y ofrecer un producto cárnico de calidad.
6	Lugar de vertido de los purines.
7	Elementos de bioseguridad que dispone la granja.
8	Alternativas o tecnologías para reducir impactos negativos producidos en la actividad porcina.
9	Opinión sobre la optimización de las instalaciones para reducir la producción de malos olores y gases contaminantes.

Ecomapa: criterios obtenidos en la inspección visual, recorrido y entrevistas realizadas en la fase anterior (Fase I), fueron empleados para la elaboración de esta herramienta. Se realizó un croquis en conjunto con los propietarios y posteriormente con ayuda de una cinta métrica se midieron los espacios de las instalaciones para que las bases de las Figuras fueran correspondientes. Esta herramienta permite visualizar las instalaciones para cada proceso del ciclo reproductivo de porcinos, en ella se determinaron las zonas donde existe la mayor contaminación ambiental ya sea a fuentes hídricas o atmosféricas.

Diagrama de Flujo: en este aspecto, se cuantificaron todas las entradas y salidas. En el caso de las materias primas de alimentación, excretas y consumos de agua, estos fueron durante varias semanas pesados diariamente. Adicionalmente, se contrastó con los reportes obtenidos en la primera fase de este trabajo. Todas las mediciones obtenidas fueron promediadas. En este paso

del proceso se identifican las respectivas instalaciones y procesos, se analizan las operaciones y las áreas más críticas que estén generando impactos negativos al ambiente, animales y ser humano, a partir de los valores de las entradas y salidas.

Análisis de costo-ingreso: de igual manera, la información proveniente de la primera fase (entrevistas a propietarios y registros con los costos de cada sección de la instalación, adquisición de materias primas, gastos salariales, ventas, servicios, entre otros) fueron empleados para realizar el análisis financiero. Para ello, se efectuó un análisis de costo – ingreso, esta herramienta permite identificar los ingresos de la empresa y a partir de ese presupuesto incrementar medidas de mejoras al sistema de producción.

Sistema productivo de la empresa: el sistema productivo que se lleva a cabo en la granja Asetimbay es de ciclo completo y abarca distintas fases que son las siguientes:

- Reproducción y lactancia: comprende el periodo que va desde el servicio hasta los siete kilos de peso del lechón. Dura 115 días correspondientes a la gestación y 21 días de lactancia, para un total de 136 días.
- Pre-cebos: desde el destete hasta los 25 kg del lechón; es una época en la que los animales requieren mucha atención, pues deben enfrentarse a situaciones desconocidas, lo que puede afectar su sistema inmunitario. Esta fase tiene una duración de 20 días.
- Levante y engorde: desde los 25 kg hasta los 105 kg de peso vivo del animal. Duración del levante 20 días y del engorde 35 días.

Tiempo total del ciclo completo: 211 días.

Fase 3. Formulación de alternativas de producción más limpia

Mediante un plan de mejoras o plan de acción, se propone a la empresa opciones que pueden ser implementadas en su sistema de producción, con el fin de reducir los impactos negativos y mejorar la producción de la granja; como resultado se elaboran alternativas de mejora relacionadas con la

alimentación y con el manejo del estiércol.

3. Resultados y discusión

Reconocimiento

Como primera acción, se realizó una revisión bibliográfica para definir conceptos sobre las PML, las buenas prácticas en la producción porcina y la legislación ambiental aplicable para ese tipo de industria. Se llevó a cabo el reconocimiento del lugar en donde se encuentran las instalaciones de porcinos con la finalidad de conocer las condiciones de equipos, insumos, personal entre otras; también se recopiló información ambiental sobre aquellos procesos que generan impactos negativos al medio ambiente, para así establecer e implementar alternativas de producción más limpia para minimizar los impactos que pueden estar generándose en la actividad productiva y, finalmente, se obtuvo información técnica sobre estadísticas de

producción, costos de materia prima e insumos.

Diagnóstico del proceso

Descripción del proceso: la **Figura 2** muestra el diagrama de flujo del proceso, detallado con etapas del proceso de cría, desarrollo y reproducción. A continuación, se describen las principales etapas y las condiciones reales de funcionamiento en la granja Asetimbay.

Compra de cerdas y reproductores: adquisición de 6 cerdas reproductoras (100 kg/und) y 1 verraco (125 kg). Tiempo: un mes.

Monta, alimentación y vacunación: confinamiento de cerdas reproductoras con el verraco, administración de alimento balanceado (“Bioalimentar”, maíz “Sabrosa”, semita, pecutrin), vacunación (ivermectina, anti-aftosa, vitaminas). Registro de vacunas

