

Caracterización de residuos sólidos alimentarios como materia prima para alimentación animal

Characterization of solid food waste as raw material for animal feed

Itza Ortiz, M.¹, Aguilar Urquizo, E.², Peraza Mercado, G.¹, Severino Lendecky, V. H.³

¹Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. José Jesús Macías Delgado # 18100, Ciudad Universitaria, C.P. 32000, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

²División de Estudio de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México. Calle 10 S/N, C.P. 97345, Mérida, Yucatán. México.

³Centro de Estudios Etnoagropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas. Blvd. Javier López Moreno S/N, C.P. 29264, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue utilizar residuos sólidos alimentarios, generados por la industria maquiladora, como insumo para la elaboración de harina con fines de alimentación de cerdos y determinar la carga bacteriana antes y después de su transformación en insumo alimenticio inocuo. El residuo sólido alimentario fresco se sometió a un proceso de deshidratación para su transformación en harina y posteriormente se peletizó. Se realizaron análisis microbianos de los residuos sólidos alimentarios en fresco, harina y peletizado de acuerdo con las normas mexicanas NOM-109-SSA1-1994 y la NOM-113-SSA1-1994. Se cuantificó la presencia de coliformes, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp y *Listeria monocytogenes*. La presencia de *Staphylococcus aureus* en los residuos sólidos alimenticios en fresco fue 33.30 %, coliformes 14.28 %, *Salmonella* spp 4.76 %, y *Listeria monocytogenes* 0 % en comparación con los residuos sólidos alimenticios en harina y peletizado (0.0 %). En conclusión, los residuos sólidos alimentarios en harina pueden ser utilizados como insumo en la elaboración de dietas balanceadas para cerdos con una inclusión de hasta el 45 %. El análisis microbiológico de los residuos sólidos alimentarios en fresco, indicó un porcentaje de microorganismos patógenos muy superiores a los establecidos por las normas. No obstante, el proceso de deshidratación es suficiente para eliminarlos.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Itza Ortiz, M., Aguilar Urquizo, E., Peraza Mercado, G., Severino Lendecky, V. H. (2024). Characterization of solid food waste as raw material for animal feed. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1613. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1613>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: December 05th 2024.

Accepted/Aceptado: May 30th 2024.

Available on line/Publicado: June 25th 2024.

PALABRAS CLAVE: Residuos alimenticios, deshidratación, procesamiento de residuos alimenticios, alimentación.

*Corresponding Author:

Victor Hugo Severino Lendecky. Centro de Estudios Etnoagropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas. Blvd. Javier López Moreno S/N, C.P. 29264, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. Telefono: (52) 9163487114.

E-mail: vhseverino@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of the study was to use solid food waste, generated by the maquiladora industry, as an input for the production of flour for pig feed purposes and to determine the bacterial load before and after its transformation into a safe food input. The fresh solid food waste was subjected to a dehydration process to transform it into flour and was subsequently pelleted. Microbial analyses of fresh, flour, and pelleted solid food waste were carried out according to the Mexican standard NOM-109-SSA1-1994 and NOM-113-SSA1-1994. The presence of coliforms, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp, and *Listeria monocytogenes* were quantified. The presence of *Staphylococcus aureus* in fresh solid food waste was 33.30 %, coliforms 14.28 %, *Salmonella* spp 4.76 %, and *Listeria monocytogenes* 0 %, compared to solid food waste in flour and pellets (0.0 %). In conclusion, solid food waste in flour can be used as an input in the preparation of a balanced diet for pigs feeding with an inclusion until of 45 %. The microbiological analysis of the fresh solid food waste indicated a percentage of pathogenic microorganisms much higher than those established by the standard. However, the dehydration process is sufficient to eliminate them.

KEY WORDS : Food waste, dehydration, organic food waste process, feeding.

Introducción

Los residuos sólidos urbanos (MSW) son los residuos producidos en la casa habitación, oficinas, comercios (Toro *et al.*, 2016), o en cualquier otra actividad realizada en la vía pública con características domiciliarias generados en las poblaciones humanas con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2013). En México la generación de MSW alcanzó 44.6 millones de toneladas, representando un promedio de 0.980 kg diarios por habitante (INECC, 2022). De estos residuos, aproximadamente la mitad son desperdicios de alimentos conocidos como residuos sólidos alimentarios (SFW), que se han convertido en un grave problema sanitario, generando fauna nociva que podría convertirse en un problema de salud pública según el marco legal de la norma (Taboada-González *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2017; Duo *et al.*, 2018; INECC, 2022). Los SFW debido a su alta disponibilidad y diversidad, tienen un potencial importante y variado para su uso (Grande *et al.*, 2009; Uçkun *et al.*, 2014), por ejemplo, servir como una gran fuente de energía, proteínas y vitaminas, que pueden aprovecharse fácilmente si son procesados adecuadamente para evitar su descomposición o contaminación (Granja *et al.*, 2005). Los SFW están formados por una gran variedad de “alimentos” que pueden aportar en mayor o menor proporción un nutriente, por ejemplo, entre las principales fuentes de proteínas que se desperdician se encuentran: el pescado, camarones, carne de cerdo,

pollo y res; y entre las fuentes de carbohidratos están: la papa, tuna, pepino, manzana, chile y aguacate (Granja *et al.*, 2005).

El uso de los SFW no es nuevo, en los 90's se resumió en dos ideas principales; 1) como fuente alimenticia para animales, que reduce la competencia alimentaria con los humanos y 2) para reducir potenciales contaminantes al medio ambiente transformándolos en alimentos de alto valor biológico (Salazar & Cuarón, 1997). Ahora bien, para que los SFW puedan ser utilizados en la alimentación animal, deben pasar por un método que garantice la eliminación de microorganismos patógenos al ser humano (Duo *et al.*, 2018; Jinno *et al.*, 2018), como *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, *Salmonella paratyphi C*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Micrococcus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococos*, Coliformes fecales y *Escherichia coli*. Después de lo cual, los animales alimentados con estos SFW, podrán ser considerados como alimento inocuo, con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014 (DOF, 2015g).

