

# Reciclaje y reutilización de residuos alimentarios, propuesta para Chile

## Recycling and reuse of food waste, proporsal for Chile

Venegas Vásconez, Diego<sup>1</sup>; Ayabaca, César<sup>2</sup>; Moreno, Pablo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Bio-Bío, Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería en Maderas. Concepción, Chile.

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito, Ecuador.

[\\*pmoreno@ubiobio.cl](mailto:pmoreno@ubiobio.cl)

### Resumen

Existe una creciente necesidad de llevar a cabo acciones con el fin de utilizar de mejor manera los alimentos y sus residuos, ya que están originando serios problemas de contaminación ambiental, y se desperdician múltiples recursos en su producción, procesamiento y transporte. Los gobiernos e instituciones privadas están abordando el tema con el fin de aprovechar de mejor manera estos recursos, sobre todo se están realizando múltiples investigaciones con el fin de desarrollar tecnologías para darles un uso energético. En el presente trabajo se aborda la problemática del manejo de desperdicios de alimentos, haciendo énfasis en las posibles soluciones al mismo, a partir del desarrollo tecnológico con el fin de conseguir productos con un valor energético y que sean amigables con el medio ambiente. Adicionalmente se hace una breve descripción de las acciones y decisiones que se están tomando en varios de los países más desarrollados del mundo, así como se aborda la realidad de las políticas en materia de manejo de residuos que se tienen en Chile. Además, se plantea un par de soluciones para el aprovechamiento de los residuos alimenticios a partir de investigaciones que pueden generar productos con valor agregado y con un beneficio para el medio ambiente, y se concientiza como se puede canalizar de mejor manera el uso de alimentos desde una perspectiva social. Finalmente, se concluye en la necesidad de tomar acciones urgentes y a largo plazo que hagan sostenible el tema de desechos alimenticios

**Palabras clave:** Residuos alimentarios, desechos, contaminación ambiental.

### Abstract

There is a growing need to carry out actions in order to better use food and its waste, since they are causing serious problems of environmental contamination, and multiple resources are wasted in their production, processing and transport. Governments and private institutions are addressing the issue in order to make better use of these resources, especially multiple investigations are being carried out in order to develop technologies to use them for energy. In this paper, the problem of food waste management is addressed, emphasizing the possible solutions to it, based on technological development in order to obtain products with an energy value and that are friendly to the environment. Additionally, a brief description is made of the actions and decisions that are being taken in several of the most developed countries in the world, as well as the reality of the policies regarding waste management in Chile. In addition, a couple of solutions are proposed for the use of food waste based on research that can generate products with added value and with a benefit for the environment, and awareness of how the use of food can be better channeled from a social perspective. Finally, it is concluded on the need to take urgent and long-term actions that make the issue of food waste sustainable.

**Keywords:** Food waste, waste, environmental.

### 1 Introducción

La contaminación ambiental es cada vez más preocupante, debido al crecimiento de la población mundial, consumismo e industrialización (Stoeva y col., 2017). La generación global de desechos sólidos se puede hasta triplicar para el año 2100 (Bank World 2013). Varios estudios han mostrado estimaciones del problema de contaminación y del desperdicio de alimentos en el mundo, entre los que se puede mencionar:

- La tercera parte de los alimentos que se producen en el mundo (más de 1,3 mil millones de toneladas), se desperdician anualmente (Pleissner 2018). Este desperdicio se tiene desde la producción agrícola hasta el consumo final de los hogares (Gustavsson y col., 2011).
- En 2014 el promedio anual de gastos asociados con los alimentos se elevó a 2,6 billones de dólares, equivalente al 3.3% del PIB mundial (Gustavsson y col., 2011).
- En cuanto a las emisiones al menos 170 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente son debido al desperdicio de alimentos (alrededor del 3% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) en la Unión Europea). De ellas 78 Mt se deben al desperdicio de alimentos de los hogares (Monier y col., 2010).
- El desperdicio de alimentos resulta en 940 mil millones de dólares por año en pérdidas económicas a nivel mundial (Lipinski y col., 2016).
- En la Unión Europea el promedio de producción de desechos por persona es de 482 Kg/año (Minelgaité y col., 2019).
- En Ecuador el 45% de la fruta producida que podría utilizarse se desperdicia (El Universo 2019).
- La industrialización, así como la gestión inadecuada de los residuos conduce a la acumulación de gran cantidad de residuos de cocina y alimentos. Según los informes de la FAO, una gran parte de la producción de alimentos, cosechada y utilizada se pierde como desperdicio en casi todos los tipos de alimentos, como se muestra en la figura 1.

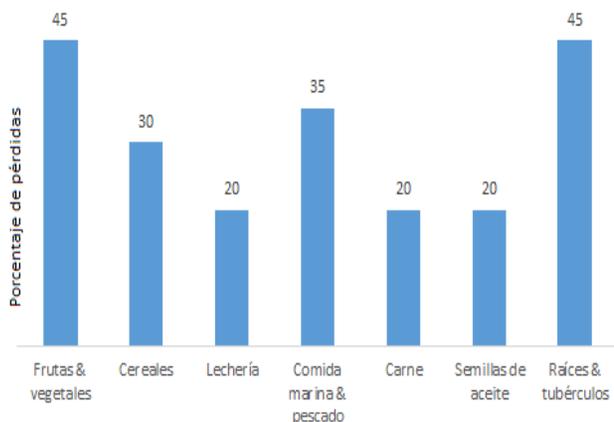


Fig. 1. Porcentaje de alimentos perdidos en diferentes categorías de alimentos después de la producción, cosecha y uso según los informes de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019).

Con el escenario mostrado se ve claramente que los residuos alimentarios están generando un serio problema al medio ambiente, y en pro de encontrar soluciones, se los ha clasificado según se muestra en la figura 2.