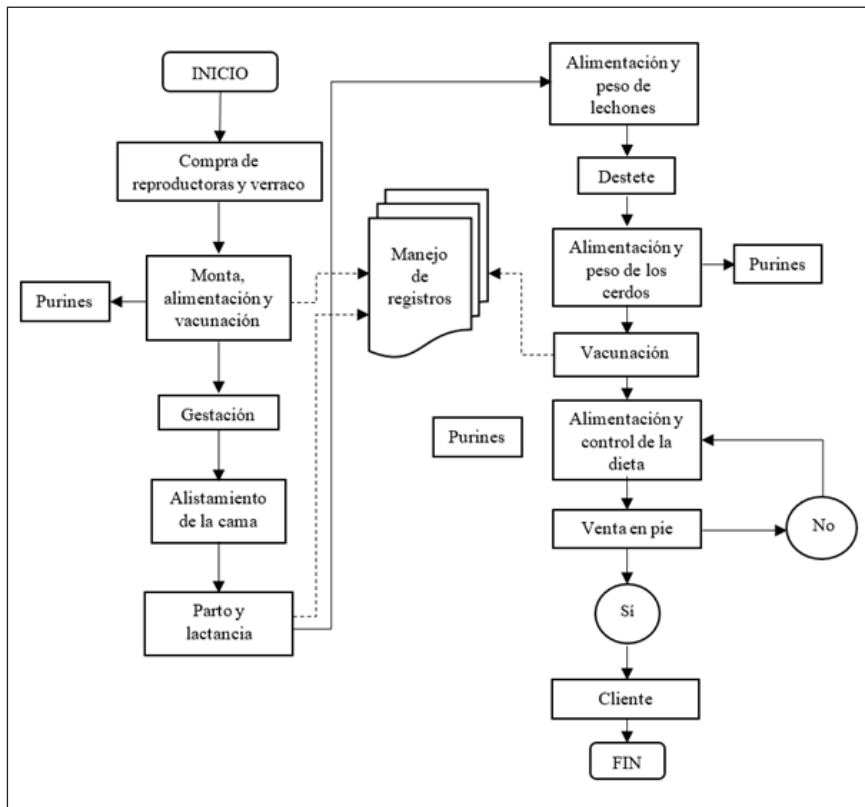


Figura 2: Diagrama de flujo

administradas. Tiempo: una semana.

Gestación: 115 días de gestación de cerdas preñadas a partir de la copulación.

Alistamiento de la cama: preparación de cama profunda en el corral para parto. Tiempo: un día.

Parto y lactancia: nacimiento de 6 lechones en promedio por reproductora. Tiempo: un día.

Alimentación y peso de lechones: seguimiento de peso a lechones lactantes, mediante uso de registros. Tiempo: 20 días.

Destete: separación de lechones de la madre. Tiempo: a los 21 días de nacidos.

Alimentación y peso de los cerdos: periodo de 105 días posterior a destete con suministro de alimento (balanceado de crecimiento (“Bioalimentar”, maíz “Sabrosa”, semita, pecutrin). Registro de pesos.

Vacunación: suministro de vacunas (anti-aftosa, vitaminas, ivermectina) a cerdos en crecimiento al día 145 de nacimiento. Registro de vacunación.

Alimentación y control de dieta: suministro de alimentos balanceado de engorde (“Bioalimentar”, maíz “Sabrosa”, papa china (*Colocasia esculenta*), pecutrin, semita) hasta el día 154 y control de peso.

Venta en pie: puesta en oferta al consumidor.

Ecomapa: por su parte, el ecomapa (Figura 3) refleja los puntos críticos del proceso, basado en los criterios de los propietarios y la inspección visual, diagnóstico ambiental y análisis de los flujos. Existen pocos puntos de entrada de agua y parte de la misma se reutiliza a partir de un sistema de bombeo que la extrae del río, aun así, es importante optimizar y potenciar el ahorro de este recurso.

Análisis de flujo

Al realizar el análisis de los flujos del proceso, se observan las entradas y salidas, sobresalen las entradas de alimentos e insumos y las salidas de agua o efluente líquido y de estiércol. Este último aspecto fue pesado durante las varias etapas y las

cantidades promedio que se generan por animales se emplearon para calcular las cantidades que se originan en cada una de las etapas del ciclo completo de cría. En el análisis de las cantidades de residuos que produce la granja, se puede mencionar que están acordes a lo reflejado en la literatura. Según [Jørgensen y Jensen \(2009\)](#) cien cerdos producen aproximadamente 2850 kg de estiércol de cerdo por día; en nuestro caso, sin embargo, las cantidades son inferiores, posiblemente porque se encontraban en una etapa diferente, tenían menor peso o eran de otra raza. Es importante destacar que el volumen de estiércol generado y su composición química, como mencionan [Sánchez y González \(2005\)](#) están relacionados con el número de cabezas de animales y el método de cría de cerdos; dependen del tipo y la edad de los animales, el método de alimentación y el estado de los animales y debe ser caracterizado para poder conocer en profundidad la composición del mismo.

Entre los principales insumos empleados, tenemos los balanceados de crecimiento y engorde que son adquiridos a proveedores nacionales (Bioalimentar), pero elaborados a base de soya y maíz, principalmente la primera que es importada de Brasil y Argentina. Se utiliza también una fracción de maíz y semita (restos de los procesos de molinado del trigo y maíz) y el pecutrin comercializado en Ecuador por la Bayer Andina, que es una sal nutritiva con contenidos elevados asimilables de calcio y fósforo, vitaminas y otros elementos minerales menores.

En la etapa de gestación se emplean 35 vacunas (administradas a los recién nacidos) y, posteriormente, al llegar la etapa de vacunación, se emplean 68 (una por cada animal).

