



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS
CENTRO DE AGROECOLOGÍA
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

**“ESQUILMOS AGRÍCOLAS COMO DIETA ALTERNATIVA DE
PORCINOS DE ENGORDE EN LA PRODUCCIÓN FAMILIAR Y SU
EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRA EN MANEJO
SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

PRESENTA

MVZ. ANDREA NATALI VALENCIA LUNA

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR DE TESIS

DR. OSCAR AGUSTÍN VILLARREAL ESPINO BARROS

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. PRIMO SÁNCHEZ MORALES

ASESORES

DR. JESÚS FRANCISCO LOPEZ OLGUÍN

MMVZ. JESÚS ANTONIO HERNÁNDEZ POBLETE

Puebla, Pue. Septiembre, 2023



La presente tesis, titulada: “**Esquilmos agrícolas como dieta alternativa de porcinos de engorde en la producción familiar y su evaluación de sustentabilidad**”, realizada por la alumna **MVZ. Andrea Natalí Valencia Luna**, bajo la dirección del Comité Tutoral indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR: _____
Dr. Oscar Agustín Villarreal Espino-Barros

CO-DIRECTOR: _____
Dr. Primo Sánchez Morales

ASESOR: _____
Dr. Jesús Francisco López Olguín

ASESOR EXTERNO: _____
MMVZ Jesús Antonio Hernández Poblete

REVISOR EXTERNO: _____
Dr. Fernando Xicotécatl Plata Pérez

Puebla, Pue., septiembre de 2023.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por permitirme forjar este nuevo camino, avanzar en los conocimientos profesionales y permitirme ver que nunca es tarde para seguir.

A mi familia, por haber estado ahí en cada momento a lo largo de estos dos años, tratando de hacer el camino más fácil. A mi esposo por apoyarme y confiar en mí y a mi pequeño Andrés, que me ha llevado de la mano a ser una mejor persona, profesionista y mamá.

A CONACyt por aportarme tan valioso apoyo económico para llevar a cabo mis estudios de posgrado, así como mi agradecimiento a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por abrirme las puertas.

Un reconocimiento especial a mi comité tutorial, Dr. Oscar A. Villarreal Espino-Barros, Dr. Primo Sánchez Morales, Dr. Jesús López Olguín y al MMVZ Jesús Hernández Poblete, por su tiempo en cada una de las aportaciones al presente trabajo, reiterando un agradecimiento más al Dr. Primo Sánchez Morales por su apoyo, paciencia y consideración en todo momento.

Agradezco al Dr. Fernando X. Plata Pérez por su tiempo y apoyo en la revisión de esta tesis.