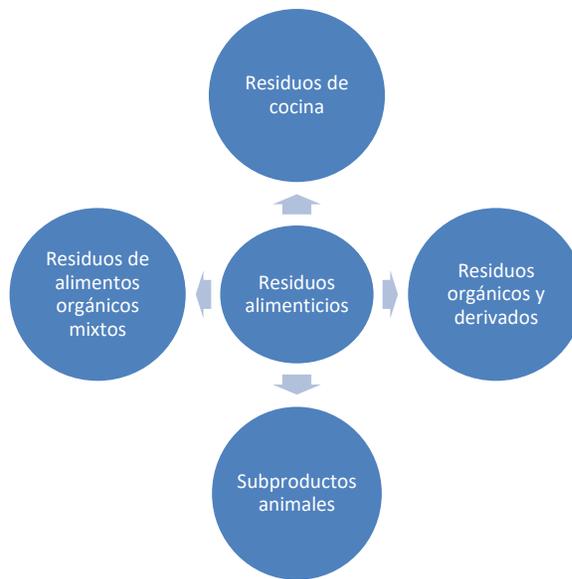


Fig. 2. Clasificación de los residuos alimenticios (Lin y col., 2013).

#### 1.1 Aprovechamiento de los desperdicios

Ante la problemática de los desperdicios de comida, la literatura reporta varios campos en los cuales se pueden aprovechar a los desperdicios de alimentos, generando opciones prometedoras para tratar sus residuos, así como para valorizarlos en productos útiles para diferentes áreas, como se puede apreciar en la figura 3.

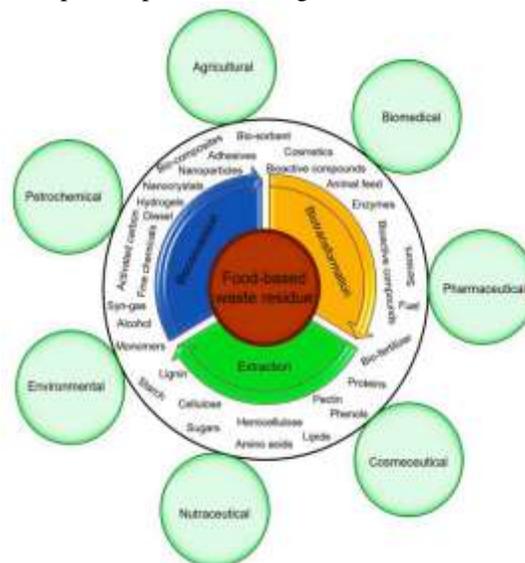


Fig. 3. Extracción, bioconversión y transformación de residuos alimentarios en materiales/productos de valor agregado y sus aplicaciones potenciales en diferentes sectores del mundo moderno (Bilal y Iqbal, 2019).

Todas estas opciones pueden agruparse en tres grupos de tecnologías para la recuperación de los recursos: valorización biológica y química, obtención de combustibles (derivados de desechos) y valorización térmica (Tsai, 2008).

#### 1.1.1. Valoración biológica y química

Este tipo de tecnología permite efectuar la disposición final de los residuos orgánicos para obtener gases, líquidos o sólidos que pueden ser comercializables (Yepes y col., 2008). Entre los procesos más destacados con esta tecnología se pueden mencionar:

##### 1.1.1.1. Compostaje

Es un proceso que descompone biomasa compleja en material orgánico rico para la enmienda del suelo. Los residuos de alimentos proporcionan una excelente fuente de energía para los microorganismos que son los principales responsables de las reacciones de descomposición (Wei y col., 2017). Sin embargo, este proceso tiene varias desventajas, entre las cuales están: requiere una gran extensión de tierra debido al largo tiempo de reacción requerido, se obtiene un producto de bajo valor agregado, están de por medio altos costos de transporte del producto a los lugares de uso, y el producto que se maneja es húmedo.

##### 1.1.1.2. Enzimas

Son biocatalizadores de naturaleza proteica, es decir, intervienen como agentes acelerantes de reacciones químicas, más no participan en ellas. Las reacciones del metabolismo celular se realizan por la acción de catalizadores o enzimas (Yepes y col., 2008).

##### 1.1.1.3. Alimentación animal

Los residuos de comida han alimentado a animales durante siglos, y en los últimos años este proceso se ha popularizado aún más (Zhengxia y col., 2018). Los productos obtenidos son varios y pueden ir desde polvos para aves de corral y peces o se pueden obtener tortas prensadas para ganado. Entre las ventajas que tiene esta técnica están: uso de desperdicio de alimentos, beneficios para el sistema de la cadena alimentaria, y bajo impacto ambiental.

##### 1.1.1.4. Digestión anaerobia

Este proceso de residuos orgánicos, de biomasa y de alimentos es la ruta más estudiada en los últimos años debido a su potencial para producir cantidades razonables de gas combustible en forma de hidrógeno y metano para aplicaciones energéticas (Ahmad y col., 2016).

Tiene como principales ventajas: como producto de

valor agregado obtenido en el proceso está el gas metano, tiene una relativa pequeña huella de carbono. Entre sus desventajas se pueden mencionar que: las emisiones, si se liberan, contienen compuestos orgánicos de azufre que causan olor y metano que causan el calentamiento tipo efecto invernadero, se debe realizar una alta inversión de capital para los digestores, planta de proceso y sistemas de control, hay una suspensión residual y un licor que, si bien se utiliza como un fertilizante líquido, es oloroso y conlleva costos de transporte y almacenamiento.

##### 1.1.1.5. Producción de químicos

El desperdicio de alimentos contiene varios constituyentes como: aminoácidos, carbohidratos, lípidos, fosfatos, vitaminas y una variedad de otros constituyentes que contienen carbono, lo que lo convierte en una fuente prometedora para la producción de químicos (Barbora y col., 2016). Es un área emergente para el tratamiento de residuos de alimentos, que ha conseguido producir: glucoamilasa para la producción de glucosa (figura 4), alcohol, polifenoles entre otros. La producción química se adapta bien al concepto de proceso de biorefinería y puede aumentar los procesos termoquímicos para el desarrollo de procesos de producción química integrada a partir de una o varias materias primas de alimentos de desecho u otros residuos (Obulisamy y col., 2017).

