"Revisión bibliográfica del uso de forraje verde hidropónico (FVH) en la alimentación porcina"

Cujilema Mishel[1]
agp2017028@uea.edu.ec

Fernández Carlos[1]
agr2015191@uea.edu.ec

Caicedo Willan, P. hD[1]
wcaicedo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria ([1])

Resumen

El costo de la alimentación en la producción porcina representa la debilidad más grande del productor, pues el elevado costo de aditivos alimenticios para cumplir los requerimientos de cada etapa de la producción porcina ha provocado que los grandes, medianos y pequeños productores obtén por un suplemento alimenticio económico y disponible todo el año, esta tecnología se conoce como forraje verde hidropónico (FVH). El FVH es fácil de producir, no requiere una alta inversión inicial para su implementación en los sistemas de alimentación porcícola, se cultiva todo el año, tiene una aceptable palatabilidad para los animales, requiere poco espacio, presenta altos índices de aprovechamiento de nutrientes. Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue recopilar información científica sobre investigaciones actualizadas relacionadas con el uso del FVH en la dieta de los cerdos en sus diferentes categorías.

Esta investigación se realizó en base a un análisis y método exploratorio documental con revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias, en los principales buscadores como: Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc; USA) y Scielo (FAPEST and BIREME; México). Con la información obtenida se concluyó que el forraje verde hidropónico es una nueva alternativa de alimentación porcina, inocua, libre de compuestos químicos, que resulten tóxicos para el animal al momento de ser suministrado. Entre las principales especies de FVH se destaca la utilización de maíz, trigo, cebada, avena y arroz, debido a que poseen un buen contenido nutricional relacionado con la proteína bruta, fibra

detergente ácida y detergente neutra, presentando valores adecuados que permiten un buen aprovechamiento en términos de digestibilidad y que además al ser incorporados a la dieta del animal en sus diferentes etapas productivas, provee mejoras sobre la ganancia de peso final, rendimiento de la canal, conversión alimenticia, la fertilidad, la producción de leche y número de lechones destetados.

Palabras Clave: Cerdos, forraje verde hidropónico, composición química, alimentación.

Abstract

The cost of feed in swine production represents the biggest weakness of the producer, because the high cost of feed additives to meet the requirements of each stage of swine production has caused large, medium, and small producers to obtain an economical feed supplement available all year round, this technology is known as hydroponic green fodder (HVF). FVH is easy to produce, does not require a high initial investment for its implementation in swine feeding systems, can be grown all year round, has an acceptable palatability for animals, requires little space, and has high nutrient utilization rates. For this reason, the objective of this work was to compile scientific information on updated research related to the use of FVH in the diet of pigs in different categories.

This research was carried out based on a documentary analysis and exploratory method with bibliographic review of primary and secondary sources, in the main search engines such as: Google Scholar (Google, LLC - Alphabet Inc; USA) and Scielo (FAPEST and BIREME; Mexico). With the information obtained, it was concluded that hydroponic green fodder is a new alternative for swine feeding, innocuous, free of chemical compounds, which are toxic for the animal at the moment of being fed. Among the main species of FVH, the use of corn, wheat, barley, oats and rice stands out, because they have a good nutritional content related to crude protein, acid detergent and neutral detergent fiber, presenting adequate values that allow a good utilization in terms of digestibility and also when incorporated into the animal's diet in its different productive stages, provides improvements on final weight gain, carcass yield, feed conversion, fertility, milk production and number of weaned piglets.

Keywords: Pigs, hydroponic green fodder, chemical composition, feeding.

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el consumo per cápita de carne de cerdo en el 2018 fue, 10.90 kg (ASPE, 2018), mientras que a nivel mundial se promedia el consumo en 12.8 kg. A nivel nacional, la alimentación convencional para los cerdos representa un coste elevado, debido a que en el país no se produce suficiente materia prima para la elaboración de alimentos balanceados. Por otra parte, los productores de cerdos en los sistemas semi-intensivos y extensivos, se han visto obligados a utilizar recursos alternativos para mitigar los costes de alimentación.

