



**Escuela de Caminos**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
UPC BARCELONATECH

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

Trabajo realizado por:

**Dominic Daniel Vargas**

Dirigido por:

**Gemma Cervantes Torre-Marín**

Máster en:

**Ingeniería Ambiental**

Barcelona, 13 de septiembre, 2021

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

**TRABAJO FINAL DE MASTER**

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **Resumen**

El sector porcino genera una gran cantidad de residuos, originados en el proceso de producción, los cuales son muchas veces arrojados como desperdicios, perjudicando de tal manera al medio ambiente. Estos residuos, si son valorizados, pueden ser aprovechados para otros procesos, ya sea dentro o fuera de la misma empresa.

El objetivo de este estudio es crear un sistema de indicadores que permita medir el nivel de circularidad de la producción de carne porcina en los mataderos de Cataluña, con el fin de que sirva de soporte a los mataderos, permitiendo comparar la actividad de la empresa con años posteriores, y así visualizar su transición de lineal a circular. Se elaboraron un total de 43 indicadores de economía circular para el sector porcino, de los cuales 24 corresponden al aspecto ambiental, 11 al aspecto económico y 8 al aspecto social. Además, se elaboró un índice, el cual permite observar de manera general como el sector porcino se encamina al tender al ciclo cerrado o al cierre de ciclo de materia.

Para alcanzar los objetivos de este estudio, se recopilaron datos a través de diferentes fuentes de información de residuos en España, se realizaron entrevistas puntuales a los encargados del departamento de residuos y se realizaron visitas a diferentes mataderos de cerdos y a empresas de valorización de subproductos porcinos.

Los resultados muestran que existe una tendencia positiva tanto en el aspecto ambiental, en favor de la reutilización del agua y del reciclaje de residuos tanto de carne porcina como de plástico, papel/cartón y madera aunque puede ser mejorable con la aplicación de acciones que favorezcan los objetivos, ya sea implementando nuevas técnicas de reutilización de los propios residuos generados por la empresa, minimizando la cantidad de residuos, o desarrollando acciones que favorezcan el uso de energías limpias, el aprovechamiento del agua, otros. Se desarrolló un índice de economía circular para el sector porcino, llamado "Índice de Economía Circular para el Sector Porcino (ECP)", el cual se construye a partir de cuatro elementos principales, que son: la masa de residuos de la matanza del cerdo destinado a valorización al año, la masa de plástico, papel/cartón y madera destinados al reciclaje al año y la masa de plástico, papel/cartón y madera reutilizados al año, y la masa de producto producido.

Este trabajo hace una aportación innovadora y necesaria en el sector porcino ya que anteriormente no existía ningún sistema de índices e indicadores que permitiera direccionar a dicho sector a tender al ciclo cerrado en el marco de la economía circular.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **Abastract**

The pork industry generates a large amount of waste, originated in the production process, which is often thrown away as waste, thus damaging the environment. These wastes, if they are recovered, can be used for other processes, either within or outside the same company.

The objective of this study is to create a system of indicators that allows measuring the level of circularity in pork production in slaughterhouses in Catalonia, in order to serve as a support for slaughterhouses, allowing the company's activity to be compared with years later, and thus visualize its transition from linear to circular. A total of 43 circular economy indicators were developed for the pig sector, of which 24 correspond to the environmental aspect, 11 to the economic aspect and 8 to the social aspect. In addition, an index was developed, which allows us to observe in a general way how the pig sector is heading towards the closed cycle or the closing of the material cycle.

To achieve the objectives of this study, data was collected through different sources of information on waste in Spain, specific interviews were carried out with those in charge of the waste department and visits were made to different pig slaughterhouses and companies that value pig by-products.

The results show that there is a positive trend both in the environmental aspect, in favor of the reuse of water and the recycling of waste from both pig meat and plastic, paper / cardboard and wood, although it can be improved with the application of actions that favor the objectives, either by implementing new techniques for reusing the company's own waste, minimizing the amount of waste, or developing actions that favor the use of clean energy, the use of water, and others. A circular economy index was developed for the pig sector, called the "Circular Economy Index for the Pig Sector (ECP)", which is built from four main elements, which are: the mass of residues from the pig slaughter destined for recovery per year, the mass of plastic, paper / cardboard and wood destined for recycling per year and the mass of plastic, paper / cardboard and wood reused per year, and the mass of product produced.

This work makes an innovative and necessary contribution to the pig sector since previously there was no system of indices and indicators that would allow directing this sector to tend towards the closed cycle within the framework of the circular economy.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **Resum**

El sector porcí genera una gran quantitat de residus, originats en el procés de producció, els quals són moltes vegades llançats com deixalles, perjudicant de manera a el medi ambient. Aquests residus, si són valoritzats, poden ser aprofitats per altres processos, ja sigui dins o fora de la mateixa empresa.

L'objectiu aquest estudi és crear un sistema d'indicadors que permeti mesurar el nivell de circularitat de la producció de carn porcina en els escorxadors de Catalunya, per tal que serveixi de suport als escorxadors, permetent comparar l'activitat de l'empresa amb anys posteriors, i així visualitzar la seva transició de lineal a circular. Es van elaborar un total de 43 indicadors d'economia circular per al sector porcí, dels quals 24 corresponen a l'aspecte ambiental, 11 a l'aspecte econòmic i 8 a l'aspecte social. A més, es va elaborar un índex, el qual permet observar de manera general com el sector porcí s'encamina a l'tendir a l'cicle tancat o a el tancament de cicle de matèria.

Per assolir els objectius d'aquest estudi, es van recopilar dades a través de diferents fonts d'informació de residus a Espanya, es van realitzar entrevistes puntuals als encarregats de l'departament de residus i es van realitzar visites a diferents escorxadors de porcs ia empreses de valorització de subproductes porcins.

Els resultats mostren que hi ha una tendència positiva tant en l'aspecte ambiental, a favor de la de la reutilització de l'aigua i de l'reciclatge de residus tant de carn porcina com de plàstic, paper / cartró i fusta encara que pot ser millorable amb l'aplicació d'accions que afavoreixin els objectius, ja sigui implementant noves tècniques de reutilització dels propis residus generats per l'empresa, minimitzant la quantitat de residus, o desenvolupant accions que afavoreixin l'ús d'energies netes, l'aprofitament de l'aigua, altres. Es va desenvolupar un índex d'economia circular per al sector porcí, anomenat "Índex d'Economia Circular per al Sector Porcí (ECP)", el qual es construeix a partir de quatre elements principals, que són: la massa de residus de la matança de l'porc destinat a valorització a l'any, la massa de plàstic, paper / cartró i fusta destinats a l'reciclatge a l'any i la massa de plàstic, paper / cartró i fusta reutilitzats a l'any, i la massa de producte produït.

Aquest treball fa una aportació innovadora i necessària en el sector porcí ja que anteriorment no existia cap sistema d'índexs i indicadors que permetés adreçar a aquest sector a tendir a l'cicle tancat en el marc de l'economia circular.

# Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

## Contenido

Resumen .....	2
Abastract.....	3
Resum .....	4
Listado de tablas.....	6
Agradecimientos.....	8
Símbolos y acrónimos.....	9
<b>1. Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. Justificación.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Objetivo general .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Objetivos específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4. Marco teórico / Antecedentes .....</b>	<b>11</b>
1.4.1. Ecología Industrial .....	11
1.4.2. Economía circular .....	12
1.4.3. Índice e indicadores de economía circular .....	14
<b>1.5. Sector porcino a nivel global .....</b>	<b>25</b>
<b>1.6. Sector porcino en Cataluña .....</b>	<b>25</b>
<b>1.7. Proceso de producción de carne porcina.....</b>	<b>26</b>
1.7.1. Ciclo productivo del porcino .....	27
1.7.2. Sistema de producción de carne porcina en Cataluña .....	28
1.7.3. Producto final y comercialización de carne en Cataluña .....	28
1.7.4. Subproductos porcinos producidos en un matadero de Cataluña. ....	29
1.7.5. Sacrificio de ganado porcino en los mataderos de Cataluña. ....	31
1.7.6. Valorización de los residuos de matadero.....	31
<b>1.8. ¿Cómo tender a la economía circular en el sector porcino?.....</b>	<b>33</b>
<b>1.9. Hipótesis .....</b>	<b>36</b>
<b>2. Metodología .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. Revisión bibliográfica y búsqueda de datos experimentales.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Creación de indicadores e índice de economía circular para el sector porcino .....</b>	<b>37</b>
<b>2.3. Cálculo de la línea base y análisis de indicadores de economía circular para el sector porcino .....</b>	<b>39</b>
<b>3. Resultados y discusiones.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1. Indicadores de economía circular para el sector porcino .....</b>	<b>40</b>
3.1.1. Límites del sistema .....	40
3.1.2. Funciones del sistema .....	40

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

3.1.3. Criterios, objetivos, temas e indicadores seleccionados para la creación de los indicadores.....	41
3.1.4. Cálculo y análisis de la línea de base de los indicadores de economía circular	48
3.1.5. Índice de economía circular para el sector porcino .....	56
4. Conclusiones .....	60
5. Bibliografía.....	63
6. Anexos.....	70
7. Índice alfabético .....	78

### Listado de tablas

Tabla 1: Sistema de indicadores de economía circular propuesto por Ruiz et al. Fuente: Elaboración propia basada en (Ruiz et al., 2019).....	16
Tabla 2: Sistema de indicadores de economía circular propuesto por Geng et al. & Figgie et al. Fuente: Elaboración propia basada en Geng et al. (2012) & Figge et al (2018).....	17
Tabla 3: Sistema de indicadores de economía circular propuesto por Parchomenko et al. & Moraga et al. Fuente: Elaboración propia basada en Parchomenko et al. (2019) & Moraga et al (2019). .....	18
Tabla 4: Sistema de indicadores de economía circular propuesto por Saunders et al. Fuente: Elaboración propia basada en Saunders et al. (1998).....	19
Tabla 5: Sistema de indicadores de economía circular propuesto por Park et al., Saidani et al. & Molina et al. Fuente: Elaboración propia basada en Park et al. (2014), Saidani et al. (2014) & Molina et al. (2017). .....	21
Tabla 6: Sistema de indicadores de economía circular propuesto por Secco et al. Fuente: Elaboración propia basada en Secco et al. (2020). .....	22
Tabla 7: Lista de índices propuestos por diferentes autores. Fuente: Elaboración propia. ....	23
Tabla 8: Etapas de los subproductos industriales generados por el sector porcino (A). Fuente: Elaboración propia. ....	29
Tabla 9: Criterios de EC de acuerdo a diferentes aspectos. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Tabla 10: Criterios, objetivos, temas e indicadores de EC para el sector porcino (Aspecto Ambiental - A). Fuente: Elaboración propia.....	42
Tabla 11: Criterios, objetivos, temas e indicadores de EC para el sector porcino (Aspecto Ambiental - B). Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 12: Criterios, objetivos, temas e indicadores de EC para el sector porcino (Aspecto Ambiental - C). Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 13: Criterios, objetivos, temas e indicadores de EC para el sector porcino (Aspecto Económico - A). Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 14: Criterios, objetivos, temas e indicadores de EC para el sector porcino (Aspecto Económico - B). Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 15: Criterios, objetivos, temas e indicadores de EC para el sector porcino (Aspecto Social). Fuente: Elaboración propia. ....	47
Tabla 16: Cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (A). Fuente: Elaboración propia.....	48
Tabla 17: Cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (B). Fuente: Elaboración propia.....	49
Tabla 18: Cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (B). Fuente: Elaboración propia.....	50

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

Tabla 19: Cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (D). Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 20: Cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (E). Fuente: Elaboración propia. ....	52
Tabla 21: Cálculo de indicadores del Aspecto Económico (A). Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 22: Cálculo de indicadores del Aspecto Económico (B). Fuente: Elaboración propia. ....	54
Tabla 23: Cálculo de indicadores del Aspecto Social. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 24: Cálculo de índice de economía circular para el sector porcino. Fuente: Elaboración propia. ....	59
Tabla 25: Fórmulas para el cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (A). Fuente: Elaboración propia. ....	70
Tabla 26: Fórmulas para el cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental (B). Fuente: Elaboración propia. ....	71
Tabla 27: Fórmulas para el cálculo de indicadores del Aspecto Económico. Fuente: Elaboración propia. ....	72
Tabla 28: Fórmulas para el cálculo de indicadores del Aspecto Social. Fuente: Elaboración propia. ....	73
Tabla 29: Datos para el cálculo de indicadores del Aspecto Ambiental. Fuente: Elaboración propia. ....	74
Tabla 30: Datos para el cálculo de indicadores del Aspecto Económico. Fuente: Elaboración propia. ....	75
Tabla 31: Datos para el cálculo de indicadores del Aspecto Social.....	76
Tabla 32: Presupuesto del estudio. Fuente: Elaboración propia. ....	77

### **Listado de gráficas**

Gráfica 1: Principales grupos de animales en el ciclo productivo del porcino. Fuente: Manejo y Producción de Porcino, UAB, 2013. ....	27
Gráfica 2: Concepción tradicional y moderna de la cadena de producción de carne porcina. Fuente: Manejo y Producción de Porcino, UAB, 2013. ....	28

### **Listado de anexos**

Anexo A: Tablas de fórmulas para el cálculo de los indicadores de economía circular.....	70
Anexo B: Tablas de datos para el cálculo de los indicadores de economía circular. ....	74
Anexo C: Presupuesto del estudio. ....	77

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a mi tutora, Dra. Gemma Cervantes Torre-Marín, por estar siempre dispuesta a brindar sus conocimientos y apoyo en cada una de las etapas de este proyecto, orientándome para así poder alcanzar los resultados que se buscaban en esta investigación. Además, al profesor, Dr. Joan De Pablo Ribas, por su ayuda brindada en el inicio de este TFM.

También quiero agradecer a las empresas relacionadas, por su ayuda incondicional, al abrir en ofrecer datos e informaciones de interés que han servido de utilidad para enriquecer este trabajo, además, de abrir sus puertas para explicar y brindar dichas informaciones de manera más cercana, y en el caso de algunas de ellas, de permitir algunas visitas a las áreas que se llevan a diferentes procesos.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigos, por apoyarme en todo momento, quienes me brindaron palabras de ánimo en momentos que necesitaba en diferentes situaciones. En especial, a mi madre, mi abuela y mi padrastro, que siempre me animaron a tomar la decisión de cursar estos estudios en el exterior y por estar presentes en diferentes situaciones durante todo este tiempo.

Muchas gracias a todos.



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **Símbolos y acrónimos**

EI – Ecología Industrial

EC – Economía Circular

ODS – Objetivos de Desarrollo Sostenible

GEI – Gases de Efecto Invernadero

PPA – Peste Porcina Africana

COVID-19 – Coronavirus

FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

UE – Unión Europea

RAE – Real Academia Española

PIB – Producto Interno Bruto

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **1. Introducción**

#### **1.1. Justificación**

La industria de la carne porcina genera una gran cantidad de subproductos, originados en el proceso de producción, por ejemplo: huesos, pelos, piel, pezuñas, colágeno, elastina, grasas, sangres biliares, heparina, albumina, entre otros. En ocasiones, estos residuos no son aprovechados para otros procesos industriales, siendo muchas veces arrojados como resto de materia orgánica, perjudicando de manera directa al medio ambiente. En otro ámbito, otra de las problemáticas que presenta este sector es la falta de indicadores e índices de economía circular, los cuales son una herramienta de mucha importancia para medir, y que podrían servir de guía en el desarrollo y mejora de dicho sector. Se revisó un total de diez estudios sobre indicadores de EC, pero solo dos establecen indicadores sobre algunos aspectos relacionados al sector porcino.

Este proyecto pretende realizar cálculos de indicadores de economía circular para el proceso de producción de carne porcina, en los mataderos de Cataluña (escorxador, en catalán), una vez definidos los flujos de residuos del sector porcino que permita llevar a cabo la creación de un índice de economía circular para medir y comparar el nivel de circularidad de dicho proceso productivo, dejando atrás el sistema tradicional del modelo lineal, en el cual los materiales no son reutilizados. Además, se analizará el sector porcino en Cataluña, especialmente en lo referente a los residuos y sus posibles valorizaciones, con la finalidad de que estos muestren un ejemplo claro de cómo aprovechar este tipo de residuos.

Con este trabajo, se pretende contribuir en gran medida, a la creación de un nuevo índice de economía circular que favorecerá no sólo al sector porcino en Cataluña, sino que puede servir de guía a otras comunidades autónomas de España, los países que forman parte de la Unión Europea, y al resto del mundo. Este índice ayudará en gran medida, a la visualización del grado de economía circular que hay en la valorización de los subproductos de la carne porcina, aprovechando así cada uno de estos de manera más eficiente, mejorando así las prácticas tradicionales que presenta dicho sector, y contribuyendo en la mejora del medio ambiente.

Se han descrito diferentes sistemas de indicadores, pero hasta ahora existían pocos sistemas que permitieran medir de manera efectiva o que sirviera de soporte al sector porcino, para que dicho sector realice su transición del modelo lineal al modelo circular.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **1.2. Objetivo general**

El objetivo general de este estudio es crear un sistema de indicadores que permita medir el nivel de circularidad de la producción de carne porcina en los mataderos de Cataluña.

### **1.3. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos que se han derivado del objetivo general son los siguientes:

1. Analizar el sector porcino en Cataluña, respecto a economía circular, índice e indicadores.
2. Caracterizar los flujos de residuos del sector porcino en Cataluña.
3. Crear un sistema de indicadores para medir el nivel de economía circular del sector porcino en Cataluña.
4. Desarrollar un índice de economía circular que permita medir y comparar el nivel de circularidad del proceso productivo de la carne porcina en Cataluña.
5. Calcular la línea base del sistema de indicadores de economía circular para el sector porcino en Cataluña.

### **1.4. Marco teórico / Antecedentes**

#### **1.4.1. Ecología Industrial**

La EI responde a un concepto dinámico, por lo que resulta complejo establecer una definición concreta que abarque todos los aspectos relacionados con la misma, de manera general, se puede definir como un área de conocimiento que trata de buscar que los sistemas industriales tengan un comportamiento similar al de los ecosistemas naturales, transformando el modelo lineal de los sistemas productivos en un modelo circular o cíclico, impulsando las interacciones entre economía, ambiente y sociedad e incrementando la eficiencia de los procesos industriales (Erkman, 2003).

La EI también se puede definir como el estudio de las interacciones físicas, químicas y biológicas dentro de los sistemas industriales, dentro de los sistemas industriales, naturales, sociales y al mismo tiempo las interacciones entre ellos (Cervantes et al., 2009). En tal sentido, la EI una nueva disciplina que tiene la finalidad de relacionar las exigencias de respeto por el ambiente con la necesidad del desarrollo industrial equilibrado. Las actividades, proyectos o empresas deben ser proyectadas y realizadas con el fin de poder reducir al mínimo su impacto sobre el medio ambiente, es decir, que las tecnologías y productos deben de responder no solo al principio de eficiencia económica, sino también al de ecoeficiencia (Arroyo, 2013).

Dentro de los principios de la ecología industrial se encuentran los siguientes (Rojas, 2015):

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

1. **Metabolismo industrial:** Este principio tiene la finalidad que en los sistemas industriales todos los residuos no generen contaminación o impacto ambiental, siendo necesarios adaptar mecanismos de prevención y corrección para que nada se pierda, es decir, que se transforme y circulen de manera perpetua.
2. **Desmaterialización de los productos:** Implica una disminución en la intensidad de uso de materiales en la producción industrial, es decir, la reducción de masa.
3. **Minimización del impacto ambiental:** Propicia el diseño y fabricación de productos con mínimos efectos adversos sobre el ambiente.
4. **Eficiencia energética:** Representa la efectividad del equipo para operar en ciclos o procesos, como medio para alcanzar un fin, en este caso, ahorro de energía.
5. **Autonomía energética:** incorporación de las energías renovables en los procesos de extracción de materiales y manufactura dirige a la utilización de fuentes que están disponibles localmente, es decir, en su entorno y que generalmente son abundantes.

Las tecnologías o los modos de producción convencionales suelen ser mejorados para una instalación correcta, sin tomar en cuenta el impacto global que generan, por lo tanto, provocan daños en el medio ambiente. Uno de los objetivos de la EI es situar la actividad tecnológica como parte del ecosistema que la incluye, analizando las entradas de recursos y salidas de residuos, así como también la manera en que la actividad humana afecta al ecosistema (Cervantes, 2011).

### **1.4.2. Economía circular**

La EC es actualmente un concepto popular para el desarrollo sostenible que promueve la Unión Europea y por varios gobiernos nacionales, como China, Japón, Reino Unido, Francia, Canadá, Países Bajos, Suecia, Finlandia, etc. La EC se define como la conversión de los bienes al final de su vida útil en recursos para otros, cerrando ciclos en los ecosistemas industriales, minimizando los residuos y siguiendo métodos sostenibles, fomentando el aprovechamiento de los recursos donde prima la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, reduciendo al mínimo los residuos y con el uso de productos biodegradables, reciclar los productos rechazados al medio ambiente (Valavanidis, 2018).