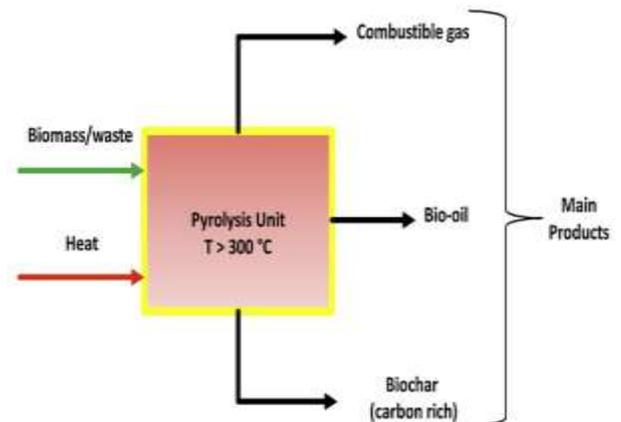


Fig. 4. Detalle del proceso de biosíntesis de azúcares (Bilal y Iqbal, 2019).

Como ventajas en la producción de químicos se pueden mencionar: la materia prima es de bajo costo, y existen cantidades importantes de materias primas disponibles. Como desventajas se tienen: se requiere separación de los residuos de alimentos de los productos finales, hay una compleja logística de transporte y cadena de suministro, el procesamiento del capital de la planta y costos operativos específicos del producto químico, y se requiere de materia prima de buena calidad para el proceso (Xinni y col., 2019).

### 1.1.2. Obtención de combustibles

El biogás es el producto gaseoso que se obtiene de la descomposición de materia orgánica mediante acción bacteriana o de su combustión en condiciones anaeróbicas (Yepes y col., 2008). Está compuesto principalmente por metano (50-60 %), dióxido de carbono (35-45 %) y trazas de hidrógeno y nitrógeno (Thomas 2003).

### 1.1.3. Procesos térmicos (valoración)

Los procesos de conversión energéticos se basan en la degradación de moléculas orgánicas por acción del calor (Xavier, 2003). Las tecnologías que procesan térmicamente los residuos buscan la reducción de su volumen y la recuperación de energía a partir de los gases, líquidos y sólidos que se generan (Castaño y col., 2002). Estos procesos térmicos se clasifican en: gasificación, combustión y pirólisis (Najam y col., 2018).

#### 1.1.3.1. Gasificación

Ha sido la principal fuerza impulsora de los desechos de biomasa con el objetivo de producir gas combustible: hidrógeno, monóxido de carbono, metano y otros hidrocarburos de bajo peso molecular con el objetivo final de producir electricidad o incluso gas de síntesis (Overgaard y col., 2018). Se han realizado varios estudios sobre la gasificación de desechos alimenticios para varios productos agrícolas, y se ha verificado que en la producción de gas combustible para generación de electricidad se otorga un alto valor agregado.

#### 1.1.3.2. Combustión

Es llamada usualmente como la “solución final” al problema de los residuos sólidos. La combustión crea gases calientes que por convección transforman el agua contenida en los tubos en vapor de agua, el cual puede ser usado para generar energía (Abraham y col., 2007).

Durante este proceso se emiten ciertas sustancias tóxicas (dioxinas y furanos), los cuales son compuestos organoclorados con características químicas similares que se caracterizan por su persistencia en el ambiente y su baja biodegradabilidad (Zuluaga y col., 2013). No se recomienda la incineración sin aprovechamiento energético, ya que se produce CO<sub>2</sub> que contribuye al efecto invernadero y calentamiento global.

#### 1.1.3.3. Pirólisis

Consiste en la descomposición de la materia orgánica por calentamiento hasta llegar a la degradación de las sustancias carbonosas, entre 400° y 800°C, en total ausencia

de oxígeno y presión controlada. Este método puede reducir el volumen de los residuos hasta en un 95%. La pirólisis teórica de una molécula de celulosa genera CO, H<sub>2</sub> y C; además de metano, dióxido de carbono y vapor de agua, entre otros, los cuales originan serios problemas de índole ambiental (Xavier 2003). Debido al importante papel desempeñado por la pirólisis en el campo de la sostenibilidad, se ha realizado una cantidad considerable de investigaciones sobre el uso de esta tecnología para transformar los residuos de biomasa lignocelulósica en biocombustibles (sólidos, líquidos y gaseosos) (Elkhalifa y col., 2019). La pirólisis ocurre en un biorreactor (figura 5), en donde a partir del ingreso del material de desecho, y bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, se pueden obtener algunos subproductos.

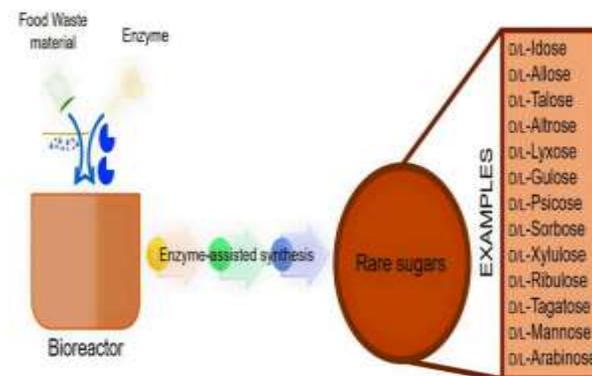


Fig. 5. Esquema de un proceso de pirólisis (Elkhalifa y col., 2019).

### 1.2. Desaprovechamiento de los desperdicios

El relleno es el método tradicional y más antiguo de eliminación de residuos de alimentos, y consiste en botarlos en vertederos junto con otros componentes de residuos sólidos municipales (Oldfield y col., 2016). La principal razón por la cual se emplea este método es que es muy simple de aplicarlo, además tiene una alta rentabilidad. Sin embargo, tiene algunas desventajas, como, por ejemplo: altos costos de transporte, gran huella en la tierra con impactos crecientes a medida que aumentan los costos del valor de la tierra, impactos ambientales significativos en términos de lixiviados, emisiones gaseosas y polvos, lo cual lo convierte en una solución no sostenible.

## 2 El tratamiento de comida en el mundo

Las realidades locales, nacionales, regionales y continentales en el ámbito de los desperdicios de comida son muy diferentes, ya que estos van a depender de los productos consumidos. En la figura 6, se muestra la composición de los residuos de comida de varios de los países más importantes del mundo

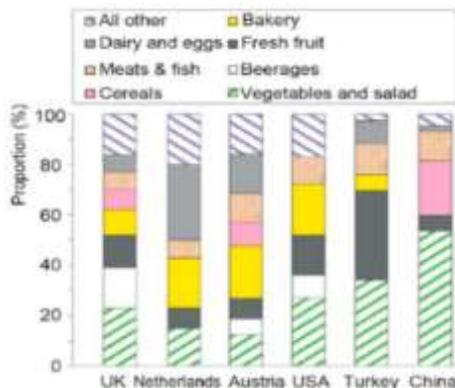


Fig. 6. Composición de residuos de comida de países en el mundo (Obulisamy y col., 2017).