En este sentido, recientes investigaciones plantean como una alternativa novedosa de alimentación para cerdos, el empleo del forraje verde hidropónico, el cual permite disminuir el coste del alimento ya que es de fácil producción, se cultiva todo el año, requiere poco espacio, además, presenta altos coeficientes de aprovechamiento de nutrientes. Partiendo de este contexto, en esta investigación se abordarán aspectos relacionados con la composición química, digestibilidad y comportamiento productivo de cerdos alimentados con forraje verde hidropónico.

El cerdo es uno de los animales más eficientes para la producción de carne, debido a su gran precocidad, prolificidad, corto ciclo productivo y gran capacidad transformadora de nutrientes, puede llegar a adaptarse fácilmente a diferentes tipos de alimentación, y es altamente explotado para la obtención de carne. Según la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE, 2016), Ecuador, generó 84.000 toneladas de carne de cerdo provenientes de producciones tecnificadas y semitecnificadas, mientras que en producciones familiares se produjeron aproximadamente 56,000 t/año; es decir 5.5 % más en relación con períodos anteriores, así también, el consumo per cápita, incremento de 7.2 kg en 2010 a 10 kg en el 2016, respectivamente.

La mayor limitante de la producción porcina se concentra en la alimentación pues esta explotación compite con el ser humano por el consumo de alimentos similares que se incluyen en su dieta como: cereales y concentrados proteicos de origen vegetal y animal, además de representar el 70 % del costo total (Bastidas, 2016). Por lo que se ha motivado a

la búsqueda e implementación de alternativas alimenticias nuevas en la dieta porcina que permita plantear y reorientar adecuadamente el empleo de productos nuevos como el FHV, con la finalidad de disminuir la utilización de granos y cereales (Ramírez y Soto, 2017).

En este sentido, el sector porcícola se ha visto en la necesidad de investigar ingredientes no tradicionales en la dieta de cerdos, como el forraje verde hidropónico (FVH) para de esta manera ser más competitivos y sobre todo reducir los costos en la alimentación. La producción de FVH es considerada una tecnología eficaz que se realiza de manera sostenible, optimizando el recurso económico, suelo, agua y espacio. Por lo tanto, permite a los pequeños y medianos productores agropecuarios ampliar sus posibilidades y oportunidades de producirlo como suplemento, minimizando así la utilización de alimentos balanceados Salas-Pérez et al. (2010).

La implementación y suministro de FVH, como alimento de animales, permite alcanzar un aumento significativo en el peso, conversión alimenticia, rendimiento productivo y producción de carne, pues posee excelente calidad nutricional y valor nutritivo, vitaminas como la A, B y E que permiten reducir las enfermedades que afectan a la producción porcina, además que, presentan alta digestibilidad, palatabilidad y aceptación por parte del animal (Romero y Rodríguez, 2009).

De acuerdo con Saguilán et al. (2020) para la elaboración de FVH se utiliza como materia prima específica; semillas de maíz, sorgo, avena y trigo, las cuales poseen un poder germinativo que oscila entre el 85 – 95%, siendo factibles para la producción de forraje. No obstante, cabe recalcar que para obtener una excelente producción de FVH, se deberá implementar técnicas adecuadas para cubrir los requerimientos del cultivo y así evitar pérdidas económicas.

Tomando en cuenta lo anteriormente descrito esta investigación abordará aspectos relacionados con la producción de FVH, su composición química y de especies vegetales utilizadas en este tipo de producción y el rendimiento productivo de los animales alimentados con FVH, por lo que se plantea como objetivo general de la investigación

efectuar una revisión bibliográfica sobre el uso del forraje verde hidropónico para uso en la alimentación porcina.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

Esta investigación se realizó en base a un análisis documental con revisión bibliográfica, de fuentes de información con validez científica tanto primarias como secundarias. Los documentos relacionados a fuentes primarias corresponderán a artículos científicos de investigación, revistas científicas y tesis, mientras que los trabajos de fuentes de información secundaria serán tomados e interpretados de directorios o repositorios de tesis de algunos países, considerando el idioma español, inglés y ruso. Los estudios fueron seleccionados deberán, acerca del uso de forraje verde hidropónico en la alimentación porcina en etapa de destete, crecimiento, engorde, verracos y cerdas reproductoras, así como el mejoramiento del índice productivo del cerdo, la composición química de las especies utilizadas como FVH.

2.2. Métodos de Investigación

La investigación se basó en la utilización del método exploratorio documental, pues para ello se realizó una búsqueda sistemática, en las respectivas bases de datos o buscadores como: Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc; USA) y Scielo (FAPEST and BIREME; México).