En la [Tabla 3](#) se contabilizan los residuos líquidos y sólidos que son emitidos por el proceso de cría de cerdos de la granja Asetimbay. En el caso de los efluentes líquidos, están conformados por agua de limpieza, más restos de purines líquidos no evacuados con el estiércol.

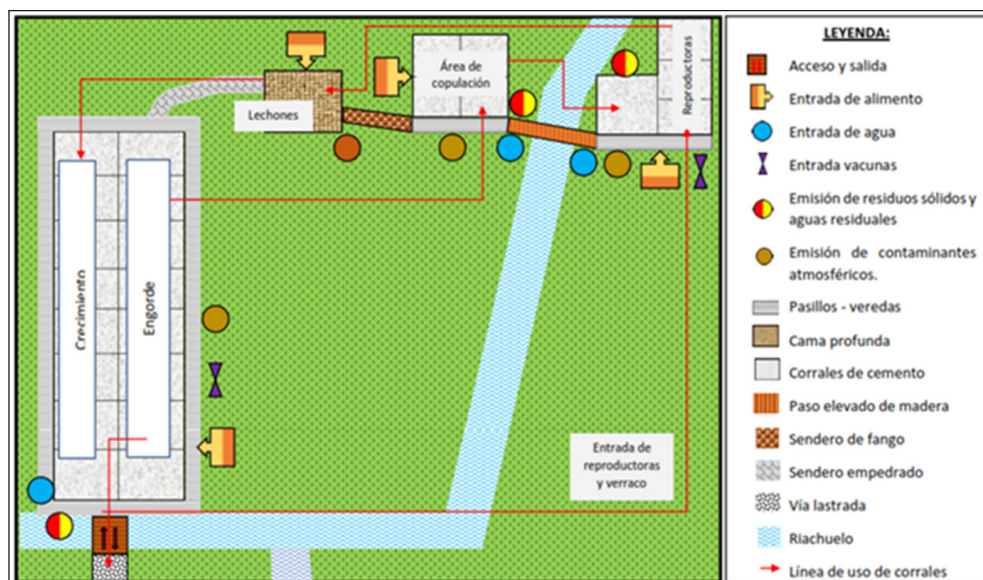


Figura 3: Ecomapa

Tabla 2: Entradas por cada etapa del proceso

Etapa	Días	Balaceado Crecimiento, kg	Balaceado Engorde, kg	Semita de trigo, kg	Pecutrin, kg	Maíz, kg	Agua consumo, m ³	Agua limpieza, m ³	Vacunas, dosis
1 Compra de cerdas y reproductores	30	360	210	285	195	480	4,43	5,4	
2 Monta, alimentación y vacunación	7	82,8	48,3	65,55	44,85	110,4	1,02	1,24	
3 Gestación	115	2316,38	804,3	1560,34	746,85	1838,4	28,73	20,68	35
4 Alistamiento de la cama	1	20,16	7	13,58	6,5	16	0,25	0,18	
5 Parto y lactancia	1	20,16	7	13,58	6,5	16	0,25	0,18	
6 Alimentación y peso de lechones	20	403,2	140	231,6	130	320	5	3,6	
7 Destete	1	20,16	7	13,58	6,5	16	0,25	0,18	
8 Alimentación y peso de los cerdos	105	168	1608	888	846	1734	14,76	10,8	
9 Vacunación	1	2,8	26,8	14,88	14,1	28,9	0,25	0,18	68
10 Alimentación y control de dieta	50	0	2766,67	1383,33	1383,33	2766,67	32,9	9	
Totales	331	3393,66	5625,07	4469,44	3379,63	7326,37	87,84	51,44	103

Tabla 3: Generación de estiércol y efluentes líquidos por cada etapa del proceso

Etapa	Estiércol, kg	Efluentes líquidos, m ³
1 Compra de cerdas y reproductores	334,3	6,90
2 Monta, alimentación y vacunación	76,31	1,59
3 Gestación	3019,57	28,68
4 Alistamiento de la cama	26,28	0,28
5 Parto y lactancia	26,28	0,28
6 Alimentación y peso de lechones	702,6	5,27
7 Destete	35,13	0,26
8 Alimentación y peso de los cerdos	2145	15,72
9 Vacunación	35,75	0,26
10 Alimentación y control de dieta	7039,6	19,97
Totales	13 440,82	79,21

En cuanto a las salidas y rendimientos, en total se producen 8085 kg de carne durante todo el periodo de cría de la granja.