Finalmente agradezco a la familia Zepeda Rico por ofrecerme su amistad, casa, espacio y muchas veces mano de obra en apoyo al proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE DE TABLAS | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 7 |
| RESUMEN | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| Capítulo 1. Introducción | 10 |
| Capítulo 2. Antecedentes..... | 11 |
| Tabla 1. Implementación de dietas alternativas para producciones porcícolas de engorde. | 12 |
| Capítulo 3. Marco teórico | 18 |
| 3.1 Producción porcícola | 18 |
| 3.1.1 Manejo del cerdo de engorda..... | 18 |
| 3.1.2 Fases de desarrollo y tasa de inclusión | 21 |
| 3.1.3 Requerimientos nutricionales | 21 |
| 3.1.4 Granulometría y mezclado..... | 27 |
| 3.1.5 Sistemas de producción convencional | 27 |
| 3.2 Producción porcícola familiar como alternativa agroecológica | 31 |
| 3.3 Unidad de Producción Familiar UPF | 32 |
| 3.3.1 Agroecología y Manejo sostenible de agroecosistemas | 33 |
| 3.3.2 Sustentabilidad de la Unidad de Producción Familiar porcícola..... | 34 |
| 3.3.3 Sistemas de Diversificación Integrales y Autosuficientes DIA..... | 35 |
| 3.3.4 Trinomio Suelo-Planta-Animal | 35 |
| 3.3.5 Dieta alternativa como estrategia agroecológica para la producción porcícola .. | 35 |
| Capítulo 4. Planteamiento de la investigación | 38 |
| 4.1 Justificación..... | 38 |
| 4.2 Problemática | 39 |
| 4.3 Objetivo general..... | 41 |
| 4.3.1 Objetivos específicos | 41 |
| 4.4 Hipótesis general..... | 41 |
| 4.4.1 Hipótesis específicas..... | 41 |
| Capítulo 5. Metodología | 42 |
| 5.1 Descripción del área de estudio | 42 |
| 5.2 Formulación de dieta alternativa | 43 |
| 5.2.1 Análisis bromatológicos | 44 |
| 5.2.3 Cuadrado de Pearson Modificado..... | 45 |
| 5.2.4 Cocción de vísceras de pollo | 47 |
| 5.2.5 Cocido de papas..... | 47 |
| 5.2.6 Elaboración del Forraje Verde Hidropónico (FVH) | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3 Unidad de Producción familiar porcícola | 51 |
| 5.3.1 Diseño de experimentos..... | 51 |
| 5.3.2 Parámetros productivos | 53 |
| 5.4 Análisis estadísticos de resultados | 54 |
| 5.5 Evaluación de la sustentabilidad | 55 |
| 5.5.1 Índice General de la Sustentabilidad del Agroecosistema IGSA | 55 |
| 5.5.2 Indicadores ambientales, sociales y económicos..... | 58 |
| Capítulo 6. Resultados y Discusión | 62 |
| 6.1 Peso vivo (PV) | 62 |
| 6.2 Consumo de alimento (CA)..... | 65 |
| 6.3 Ganancia de peso (GP) | 69 |
| 6.4 Ganancia diaria de peso (GDP) e Índice de conversión alimenticia (IC) | 72 |
| 6.5 Evaluación de la sustentabilidad | 75 |
| Capítulo 7. Conclusiones | 78 |
| 7.1 Dieta alternativa | 78 |
| 7.2 Sustentabilidad..... | 79 |
| Capítulo 8. Referencias bibliográficas | 80 |
| ANEXOS..... | 89 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Implementación de dietas alternativas para producciones porcícolas de engorde...11 | 11 |
| Tabla 2. Evaluación de la sustentabilidad en sistemas porcícolas.....15 | 15 |
| Tabla 3. Principales razas porcinas en México y sus características.....18 | 18 |
| Tabla 4. Consumo de alimento por etapa en la producción porcícola.....18 | 18 |
| Tabla 5. Fases de desarrollo y niveles de la tasa de inclusión en la dieta porcina.....20 | 20 |
| Tabla 6. Consumo promedio de agua de acuerdo a la fase productiva.....24 | 24 |
| Tabla 7. Funciones de las vitaminas y minerales necesarias en la dieta porcina.....25 | 25 |
| Tabla 8. Análisis bromatológicos de las vísceras de pollo.....36 | 36 |
| Tabla 9. Análisis bromatológico de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....36 | 36 |
| Tabla 10. Análisis químico del maíz.....37 | 37 |
| Tabla 11. Porcentajes de inclusión de los ingredientes de la dieta alternativa.....44 | 44 |
| Tabla 12. Cuadrado de Pearson modificado para porcentaje de inclusión de la dieta.....44 | 44 |
| Tabla 13. Porcentajes de inclusión de los ingredientes para la dieta alternativa.....45 | 45 |
| Tabla 14. Composición nutricional de la dieta alternativa de acuerdo a cada fase fisiológica.....48 | 48 |
| Tabla 15. Diseño experimental completamente al azar, significancia 0.05.....51 | 51 |
| Tabla 16. Rendimientos productivos en las fases de desarrollo y finalización.....53 | 53 |
| Tabla 17. Metodología para generar índices de sustentabilidad.....55 | 55 |
| Tabla 18. Indicadores del IGSA.....58 | 58 |
| Tabla 19. Evaluación y puntuación de los indicadores en las dimensiones: económica, ambiental y social.....60 | 60 |
| Tabla 20. Media (\pm error estándar) de GDP, IC y GP por etapa fisiológica en cada tratamiento.....63 | 63 |
| Tabla 21. Media (\pm error estándar) de Consumo de alimento en los tratamientos.....64 | 64 |
| Tabla 22. Resultados de la ponderación colectiva.....75 | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Utilización de la energía en la dieta porcina..... | 23 |
| Figura 2. Sistemas de producción..... | 27 |
| Figura 3. San Agustín de Altamirano, 1ra Sección, Edo. de México..... | 42 |
| Figura 4. Pasos para la formulación de una dieta..... | 43 |
| Figura 5. Proceso para la cocción de vísceras..... | 46 |
| Figura 6. Proceso para la cocción de papas..... | 46 |
| Figura 7. Consumo de alimento a) Fase I (kg), b) Fase II (kg), c) Fase III (kg), d) Fase desarrollo (kg), e) Fase finalización (kg)..... | 66 |
| Figura 8. Ganancia de peso semanal de los cerdos por tratamiento (kg)..... | 67 |
| Figura 9. Ganancia de peso. a) Fase I (kg), b) Fase II (kg), c) Fase III (kg), d) Fase desarrollo (kg), e) Fase finalización (kg)..... | 69 |
| Figura 10. a) Ganancia diaria de peso (kg), b) Índice de conversión alimenticia (kg)..... | 71 |
| Figura 11. Gráfica radial de las dimensiones: económica, social y ambiental..... | 76 |

RESUMEN

La alimentación animal representa hasta el 80% de los costos totales de producción, por ello se buscan alternativas para la permanencia de los productores. Esta investigación tuvo como objetivo valorar una dieta alternativa para la producción familiar de porcinos de engorde, utilizando vísceras de pollo, papa y forraje verde hidropónico en San Agustín de Altamirano, Estado de México, cumpliendo con las necesidades nutricionales. Se realizó un experimento en diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos: T0 (dieta base 100% maíz), T1 (75% dieta alternativa + 25% maíz), T2 (50% dieta alternativa + 50% maíz) y T3 (25% dieta alternativa + 75% maíz), tres repeticiones, cerdos criollos de 21 días de edad y peso promedio inicial de 7.01 kg, con una duración de 152 días. Se analizaron los parámetros productivos de ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (CA) e índice de conversión alimenticia (IC). Los resultados mostraron diferencia estadística significativa a los 84 días para las 3 variables respuesta. En GDP, los tratamientos T1 y T2 (0.378 ± 0.0249 a y 0.3560 ± 0.0036 a), obtuvieron mejores resultados; la variable CA favoreció a T1 y T2 (3.7356 ± 0.0516 bc y 4.3450 ± 0.0300 b kg) mostrando diferencia significativa con T0 y T3 (7.9588 ± 2.0517 a y 5.3519 ± 0.3278 a kg). Para IC y peso final, la dieta de los tratamientos T1 y T2 (3.7494 ± 0.2507 y 3.971 ± 0.0397 ; 65.233 ± 4.866 y 61.217 ± 0.539 kg, respectivamente) lo cual sugiere que estas dietas cubren con los requerimientos nutricionales necesarios para la producción, obteniendo en cada variable productiva. Por otro lado, la sustentabilidad permite identificar productores que combinan distintas técnicas y fundamentos, sin embargo, la inclinación de la producción es apoderarse de un lugar estratégico que beneficie las necesidades familiares. Para analizar la sustentabilidad se utilizó una escala donde 1= mayormente sustentable; 2= altamente sustentable; 3= moderadamente sustentable; 4= poco sustentable; 5= menormente sustentable, la producción más cercana al valor 1 en las vertientes: económica, social y ambiental, fue el productor que implementa dieta tradicional y alternativa, sin embargo los productores analizados se encontraron en el valor 2 en la vertiente social, atribuido a que comparten técnicas, valores y costumbres propios de la localidad.