2.3. Descriptores de búsqueda

Los descriptores que se utilizarán para la recopilación de la información serán los siguientes: Producción, alimentación, índice productivo, FVH, factores climáticos, cerdo.

2.4. Criterios de inclusión

Aquellos criterios de inclusión que se considerarán para la búsqueda de información necesaria y respectiva serán:

Palabras clave

Sustrato, agua, peso, conversión alimenticia, densidad de siembra, trigo, sorgo, avena, arroz, soya, centeno, maíz, cebada, composición química, requerimientos nutricionales, digestibilidad.

Año de publicación

Debido a la importancia del tema de investigación se consideró recopilar información actualizada de los últimos 10 años, sin embargo, también fueron revisados aquellos documentos que contaban con rigurosidad científica, debido a la demanda de las variables a investigar.

2.5. Manejo de la información

Los datos fueron recopilados en los diferentes documentos bibliográficos acerca del: comportamiento productivo de los cerdos, y la composición bromatológica de las especies utilizadas pata la obtención de FVH e introducidos en tablas, las mismas que se elaboraron con ayuda del software Microsoft Office Word y Microsoft Office Excel (Microsoft Corporativo, USA). Cada una de las tablas tendrán su respectiva etiqueta, información, descripción y referencias bibliográficas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de forrajes verdes hidropónicos utilizados en la alimentación porcina

Debido a que en la actualidad existe desconocimiento y falta de ensayos a campo abierto sobre los beneficios que ofrece el FVH dentro de la alimentación animal, es importante y necesario realizar el estudio y evaluación de la composición nutricional de las especies utilizadas (Tafur, 2017). En la tabla 1, se muestra el análisis bromatológico de las especies utilizadas para la alimentación de cerdos, los mejores resultados en cuanto a proteína cruda (PB) presentan el centeno (26.17%), maíz (22.82%) y avena (19%). Sin embargo, (Pérez, 2013) también señala que es importante tener en cuenta aquellos valores, pertenecientes a los parámetros de Fibra Detergente Ácida (FDA), Fibra Detergente Neutra

(FDN), Energía Metabolizable y Materia Seca, ya que están relacionados con el consumo voluntario del forraje y una adecuada digestibilidad por parte del animal. En la tabla 1 el valor de la FDN presenta un porcentaje alto en las especies de sorgo (66.66%), arroz (58.25%) y avena (58.40%) valores que sobrepasan el rango adecuado para cerdos (55%) (Reyes y Mejía, 2020), esto puede afectar a la calidad, digestibilidad y consumo del forraje, mientras que, el maíz, trigo y cebada con el 43.13, 34.8 y 33% respectivamente, presentan una excelente calidad nutricional.

Respecto a la materia seca (MS), el maíz tuvo el valor más alto con 29.68%, la cebada 20.23% y el centeno 19.54%. Otro parámetro para evaluar es la ceniza que permite conocer la concentración de minerales presentes en los cultivos de FVH, el nivel más alto presentó el arroz 9.17%, seguido por el sorgo 6.54% y la cebada 5.28%.

Tabla 1. Composición química de los principales forrajes hidropónicos utilizados en la alimentación porcina.

Especies	MS, %	PB, %	Ceniza, %	EM	Digestibilidad, %	FB, %	FDN, %	FDA, %	Grasa, %	Referencias
Maíz (Zea mays)	29.68[a]	22.82[b]	4. 51[a]	3.216 [c]	90 [a]	29.59[c]	43.13[c]	18.89[c]	3.15[c]	(Osorno y González, 2012)[a] (Vargas, 2008)[b] Cerrillo et al. (2013)[c]
Sorgo (Shorgum ssp)	11.98[a]	9.60[a]	6.54[a]	3 - 3.2[b]	83 - 86[a]	19.71[a]	66.66[a]	45.17[a]	_	(Pereira y Zúñiga 2016)[a] (Pérez, 2013)[b]
Trigo (Triticum vulgare)	14.05[a]	18.49[a]	3.25[a]	2.717[c]	87.70[a]	17.86[a]	34.8[b]	14.6[b]	_	FAO (2011)[a] Rojas (2009)[b] Espinoza y Lima (2016)[c]
Cebada (Hordeum vulgare)	20.23[a]	25[b]	5.28[a]	3.216[b]	81.60[b]	16.15[a]	33[c]	21[c]	2.37[d]	FAO (2011)[a] Mercado (2012)[b] Castellanos (2020)[c] Siza (2013)[d]
Avena (Avena sativa L.)	15.7[a]	19.00[a]	2.00[a]	1.98[a]	93.30[a]	34.2[b]	58.40[a]	30.10[c]	2.54[a]	Castillo (2017)[a] Bohórquez (2018)[b] INIA (2018)[c]
Centeno (Scale cereale)	19.54	26.17	3.16	2.918	-	18.24	_	-	_	INIA (2014)
Arroz (Oryza Sativa)	15.82	7.92	9.17	4186	_	34.59	58.25	38.54	_	Pedraza (2021)