Chihuahua aporta el 13.70 % del total de los SFW que se generan en la frontera norte de México (INECC, 2022), y su principal generador es la industria manufacturera que produce anualmente 9,600 toneladas de SFW, como residuos de sus comedores (Keith, 2001; Rodríguez *et al.*, 2010). Sin embargo, existe poca información sobre su utilización como insumo en la alimentación animal y tampoco se conoce si se tiene el manejo adecuado durante su transporte, manipulación y almacenamiento, que garantice la ausencia de microorganismos que puedan causar enfermedades en los animales que lo vayan a consumir (producción animal) y estos, a su vez, al ser humano (Martínez-Castañeda & Perea-Peña, 2012; Ramírez *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo del estudio fue utilizar los SFW generados en la industria maquiladora, como materia prima para la elaboración de harina con fines de alimentación de cerdos y determinar la carga bacteriana antes y después de su transformación como insumo alimenticio para animales.

Material y Métodos

Muestreo y transporte de muestras

Se muestrearon los contenedores de **residuos sólidos alimentarios** del Centro de Acopio y Procesamiento de Residuos Alimenticios (CAPRA), empresa responsable de la recolección de residuos de comedores de la industria manufacturera en la Heroica Ciudad Juárez (Lat. 31°44'42" Norte y Long. 106°29'06" Oeste), municipio de Juárez, en el estado de Chihuahua, México, a una altitud de 1140 msnm, con clima árido templado y frío, temperatura y precipitación promedio anual de 20 °C y 220 mm, respectivamente (INEGI, 2023).

Se tomaron 21 muestras de forma aleatoria de los contenedores con SFW recolectados en el día que se denominará "fresco", 21 muestras después del proceso de deshidratación que se denominará "harina" y 21 muestras al alimento formulado que se denominará "peletizado" (Figura 1), las cuales se colocaron en vasos de laboratorio estériles (SYM laboratorios®, México) de 100 mL debidamente identificados acorde a lo requerido por la Norma Oficial Mexicana NOM-

109-SSA1-1994 (DOF, 1995a). Los vasos fueron abiertos al momento de introducir la muestra y se cerraron inmediatamente cuidando de no contaminar la tapa. Se anotaron los siguientes datos: fecha, lugar, hora del muestreo, número de lote para su conservación y transporte. Posteriormente, las muestras fueron transportadas en neveras con refrigerantes al laboratorio de microbiología del Instituto de Ciencias Biomédicas, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, donde fueron colocadas en matraces estériles de laboratorio y almacenadas en un refrigerador (Samsung®, México) a 3 °C, para su posterior análisis microbiológico por triplicado.



Figura 1. Esquema de la recolección y procesamiento del SFW en harina.

Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra

Se preparó una solución de hidróxido de sodio 1.0 N pesando 4.0 g de hidróxido de sodio y se llevó a 100 mL de agua destilada. Se elaboró una solución agua de peptona tamponada, la cual se elaboró con 1.0 g de peptona más 8.5 g de cloruro de sodio disueltos en 1 L de agua destilada, se ajustó el pH a 7 ± 0.1 con hidróxido de sodio 1.0 N. Las soluciones se distribuyeron en proporciones de 90 y 9 mL, respectivamente, y posteriormente, se esterizaron a 121 ± 1.0 °C durante 15 minutos. Se corroboró nuevamente el pH y los volúmenes de solución final acorde a la NOM-110-SSA1-1994 (DOF, 1995e).

Cada muestra se molió usando una licuadora (Oster®, México) porque las muestras eran semisólidas. Las diluciones primarias (1:10) se prepararon con 10 mL de la muestra y se agregaron a 90 mL del medio de dilución estéril (agua peptonada tamponada) y se homogeneizaron. Posteriormente se realizaron diluciones decimales adicionales, para lo cual se transfirió 1 mL de la dilución primaria (1:10), en un tubo estéril (Fisher scientific®, U.S.A) con 9 mL de agua peptonada tamponada (1:100); y así sucesivamente hasta una dilución de 1:1,000,000. Dichas diluciones se realizaron para cada una de las muestras acorde a la NOM-110-SSA1-1994 (DOF, 1995e).

Análisis microbiológico

Aislamiento de coliformes totales en placa

Se colocó 1 mL de cada una de las muestras líquidas previamente diluidas (diluciones decimales 1:10 000, 1:100 000 y 1:1 000 000) en cajas Petri individuales estériles (Corning®, E.U.A). Se vertieron 20 mL del medio de agar bilis rojo violeta fundido (RVBA) (Neogen®, E.U.A.). Posteriormente, se mezcló el inóculo de forma cuidadosa con el medio, realizando seis movimientos de derecha a izquierda, seis en el sentido de las manecillas del reloj, otros seis en sentido contrario y seis de adelante para atrás, sobre una superficie lisa y nivelada. Las cajas de Petri fueron incubadas usando una incubadora (Fisher scientific®, E.U.A.) a 35 °C por 24 horas. Al final de este tiempo, se contaron las colonias y se seleccionaron las cajas de Petri que contenían de 15 a 150 colonias típicas de color rojo oscuro. El conteo de coliformes totales se realizó con base a las NOM-092-SSA1-1994 (DOF, 1995d) y NOM-113-SSA1-1994 (DOF, 1995b).

Aislamiento *Stafilococo aureus*

Se tomó 0.1 mL de cada una de las muestras líquidas previamente diluidas (decimales 1:10 000, 1:100 000 y 1:1 000 000) en cajas de Petri individuales estériles (Corning®, E.U.A) con agar Baird-Parker (International Chemical Industries Ltd., UK), distribuyendo el inóculo sobre la superficie del agar con ayuda de varillas estériles de vidrio en ángulo recto. Una vez que el inóculo fue absorbido por el agar, las cajas se incubaron a 35 °C durante 48 horas. Se seleccionaron las cajas de Petri que presentaron entre 15 y 150 colonias típicas de *Staphylococcus aureus*. La determinación de unidades formadoras de colonia (CFU) se realizó con base a las NOM-092-SSA1-1994 (DOF, 1995d) y NOM-115-SSA1-1994 (DOF, 1995c).

Aislamiento *Salmonella spp*

Se tomaron 25 mL de cada una de las muestras y se vertieron en una solución previamente enriquecida con 225 mL de agua peptonada tamponada. Se disolvieron correctamente y se pusieron a incubar a 35 °C por 24 horas. Al final de este tiempo se continuó con la etapa de enriquecimiento, donde se tomó 1.0 mL del medio preenriquecido y se vertió en tubos con 10 mL con un medio de caldo Vassiliadis-Rappapor Broth (Cat No. 257257, D-69126 Heidelberg, Alemania), posteriormente se incubó a 35 °C por 24 horas. Los productos enriquecidos en agar *Salmonella shigella* (BIO-RAD®, E.U.A) se examinaron y se incubaron a 35 °C por 24 horas.