Resultados de encuestas

- Al preguntar sobre la prioridad del asesoramiento técnico en la granja, el 67% de los encuestados (4 personas) mencionan que recibe mayor asistencia técnica de veterinarios ya que son los que llevan el control productivo y sanitario de los animales para obtener un producto de calidad. Por su parte, el 33% (2 personas) concede mayor relevancia a la asistencia de técnicos ambientales ya que al ser una granja mediana necesita asesoría para seguir las leyes ambientales.
- La granja Asetimbay, además de la porcicultura, mantiene otra actividad productiva, según los encuestados, que es la crianza y el faenamiento de aves porque representan ingresos significativos para su negocio.
- Sobre la finalidad de la granja y las actividades que desarrolla (ciclo completo, crecimiento y engorde o reproductoras) se observa que todo el personal que labora tiene el conocimiento que la granja es de ciclo completo, lo que les permite diferenciar las acciones que deben tomar para mejorar cada sistema.
- En el caso de esta pregunta, si lleva registros físicos o económicos de la producción de cerdos, registro productivo y si posee registro sanitario, se encontró que la empresa lleva registros físicos y económicos y se encuentra en los trámites de registro sanitario. Los registros productivos y sanitarios van de la mano para el control y prevención de alguna enfermedad y la ausencia del cumplimiento de ellos puede afectar la productividad y rentabilidad del negocio.
- Sobre el lugar de vertidos de los purines, ríos-quebradas, pozo séptico, alcantarillado público, el 67% de los miembros de la granja supieron manifestar que la mayor cantidad de excretas son eliminadas hacia el estero lindante, para lo cual necesitan medidas correctivas y amigables con el ambiente.
- Medidas. Las medidas para controlar las enfermedades en los animales están vinculadas con el asesoramiento de un profesional que implementa los mecanismos para contrarrestar enfermedades en este tipo de animales y así poder obtener un producto cárnico de calidad.
- En cuanto a los elementos de bioseguridad que dispone la granja, todos sus miembros mencionaron mantener un control de vectores de enfermedades con el fin de prevenir un ambiente insalubre y el 33% afirmó que corresponde a los propietarios de la actividad productiva realizar chequeos médicos a los trabajadores.
- Sobre las alternativas que conoce la granja para minimizar impactos negativos al ambiente por la porcicultura (cmpostera, cama profunda, planta de tratamiento de aguas residuales), el personal de la granja conoce diferentes alternativas que ayudan a la minimización de impactos ambientales negativos. Actualmente, se encuentran en un proceso de construcción de una compostera para

evitar que los desechos sean vertidos al estero que se encuentra aledaño a las áreas de producción.

9. Todo el personal que conforma esta actividad productiva menciona estar de acuerdo con la implementación de un sistema de PML que contribuya a mejorar su sistema de producción y, al mismo tiempo, teniendo una producción amigable con el ambiente en todos los ámbitos.
10. El 100% de las personas encuestadas cree que la optimización de las instalaciones es esencial para reducir la producción de malos olores y gases contaminantes y coinciden en que una adecuada instalación de producción y un buen manejo de los residuos reducirían su presencia.
11. Los trabajadores coinciden en que el sistema de producción de la granja Asetimbay, en la actualidad, tiene muchas deficiencias ambientales, principalmente en el manejo de sus residuos, que se vierten en el estero, lo que evidencia que su mecanismo de evacuación no es amigable con el ambiente. La contaminación es un elemento importante a controlar no solo por los efectos ambientales sino también, como plantean [Gilchrist et al. \(2007\)](#), en el aumento de la tasa de supervivencia de los lechones que puede generar más beneficios económicos cuando se controla la contaminación. Por su parte, [KilBride et al. \(2012\)](#) argumentan que también previene las enfermedades infecciosas al disminuir la probabilidad de transmisión microbiana entre animales (disminución de vectores y agentes propagantes).

Análisis de indicadores económicos

El análisis de indicadores económicos es un paso primordial en el proceso de evaluación de producciones más limpias; por ello, en esta sección se aborda la viabilidad económica del proceso actual. Existen autores según los cuales PML tiene una fuerte correlación en la generación de impactos financieros positivos para las empresas ([Severo et al.,](#)

2017). La [Tabla 4](#) muestra los principales egresos de la granja.

Tabla 4: Análisis de gastos, depreciación de activos fijos de la granja Asetimbay

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario, USD	Costo total, USD
Materia Prima e Insumos				
Balance de crecimiento	kg	3393,66	0,30	1018,10
Balance de engorde	kg	5625,07	0,30	1687,52
Semita	kg	4488,67	0,20	897,73
Maíz sabrosa	kg	7326,37	0,20	1465,27
Agua	m ³	139,27	0,00	0,00
Subtotal				5068,63
Depreciación de activos fijos				
Bombas de aspiración de agua	deprec./ día	3,00	20,00	60,00
Corrales	deprec./ día	30,00	3,00	90,00
Subtotal				150,00
Talento humano				
Veterinario	salario/ mes	0,07	400	26,67
Ayudante	salario/ mes	6,00	150	900,00
Operario 1	salario/ mes	6,00	200	1200,00
Subtotal				2126,67

En cuanto a consumo agua, este es de 32,24 (L)/hora, pero no tiene monto de dinero puesto que la misma es extraída de un río cercano a los predios de la granja. En otros servicios y otros gastos, tenemos el teléfono e internet con un consumo de 25 dólares al mes y un total de 150 dólares, para un gasto total de USD 7495,29.

Por otra parte, los ingresos en un ciclo de 6 meses, arrojan 8085,00 kg de carne en pie, a un precio de USD 1,30, para un monto de USD 10 510,50.