Comportamiento productivo de las diferentes categorías de porcinos alimentados con distintos tipos de FVH

En la tabla 2, se muestran los resultados de la categoría destete hasta los 120 días de tratamiento, al suministrar en la dieta de los animales un 45% de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) se obtuvo mayor peso final de 55.05 kg, una ganancia de peso día de 0.5086 kg y una eficiente conversión alimenticia de 2,52. Los datos anteriormente mencionados son superiores, al ser comparados con el estudio realizado por (Vasiliev, Moskalenko, Sivokhina, Korobov y Kuznetsov, 2015) quienes, al alimentar a cerdos destetados de 12.35 kg durante 75 días de tratamiento con cebada hidropónica lograron obtener a los 120 días pesos finales de 43.41 kg, y una ganancia de peso diaria de 0.414 kg.

En la categoría de crecimiento, los animales recibieron entre un 30 y 40% de FVHM, logrando pesos finales de 51.2 y 85.6 kg respectivamente, con una conversión alimenticia de 2.11 y 2.17, tabla 2. Para la alimentación de los cerdos, la cosecha de FVHM se recomienda que se realice a partir de 8-9 días, con una altura de 20-30cm para obtener una óptima calidad nutricional (Olivas, 2012). En otro estudio, (Morales, Jiménez, Burneo y Capa, 2020) evaluaron el valor nutricional del trigo y recomendaron que el corte se realice con 17.67-18.94 cm de altura.

La incorporación de FVH en la dieta de verracos, ha permitido un mejoramiento de las características como: la ganancia de peso día con 0.476 kg, así como en la calidad espermática (volumen y concentración) (Pokhodnya, Kornienko, Fedorchuk, Grishin y Strelnikov, 2012). Por otra parte, Jakowczyk (2017), señala que, para la categoría de cerdas reproductoras, se debe incorporar a su dieta de 200 – 300 g de FVH/día, para reducir la mortalidad de las crías entre un 10 y 15 %. Chertkov, Kolosov, Chertkov y Pechenevskaya (2018), suministraron un 20% de FVH en la dieta de las cerdas gestantes, esto provocó el crecimiento de los huesos y músculos periféricos en la formación de los fetos e incrementando su longitud.

Tabla 2. Comportamiento productivo de cerdos en etapa de destete, crecimiento y engorde alimentados con distintos niveles de FVH

Materia Prima	Nivel de inclusión, %	Categoría	Días	Peso inicial, Kg	Peso final, Kg	Ganancia de peso total, Kg	Ganancia de peso día, Kg	Consumo total de alimento, kg	Consumo total alimento, (kg/día)	Eficiencia alimenticia	Conversión alimenticia	Referencias
FVH de Maíz	45	Destete	120[a]	12.38[a]	55.05[a]	42.67[a]	0.5086[a]	107.51[a]	1.19[a]	395[a]	2.52[a]	Saguilán et al. (2020) [a]
FVH de Maíz	30	Crecimiento	22	34.8	51.2	-	0.780	-	1.65	-	2.11	Romero y Rodríguez (2009)
FVH de Maíz	40	Crecimiento	37	54.8	85.6	-	0.896	-	1.94	-	2.16	Cunuhay (2013)
FVH de Maíz	45	Engorde	42	45.16	81.46	-	-	96.94	-	-	2.67	Cunuhay (2013)
Mezcla de FVH	-	Verraco	-	33.7		-	0.476			-	-	Chertkov et al. (2018)