La EC es un modelo económico orientado al logro de sistemas de producción y consumo más eficientes y resilientes, que preserven los recursos dentro de un ciclo continuo y optimicen su valor (Fundación Fórum Ambiental, 2018). Un material puede ser productivamente utilizado una y otra vez, cuando cierto producto se encuentra en el final de su vida, se puede mantener dentro de la economía cada vez que sea posible.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

Este modelo contrasta con el modelo económico lineal, el cual está basado en el uso de una materia prima y luego de su aprovechamiento, al final de su vida, no se vuelve a utilizar, lo que provoca un gran cúmulo de residuos. Además, dicho modelo requiere una gran cantidad de materiales, energía barata y que sea de fácil acceso (Parlamento Europeo, 2015). En la EC “los recursos naturales (energía, aguas y materias primas) se utilizan repetidamente, conservándose dentro de la economía local el mayor tiempo posible” (Sol, 2016). La transición o el cambio hasta este modelo no se limita a solo los procesos que buscar reducir los impactos negativos de la EC, sino que se presenta como un cambio sistemático, desarrollando en el tiempo oportunidades económicas y de negocios, también proporcionando beneficios ambientales y sociales (Ellen Macarthur Foundation, 2021).

Los tres principios básicos de la EC (Valor et al, 2021):

1. Diseño para la eliminación de residuos y contaminación.
2. Alargar el tiempo de uso de productos y materiales.
3. Regeneración de los sistemas naturales.

La EC supone la oportunidad de generar un cambio en la forma de producir y consumir, ya que la misma busca desvincular el crecimiento económico del consumo de recursos y el impacto ambiental asegurando una sociedad próspera (Ruiz et al., 2019). Para poder tender a la EC, los indicadores deben estar dirigidos hacia ese camino, para ello deben cumplir con ciertos criterios que son los que marcan la dirección que tienen que seguir, algunos de estos son (Ajuntament de Sant Boi, 2017):

- Para los materiales: Desmaterialización, optimización de recursos, disminución de la generación de residuos, reúso, reciclaje, tender a ciclo cerrado, nuevas tecnologías, protección de la calidad del agua, reducción del uso de sustancias tóxicas.
- Para la energía: Ecoeficiencia, uso de energías renovables.
- A nivel económico: Internalización de las externalidades, diversificación de la economía, tecnologías eficientes, reducción de costos ambientales, intervención en la mejora de la calidad y de la responsabilidad social corporativa, obtención de ganancias por reducción, reúso y reciclaje de residuos.
- A nivel social: Distribución de recursos, creación y mejora de puestos de trabajo, creación de redes sociales, tecnología descentralizada, aumento de capital social local, cercanía, fomento del desarrollo tecnológico y la educación.
- A nivel de valores: Disminución de las necesidades, valoración de la diversidad, visión intergerencial.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **1.4.3. Índice e indicadores de economía circular**

#### **1.4.3.1. Concepto de indicadores e índices**

Un indicador es un indicio o señal de algo, representa una lista ordenada con algún criterio relacionado a una persona, empresa o institución, que generalmente contiene una breve descripción del objeto relacionado, o más bien, contiene ciertos datos o informaciones de interés. En este orden, un indicador es un dato o información que sirve para valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura, es decir, que facilita información sobre uno o varios detalles sobre algún tema en específico.

Un índice se diferencia de un indicador, en que el índice es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones respecto a de todos los factores que intervienen en un sistema, mientras que el indicador es un parámetro o valor que entrega indicaciones de la condición de una variable, tema o fenómeno que sirven de referencia para analizar el comportamiento de los impactos (Cordero, 2015).

Desde el ámbito de la EC, un índice es un indicador complejo que abarca muchas variables, mientras que, los indicadores son aquellos que miden los flujos de materiales de un producto o empresa para determinar si estos son o no restaurativos, además, permiten tener en cuenta impactos y riesgos adicionales. En sentido general, los índices e indicadores pretenden abordar la brecha para medir el desempeño de un producto o una empresa en el contexto de una EC, permitiendo a las compañías o a los diferentes sectores valorar si avanzan en su transición de lineales a circulares (Agora, 2018).

Los índices cumplen con los siguientes objetivos (Cordero, 2015):

- Resumir los datos ambientales, económicos o sociales existentes.
- Comunicar información sobre el sistema o del medio afectado.
- Evaluar la vulnerabilidad o susceptibilidad de una determinada categoría o aspecto.
- Centrarse selectivamente en los factores claves.
- Servir como base para la expresión del impacto al predecir las diferencias entre los diferentes valores.

Algunas de las características de los indicadores son (Cervantes, 2017):

- Facilitan la transmisión de información.
- Representan situaciones de una manera simplificada.
- Muestran los cambios.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- Son representativos de los problemas y de los objetivos.
- Son medibles y sus datos pueden ser actualizados.
- Son válidos desde el punto de vista científico.
- Son comprensibles no sólo para técnicos/as.
- Son aptos para mostrar tendencias en el tiempo.
- Son sensibles a los cambios ambientales, sociales y económicos.

Los indicadores se pueden componer de la siguiente manera (Cervantes, 2017):

- Por una variable (Ej.: Cantidad de residuos usados como materia prima).
- Por una relación de variables (Ej.: Número de bibliotecas públicas por habitantes).
- Interrelacionados formando índices complejos (Ej.: IBES -Índice de Bienestar Socioeconómico Sustentable-, la Huella Ecológica o el IDH -Índice de Desarrollo Humano-).

La medida de la EC ofrece oportunidades empresariales e industriales, es por ello que es importante contar con indicadores que permitan medir el impacto de dichas acciones, el cual deba dirigirse más allá de la eficiencia de los recursos, dígame agua, energía, materias primas, otros; pudiendo estos traducirse en decisiones estratégicas a nivel empresarial e industrial, que permitan cuantificar el impacto de los diferentes sectores (Ruiz et al. 2019). Los indicadores representan métricas valiosas para los encargados de formular políticas y tomar decisiones que puedan ayudar a lograr los objetivos y resultados de la EC (Geng et al., 2012).

Una vez que la empresa ha identificado su nivel de contribución a la economía circular, ha de analizar los flujos de entrada y salida de sus productos para medirlos dentro de un marco temporal. Luego, la organización deberá estudiar los puntos de la cadena de valor en los que sea más relevante actuar para mejorar sus resultados de acuerdo con criterios económicos, ambientales y sociales (Zero, 2019).

### **1.4.3.2. Creación de un sistema de indicadores**

Para la creación de indicadores es necesario considerar que cada sistema cumple con una función global, la cual va relacionada a las actividades que se desarrollan dentro de cualquier tipo de industria, por lo que es importante definir la función del sistema que permite determinar los criterios del DS que puedan ser aplicables al sistema y que se pueda detectar si existe alguna problemática o deficiencia en dicho sistema. Estos indicadores deben ser fácilmente interpretables, esto se puede cumplir al tener un número de indicadores, que sean suficientes y necesarios que puedan permitir la evaluación global del sistema. La función y los límites

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

determinan las relaciones entre entradas y salidas de recursos, residuos, subproductos y cualquier tipo de material y su relación con cualquier otro sistema (Nolasco, 2021).

### 1.4.3.3. Indicadores de economía circular

Desde la tabla 1 a la 6, se describen los sistemas de indicadores de economía circular propuestos por diferentes autores:

**TABLA 1: SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO POR RUIZ ET AL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN (RUIZ ET AL., 2019).**

<b>Ruiz et al. (2019)</b>	
<p><b>Estudio:</b> La medición de la Economía Circular. Marcos, Indicadores e Impacto en la Gestión Empresarial.  <b>Descripción del estudio:</b> Integra las bases de los beneficios de integrar una visión circular en la estrategia empresarial, analizando las claves de la medida de la circularidad empresarial, es decir, cómo las empresas pueden medir a nivel interno su avance en el cambio de un modelo lineal a un modelo circular.</p>	
<p><b><u>Eficiencia en el uso de materias primas, reciclaje y valorización</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de GEI's evitadas debido al reciclaje</li> <li>• Tasas de recuperación de residuos o embalajes de productos de la compañía o procesos productivos.</li> <li>• Tasas de valorización de residuos.</li> <li>• Porcentaje de materiales reciclados utilizados en el proceso productivo como materia prima.</li> <li>• Reducción en el consumo energético total o por unidad de producto.</li> <li>• Reducción en el consumo de agua total o por unidad de producto.</li> </ul>	<p><b><u>Ecodiseño (de productos y servicios)</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de reciclabilidad de los productos (% eficiencia, número y diversidad de componentes, facilidad de separar materiales...).</li> <li>• Tasa de reparabilidad de los productos.</li> <li>• Tasa de remanufactura de los productos.</li> <li>• Durabilidad y reutilización de los productos (por ejemplo, producto vendido como servicio).</li> <li>• Número de productos o servicios asociados a una nueva área de negocio sostenible.</li> </ul>
<p><b><u>Extensión de la vida útil de los productos (reutilización, reparación)</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo de ahorro de combustibles fósiles y CO<sub>2</sub> evitado por los clientes debido al uso de productos que provienen de la reutilización o reparación.</li> <li>• Porcentajes de productos reparados o reutilizados vendidos frente a los productos nuevos.</li> </ul>	<p><b><u>Cadena de valor circular</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de energías renovables y biomásas en el mix energético.</li> <li>• Porcentaje de materias primas de fuentes renovables en la composición de los productos vendidos.</li> <li>• Porcentaje de materiales reciclados en los productos provenientes de proveedores.</li> <li>• Porcentaje de insumos sostenibles utilizados en la empresa (por ejemplo, papel reciclado).</li> <li>• Colaboración con la cadena de suministro, política de compra y proximidad.</li> </ul>
<p><b><u>Simbiosis industrial</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de materias primas secundarias utilizadas para la producción</li> <li>• Cantidad de materiales y energía intercambiadas con otras empresas o grupos de interés (sector agrícola, por ejemplo).</li> <li>• Porcentaje de aguas residuales tratadas reutilizadas.</li> </ul>	



**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 2: SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO POR GENG ET AL. & FIGGIE ET AL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN GENG ET AL. (2012) & FIGGIE ET AL (2018).**

<b>Geng et al. (2012)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Hacia un sistema nacional de indicadores de economía circular en China: una evaluación y un análisis crítico.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Presenta de manera amplia un sistema nacional único de indicadores de EC en China, un análisis crítico de dicho sistema de indicadores y preocupaciones relacionadas con las barreras a la implementación.</p>	
<p><b><u>Tasa de producción de recursos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida del principal recurso mineral.</li> <li>• Salida de energía.</li> </ul>	<p><b><u>Tasa de consumo de recursos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía por unidad de PIB.</li> <li>• Consumo energético por valor industrial añadido.</li> <li>• Consumo energético de producto por unidad en sectores industriales clave.</li> <li>• Captación de agua por unidad de PIB.</li> <li>• Consumo de agua por unidad de producto en sectores industriales clave.</li> <li>• Coeficiente del agua de riego.</li> </ul>
<p><b><u>Tasa de utilización de recursos integrada</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de reciclaje de residuos sólidos industriales.</li> <li>• Relación de reutilización de agua industrial.</li> <li>• Tasa de reciclaje de aguas residuales municipales recuperadas.</li> <li>• Tasa de tratamiento seguro de desechos sólidos domésticos.</li> <li>• Tasa de reciclaje de chatarra de hierro.</li> <li>• Tasa de reciclaje de metales no ferrosos.</li> <li>• Tasa de reciclaje de papel usado.</li> <li>• Tasa de reciclaje de plástico</li> </ul> <p>Tasa de reciclaje de caucho.</p>	<p><b><u>Eliminación de desechos y emisión de contaminantes</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de residuos sólidos industriales.</li> <li>• Cantidad total de descarga de aguas residuales industriales.</li> <li>• Cantidad total de SO<sub>2</sub>.</li> <li>• Cantidad total de descarga de DQO.</li> </ul>
<b>Figge et al. (2018)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Longevidad y circularidad como indicadores del uso ecoeficiente de los recursos en la economía circular.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Tanto la longevidad como la circularidad son necesarias para el uso sostenible de los recursos. En base a esta, se han desarrollado una serie de indicadores tanto de circularidad como de longevidad que se centran en la contribución que las organizaciones y otros usuarios de recursos hacen a la sostenibilidad del uso de los recursos, combinando ambos indicadores.</p>	
<p><b><u>Longevidad y circularidad del oro en teléfonos móviles</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso inicial.</li> <li>• Remodelación.</li> <li>• Contribución de remodelación.</li> <li>• Reciclaje.</li> <li>• Contribución de reciclaje.</li> </ul>	

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 3: SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO POR PARCHOMENKO ET AL. & MORAGA ET AL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN PARCHOMENKO ET AL. (2019) & MORAGA ET AL (2019).**

<b>Parchomenko et al. (2019)</b>
<p><b>Estudio:</b> Midiendo la economía circular: un análisis de correspondencia múltiple de 63 métricas.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Proporciona una imagen estructurada del stock actual de métricas de CE, incluida la identificación de grupos de metodología y las perspectivas de evaluación relacionadas. Utiliza el método de Análisis de Correspondencia Múltiple (MCA) para evaluar 63 métricas de EC y 24 características relevantes para EC, la eficiencia del reciclaje, la longevidad y la disponibilidad de existencias.</p>
<p><b><u>24 características relevantes de la EC</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclaje y pérdida de reciclaje.</li> <li>• Existencias incrustadas o tiempos de vida distintos.</li> <li>• Mezclado de materiales.</li> <li>• Producto, partes, retención de materiales.</li> <li>• Uso en cascada de productos.</li> <li>• Potencial de reciclaje o remanufacturación.</li> <li>• Longevidad o tiempo de residencia.</li> <li>• Cambio de valor o uso productivo.</li> <li>• Intercambio de infraestructura/utilización de corrientes de recursos.</li> <li>• Productividad del recurso o eficiencia de los procesos.</li> <li>• Riesgo de suministro y escasez de recursos.</li> <li>• Consideración energética.</li> <li>• Entradas de proceso adicionales.</li> <li>• Materiales Primarios vs. Secundarios, partes y productos.</li> <li>• Reusar, remanufacturación, complejidad de reciclaje.</li> <li>• Disponibilidad o concentración de existencias.</li> <li>• Eficiencia de reciclaje.</li> <li>• Valor de materiales reciclados.</li> <li>• Depósito de residuos.</li> <li>• Dimensión espacial.</li> <li>• Flujos de destinación.</li> <li>• Modelado de los ciclos de los materiales.</li> <li>• Estabilidad del sistema.</li> <li>• Toxicidad y limpieza de los ciclos de los materiales.</li> </ul>
<b>Moraga et al. (2019)</b>
<p><b>Estudio:</b> Indicadores de economía circular: ¿Qué miden?</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Propone un marco de clasificación para categorizar indicadores de acuerdo con el razonamiento sobre estrategia y medición.</p>
<p><b><u>Clasificación de indicadores propuestos por la Comisión Europea</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autosuficiencia de materias primas.</li> <li>• Contratación pública ecológica.</li> <li>• Generación de desechos.</li> <li>• Tasas de reciclaje.</li> <li>• Reciclaje/recuperación de corrientes de desechos específicos.</li> <li>• Comercio de materias primas reciclables.</li> <li>• Inversiones privadas, empleo y valor agregado bruto.</li> <li>• Patentes relacionadas con el reciclaje y materias primas secundarias.</li> </ul>

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

**TABLA 4: SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO POR SAUNDERS ET AL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN SAUNDERS ET AL. (1998).**

<b>Saunders et al. (1998)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Indicadores ambientales para la presentación de informes sobre el estado nacional del medio ambiente.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Presenta un conjunto de indicadores ambientales para los asentamientos humanos para la presentación de informes sobre el estado del medio ambiente en Australia a escala nacional.</p>	
<p><b><u>Nivel macro/exógeno</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Migración internacional a Australia.</li> <li>• Producto interno bruto (PIB).</li> <li>• Globalización: dependencia económica.</li> <li>• Economía de la información.</li> </ul>	<p><b><u>Energía</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso total de energía.</li> <li>• Uso de energía en la industria.</li> <li>• Uso de energía en el transporte.</li> <li>• Uso de energía doméstica.</li> <li>• Uso de energía comercial.</li> <li>• Gasto en programas energéticos.</li> <li>• Energía renovable.</li> <li>• Costo de la energía.</li> </ul>
<p><b><u>Agua</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporción de asentamientos atendidos por agua tratada.</li> <li>• Patrones de consumo de agua de los hogares municipales.</li> <li>• Consumo total anual de agua por sector.</li> <li>• Aguas residuales vertidas en cuerpos de agua.</li> <li>• Aguas residuales vertidas y reutilizadas.</li> <li>• Población atendida por aguas residuales tratadas.</li> <li>• Aguas pluviales descargadas a las aguas receptoras.</li> <li>• Contaminantes en las descargas de aguas pluviales.</li> <li>• Aguas pluviales recicladas.</li> <li>• Aguas residuales reutilizadas por tipo de aplicación.</li> <li>• Consumo de agua residencial con un precio de agua alternativo.</li> <li>• Inversión en tecnología / conservación de aguas residuales y pluviales.</li> <li>• Violaciones comunitarias del agua potable.</li> </ul>	<p><b><u>Diseño urbano</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stock de bienes patrimoniales y culturales.</li> <li>• Terreno convertido de usos no urbanos a urbanos.</li> <li>• Espacio verde urbano público per cápita.</li> <li>• Densidad residencial.</li> <li>• Porcentaje de construcción residencial de densidad media y alta.</li> <li>• Índice de concentración industrial.</li> <li>• Relación de uso de suelo mixto.</li> <li>• Trabajadores a domicilio.</li> <li>• Agresiones físicas en lugares públicos.</li> <li>• Robo en casa.</li> <li>• Índices de desigualdad socioeconómica urbana.</li> <li>• Índices de segregación socioespacial.</li> </ul>
<p><b><u>Transporte y Accesibilidad</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso a las paradas de transporte público.</li> <li>• Propiedad del automóvil.</li> <li>• Densidad residencial percibida.</li> <li>• Titulares de la licencia de conducir por edad y sexo.</li> <li>• Suministro de estacionamiento de CBD y cargos.</li> <li>• Precio del combustible e impuestos.</li> <li>• Velocidad promedio por modo y distancia.</li> <li>• Elección de modo por propósito de viaje por área.</li> <li>• Tiempo total y distancia recorrida.</li> <li>• Densidad diaria percibida.</li> </ul>	<p><b><u>Población</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de crecimiento de la población y los hogares.</li> <li>• Hogares en Pobreza.</li> <li>• Tasas de desempleo.</li> <li>• Números de visitantes.</li> </ul>

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos económicos de los accidentes de tráfico.</li> <li>• Consumo de combustible por producción de transporte.</li> <li>• Costos de la congestión.</li> </ul>	
<p><b><u>Alojamiento</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de piso por persona.</li> <li>• Relación entre el precio de la vivienda y los ingresos.</li> <li>• Nuevas viviendas completadas.</li> <li>• Viviendas construidas en terrenos totalmente nuevos.</li> <li>• Rangos de tamaño de lote.</li> <li>• Personas sin hogar.</li> <li>• Materiales de construcción utilizados en viviendas / energía incorporada.</li> <li>• Eficiencia energética operativa</li> </ul>	<p><b><u>Calidad del aire interior</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacción de los ocupantes con la calidad del aire interior comercial.</li> <li>• Tasa de ventilación mecánica de edificios comerciales.</li> <li>• Confort térmico en edificios comerciales.</li> <li>• Tasas de infiltración de aire de viviendas nuevas.</li> <li>• Proporción de población sensible a los contaminantes.</li> <li>• Proporción de fumadores adultos con niños.</li> <li>• Proporción de edificios comerciales y recreativos con prohibición de fumar.</li> <li>• Cantidad de productos de amianto retirados de los lugares de trabajo.</li> <li>• Número de calentadores de gas.</li> <li>• Número de personas alojadas en edificios móviles.</li> <li>• Proporción de residencias con alto nivel de alérgeno de ácaros del polvo doméstico.</li> <li>• Incidencia de la enfermedad del legionario.</li> <li>• Producción de productos de construcción de bajas emisiones de COV.</li> <li>• Exposición al aire interior.</li> </ul>
<p><b><u>Salud Ambiental</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación bacteriana de alimentos o agua.</li> <li>• Incidencia de enfermedades transmitidas por vectores.</li> <li>• Exposición a productos químicos y desechos peligrosos.</li> <li>• Fumador pasivo.</li> <li>• Alfabetización en salud y habilidades de afrontamiento.</li> <li>• Depresión y trastornos relacionados.</li> <li>• Melanoma de piel.</li> <li>• Tasas de mortalidad por causas específicas.</li> <li>• Mortalidad entre los australianos indígenas.</li> <li>• Consultas GP.</li> <li>• Separaciones hospitalarias, todas las causas.</li> <li>• Gasto en servicios de salud.</li> </ul>	<p><b><u>Ruido</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición al ruido del tráfico.</li> <li>• Exposición al ruido de las aeronaves.</li> <li>• Exposición al ruido industrial.</li> <li>• Lesiones por ruido industrial.</li> <li>• Costo del control de ruido.</li> <li>• Densidad del tráfico rodado.</li> <li>• Densidad del tráfico aéreo.</li> </ul>
<p><b><u>Desperdicio</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos sólidos domésticos generados.</li> <li>• Residuos sólidos domésticos dispuestos en vertederos.</li> <li>• Residuos recuperados.</li> <li>• Residuos comerciales e industriales generados.</li> <li>• Energía recuperada de los desechos.</li> <li>• Proporción de lodos y biosólidos reutilizados.</li> <li>• Residuos peligrosos generados.</li> <li>• Residuos domésticos peligrosos recolectados.</li> </ul>	

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

**TABLA 5: SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO POR PARK ET AL., SAIDANI ET AL. & MOLINA ET AL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN PARK ET AL. (2014), SAIDANI ET AL. (2014) & MOLINA ET AL. (2017).**