Para la identificación bioquímica de *Enterobacterias* Gram negativas se utilizó un kit API 20E (bioMérieux® S.A. España). El inóculo se preparó utilizando “cultivos tempranos” (18 a 24 horas) y 5.0 mL de una solución salina al 0.85 %, la cual se homogenizó para obtener una suspensión bacteriana y luego se colocaron los 20 microtubos bioquímicos (Fisherbran®, E.U.A) que contenían las tiras, inmediatamente inoculado, llenado de pruebas de citrato (CIT), Voges Proskauer (VP) y licuefacción de gelatina (GEL) hasta la tapa abovedada; en el resto de pruebas como: hidrólisis de ortonitrofenil-galactopiranosido (ONPG), triptófano desaminasa (TDA), producción de indol (IND), fermentación de glucosa (GLU), manitol (MAN), inositol (INO), sorbitol (SOR), ramnosa (RHA), sacarosa (SUC), melibiosa (MEL), amigdalina (AMY), arabinosa (ARA), oxidasa (OX), arginina hidrolasa (ADH), lisina descarboxilasa (LDC), ornitina descarboxilasa (ODC), producción de ácido sulfúrico (H₂S) y ureasa (URE), los tubos no estaban llenos hasta la tapa abovedada. En las pruebas ADH, LDC, ODC, H₂S y URE, se inyectó aceite mineral después del inóculo para crear anaerobiosis. Las tiras se colocaron en una caja de incubación, donde se agregaron 5.0 mL de agua destilada a los pocillos de la bandeja para crear una atmósfera húmeda. La caja se cerró y se incubó a 36 ± 2 °C por 24 horas. Finalmente, pasado ese tiempo, se interpretaron los resultados obtenidos.

Aislamiento de *Listeria monocytogenes*

Se tomaron 25 mL de cada una de las muestras y se vertieron en una solución preenriquecida con 225 mL de agua peptonada tamponada y se incubaron a 30 °C por 48 horas. Los medios se sembraron en exceso en cloruro de litio feniletanol-moxolactam (LMP) (Neogen Corporation®, E.U.A) y medio Oxford (OXA) (Neogen Corporation®, E.U.A), y se incubaron a 30 y 35 °C por 48 horas, respectivamente. Posteriormente, se seleccionaron cinco colonias típicas del medio OXA y LMP y se transfirieron a cajas de Petri con agar tripticaseína de soya con extracto de levadura (ASTEL) y se dejaron incubar a 35 °C por 24 horas de acuerdo con la norma mexicana NOM-143-SSA1-1995 (DOF, 1997). Los cultivos en medio ASTEL se mantuvieron a 48 °C y se utilizaron para inocular y realizar las pruebas de identificación.

La prueba de movilidad en fresco se realizó inoculando una pequeña gota de solución salina al 0.85 % colocada sobre un portaobjetos y se observó al microscopio con objetivo de inmersión (100x). También se realizó la prueba de catalasa inoculando una gota de solución de peróxido al 3 % y se observó al microscopio con objetivo de inmersión (100x). A continuación, se desarrolló una tinción de Gram a partir de un cultivo de 24 horas.

Por separado se realizó la prueba de hemólisis en la que se dibujó una cuadrícula de 25 espacios en el fondo de la caja de Petri (Corning®, E.U.A) con agar sangre de oveja al 5 %. Se inoculó un marco por picadura para cada cultivo y se incubó a 35 °C por 48 horas. Finalmente, se observó la reacción hemolítica obtenida.

Elaboración de la harina del SFW

La materia prima de SFW fresca se obtuvo del mezclado de los 21 contenedores muestreados aleatoriamente de la misma empresa que recolecto SFW húmedo y la deshidrato para obtener un SFW en presentación harina, mediante el siguientes procedimiento y condiciones: una temperatura 30 a 45 °C, humedad de 9 a 30 %, presión atmosférica de 756 mmHg, que permite deshidratar hasta 8 toneladas en 4 días bajo condiciones al aire libre (Figura 2).

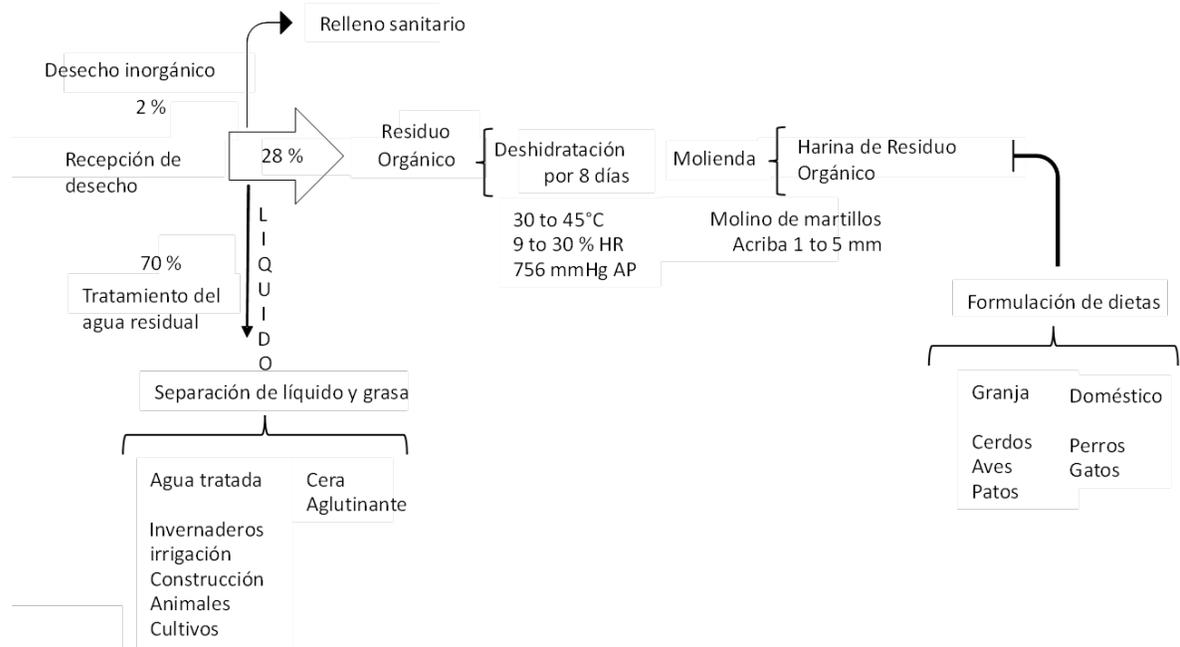


Figura 2. Diagrama del proceso del SFW a harina.