Opciones de mejora

La [Tabla 5](#) muestra la propuesta de medidas de mejora de producciones más limpias a evaluar en el proceso. Para identificar y

determinar opciones de PML de la granja Asetimbay, se llevó a cabo una fase de diagnóstico, donde se elaboraron diagramas de flujo, los mismos que permitieron identificar aquellos procesos en los que hay salidas de lixiviados y residuos sólidos que en la actualidad no reciben ningún tipo de tratamiento; a su vez, por medio de un ecomapa, se establecieron los puntos críticos de descargas, permitiendo localizar el área afectada. Asimismo, las encuestas y entrevistas aportaron criterios de carácter productivo y gracias a la inspección visual se evaluó el estado actual de la granja. Las opciones de optimización de procesos productivos se establecieron mediante un análisis de costos e ingresos de la granja. En el Anexo 2, Material Suplementario, aparecen desglosados los costos de la inversión (materiales, insumos, mano de obra, equipos, etc.) de cada una de las propuestas. Al analizar las diferentes opciones de PML, se dividieron en dos partes, una primera, enfocada a la producción de alimentos y otra, al manejo del estiércol.

Opciones relacionadas con la alimentación

Aunque en el proceso de evaluación, las principales preocupaciones de los propietarios era encontrar soluciones para el cumplimiento de las normativas ambientales de la granja (manejo de residuos), también fueron analizadas otras incidencias que afectan el comportamiento integral. Según [McAuliffe et al. \(2017\)](#) la producción intensiva basada en granos (forma más común de alimentación) es ampliamente considerada como la mayor fuente de contaminación del medio ambiente en el sector porcino. Esto implica que para lograr sistemas más sostenibles es necesario una combinación de mejoras en la formulación de alimentos, la operación de la granja y la gestión de desechos fuera de la finca serán la clave para garantizar la producción porcina sostenible. Una opción de mejora propuesta a los propietarios, pero no evaluada en este trabajo, fue incrementar el control de la alimentación por edades y necesidades nutricionales de los animales, que permita

reducir el consumo de alimentos y por ende los impactos ambientales.

Otro aspecto que se pudo observar es que la fracción mayoritaria de los alimentos que consumen los animales es del tipo balanceado, que son adquiridos a través de terceros y la mayor fracción de las materias primas (principalmente soya) es importada al país desde Argentina y Brasil, lo que refleja la necesidad de generar iniciativas locales que permitan reducir la dependencia de materias primas de otros mercados. A pesar de ello, la granja utiliza algunos productos locales como la papa china que administra en raciones en algunas etapas del proceso, pero es insignificante en cantidades de sustitución.

Opción 1: Una opción es la incorporación de un sistema de producción de alimentos con una inversión de USD 5755,00, pero los valores del VAN son muy pequeños (USD 740,27 para 5 años) y la TIR es de 16,72%, esto está asociado a que en la Amazonía no existe producción de materias primas para la producción de balanceados y la mayor parte de ellas deben ser transportadas desde la costa, principalmente, con precios elevados, lo que deja muy pequeña fracción de utilidad en la elaboración. Es imprescindible evaluar otras opciones relacionadas con la alimentación pues como plantean [Andretta et al. \(2017\)](#) la alimentación de piensos con materias primas importadas tiene una fuerte repercusión en los impactos ambientales (incremento del cambio climático y potencial de acidificación/eutrofización).

Opciones relacionadas con el manejo de estiércol

Uno de los principales problemas en los sistemas de cría de cerdos es el manejo del estiércol, sin embargo los estudios mencionan que es rico en nutrientes orgánicos e inorgánicos y que posee propiedades similares a los fertilizantes minerales ([Makara y Kowalski, 2018](#)). Aunque, también reflejan que su uso es altamente dependiente de las condiciones locales como acceso a tierras de cultivo, costos de transporte y la disponibilidad de otros fertilizantes.

Tabla 5: Propuesta de medidas de mejora de producciones más limpias a evaluar en el proceso

#	Hallazgos/ Evidencia	Medida de minimización	Evidencia	Responsables	Costo
1	Consumo excesivo de alimentos dependientes de materias primas importadas.	Incorporar un sistema de producción de alimentos con productos y materias primas locales.	Cuantificación de producción de piensos, evaluación de la calidad y digestibilidad animal.	Propietarios de la granja	USD 5755,00
2	Manejo inadecuado de excretas de cerdo de la granja.	Incrementar un sistema de lombricompostaje.	Venta de compostaje.	Propietarios de la granja	USD 2690,00
3	Los purines generados en la limpieza de la granja son vertidos directamente al cauce del río que atraviesa el área de la misma sin ningún tratamiento previo.	Incrementar un filtro percolador.	Cumplimiento de los rangos permisibles en el vertimiento de efluentes a los cauces de ríos.	Propietarios de la granja	USD 10 725,00
4	Los purines generados en la limpieza de la granja son vertidos directamente al cauce del río que atraviesa el área de la misma sin ningún tratamiento previo.	Incrementar un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante zanja-filtro.	Minimización de contaminación del cauce del río.	Propietarios de la granja	USD 2789,00
5	Mal manejo de los residuos orgánicos (excretas).	Incrementar un sistema de compostaje y cama profunda.	Venta de compostaje orgánico y reducción de vertimiento de residuos dolidos en el cauce del río.	Propietarios de la granja	USD 8153,00