PALABRAS CLAVE: cerdos; vísceras de pollo; papa; forraje verde hidropónico; ganancia de peso; consumo de alimento; índice de conversión alimenticia; sustentabilidad.

ABSTRACT

Animal feed represents up to 80% of total production costs; therefore, alternatives are sought for the permanence of producers. The objective of this research was to evaluate an alternative diet for family production of fattening pigs, using chicken viscera, potato and hydroponic green fodder in San Agustín de Altamirano, State of Mexico, meeting the nutritional needs. An experiment was carried out in a completely randomized experimental design, with four treatments: T0 (base diet 100% corn), T1 (75% alternative diet + 25% corn), T2 (50% alternative diet + 50% corn) and T3 (25% alternative diet + 75% corn), three replicates, Creole pigs 21 days old and average initial weight of 7.01 kg, with a duration of 152 days. The productive parameters of daily weight gain (DWG), feed intake (FI) and feed conversion index (FI) were analyzed. The results showed a significant statistical difference at 84 days for the 3 response variables. In GDP, treatments T1 and T2 (0.378 ± 0.0249 a and 0.3560 ± 0.0036 a), obtained better results; the CA variable favored T1 and T2 (3.7356 ± 0.0516 bc and 4.3450 ± 0.0300 b kg) showing significant difference with T0 and T3 (7.9588 ± 2.0517 a and 5.3519 ± 0.3278 a kg). For CI and final weight, the diet of treatments T1 and T2 (3.7494 ± 0.2507 and 3.971 ± 0.0397 ; 65.233 ± 4.866 and 61.217 ± 0.539 kg, respectively) suggest that these diets cover the nutritional requirements necessary for production, obtaining in each productive variable. On the other hand, sustainability allows identifying producers that combine different techniques and fundamentals, however, the inclination of the production is to seize a strategic place that benefits the family needs. To analyze sustainability, a scale was used where 1= mostly sustainable; 2= highly sustainable; 3= moderately sustainable; 4= not very sustainable; 5= less sustainable, the production closest to value 1 in the economic, social and environmental aspects was the producer that implements traditional and alternative diets, however, the producers analyzed were found in value 2 in the social aspect, attributed to the fact that they share techniques, values and customs of the locality.

KEY WORDS: pigs; chicken viscera; potato; hydroponic green fodder; weight gain; food consumption; feed conversion ratio; sustainability

Capítulo 1. Introducción

Hoy en día la población de seres humanos va en aumento, con una población mundial de 8,058,191,798 personas (Worldometer, 2023). Por ende, la demanda de alimentos se incrementa día con día. Durante el año 2019, la población mundial consumió 261.9 millones de toneladas de carne bovina, cerdo y pollo. Entre los cárnicos que se producen a nivel mundial, la carne de cerdo predomina con 120.9 millones de toneladas anuales, donde el aporte mexicano es del 1.2% (COMECARNE, 2019).

El consumo per-cápita mundial anual de cerdo en 2019 fue de 12.3 kilogramos de carne en canal, más que de carne bovina (6.5 kg) y menor que de pollo cuyo promedio fue de 14.2 kilogramos por año por persona (OECD/FAO, 2020).

La producción de carne porcina a nivel mundial según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 2020 se valoró en 109.2 millones de toneladas, un 0.8% menos que en 2019; esto, se debe a la producción reducida de carne provocada por la peste porcina africana (PPA) en China, Filipinas y Vietnam. Sin embargo, Estados Unidos, Canadá, y México, entre otros países, mostraron crecimientos moderados en su producción, la cual niveló relativamente las reducciones en otros países (FIRA, 2020).

México ocupa el octavo lugar a nivel mundial de países consumidores de carne de cerdo, consumiendo 19 kilogramos anuales por persona, mientras que en China se consumen 34 kilogramos (FIRA, 2020). En México la demanda de carne de cerdo propicia un impulso continuo hacia un crecimiento inminente de la producción porcina mexicana (SADER-SIAP, 2020). Debido a que México no logra satisfacer su demanda interna, necesita grandes importaciones de carne de cerdo provenientes de Estados Unidos; se estima que durante el período 2014-2018, en promedio 32.9% de las exportaciones de carne porcina de Estados Unidos tuvo como destino el mercado mexicano (OECD/FAO, 2020).

En México, los 10 principales estados productores de carne porcina son: Jalisco, Sonora, Puebla, Yucatán, Veracruz, Guanajuato, Michoacán, Chiapas, Oaxaca y Querétaro, los cuales generan el 85% de la carne de cerdo que se produce en todo el país (SADER-SIAP, 2020).

Debido al aumento en la producción de cerdos por la calidad de la carne es necesario que en cualquier tipo de sistema de producción se tomen en cuenta factores como el bienestar animal, el impacto ambiental y la sustentabilidad (Francesena, 2016).

Capítulo 2. Antecedentes

Un gran número de productores porcícolas, trabajan y desarrollan un sistema de producción a pequeña escala, que beneficia primeramente a la alimentación familiar. En el caso de una producción familiar, la granja busca obtener buenas ganancias de peso sin aumentar costos de alimentación, por lo que diversas investigaciones se han centrado en el manejo e inclusión de dietas alternativas como lo son los esquilmos agrícolas, en este caso la papa, la cual es rechazada para consumo humano y puede ser utilizada en la alimentación animal (Méndez *et al.*, 2016).

Caicedo y colaboradores (2017) mencionan que, en la alimentación de los cerdos, los cereales son considerados el alimento base, por ello un tubérculo al ser una fuente de carbohidratos, puede contribuir hasta cierto punto como lo hace el maíz en la nutrición del animal, en la **Tabla 1** se presentan resultados positivos en investigaciones relacionadas con la implementación de dietas alternativas en producciones porcinas

Por otro lado, los desechos generados por los productos avícolas, que son descartados para consumo humano, pueden ser tomados como ingredientes para la elaboración de una dieta alternativa en la producción porcícola de engorde, con la finalidad de obtener una buena producción y reducir costos de alimentación (Ortega *et al.*, 2017).