<b>Park et al. (2014)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Establecer y probar el indicador de “potencial de reutilización” para gestionar los desechos como recursos.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Promueve las ideas contemporáneas acerca de la importancia de la gestión de los desechos como recursos, como las economías de material de ciclo cerrado o circular, y la gestión sostenible de los materiales, reforzando la noción de un paradigma basado en recursos en lugar de uno basado en desechos.</p>	
<p><b>Estimación de potenciales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción concreta en 2009.</li> <li>• Rango típico de contenido de cenizas volantes en hormigón.</li> <li>• Demanda potencial estimada en base a especificaciones técnicas.</li> <li>• Cantidad de cenizas volantes que califica para los requisitos de ASTM para uso en concreto.</li> <li>• Demanda potencial ajustada para la calidad de las cenizas volantes.</li> <li>• Cantidad real de reutilización de cenizas volantes en 2009.</li> <li>• Potencia de uso adicional.</li> <li>• Cal vendida o utilizada como fertilizante y cal agrícola.</li> <li>• Relación de sustitución entre las cenizas volantes y la cal.</li> <li>• Relación típica de gravedad específica de las cenizas volantes a la cal.</li> <li>• Demanda potencial de cenizas volantes aptas para su uso en agricultura.</li> <li>• Potencial de uso adicional.</li> </ul>	
<b>Saidani et al. (2014)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Una taxonomía de indicadores de economía circular.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Proporciona una síntesis y aclaración del tema de investigación emergente e imprescindible de los indicadores, y arroja algo de luz sobre los desafíos clave restantes, por su afectación efectiva por parte de la industria.</p>	
<p><b>Categorías de indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bucles.</li> <li>• Rendimiento.</li> <li>• Perspectiva.</li> <li>• Dimensionalidad.</li> <li>• Transversalidad.</li> <li>• Formato.</li> </ul>	
<b>Molina et al. (2017)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Diseño de Indicadores de Economía Circular como Instrumento para la Evaluación de la Sostenibilidad y Eficiencia en Aguas Residuales de la Industria Porcina.</p> <p><b>Descripción del estudio:</b> Se basa en mostrar unos indicadores con relación al tratamiento de aguas residuales que contienen gran cantidad de materia orgánica generadas por el estiércol, y de tal manera aplicar tratamientos que permitan la minimización de generación de residuos y eficiencia en el uso de recursos.</p>	
<p><b>Consumo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorción de biogás.</li> <li>• Torre de enfriamiento del condensador del vapor contenido en el biogás.</li> <li>• Torre de enfriamiento del motor de cogeneración.</li> <li>• Torre de enfriamiento del condensador del vapor contenido en el aire utilizado durante el proceso de secado.</li> <li>• Caldera de generación de vapor.</li> </ul>	<p><b>Generación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaporación.</li> <li>• Condensación del vapor contenido en el aire utilizado durante el proceso de secado.</li> <li>• Condensación del vapor contenido en el biogás obtenido durante la digestión anaeróbica.</li> </ul>

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 6: SISTEMA DE INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO POR SECCO ET AL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADA EN SECCO ET AL. (2020).**

<b>Secco et al. (2020)</b>	
<p><b>Estudio:</b> Economía circular en la cadena porcina: propuesta de modelo de medición.  <b>Descripción del estudio:</b> Propone un modelo para medir la economía circular en la cadena porcina, abordando situaciones específicas relacionadas con la interacción entre la economía circular y la gestión de los desechos porcinos.</p>	
<p><b><u>Económicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempeño económico.</li> <li>• Presencia en el mercado.</li> <li>• Impactos económicos indirectos.</li> <li>• Prácticas de adquisiciones.</li> <li>• Anticorrupción</li> <li>• Comportamiento anticompetitivo.</li> </ul>	<p><b><u>Ambientales</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales.</li> <li>• Energía.</li> <li>• Agua.</li> <li>• Biodiversidad.</li> <li>• Emisiones.</li> <li>• Efluentes y residuos.</li> <li>• Cumplimiento ambiental.</li> <li>• Evaluación ambiental del proveedor.</li> </ul>
<p><b><u>Sociales</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo.</li> <li>• Relaciones laborales.</li> <li>• Salud y seguridad ocupacional.</li> <li>• Capacitación y educación.</li> <li>• Diversidad y educación.</li> <li>• Diversidad e igualdad de oportunidades.</li> <li>• No discriminación.</li> <li>• Libertad de asociación y negociación colectiva.</li> <li>• Trabajo infantil.</li> <li>• Trabajo forzoso u obligatorio.</li> <li>• Prácticas de seguridad.</li> <li>• Derechos de los pueblos indígenas.</li> <li>• Comunidades locales.</li> <li>• Evaluación social de proveedores.</li> <li>• Política pública.</li> <li>• Salud y seguridad del cliente.</li> <li>• Comercialización y etiquetado.</li> <li>• Privacidad del cliente.</li> <li>• Cumplimiento socioeconómico.</li> </ul>	

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 1.4.3.4. Índices de economía circular

En la tabla 7, se presentan los índices de economía circular propuestos por diferentes autores:

**TABLA 7: LISTA DE ÍNDICES PROPUESTOS POR DIFERENTES AUTORES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Nombre del índice	Abreviación	Autor	Año
Índice de circularidad de materiales	MCI	Fundación Ellen McArthur	2010
Índice de desarrollo regional de la economía circular	CDI	Guo-Gang	2011
Sistema de índices de evaluación sobre el nivel de desarrollo de la economía circular en empresas químicas	CE-enterprise-index	Li	2012
Índice de desperdicio cero	ZWI	Zaman	2013
Índice de procesos sostenibles	SPI	Narodoslawsky	2015
Índice de reciclaje de materiales	MATERIAL-RI	Reuter	2016
Índice circular sostenible	SCI	Azevedo	2017
Coherencia en el modelado de políticas	PMC	Li	2021

#### **a) Índice de Circularidad de Materiales (Material Circularity Index)**

Este índice mide hasta qué punto un producto ha minimizado el flujo lineal y ha maximizado el flujo de restauración para los materiales que lo componen, y cuánto tiempo e intensamente se usan en comparación con un producto promedio de la industria similar. Se construye esencialmente a partir de una combinación de tres características: la masa de materia prima virgen utilizada en la fabricación, la masa de desechos irrecuperables que atribuyen al producto y un factor de utilidad que representa la longitud e intensidad del producto (Ellen McArthur Foundation, 2015).

#### **b) Índice de desarrollo regional de la economía circular (The Regional Circular Economy Development Index)**

Se basa en los siguientes cuatro criterios: 1) consumo de recursos, con un enfoque en el consumo de agua y una consideración de la eficiencia energética; 2) perturbación ambiental; 3) reciclaje, mostrando una “preferencia” explícita por el ciclo de reciclaje; y 4) desarrollo social, basado principalmente en el crecimiento económico (Guo-Gang, 2011).

#### **c) Sistema de índices de evaluación sobre el nivel de desarrollo de la economía circular en empresas químicas (Evaluation of the circular economy development leve lof Chinese chemical enterprises)**

Este índice es un sistema de evaluación basado en el desarrollo económico, aprovechamiento de recursos, reducción de efluentes, eficiencia biológica y potencial de desarrollo, junto con el

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

modelo de suma ponderada, se ha utilizado para realizar una evaluación integral del nivel de desarrollo de las industrias químicas, y se ha verificado la ejecución del desarrollo de la economía circular en las industrias químicas (Li & Su, 2012).

### **d) Índice de desperdicio cero (Zero Waste Index)**

El índice de residuos cero pronostica la cantidad de materiales vírgenes, energía, agua y emisiones de gases de efecto invernadero sustituidos por los recursos que se recuperan de los flujos de residuos, y representa una herramienta innovadora para evaluar el desempeño de la gestión de residuos y la sustitución de materiales por los sistemas de gestión de residuos en diferentes ciudades (Zaman & Lehmann, 2013).

### **e) Índice de procesos sostenibles (Sustainable Process Index)**

Este índice forma parte de la familia de huella ecológica y, como tal, es un método de evaluación ambiental complejo y altamente agregado, su normativa base es el concepto de sostenibilidad fuerte que limita la intercambiabilidad del capital humano y natural, además requiere una economía sostenible para vivir de los ingresos naturales como es la radiación solar (Narodoslawsky, 2015).

### **f) Índice de reciclaje de materiales (Material Recycling Index)**

Expresa la tasa de reciclaje de materiales / elementos individuales para el diagrama de flujo de procesamiento de un producto específico o rediseño. Cuanto mayor sea la tasa de reciclaje por material / elemento, más se acerca el círculo interno del Índice de Reciclaje de Materiales a una representación circular de la EC (Van Schaik & Reuter, 2016).

### **g) Índice circular sostenible (Sustainable Circular Index)**

La construcción del Índice Circular Sostenible sugerido está conformada por cuatro dimensiones (económica, social, ambiental y circularidad), y cada una de ellas está orientada por los siguientes objetivos: (1) dentro de la dimensión económica el valor económico generado y distribuido, el deben maximizarse los gastos en investigación y desarrollo y el empleo; (2) en la dimensión social se deben minimizar los accidentes laborales, el trabajo precario, el absentismo, la rotación de trabajadores y la pérdida de productividad; (3) dentro de la dimensión ambiental, se deben minimizar los desechos peligrosos, el agua consumida y la energía utilizada; y (4) considerando la dimensión de circularidad, se deben maximizar los insumos que provienen de material virgen y materiales reciclados y reutilizados, la vida útil e intensidad de los productos usados y la eficiencia del proceso de reciclaje (Azevedo et al., 2017).



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **h) Coherencia en el modelado de políticas (Policy Modeling Consistency)**

Este índice analiza la consistencia interna de una política, sino que también destaca las ventajas y desventajas de una política, la situación general de la política y la situación específica de cada política, se compone de los siguientes elementos (1) establecimiento de un sistema de índice variable; (2) construcción de tablas de entradas y salidas múltiples; (3) el cálculo del índice PMC; y finalmente, (4) la generación de una superficie de PMC (Li et al., 2021).

#### **1.4.3.5. Línea base**

La línea de base o línea base, es una investigación aplicada que se realiza con el fin de llevar a cabo una descripción de la situación inicial de un sistema objetivo de un proyecto, así como del contexto pertinente, en este caso, el sector porcino; a los efectos de que la información o datos obtenidos se pueda comparar con estudios o mediciones posteriores, y en ese sentido, poder realizar una evaluación objetiva de la magnitud de los cambios logrados una vez se ha desarrollado el proyecto (Medianero, 2014).

#### **1.5. Sector porcino a nivel global**

En la industria cárnica se pueden distinguir dos tipos de actividades principales: los mataderos o salas de despiece y la transformación de productos cárnicos (Ruiz et al., 2001). La producción de carne de cerdo en el año 2019 fue aproximadamente de 102,000 millones de toneladas, lo que indica que se redujo en comparación con años anteriores. Se prevé que en el año 2020 la producción fue inferior debido a la PPA y al COVID-19 (STATISTA, 2021).

La producción porcina tiene una gran importancia como proveedora de carne en todo el mundo ya que aporta cerca o más del 40% del consumo total de carne de la población del planeta (Sánchez, 2017). Los principales países y regiones productores de carne porcina en el mundo son Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea, y China, destacándose este último como el principal productor (Oteiza, 2013).

#### **1.6. Sector porcino en Cataluña**

La industria cárnica es el cuarto sector industrial en España (ANICE, 2021), y el primer sector agroalimentario en Catalunya (PRODECA, 2021). Además, es uno de los más importantes de la UE, ya que produce más del 27% del total, con un volumen de negocio de más de 7.000 M€ en materia de carne, embutidos y preparados. Una cifra que supone una ocupación de más de 30.000 personas, la actividad de cerca de 650 empresas y representa el 31% del sector agroalimentario de Catalunya, supone el 32% del sector en el marco del Estado y llega al 5,33% del total de la industria catalana (PRODECA, 2019).

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

Cataluña se ha consolidado como uno de los centros de producción de carne más importantes del continente europeo ya que produce millones de toneladas al año de todas las especies: porcino, bovino, ovino, caprino, equino, aves y conejo. Además, Catalunya es el décimo productor de carne porcina del mundo. El año 2018 la suma total de las exportaciones de este tipo de carne alcanzó los 2.900 M€ (PRODECA, 2019).

Este sector cada vez más se orienta a la integración vertical, es decir que abarca varias tareas como forma de asegurar una serie de procedimientos que permiten seguir el proceso desde la granja hasta el punto de venta, cumpliendo con las exigencias crecientes del mercado (FAO & INTA, 2012). Más allá de los beneficios económicos, las practicas convencionales en la industria porcina también implican una serie de impactos ambientales, producto del proceso productivo, los cuales necesitan tratarse para poder recircular los subproductos generados por este sector. La producción de pienso y el transporte son las etapas más críticas del sistema (Noya et al, 2017).

En otro ámbito, este sector genera una gran cantidad de residuos que resultan de dicho proceso de producción, ya que no todas las partes del cerdo se consumen y, por lo tanto, son desaprovechadas como, por ejemplo: huesos, pelos, piel, pezuñas, colágeno, elastina, grasas, sangres biliarres, heparina, albumina, entre otros. Si se aplica EC en los procesos productivos de la carne porcina, estos desperdicios pueden ser de gran utilidad para la elaboración de otros materiales, favoreciendo así una recirculación a dichos elementos.

Con el fin del aprovechar por completo los residuos generados por dicho sector, en este estudio se elaborará un nuevo índice e indicadores de EC, el cual pretende ayudar a la gestión de los subproductos generados por la industria de la carne de cerdo, favoreciendo en tal medida, la circularidad de los mismos. Una vez establecidos los índices e indicadores de EC para el sector porcino, este permitirá la realización de cálculos del proceso productivo de la carne de cerdo, por tanto, ayudará a que dicho sector se oriente más al modelo de EC.

El concepto de EC está recibiendo cada vez más atención en todo el mundo como un medio para superar el patrón convencional de producción y consumo centrado tanto en el crecimiento continuo como en el aumento del rendimiento de los recursos (Ghisellini et al, 2013). Por tanto, se requieren cambios sustanciales en cuanto a diseño, producción, consumo, uso, prácticas de desperdicio y reutilización a lo largo de la cadena productiva (Hobson, 2015).

### **1.7. Proceso de producción de carne porcina**

El proceso de producción de carne porcina se fundamenta en un conjunto de procesos biológicos que se relacionan en el tiempo y terminan el rendimiento final (Levinton, 2015). Las granjas

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

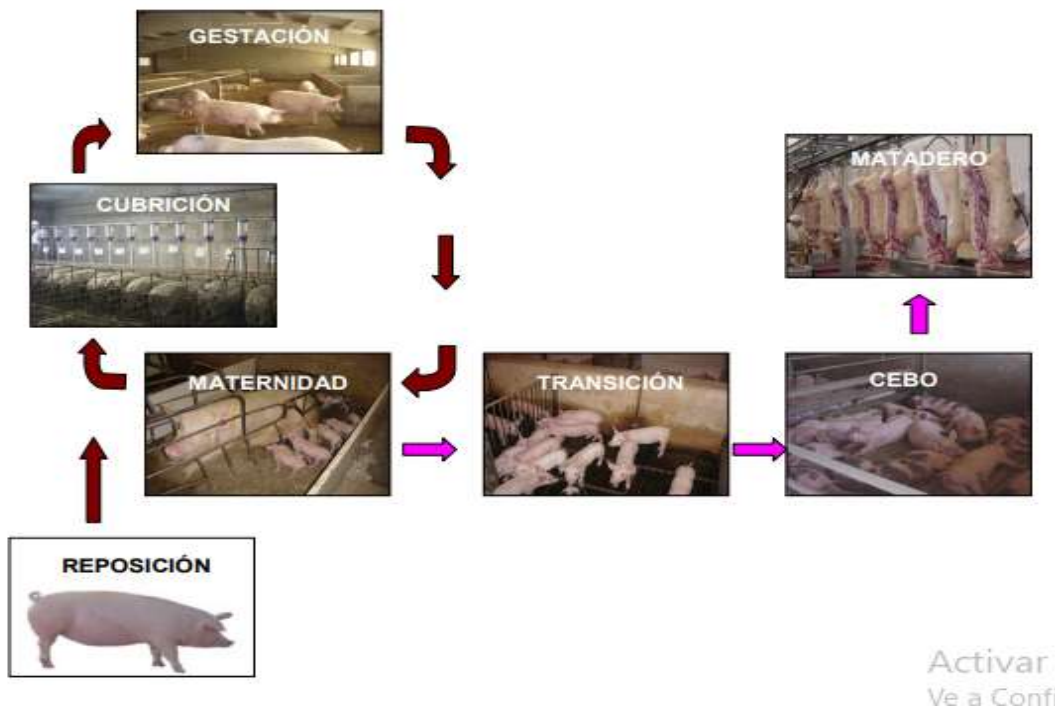
porcinas se encargan de criar cerdos con destino al matadero para obtener carne la cual se destina para ser consumida de forma fresca o ya sea para ser transformada en otros productos cárnicos (jamones, salchichones, entre otros). Este proceso se produce de la siguiente manera:

### 1.7.1. Ciclo productivo del porcino

El ciclo reproductivo del cerdo se desarrolla en dos líneas de producción que funcionan de forma semejante (ver Gráfica 1). Por un lado, parte de la producción de lechones destetados (ciclo de las madres -color rojo), y por otro, la producción de cerdo engordado para el matadero (ciclo de los lechones con destino al matadero -color rosa-).

El ciclo productivo de las madres, también llamado producción de lechones, tiene una duración aproximada de entre 20 y 22 semanas, dependiendo en primera instancia de la duración de la lactación. Durante este periodo se producen tres eventos fundamentales que definen el propio ciclo: la cubrición, el parto y el destete. Entre la cubrición y el parto se produce la gestación (16-17 semanas), entre el parto y el destete, la lactación (3-4 semanas) y entre el destete y la siguiente cubrición pasa un tiempo de alrededor una semana. En condiciones comerciales los cerdos llegan al matadero con 23-25 semanas de vida y con un peso al sacrificio de aproximadamente 100-120 kg (Paramio et al., 2013).

**GRÁFICA 1: PRINCIPALES GRUPOS DE ANIMALES EN EL CICLO PRODUCTIVO DEL PORCINO. FUENTE: MANEJO Y PRODUCCIÓN DE PORCINO, UAB, 2013.**



Activar<sup>1</sup>  
Ve a Confi

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 1.7.2. Sistema de producción de carne porcina en Cataluña

Las granjas porcinas comerciales no siempre incluyen todos los grupos de animales que componen el ciclo productivo. Cuando en una granja coinciden el ciclo de las madres y el ciclo completo de los lechones destinados al matadero se dice que es una granja en un sistema de producción en ciclo cerrado. La alternativa más común al ciclo cerrado es el sistema de producción en fases, definido en tres fases o sitios: fase o sitio uno (S1) que incluye el ciclo de las madres, fase o sitio dos (S2) que incluye únicamente el periodo de destete-transición y fase o sitio tres (S3) que alberga los animales en crecimiento y cebo (Paramio et al., 2013).

**GRÁFICA 2: CONCEPCIÓN TRADICIONAL Y MODERNA DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE CARNE PORCINA. FUENTE: MANEJO Y PRODUCCIÓN DE PORCINO, UAB, 2013.**



### 1.7.3. Producto final y comercialización de carne en Cataluña

En la concepción actual, el sector porcino integra no sólo el subsector de producción ganadera propiamente dicho sino también los subsectores de transformación y comercialización (mataderos, salas de despiece y de fileteado) y de venta (mayoristas, gran distribución y/o comercio tradicional). En la Gráfica 2 se muestran los principales eslabones de la cadena de producción de carne de porcino tanto en su concepción tradicional como más moderna. En términos de seguridad alimentaria lo ideal sería que, desde el punto de vista del consumidor y desde la eficiencia del proceso, una misma empresa fuera capaz de integrar y gestionar toda la cadena; sin embargo, a día de hoy, tan sólo existen varios intentos y pocas realidades en este sentido. En cualquier caso, el cerdo de cebo es sacrificado en el matadero a los 5 - 6 meses de edad con un peso vivo de aproximadamente 100-105 Kg. Una vez sacrificado se extraen las

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

vísceras y se obtiene la canal, que suele ser de un peso de entre 75-85 Kg. La canal es refrigerada y posteriormente se destina a las salas de despiece, donde se obtienen las diferentes partes, que pueden ser preparadas, en mayor o menor grado (sala de fileteado), para su comercialización y venta en fresco o con destino a la industria transformadora (Paramio et al, 2013).

### **1.7.4. Subproductos porcinos producidos en un matadero de Cataluña.**

Se llama matadero, camal o rastro a aquellos establecimientos industriales legalmente autorizados, dotados de instalaciones completas donde se sacrifican y preparan los animales de abasto, es decir, animales que proporcionan carne roja, que están destinados al consumo humano y sometidos a seguridad sanitaria para velar por la salud pública (Bobenrieth et al., 1985).

La producción de carne pasa por varias etapas, dentro de las cuáles se van generando subproductos industriales que no son aptos para consumo humano. En la tabla 8, se presentan las etapas de los subproductos industriales generados por el sector porcino.