En la literatura existe un vasto estudio de los tratamientos que pueden ser aplicados; por ejemplo, en Brasil, el sistema de manejo de estiércol más común que se emplea es en tanques abiertos sin una cubierta natural (alrededor del 80%), para su posterior aplicación en tierra como fertilizante orgánico (Cherubini *et al.*, 2015). Aunque existen experiencias de uso de biodigestores con quemadores de gases para reducción potencial de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por la conversión de emisiones de metano (CH_4) en dióxido de carbono en los procesos de combustión. La experiencias con la digestión anaeróbica para el manejo de estiércol de cerdo también ha sido realizada en Ecuador por Collahuaso González *et al.* (2017) donde los sustratos del proceso han sido las mezclas de estiércoles, purines y restos del agua de limpieza de los corrales. Esta opción, desde el punto de vista ambiental, es viable, como plantean Cherubini *et al.* (2015) en la evaluación comparativa del ciclo de vida del biodigestor con fines energéticos que alcanzó el mejor

desempeño ambiental para casi todos los impactos ambientales (debido a la captura de biogás y al potencial de ahorro de energía); sin embargo necesita inversiones y garantías de que el gas producido puede ser combustionado; en Ecuador, el gas GLP es subsidiado, lo que implica que no exista una alta disposición en invertir para producir biogás como fuente de combustión.

Se desestimó el tratamiento de aplicación de estiércoles en suelos porque estas condiciones de fertilización no pueden ser empleadas en la región amazónica, producto de las fuertes y abundantes lluvias (periodo lluvioso el año entero), lo que implica involucrar alternativas de tratamiento para minimizar los impactos ambientales de la disposición de los mismos en los ecosistemas amazónicos.

Opción 2 una opción, en este caso, fue que una vez realizada y analizada cada una de las fases, para el planteamiento final de opciones de optimización y mejoras, se consideró la bibliografía y se comparó con las condiciones reales meteorológicas,

técnicas y económicas de la granja Asetimbay. Las opciones más factibles para esta granja fueron las de aprovechamiento de las excretas, ya sea para la lombricultura o para la implementación de una compostera, debido a que son medidas de optimización de sus procesos que ayudan a la mitigación del impacto ambiental generado por la actividad productiva y, a su vez, permitiendo generar ingresos extras a los poricultores de la venta de productos con valor agregado, mejorando la rentabilidad de sus sistemas de producción.

En el caso de la lombricultura, es una estrategia que la granja Asetimbay puede implementar o adaptar en su sistema de producción, puesto que es una alternativa estrechamente vinculada con el reciclaje de los desechos orgánicos que se puede aplicar en cualquier temporada del año. Este es un proceso de biodegradación de desechos que utiliza lombrices para descomponer los sustratos orgánicos generados en la granja transformándolos en un fertilizante y mejorador de suelo que contribuya a mejorar las características físicas y químicas del mismo. En el Ecuador, esta no es una actividad nueva, pero tampoco ampliamente difundida en los sectores campesinos de medianos y bajos recursos, pues requiere tiempo y dedicación para lograr un segmento económico, rentable y duradero.

En España, ha sido estudiado el efecto de las lombrices como opciones de tratamiento para el estiércol de cerdo en comparación con el compostaje de maduración estática (Villar *et al.*, 2017). La calidad biológica del producto final del vermicompost de la lombriz *E. andrei* a partir de estiércol de cerdo fresco es superior al compost y presenta valores óptimos de calidad después de una maduración de 42 días, lo que refleja la aceleración del proceso de degradación de la materia orgánica y compuestos recalcitrantes con el empleo de lombrices, en comparación con el compostaje.

Al realizar el análisis de inversión de la propuesta de mejora al sistema de manejo de residuos sólidos, este arroja un monto de USD 2690,00 por un plazo de 5 años, permitiendo obtener un VAN positivo de USD 5696,94, favorable para la propuesta, en un plazo de 5 años, al 12% de descuento, que es la tasa establecida por las entidades bancarias en la modalidad de interés, siendo

conveniente la inversión en esta propuesta por la empresa debido a que la tasa de interés de retorno (TIR) es de 76,22% que es un buen indicador de la rentabilidad del proyecto.

Opción 3. En el caso de opciones como la implementación de un filtro percolador, es una tecnología que, al implantarla, reducirá considerablemente los índices de contaminación de los residuos líquidos que son vertidos directamente al cauce del río. A pesar de ser una alternativa con grandes beneficios para la empresa, no es conveniente aplicarla en la granja Asetimbay ya que es una empresa familiar en pequeña escala, lo cual demandaría demasiados costos y no tendría un beneficio económico adicional. En este caso, la opción sería viable en cuestión de evaluación de las externalidades ambientales en análisis posteriores más profundos.

Opción 4. El sistema zanja-filtro también tendrá la función de depurar los residuales líquidos que son vertidos directamente al río. Es una opción que no aportará ingresos monetarios directos a la granja, pero mejorará el comportamiento ambiental y le permitirá cumplir en una adecuada medida con las normativas ambientales, necesarias para la continuidad de la actividad. De igual manera, impedirá las sanciones ambientales (multas, etc.) que pudieran ser aplicadas por el incumplimiento del tratamiento de los efluentes líquidos de la granja.