Tabla 1. Implementación de dietas alternativas para producciones porcícolas de engorde.

| Alimento alternativo | Raza | Resultados significativos | Autor(es) y año | País |
|--|------------------------------------|---|--|-------------|
| <i>Manihot esculenta</i> <i>Crantz</i> (Yuca) | Pietran, Landrace y Duroc | Suministro de yuca en forma de harina permite almacenarla por más tiempo mejorar la explotación porcícola dentro de las necesidades específicas. | Ricaurte, F. (2014) | Colombia |
| <i>Colocasia esculenta L.</i> (Papa china) y caña de azúcar | Yorkshire x Landrace x Duroc | Cerdos alimentados con la inclusión de ensilaje de tubérculos de papa china en las dietas presentaron mejores indicadores sanguíneos y mejoras en la salud. Tratamiento que reemplazó el 100 % de ensilado en sustitución del maíz, presentó el menor costo de producción por cerdo. | Caicedo, W. Valle, S., Samaniego, E. y Vargas, J. (2017) | Cuba |
| Harina de <i>Manihot esculenta Crantz</i> (Yuke's) | Todas las razas | Generación de ingresos a los productores de yuca, disminución de los costos de producción dentro de la | Méndez, J., Rodríguez, L., Mandujano, J., Reyes, C. Banda, H. (2016) | México |

| | | | | |
|---|---------------------------|---|--|---------|
| | | actividad porcina y por último bienestar para el consumidor final al ofrecer cerdos criados con un alimento de calidad y sobre todo natural. | | |
| <i>Manihot esculenta</i> <i>Crantz</i> (Raíces de yuca) | Yorkshire x Landrace | Ensilaje artesanal de yuca fresca enriquecido con residuos de pescado, puede ser utilizado como fuente de energía, existe una considerable reducción en la importación de concentrados y materias primas. | Almaguel, R., Cruz, E. y J. Ly. (2013) | Cuba |
| <i>Colocasia esculenta</i> L. (Harina de papa china) | Large White x Pietrain | Peso inicial con la media de 9.553 kg, engorde en 30 días con diferente porcentaje de inclusión en dieta: niveles entre el 20 y 30 % de inclusión de harina de papa china incremento de los principales parámetros productivos, así como en la reducción de costos relacionados a este rubro. | Aragadvay, R. Núñez, O., Velástegui, G., Villacís, L. y Guerrero, J. (2016) | Ecuador |

Manihot esculenta crantz Landrace x Uso de raíz y follaje de yuca, mejora
(Raíz y follaje de yuca) Yorkshire x su digestibilidad facilitando su
Hampshire incorporación en dietas para cerdos.
x Duroc

Parra, F., Díaz, I.,
González, C., Hurtado,
E., Garbati, S.,
Vecchionacce, H. (2014)

Venezuela

Fuente: Elaboración propia.

Conforme la población aumenta, el consumo de carne se incrementa, lo que genera un potencial enorme a los productores porcícolas, pero con ello, también se enfrenta al alza de los precios de los cereales, el agotamiento de recursos naturales, la erosión, las grandes inversiones para nuevas tecnologías, entre otros. Como todo sistema convencional de explotación animal, puede generar impactos ambientales negativos, ya que dichos sistemas se caracterizan por el uso intensivo de recursos, por lo que es indispensable aplicar una visión sustentable, es decir, trabajar y analizar, dicho sistema bajo enfoques de sustentabilidad, como la habilidad de mantener un equilibrio en los aspectos económicos, ambientales y socio-culturales (Asanza *et al.*, 2018).

Los diversos modelos productivos producen impactos ambientales, sociales y económicos en niveles diferentes, por lo que la evaluación de la sustentabilidad se evalúa en diferentes grados. La producción agropecuaria ha estado centrada generalmente en sistemas familiares, donde la familia realiza el trabajo de forma organizada, para cumplir funciones dentro y fuera de la producción animal. Los productores familiares porcícolas combaten desafíos que juegan con su crecimiento e incluso permanencia, ya que las nuevas tecnologías son orientadas a lograr un incremento en la productividad sin resolver la problemática de la sustentabilidad a la que se enfrentan (Fonseca y Vega, 2019).

La **Tabla 2** muestra resultados relevantes en el tema de la sustentabilidad comparando producciones porcícolas convencionales y tradicionales .

Tabla 2. Evaluación de la sustentabilidad en sistemas porcícolas

| Tipo de producción | Metodología | Resultados significativos | Autores y Año | País |
|-----------------------------------|---|---|--|-------------|
| Tradicional Cama profunda | Matriz simplificada de Leopold. | Cama profunda: menor impacto ambiental por subproductos de compostaje, abono orgánico. | Asanza, C., Luna, A., Logroño, N. y Luna, J. (2018). | Ecuador |
| Semi-intensivo Tradicional | Escala valorativa por: 1) Cinco: sostenible; 2) Tres: medianamente sostenible y 3) Uno: insostenible. | 85% incorporan materia orgánica y composta proveniente de sus animales, 90% infraestructura con insumos internos, así como implementación de dietas alternativas. | Fonseca, N. y Vega, Z. (2019). | Colombia |
| Intensivo Intensivo-modificado | Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad" (MESMIS). | Los datos permiten aseverar que el sistema modificado es más sustentable que el sistema intensivo, aunque ambos casos pueden mejorar su nivel de sustentabilidad. | Brunnet, L. González, C. y García, L. (2005). | México |
| Tradicional | Estudio económico y medioambiental de la alimentación porcina | La transformación de los subproductos de bajo valor en proteína animal de alta calidad, permite equilibrar | González, 2021. | España |