**TABLA 8: ETAPAS DE LOS SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES GENERADOS POR EL SECTOR PORCINO (A). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Etapas</b>	<b>Subproductos</b>
<b>1. Recepción</b>	Cadáver, purín, fango, agua residual.
<b>2. Inspección antemortem</b>	Cadáver, purín, fango, agua residual.
<b>3. Estabulación</b>	Cadáver, purín, fango, agua residual.
<b>4. Baño antemortem</b>	Agua residual.
<b>5. Insensibilización</b>	No se producen residuos.
<b>6. Degollado</b>	Sangre.
<b>7. Escalado</b>	Agua residual.
<b>8. Depilado</b>	Piel, pelos.
<b>9. Flagelado</b>	Restos de pelo.
<b>10. Chamuscado</b>	Restos de pelo.
<b>11. Ducha</b>	Agua residual.
<b>12. Corte de pezuñas</b>	Pezuñas.
<b>13. Extracción del recto</b>	Contenido intestinal.
<b>14. Eviscerado</b>	Glándulas, vísceras blancas, pulmones, tráquea, grasa, vejiga, próstata, tela intestinal, páncreas, mucosa intestinal, bazo.
<b>15. Inspección veterinaria</b>	Decomisos.
<b>16. Despiezado</b>	Huesos, grasas, restos de carne, cabeza, tumores, plástico.
<b>17. Envasado</b>	Plástico, madera.
<b>18. Refrigerado</b>	Aguas residuales, hielo.
<b>19. Expedición</b>	---

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

De acuerdo con Casals (2020), para entender la naturaleza de los subproductos industriales que se generan en el marco de la EC en el sector porcino, se definen las siguientes etapas:

- a) **Recepción:** Se refiere a la llegada al matadero de los animales que han sido trasladados desde la granja.
- b) **Inspección antemortem:** Es un examen que se realiza a los animales vivos que deben ser sacrificados, y así poder comprobar su estado de salud y su normalidad fisiológica, o si presenta alguna anomalía.
- c) **Estabulación:** Es el tiempo que pasa desde la inspección antemortem hasta el momento del sacrificio, dejando los animales reposar en el corral.
- d) **Baño antemortem:** Sistema de duchado por el que pasan los animales una vez son sacados del corral para eliminar la suciedad más superficial.
- e) **Insensibilización:** Los animales son insensibilizados a través de descarga eléctrica o CO<sub>2</sub> para entrar en estado de inconsciencia antes del sacrificio, con el fin de evitar cualquier dolor o sufrimiento.
- f) **Degollado:** Una vez se inestabiliza el animal, es degollado y se deja desangrar. E desangrado en los cerdos se realiza por punción y corte a la entrada del pecho.
- g) **Escalado:** Consiste en poner el animal en contacto con el agua o vapor de agua a una temperatura de unos 65º C durante algunos minutos con el fin de que el pelo se ablande.
- h) **Depilado:** Se eliminan los pelos y la capa queratinizada de la epidermis con máquinas depiladoras, una vez realizado el escalado.
- i) **Flagelado:** Se lleva a cabo después del depilado para acabar de arrancar pelos que no habían quedado depilados.
- j) **Chamuscado:** Constituye una operación complementaria a la de escalado, depilado y flagelado, ya que estas no suelen eliminar por completo el pelo, asegurando la desaparición de todos.
- k) **Ducha:** Se vuelve al duchar al animal para separar el pelo del cuerpo.
- l) **Corte de pezuñas:** Se cortan las pezuñas y se separan del cerdo.
- m) **Eviscerado:** Consiste en la extracción de las vísceras abdominales y torácicas del cerdo.
- n) **Inspección veterinaria:** Las canales o el cuerpo en frío del animal sacrificado sin vísceras pasan por una inspección veterinaria antes del despiece para observar su estado.
- o) **Despiezado:** Consiste en la partición de la canal del cerdo en dos y a partir de ahí se van cortando las diferentes piezas de carne.
- p) **Envasado:** Los diferentes productos o piezas de carne se envasan para poder ser vendidos.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- q) Refrigerado:** Los productos se mantienen en refrigeración en las diferentes cámaras de refrigerado o congelado desde que se envasan hasta que se expiden.
- r) Expedición:** Las canales se montan a los vehículos y se transportan hasta los clientes.

### **1.7.5. Sacrificio de ganado porcino en los mataderos de Cataluña.**

Como bien se ha mencionado en párrafos anteriores, la industria de la carne porcina representa el principal sector agroalimentario de Cataluña. Esto hace que Cataluña sea consolidada como una de las regiones más importantes de Europa en el marco de producción de carne de cerdo.

En el año 2019 se sacrificaron un total de 22.451.793 cerdos en los mataderos de Cataluña, de los cuales 10.309.395 corresponden a Gerona, siendo esta la provincia con mayor número de sacrificios, le siguen Barcelona con un total de 9.824.653, Lérida con 2.310.631 y Tarragona con 7.114, siendo esta última la región con menor número de sacrificios. El 99% de los sacrificios en Barcelona, se realizó a los cerdos de cebo y el 1% los cerdos de desvieje. En Gerona, el 100% corresponde a los cerdos de cebo. En Lérida el 93% corresponde a los cerdos de cebo y el 7% a los cerdos de desvieje. Por último, en Tarragona el 99% corresponde a los cerdos de cebo y el 1% a los cerdos lechones.

La mayor cantidad de cerdos de cebo sacrificados fue en Girona con un total de 10.309.341, seguida de Barcelona con 9.692.287, Lérida con 2.155.163 y Tarragona con 7.038. Con relación a los cerdos de desvieje, la mayoría de sacrificios se produjo en Lérida con 155.463 del total, luego Barcelona con 122.166, Gerona y Tarragona no sacrificaron ninguno de este tipo. En cuanto a los cerdos lechones, la mayor cantidad de cerdos lechones sacrificados se produjo en Barcelona con 10.200 del total, seguida de Tarragona con 76, Gerona con 54 y Lérida con 5.

### **1.7.6. Valorización de los residuos de matadero**

Los mataderos producen una gran cantidad de residuos, los cuales deben ser tratados para evitar los problemas ambientales, la propagación de plagas y de enfermedades producto de la contaminación, generadas por dichos residuos. Hoy en día, se presentan diferentes formas para la eliminación, tratamiento y valorización de los residuos generados por los mataderos, los cuales son capaces de compatibilizar su gestión integral con el creciente número de disposiciones que orienten hacia la reducción orgánica en vertederos (Pons, 2004).

A medida que pasa el tiempo, la industria cárnica intenta cada vez más, de encontrar nuevas soluciones para valorizar los residuos cárnicos, como son: huesos, pelos, piel, pezuñas, colágeno, elastina, grasas, sangres biliares, heparina, albumina, otros. También, deben gestionar otros tipos de residuos que se generan en el proceso, como son los plásticos, papel/cartón y madera.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

En el caso concreto de los residuos de matadero de cerdo, estos residuos pueden ser valorizados de la siguiente forma (Casals, 2020):

- Los cadáveres de los animales que mueren antes de entrar en el matadero se pueden utilizar para la producción de abonos y biogás.
- Los purines, que se componen de la orina de los cerdos diluida en agua residual y mezclada con heces, se utilizan para producir abonos.
- Los lodos mezclados con la suciedad de los animales, heces y lodos de depuradora, se destinan a la producción de biogás.
- Con el agua residual que entra a la depuradora propia del matadero, se obtiene agua tratada.
- La sangre se utiliza para producir subproductos de la misma y también se envía a centros de investigación para realizar estudios.
- Los pelos se utilizan para la producción de fertilizantes de alta calidad.
- En el cortado de uñas se obtienen los cascos que se utilizan para la producción de comida animal (PetFood).
- El contenido intestinal se utiliza para la producción de biogás.
- Las glándulas, las vísceras blancas que no se destinan a consumo humano, los pulmones, la tráquea, la grasa, la vejiga, la próstata y la tela intestinal se utilizan para producir abonos y biogás.
- El páncreas y la mucosa intestinal son enviados a farmacéutica para la obtención de insulina.
- El bazo se utiliza para la producción de PetFood.
- Los cadáveres decomisados por el veterinario junto con las vísceras se utilizan en la producción de abonos y biogás.
- Los huesos, grasas, restos de carne y cabezas son usados para la producción de PetFood.
- Los tumores que se encuentran cuando se abre la canal se utilizan en la producción de abonos y biogás.
- Cuando se empiezan a envasar la carne en los plásticos correspondientes para enviar a los clientes, los residuos obtenidos en esta etapa son plásticos que cuando se rompen, se ensucian o quedan inservibles por algún motivo y terminan tirados.

En sentido general, en la etapa del envasado resultan residuos de papel/cartón, madera y plástico que son los materiales utilizados para el envasado y empaquetado de los productos que deben ser enviados al cliente. En el caso específico de la madera y el papel/cartón que se pueda



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

quedar como subproducto, ya sea porque se ha roto, ensuciado o por otros motivos, se envía a una planta de reciclado (Casals, 2020).

Cada vez más son más las empresas y expertos de gestión de subproductos cárnicos los que desarrollan diferentes equipos de trabajos para tratar el tema de la reducción de residuos en dicho sector, los cuales son temas que preocupan al conjunto del sector cárnico y a las administraciones por sus componentes medioambientales y económicas (Centro Tecnológico Agroalimentario, 2011). Los avances de la tecnología, en conjunto con nuevos estudios que favorecen la valorización de residuos de carne, indican que cada vez más son mayores los avances en esta materia, por lo que, cada vez más salen a la luz nuevos estudios que indican que estos subproductos pueden ser utilizados para otros usos.

### **1.8. ¿Cómo tender a la economía circular en el sector porcino?**

Para tender a la EC en este sector, se deben seguir realizando estudios, pruebas y tratamiento a los residuos producidos por el sector, con la finalidad de obtener cada vez más informaciones y datos que permitan redirigir el sector en su transición de lineales a circulares. En el ámbito de la EC, el sector porcino ha ido avanzando aplicando nuevas tecnologías para la reutilización de algunos de los subproductos, compuesto por la mezcla de heces, orines, paja, agua de limpieza, entre otros (Comín, 2020).

Algunas otras alternativas de valorización de subproductos que favorezcan al sector a la EC, son las siguientes (Casals, 2020):

- **Productos de interés internacional:**

Algunos subproductos que se consideran no comestibles en un país, pueden ser bienes preciados en otros países, por lo que, esta consideración depende en parte de la demanda del mercado y de la búsqueda de países que consuman este tipo de productos de manera cotidiana en su alimentación, y algunos países como China, Japón y la India los utilizan para fines médicos (Casals, 2020).

- **Alimentos para animales:**

Para reducir los efectos negativos del impacto ambiental producido por la acumulación de subproductos, se pueden incorporar en otros procesos productivos, como es en la alimentación del ganado no destinado a la alimentación humana con los subproductos biológicos permitidos que permite reducir costes en cuanto a la eliminación de subproductos y la producción de carne. Los huesos, la carne, la harina de sangre y soluciones proteicas extraídas de estas, se utilizan

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

como fuente de nutrición animal, tanto para el ganado no destinado para consumo humano como para los animales de compañía o domésticos.

- **Proteínas:**

Existen diferentes subproductos que contienen una gran cantidad de proteínas. En el caso de la sangre, actualmente es vertida junto con las aguas residuales, pero la misma puede ser aprovechada para la producción de platos típicos hechos a base de sangre, y cuando es tratada, en la industria de la alimentación humana y animal, y en la industria farmacéutica.

En cuanto a la piel, se pueden extraer proteínas filamentosas como la elastina y el colágeno y se utilizan en la industria cosmética y en intervenciones quirúrgicas reparadoras. El colágeno también se puede extraer de los huesos, tendones y cartílagos; en la industria cárnica puede tener muchas funciones diferentes, por ejemplo, en la carne procesada, para mejorar la ternura y textura; el colágeno en forma de colágeno hidrolizado y fibra de colágeno también sirve para transportar antioxidantes cuando se añade a los productos cárnicos para prevenir la oxidación de los lípidos.

También, del colágeno, se obtiene la gelatina mediante hidrólisis y se utiliza en la industria alimentaria para la producción de postres, caramelos, productos de panadería, helados, etc. Se puede usar como agente clarificador, estabilizador o como material de recubrimiento protector. Tanto la gelatina como el colágeno se utilizan como ingredientes tensioactivos, pinturas, barnices, adhesivos, anticoagulantes, limpiadores, pulidores y productos farmacéuticos.

Finalmente, la queratina es una proteína filamentososa que se encuentra en el pelo, las uñas, plumas, cuernos, pezuñas y en las capas más externas de la epidermis de los vertebrados. La queratina tiene diferentes aplicaciones en biomedicina, por ejemplo, materiales regenerativos, ingeniería de tejidos, producción de hilos a base de queratina, productos cosméticos para el cuidado del pelo, entre otras.

- **Compuestos químicos:**

De las partes cartilagosas de los animales como la tráquea y la cabeza, se obtienen algunos compuestos químicos como son: el sulfato de condroitina, el cual es utilizado en bioingeniería médica para la regeneración de tejidos y para investigación; el ácido hialurónico que se utiliza como lubricante, amortiguador, regenerador de tejidos, en cirugía intraocular, procesos aórticos, artríticos y para la recuperación de tejido quemado; a partir del páncreas y de la mucosa intestinal del cerdo, se puede sintetizar la insulina; los ácidos grasos se extraen de las grasas y se utilizan en procesos químicos como la producción de goma, la polimerización de

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

plástico, suavizantes, lubricantes y plastificantes; las cenizas resultantes del procesamiento de harina de carne y de hueso están compuestas básicamente de calcio y fosfato, que en el caso de este último, constituye una alternativa efectiva para la producción de abonos; finalmente, la sangre tiene un contenido elevado de hierro, que puede ser utilizado en diferentes productos dirigidos a combatir la deficiencia de hierro, más comúnmente conocida como anemia.

- **Biodiésel:**

En los últimos años, los subproductos vegetales y grasas animales de bajo coste se han empezado a utilizar como materia prima para la producción de biodiésel, sustituyendo el diésel convencional por ésteres de metilo de ácidos grasos, el cual puede ser una alternativa válida ya que no modifica los mecanismos de los vehículos. El biodiésel no es tóxico y tiene un perfil de emisión de combustión favorable que conduce a la reducción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), partículas y hidrocarburos no quemados.

- **Compuestos de absorción de metales pesados:**

Recientemente ha aumentado el interés en la aplicación de materiales biológicos, como son los subproductos cárnicos, los cuales se han convertido en una alternativa a los métodos tradicionales de tratamiento de agua residual industrial. La mayor parte de los huesos se compone de sustancias inorgánicas llamadas hidroxiapatita de calcio (CaHA), que es un compuesto activo reconocido para la eliminación de iones metálicos en las aguas residuales.

- **Péptidos bioactivos:**

Pueden obtenerse de subproductos de proteína de la carne (órganos, colágeno, hemoglobina, etc.) por hidrólisis de proteasas comerciales específicas. Estas proteínas pasan por reacción enzimática, originando cientos de péptidos, pero solo aquellos llamados bioactivos son de interés, ya que proporcionan beneficios a la salud, por ejemplo, la actividad antihipertensiva, la actividad antioxidante o la actividad opioide, entre otras.

Otro ejemplo es el de los purines, que son excelentes fertilizantes naturales y se utilizan habitualmente en la agricultura. Dentro de la EC, estos representan un claro ejemplo en el cual un cultivo genera alimentos a los cerdos y éstos, a su vez, proporcionan de nuevo abono para los cultivos, manteniendo así la recirculación de este tipo de residuos. En otro ámbito, los purines también pueden ser utilizados como fuente de energía renovable, ya que son capaces de producir electricidad, una vez son separados del metano, también se pretende en un futuro transformar los purines en biodiésel (Gayoso, 2018).

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

Por otro lado, los cerdos producen a través de la mucosa intestinal, la heparina, que se utiliza para el tratamiento de la trombosis, en pacientes oncológicos o en aquellas personas que han pasado alguna intervención quirúrgica, en el tratamiento de patologías cardiovasculares (Voces de Cuenca, 2021). Esto representa otro claro ejemplo de que se le puede sacar el mayor provecho a los subproductos originados por el sector, en este caso, en beneficio de la salud humana.

Las pieles del cerdo, se pueden usar en la industria textil, o junto con los pelos, huesos, pezuñas, entre otros, se pueden realizar compostaje, el cual es un proceso en el que los responsables de la degradación de la materia orgánica son los microorganismos (Gómez, 2006). Las empresas ganaderas, en general, han de conocer el impacto ambiental que genera su actividad ambiental e implementar medidas que lo atenúen o, incluso, lo neutralice. Este es el camino que debe guiar al sector ganadero, especialmente al porcino, a través del desarrollo de investigaciones de la gestión de residuos (Food Retail & Shoppers, 2020).

Aunque los procesos en los mataderos pueden variar, las acciones que se llevan a cabo deben estar asociadas a problemas ambientales de gran envergadura, incluyendo el consumo de significantes volúmenes de agua, la generación de agua residual altamente contaminada con materia biodegradable y la regeneración de subproductos animales. Los métodos de tratamientos de las aguas residuales y de procesado de los subproductos varían geográficamente y también a lo largo del tiempo dependiendo de las restricciones legales y requerimientos, factores económicos y el progreso tecnológico del país (Casals, 2020).

La sostenibilidad ha venido para quedarse y tanto los profesionales del sector porcino como otros sectores agroalimentarios están muy concientizados de que es de vital importancia avanzar en mejoría de dicho sector para seguir ganando competitividad, apostando por una sostenibilidad integral, que englobe los aspectos medioambientales, sociales y económicos (Herranz 2020, citado en Campo CYL. 2020).

### **1.9. Hipótesis**

A través de la aplicación y cálculo de indicadores de economía circular en el sector porcino se evalúa la circularidad de los subproductos generados en las diferentes etapas de producción de carne de cerdo. A partir de dichos cálculos, se desarrolla un índice, el cual dirige el sector porcino a tender a tender al ciclo cerrado y elevando el nivel de EC.

## **2. Metodología**

### **2.1. Revisión bibliográfica y búsqueda de datos experimentales**

La revisión bibliográfica incluye una serie de informaciones encontradas principalmente en documentos digitales, artículos, sitios web, entre otros, los cuales están relacionados a la economía circular, al sector porcino, entre otros temas, que aporta información de interés para la elaboración de este estudio. La búsqueda de datos experimentales se ha realizado a través de portal web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, entrevistas y visitas a diferentes mataderos y empresas dedicadas a la valorización de residuos de carne porcina.

Para la creación del índice e indicadores de economía circular para el sector porcino, se revisó la literatura y se realizó un análisis de diferentes propuestas, desarrolladas por diferentes autores que proponen índices e indicadores de economía circular en diferentes sectores.

### **2.2. Creación de indicadores e índice de economía circular para el sector porcino**

En base al análisis de las diferentes propuestas, los límites y función del sistema y los objetivos de desarrollo sostenible; se desarrollaron los indicadores para la industria de la carne de cerdo, tomando en cuenta las diferentes etapas del sector, y otros factores directos o indirectos de dicho sector, por ejemplo, aguas residuales, consumo de energía, otros; esto con el fin de que la propuesta cumpla con los principios de la EC.

A continuación, se presenta de manera explícita las etapas en las que se desarrolló el sistema de índices e indicadores para el sector porcino en Cataluña.

- 1ra etapa: Definición del sistema: límites y funciones

Se definió el límite físico en el que se desarrolla dicha investigación con el fin de que esta información sirva de interés, y así poder recolectar datos suficientes, en la cual se considere tanto la dimensión de terreno como la población de cerdos que se sacrifican en dicha comunidad.

Una vez se establecieron los límites, se determinaron las funciones principales que tiene la industria de la carne de cerdo en Cataluña. Un sistema puede cumplir con una o determinadas funciones, con el fin de realizar diferentes actividades con un fin determinado. Las funciones del sistema se clasificaron en primaria, siendo esta la más importante; y secundaria, aquella que refuerza o complementa a la principal.

- 2da etapa: Definición de criterios, objetivos y temas de economía circular

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

En esta etapa se describieron los criterios, objetivos y temas de economía circular que se tomaron en cuenta para la elaboración de los indicadores los cuales se encargan de dar rumbo o sentido a los mismos, favoreciendo en tal medida a la creación de un marco común de dicha industria para la transición hacia un modelo de EC, y la circularidad a los residuos y subproductos que se generan en la industria de la carne de cerdo. Un criterio es una regla o norma conforme a la cual se establece un juicio para tomar alguna decisión sobre algo, los mismos proceden de la revisión bibliográfica de otros trabajos.

Para la elaboración de los criterios de EC, se tomaron como referencia los aspectos ambientales, sociales y económicos, los cuales permiten la evaluación de los principales aspectos básicos de la economía circular y del desarrollo sostenible y, de tal manera, marcar dirección al sistema de indicadores desde diferentes ámbitos.

Una vez definidos los criterios, se delimitaron los objetivos, los cuales ayudan a concretar los criterios para conseguir o lograr alguna meta o propósito determinado, que en este caso es dirigir a que la elaboración de los indicadores se vea encaminada a la medición de la EC. Estos objetivos fueron creados para este trabajo, y posteriormente a su redacción, se seleccionaron los temas cuyo propósito es el de facilitar el ordenamiento de los indicadores.

- 3ra etapa: Elaboración de indicadores e índice

Los indicadores se elaboraron a partir de los objetivos y temas de desarrollo sostenible delimitados previamente con base a los criterios de la economía circular y de la ecología industrial. Algunos de los indicadores fueron seleccionados o adaptados de las propuestas de otros autores, y otros fueron creados ya que no se contemplaban dentro de algún aspecto del sector o para poder ajustarlos a algunas de las etapas del sistema. Una vez desarrollados los indicadores, se elaboró un índice de EC, el cual permite medir el nivel de circularidad del sector porcino.

- 4ta etapa: Recopilación de datos

Los datos e informaciones se obtuvieron a través de otros estudios relacionados a esta investigación, mataderos y empresas dedicadas a la valorización de residuos porcinos, las cuales no se mencionan sus nombres por acuerdo de confidencialidad, privacidad y protección de datos.