Fuente: Elaboración propia.

El SFW deshidratado fue molido usando un molino de martillos MKHM420A (MEELKO, Florida, E.U.A), utilizando un tamiz de entre 1 y 5 mm. En la Figura 3 se muestra el SFW húmedo, materia prima obtenida de SFW (deshidratada) y la dieta balanceada en presentación de pellets.

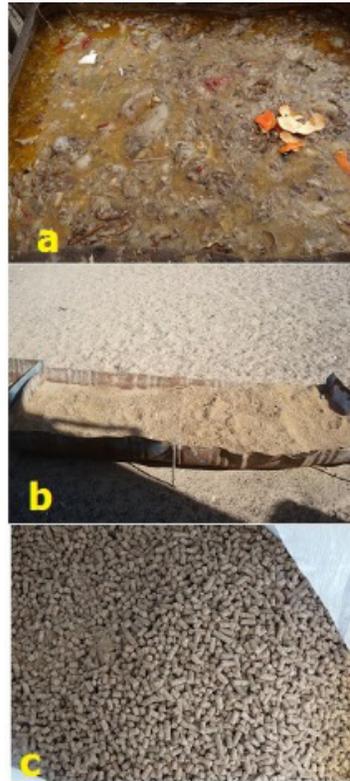


Figura 3. a) Residuo sólido alimentarios húmedos; b) Residuo sólidos deshidratado (materia prima); c) alimento balanceado para cerdos en crecimiento a base de soya, maíz con 45 % de inclusión de SFW.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis proximal y elaboración de dieta experimental

El SFW en harina fue analizado en busca de microorganismos patógenos según la metodología descrita anteriormente, Normas Oficiales Mexicanas, para posteriormente ser almacenada en recipientes de plásticos herméticos hasta su procesamiento en una dieta balanceada. El valor nutricional de la materia prima fue obtenido mediante un análisis proximal (AOAC, 1997) (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis proximal de la harina de SFW.

Nutriente	Análisis Proximal ¹
Materia seca (%)	75.65
Materia orgánica (%)	87.92
Proteína bruta (%)	16.02
Energía bruta kcal/kg	4,500
Cenizas (%)	7.28
Extracto eterio (%)	13.8
Fibra bruta (%)	3.03
Fibra detergente neutra (%)	17.91
Fibra detergente ácida (%)	10.15

¹AOAC, 1997; Fuente: Elaboración propia.

Se balancearon cuatro dietas a base de sorgo, maíz amarillo y pasta de soya con inclusión de la materia prima de SFW en harina de 15, 30 y 45 % y un testigo negativo (0 %), utilizando el programa Zmix® V.3.1 (Zotech, 2022), (Tabla 2). Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas, de acuerdo con los requerimientos nutricionales de cerdos en etapa de crecimiento (NRC, 2012). El alimento en harina fue peletizado a una temperatura de 80 a 85 °C, presión de vapor de 552 Kpa (80 psi), con un tiempo de acondicionamiento entre 30 a 60 segundos utilizando una máquina para pellets eléctrica de 120 mm de 45-60 kg/h. - MKFD120B (MEELKO, Florida, E.U.A) con una potencia de 4 kw (trifásica). Los pellets se fabricaron a través de una malla de 6 mm. El alimento balanceado granulado (pellet) también fue analizado microbiológicamente por triplicado de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

Tabla 2. Ingredientes y análisis calculado de una dieta para cerdos de 15 a 50 kg.

Ingredientes	Inclusión (%)			
Maíz amarillo	33.86	30.12	-	-
Pasta de soya	25.57	27.15	24.61	24.01
Harina de SFW ¹	-	15.00	30.00	45.00
Suero de leche	6.90	7.02	7.31	7.09
Sebo de res	6.03	4.50	-	-
Melaza	6.00	6.00	6.00	6.00

Continuación

Tabla 2. Ingredientes y análisis calculado de una dieta para cerdos de 15 a 50 kg.

Ingredientes		Inclusión (%)		
Sorgo	13.93	5.00	26.17	13.11
Aceite de soya	3.05	0.55	1.24	-
Premezcla cerdos ²	3.00	3.00	3.00	3.00
Carbonato de calcio	1.66	1.66	1.67	1.79
	100.00	100.00	100.00	100.00
Precio kg/USD	\$ 0.46	\$ 0.38	\$ 0.31	\$ 0.24

Nutriente	Análisis calculado
Materia seca (%)	71.10
proteína (%)	18.00
Energía Mcal/kg	3.30
Calcio (%)	0.85
Fibra (%)	2.68
E.E. (%)	2.08

¹Residuo Sólido Alimenticio (SFW). ²Vitamina A 10.000.000 UI, Vitamina D 31.500.000 UI, Vitamina E 60.000 UI, Vitamina K3 2.000 mg, Vitamina B1 2.000 mg, Vitamina B2 4.000 mg, Vitamina B3 20.000 mg, Vitamina B6 3.000 mg, Vitamina B12 20 mg, Ácido pantoténico 10.000 mg, Biotina 100 mg, Ácido fólico 1.000 mg, antioxidante 25.000 mg, cobre 10.000 mg, cobalto 150 mg, Hierro 70.000 mg, Manganeseo 62.000 mg, Iodo 210 mg, Zinc 100.000 mg, Selenio 200 mg, Vehículo especial I C.S.P 1.000 g.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis estadístico

Los datos microbiológicos fueron analizados por medio de estadística descriptiva utilizando porcentajes (%). Para lo cual se empleó el software estadístico Statistical Package for Social Sciences versión 19 (SPSS V.19).

Resultados y Discusión

Los SFW son el resultado de la recolección de los desechos alimenticios no consumidos por el ser humano. La norma mexicana NOM-061-ZOO-1999 (DOF, 2000) considera que la contaminación de los SFW es originada por factores químicos, microbiológicos o biológicos y puede

representar riesgo sanitario o zoonosológico, si son destinados sin un procesamiento adecuado a la alimentación animal. Entre las principales bacterias patógenas que se encuentran en los alimentos están *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, y otras como *Streptococcus* spp, *Micrococcus* spp, y *Mycoplasma hyogenatalium* (Félix-Fuentes et al., 2005; Valdiviezo et al., 2006; Flórez et al., 2008).