Se van a describir algunas de las políticas adoptadas en los países y regiones más importantes para tener una perspectiva del manejo de los desechos de comida en el mundo.

### 2.1. Comunidad Europea

Hay varias políticas y acuerdos entre los países miembros de la Comunidad Europea que han sido firmados, entre los que se pueden mencionar:

- Bajo el marco del Paquete de Economía Circular, se lanzó un programa de cero desperdicios en 2014 (Commission European, 2014).
- El programa anteriormente mencionado fue revisado en 2018 por la Legislación de Residuos de la UE que exhorta a los Estados miembros a seguir activamente el seguimiento y la reducción de la oferta en la cadena de suministros (European Commission, 2018).
- Como parte de las prioridades de la política de gestión de residuos existe un plan de eliminación de desechos, recuperación de energía, reciclaje, reutilización y prevención de desechos (Philippidis y col., 2019).
- Una de las políticas más ambiciosas en materia de desperdicios de alimentos se dio en Francia en 2016, en donde se incluyó prohibir la generación de desperdicios de alimentos en los supermercados (Guardian Life Insurance Company of America, 2016).

### 2.2. Estados Unidos

En este país existe una iniciativa desde el año 2011 como alianza por parte de Food Waste Reduction Alliance (FWRA) junto con tres industrias: Grocery Manufacturers Association (representa a las compañías de alimentos y bebidas), Food Marketing Institute (representa a los minoristas de alimentos) y National Restaurant Association (representa a la industria de servicios de alimentos) con el fin

de reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos (Food Waste Reduction Alliance, 2019). Sus metas principales son:

- Reducir la cantidad de residuos de alimentos generados.
- Aumentar la cantidad de alimentos seguros y nutritivos donados a los necesitados.
- Reciclaje de residuos de alimentos que son inevitables, desviándolos de los vertederos.

### 2.3. Japón

La figura 7, representa los cambios en la cantidad de desperdicios de alimentos utilizados y no utilizados de 2008 a 2015, en este industrializado país asiático. Como se puede observar, la industria alimentaria japonesa disminuyó con éxito su generación de desperdicios de alimentos y desechos de alimentos no utilizados (residuos).

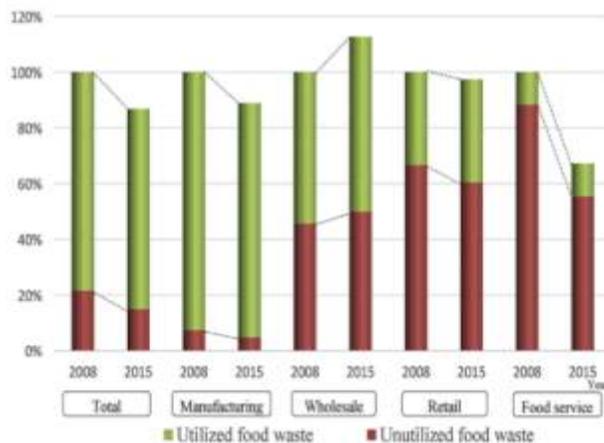


Fig. 7. Cambios en la generación de desperdicios de alimentos en Japón para el periodo 2008-2015 (Fujii y Kondo, 2018).

Nota: El eje vertical está estandarizado por la generación de desperdicios de alimentos de 2008 al 100%.

La industria mayorista solo incrementó la generación de residuos alimenticios durante el periodo analizado. Estas simples comparaciones de datos indican hasta qué punto la generación de desperdicios de alimentos y los desperdicios no utilizados cambiaron. Hay que recalcar que a pesar de estos números alentadores, éste industrializado país asiático revisó su ley de reciclaje de residuos alimenticios en 2015 para promover la prevención y utilización de los residuos alimentarios en la industria (Liu y col., 2016).

### 2.4. China

El gigante asiático está experimentando un rápido desarrollo económico y un consumo incontrolable (Gu y

col., 2018), lo que presenta desafíos estrictos para la gestión de los desechos sólidos municipales, principalmente por los siguientes datos:

- El monto de generación de desechos sólidos municipales aumentó de 31.3 Mt en 1980 a 266.4 Mt en 2016 (National Bureau of Statistics of China, 2003), y aumentará continuamente a 480.0 millones de toneladas en 2030 (Hoorweg y col., 2005).
- Si no se administran bien estos desechos, se pueden producir resultados negativos en sus fuentes de generación, puntos de recolección, en el transporte, en vertederos y/o sitios de incineración, y hasta una disposición posterior (Yang y col., 2015).
- Desafortunadamente, casi 440 ciudades chinas están siendo afectadas por un "asedio de residuos" crónico (Zhang y col., 2016).

A pesar de este escenario negativo, el gobierno chino está impulsando al reciclaje y ha dedicado un esfuerzo considerable a la promoción, que es un objetivo obligatorio importante dentro del 13° Plan Quinquenal de China. Este plan propone una tasa de reciclaje que debe alcanzar un mínimo de rendimiento del 35.0% (Gu y col., 2018). También se han lanzado programas de separación de desechos sólidos, por ejemplo en Beijing en 2011 se invirtió 64 millones de USD en este campo (Zhang y col., 2016).

### 3 El tratamiento de comida en Chile

Chile se ha convertido en un referente para Latinoamérica en manejo de desperdicios y reciclaje, desde el 1 de abril de 2015 se encuentra vigente la Ley de Fomento al Reciclaje. Una de las metas planteadas de esta ley era la eliminación total de la basura para 2018.

A la vista, este objetivo no se ha cumplido, sin embargo, los porcentajes de Chile en manejo de desechos son los más bajos de toda Sudamérica, tanto en el caso de reciclaje de RAEEs (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos) (Revertia, 2019) o el 3% en reciclaje doméstico. Según DiarioUChile, (2019) estos números pueden mejorar, ya que todavía existen millonarias pérdidas en alimentos, tales como:

- El 80% de residuos de los 17 millones de toneladas producidos por la población chilena al año son valorizables o reciclables.
- Los datos del Segundo Boletín de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos de la FAO del 2015, estiman que en Chile se desperdiciaban 63,3 kg de pan al año por familia, lo que corresponde al 16,7 por ciento del consumo promedio en la población nacional.