La recopilación de datos se realizó en cuatro fases:

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- 1) Elaboración de formatos para la recopilación de datos que permitieran calcular los indicadores.
- 2) Recopilación de datos a través de diferentes fuentes de información de residuos en España, como el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- 3) Realización y aplicación de entrevistas puntuales a responsables que dirigen el departamento de residuos tanto en mataderos como en empresas que se dedican a la valorización de residuos del sector porcino en Cataluña.
- 4) Realización de visitas a diferentes mataderos de cerdos y a empresas de valorización de subproductos porcinos.

### **2.3. Cálculo de la línea base y análisis de indicadores de economía circular para el sector porcino**

Una vez se llevó a cabo la creación del índice e indicadores de economía circular que permita medir y comparar el nivel de circularidad del proceso productivo de la carne porcina en Cataluña, se realizaron diferentes cálculos de la línea base, y el análisis de indicadores de economía circular. Con relación al cálculo de la línea base de los indicadores, un sistema de indicadores no siempre ofrece un método cuantitativo completo de evaluación, también se puede basar en un método cualitativo-cuantitativo, que permite dar un valor final al sistema.

Desde la tabla 16 hasta la 23, se agruparon los objetivos, temas, los indicadores redactados, el valor de los indicadores que se obtuvieron una vez se realizaron los cálculos, y las unidades de los mismos.

Por otro lado, en el anexo A, que va desde la tabla 25 hasta la 28, se presentaron los objetivos, temas del indicador, los indicadores y las fórmulas empleadas para realizar los cálculos. Del mismo modo, en el anexo B, que va desde la tabla 29 hasta la 31, se presentaron los datos utilizados para realizar los cálculos, el valor de los mismos, sus unidades, el año de referencia y las observaciones de los mismos. En el anexo C, se presenta el presupuesto del proyecto.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **3. Resultados y discusiones**

#### **3.1. Indicadores de economía circular para el sector porcino**

##### **3.1.1. Límites del sistema**

El sistema elegido es el sector de la industria de la carne porcina en Cataluña en el año 2019, cuenta con varios mataderos porcinos, no se tiene en cuenta la crianza de cerdos, en los cuales se llevan a cabo las diferentes etapas para la producción de carne de cerdo, y a su vez, los residuos que resultan de dicho proceso. En el año 2019, se sacrificaron en toda Cataluña un total de 22.451.793 cerdos, los cuales presentaron un peso medio de unos 120 kg. Además, se tomaron en cuenta otro tipo de residuos como lo son el plástico, madera y papel empleados en las diferentes etapas de producción, el consumo de agua, electricidad y el porcentaje de reutilización de estas, y las emisiones de GEI.

##### **3.1.2. Funciones del sistema**

###### **3.1.2.1. Función principal**

La industria alimentaria, a nivel general, tiene la finalidad de transformar diferentes materiales o productos que sean aptos para ser consumidos y que sirvan para satisfacer las necesidades de la demanda de la población.

Se seleccionó como función principal del sistema: proporcionar alimentación con carne de cerdo saludable, de calidad y con respeto al medio ambiente, a la población catalana, española, y en algunos casos europea y a otros países fuera de Europa.

###### **3.1.2.2. Funciones secundarias**

Además de la función principal, existen otras funciones secundarias que se derivan de las mismas o que van relacionadas a otros procedimientos que se realizan en dicho sector:

- Favorecer a que el sector porcino tienda el ciclo cerrado a través de la reducción y reutilización de materiales y la disminución de la generación de residuos.
- Fomentar la ecoeficiencia, las energías renovables y la reducción en el uso de recursos renovables, ya sea implementando alternativas sostenibles y limpias que provoquen menos impacto al medio ambiente.
- Fomentar la innovación e investigación científica y tecnológica, para desarrollar nuevos métodos y mecanismos que permitan asegurar la calidad del producto, la mejora de los procedimientos industriales y que promuevan el desarrollo de tecnologías más limpias y sostenibles que favorezcan a dicho sector.



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- Servir de fuente de empleo o trabajo para miles de personas en Cataluña, tanto de manera directa como indirecta. De manera directa, a las personas que trabajan para los mataderos; y de forma indirecta, a las personas que laboran en carnicerías, supermercados y otros, lo que favorece al crecimiento económico inclusivo y sostenido que puede impulsar al progreso para todos, y de tal manera, mejorar los estándares de vida.

### 3.1.3. Criterios, objetivos, temas e indicadores seleccionados para la creación de los indicadores.

En la tabla 9, se presentan los criterios de economía circular de acuerdo a diferentes aspectos:

**TABLA 9: CRITERIOS DE EC DE ACUERDO A DIFERENTES ASPECTOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Aspecto Económico</b>	<b>Aspecto Social</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmaterialización</li> <li>• Tender a ciclo cerrado</li> <li>• Fomento de la ecoeficiencia y de las energías renovables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de ganancias y reducción de costos por proyectos de economía circular y ecoeficiencia</li> <li>• Inversión en proyectos de economía circular y ecoeficiencia</li> <li>• Inversión en la formación de los recursos humanos e investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomento del empleo y mejora del ambiente laboral</li> <li>• Formación y actualización de los recursos humanos</li> </ul>

Para el criterio *tender al ciclo cerrado*, los objetivos seleccionados fueron: reducción en el uso de recursos naturales, regeneración de los sistemas naturales, entre otros. Una vez desarrollados los objetivos, se seleccionaron diferentes temas con el fin de responder a diferentes aspectos de los objetivos, de tal modo que sirvan para la creación de los indicadores.

Desde la tabla 10 hasta la tabla 15, se presentan los criterios, objetivos, temas e indicadores de economía circular para el sector porcino.

Del Aspecto Ambiental, se elaboraron 24 indicadores, los cuales son producto de diferentes temas, desde las tablas 10 hasta la 12, se presentan los criterios, objetivos, temas e indicadores del aspecto ambiental.

En la tabla 10, se presenta el indicador “Proporción de papel usado en procesos administrativos respecto a masa de producto producido” deriva del tema *Reducción de materiales*, el mismo busca proporcionar información sobre el uso de papel para procesos administrativos, y así mostrar cuanto se reduce la cantidad de papel para este fin, que luego permitirá comparar esta información con años anteriores.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

**TABLA 10: CRITERIOS, OBJETIVOS, TEMAS E INDICADORES DE EC PARA EL SECTOR PORCINO (ASPECTO AMBIENTAL - A). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Criterios	Objetivos	Temas	Indicadores	
<b>Desmaterialización</b>	Reducción de materia en procesos administrativos	Reducción de materiales	1) Proporción de papel usado en procesos administrativos respecto a masa de producto producido (%)	
	Disminución de los embalajes	Empaquetado	2) Proporción de plástico usado respecto a masa de producto producido (%)	
			3) Proporción de sustitutos del plástico respecto a masa de producto producido (%)	
	Reducción en el uso de recursos naturales	Embalajes biodegradables	4) Proporción de embalajes biodegradables que sustituyen al plástico respecto a masa de producto producido (%)	
			Consumo de agua	5) Proporción de agua consumida respecto a masa de producto producido (%)
				6) Proporción de agua lluvia utilizada respecto al agua total utilizada al año (%)
	Agua de lluvia			

Del tema *Empaquetado*, resultan los indicadores “Proporción de plástico usado respecto a masa de producto producido” y “Proporción de sustitutos del plástico respecto a masa de producto producido”. Así mismo, del tema *Embalajes biodegradables*, resulta el indicador “Proporción de embalajes biodegradables que sustituyen al plástico respecto a masa de producto producido”. Estos indicadores dan información sobre la disminución de los plásticos y embalajes en dicho sector.

De los temas *Consumo de agua* y *Agua de lluvia*, se proporcionan los indicadores “Proporción de agua consumida respecto a masa de producto producido” y “Proporción de agua consumida respecto a masa de producto producido”. Estos indicadores tienen la intención de proporcionar datos sobre la reducción en el uso de los recursos naturales. De tal modo, el indicador derivado del tema *Reutilización del agua* es “Proporción de agua reutilizada”, con la intención de tender al ciclo cerrado.

En la tabla 11, se presenta el tema *Reúso y reciclaje de residuos porcinos*, se proporcionan los indicadores “Proporción de residuos de carne porcina destinados a venta respecto a masa de producto producido” y “Proporción de residuos de carne porcina reutilizada en la empresa respecto a masa de producto producido”.

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 11: CRITERIOS, OBJETIVOS, TEMAS E INDICADORES DE EC PARA EL SECTOR PORCINO (ASPECTO AMBIENTAL - B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental			
Criterios	Objetivos	Temas	Indicadores
<b>Tender a ciclo cerrado</b>	Cierre del ciclo de materias	Reutilización del agua	7) Proporción de agua reutilizada (%)
		Reúso y reciclaje de residuos de carne porcina	8) Proporción de residuos de carne porcina destinados a venta respecto a masa de producto producido (%)
		Reúso y reciclaje de residuos de carne porcina	9) Proporción de residuos de carne porcina reutilizada en la empresa respecto a masa de producto producido (%)
		Reúso y reciclaje de otros residuos	10) Proporción de plástico destinado al reciclaje (%)
			11) Proporción de papel/cartón destinado al reciclaje (%)
			12) Proporción de madera destinada al reciclaje (%)
			13) Proporción de plástico reutilizado (%)
			14) Proporción de papel/cartón reutilizado (%)
			15) Proporción de madera reutilizada (%)
	Disminución de la generación de residuos	Minimización de residuos	16) Proporción de plástico residual respecto a masa de producto producido (%)
			17) Proporción de papel/cartón residual respecto a masa de producto producido (%)
18) Proporción de madera residual respecto a masa de producto producido (%)			

En tal sentido, los indicadores que se derivan del tema *Reúso y reciclaje de otros residuos* son “Proporción de plástico destinado al reciclaje”, “Proporción de papel/cartón destinado al reciclaje”, “Proporción de madera destinada al reciclaje”, “Proporción de plástico reutilizado”, “Proporción de papel/cartón reutilizado” y “Proporción de madera reutilizada”, los cuales brindan información sobre el manejo de dichos residuos.

Respecto al tema *Minimización de residuos*, se brindan los indicadores “Proporción de plástico residual respecto a masa de producto producido”, “Proporción de papel/cartón residual respecto a masa de producto producido” y “Proporción de madera residual respecto a masa de producto producido”, los cuales tienen la intención de realizar una comparativa con años posteriores, sobre la reducción del uso de dichos residuos.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

**TABLA 12: CRITERIOS, OBJETIVOS, TEMAS E INDICADORES DE EC PARA EL SECTOR PORCINO (ASPECTO AMBIENTAL - C). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Criterios	Objetivos	Temas	Indicadores	
<b>Fomento de la ecoeficiencia y de las energías renovables</b>	Aumento de la ecoeficiencia	Consumo energético	19) Proporción de energía usada respecto a masa de producto producido (%)	
			20) Proporción de energía ahorrada por acciones ecoeficientes (%)	
	Mayor autonomía energética	Autonomía energética	21) Proporción de energía producida por medios autónomos respecto a masa de producto producido (%)	
	Promoción de las energías renovables	Uso de energía de fuentes renovables	22) Proporción de energía proveniente de fuentes renovables (%)	
	Reducción y compensación de las emisiones a la atmósfera		Reducción de emisiones de GEI	23) Proporción de emisiones de GEI respecto a masa de producto producido (%)
			Compensación de emisiones de GEI	24) No. de árboles necesarios para compensar emisiones (#/año)

En la tabla 12, se presenta el tema *Consumo energético*, del cual resultan los indicadores “Proporción de energía usada respecto a masa de producto producido” y “Proporción de energía ahorrada por acciones ecoeficientes”, asimismo, del tema *Autonomía energética*, se deriva el indicador “Proporción de energía producida por medios autónomos respecto a masa de producto producido”, los cuales buscan aumentar la ecoeficiencia y la autonomía energética en el sector porcino. De tal modo, del tema, *Uso de energía de fuentes renovables*, se proporciona el indicador “Proporción de energía proveniente de fuentes renovables”, el cual tiene la finalidad de fomentar el uso de este tipo de energías.

De los temas *Reducción de emisiones de GEI* y *Compensación de emisiones de GEI*, derivan los indicadores “Proporción de emisiones de GEI respecto a masa de producto producido” y “No. de árboles necesarios para compensar emisiones”, respectivamente, los cuales pretenden proporcionar datos sobre la contaminación atmosférica emitida por el sector y su plan para compensar dichas emisiones.

Del Aspecto Económico, se formularon 11 indicadores relacionados a diversos temas. En las tablas 13 y 14, se presentan los criterios, los objetivos, los temas y los indicadores del aspecto económico:

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

**TABLA 13: CRITERIOS, OBJETIVOS, TEMAS E INDICADORES DE EC PARA EL SECTOR PORCINO (ASPECTO ECONÓMICO - A). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Económico			
Criterios	Objetivos	Temas	Indicadores
<b>Obtención de ganancias y reducción de costos por proyectos de economía circular y tecnologías ecoeficientes</b>	Obtención de ganancias por proyectos ambientales	Venta de residuos	25) Proporción de dinero obtenido por la venta de residuos de carne porcina (%)
			26) Proporción de dinero obtenido por la venta de plástico residual (%)
			27) Proporción de dinero obtenido por la venta de papel/cartón residual (%)
			28) Proporción de dinero obtenido por la venta de madera residual (%)
	Reducción de costos por proyectos ambientales	Manejo de residuos	29) Dinero ahorrado por el reúso y reciclaje de madera (€)

En la tabla 13, se presenta el tema *Venta de residuos*, del cual se derivan los indicadores “Proporción de dinero obtenido por la venta de residuos de carne porcina”, “Proporción de dinero obtenido por la venta de plástico residual”, “Proporción de dinero obtenido por la venta de papel/cartón residual” y “Proporción de dinero obtenido por la venta de madera residual”, los cuales proporcionan información sobre la obtención de ganancias por la venta de los residuos producidos por el sector porcino.

Con relación al tema *Manejo de residuos*, se presenta el indicador “Dinero ahorrado por el reúso y reciclaje de madera”, el mismo busca proporcionar información sobre la reducción de los costos por proyectos ambientales, y que se pueda implementar a otro tipo de residuos.

En la tabla 14, se presenta el tema *Proyectos de reutilización de residuos*, del cual se deriva el indicador “Proporción de dinero invertido en proyectos de reutilización de residuos respecto al presupuesto anual”. En tal sentido, del tema *Proyectos de minimización de residuos*, se desarrolla el indicador “Proporción de dinero invertido en proyectos de minimización de residuos respecto a al presupuesto anual”. Los indicadores de los dos temas previamente mencionados, tienen la finalidad de ofrecer datos sobre la inversión en proyectos ambientales.

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 14: CRITERIOS, OBJETIVOS, TEMAS E INDICADORES DE EC PARA EL SECTOR PORCINO (ASPECTO ECONÓMICO - B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Económico</b>			
<b>Criterios</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Temas</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Inversión en proyectos de economía circular y ecoeficiencia</b>	Inversión en proyectos ambientales	Proyectos de reutilización de residuos	30) Proporción de dinero invertido en proyectos de reutilización de residuos respecto al presupuesto anual (%)
		Proyectos de minimización de residuos	31) Proporción de dinero invertido en proyectos de minimización de residuos respecto a al presupuesto anual (%)
	Inversión en proyectos de tecnologías ecoeficientes	Tecnologías ecoeficientes	32) Proporción de dinero invertido en tecnologías ecoeficientes respecto al presupuesto anual (%)
		Proyectos de energías renovables	33) Proporción de dinero invertido en proyectos de energías renovables respecto al presupuesto anual (%)
<b>Inversión en la formación de los recursos humanos e investigación</b>	Inversión en la formación de los recursos humanos	Capacitación del personal	34) Proporción de dinero invertido en la capacitación del personal respecto al presupuesto anual (%)
	Inversión en la investigación	Inversión en investigación	35) Proporción de dinero invertido en investigación respecto al presupuesto anual (%)

Del mismo modo, de los temas *Tecnologías ecoeficientes* y *Proyectos de energías renovables*, se proporcionan los indicadores “Proporción de dinero invertido en tecnologías ecoeficientes respecto al presupuesto anual” y “Proporción de dinero invertido en proyectos de energías renovables respecto al presupuesto anual”, los cuales tienen el mismo fin que los anteriores, pero relacionado a la inversión en tecnologías ecoeficientes.

Por último, de los temas *Capacitación del personal* e *Investigación*, se derivan los indicadores “Proporción de dinero invertido en la capacitación del personal respecto al presupuesto anual” y “Proporción de dinero invertido en la capacitación del personal respecto al presupuesto anual”, cuyo fin es ofrecer información acerca de la inversión en la formación de los recursos humanos y en investigación.

Del Aspecto Social, se elaboraron 8 indicadores, relacionados a diferentes temas. En la tabla 14, se presentan los criterios, objetivos e indicadores del aspecto social.

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 15: CRITERIOS, OBJETIVOS, TEMAS E INDICADORES DE EC PARA EL SECTOR PORCINO (ASPECTO SOCIAL).**  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

<b>Aspecto Social</b>				
<b>Criterios</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Temas</b>	<b>Indicadores</b>	
<b>Fomento al empleo y mejora del ambiente laboral</b>	Fomento al empleo	Empleo	36) Proporción de trabajos directos proporcionados por la empresa (%)	
			37) Proporción de trabajos indirectos proporcionados por la empresa (%)	
	Mejora del ambiente laboral	Satisfacción de los empleados	38) Nivel de satisfacción de los empleados (#)	
			Higiene y limpieza	39) Percepción de los empleados respecto a la higiene y limpieza (#)
			Aceptación comunitaria	40) Nivel de aceptación por parte de la comunidad de la instalación industrial (#)
			Señalización	41) Proporción de señalizaciones en las instalaciones respecto las señalizaciones exigidas por la normativa (%)
<b>Formación y actualización de los recursos humanos</b>	Fomento a la formación y educación de recursos humanos	Educación	42) Cantidad de cursos formativos facilitados a los empleados directos (#)	
	Fomento a la investigación	Investigación	43) Proporción de empleados que participan en investigaciones (%)	

En la tabla 15, se presenta el tema *Empleo*, del cual se derivan los indicadores “Proporción de trabajos directos proporcionados por la empresa” y “Proporción de trabajos indirectos proporcionados por la empresa”, los cuales proporcionan información sobre los beneficios que proporciona el sector, a la población local y de los alrededores. Respecto a los temas *Satisfacción de los empleados*, *Higiene y limpieza*, *Aceptación comunitaria* y *Señalización* se desarrollaron los indicadores “Nivel de satisfacción de los empleados”, “Percepción de los empleados respecto a la higiene y limpieza”, “Nivel de aceptación por parte de la comunidad de la instalación industrial” y “Proporción de señalizaciones en las instalaciones respecto las señalizaciones exigidas por la normativa”, respectivamente, los cuales tienen la intención de indicar como ha sido la mejora del ambiente laboral. Por último, con relación a los temas *Educación* e *Investigación*, se desarrollaron los indicadores “Número de cursos formativos facilitados a los empleados directos” y “Proporción de empleados que participan en investigaciones”, respectivamente, con el fin de mostrar el apego del sector con el fomento a la formación de los recursos humanos y a la investigación.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 3.1.4. Cálculo y análisis de la línea de base de los indicadores de economía circular

Los datos obtenidos permitieron realizar una evaluación y valoración global de los criterios de la economía circular, con el fin de detectar la presencia de algún síntoma o problema dentro del sistema. Para ello fue necesario calcular la línea base de los indicadores, los cuales nos ofrecen una visión general del estado en que se encuentra el sector porcino en Cataluña.

Con relación al cálculo de la línea base de los indicadores, un sistema de indicadores no siempre ofrece un método cuantitativo completo de evaluación, también se puede basar en un método cualitativo-cuantitativo, que permite dar un valor final al sistema.

Hasta ahora, no existía una forma que permitiera medir de manera efectiva o que sirviera de soporte a las entidades del sector porcino, para que las mismas realicen su transición del modelo lineal al modelo circular, por lo que, favorece al flujo de materia prima y otros elementos de dicho sector.

#### 3.1.4.1. Aspecto ambiental

De la tabla 16 a la 20, se presentan los objetivos del aspecto ambiental, temas de los indicadores, los indicadores, el valor de la línea base del indicador y las unidades en las que están medidos.

**TABLA 16: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (A). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Reducción de materia en procesos administrativos	Reducción de materiales	1) Proporción de papel usado en procesos administrativos respecto a masa de producto producido	N.D.	% (Masa papel usado en procesos administrativos/ Masa producto producido)
Disminución de los embalajes	Empaquetado	2) Proporción de plástico usado respecto a masa de producto producido	0,04	% (Masa plástico usado/Masa producto producido)
		3) Proporción de sustitutos del plástico respecto a masa de producto producido	0	% (Masa sustitutos del plástico/Masa producto producido)
	Embalajes biodegradables	4) Proporción de embalajes biodegradables que sustituyen al plástico respecto a masa de producto producido	0	% (Masa embalajes biodegradables que sustituyen al plástico/Masa producto producido)



## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

En la tabla 16 se muestran los indicadores relacionados con el objetivo *Disminución de los embalajes*, la proporción de plástico usado respecto a masa de producto producido es 0.04%, con relación a los demás indicadores, se observa que la empresa no ha implementado acciones que favorezcan la disminución del uso de plástico.

Con relación al indicador proporción de papel usado en procesos administrativos respecto a masa de producto producido, no se ha determinado el valor, ya que se desconoce la masa de papel usado en procesos administrativos. En tal sentido, se puede afirmar que la empresa no ha realizado acciones que le permitan cumplir con el criterio *Desmaterialización*, el cual consiste en la práctica de reemplazar un producto con un sustituto que llene la misma necesidad y que favorece la reducción del flujo de materia (Balboa & Domínguez, 2014).