Tabla 3. Comportamiento productivo de cerdas reproductores alimentados con FVH

Materia Prima	Categoría	Nivel de inclusión, %	Días de tratamiento	Fecundidad, %	Reproducción, %	Partos, %	N de lechones nacidos	Peso de lechón, kg	Referencias
Mezcla de FVH de trigo, cebada y avena	Cerdas en Reproducción	20	50	12.5	17.1	20.5	411	1.37	Chertkov et al. (2016)
FVH de cebada	Gestación	15	160	_	_	-	8.8	12.45	(Vasilyev, Vavilov, Korobov, Moscalenko y Kuznetsov, 2015)
Mezcla de FVH de trigo, cebada y avena	Lactantes	10-20	-	_	_	_	-	7.29	(Chertkov. Kolosov, Chertkov y Pechenevskaya, 2018)

4. CONCLUSIONES

- El empleo de forraje verde hidropónico constituye una nueva alternativa de alimentación porcina, que contribuye no solo a reducir los costos de producción, además, permite ofrecer alimento inocuo todo el año, sin la utilización de suelo y compuestos químicos, que puedan resultar tóxicos al momento de ser suministrado el alimento al animal.
- El FVH de maíz, trigo, cebada, avena y arroz, poseen un buen contenido nutricional relacionado con la proteína bruta, fibra detergente ácida y detergente ácida neutra, las especies presentan valores adecuados que permiten un adecuado aprovechamiento en términos de digestibilidad.
- La incorporación de FVH en la dieta de los cerdos en sus diferentes etapas productivas, provee mejoras sobre la ganancia de peso, peso final, rendimiento de la canal y la conversión alimentaria. En cerdas reproductoras, mejora la fertilidad, la producción de leche, y número de lechones destetados por cerda.

5. REFERENCIAS

Bastidas, H. (2016). *Efecto de la ingestión de residuos post cosecha de Theobroma cacao L. sobre el comportamiento productivo de cerdos en la fase de engorde.* (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23700.

Bohórquez, A. (2018). Producción sostenible de pollo de engorde utilizando forraje verde hidropónico a base de avena (*Avena sativa* L.) en el Municipio de Sachica Boyacá. (Trabajo de grado, Universidad Abierta y a Distancia). Recuperado de https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21616.

Carrillo – García, M,. Salas – Pérez, L,. Esparza – Rivera, J,. Preciado – Rangel, P. Romero – Paredes, J. (2013). Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Revista Agronomía Mesoamericana,24* (1), 169 – 176. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v24n1/a15v24n1.pdf.

Castellanos, A. (2020). *Producción de forraje verde hidropónico la alternativa para la alimentación equina.* (Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Recuperado de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/37338/andresmauriciocastellanos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Castillo, J. (2017). *Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de Avena sativa L. y Hordeum vulgare L. con dos cortes sucesivos.* (Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja). Recuperado de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/JAMES%20RODRIGO%20CASTILLO%20VALDIVIESO.pdf.

Cunuhay, O. (2013). *Niveles de forraje verde hidropónico de maíz en la dieta alimenticia en engorde de cerdos mestizos en el cantón la Maná*. (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). Recuperado de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1634.

Chertkov, D., Kolosov,A., Chertkov,B., y Pechenevskaya,A. (2018). Método de alimentación diferenciada de las cerdas paridas en condiciones de tecnología de bajo coste. *Revista Científica Ciencias Agrícolas, 29* (3), 30 - 32. Recuperado de http://www.dongau.ru/nauka-i-innovatsii/vestnik-universiteta/2018/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%94%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%93%D0%90%D0%A3_28.3.pdf#page=25.

Espinoza, J., y Lima, R. (2016). *Efecto del forraje verde hidropónico de avena, cebada y trigo en el crecimiento y engorde de cuyes* (*Cavia porcellus)*. (Trabajo de grado, Universidad Nacional de Huancavelica). Recuperado de http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1156

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2018). Forraje verde hidropónico de avena y su efecto en producción de leche en cabras. Recuperado de https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4818/Informativo%20INIA%20N%c2%b0%2076?sequence=1&isAllowed=y.

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2014). Producción de forraje verde hidropónico. Recuperado de https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7752.