- Al menos 140 toneladas de arroz se pierden en molinos industriales, equivalentes a 9.000 porciones del cereal a la semana. La principal causa es el manejo inadecuado que genera daños en el producto y caída al suelo en el almacenaje y envasado.
- Lo mismo pasa con las frutas y verduras producidas por las grandes empresas agropecuarias que surten a mercados internacionales y cadenas de supermercados del país.

En la Reglamentación de manejo de alimentos se recogen los aspectos mínimos relevantes que se deben cumplir para desechos alimentarios, tanto domésticos como industriales en el país, los decretos y normas más relevantes son (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile 2019):

- ✓ Norma: Decreto 977, Organismo: Ministerio de Salud, Título: Reglamento Sanitario de los Alimentos, Última Versión: 14-01-2019.
- ✓ Norma: Resolución 3998, Organismo: Ministerio de Salud, Título: Prohíbe a establecimientos que elaboran, almacenan, distribuyen y expenden alimentos, destinar desechos a la alimentación de cerdos u otro fin, Versión: 16-12-1992.
- ✓ Norma: Decreto 1321, Organismo: Municipalidad de Quinta Normal, Título: Dicta Ordenanza sobre Normas sanitarias básicas, Versión: 30-12-1985.
- ✓ Norma: Decreto con Fuerza de Ley 1, Organismo: Ministerio de Salud, Título: Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa, Versión: 21-02-1990.
- ✓ Reglamento sobre Manejo de Residuos de Establecimientos de Atención de Salud (REAS) (Ministerio de Salud de Chile 2009).

### 4 Propuesta para tratamiento de comida en Chile

Esta sección incluye algunas de las propuestas encontradas en la literatura y que pueden servir como una base sólida de para potenciales aplicaciones del manejo de desechos de alimentos en Chile.

#### 4.1. Producción de ácido láctico

El ácido láctico es un ácido orgánico que tiene amplias aplicaciones en las industrias alimenticia, farmacéutica y cosmética. También se utiliza para la producción de biopolímero-polilactato (PLA) (Sindhu y col., 2019). Una interesante alternativa para producción de ácido láctico se ha encontrado a partir del reciclaje de los desperdicios de comida de restaurantes y desechos de panadería. El proceso consiste en cuatro pasos (Pleissner y col., 2015):

- Hidrólisis fúngica enzimática del material de desecho de alimentos utilizando *A. awamori* y *A. oryzae*.

- Luego se realiza un cultivo de algas en los desechos hidrolizados.
- Se extraen lípidos de la biomasa de algas y sólidos derivados de desechos de alimentos.
- Finalmente se produce el ácido utilizando biomasa de algas desgrasadas y sólidos derivados de desechos de alimentos como fuentes de nitrógeno.

En la figura 8, se muestra un esquema general de cómo se llevó a cabo el proceso de producción de ácido láctico a partir de desechos de comida de restaurantes y desechos de panadería, siendo los principales resultados:

- El tratamiento de residuos de alimentos por hidrólisis fúngica proporcionó un hidrolizado rico en nutrientes para el cultivo de microalgas, y también una fracción sólida rica en lípidos que se puede utilizar como fuente de ácidos grasos.
- Los nutrientes recuperados de los alimentos se convirtieron de manera eficiente en biomasa de *C. pyrenoidosa*, y por lo tanto también en ácidos grasos saturados e insaturados.
- Sólidos ricos en lípidos derivados de desechos de alimentos y la biomasa de algas son materias primas prometedoras para la preparación de ácidos grasos que son utilizados en diversas industrias químicas.
- La biomasa de algas desgrasadas y residuos de desechos alimenticios desgrasados son alternativas a las fuentes de nitrógeno convencionales que se derivan de la producción de ácido láctico.

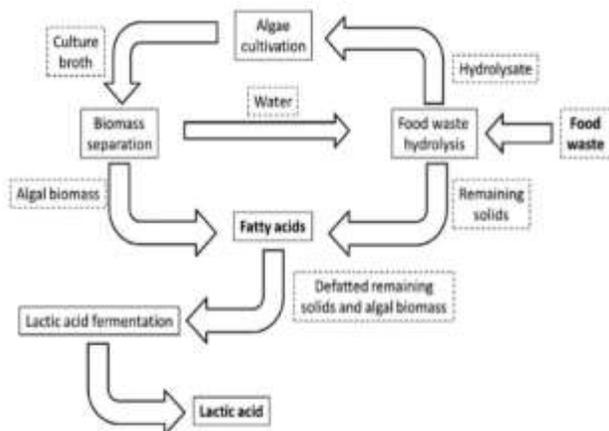


Fig.8. Preparación de materias primas de ácidos grasos y producción de ácido láctico como procesos integrados en el tratamiento de residuos de alimentos (Pleissner y col., 2015).

#### 4.2. Producción de biodiésel a partir de residuos de aceite de cocina

Actualmente alrededor del 80% de esa demanda (Khan y col., 2009) se satisface a través de fuentes no renovables como el petróleo (Demirbas, 2006), y se espera

que la dependencia de estos combustibles fósiles se incrementa en un futuro cercano, razón por la cual los investigadores están encaminando esfuerzos en producir combustibles a partir de fuentes renovables y amigables con el planeta. Los residuos de aceites usados en la cocina sirven como materia prima para la producción de biodiésel. Estos se componen de triglicéridos que se pueden convertir en biocombustibles utilizando una técnica conocida como transesterificación (Akubude y col., 2019, Mumtaz y col., 2012). Esta técnica consiste en el desplazamiento de la glicerina contenida en las grasas animales o aceites vegetales por un alcohol de bajo peso molecular (Cerveró y col., 2008), siendo el más común el metanol (Castellar y col., 2014). La ruta de obtención de biodiésel se puede ver en la figura 9.