**TABLA 17: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Reducción en el uso de recursos naturales	Consumo de agua	5) Proporción de agua consumida respecto a masa de producto producido	0,19	% (Volumen de agua consumida/Masa producto producido)
	Agua de lluvia	6) Proporción de agua lluvia utilizada respecto al agua total utilizada al año	0	% (Volumen de agua de lluvia utilizada/Volumen de agua total utilizada)

En la tabla 17, se presentan los indicadores derivados del objetivo *Reducción en el uso de recursos naturales*, la proporción de agua consumida respecto a masa de producto producido es 0.19%, mientras que en el indicador proporción de agua lluvia utilizada respecto al agua total utilizada al año, se evidencia que no se almacena agua de lluvia, la cual se puede utilizar para el consumo de agua de la propia empresa.

Por otro lado, en la tabla 18, se presenta el indicador proporción de agua reutilizada, se evidencia que la empresa reutiliza el 6% respecto del volumen de agua total utilizada; la proporción de residuos de carne porcina destinados a venta respecto a masa de producto producido es 0.81%. Por otro lado, de los indicadores derivados del tema *Reúso y reciclaje de residuos porcinos*, se observa que la empresa no reutiliza los residuos de carne porcina para otros procesos, sino que destina dichos residuos a la venta a otras empresas dedicadas a la valorización de este tipo de residuos.

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 18: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Cierre del ciclo de materias	Reutilización del agua	7) Proporción de agua reutilizada	6	% (Volumen de agua reutilizada/ Volumen agua total utilizada)
	Reúso y reciclaje de residuos de carne porcina	8) Proporción de residuos de carne porcina destinados a venta respecto a masa de producto producido	0,81	% (Masa residuos de carne porcina almacenados para su venta/Masa producto producido)
		9) Proporción de residuos de carne porcina reutilizada en la empresa respecto a masa de producto producido	0	% (Masa residuos de carne porcina reutilizados/Kg producto producido)
	Reúso y reciclaje de otros residuos	10) Proporción de plástico destinado al reciclaje	71,51	% (Masa de plástico destinado al reciclaje/Masa plástico usado)
		11) Proporción de papel/cartón destinado al reciclaje	89,31	% (Masa papel-cartón destinado al reciclaje/Masa papel-cartón usado)
		12) Proporción de madera destinada al reciclaje	90,02	% (Masa de madera destinada al reciclaje/Masa de madera usada)
		13) Proporción de plástico reutilizado	0	% (Masa plástico reutilizado/Masa plástico destinado al reciclaje)
		14) Proporción de papel/cartón reutilizado	0	% (Masa papel-cartón reutilizado/Masa papel-cartón destinado al reciclaje)
		15) Proporción de madera reutilizada	90	% (Masa madera reutilizada/Masa madera usada)

Los indicadores relacionados con el tema *Reúso y reciclaje de otros residuos*, se presenta que la proporción de madera destinada al reciclaje corresponde al 90,02%, la proporción de papel/cartón destinado al reciclaje es 89,31% y la proporción de plástico destinado al reciclaje es 71,51%, lo que muestra que existe una práctica de reciclaje de residuos por parte de la empresa.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

Sin embargo, en lo que tiene que ver con la reutilización de residuos, se observa que se reutiliza un 90% de la madera, pero no sucede lo mismo con el plástico y el papel/cartón, sino que destinan estos dos últimos a su venta, al igual que el resto de la madera.

**TABLA 19: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (D). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Disminución de la generación de residuos	Minimización de residuos	16) Proporción de plástico residual respecto a masa de producto producido	0,03	% (Masa plástico residual/Masa producto producido)
		17) Proporción de papel/cartón residual respecto a masa de producto producido	0,07	% (Masa papel-cartón/Masa producto producido)
		18) Proporción de madera residual respecto a masa de producto producido	0,06	% (Masa madera residual/Masa producto producido)
Aumento de la ecoeficiencia	Consumo energético	19) Proporción de energía usada respecto a masa de producto producido	16,44	% (Energía usada/Masa producto producido)
		20) Proporción de energía ahorrada por acciones ecoeficientes	0	% (Energía producida por acciones ecoeficientes/ Energía usada)

En la tabla 19, se presentan los indicadores del objetivo *Minimización de residuos*, la proporción de papel/cartón usado respecto a masa de producto producido es de 0.07%, la proporción de madera residual respecto a masa de producto producido es de 0.06% y la proporción de plástico residual respecto a masa de producto producido es de 0.03%.

Con relación a los indicadores del objetivo *Aumento de la ecoeficiencia*, se observa que la proporción de energía usada respecto a la masa de producto producido es de 16.44%, sin embargo, con relación al indicador proporción de energía ahorrada por acciones ecoeficientes se observa que la empresa no implementa acciones ecoeficientes.

En la tabla 20, se presentan los indicadores derivados de los objetivos *Mayor autonomía energética* y *Promoción de las energías renovables*, se observa que la empresa no ejecuta acciones que dirijan la misma al cumplimiento del criterio *Fomento de la ecoeficiencia y de las energías renovables*.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

**TABLA 20: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (E). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Ambiental				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Mayor autonomía energética	Autonomía energética	21) Proporción de energía producida por medios autónomos respecto a masa de producto producido	0	% (Energía producida por medios autónomos/Masa producto producido)
Promoción de las energías renovables	Uso de energía de fuentes renovables	22) Proporción de energía proveniente de fuentes renovables	0	% (Energía proveniente de energías renovables/ Consumo energético total)
Reducción y compensación de las emisiones a la atmósfera	Reducción de emisiones de GEI	23) Proporción de emisiones de GEI respecto a masa de producto producido	1,04	% (GEI emitidos a la atmósfera/Masa producto producido)
	Compensación de emisiones de GEI	24) No. de árboles necesarios para compensar emisiones	60781	#/año

Con relación al objetivo *Reducción y compensación de las emisiones a la atmósfera*, se presentan los indicadores “proporción de emisiones de GEI respecto a masa de producto producido”, el cual se tomará como referencia para realizar comparaciones con años posteriores.

Con relación al indicador “no. de árboles necesarios para compensar emisiones”, se desconoce si la empresa realiza esta actividad, por lo que este valor se ofrece para que sirva de referencia para otras empresas del sector y para futuras investigaciones que tengan la intención de realizar este tipo de prácticas. Este cálculo fue realizado tomando en cuenta los kg de CO<sub>2</sub> emitidos a la atmósfera al año dividido entre los kg de emisiones de CO<sub>2</sub> absorbidos por un árbol al año, el cual absorbe entre 10 kg y 30 kg de CO<sub>2</sub> al año (Fundación Aquae, 2018). Tomando en cuenta de que se emitieron 1.823.444,4 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera al año y dividido entre 30 kg de CO<sub>2</sub> absorbidos por un árbol al año, indican que se necesitarían un total de 60.781 árboles.

Dentro del criterio *Desmaterialización*, existe un objetivo que no ha sido tomado en cuenta para este estudio, pero que puede servir de referencia para futuros estudios. Este objetivo es la *Regeneración de los sistemas naturales*; aunque lo ideal sería que todos los sistemas tendieran a la regeneración de los sistemas naturales, la industria porcina está aún lejos de cumplir este objetivo.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 3.1.4.2. Aspecto económico

En las tablas 21 y 22 se presentan los objetivos del aspecto económico, temas de los indicadores, los indicadores, el valor de la línea base del indicador y las unidades en las que están medidos.

**TABLA 21: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO ECONÓMICO (A). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Económico				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Obtención de ganancias por proyectos ambientales	Venta de residuos	25) Proporción de dinero obtenido por la venta de residuos de carne porcina	N.D.	% (Dinero obtenido por la venta de residuos porcinos/Dinero obtenido por la venta total)
		26) Proporción de dinero obtenido por la venta de plástico residual	38,94	% (Dinero obtenido por la venta de plástico residual/Dinero obtenido por la venta total)
		27) Proporción de dinero obtenido por la venta de papel/cartón residual	52,38	% (Dinero obtenido por la venta de papel-cartón residual/Dinero obtenido por la venta total)
	Venta de residuos	28) Proporción de dinero obtenido por la venta de madera residual	8,67	% (Dinero obtenido por la venta de madera residual/Dinero obtenido por la venta total)
Reducción de costos por proyectos ambientales	Manejo de residuos	29) Dinero ahorrado por el reúso y reciclaje de madera	261840	€ (Dinero ahorrado por la venta de residuos - Dinero ahorrado por el reúso y reciclado de madera)

En la tabla 21, se presentan los indicadores relacionados con el objetivo *Obtención de ganancias por proyectos ambientales*, se presenta que la “proporción de dinero obtenido por la venta de papel/cartón residual” corresponde al 52,38%, la “proporción de dinero obtenido por la venta de plástico residual es de 38,94% y la “Proporción de dinero obtenido por la venta de madera residual” es de 8,67%. Esta última refleja menor cantidad debido a que la misma es reutilizada y sólo se vende el resto.

En este sentido, el indicador “Dinero ahorrado por el reúso y reciclaje de madera” refleja que se ahorra un total de 261.840 € respecto del total de dinero obtenido por la venta de residuos. De

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

manera general, se observa que la empresa realiza acciones en el cumplimiento del criterio *Obtención de ganancias y reducción de costos por proyectos de economía circular y ecoeficiencia*, no obstante, se desconoce el valor del indicador “Proporción de dinero obtenido por la venta de residuos de carne porcina”, por lo que sólo se tomó en cuenta la venta de plástico, papel/cartón y madera residual.

**TABLA 22: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO ECONÓMICO (B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Económico				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Inversión en proyectos ambientales	Proyectos de reutilización de residuos	30) Proporción de dinero invertido en proyectos de reutilización de residuos respecto al presupuesto anual	N.D.	% (Dinero invertido en proyectos de reutilización de residuos/ Presupuesto anual)
	Proyectos de minimización de residuos	31) Proporción de dinero invertido en proyectos de minimización de residuos respecto a al presupuesto anual	N.D.	% (Dinero invertido en proyectos de minimización de residuos/ Presupuesto anual)
Inversión en proyectos de tecnologías ecoeficientes	Tecnologías ecoeficientes	32) Proporción de dinero invertido en tecnologías ecoeficientes respecto al presupuesto anual	N.D.	% (Dinero invertido en tecnologías ecoeficientes/ Presupuesto anual)
	Proyectos de energías renovables	33) Proporción de dinero invertido en proyectos de energías renovables respecto al presupuesto anual	N.D.	% (Dinero invertido en proyectos de energías renovables/ Presupuesto anual)
Inversión en la formación de los recursos humanos	Capacitación del personal	34) Proporción de dinero invertido en la capacitación del personal respecto al presupuesto anual	N.D.	% (Dinero invertido en la capacitación del personal/ Presupuesto anual)
Inversión en la investigación	Investigación	35) Proporción de dinero invertido en investigación respecto al presupuesto anual	N.D.	% (Dinero invertido en investigación/ Presupuesto anual)

En otro orden, con relación a los indicadores derivados de los objetivos *Inversión en proyectos ambientales*, *Inversión en proyectos de tecnologías ecoeficientes*, *Inversión en la formación de los recursos humanos* e *Inversión en la investigación*, se desconocen los valores de los mismos, por lo que no se puede expresar el estado de la empresa con relación al cumplimiento de los criterios *Inversión en proyectos de economía circular y ecoeficiencia* e *Inversión en la formación de los recursos humanos e investigación*. Esta falta de valores, se debe a que las empresas del sector porcino no proporcionan información económica relacionadas a la venta de los residuos porcinos ni de su presupuesto anual por temor a la competencia.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 3.1.4.3. Aspecto social

En las tablas 23 y 24 se presentan los objetivos del aspecto económico, temas de los indicadores, los indicadores, el valor de la línea base del indicador y las unidades en las que están medidos.

**TABLA 23: CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO SOCIAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Aspecto Social				
Objetivo	Tema del indicador	Indicador	Valor del indicador	Unidades
Fomento del empleo	Empleos	36) Proporción de trabajos directos proporcionados por la empresa	13,04	%
		37) Proporción de trabajos indirectos proporcionados por la empresa	86,96	%
Mejora del ambiente laboral	Satisfacción de los empleados	38) Nivel de satisfacción de los empleados	N.D.	#
	Higiene y limpieza	39) Percepción de los empleados respecto a la higiene y limpieza	N.D.	#
	Aceptación comunitaria	40) Nivel de aceptación por parte de la comunidad de la instalación industrial	N.D.	#
Mejora del ambiente laboral	Señalización	41) Proporción de señalizaciones en las instalaciones respecto las señalizaciones exigidas por la normativa	N.D.	%
Fomento a la formación y educación de recursos humanos	Educación	42) Cantidad de cursos formativos facilitados a los empleados directos	4	#
Fomento a la investigación	Investigación	43) Proporción de empleados que participan en investigaciones	1,33	%

De los indicadores derivados del objetivo *Fomento del empleo*, se presenta que la “proporción de trabajos indirectos proporcionados por la empresa” corresponde al 86,96%, y la “proporción de trabajos directos proporcionados por la empresa” es del 13,04%. Por otro lado, con relación a los indicadores derivados del objetivo *Mejora del ambiente laboral*, no se proporcionan los valores de dichos indicadores, por lo que no se percibe la situación global del criterio *Fomento del empleo y mejora del ambiente laboral*.

Con relación al indicador “cantidad de cursos formativos facilitados a los empleados directos”, se observa que la empresa realiza 4 cursos formativos. Por otro lado, del indicador “proporción

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

de empleados que participan en investigaciones”, se muestra que el 1,33% de los empleados participan en investigaciones. En tal sentido, se afirma que la empresa tiene un firme compromiso con el cumplimiento del criterio *Formación y actualización de los recursos humanos*.

### 3.1.5. Índice de economía circular para el sector porcino

Como se ha mencionado en el capítulo introductorio, un índice es un conjunto de indicadores, o más bien, es un indicador complejo que abarca muchas variables; el mismo está compuesto por una gran cantidad de datos o información. Para este estudio se contempla la creación de un índice de economía circular para el sector porcino en Cataluña.

#### 3.1.5.1. Creación del índice de economía circular

Una vez desarrollados y calculados los indicadores, se procede a la elaboración del índice, el cual abarca los aspectos evaluados previamente, que son el ambiental, económico y social. En vista de la importancia del aspecto ambiental, este desarrolla índice desarrolla su cálculo en la reutilización y reciclaje de los residuos generados en todo el proceso de producción de carne porcina, pero del mismo modo tiene implicaciones en los aspectos económico y social.

A continuación, se presenta el índice de economía circular elaborado:

#### **Índice de Economía Circular para el Sector Porcino (ECP):**

**Descripción:** Este índice se compone del conjunto de los criterios evaluados del aspecto ambiental, como son: desmaterialización y tender al ciclo cerrado. Supone una evaluación global de los diferentes indicadores ambientales, pero tiene implicaciones en el aspecto económico y social. El valor de este índice se obtiene de la suma de la masa de residuos de la matanza del cerdo destinado a valorización al año, la masa de plástico, papel/cartón y madera destinados al reciclaje al año y la masa de plástico, papel/cartón y madera reutilizados al año, dividido entre la masa de producto producido, y luego se multiplica por cien, para obtener el valor. Los valores de la fórmula del índice ECP, se representa de la siguiente forma:

$$\left(\frac{a + b + c}{A}\right) * 100$$

a = Masa de residuos de la matanza del cerdo destinado a valorización al año (reúso, valorización directa o venta)

b = Masa de plástico, papel/cartón y madera destinados al reciclaje al año

c = Masa de plástico, papel/cartón y madera reutilizados al año

A = Masa de producto producido al año



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **3.1.5.2. Cálculo de la línea base y análisis de los índices de economía circular**

La elaboración de este índice, se realizó basada en los diferentes índices que se abordaron en la introducción, en la cual se observaron diferentes índices relacionados con la economía circular, el medio ambiente o la sostenibilidad. Las semejanzas y diferencias que presenta el “Índice de Economía Circular para el Sector Porcino” con los demás índices son las siguientes:

- a)** En el caso del “Índice de Circularidad de Materiales”, ambos utilizan la masa de la materia generadas para la realización del cálculo, pero se diferencian en que uno utiliza la masa de los residuos y el otro la materia prima para la elaboración de los productos, la cual en el caso de los residuos porcinos no tiene sentido, ya que los mismos son producto de la elaboración de carne de cerdo, por ende, no es la materia prima del proceso de producción. El MCI mide hasta qué punto se ha minimizado el flujo lineal y hasta que otro punto se ha maximizado el flujo de restauración para los materiales que lo componen, y en cuánto tiempo e intensamente se usan en comparación con un producto promedio de la industria similar, lo que indica que este está limitado por un factor temporal.
- b)** Respecto al “Índice de desarrollo regional de la economía circular”, guardan relación en lo relativo al reciclaje de materiales, pero este último, considera también los recursos. El CDI refleja especialmente la característica del reciclaje de recursos, pero presenta un método de evaluación integral difuso para analizar el nivel de desarrollo de la economía circular en una sola región y un método de evaluación comparativa para analizar el nivel de desarrollo de la economía circular en diferentes regiones. En sentido general, el CDI representa un método de evaluación más complejo que el ECP, ya que mejora la capacidad del modelo y método de evaluación del nivel de desarrollo de la economía circular.
- c)** Con relación al índice “Sistema de índices de evaluación sobre el nivel de desarrollo de la economía circular en empresas químicas”, se asemejan en que ambos fueron desarrollados para un sector en concreto, uno para el porcino y otro para el químico, pero este último abarca varios aspectos que van desde lo económico hasta lo ambiental para realizar el cálculo. El CE-enterprise-index se puede utilizar para reflejar el nivel de desarrollo económico, la explotación de recursos, la reducción de la contaminación, la ecoeficiencia y el potencial de desarrollo. En estos últimos aspectos, se asemeja en el ECP, en que ambos intentan mostrar el desarrollo económico de ambos sectores a través del flujo de materiales, la venta o reutilización de residuos, ya sea de manera interna o externa. En consecuencia, la economía circular tanto en las empresas químicas como en las empresas del sector porcino, se pueden desarrollar de manera racional, ya que las mismas engloban todos los aspectos de evaluación.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- d)** En cuanto al “Índice de desperdicio zero”, guardan relación en lo que tiene que ver a la reducción de residuos, pero este último también establece la reducción de recursos naturales y de gases contaminantes a la atmósfera en los sistemas de gestión de residuos de diferentes ciudades. El ZWI eventualmente mide los recursos que se extraen, consumen, desperdician, reciclan, recuperan y finalmente se sustituyen por materiales vírgenes y compensan la extracción de recursos mediante los sistemas de gestión de residuos; representa una herramienta para medir la posibilidad de que los materiales vírgenes se compensen con los sistemas de gestión de desperdicio cero, situación que no es igual en el ECP, ya que la materia de este no es virgen, al igual que los residuos que se generan no son sustituidos por materiales vírgenes, sino que se generan a partir de otros procesos industriales.
- e)** En lo relativo al “Índice de procesos sostenibles”, se asemejan en que ambos tratan sobre temas de aspecto ambiental, pero el enfoque de ambos es distinto, ya que este último se direcciona interrelacionando el capital humano con el natural, además que requiere una economía sostenible para vivir de los ingresos naturales. Si se direcciona el ECP hasta este sentido, se puede reutilizar los residuos generados en dicho sector al igual que los recursos naturales, para la creación de fuentes de energías renovables que proporcionarían un sistema más limpio y ecoeficiente e ingresos naturales como es el caso de energía eléctrica a partir del tratamiento de los purines, entre otros.
- f)** Las semejanzas con el índice “Índice de reciclaje de materiales” radica en que ambos toman en cuenta el reciclaje de los materiales que generan, pero en el caso de este último, se relaciona con elementos individuales en un diagrama de flujo. El Material-RI proporciona al mismo tiempo una visualización interesante para cada material en vista de la circularidad: cuanto mayor sea la tasa de reciclaje por material/elemento, más se acerca el índice a una representación en forma circular de la EC, permitiendo así visualizar de manera fácil el rendimiento de reciclaje ambiental general, material y, por tanto, relacionado para diferentes diseños, productos, rutas de reciclaje, etc. Aunque el ECP no lo muestre de manera circular, permite visualizar de manera esquemática el rendimiento del reciclaje y reutilización de residuos y materiales dentro del sector.
- g)** Con respecto al “Índice circular sostenible”, guarda relación que tienen el fin de que las empresas evalúen su comportamiento en lo que tiene que ver a su transición de lineales a circulares, pero se diferencian en que este último no tiene un sector específico. EL SCI representa una importante herramienta de evaluación comparativa para que las empresas manufactureras evalúen su comportamiento circular y sostenible.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

- h) En el caso del índice “Coherencia en el modelado de políticas”, se relacionan en que ambos incluyen aspectos financieros. El PMC permite a los responsables de la formulación de políticas y a los investigadores identificar el nivel de coherencia, así como las fortalezas y debilidades dentro de cualquier modelo de política. El mismo, se ha utilizado para enmarcar una serie de políticas para evaluar la industria porcina en China, en base a una serie de problemáticas: el tema de la política de control del precio del cerdo de China es singular, por lo que es difícil formar una fuerza resultante; la política presta atención a la regulación de precios en el corto plazo, pero ignora el ajuste de la estructura industrial a largo plazo; enfatiza la supervisión del mercado, pero un apoyo insuficiente para el sacrificio y el procesamiento; se centra en la producción y la gestión para mejorar la calidad y la eficiencia del desarrollo de la industria porcina, pero no tiene en cuenta la equidad social.