Jakowczyk, N. (2017). *Forraje verde hidropónico todo el año*. Recuperado de https://gidroponik.by/files/nsh-1.pdf.

Korobov, A,. Vasilyev, A,. Lyubov, A,. Serge, P,. y Yurievich. M. (2015). Cría de cerdos con verduras hidropónicas. *Revista Agraria,12* (5), 7- 10. Recuperado de https://limit.sgau.ru/files/pages/846/14413647140.pdf#page=7.

Mejía, D. Reyes, A. (2020). *Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de literatura*. (Trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamerica). Recuperado de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6790/1/CPA-2020-T073.pdf.

Mercado, S. (2012). *Evaluación de dos niveles de forraje verde hidropónico en la alimentación de ganado lechero Holstein (Mestizo).* (Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Andrés). Recuperado de https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/4321.

Morales,D., Jiménez,L., Burneo, J. y Capa,E. (2020).Produccion de forrajes de avena y trigo bajo sistema hidropónico y convencional. *Alimentación y nutrición animal, 21*(3),1386. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1386.

Olivas, G. (2012). *Plan de negocio, establecimiento de vivero para produccion y comercialización de forrajes verdes hidropònicos de maíz (Zea mays), Camoapa, Boaco, 2011 – 2016.* (Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria). Recuperdo de https://repositorio.una.edu.ni/842/1/tne70o48p.pdf.

Pedraza, A. (2021). *Evaluación del forraje verde hidropónico de arroz (Oryza sativa) como alternativa para la alimentación animal*. (Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander). Recuperado de https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/4374.

Pérez, A. (2013). *Digestibilidad in vitro de maíz y sorgo cultivados en condiciones de hidroponía*. (Trabajo de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Recuperado de http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4528.

Pereira, P., y Zúñiga, T. (2016). *Evaluación de la calidad nutricional de tres densidades de forraje hidropónico de maíz y sorgo sobre bagazo de caña de azúcar como sustrato.* (Trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamericana). Recuperado de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5866/1/CPA-2016-T074.pdf.

Pokhodnya, G., Kornienko, P., Fedorchuk, E., Grishin.A. y Strelnikov, R. (2012). Alimento hidropónico verde en las raciones de los jabalíes. Recuperado de https://cyberleninka.ru/article/n/zelenyy-gidroponnyy-korm-v-ratsionah-hryakov-proizvoditeley.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2011). Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico. Recuperado de https://issuu.com/frederys1712doc/docs/manual_t__cnico_-_forraje_verde_hid.

Ramírez, C. y Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Revista Agronomía Costarricense*, *41*(2), 79 – 91. Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_agr/v41n02_079.pdf.

Romero, N. y Rodríguez, J. (2009). *Evaluación de dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por forraje hidropónico de maíz (Zea mays L) para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado.* (Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral). Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11416/3/tesis.pdf.

Rojas, M. (2009). *Evaluación de los parámetros de producción y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de avena y trigo producidos de manera artesanal en el zoológico de Buin, Chile.* (Trabajo de grado, Universidad de la Salle). Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1069&context=zootecnia.

Saguilán, P., Aguirre, H., Martínez-Martínez, R., Vásquez, A., Peralta, M. y Monter, M.A. (2020). Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11* (24), 247-253. doi: https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2375.

Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J.R., Álvarez-Reyna, V., Palomo-Gil, A., Rodríguez-Dimas, N. y Márquez-Hernández, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Revista Terra Latinoamericana*, *28*(4), 355 – 360. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/573/57318502007.pdf.

Siza, M. (2013). *Utilización de forraje verde hidropónico más balanceado comercial como alimento en la crianza de cuyes a partir de la tercera hasta la décima tercera semana de edad.* (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6480/1/Tesis%2008%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20196.pdf.

Tafur, N. (2017). *Forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.) obtenido con purines modificadores de tres especies animales*. (Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). Recuperado de https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3607.

Vasiliev, A,. Moskalenko, S,. Sivokhina, L,. Korobov, A. y Kuznetsov, M. (Febrero, 2015). *Eficiencia del uso de alimentos verdes hidropónicos en las dietas de lechones al destete.* Trabajo presentado en la Conferencia Científica y Práctica Internacional de la Universidad Estatal Agraria de Sarátov, Sarátov, Rusia.

Vargas, C. (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Revista Agronomía Mesoamericana*, *19* (2), 233 – 240. Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_233.pdf.