| | | | | |
|----------------------------|---|--|--|-----------|
| | con inclusión de subproductos de la industria agroalimentaria. | en las vertientes: económico, la aceptación social y la medioambiental. | | |
| Semi-intensivo Tradicional | Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad" (MESMIS). | Los sistemas mixtos se perfilan con un mayor grado de sustentabilidad integral que en los sistemas de agricultura pura, así como un mayor valor agregado. Sistemas agropecuarios tienden a una mayor sustentabilidad productiva y ambiental. | Skejich, 2017. | Argentina |
| Semi-intensivo | Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad" (MESMIS). | Legislación, normativas y Educación ambiental, con valores por debajo del valor umbral; Mercado e Inversión, índices por debajo del valor umbral. Y la dimensión social todas sus variables por encima del valor umbral e incluso unas se encontraron en valor óptimo. | Bechara, Z., Martínez, J., Romero, J. y Bustillo, L. (2014) | Venezuela |

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3. Marco teórico

3.1 Producción porcícola

Debido a los consumidores y su inclinación hacia proteínas animales de bajo costo, la industria porcina nacional crece, ya que la carne porcina es considerada la segunda opción más importante de proteína para el consumo mexicano. Por otro lado, la situación económica que vive el país ha orillado al consumidor a cambiar su dieta y anteponer la carne de cerdo a la carne de res, por lo que exigen carne con mejores prácticas de proceso, inocuidad y calidad (FIRA, 2020).

La producción porcina mexicana, refleja un panorama favorecedor, ya que existe un consumo mayor a la oferta y exportaciones en aumento, la productividad no sólo opta por la mejora genética, a través de razas específicas para garantizar aspectos productivos (**Tabla 3**), sino que intenta integrar factores económicos, ambientales e incluso de bienestar animal, para ofrecer un producto de calidad y valor agregado (Montero *et al.*, 2015).

3.1.1 Manejo del cerdo de engorda

El proceso de engorda en cerdos fija un consumo del 75 a 80% del total de alimento que necesita en su vida reproductiva (**Tabla 4**); la etapa de engorde comienza en el momento del destete y finaliza para su consumo o venta, dicho proceso se lleva a cabo durante 20 semanas (Gómez *et al.*, 2014).

El espacio vital recomendado varía de acuerdo al peso y fase fisiológica, en el caso del cerdo en engorda la superficie por cerdo es de 0.8-0.9 m² por arriba de los 100 kilogramos, estableciendo un total de 15 a 25 cerdos por corral con una diferencia menor al 10% entre los pesos de cada uno de los ejemplares (Palomo *et al.*, 2016).

Tabla 3. Principales razas porcinas en México y sus características

| Raza | Origen | Características fenotípicas | Características productivas |
|-------------|----------------|--|--|
| Landrace | Dinamarca | Color blanco rosado, orejas caídas, hocico largo y perfil recto | Fertilidad excelente Prolificidad excelente Hembras: mayor producción láctea |
| Duroc | Estados Unidos | Color rojo sólido, orejas dirigidas hacia al frente, perfil recto, cuerpo largo y grandes masas musculares | Excelente rusticidad Buena velocidad al crecimiento y conversión alimenticia Rendimiento en canal Alto % de carne magra |
| Pietrain | Bélgica | Capa blanca rosada con manchas negras, cabeza pequeña, perfil recto, orejas pequeñas y erectas | Excelente conformación de la musculatura Canal magra Mayor peso jamón |
| Hampshire | Inglaterra | Color negro con franja blanca al hombro, cabeza pequeña, orejas erectas, perfil recto. | Buena rusticidad Rendimiento en canal aceptable Buena calidad carne |
| Criollo | México | Color indistinto, poca musculatura y baja estatura | Polifidad relativamente baja Excelente rusticidad |

Fuente: Montero *et al.*, 2015.

Tabla 4. Consumo de alimento por etapa en la producción porcícola.

| Fases | Peso (kg) | Cantidad (kg/día) |
|--------------|------------------|--------------------------|
| Desarrollo | 30 - 50 | 2 |
| Engorde | 50 - 90 | 3 - 3.5 |

Fuente: Ventura y Ventura, 2017.

Los comederos pueden ser colectivos e individuales, los cuales deben ofrecer un espacio adecuado que permita a los animales consumir el alimento con comodidad y facilidad, con el fin de eficientizar la ganancia de peso y que disminuya el porcentaje de alimento desperdiciado. En el caso de los bebederos, es de vital importancia mantener el agua limpia y fresca, por lo que el sistema de bebederos automáticos suele ser el más utilizado en producciones animales (Moreira, 2021).

Dentro de las pautas para un adecuado manejo en la producción animal, es importante destacar el bienestar animal. La definición de bienestar animal indica cuando un animal confronta las condiciones en las que vive. Se dice que un animal está en un buen estado de bienestar si se encuentra sano, confortable, bien nutrido, cuidado, puede expresar su comportamiento con libertad, está libre de incomodidad y no sufre miedo o estrés.

Existen 5 fundamentos en los que se basa el bienestar animal, conocidos como “las 5 libertades”:

1. Libres de hambre y sed.
2. Libres de incomodidad.
3. Libres de sufrimiento, dolor, injurias y enfermedad.
4. Libres de expresar su comportamiento normal.
5. Libres de temor, castigos, frustración y estrés.

A partir de esto podemos deducir exigencias básicas en las etapas fisiológicas del animal, donde se establecerán en corrales suficientemente amplios, que permitan el movimiento normal, así como la diferenciación del área de descanso y otra área sucia; permitir un tiempo mínimo de ejercicio al día; ofrecer dietas con contenido nutricional adecuado; no practicar el corte de cola, ya que la presencia de “canibalismo” puede referirse a un mal manejo de espacio; el destete ocurre después de las 4 semanas de edad, no distorsionar el régimen natural de la luz; proveer pisos sólidos con camas y una adecuada ventilación para evitar concentraciones de polvo y/o gases (Beyli *et al.*, 2012).