En el presente trabajo se tomaron en cuenta los límites máximos permisibles para alimentos cocinados, dictados en el apéndice B de la NOM-093-SSA1-1994 (DOF, 1995h), bienes y servicios, prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos, en los que se incluye a los comedores de las industrias maquiladoras, que detalla el manejo y ruta que deben seguir los residuos orgánicos alimenticios, así como los límites microbiológicos máximos permisibles (Tabla 3). Sin embargo, al momento de la recolección todos los desechos alimenticios terminan en un contenedor acompañado de líquidos que son resultados de los jugos o bebidas no consumidas, quedando una consistencia semisólida en el contenedor de almacenamiento para 200 litros aproximadamente, de los cuales el 80 % son líquidos, 18 % sólidos (desperdicios de alimentos) y 2 % basura (vasos, platos, cucharas o tenedores desechables). Los coliformes son un grupo de bacterias que fermentan la lactosa, generan gas y son termolábiles; además pueden desarrollarse en medios con sales biliares (Fernández & Barrera, 2013). Por lo tanto, los coliformes son considerados microorganismos indicadores, algunos pueden tener un origen no fecal (Yousef & Carlstrom, 2006).

Tabla 3. Límites permisibles de microorganismo en alimentos de cocina de acuerdo con la NOM-093-SSA1-1994 (DOF, 1995h).

Alimento	Coliformes Totales (límite permisible)
Salsas y purés	50 CFU/g or mL
Ensaladas, leche o aguas de frutas	≤ 100 CFU/g or mL
Carnes, aves, pescado, crustáceos y moluscos	< 10 CFU/g or mL

Fuente: Elaboración propia.

En el presente estudio hubo crecimiento de colonias coliformes en las muestras 2 (59,000,000 CFU/mL), 4 (600,000 CFU/mL) y 16 (100,000 CFU/mL) lo que representó una presencia del 14.28 % de coliformes en los SFW frescos (Figura 4). La cuantificación de coliformes totales de las muestras positivas (2, 4 y 16), supera ampliamente el límite indicado por la NOM-093-SSA1-1994 (DOF, 1995h), siendo la causa principal la mala disposición de los contenedores o el tiempo de espera en su colecta, incluso comparándose con los límites dictados para muestras como salsas y purés cocidos, ensaladas, postres lácteos y no lácteos, helados y yogures, en

las que el límite más alto para los alimentos antes mencionados es de 100 CFU/g o mL. Los resultados microbiológicos después del proceso para la obtención de la harina (deshidratado) y alimento balanceado (pellet) fueron negativos.

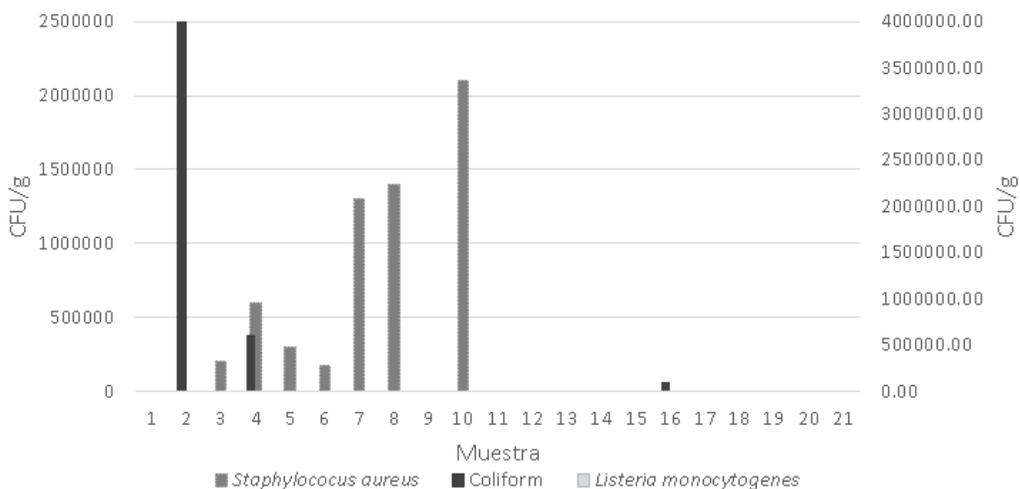


Figura 4. Crecimiento bacteriano en los SFW húmedos (CFU /g).

Fuente: Elaboración propia.

Los límites permisibles en leche de *Staphylococcus aureus* son < 100 CFU/g o mL (NOM-093-SSA1-1994). Se observó un crecimiento de *Staphylococcus aureus* en las muestras 3 (200,000 CFU/mL), 4 (600,000 CFU/mL), 5 (300,000 CFU/mL), 6 (170,000 CFU/mL), 7 (1,300,000 CFU/mL), 8 (1,400,000 CFU/mL) y 10 (2,100,000 CFU/mL) lo que representó un 33.30 % en los SFW húmedos. La presencia de esta bacteria en los alimentos como postres derivados de lácteos por ejemplo pastel de crema, dulce de leche, gelatina de leche, flan, que permite la presencia de *Staphylococcus aureus* con un límite máximo permisible de < 100 CFU/g o mL; las muestras positivas a estos microorganismos superan ampliamente el límite permitido por la NOM-093-SSA1-1994 (DOF, 1995h). Por su parte, los resultados microbiológicos encontrados después del proceso de la obtención de la harina de SFW y pellet fueron negativos debido principalmente a que las bacterias encontradas son termolábiles y el proceso de deshidratación y pelletizado sobre pasa los 37 °C (Yousef & Carlstrom, 2006).