6. ANEXOS

6.1 Marco Teórico

6.1.1 Producción de cerdo a nivel mundial

El consumo mundial de carne de cerdo en 2019 disminuyó en un 10%, afectando aquellos países que son los mayores consumidores y productores de cerdos, entre estos se encuentran: China (44.5%), La Unión Europea (20.2%) y Estados Unidos (10%). La disminución en la productividad se debe principalmente a la presencia de la Peste Porcina Africana (PPA) y a las normas ambientales más rigurosas que regulan las operaciones de las granjas porcinas, de acuerdo con lo mencionado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2020). El consumo per cápita promedio mundial de carne de cerdo en 2019 disminuyó esto debido a la influencia de China, lugar en donde se pasó de consumir 32.9 kg en 2014 a 29.3 kg en 2019, por lo que a nivel mundial solo se consumió 12 kg anuales de esta proteína.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2020) indica que el precio internacional de la carne de cerdo durante el período 2015 – 2019 ha incrementado en comparación con otras proteínas como aves y bovinos, sobretodo en el mes de diciembre de 2019 en donde se obtuvo un crecimiento de 9.4%, mientras que el precio de aves solo fue de 2.9% y bovinos 6.3%.

6.1.2 Alimentación de cerdos con FVH

El FVH permite el reemplazo de concentrado en un 20 – 50 %, al cerdo se le suministra en la alimentación de 2 – 6 kg diarios de FVH, esencialmente en las etapas de crecimiento y ceba, mientras que para reproductores se recomienda 4 kg con el propósito de mejorar la calidad espermática y en cerdas gestantes y lactantes de 2 – 3 kg, para incrementar la energía, producción y calidad de leche. El forraje no debe encontrarse muy húmedo al momento de alimentar a la piara pues esto puede ocasionar problemas de timpanismo por una ingesta de materiales vegetales muy ricos en nitrógeno. Actualmente existen empresas que se dedican a la producción de este tipo de forraje en proporciones

mayores como la ELEUSIS INTERNACIONAL S.A. con aproximadamente 1.000 kg/día, para alimentar cerdos ibéricos y otra localizada en Alburquerque la cual es productora de 2.5000 kg/día (Cunuhay, 2013).

6.2 Forraje Verde Hidropónico (FVH)

El FVH constituye el resultado del proceso de germinación de cereales, bajo condiciones ambientales controladas de luz, temperatura y humedad en un período de 7 – 15 días, sin la utilización de suelo, bajo o sin la utilización de invernaderos, permitiendo producir alimento para los animales bajo cualquier condición climática, durante todo el año y en grandes cantidades pues de 5 kg de semilla/m² se obtienen de 40 a 50 kg de forraje fresco por m² de bandeja. Sin embargo, para garantizar que la producción de forraje sea óptima y de calidad, se debe considerar esencialmente la selección y manejo de la semilla tomando en cuenta que el material a utilizar posea el 90% de viabilidad, encontrándose los granos enteros, sin rupturas que permitan la penetración y propagación de patógenos y limpios sin rastro de ningún producto tóxico. La biomasa producida y obtenida es comparada con un abundante colchón radicular de hojas, tallo y semillas germinadas y no germinadas que se suministra al animal en forma de bloque alimenticio, sea de manera trozada, desmenuzada o picada y que es altamente digestible, de alto valor nutritivo y 100% comestible. Sin embargo, si se almacena el FVH durante 2 - 3 días o más tiempo el forraje perderá su calidad nutricional según, Juárez – López et al. (2013).

6.2.1 Proceso de producción del FVH

6.2.2 Selección y pesaje de la semilla

Las semillas utilizadas para la producción de FVH deben presentar excelente calidad; es decir que no se encuentre en ellas tóxicos, agentes pre – emergentes o que estén curadas, así también, no deben existir restos de piedra, suelo, granos de otros vegetales, paja o presentar rupturas pues esto ayuda a la penetración y propagación de patógenos. Se recomienda que el material a utilizar sea de origen conocido, adaptado a las condiciones edafoclimáticas locales en donde se vaya a producir y de probada germinación y rendimiento, generalmente para la producción de FVH se pesa 2 kg de semilla para cada siembra (Rivera y Díaz, 2017).