3.1.2 Fases de desarrollo y tasa de inclusión

Los factores como la palatabilidad, la disponibilidad de nutrientes y la calidad de la proteína, en los sistemas de alimentación, son dependientes de la tasa de inclusión de los ingredientes utilizados, ya que en caso que la inclusión exceda los niveles recomendados posiblemente perjudique de manera directa la productividad de los ejemplares y la calidad de la canal (Montero *et al.*, 2015). La tabla 5 muestra los requerimientos nutricionales más importantes de acuerdo a la etapa de crecimiento.

Tabla 5. Fases de desarrollo y niveles de la tasa de inclusión en la dieta porcina.

| Etapa | Peso inicial (kg) | Peso final (kg) | Proteína (%) | Lisina (%) | ED (Mcal/kg) | EM (Mcal/kg) | Ca (%) | P (%) | CA (kg) |
|--------------|-------------------|-----------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------|-------|---------|
| Fase I | - | 12 | 20 | 6.7 | 3.6 | 3.4 | 0.80 | 0.65 | 0.4 |
| Fase II | 12 | 18 | 20 | 11.5 | 3.5 | 3.3 | 0.80 | 0.70 | 0.6 |
| Fase III | 18 | 30 | 18 | 17.5 | 3.4 | 3.3 | 0.60 | 0.50 | 0.9 |
| Desarrollo | 30 | 50 | 15.5 | 18.5 | 3.2 | 3.2 | 0.50 | 0.45 | 1.8-2.2 |
| Finalización | 50 | 90-100 | 13.5 | 19.7 | 3.3 | 3.2 | 0.45 | 0.40 | 2.6-3.1 |

Fuente: Palomo *et al.*, 2016; Montero *et al.*, 2015.

3.1.3 Requerimientos nutricionales

Debido a que el cerdo es considerado omnívoro, su dieta alcanza cierta variabilidad, donde se utilizan alternativas nutricionales, que van desde un alimento terminado hasta residuos agrícolas o agroindustriales y desechos orgánicos de cocina, si se sabe cómo utilizar estos desechos sin lugar a dudas se convierte en una excelente oportunidad de alimentación alternativa, que favorece el desarrollo de los ejemplares y por consecuencia aporta un mayor rendimiento en la producción (Aranda, 2019).

Las etapas de producción, los requerimientos nutricionales, así como los ingredientes y su composición en una dieta, son algunos conceptos importantes que debe conocer en su totalidad el porcicultor con el fin de obtener una eficiencia alimentaria (Chica *et al.*, 2015).

Los tipos de alimento más utilizados en la industria porcina son el alimento base, el cual es considerado imprescindible dentro de una dieta por el contenido nutricional que aporta al

animal. El alimento núcleo, el cual se crea de una mezcla de productos de distinto origen, agregado a un alimento base como sorgo o soya; enriquecidos con vitaminas y minerales, donde se incorporan aditivos nutricionales específicos para una especie o fase fisiológica. El alimento terminado se refiere al conjunto de premezclas como suplementos alimenticios que aportan vitaminas y minerales necesarios para compensar las deficiencias naturales de los alimentos y el alimento núcleo, donde la mezcla es industrializada en forma de pellets o harinas para facilitar el manejo de la alimentación (Palomo *et al.*, 2016).

La nutrición se convierte en un impacto revelador sobre la calidad de la carne, por lo que dicha calidad es de gran importancia tanto para el consumidor como para la industria. Los parámetros esenciales para determinar la calidad de la carne porcina dentro de las cualidades sensoriales son el sabor y olor, jugosidad y consistencia, mientras que en las cualidades tecnológicas observamos la conformación, firmeza e infiltración de la grasa, color y capacidad de retención de agua (Palomo, 2016).

La alimentación usualmente se aplica por fases fisiológicas, debido a los diferentes requerimientos nutricionales del animal, así como precisar que la alimentación de los porcinos va a depender del nivel de tecnificación o tipo de sistema de producción. Toda alimentación proporcionada a los ejemplares debe contener carbohidratos y proteínas altamente digeribles, así como aminoácidos, vitaminas y minerales (Aranda, 2019).

Independientemente del tipo de sistema de producción, se busca elaborar una dieta que maximice el desempeño animal, sea posible la reducción de costos totales de producción y establecer una rentabilidad alta (Palomo *et al.*, 2016).

Los sistemas de producción industrializada, basa su alimentación de manera convencional, es decir, la dieta está compuesta entre el 65-70% de cereales y del 15-20% de oleaginosas. Como resultado de intereses políticos y económicos del mercado internacional, así como el cambio climático, los productos resultan ser casi inaccesibles para una parte importante del sector pecuario. Por otro lado, la agricultura mexicana es incapaz de cubrir la que demanda la población, por lo que se importan alrededor del 41.5% de cereales y el 98% de soya que

se consume nacionalmente. Esto desencadena que la disponibilidad de maíz, soya y trigo se vea reducida y que los precios se incrementen de manera considerable; por lo que termina con costos totales de producción entre un 70-80%. El maíz, y la soya fungen como ingredientes principales en la formulación de la dieta en cerdos, en algunos casos, el sorgo y trigo sustituyen el maíz y harinas de pescado, carne o huesos reemplazan la soya dentro de las dietas. El aumento de los precios en granos y cereales repercute en pequeños y medianos productores porcícolas, ya que el costo de la alimentación es determinante para la rentabilidad en el sector pecuario. Los requerimientos nutricionales son ajustados respecto a las necesidades de cada producción en particular, ya sea por la raza, la época del año, las instalaciones, entre otros (Montero *et al.*, 2015).