Staphylococcus spp, pueden ser coagulasa positivos, formar grandes colonias cremosas y ser betahemolíticos. Es altamente tolerante a grandes concentraciones de sales, sobreviviendo en conservas (Fernández & Barrera, 2013). Anderson *et al.* (2000), mencionaron que la presencia de un número elevado de este microorganismo representa mala higiene en un alimento, aunque puede darse el caso de que no se detecte e incluso que el número detectado sea insignificante

y exista alta cantidad de enterotoxinas estafilocócicas, lo cual, puede deberse a que la bacteria pudo haber desaparecido mientras que la toxina prevalece por su capacidad de resistencia. La presencia de más de 105 UFC/g ó mL se traduce como un riesgo para la salud del consumidor (Anderson *et al.*, 2000). *S. aureus* puede estar presente en garganta y nariz de las personas que prepararon los alimentos y que no tuvieron buenas prácticas de manejo de los alimentos que garanticen su inocuidad (Yousef & Carlstrom, 2006). Es importante mencionar, que la capacidad antagónica de la flora microbiana puede ser obstáculo para el desarrollo de patógenos como *S. aureus* (Anderson *et al.*, 2000).

La *Salmonella* es una bacteria que está presente en los intestinos de aves, reptiles, mamíferos y suele encontrarse en la carne, leche, quesos no pasteurizados y huevos crudos; puede infectar al ser humano al consumirlos (Moreno & Alarcón, 2010). De las 21 muestras analizadas para *Salmonella* spp, sólo la muestra 18 (prevalencia de 4.76 %), presentó características típicas como colonias translúcidas eventualmente opacas, y algunas de ellas con el centro negro (NOM-114-SSA1-1994 (DOF, 1995f); Winn *et al.*, 2008). Los resultados microbiológicos posteriores al proceso de obtención de harina y alimento balanceado (pellet) fueron negativos a *Salmonella* spp.

La prevalencia de *Listeria monocytogenes* fue del 0 %. Este microorganismo tiene la facultad de sobrevivir en condiciones desfavorables y su prevalencia es frecuente y afecta desde la materia prima hasta la obtención del producto final (Barbuti & Parolari, 2002). Sin embargo, cuando existe un buen proceso durante la preparación y conservación de los alimentos, la probabilidad de adquirir listeriosis por desperdicio de alimentos es prácticamente nula (Moreno & Alarcón, 2010).

Es importante recalcar que la recolección de residuos alimentarios que fueron alimentos destinados al consumo humano puede estar libre de patógenos durante su elaboración. Sin embargo, estos pueden contaminarse durante el proceso de almacenamiento o transporte y provocar la proliferación de bacterias (Yousef & Carlstrom, 2006).

Barbuti & Parolari (2002) y Anderson *et al.* (2000), coinciden en que existen factores que favorecen el desarrollo de los microorganismos, que pueden ser controlados, garantizando la inocuidad de los alimentos, como son la reducción de la actividad del agua, pH, temperatura, y la disminución de la flora competitiva que facilita el crecimiento de patógenos. Todo lo anterior genera una interacción con diferentes moléculas y iones contenidos en el alimento, obteniendo reacciones químicas (Bonilla & Díaz, 2003), que favorecen la conservación de los alimentos (Rodríguez & Simón, 2008).

Los SFW recolectados en los comedores de la industria maquiladora, contienen una gran cantidad de líquido, aproximadamente 80 % de agua. Sin embargo, no se puede tomar en cuenta la cantidad total de agua contenida en los alimentos analizados en este estudio, debido a que el agua puede estar interactuando con algunos elementos presentes en ella, como carbohidratos, proteínas y lípidos (Boatella *et al.*, 2004). En este sentido, Rodríguez & Simón (2008), mencionan que la disponibilidad de agua y no tanto el contenido total de agua determinará la vida útil de un alimento; de hecho, el agua puede vincularse a diversos iones y moléculas presentes en los alimentos.

La demanda y altos valores de los concentrados proteicos y energéticos que se utilizan en la alimentación de animales para abasto, como el cerdo, han hecho que su producción encarezca su costo debido principalmente a la alimentación que representa hasta un 70 % de los costos fijos de producción; la integración de una materia prima hecha de SFW hace que la dieta sea más rentable ya que reduce el costo por kilogramo (Rivera *et al.*, 2007; Montero-López *et al.*, 2015). Sin embargo, un inconveniente podría ser la cantidad variable de ingredientes que componen la materia prima de SFW, que puede variar según la época del año, ya que no se seleccionan alimentos de mayor o menor cantidad de energía, proteína o fibra en la dieta, sino que se procesa todo lo recolectado para deshidratarlo; esto podría solucionarse realizando un análisis proximal de la materia prima obtenida para formular la dieta según sus valores nutricionales reales. Los valores nutricionales de la materia prima en el presente estudio son similares a los reportados por Domínguez (1991), quien menciona que el contenido nutricional estimado oscila entre el 15 y 18 % de materia seca, proteína entre el 14 y 16 %, y cenizas alrededor del 10 %. Es importante mencionar que sólo la obtención de materia prima de SFW libre de microorganismos patógenos puede considerarse un insumo adecuado en la elaboración de dietas para diferentes especies animales productivas o de compañía. Por lo anterior, se debe hacer mención que, en las condiciones del manejo de los SFW en fresco recolectados no es recomendable utilizarlos para la elaboración de dietas para animales, y en especial sí estos son destinados para el consumo humano.

Grande *et al.* (2009), recomiendan la inclusión de hasta un 50 % de SFW en la dieta de los cerdos. En el presente estudio se formuló una dieta para cerdos (Tabla 4) en etapa inicial de acuerdo con sus requerimientos nutricionales (NRC, 2012), con hasta un 45 % de inclusión de SFW deshidratado reemplazando parcialmente la fuente de proteína que es aportada por un insumo como la pasta de soya. Esto es importante porque los mayores costos de producción en la dieta se deben a los insumos proteicos y se debe considerar que no existe evidencia de factores detrimentales en los SFW deshidratados y no hay reportes que tengan algún factor antinutricional que restrinja su inclusión en la dieta. Además, por ser un alimento cocinado se considera predigerido y, por lo tanto, muy digestible (Rodríguez & Simón, 2008; Dou *et al.*, 2018).

Tabla 4. Análisis calculado y proximal de la dieta para cerdos de 15 a 50 kg con una inclusión de 45 % de la harina de SFW.

Nutriente	Análisis calculado	Análisis proximal ¹
Materia seca (%)	71.10	70.71
proteína (%)	18.00	17.98
Energía Mcal/kg	3.30	3.28
Calcio (%)	0.85	-
Fibra (%)	2.68	2.71
E.E. (%)	2.08	1.98

¹AOAC, 1997; Fuente: Elaboración propia.