Opción 5. El sistema de cama profunda, de acuerdo con un estudio realizado por Cruz *et al.* (2009) permite lograr una mayor eficiencia en la producción de carne, respecto a la cantidad de alimento ingerida. En nuestro país, cuando un productor porcícola quiere aumentar su producción, opta por construir corrales de cemento; no obstante, este tipo de superficie provoca que el cerdo desgaste más energía en mantenerse caliente, por consiguiente, implica que debe alimentarse más para reponer las calorías gastadas. El Ministerio del Ambiente (MAE) le sugirió a la dueña la implementación del sistema de cama profunda; sin embargo, los corrales no poseen la adecuada ventilación, crucial para el correcto funcionamiento de la cama profunda, por lo que el empleo de esta metodología sin considerar la circulación de aire provocó que se produzca encharcamiento, acumulación de malos

olores y un incorrecto compostaje. Además, influyó negativamente en la salud de los cerdos, de manera que el empleo de esta metodología fue descartado, antes de considerar que se aplicó sin tomar en cuenta la ventilación adecuada e imprescindible.

Resumen de la evaluación de las propuestas. De manera integral, valorando las opciones, no existe una opción que pueda ser costeable y permita cumplir con las principales necesidades actuales de la granja. Solo la combinación de opciones puede acercarse a las condiciones reales. La opción 2+4 podría ser llevada a cabo, pues las ganancias provenientes de la posible venta de compost o vermicompost puede permitir costear la instalación de una zanja-filtro que permita depurar, en una aceptable medida, las cargas orgánicas de los efluentes líquidos que actualmente son vertidos directamente a cauces de agua superficiales. Esta medida, al evaluarse conjuntamente, arrojaría un VAN que aún sería positivo con un valor de USD 2907,94 y una TIR de 30,64% superior a las tasas de interés de acceso a créditos para microemprendimientos de BanEcuador.

4. Conclusiones

La producción porcina genera graves impactos ambientales a fuentes de agua, suelo y aire. Este trabajo analiza el comportamiento ambiental de una granja productora de cerdos en la Amazonía ecuatoriana y revisa las principales opciones de producciones más limpias que pueden implementarse en contexto regional/nacional. Se identifican las principales problemáticas ambientales (generación de excretas, generación de residuos sólidos, contaminación de fuentes hídricas y suelos, emisiones de gases) y se plantean medidas ajustadas a las características y condiciones del lugar, con alternativas de buenas prácticas ambientales para disminuir significativamente los impactos ambientales generados. Las alternativas valoradas han pretendido reducir los costos, así como mejorar la imagen y calidad de vida del personal de la granja porcícola Asetimbay. De las opciones de producción más limpias planteadas, la más factible es el aprovechamiento de residuos sólidos incluyendo excretas, debido a que este proceso ayudará a la mitigación de impacto ambiental generado por la

actividad productiva y permitirá generar ingresos extras a los poricultores por la venta de los abonos orgánicos obtenidos de los tratamientos implementados. Este sistema es necesario complementarlo con un sistema de tratamiento de residuales líquidos para solucionar los problemas ambientales. La aplicación de estas medidas de PML puede mejorar en gran medida la eficiencia de utilización de la materia prima y la reducción de los contaminantes sólidos y líquidos (estiércol y aguas residuales). Los propietarios y trabajadores consideran que las PML pueden ser un camino correcto a seguir en la búsqueda de la sostenibilidad y la correcta gestión ambiental, pero aún existen muchos desafíos de las pequeñas y medianas empresas para enfrentar las PML en Ecuador. Se necesita investigación adicional para encontrar otras estrategias factibles económicamente que permitan potenciar las actividades que desempeñan los pequeños productores y así apoyar el crecimiento económico y el desarrollo sostenible de la región.

5. Literatura citada

- Alexandratos, N., Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Retrieved from
- Andretta, I.; Hauschild, L.; Kipper, M.; Pires, P.G.S.; Pomar, C. 2017. Environmental impacts of precision feeding programs applied in pig production. *Animal* 1-9. doi:10.1017/S1751731117003159
- BCE. 2013. Cuentas Nacionales Trimestrales del Ecuador N°. 74. Dirección de Estadística Económica. Disponible en <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/cnt63/come74.pdf>
- Burkholder, J.; Libra, B.; Weyer, P.; Heathcote, S.; Kolpin, D.; Thorne, P.S.; Wichman, M. 2007. Impacts of waste from concentrated animal feeding operations on water quality. *Environmental Health Perspectives* 115 (2): 308-312. doi:10.1289/ehp.8839
- Caiza, D.; Chimbo, A.; Sarduy-Pereira, L. B.; Pisco, W.E.; Diéguez-Santana, K. 2018. Propuesta de producción más