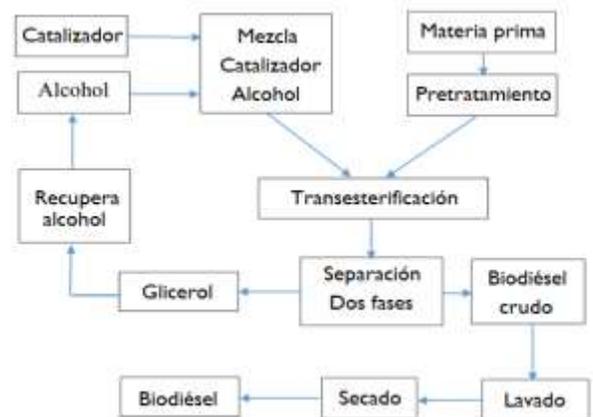


Fig. 9. Ruta de obtención de biodiésel a partir de transesterificación de aceites (Masera y Hossain, 2019).

Para maximizar la transesterificación se utiliza catalizadores homogéneos, tales como: hidróxidos de sodio o potasio o carbonatos (Liu y col., 2007). Sin embargo, su uso presenta algunos inconvenientes tales como: dificultad en su eliminación después de la reacción, formación de gran cantidad de aguas residuales y emulsificación asociada a la producción de jabón (Saqib y col., 2012). Los catalizadores sólidos heterogéneos son una buena alternativa para la producción de biodiésel, ya que son menos corrosivos, más fáciles de manejar, reutilizables, generan menos cantidad de residuos tóxicos, se evita la formación de jabón, simplifica el proceso y ofrece una disminución de costos de procesamiento al eliminar pasos adicionales requeridos por los catalizadores homogéneos (Machorro 2015).

Se plantea la obtención de biodiésel a partir de residuos de aceite de cocina, utilizando en el proceso de transesterificación huesos de pollo molidos y calcinados como catalizador (Farooq y col., 2015). Es una buena alternativa el uso del aceite usado de cocina para la producción de biodiésel, ya que de esa forma se reduce entre un 60-70% del costo de la materia prima (Math y col., 2010). Los resultados de esta investigación indican que (Farooq y col., 2015):

- Una temperatura de 900 °C en la calcinación de los huesos de pollo, daba buenos resultados en la transesterificación.
- El rendimiento de biodiésel aumentó cuando en la transesterificación se utilizó metanol en una proporción de 15:1.
- Cuando se utilizó un 5% en peso de catalizador en la reacción y con relación molar de metanol de 15:1 y 7 horas de tiempo de reacción, el rendimiento del biodiésel alcanzó su máximo valor en 89,33%.
- Temperatura óptima 65 °C.
- Velocidad de agitación óptima 500 rpm.

#### 4.3. Donación de comida

Muchas de las soluciones a los problemas del mundo las pueden tener gente común y corriente que tenga un poco de sentido común, y sobre todo que tenga algo de consideración al prójimo. La donación de alimentos a gente que no tiene los recursos necesarios para adquirirlos puede contribuir de manera efectiva en la disminución de desechos alimentarios. En países como Noruega se utiliza de mejor manera alimentos que no alcanzan a ser comercializados ni consumidos por sus productores, los cuales los ponen a disposición de gente sin recursos de forma gratuita y anónima.

#### 5. Conclusiones

Existe un serio interés por parte de gobiernos del mundo en tratar el problema de los residuos, y siempre serán bienvenidas acciones en pro de aprovechar mejor los recursos disponibles.

Siempre que se tenga un desperdicio, este debería ser reciclado, sobre todo si este desperdicio puede aprovecharse como un producto con valor agregado y con un bajo impacto al medio ambiente.

Hay varias acciones que se pueden hacer desde el hogar, como por ejemplo clasificar la basura y buscar instituciones que se encargan de recogerla y procesarla.

Muchas de las soluciones para el problema del desperdicio de alimentos (sobre todo a nivel comercial e industrial) pasa por el sentido común que puedan tener los propietarios y gerentes de estos servicios, entre las que se pueden mencionar:

- Repartir los alimentos sobrantes entre los empleados de hoteles y restaurantes.
- Sobre producción de frutas y verduras pueden ser llevadas a mercados populares y vendidos a precios preferenciales.
- Programas de ayuda social de los gobiernos pueden incluir la exoneración de ciertos tipos de impuestos a productores que entreguen como donativos los excesos de producción.

#### Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

#### Referencias

- Abraham E, Ramachandran S, Ramalingam V, 2007, Biogas: Can It be an important source of energy? *Env. Sci. Pollut. Res.* Vol.14, N°1, pp. 67-71.
- Ahmad, M, Hussain M, Verma C, 2016, Design considerations and operational performance of anaerobic digester: A Review, *Cogent Engineering*, Vol. 3, N° 1, pp.1-20. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1181696>.
- Akubude V, Nwaigwe K, Dintwa E, 2019, Production of biodiesel from microalgae via nanocatalyzed transesterification process: A Review, *Materials Science for Energy Technologies*, Vol. 2, N° 2, pp. 216-225. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2018.12.006>.
- Barbora G, Koutník I, Adrian P, 2016, Pyrolysis process for the treatment of food waste, *Bioresource Technology*, Vol. 218, pp. 1203-1207. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.064>.
- Bank World, 2013, Global waste on pace to triple by 2100, 2013. Extraído de: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/10/30/global-waste-on-pace-to-triple>. (Consultado 20 de diciembre 2020).
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019, Ley Chile, 2019. Extraído de: [https://www.leychile.cl/Consulta/homebasico.\(Consultado 06 de enero 2021\)](https://www.leychile.cl/Consulta/homebasico.(Consultado 06 de enero 2021)).
- Bilal M, Iqbal H, 2019, Sustainable bioconversion of food waste into high-value products by immobilized enzymes to meet bio-economy challenges and opportunities – A Review. *Food Research International*, Vol.123 (April), pp. 226-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.066>.
- Castaño A, Londoño D, 2002, Sinergia de subproductos industriales en el municipio de Itagüí. Trabajo de grado. Ingenieros de Producción. Escuela de Ingeniería. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. pp.70.
- Castellar G, Angulo E, Cardozo B, 2014, Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos, *Prospect*, Vol. 12, N° 2, pp. 90-104.
- Cerveró J, Coca J, Luque S. 2008, Production of biodiesel from vegetable oils, *Grasas y Aceites*, Vol. 59, N° 1, pp. 76-83. <https://doi.org/10.3989/gya.2008.v59.i1.494>.
- Commission European, 2014, Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe, Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions.
- Demirbas A, 2006, Correlations between carbon dioxide emissions and carbon contents of fuels, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, Vol. 1, N° 4, pp. 421-427.
- DiarioUCHile, 2019. Nuevo comité abre debate sobre utilización de desechos de alimentos. 2019. Extraído de:

- <https://radio.uchile.cl/2017/06/07/nuevo-comite-abre-debate-sobre-utilizacion-de-desechos-de-alimentos/>. (Consultado el 20 de noviembre 2020).
- El Universo, 2019, John Preissing, Representante de FAO: 45% de La fruta producida se pierde en Ecuador. Julio 7. 2019. Extraído de: <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/07/03/nota/7407972/john-preissing-representante-fao-45-fruta-producida-se-pierde>. (Consultado 15 de noviembre 2020).
- Elkhalifa S, Tareq A, Hamish R, Gordon M, 2019, Food waste to biochars through pyrolysis: A Review, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 144 (January), pp.310-320. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.024>.
- European Commission., 2018, A sustainable bioeconomic for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. updated bioeconomic strategy. European commission directorate-general for research and innovation. 2018. Extraído de: [https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec\\_bioeconomy\\_strategy\\_2018.pdf](https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf). (Consultado el 18 de octubre 2020).
- Farooq M, Ramli A, 2015, Biodiesel production from low waste cooking oil using heterogeneous catalyst derived from chicken bones, Renewable Energy, Vol. 76, pp. 362-368. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.042>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019, SAVE FOOD: Global initiative on food loss and waste reduction. Extraído de: <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/>. (Consultado el 22 de diciembre 2020).
- Food Waste Reduction Alliance, 2019. Food waste. 2019. Extraído de: <https://foodwastealliance.org/>. (Consultado el 07 de enero 2021).
- Fujii H, Kondo Y, 2018, Decomposition analysis of food waste management with explicit consideration of priority of alternative management options and its application to the Japanese food industry from 2008 to 2015, Journal of Cleaner Production, Vol. 188, pp. 568-574. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.241>.
- Gu B, Yuanyuan L, Dawei J, Siqiang Y, Aijun G, Xing B, Hua Z, Sheng H, Rong C, Renfu J, 2018, Quantizing, recognizing, and characterizing the recycling potential of recyclable waste in China: a field tracking study of Suzhou, Journal of Cleaner Production, Vol. 201, pp. 948-57. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.085>.
- Guardian Life Insurance Company of America, 2016, French law forbids food waste by supermarkets. Extraído de: <https://www.theguardian.com/world/2016/feb/04/french-law-forbids-food-waste-by-supermarkets>. (Consultado el 15 de octubre 2020).
- Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Otterdijk R, Meybeck A, 2011a, Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences, Vol. 365. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>.
- Hoornweg D, Lam P, Chaudhry M, 2005, Waste management in China: issues and recommendations (English). Urban development working papers; no. 9 Washington, D.C.: World Bank Group. Extraído de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/237151468025135801/Waste-management-in-China-issues-and-recommendations>. (Consultado el 20 octubre 2020).
- Khan A, De Jong W, Jansens P, Spliethoff H, 2009, Biomass combustion in fluidized bed boilers: potential problems and remedies, Fuel Processing Technology, Vol. 90, N° 1, pp. 21-50. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.07.012>.
- Lin C, Pfaltzgraff L, Herrero-Davila L, Mubofu E, Abderahim S, Clark J, Koutinas A, Kopsahelis N, Stamatelatos K, Dickson F, Thankappan S, Mohamed, Brocklesby R, Luque R, 2013, Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective, Energy and Environmental Science, Vol. 6, N° 2, pp. 426-464. <https://doi.org/10.1039/c2ee23440h>.
- Lipinski B, O'Connor C, Hanson C, 2016, SDG Target 12.3 on Food Loss and Waste: 2016 Progress Report.
- Liu C, Yasuhiko H, Atsushi S, Matthew H, Atsushi W, Yoshiaki T, Desmond A, Magnus B, 2016, Food waste in japan: trends, current practices and key challenges, Journal of Cleaner Production, Vol. 133 (2016), pp. 557-564. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.026>.
- Liu Y, Lotero E, Goodwin J, Xunhua M, 2007, Transesterification of poultry fat with methanol using mg-al hydrotalcite derived catalysts, Applied Catalysis A: General, Vol. 331, N° 1, pp. 138-48. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2007.07.038>.
- Machorro J, 2015, Desarrollo de catalizadores heterogéneos base tio2 para la reacción de transesterificación de triglicéridos en la obtención de biodiésel. Extraído de: <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/277/1/>. (Consultado el 28 de noviembre 2020).
- Masera K, Hossain A, 2019, Biofuels and thermal barrier: a review on compression ignition engine performance, combustion and exhaust gas emission, Journal of the Energy Institute, Vol.92, N° 3, pp.783-801. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2018.02.005>.
- Minelgaité A, Liobikienė G, 2019, Waste problem in European Union and Its influence on waste management behaviors, Science of the Total Environment, Vol.667, pp. 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.313>.
- Ministerio de Salud de Chile, 2009, Procedimiento de manejo interno de residuos peligrosos. Extraído de: <http://web.minsal.cl/sites/default/files/files/REAS.pdf>. (Consultado el 20 de enero 2021).
- Monier V, Shailendra M, Escalon V, O'Connor C, Gibon T, Anderson G, Hortense M, Reisinger H, 2010, Preparatory study on food waste Across EU 27. October, Vol. 33.