El proceso de peletización involucra varias etapas, 1) acondicionamiento hidrotermal, 2) compresión-extrusión, y 3) secado-enfriamiento (Keith, 2001), que tienen un efecto positivo en el rendimiento y/o desempeño productivo de los animales, aumentando la conversión alimenticia (alimento altamente digestible), eliminando patógenos (particularmente *salmonella* y coliformes), mejorando la aceptación del alimento, eliminando sustancias antinutricionales y aumentando la tasa de paso del material a través del sistema digestivo; así como la disminución del desperdicio del alimento (Keith, 2001; Vukmirovića *et al.*, 2017).

Los resultados de las pruebas microbiológicas en SFW deshidratado (harina) y el alimento formulado con la inclusión de SFW deshidratado (peletizado) fueron negativos; el primero (harina) debido al proceso de deshidratación, y el segundo (pellet), debido al proceso de peletizado *per se*, que involucra temperatura (80 a 85 °C) y presión de vapor (552 Kpa) favoreciendo la eliminación de la carga microbiana (principalmente bacterias fototrópicas, ácido láctico y levaduras), que pueda ser dañinos al animal que la consume (García *et al.*, 2018).

El uso de SFW procesados en la alimentación animal es una actividad aún poco valorada y estudiada en México, aunque representa una alternativa importante para apoyar la producción de alimentos de origen animal, como se ha demostrado en países como Japón, Alemania y Estados Unidos de América, al obtener proteínas de buena calidad para su incorporación a la dieta de la población (Maeda, 2008; ReFED, 2016; Zu-Ermgassen *et al.*, 2016). Sin embargo, los productos de desecho que originan los SFW pueden ser vehículos de diversos tipos de contaminantes microbiológicos que son los más abundantes y variados; se deben tomar las medidas sanitarias necesarias para garantizar la salud y seguridad de estos en todas las fases del proceso desde la preparación, empaque, almacenamiento, transporte, distribución, manipulación y venta (Figueroa, 1989; Dou *et al.*, 2018).

Conclusiones

Se pudo elaborar una harina como insumo, originada de residuos sólidos alimenticios frescos que puede ser empleada para formular raciones para cerdos hasta con un 45 % de inclusión. No obstante, se debe tener presente que la calidad nutrimental de este insumo puede variar, según la calidad de la materia prima (SFW) al momento de la colecta. El análisis microbiológico del SFW fresco, indicó un porcentaje de microorganismos patógenos (*Staphylococcus aureus* y *salmonella* spp) muy superiores a los establecidos por la norma mexicana NOM-093-SSA1-1994. Sin embargo, el proceso de deshidratación es suficiente para eliminarlos y si adicionalmente es peletizado tampoco se observa presencia de microorganismos.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, M.I.O., G.P.M.; desarrollo de la metodología, M.I.O., G.P.M.; manejo de software, M.I.O., E.A.U.; validación experimental, M.I.O., E.A.U.; análisis de resultados, M.I.O., G.P.M.; Manejo de datos, M.I.O., G.P.M.; escritura y preparación del manuscrito, M.I.O.,

V.H.S.L.; redacción, revisión y edición, M.I.O., G.P.M., V.H.S.L.

“Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo”.

Declaraciones éticas

No se requirió la aprobación de un Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación, porque la investigación realizada fue sobre muestras de alimentos y su procesamiento que podrían ser utilizados en alimentación animal; por lo tanto, no involucra ninguna especie de animal vivo durante la ejecución del experimento.

Declaración de consentimiento informado

La presente investigación realizada no empleó humanos.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa del Centro de Acopio y Procesamiento de Residuos Alimenticios (CAPRA), por su apoyo en permitir el muestreo y pago de formulación de la dieta.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Anderson, P., Calderón, M.R., & Pascual, V. (2000). Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas. 2ª ed. Díaz de Santos: Madrid, España. p. 322.
- Association of Official Analytical Chemistry [AOAC]. (1997). Official Methods of Analysis. 16th ed., Washington, D.C. U.S.A, 13,44 p.
- Barbuti, S., & Parolari, G. (2002). Validation of manufacturing process to control pathogenic bacteriain typical dry fermented products. *Meat Science*, 62 (3), 323-329. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00124-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00124-9)
- Boatella, R.J., Codony, S.R., & López, A.P. (2004). Química y bioquímica de los alimentos II. Universidad de Barcelona. España. p. 139.
- Bonilla, B.O., & Díaz, S.O. (2003). Cerdo elementos básicos para el manejo de animales de granja 2: cerdos. EUNED, Costa Rica. p. 73
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (01 de febrero 2013) Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Bienes y servicios. Que establece los criterios para clasificar a los

- Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (10 de mayo de 1995a). Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (10 de mayo de 1995b). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos Coliformes totales en placa.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (10 de mayo de 1995c). Norma Oficial Mexicana NOM-115-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (12 de diciembre 1995d). Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (16 de octubre 1995e). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestra de alimentos para su análisis microbiológico.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (19 de noviembre de 1997). Norma Oficial Mexicana NOM-143-SSA1-1995, Productos y servicios. Método de prueba microbiológico para alimentos. Determinación de *Listeria monocytogenes*.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (22 de septiembre de 1995f). Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Productos y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (24 de noviembre de 2000). Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, Bienes y servicios. Especificaciones zoonosológicas de los productos alimenticios para consumo animal.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (26 de junio 2015g). Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (4 de octubre de 1995h). Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.
- Domínguez, P.L. (1991). Sistemas de alimentación de cerdos con desperdicios alimenticios procesados y otros subproductos agroindustriales. Serie de Trabajo y Conferencia No.1, CIPAV Cali-Colombia. 44 p.
- Dou, Z., Toth, J.D., & Westendorf, M.L. (2018). Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications. *Global Food Security*, 17, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.003>
- Félix-Fuentes, A., Campas-Baypoli, O.N., & Meza-Montenegro, M. (2005). Calidad sanitaria de alimentos disponibles al público de Ciudad Obregón, Sonora, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 6 (3), 1-14. <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/149>
- Fernández, C., & Barrera, G. (2013). Comparación de técnicas para la extracción de bacterias Coliformes del sedimento del lago de Xochimilco, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 45(3), 180–184. [https://doi.org.10.1016/S0325-7541\(13\)70022-1](https://doi.org.10.1016/S0325-7541(13)70022-1)