- limpia en el proceso de elaboración de abonos orgánicos con desechos del camal, realizado en el relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Campbell, T.C.; Campbell II, T.M. 2016. *The China Study: Revised and Expanded Edition: The Most Comprehensive Study of Nutrition Ever Conducted and the Startling Implications for Diet, Weight Loss, and Long-Term Health*. BenBella Books, Inc.
- CEER [Centro de Eficiencia de Recursos y Producción Más Limpia en Ecuador]. 2016. Disponible en <https://www.industrias.gob.ec/centro-de-eficiencia-de-recursos-y-produccion-mas-limpia/>
- Cherubini, E.; Zanghelini, G.M.; Alvarenga, R.A.F.; Franco, D.; Soares, S.R. 2015. Life cycle assessment of swine production in Brazil: A comparison of four manure management systems. *Journal of Cleaner Production*, 87 (C), 68-77. doi:10.1016/j.jclepro.2014.10.035
- Collahuaso González, E.; Pérez-Martínez, A.; Loureiro Salabarría, J.; Diéguez-Santana, K. 2017, 15 February–20 December 2017. Relationship between the fed substrates and the physical chemical parameters of an anaerobic biodigester in Ecuadorian Amazon Region. Paper presented at the MOL2NET 2017, International Conference on Multidisciplinary Sciences.
- Cruz, E.; Almaguel, R.E.; Mederos, C.M.; González Araujo, C. 2009. Sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala. *Revista Científica* 19 (5): 495-499.
- Gerber, P.J.; Mottet, A.; Opio, C.I.; Falcucci, A.; Teillard, F. 2015. Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability. *Meat Science* 109: 2-12. doi:10.1016/j.meatsci.2015.05.013
- Gilchrist, M.J.; Greko, C.; Wallinga, D.B.; Beran, G.W.; Riley, D.G.; Thorne, P.S. 2007. The potential role of concentrated animal feeding operations in infectious disease epidemics and antibiotic resistance. *Environmental Health Perspectives*, 115 (2): 313-316. doi:10.1289/ehp.8837
- He, Y.; Yang, X.; Xia, J.; Zhao, L.; Yang, Y. 2016. Consumption of meat and dairy products in China: A review. *Proceedings of the Nutrition Society* 75 (3): 385-391. doi:10.1017/S0029665116000641
- Hirschnitz-Garbers, M.; Tan, A.R.; Gradmann, A.; Srebotnjak, T. 2016. Key drivers for unsustainable resource use – categories, effects and policy pointers. *Journal of Cleaner Production* 132: 13-31. doi:10.1016/j.jclepro.2015.02.038
- Jørgensen, K.; Jensen, L.S. 2009. Chemical and biochemical variation in animal manure solids separated using different commercial separation technologies. *Bioresource Technology* 100 (12): 3088-3096. doi:10.1016/j.biortech.2009.01.065
- KilBride, A.L.; Mendl, M.; Statham, P.; Held, S.; Harris, M.; Cooper, S.; Green, L.E. 2012. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. *Preventive Veterinary Medicine* 104 (3-4): 281-291. doi:10.1016/j.prevetmed.2011.11.011
- MAE. 2015. Acuerdo N°. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente Disponible en <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108;jsessionid=JzWZh08mN4HhLcUYOmrFLlzo?version=1.0>.
- Makara, A.; Kowalski, Z. 2018. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms. *Journal of Cleaner Production* 172: 187-195. doi:10.1016/j.jclepro.2017.10.095
- Matos, L.M.; Anholon, R.; da Silva, D.;

- Cooper Ordoñez, R.E.; Gonçalves Quelhas, O.L.; Filho, W.L.; de Santa-Eulalia, L.A. 2018. Implementation of cleaner production: A ten-year retrospective on benefits and difficulties found. *Journal of Cleaner Production* 187: 409-420. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.181>
- McAuliffe, G.A.; Takahashi, T.; Mogensen, L.; Hermansen, J.E.; Sage, C.L.; Chapman, D.V.; Lee, M.R.F. 2017. Environmental trade-offs of pig production systems under varied operational efficiencies. *Journal of Cleaner Production* 165: 1163-1173. doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.191
- Mottet, A.; de Haan, C.; Falcucci, A.; Tempio, G.; Opio, C.; Gerber, P. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14: 1-8. doi:10.1016/j.gfs.2017.01.001
- Nations, U. 2017. World Population Prospects: The 2017 Revision (ESA/P/WP/248). Disponible en New York: https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf
- Oliveira, J.A.; Oliveira, O.J.; Ometto, A.R.; Ferraudo, A.S.; Salgado, M.H. 2016. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. *Journal of Cleaner Production*, 133: 1384-1394. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.013>
- Sánchez, M.; González, J.L. 2005. The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. *Bioresource Technology* 96 (10): 1117-1123. doi:10.1016/j.biortech.2004.10.002
- Severo, E.A.; Guimarães, J.C.F. d.; Dorion, E.C.H. 2017. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. *Journal of Cleaner Production* 142: 87-97. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.090>
- Tamaš, V.; Bečvařova, V. 2013. Development of consumer preferences on the significant markets of pig meat. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 61 (7): 2875-2882. doi:10.11118/actaun201361072875
- UNEP. 1990. Resource efficiency and cleaner production. Disponible en <http://www.unep.org/recp/>
- Villar, I.; Alves, D.; Mato, S. 2017. Product quality and microbial dynamics during vermicomposting and maturation of compost from pig manure. *Waste Management* 69: 498-507. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.031>
- Vranken, L.; Avermaete, T.; Petalios, D.; Mathijs, E. 2014. Curbing global meat consumption: Emerging evidence of a second nutrition transition. *Environmental Science and Policy* 39: 1-12. doi:10.1016/j.envsci.2014.02.009