Para establecer el valor nutritivo de los ingredientes en la dieta se toman en cuenta diversos factores: a) Digestibilidad, donde observamos los granos como la mayor parte de la alimentación, proporcionando carbohidratos al animal, así como suplementos que otorgan proteínas, vitaminas y minerales, los cuales ayudan a la efectividad de la digestibilidad y la fibra; b) Palatabilidad, es importante que los cerdos consuman grandes cantidades de alimento para obtener mayor ganancia de peso y por ende se alcanza el rendimiento económico esperado; c) Dosificación de los alimentos (Romero *et al.*, 2006).

Las necesidades energéticas (**Figura 1**) resultan ser el componente más costoso en la dieta, ya que puede representar hasta el 50% del costo total de la dieta, por lo que es importante comprender los procesos metabólicos en las fases de producción.

En el caso de las necesidades proteicas resulta ser indispensable el comprender los impactos que generan los aminoácidos en los depósitos de proteína, ya que éstas, permiten una eficiencia de crecimiento magro. En cuanto a la lisina funge un papel como aminoácido esencial, lo cual puede ser un obstáculo en las dietas convencionales a base de maíz y soya, por lo que es necesario curbir dicho requerimiento cuando se formula una dieta alternativa (Palomo *et al.*, 2016).

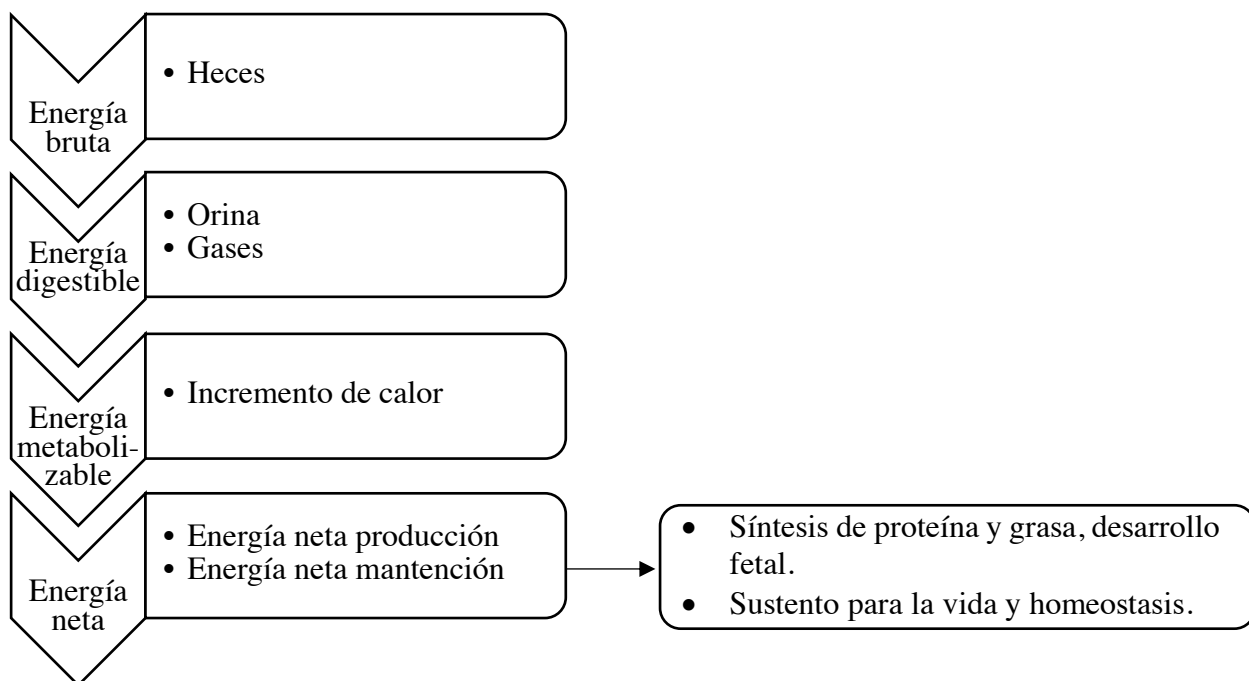


Figura 1. Utilización de la energía en la dieta porcina (Palomo *et al.*, 2016).

El agua es considerada el nutriente de mayor importancia en la alimentación, ya que resulta indispensable en los procesos metabólicos y fisiológicos, como el arrastre de otros nutrientes al interior de las células, la eliminación de productos de desecho de dichas células, participe en el equilibrio ácido-base, otorga protección al sistema nervioso, generación de líquido intraarticular, control de temperatura; en cuanto al papel del agua en la nutrición como tal, radica en el disipar el calor de combustión de los nutrientes, así como formando parte de la hidrólisis de las proteínas, carbohidratos y lípidos. El agua debe ser proporcionada a libre demanda, ya que en el caso en una producción de engorda los cerdos consumen entre 11-15 litros al día (**Tabla 6**), cubriendo entre el 4 y 12% de su PV. Si la disponibilidad de agua se ve reducida, esto impactará de manera negativa el consumo de alimento, por lo que repercutirá en el crecimiento esperado del animal (Morera, 2021).

Tabla 6. Consumo promedio de agua de acuerdo a la fase productiva.

| Fase productiva y/o fisiológica | Consumo de agua mínimo, L/D |
|--|------------------------------------|
| Destete | 3 |
| Crecimiento | 10 |
| Finalización | 17 |

Fuente: (PIC, 2016).

Las vitaminas (**Tabla 7**) son partícipes de diversos procesos de desarrollo del crecimiento y de vital importancia en el equilibrio de electrolitos, así como el mantenimiento de la estructura locomotora e incluso ayuda al incremento de la eficiencia reproductiva; debido a esto, durante la formulación de la dieta los niveles de vitaminas tienen que ser ajustados a las necesidades de las diferentes etapas fisiológicas (Montero *et al.*, 2015).

En los cerdos las vitaminas suelen ser suministradas principalmente por las siguientes situaciones: 1. Valor en el tratamiento, así como de forma preventiva para enfermedades de carácter nutricional; 2). El consumo de dietas semi-sintéticas (Moreira, 2021).