- Figueroa, V. (1989). Non-conventional feeding for pigs in Cuba. *Pig News and Information*. 10, 29-33.
- Flórez, A.C., Rincón, C., Garzón, P., Vargas, N., & Enríquez, C. (2008). Factores relacionados con enfermedades transmitidas por alimentos en restaurantes de cinco ciudades de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Infectología*, 12 (4), 255-266. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-93922008000400004&script=sci_arttext
- García, R., González-Vázquez, M.P., Pevida, C., & Rubiera, F. (2018). Pelletization properties of raw and torrefied pine sawdust: Effect of copelletization, temperature, moisture content and glycerol addition. *Fuel*, 215, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.11.027>
- Grande, D., Pineda, A., Arredondo, J., Pérez-Gil, F., & Domínguez, P. (2009). El procesamiento de residuos orgánicos como alternativa para la producción de alimentos de consumo animal. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/ciemed/residuos.pdf>
- Granja, M.B., Menéndez, O.J., Yeomans, J., Hernández, C., & Botero, R. (2005). Estabilización anaeróbica de desechos de comida para la elaboración de suplementos alimenticios para cerdos. *Tierra Tropical*, 1(1), 1-8. <https://repositorio.earth.ac.cr/items/a5f433a8-df33-4758-9c38-80fd5d391ccc>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2022). Ruiz Suárez, L.G., Gavilán, A., Mendoza Cantú, A., Ramírez Muñoz, T., & Araiza Aguilar, J.A. Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos. pp.311.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2023). Ubicación geográfica, condiciones climáticas y orográficas. INEGI: México; 2023. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/Default.aspx?idee=9284702>
- Jinno, C., He, Y., Morash, D., McNamara, E., Zicari, S., King, A., Stein, H.H., & Liu, Y. (2018). Enzymatic digestion turns food waste into feed for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 242, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.05.006>
- Keith, C.B. (2001). Processing Factors influencing pellet quality. *Feed Tech*. 5(4),19-22. <https://pdfs.semanticscholar.org/43d9/1d59f6cda3cf69aa6f12e61ac1c33b832ec7.pdf>
- Maeda, R. (2008). Japan feeds animals recycled leftovers. Reuters July 22. <https://www.reuters.com/article/idUST214659/>
- Martínez-Castañeda, F., & Perea-Peña, M. (2012). Estrategias locales y de gestión para la porcicultura doméstica en localidades periurbanas del Valle de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9 (4), 411-425. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360533093003>
- Montero-López, E.M., Martínez-Gamboa, R.G., Herradora-Lozano, M.A., Ramírez-Hernández, G., Espinosa-Hernández, S., Sánchez-Hernández, M., & Martínez-Rodríguez, R. (2015). Alternativas para la producción porcina a pequeña escala. UNAM, México. 205 pág.
- Moreno, G., & Alarcón, A. (2010). Higiene alimentaria para la prevención de trastornos digestivos infecciosos y por toxinas. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 21(5), 749-755. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(10\)70596-4](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(10)70596-4)
- National Research Council [NRC]. (2012). Models for estimating nutrient requirements of pigs: case studies. Eleventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C. p. 424
- Ramírez, V., Peñuela, L., & Pérez, M. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34 (2), 107-124. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.76>
- Rethink Food Waste through Economics and Data [ReFED]. (2016). A Roadmap to Reduce U.S.

- Food Waste by 20 Percent. <https://www.refed.com/downloads/Executive-Summary.pdf>.
- Rivera, J., Losada, H., Cortés, J., Grande, D., Vieyera, J., Castillo, A., & González, O. (2007). Cerdos de traspatio como estrategia para aliviar pobreza en dos municipios conurbados al oriente de la Ciudad de México. *Livestock Research for Rural Development*, 19 (7), 1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd19/7/rive19096.htm>
- Rodríguez, D., Anchieri, D., Tommosino, H., Vitale, E., Moreira, R., Castro, G., Lozano, A., & López, C. (2010). Tratamiento de residuos sólidos orgánicos domiciliarios para alimentación de cerdos. Facultad de veterinaria, Montevideo (Uruguay). <http://www.ingenieroambiental.com/4014/cerdos.pdf>
- Rodríguez, V.M., & Simón M.E. (2008). Bases para la alimentación humana. Netbiblo. España. https://books.google.com.mx/books?id=c_f5eJ77PnwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Salazar, G.G., & Cuarón, I.J. (1997). Uso de desechos de origen animal en México. In: Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Memorias Taller Regional Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) y FAO. Estudio FAO producción y sanidad animal. La Habana, Cuba. Pp 111-128.
- Taboada-González, P.A., Aguilar-Virgen, Q., & Ojeda-Benítez, S. (2011). Análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2 (1), 9-20. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627681002>
- Toro, R.T., Narea, S.M., Pachecho, F.J., Contreras, E., & Gálvez A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. In: Manuales de la CEPAL No.2. Naciones unidas, Santiago. p. 211. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a5f80abc-8063-4e19-b871-e954f1db5bf6/content>
- Uçkun, E., Trzcinski, A., Ng, W., & Liu, Y. (2014). Bioconversion of food waste to energy: A review. *Fuel*, 134, 389-399. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.05.074>.
- Valdiviezo, L.N., Villalobos, de B.L.B., & Martínez, N.R. (2006). Evaluación microbiológica en manipuladores de alimentos de tres comedores públicos en Cumana - Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 26 (2), 95-100. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199416676006>
- Vukmirovića, D., Čolovića, R., Rakitaa, S., Brleka, T., Đuragića, O., & Solà Oriolb, D. (2017). Importance of feed structure (particle size) and feed form (mash vs. pellets) in pig nutrition A review. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 133-144. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.06.016>
- Winn, W.C., Allen, S.D., Janda, W.M., Koneman, E.W., & Procop, G.W., & Schrenckenberger, P.C. (2008). Woods, G.L. Diagnóstico microbiológico. Texto y Atlas en color. 6ª Edición. Panamericana, Buenos Aires Argentina. p. 1696
- Yousef, A.E., & Carlstrom, C. (2006). Microbiología de los alimentos. Manual de laboratorio. ACRIBIA. España. p. 320.
- Zootech. (2022). Formulación de raciones al mínimo costo. (Versión 3.1) [Software pecuario]. Zmix. <https://zootech.com.pe/>
- Zu-Ermgassen, E.K.H.J., Phalan, B., Green, R.E., & Balmford, A. (2016). Reducing the land use of EU pork production: where there's swill, there's a way. *Food Policy*, 58, 35-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.001>.