- <https://doi.org/10.2779/85947>.
- Mumtaz M, Ahmad A, Farooq A, Hamid M, Muhammad A, Farooq A, Rashid U, 2012, Response surface methodology: an emphatic tool for optimized biodiesel production using rice bran and sunflower oils, *Energies*, Vol. 5, N° 9, pp. 3307–3328. <https://doi.org/10.3390/en5093307>.
- Najam U, Baroutian S, Sarmah A, 2018, Bioresource technology physicochemical, structural and combustion characterization of food waste hydrocar obtained by hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, Vol. 266, (July), pp.357-363. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.112>.
- National Bureau of Statistics of China. 2003. *China Statistical Yearbook 2003*.
- Obulisamy K, Mehariya S, Chung J, 2017, Bio-refining of food waste for fuel and value products, *Energy Procedia*, Vol. 136, pp.14-21. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.253>.
- Oldfield T, Eoin W, Holden N, 2016, An environmental analysis of options for utilizing wasted food and food residue, *Journal of Environmental Management*, Vol. 183, pp. 826-835. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.035>.
- Overgaard K, Mosgaard M, Henrik R, 2018, Resources, conservation & recycling capturing uncaptured values - a Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste, *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 136 (April), pp.297-305. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.031>.
- Philippidis G, Sartori M, Ferrari E, Barek R, 2019, Resources, conservation & recycling waste not, want not: a bio-economic impact assessment of household food waste reductions in the EU, *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 146 (April), pp. 514-522. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.016>.
- Pleissner D, Kin Y, Roland S, Joachim V, Carol K, 2015, Fatty acid feedstock preparation and lactic acid production as integrated processes in mixed restaurant food and bakery wastes treatment, *Food Research International*, Vol. 73, pp. 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.048>.
- Pleissner D, 2018, Recycling and reuse of food waste, *Current opinion in Green and Sustainable Chemistry* Vol.13, pp. 39-43. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.03.014>.
- Revertia, 2019, Qué son los RAEE, 2019. Extraído de: <https://revertia.com/es/que-son-los-raaes/>. (Consultado del 15 de enero 2021).
- Saqib M, Muhammad W, Mahmood A, Muhammad I, 2012, Optimized biodiesel production and environmental assessment of produced biodiesel, *Biotechnology and Bio-process Engineering*, Vol. 17, N° 3, pp.617-623. <https://doi.org/10.1007/s12257-011-0569-6>.
- Sindhu R, Edgard G, Sharrel R, Parameswaran B, Sunita V, Indu S, Ramkumar B, Ashok P, 2019, Conversion of food and kitchen waste to value-added products, *Journal of Environmental Management*, Vol.241 (August 2018), pp. 619-630. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.053>.
- Stoeva K, Stina A, 2017, Influence of recycling programmes on waste separation behavior, *Waste Management*, Vol. 68, pp 732-741. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.005>.
- Thomas P, 2003, Optimización del aprovechamiento energético de biogás de vertederos, *Revista Técnica Residuos*, Vol. 13, N° 70, pp.34-37.
- Tsai W, 2008, Management considerations and environmental benefit analysis for turning food garbage into agricultural resources, *Bioresource Technology*, Vol. 99, N° 13, pp. 5309-5316. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.025>.
- Wei Y, Jingyuan L, Dezhi S, Guotao L, Zhao Y, Shimaoka T, 2017, Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A Critical Review, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 122, pp. 51-65. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.024>.
- Xavier E, 2003, Uso de combustibles alternativos. Tecnologías Aplicables, *Revista Tecnología de Residuos*, Vol.13, N°71, pp.68-82.
- Xinni X, Yu I, Tsang D, Bolan N, Ok Y, Igalavithana A, Kirkham M, Kim K, Vikrant K, 2019, Value-added chemicals from food supply chain wastes: state-of-the-art review and future prospects, *Chemical Engineering Journal*, 121983. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.121983>.
- Yang Z, Xiaocui Z, Linyu X, 2015, Eco-efficiency optimization for municipal solid waste management, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 104, pp. 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.091>.
- Yepes S, Montoya L, Orozco F, 2008, Valorización de residuos agroindustriales en el valle de Aburra, *Revista Facultad Nacional Agraria Medellín*, Vol.61, N° 1, pp. 4422-4431.
- Zhang H, Zongguo W, Yixi C, 2016, Environment and economic feasibility of municipal solid waste central sorting strategy: a case study in Beijing, *Frontiers of Environmental Science and Engineering*, Vol.10, N° 4, pp.1-11. <https://doi.org/10.1007/s11783-016-0852-z>.
- Zhengxia D, Toth J, Westendorf M, 2018, Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications, *Global Food Security*, Vol.17, pp. 154–61. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.003>.
- Zuluaga B, González J, Montes de Correa C, 2013, Retos de la aplicabilidad de la norma colombiana sobre el control de dioxinas y furanos en incineradores, *Revista Facultad de Ingeniería*, Vol.28, pp. 17-27.

**Recibido:** 13 de noviembre de 2020

**Aceptado:** 12 de febrero de 2021

Venegas Vásquez Diego: Ingeniero Mecánico, Escuela

*Politécnica Nacional Quito Ecuador (2001). Maestría en Ingeniería Industrial y Productividad, Escuela Politécnica Nacional Quito Ecuador (2006). Diplomado en Creación y Administración de Empresas de Ingeniería por la Universidad Autónoma de Madrid/ Universidad Politécnica de Madrid/Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha (2008), Candidato a Doctor en Ingeniería de Materiales y Procesos Sustentables en la Universidad del Bío-Bío Chile. Docente universitario Correo electrónico: [diego.venegas1801@alumnos.ubiobio.cl](mailto:diego.venegas1801@alumnos.ubiobio.cl)*

*Ayabaca César: Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica Nacional Quito Ecuador (1999). Magister en Gerencia Empresarial, Escuela Politécnica Nacional Quito Ecuador (2003). Especialista en Procesos de Producción más limpia Escuela Politécnica Nacional Quito Ecuador (2004) Maestría en Pedagogía y Gestión Universitaria Universidad SEK Chile (2015). Candidato a Doctor en Ingeniería y Producción Industrial en la Universidad de Politécnica de Valencia España. Es Docente universitario en Ingeniería Mecánica en la Escuela Politécnica Nacional de Quito Ecuador. Correo electrónico: [cesar.ayabaca@epn.edu.ec](mailto:cesar.ayabaca@epn.edu.ec)*

*Moreno, Pablo: Ingeniero Forestal Universidad de Los Andes Venezuela (1994). Maestría en Tecnología de Productos Forestales, Universidad de Los Andes (2001). Doctor en Ciencias e Industria de la Madera, Universidad del Bío-Bío (2013). Es investigador de la Facultad de Ingeniería, Carrera Ingeniería Civil en Maderas, Universidad del Bío-Bío, Chile.*