6.2.3 Lavado y desinfección de la semilla

Se procede a realizar el lavado de la semilla con la finalidad de eliminar impurezas o aquellas que presenten deformidades o no sean fértiles, dos a tres veces, posterior a esto en un recipiente se coloca solución de cloro al 1% en razón de 10 ml/l de agua o hipoclorito de sodio en una concentración de 3 x 1; es decir 3 cc por cada litro de agua, en donde las semillas sean sumergidas 1 a 2 minutos, para de este modo tener su completa desinfección y expelerla de bacterias y hongos, para finalmente realizar un segundo lavado y enjuague en agua limpia al menos por cinco minutos para quitar rastros de hipoclorito (Guzmán - Ramírez y De La Pava López, 2017). Posterior a este procedimiento (Osorno y González, 2012), describen el proceso de hidratación o pre – germinación, donde las semillas son colocadas en una bolsa de tela para posteriormente ser sumergidas en un recipiente plástico con agua por 24 h en un sitio oscuro donde no exista la presencia de rayos solares. De esta manera se logrará una inhibición completa y correcta de la semilla por medio del estímulo que se efectúa al embrión, en un período de 24 h las cuales, deben ser divididas en dos momentos, a las 12 h las semillas son tomadas, escurridas y oreadas por una hora y nuevamente devueltas al agua por otras 12 h, para finalmente realizar un último oreado y así pasar al reposo para este método no se aconseja utilizar recipientes de metal pues estos tienden a liberar residuos u óxidos tóxicos para la semilla.

6.2.4 Reposo, secado, siembra y cosecha del FVH

El reposo tiene una duración de 24 h y consiste en depositar las semillas en recipientes, tanques o plásticos limpios que permitan drenar el agua sobrante que haya quedado al realizar el proceso de hidratación, mientras que el secado durará al menos 3 h, para luego proceder a realizar la siembra (Osorno y González, 2012). Para la siembra se utilizan bandejas plásticas, las cuales deben ser previamente lavadas y desinfectadas sobre las cuales se coloca papel periódico, para evitar el exceso de humedad y proliferación de agentes patógenos. Generalmente en cada bandeja se coloca aproximadamente 1 kilo de semilla, para luego cubrir por 4 días con plástico negro y suministrando agua 4 – 5 veces al día para estimular la germinación (Jácome, 2018).

REFERENCIAS

Cunuhay, O. (2013). *Niveles de forraje verde hidropónico de maíz en la dieta alimenticia en engorde de cerdos mestizos en el cantón la Maná*. (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). Recuperado de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1634.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2020). Livestock and products semi – annual. Recuperado de https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Livestock%20and%20Products%20Semi-Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_03-01-2021.

Guzmán – Ramírez, C. y De la Pava, R. (2017). *Manual Forraje Verde Hidropónico*. Recuperado de Manual Fvh (calameo.com).

Jácome, P. (2018). *Propuesta de otra alternativa de alimento para el ganado lechero del Cantón Mejía a base de forraje verde hidropónico*. (Trabajo de maestría, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16929/1/T-UCE-0005-CEC-003-P.pdf.

Juárez-López, P,. Morales-Rodríguez, H,. Sandoval-Villa, M,. Gómez-Danés, A,. Cruz-Crespo, E,. Juárez Rosete, C,. Aguirre-Ortega, J,. Santiago, A. y Ortiz-Catón, M. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. *Revista Fuente Nueva Época, 4* (13),18 - 22. Recuperado de http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/2126.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2020). Resumen de la evolución del mercado mundial de carne de cerdo en 2020. Recuperado de https://www.3tres3.com/ultima-hora/fao-evolucion-del-mercado-mundial-de-carne-de-cerdo-en-2020_46339/.

Osorno, R., y González, L. (2012). *Producción y calidad de biomasa de zea mays, sorghum bicolor y oryza sativa en alfombra forrajera hidropónica.* (Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria). Recuperado de https://repositorio.una.edu.ni/1459/.

Rivera, A., y Díaz, E. (2017). *Evaluación de cultivos hidropónicos de maíz y sorgo para la alimentación de porcinos en la etapa de levante y pre. ceba en el Departamento de Bolívar, Finca: La Conquista, corregimiento de Pasacaballos, vía al Municipio de Rocha*. (Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Recuperado de https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13603.