Una vez desarrollado el índice, se procede al cálculo y análisis del mismo. Cabe destacar que este cálculo corresponde a la línea base, el cual podrá ser comparado con años posteriores, con la finalidad de mostrar la evolución del sector en cuanto a su transición de lineal a circular. En la tabla 24 se muestra el cálculo de la línea base de los índices de economía circular para el sector porcino.

**TABLA 24: CÁLCULO DE ÍNDICE DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL SECTOR PORCINO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

Nombre del índice	Valor	Unidad
Índice de Economía Circular para el Sector Porcino (ECP)	0,97	%

El valor del índice ECP corresponde a 0.97%, el cual corresponde a la línea base del mismo para poder realizar comparaciones con años posteriores. De forma hipotética, se puede afirmar que a medida que se reutilicen más residuos dentro de la propia empresa, el valor de dicho índice aumentará. Para la realización del cálculo, sólo se tomaron en cuenta los residuos destinados a reciclaje y reutilización dentro de la empresa.

Este índice puede suponer tener una gran importancia, ya que la finalidad del mismo es de observar cómo se va encaminando el sector porcino en un sistema cada vez más circular, en el cual se pueda tender al ciclo cerrado, ya sea minimizando los residuos, reutilizándolos en la misma empresa y sustituyendo algunos de estos residuos por materiales biodegradables, que no afecten al medio ambiente.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

### **4. Conclusiones**

- 1) Se elaboró un sistema de indicadores de economía circular para el sector porcino, con un total de 43 indicadores de economía circular para el sector porcino en Cataluña, de los cuales 24 corresponden al aspecto ambiental, 11 al aspecto económico y 8 al aspecto social. Esta batería de indicadores supone ser un aporte de suma importancia para dicho sector, ya que anteriormente no existía un sistema de indicadores que permitiera llevar a cabo medir el cálculo de los indicadores desde los aspectos ambiental, económico y social, permitiendo así que este sector se encamine cada vez más a la circularidad de materiales.
- 2) El sistema de indicadores se elaboró a partir de la función principal del sistema: proporcionar alimentación con carne de cerdo saludable, de calidad y con respeto al medio ambiente, a la población catalana, española, y en algunos casos europea y a otros países fuera de Europa; y basados en unos objetivos elaborados a partir de los criterios de economía circular, lo que muestra que los mismos están elaborados de manera que respondan a la función principal y a funciones las secundarias del sistema.
- 3) Los objetivos del sistema de indicadores están basados en una serie de criterios: tres criterios del aspecto ambiental, de los cuales se elaboraron 9 objetivos; tres criterios del aspecto económico, de los cuales se desarrollaron 6 objetivos; y dos criterios del aspecto social, de los cuales se determinaron 4 objetivos. Una vez desarrollados los criterios y objetivos, se elaboraron diferentes temas que dan respuesta a dichos objetivos, y posteriormente, se redactaron los indicadores.
- 4) Los indicadores calculados del aspecto ambiental para un matadero porcino en Cataluña, muestran que existen acciones en favor de la de la reutilización del agua y del reciclaje de residuos tanto de carne porcina como de plástico, papel/cartón y madera, pero que necesita mejorar en la reutilización de los mismos ya que solo se presentan acciones que favorecen la reutilización de madera, pero no pasa lo mismo con el resto de los residuos. Por otro lado, no se presentan acciones que favorezcan la disminución de los embalajes, la reducción en el uso de recursos naturales (específicamente el agua), y el fomento de la ecoeficiencia y de las energías renovables.
- 5) En sentido general, se observa que existe una tendencia positiva en el aspecto ambiental, aunque puede ser mejorable con la aplicación de acciones que favorezcan los objetivos, ya sea implementando nuevas técnicas de reutilización de los propios residuos generados por

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

la empresa, minimizando la cantidad de residuos, o desarrollando acciones que favorezcan el uso de energías limpias, el aprovechamiento del agua, otros.

- 6) En el caso del aspecto económico, del criterio “Obtención de ganancias y reducción de costos por proyectos de economía circular y tecnologías ecoeficientes” se originan los objetivos: obtención de ganancias por proyectos ambientales y reducción de costos por proyectos ambientales; del criterio “Inversión en proyectos de economía circular y ecoeficiencia”, se presentan los objetivos: inversión en proyectos ambientales e inversión en proyectos de tecnologías ecoeficientes; y con relación al criterio “Inversión en la formación de los recursos humanos e investigación”, resultan los objetivos: inversión en la formación de los recursos humanos e inversión en la investigación.
  
- 7) Con respecto a los indicadores del aspecto económico, se observó que la empresa realiza acciones en el cumplimiento del criterio *Obtención de ganancias y reducción de costos por proyectos de economía circular y ecoeficiencia*. No obstante, se presenta ausencia de datos en los indicadores derivados de los criterios *Inversión en proyectos de economía circular y ecoeficiencia* e *Inversión en la formación de los recursos humanos e investigación*, debido a que las empresas del sector porcino no proporcionan información económica relacionadas a la venta de los residuos porcinos ni de su presupuesto anual por temor a la competencia. Por tanto, no se proporciona un juicio genérico sobre los indicadores de dichos criterios, pero se evidencian prácticas de venta de residuos.
  
- 8) En cuanto a los indicadores del aspecto social, se observa que la empresa proporciona una gran cantidad de trabajos indirectos, esto indica que no solo se benefician los empleados directos, sino también que se generan empleos indirectos que favorecen la dinamización de la economía y el desarrollo económico-social de la región. Además, la empresa se encuentra comprometida con el fomento a la formación y educación de los recursos humanos, y a la investigación.
  
- 9) Con relación a los indicadores derivados del objetivo *Mejora del ambiente laboral*, no se proporcionan los valores de dichos indicadores, ya que, por cuestiones relacionadas a las medidas de bioseguridad y distanciamiento social por el COVID-19, emitidas por las autoridades de salud de Cataluña, no se pudo acceder a las instalaciones, realizar una encuesta al personal y tomar observaciones de todos los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- 10) Se desarrolló un índice de economía circular para el sector porcino. El “Índice de Economía Circular para el Sector Porcino (ECP)” tiene la finalidad de observar cómo se va encaminando el sector porcino en un sistema cada vez más circular, en el cual se pueda tender al ciclo cerrado, ya sea minimizando los residuos, reutilizándolos en las mismas empresas y sustituyendo algunos de estos residuos por materiales biodegradables, que no afecten al medio ambiente.
- 11) El ECP se elaboró a partir de otros indicadores relacionados, que, del mismo modo, responden a los criterios y objetivos de la economía circular. Este índice se diferencia de otros, en que el mismo para realizar el cálculo, se basa en la masa de residuos de la matanza del cerdo destinado a valorización al año, la masa de plástico, papel/cartón y madera destinados al reciclaje al año y la masa de plástico, papel/cartón y madera reutilizados al año relacionados con la masa de producto producido. Además, se compone del conjunto de los criterios evaluados del aspecto ambiental, como son: desmaterialización y tender al ciclo cerrado, suponiendo así una evaluación global de los diferentes indicadores ambientales, pero de manera indirecta abarca a los indicadores de los aspectos económico y social.
- 12) De manera general, el ECP representa un nuevo índice, el cual pretende beneficiar a que el sector porcino desarrolle acciones cada vez más sostenibles y limpias que cada vez más estén adaptadas al sector porcino, dándole valor al cierre de ciclo de materia respecto a la unidad de producto. El ECP responde al marco de la circularidad, por lo que al igual que los indicadores, responde a los criterios y objetivos de la economía circular.
- 13) La ausencia de datos para algunos de los indicadores, se debe a que los mataderos porcinos no facilitan información sensible por temor a que se difunda la información a otras empresas de dicho sector con las cuales compiten, principalmente con los datos económicos. También, se evidenció que algunos datos del aspecto ambiental tienen valor de cero ya que la empresa no ejecuta acciones con relación a algunos aspectos, como es el caso de la sustitución de plásticos por otros materiales biodegradables, así como el uso de energías renovables, entre otros.
- 14) Este trabajo hace una aportación innovadora y necesaria en el sector porcino ya que anteriormente no existía ningún sistema de índices e indicadores que permitiera direccionar a dicho sector a tender al ciclo cerrado en el marco de la economía circular.

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 5. Bibliografía

- AGORA. (2018). ¿Sabes cómo medir la Economía Circular Indicadores de Economía Circular? 1–8. Recuperado el 01 de marzo, 2021, de: <https://www.agorarsc.org/indicadores-de-economia-circular/>
- ANICE. (2021). El sector cárnico español - Asociación Nacional de Industrias de la Carne en España. Recuperado el 02 de marzo, 2021, de: [https://www.anice.es/industrias/area-de-prensa/el-sector-carnico-espanol\\_213\\_1\\_ap.html#:~:text=La industria cárnica es el,y distribución de energía eléctrica.](https://www.anice.es/industrias/area-de-prensa/el-sector-carnico-espanol_213_1_ap.html#:~:text=La industria cárnica es el,y distribución de energía eléctrica.)
- Arroyo, M. (2012). Introducción a la Ecología Industrial. Issuu, 75.
- Arsova, Sanja; Genovese, Andrea; Georgantzis, Dimitris; Ketikídis, Panagiotis; Kipinis, Eva; Lowe, Ben; Solomon, Adrian; Yoon, M. (2018). ReTraCE Project: Realising the Transition to the Circular Economy. 1–45.
- Azevedo, S. G., Godina, R., & Matias, J. C. de O. (2017). Proposal of a sustainable circular index for manufacturing companies. *Resources*, 6(4), 1–24. <https://doi.org/10.3390/resources6040063>
- Balboa C, C. H., & Domínguez Somote, M. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informador Técnico*, 78(1), 82. <https://doi.org/10.23850/22565035.71>
- Bobenrieth, R., Beltrán, F. E., & Arenas, A. (1985). Saneamiento de mataderos de bovinos, ovinos y porcinos. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, 98(3), 211–227.
- Campo CYL. (2020). Alberto Herranz: “El sector porcino apuesta por la sostenibilidad medioambiental, social y económica” | Campo CYL. Recuperado el 18 de marzo, 2021, del sitio web Campo CYL: <https://www.campocyl.es/category/ganaderia/alberto-herranz-el-sector-porcino-apuesta-por-la-sostenibilidad-medioambiental-social-y-economica/>
- Cassals Miralles, C. (2020). PROPOSTA DE TANCAMENT DEL CICLE DE MATÈRIA D’ UN ESCORXADOR DE PORCS PER A CONTRIBUIR A L’ ECONOMIA CIRCULAR. Treball final de màster Màster en Ciència i Tecnologia de la Sostenibilitat. Universidad Politècnica de Catalunya (UPC).

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

- Centro Tecnológico Agroalimentario. (2011). ¿Cómo gestionar los residuos de mataderos, industrias y carnicerías? Recuperado el 28 de junio, 2021, de <http://ctic-cita.es/nc/saladeprensa2/noticias/noticia-individual/article/como-gestionar-los-residuos-de-mataderos-industrias-y-carnicerias/>
- Cervantes Torre-Marín, G. (2011). Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales Gemma Cervantes Torre-Marín Profesora. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, (June), 58–78.
- Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable *Industrial*, 1, 63–70.
- Comín, M. Á. (2020). Economía circular: La gestión de los purines en el sector porcino - Porcinova. Recuperado el 18 de marzo, 2021, de <https://porcinova.es/gestion-purines-sector-porcino/>
- Cordero del Río, E. (2015). INDICES E INDICADORES AMBIENTALES. Recuperado el 28 de junio, 2021, de <https://slideplayer.es/slide/5159972/>
- Ellen Macarthur Foundation. (2015). CIRCULARITY INDICATORS: An Approach to Measuring Circularity. *Government Information Quarterly*, 23(2), 342–345. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2006.07.001>
- Ellen Macarthur Foundation. (2021). Economía Circular. Recuperado el 10 de marzo, 2021, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>
- FAO & INTA. (2012). Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. In ONU - FAO.
- Figge, F., Thorpe, A. S., Givry, P., Canning, L., & Franklin-Johnson, E. (2018). Longevity and Circularity as Indicators of Eco-Efficient Resource Use in the Circular Economy. *Ecological Economics*, 150(April), 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.030>
- Food Retail & Shoppers. (2020). El futuro del sector porcino en clave medioambiental. Recuperado el 04 de marzo, 2021, de: [https://www.foodretail.es/fabricantes/sector-porcino-futuro-gestion-medioambiente-feria-sepor\\_0\\_1486951306.html](https://www.foodretail.es/fabricantes/sector-porcino-futuro-gestion-medioambiente-feria-sepor_0_1486951306.html)
- Fundación Aquae. (2018). Generación de oxígeno. 41.



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- Fundación Fórum Ambiental. (2018). Economía Circular y Verde en el mundo local: Recuperado el 26 de febrero, 2021, de [https://www.diba.cat/documents/63810/271257235/Guia\\_EC\\_ES.pdf/dfc576dc-d553-4c6d-8c2f-4c1ba91f6ef9](https://www.diba.cat/documents/63810/271257235/Guia_EC_ES.pdf/dfc576dc-d553-4c6d-8c2f-4c1ba91f6ef9)
- Gayoso, D. (2018). La planta más moderna de España para transformar purín en electricidad. Recuperado el 18 de marzo, 2021, del sitio web *La Voz de Galicia*: [https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/amarina/2018/01/29/planta-moderna-espana-transformar-purin-electricidad/0003\\_201801X29C4995.htm](https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/amarina/2018/01/29/planta-moderna-espana-transformar-purin-electricidad/0003_201801X29C4995.htm)
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Sergio Ulgiati. (2016). A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: Progress and achievements in the first phase, 2005-2010. *Journal of Cleaner Production*, 114, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.115>
- Gómez, R. B. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos...
- Hobson, K. (2016). Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography*, 40(1), 88–104. <https://doi.org/10.1177/0309132514566342>
- INTERPORC SPAIN. (2018). El sector porcino con el reciclaje y la reutilización. Recuperado el 04, de marzo, 2021, del website: <https://interporc.com/2018/10/15/sector-porcino-con-el-reciclaje-y-reutilizacion?cat=blog/el-ayer-y-hoy-del-cerdo>
- Levinton. (2015). "Proceso de producción de carne porcina.". Recuperado el 02 de marzo, 2021, de website: [http://www.aaporcinos.com.ar/articulos/actualidad\\_porcina\\_15-07-2015\\_proceso\\_de\\_produccion\\_de\\_carne\\_porcina.html](http://www.aaporcinos.com.ar/articulos/actualidad_porcina_15-07-2015_proceso_de_produccion_de_carne_porcina.html)
- Li, R. H., & Su, C. H. (2012). Evaluation of the circular economy development level of Chinese chemical enterprises. *Procedia Environmental Sciences*, 13(2011), 1595–1601. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.151>

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- Li, Y., He, R., Liu, J., Li, C., & Xiong, J. (2021). Quantitative evaluation of China's pork industry policy: A PMC index model approach. *Agriculture (Switzerland)*, 11(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020086>
- Medianero, D. (2014). Metodología de Estudios de Línea de Base. *Pensamiento Crítico*, 15, 61–82. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/econo/article/viewFile/8994/7822>
- Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1429–1442. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.131>
- Molina-Moreno, V., Leyva-Díaz, J. C., Llorens-Montes, F. J., & Cortés-García, F. J. (2017). Design of indicators of circular economy as instruments for the evaluation of sustainability and efficiency in wastewater from pig farming industry. *Water (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/w9090653>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., ... Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: what do they measure? | UN Environment. *Resources, Conservation & Recycling* 146, 452–461. Retrieved from <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/blogpost/circular-economy-indicators-what-do-they-measure>
- Narodoslawsky, M. (2015). Sustainable Process Index. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Nolasco Alejandro, L. A. (2021). Evaluación del Desarrollo Sustentable de la UPIBI: Indicadores de Desarrollo Sustentable. Instituto Politécnico Nacional.
- Noya, I., Aldea, X., González-García, S., M. Gasol, C., Moreira, M. T., Amores, M. J., ... Boschmonart-Rives, J. (2017). Environmental assessment of the entire pork value chain in Catalonia – A strategy to work towards Circular Economy. *Science of the Total Environment*, 589, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.186>
- Oteiza G., I. (2013). Escenarios futuros para la producción de carne porcina en la región del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional del Mar de la Plata.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- Paramio, M. T., Manteca, X., Milan, M. J., Piedrafita, J., Izquierdo, M. D., Gasa, J., ... Pares, R. (2013). Manejo y Producción de Porcino. Recuperado de:  
[http://llojtadevic.org/redaccio/arxius/imatgesbutlleti/manual\\_porcino\\_final.pdf](http://llojtadevic.org/redaccio/arxius/imatgesbutlleti/manual_porcino_final.pdf)
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy - A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*, 210, 200–216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357>
- Park, J. Y., & Chertow, M. R. (2014). Establishing and testing the “reuse potential” indicator for managing wastes as resources. *Journal of Environmental Management*, 137, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.053>
- Parlamento Europeo. (2015). Economía circular: definición, importancia y beneficios | Noticias | Parlamento Europeo. Recuperado el 10 de marzo, 2021, de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>
- Pons Ballbé, R. (2004). Cómo eliminar y valorizar los residuos de mataderos. Recuperado el 28 de junio, 2021, de Dialnet website:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=963188>
- PRODECA. (2021). El sector de la carne y los embutidos | Promotora dels aliments catalans. Recuperado el 02 de marzo, 2021, de: <https://www.prodeca.cat/es/sectores/el-sector-de-la-carne-y-los-embutidos>
- PRODECA. (2019). Tendencias del sector porcino | Prodeca. Recuperado el 02 de marzo, 2021, de: <https://www.prodeca.cat/es/actualidad/tendencias-del-sector-porcino>
- Rojas Zerpa, J. C. (2015). ECOLOGÍA INDUSTRIAL: UNA DISCIPLINA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. 57–73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09407-0>
- Rodríguez, R. I., & Sanhueza, M. P. (2017). Estudios del desarrollo: enfoques, instrumentos de medición y trabajos empíricos. Retrieved from [http://riedesarrollo.org/wp-content/uploads/2017/05/Libro-RIED\\_Estudios-del-desarrollo.pdf](http://riedesarrollo.org/wp-content/uploads/2017/05/Libro-RIED_Estudios-del-desarrollo.pdf)

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

- Ruiz, E., Canales, R., & García, V. (2019). La medición de la economía circular. Marcos, indicadores e impacto en la gestión empresarial. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
- Ruiz, F., Oteiza, J., Martínez, L., Marínez, P., Ramírez, A., & Prado, F. (2001). Aplicaciones del manual media a sectores industriales. In *Sector de curtido de pieles animales*. Retrieved from <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19390/aplicaciones-del-manual-media-sectores-industriales-sector-curtidos-de-pieles-animales>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542–559.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Sánchez Rodríguez, M. (2007). Producción porcina. El sector porcino a nivel mundial, de la Unión Europea y en España. Censos y producciones.
- Saunders, D., Margules, C., & Hill, B. (1998). *Environmental Indicators For National State of the Environment Reporting*. Australia: State of the Environment.
- Secco, C., Luz, L. M. da, Pinheiro, E., de Francisco, A. C., Puglieri, F. N., Piekarski, C. M., & Freire, F. M. C. S. (2020). Circular economy in the pig farming chain: Proposing a model for measurement. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121003.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121003>
- Sol, E. (2016). La economía circular. 1–8.
- STATISTA. (2021). • Carne de porcino: producción mundial 2012-2019 | Statista. Recuperado el 02 de marzo, 2021, del website: <https://es.statista.com/estadisticas/525525/produccion-mundial-de-carne-de-porcino/>
- Valavanidis, A. (2018). *Concept and Practice of the Circular Economy*
- Valor, M. C., Muñoz, T. María Jesús Fernández, I. M., Rivera, L. M. J., Ferrero, F. I., Escrig, O. J. V., & Gisbert, N. E. (2020). **ÍNDICE PRESENTACIÓN: LA ECONOMÍA CIRCULAR: UNA OPCIÓN INTELIGENTE** 4 Marta de la Cuesta González UNED y Economistas sin Fronteras **ECONOMÍA CIRCULAR-ESPIRAL. OPCIONES ESTRATÉGICAS DESDE EL RECICLAJE AL**

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

CAMBIO SISTÉMICO 7 Luis M. Jiménez Herrero Asociación p. Economistas Sin Fronteras, 37. Recuperado el 26 de febrero, 2021, de: [www.ecosfron.org](http://www.ecosfron.org)

Van Schaik, A., & Reuter, M. A. (2016). Recycling indices visualizing the performance of the circular economy. *World of Metallurgy - ERZMETALL*, 69(4), 201–216.

Vargas, A. (2015). Construcción de una línea de base. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 28 de junio, de [http://data.evalua.cdmx.gob.mx/docs/gral/taller2016/LB\\_ARMANDO.pdf](http://data.evalua.cdmx.gob.mx/docs/gral/taller2016/LB_ARMANDO.pdf)

Voces de Cuenca. (2021). Economía circular porcina: de la granja a la innovación sanitaria - Voces de Cuenca. Recuperado el 4 de marzo, 2021, de: <https://www.vocesdecuenca.com/empresas/economia-circular-porcina-de-la-granja-a-la-innovacion-sanitaria/>

Zaman, A. U., & Lehmann, S. (2013). The zero waste index: A performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city.” *Journal of Cleaner Production*, 50, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.041>

ZERO. (2019). ¿Cómo se mide la economía circular? - ZERO. Recuperado el 02 de marzo, 2021, de: <https://www.zerotheplatform.com/como-se-mide-la-economia-circular/>

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 6. Anexos

#### ANEXO A: TABLAS DE FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR.

**TABLA 25: FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (A). FUENTE:**

**ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Ambiental</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Tema del indicador</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>
Reducción de materia en procesos administrativos	Reducción de materiales	1) Proporción de papel usado en procesos administrativos respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg papel usado en procesos administrativos al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
Disminución de los embalajes	Empaquetado	2) Proporción de plástico usado respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg plástico usado al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
		3) Proporción de sustitutos del plástico respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg sustitutos del plástico al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
	Embalajes biodegradables	4) Proporción de embalajes biodegradables que sustituyen al plástico respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg de embalajes biodegradables utilizados al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
Reducción en el uso de recursos naturales	Consumo de agua	5) Proporción de agua consumida respecto a masa de producto producido	$(\text{m}^3 \text{ de agua consumida al año} / \text{m}^3 \text{ de agua total utilizada al año}) * 100$
	Agua de lluvia	6) Proporción de agua lluvia utilizada respecto al agua total utilizada al año	$(\text{m}^3 \text{ de agua lluvia utilizada al año} / \text{m}^3 \text{ de agua utilizada al año}) * 100$
Cierre del ciclo de materias	Reutilización del agua	7) Proporción de agua reutilizada	$(\text{m}^3 \text{ de agua reutilizada al año} / \text{m}^3 \text{ agua total utilizada al año}) * 100$
	Reúso y reciclaje de residuos de carne porcina	8) Proporción de residuos de carne porcina destinados a venta respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg de residuos de carne porcina almacenados para su venta al año} / \text{Kg de producto producido al año}) * 100$
Cierre del ciclo de materias	Reúso y reciclaje de residuos de carne porcina	9) Proporción de residuos de carne porcina reutilizada en la empresa respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg residuos de carne porcina reutilizados al año} / \text{Kg de producto producido al año}) * 100$
	Reúso y reciclaje de otros residuos	10) Proporción de plástico destinado al reciclaje	$(\text{Kg plástico reciclado} / \text{Kg plástico usado al año}) * 100$
		11) Proporción de papel/cartón destinado al reciclaje	$(\text{Kg papel/cartón destinado al reciclaje al año} / \text{Kg papel-cartón usado al año}) * 100$
		12) Proporción de madera destinada al reciclaje	$(\text{Kg madera destinada al reciclaje al año} / \text{Kg madera usada al año}) * 100$
		13) Proporción de plástico reutilizado	$(\text{Kg plástico reutilizado al año} / \text{Kg plástico destinado al reciclaje al año}) * 100$

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 26: FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL (B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Ambiental</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Tema del indicador</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>
Cierre del ciclo de materias	Reúso y reciclaje de otros residuos	14) Proporción de papel/cartón reutilizado	$(\text{Kg papel-cartón reutilizado al año} / \text{Kg papel-cartón destinado al reciclaje al año}) * 100$
		15) Proporción de madera reutilizada	$(\text{Kg madera reutilizada al año} / \text{Kg madera destinada al reciclaje}) * 100$
Disminución de la generación de residuos	Minimización de residuos	16) Proporción de plástico residual respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg plástico residual al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
		17) Proporción de papel/cartón residual respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg papel-cartón residual al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
		18) Proporción de madera residual respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg madera residual al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
Aumento de la ecoeficiencia	Consumo energético	19) Proporción de energía usada respecto a masa de producto producido	$(\text{kWh de energía usada al año} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
		20) Proporción de energía ahorrada por acciones ecoeficientes	$(\text{kWh energía producida por acciones ecoeficientes al año} / \text{kWh de energía usada al año}) * 100$
Mayor autonomía energética	Autonomía energética	21) Proporción de energía producida por medios autónomos respecto a masa de producto producido	$(\text{kWh energía producida por medios autónomos} / \text{Kg producto producido al año}) * 100$
Promoción de las energías renovables	Uso de energía de fuentes renovables	22) Proporción de energía proveniente de fuentes renovables	$(\text{kWh energía proveniente de energías renovables al año} / \text{kWh consumo energético total al año}) * 100$
Reducción y compensación de las emisiones a la atmósfera	Reducción de emisiones de GEI	23) Proporción de emisiones de GEI respecto a masa de producto producido	$(\text{Kg GEI emitidos a la atmósfera al año} / \text{Kg producto producido}) * 100$
	Compensación de emisiones de GEI	24) No. de árboles necesarios para compensar emisiones	$\text{Kg emisiones de CO}_2 \text{ emitidas a la atmósfera al año} * (1 \text{ árbol} / \text{Kg emisiones CO}_2 \text{ absorbidos por un árbol al año})$

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 27: FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO ECONÓMICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Económico</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Tema del indicador</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>
Obtención de ganancias por proyectos ambientales	Venta de residuos	25) Proporción de dinero obtenido por la venta de residuos de carne porcina	$(\text{€ obtenidos por la venta de residuos porcinos al año} / \text{€ obtenidos por la venta total al año}) * 100$
		26) Proporción de dinero obtenido por la venta de plástico residual	$(\text{€ obtenidos por la venta de plástico residual al año} / \text{€ obtenidos por la venta total al año}) * 100$
		27) Proporción de dinero obtenido por la venta de papel/cartón residual	$(\text{€ obtenidos por la venta de papel-cartón residual al año} / \text{€ obtenidos por la venta total al año}) * 100$
		28) Proporción de dinero obtenido por la venta de madera residual	$(\text{€ obtenidos por la venta de madera residual al año} / \text{€ obtenidos por la venta total al año}) * 100$
Reducción de costos por proyectos ambientales	Manejo de residuos	29) Dinero ahorrado por el reúso y reciclaje de madera	$(\text{€ obtenido por la venta de residuos al año} - \text{€ ahorrado por el reúso y reciclado de madera al año})$
Inversión en proyectos ambientales	Proyectos de reutilización de residuos	30) Proporción de dinero invertido en proyectos de reutilización de residuos respecto al presupuesto anual	$(\text{€ invertido en proyectos de reutilización de residuos al año} / \text{€ presupuesto anual}) * 100$
	Proyectos de minimización de residuos	31) Proporción de dinero invertido en proyectos de minimización de residuos respecto a al presupuesto anual	$(\text{€ invertido en proyectos de minimización de residuos al año} / \text{€ presupuesto anual}) * 100$
Inversión en proyectos de tecnologías ecoeficientes	Tecnologías ecoeficientes	32) Proporción de dinero invertido en tecnologías ecoeficientes respecto al presupuesto anual	$(\text{€ invertido en tecnologías ecoeficientes} / \text{€ presupuesto anual}) * 100$
	Proyectos de energías renovables	33) Proporción de dinero invertido en proyectos de energías renovables respecto al presupuesto anual	$(\text{€ invertido en proyectos de energías renovables} / \text{€ presupuesto anual}) * 100$
Inversión en la formación de los recursos humanos	Capacitación del personal	34) Proporción de dinero invertido en la capacitación del personal respecto al presupuesto anual	$(\text{€ invertido en capacitación del personal al año} / \text{€ presupuesto anual}) * 100$
Inversión en la investigación	Investigación	35) Proporción de dinero invertido en investigación respecto al presupuesto anual	$(\text{€ invertido en investigación al año} / \text{€ presupuesto anual}) * 100$



**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 28: FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO SOCIAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Social</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Tema del indicador</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>
Fomento del empleo	Empleos	36) Proporción de trabajos directos proporcionados por la empresa	$(\# \text{ empleados directos al año} / \# \text{ total de empleos al año}) * 100$
		37) Proporción de trabajos indirectos proporcionados por la empresa	$(\# \text{ trabajos indirectos proporcionados por la empresa al año} / \# \text{ total de empleos al año}) * 100$
Mejora del ambiente laboral	Satisfacción de los empleados	38) Nivel de satisfacción de los empleados	Número del nivel de satisfacción de los empleados
	Higiene y limpieza	39) Percepción de los empleados respecto a la higiene y limpieza	Número de la percepción de los empleados respecto a la higiene y limpieza
	Aceptación comunitaria	40) Nivel de aceptación por parte de la comunidad de la instalación industrial	Número del nivel de aceptación por parte de la comunidad de la instalación industrial
	Señalización	41) Proporción de señalizaciones en las instalaciones respecto las señalizaciones exigidas por la normativa	$(\# \text{ de señalizaciones de las instalaciones} / \# \text{ de señalizaciones exigidas por la normativa}) * 100$
Fomento a la formación y educación de recursos humanos	Educación	42) Cantidad de cursos formativos facilitados a los empleados directos	# de cursos formativos
Fomento a la investigación	Investigación	43) Proporción de empleados que participan en investigaciones	$(\# \text{ empleados que participan en investigaciones} / \# \text{ empleados directos}) * 100$

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**ANEXO B: TABLAS DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR.**

**TABLA 29: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO AMBIENTAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Ambiental</b>				
<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Año de referencia</b>	<b>Observaciones</b>
Masa de producto producido	174.730.000	Kg/año	2019	
Masa de papel usado en procesos administrativos	N.D.	Kg/año	2019	No fue proporcionado
Masa de plástico usado	65.000	Kg/año	2019	
Masa de sustitutos del plástico	0	Kg/año	2019	No se realiza
Masa de embalajes biodegradables que sustituyen al plástico	0	Kg/año	2019	No se realiza
Volumen de agua consumida	330.000	m <sup>3</sup> /año	2019	
Volumen de agua de lluvia utilizada	0	m <sup>3</sup> /año	2019	No se realiza
Volumen de agua reutilizada	19.800	m <sup>3</sup> /año	2019	
Masa de residuos de carne porcina almacenados para su venta	1.414.489	Kg/año	2019	
Masa de residuos de carne porcina reutilizados	0	Kg/año	2019	No se realiza
Masa de plástico destinado al reciclaje	46.480	Kg/año	2019	
Masa de papel/cartón destinado al reciclaje	125.040	Kg/año	2019	
Masa de papel/cartón usado	140.000	Kg/año	2019	
Masa de madera destinada al reciclaje	103.520	Kg/año	2019	
Masa de madera usada	115.000	Kg/año	2019	
Masa de plástico reutilizado	0	Kg/año	2019	No se realiza
Masa de papel/cartón reutilizado	0	Kg/año	2019	No se realiza
Masa de madera reutilizada	93.168	Kg/año	2019	
Energía usada	28.729.479	kWh/año	2019	
Energía producida por acciones ecoeficientes	0	kWh/año	2019	No se realiza
Energía producida por medios autónomos	0	kWh/año	2019	No se realiza
Energía proveniente de energías renovable	0	kWh/año	2019	No se realiza
GEI emitidos a la atmósfera	1.823.444,4	Kg/año	2019	
Emisiones de CO <sub>2</sub> absorbidos por un árbol	30	Kg/año	2019	Dato proporcionado para informar.

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 30: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO ECONÓMICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Aspecto Económico</b>				
<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Año de referencia</b>	<b>Observaciones</b>
Dinero obtenido por la venta total de residuos	1.193.520	€/año	2019	Sólo se tomó en cuenta la venta de residuos plásticos, de papel/cartón y de madera.
Dinero obtenido por la venta de residuos porcinos	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero obtenido por la venta de plástico residual	464.800	€/año	2019	
Dinero obtenido por la venta de papel/cartón residual	625.200	€/año	2019	
Dinero obtenido por la venta de madera residual	103.520	€/año	2019	Sólo se vende el 10%
Dinero ahorrado por el reuso y reciclado de madera	931.680	€/año	2019	El 90% de la madera es reutilizada
Presupuesto anual	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero invertido en proyectos de reutilización de residuos	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero invertido en proyectos de minimización de residuos	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero invertido en tecnologías ecoeficientes	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero invertido en proyectos de energías renovables	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero invertido en la capacitación del personal	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado
Dinero invertido en investigación	N.D.	€/año	2019	No fue proporcionado

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**TABLA 31: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES DEL ASPECTO SOCIAL.**

<b>Aspecto Económico</b>				
<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Año de referencia</b>	<b>Observaciones</b>
Número total de empleos al año	4600	#/año	2021	
Número de trabajadores directos	600	#/año	2021	
Número de trabajos indirectos	4000	#/año	2021	
Nivel de satisfacción de los empleados	N.D.	#/año	2021	Se obtiene a través de una encuesta al personal
Percepción de los empleados respecto a la higiene y limpieza	N.D.	#/año	2021	Se obtiene a través de una encuesta al personal
Nivel de aceptación por parte de la comunidad de la instalación industrial	N.D.	#/año	2021	Se obtiene a través de una encuesta al personal
Señalizaciones de las instalaciones	N.D.	#	N.D.	Se obtiene realizando conteo a las señalizaciones de la empresa
Señalizaciones exigidas por la normativa	58	#	2015	Se obtiene realizando conteo de las señalizaciones en el BOE-A-1997-8668
Número de cursos formativos	4	#	2021	
Número de empleados que participan en investigaciones	8	#/año	2021	

**Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**ANEXO C: PRESUPUESTO DEL ESTUDIO.**

**TABLA 32: PRESUPUESTO DEL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b><u>Transporte</u></b>				
Gasolina	11,41	L	1,48 €	16,89 €
Billetes de tren (Gavà – Granollers)	2	Boletos	3,85 €	7,70 €
Billetes de tren (Gavà – Vic)	2	Boletos	6,95 €	13,90 €
Billetes de autobús (Vic – Manlleu)	2	Boletos	3,20 €	6,40 €
Billetes de autobús (Manlleu – L’esquirol)	2	Boletos	2,10 €	4,20 €
T-casual	1	Boleto	11,35 €	11,35 €
<b><u>Alimentación</u></b>				
Visita 1	1	Menú	18,00 €	18,00 €
Visita 2	1	Menú	20,00 €	20,00 €
Visita 3	1	Menú	10,95 €	10,95 €
<b>Agua</b>	40	m <sup>3</sup>	2,68 €	107,20 €
<b>Electricidad</b>	560	kWh	0,03 €	16,80 €
<b>Gas</b>	45	m <sup>3</sup>	0,66 €	29,70 €
<b>Teléfono e internet</b>	7	Paquetes de datos y llamadas	10,00 €	70,00 €
<b><u>Recursos tecnológicos utilizados</u></b>				
Portátil	1	Equipo	320,00 €	320,00 €
Móvil	1	Equipo	400,00 €	400,00 €
<b>Total</b>				<b>1.036,29 €</b>

## Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña

### 7. Índice alfabético

**Autonomía energética:** Capacidad que tiene una empresa para satisfacer las necesidades de energía, sin comprarla ni depender de otra empresa generadora de electricidad.

**Baño antemortem:** Cuando los animales se sacan del corral pasan por un sistema de duchado para eliminar la suciedad más superficial.

**Canal:** Peso en frío del cuerpo del animal sacrificado, desollado, sangrado y eviscerado, entero o dividido por la mitad de forma longitudinal.

**Carne de porcina:** Producto cárnico procedente del cerdo que se emplea para alimentación.

**Chamuscado:** Proceso que se realiza para quemar los pelos del cerdo que pudieran quedar en zonas de difícil acceso, como la cabeza y las axilas. Tiene lugar mediante el paso de las canales, suspendidas por sus extremidades posteriores, por un horno dotado de quemadores laterales de gas propano.

**Circularidad:** Ofrece una solución más sostenible, otorgando un destino diferente para los productos, uno que diseña los residuos y mantiene los productos en uso.

**Contaminación:** Consiste en el ingreso de elementos o sustancias en un sistema que normalmente no deberían estar en él y que afectan el equilibrio del ecosistema.

**Corte de pezuñas:** Proceso en el cual se cortan las pezuñas o cascos de los cerdos y se separan del animal.

**Criterios ambientales:** Son aspectos que conciernen a cualquier actividad que afecte de forma positiva o negativa al medioambiente.

**Criterios económicos:** Son criterios que conciernen al ámbito de las finanzas.

**Criterios sociales:** Son aspectos que conciernen a las cuestiones sociales relacionadas con la comunidad.

**Degollado:** Proceso en el que se inestabiliza, degüella, ya sea por punción y/o corte a la entrada del pecho, y se deja desangrar el animal.

**Depilado:** Proceso por el cual el animal pasa a la depiladora para la eliminación de los pelos y la capa queratinizada. Se realiza con cilindros giratorios con rascadores metálicos que ayudan a eliminar la mayor parte del pelo y de la epidermis animal.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**Desmaterialización de los productos:** Es una estrategia de prevención de residuos que se basa en maximizar la utilidad del producto, al mismo tiempo que se minimiza el consumo de recursos, incrementando la eficiencia durante el uso.

**Despiezado:** Proceso que consiste en separar las partes de un animal.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gas utilizado para inestabilizar los animales.

**Ducha:** Proceso en el cual se ducha al animal para separar el pelo del cuerpo.

**Ecología industrial:** Sistema industrial que presenta propuestas de alternativa técnica y socioeconómica basada en los ecosistemas.

**Economía circular:** Sistema económico y social que tiene como objetivo la producción de bienes y servicios al tiempo que reduce el consumo y el desperdicio de las materias primas, agua y fuentes de energía.

**Eficiencia energética:** Uso eficiente de la energía con el objetivo de proteger al medio ambiente.

**Envasado:** Proceso en el cual se envasan los productos porcinos para poder ser vendidos.

**Escalado:** Proceso que consiste en poner el animal en contacto con agua o vapor de agua a una temperatura de 65°C durante unos minutos con la intención de que el pelo se ablande.

**Estabulación:** Tiempo en el que se dejan reposar los animales en los corrales desde que pasa la inspección ante mortem hasta el momento del sacrificio.

**Eviscerado:** Proceso que consiste en la extracción de las vísceras abdominales y torácicas del animal.

**Expedición:** Proceso en el cual las canales se cargan los vehículos para ser transportadas a los clientes.

**Extracción del recto:** Proceso en el cual el recto junto con el contenido intestinal se extrae con una maquinaria específica.

**Flagelado:** Proceso que se efectúa mediante unos rodillos dotados de unas tiras elásticas, que giran y van golpeando la piel del cerdo con el fin de arrancar todos los pelos que pudieran quedar.

**Flujos:** Establecen las interrelaciones entre las características y cantidades de residuos con las fuentes de generación y las formas de aprovechamiento.

## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**Gases de efecto invernadero (GEI):** Son gases atmosféricos que absorben y emiten radiación dentro del rango infrarrojo.

**Ganado porcino:** Conjunto de cerdos que son criados para su explotación y comercio.

**Indicador:** Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.

**Índice:** Son el nombre genérico que reciben los indicadores principales y que proporcionan una señal de algo.

**Industria:** Actividad que tiene como propósito transformar las materias primas en productos elaborados, en este caso, la producción de carne de cerdo a través del sacrificio de dichos animales.

**Inestabilización:** Proceso en el cual se inestabilizan los animales, con descarga eléctrica o con CO<sub>2</sub>, para entrar en estado de inconsciencia antes del sacrificio, con el fin de evitar cualquier dolor o sufrimiento innecesario.

**Inspección antemortem:** Examen que se realiza a los animales vivos que deben ser sacrificados para comprobar su estado de salud y su normalidad fisiológica o, por el contrario, si presentan alguna anomalía que pudiera ser determinante para que las carnes obtenidas no fueran aptas para el consumo humano.

**Inspección veterinaria:** Proceso en el cual las canales sin vísceras pasan por un tipo de evaluación antes del despiece.

**Matadero:** También conocido como camal, es una instalación industrial estatal o privada en la que se sacrifican animales de granja para su posterior procesamiento, almacenamiento y comercialización como carne u otras clases de productos de origen animal.

**Materiales:** Elemento que puede transformarse y agruparse en un conjunto.

**Minimización del impacto ambiental:** Reducción de los impactos que producen en el medio ambiente rural los asentamientos residenciales en el suelo no urbanizable sobre los que no se pueden aplicar medidas de restauración de legalidad urbanística.

**Modelo lineal:** Modelo de producción que funciona bajo un sistema en el que todo lo fabricado tiene un final y termina por salir del ciclo productivo.



## **Creación de un índice de economía circular y cálculo de Indicadores para la producción de carne porcina en Cataluña**

**Modelo circular:** Modelo basado en un proceso sostenible, en donde se intenta que los materiales y recursos se mantengan en el ciclo productivo y en la economía, durante el mayor tiempo posible, sin perder su valor y conservando su vida útil.

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO):** Es un organismo especializado de la ONU que dirige las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre.

**Peste Porcina Africana (PPA):** Es una enfermedad hemorrágica altamente contagiosa que afecta a cerdos domésticos y silvestres, ocasionando grandes pérdidas económicas y productivas.

**Producción:** Actividad que aporta valor agregado a la creación y suministro de bienes y servicios, en este caso, carne de cerdo para la alimentación de la población.

**Producto Interno Bruto (PIB):** Es un indicador económico que refleja valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos por un país o región en un determinado periodo de tiempo.

**Recepción:** Proceso que se produce cuando los animales que han sido trasladados desde la granja llegan al matadero.

**Refrigerado:** Proceso en el cual los productos se mantienen en refrigeración en las diferentes cámaras de refrigerado y congelado, desde que se envasan hasta que se expiden.

**Residuos:** Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.

**Sacrificio:** Es una obligación el sacrificar de una forma humanitaria a los animales destinados al suministro de productos comestibles y de subproductos útiles.

**Sector porcino:** Son sistemas en los que los cerdos se mantienen en el interior y dependen por completo del hombre para satisfacer las necesidades básicas tales como piensos y agua de los animales.

**Subproductos:** Son sustancias u objetos, resultantes de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto.

**Valorización:** Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general.