Una vez establecida la formulación de la dieta, se debe asegurar que la elaboración de la misma se lleve a cabo bajo condiciones que garanticen la estructura física, la inocuidad y mantenga intacta la calidad nutritiva de la dieta (García, 2017).

Es importante destacar la relevancia que tiene el tamaño de la partícula en la elaboración de raciones, ya que estas deben encontrarse entre 700-800 μm , sino es el caso podría afectar negativamente la eficiencia de conversión, mientras que con un tamaño de partícula adecuado logra aumentar la digestibilidad de los nutrientes, mejorando así el desempeño de los cerdos (Palomo *et al.*, 2016).

Tabla 7. Funciones de las vitaminas y minerales necesarias en la dieta porcina

| Concepto | Fuente | Funciones |
|---------------------------------|--|---|
| Vitaminas | | |
| Vitamina A (Caroteno) | Forrajes verdes | Mantiene integridad estructural y funcional en células epiteliales. Visión (retina). Crecimiento. |
| Vitamina D | Luz solar, levaduras, forraje henificado | Crecimiento. |
| Vitamina E | Forrajes verdes, forraje henificado, leguminosas, granos de cereales | Solución a la deficiencia de selenio. Antioxidante. |
| Vitamina K | | Coagulación sanguínea. |
| Vitamina C (ácido ascórbico) | | Crecimiento de cartílago y huesos. Estimulante en mecanismos de defensa. Antioxidante |
| Vitamina B ₁ | Cereales, oleaginosas. | Metabolismo de carbohidratos y proteínas. |
| Vitamina B ₂ | Forrajes verdes, levaduras, harina de carne o pescado | Metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos. |
| Minerales | | |
| Calcio | Harina de pescado o carne Subproductos de leche | Formación de huesos, osificación. |
| Fósforo | Harina de pescado o carne, subproductos de leche. | Formación de huesos, osificación. |
| Hierro | | Prevención y tratamiento de anemia, transporte de oxígeno, respiración celular. |
| Cobre | | Prevención y tratamiento de anemia, metabolismo del hierro. |
| Cloruro sódico | Sal | Palatabilidad, restablecer apetito. |
| Yodo | Sal yodada | Actividad celular |

Metabolismo

| | | |
|-----------|---|-----------------------------------|
| Cobalto | Presente en la vitamina B ₁₂ | Estimulante para aumento de peso. |
| Manganeso | | Crecimiento, reproducción. |

Fuente: (Moreira, 2021).

3.1.4 Granulometría y mezclado

El proceso de mezclado de los ingredientes resulta ser de igual relevancia que el de la molienda, dichos componentes varían en tamaño y densidad. Una vez iniciado el proceso, es indispensable identificar los elementos de mayor peso, ya que en el momento de la incorporación de ingredientes se mezclan primero los de mayor volumen para terminar con los de menor volumen, para finalizar dicho mezclado se agregan los componentes líquidos como aceites, vitaminas o fármacos (Beyli *et al.*, 2012).

3.1.5 Sistemas de producción convencional

Un sistema se describe como aquel conjunto de componentes relacionados entre sí, que funcionan con el objetivo de culminar un propósito común, presentan límites específicos, dispone de entradas y salidas, reaccionando ante ciertos estímulos externos. El sistema de producción animal se realiza a través de técnicas especializadas por el hombre, con la finalidad de obtener productos esenciales para las necesidades presentes de la sociedad (Montero *et al.*, 2015). La FAO ha definido tres sistemas principales de producción: sistema Intensivo o industrial, sistema Extensivo o de pastoreo y sistema Mixto. En México la industria porcícola se divide en 3 sistemas de producción: sistema tecnificado, semi-tecnificado y artesanal o de traspatio (**Figura 2**).

TIPOS DE PRODUCCIÓN

■ Artesanal ■ Tecnificado ■ Semi-tecnificado

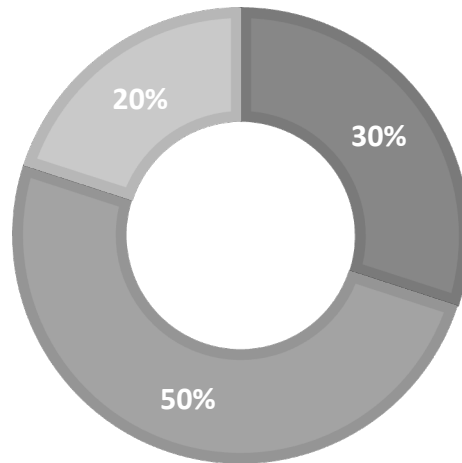


Figura 2. Sistemas de producción (Montero *et al.*, 2015).

El sistema tecnificado, se distingue por llevar a cabo una producción con estricto control de animales y personal, así como una eficiencia productiva, con el propósito de incrementar la producción en el menor tiempo posible. El manejo de los ejemplares es en confinamiento, donde de acuerdo a cada fase fisiológica se ofrece una dieta balanceada sin acceso a pastoreo. Debido a esto, se requieren recursos externos y grandes inversiones económicas, por el uso de avances tecnológicos, buenas instalaciones de manejo y control en las raciones de la dieta, así como un conocimiento técnico especializado; con un excelente manejo se consiguen los mejores resultados reproductivos y de producción a través de una selección de material genético; se hacen uso de registros en cada área, para el análisis de información en la producción. El manejo zoonosológico es preventivo, se realizan estudios epidemiológicos, uso de medidas de bioseguridad e inmunización. Las producciones tecnificadas ofrecen mayor inocuidad debido a los sistemas de calidad que se manejan, disminuyendo riesgos en la salud animal y humana (Montero López *et al.*, 2015). En el ámbito ecológico, estos sistemas se consideran insostenibles, debido al incremento en la productividad y por consecuencia un aumento de contaminación, generando un importante impacto al medio ambiente (Asanza *et al.*, 2018).

El sistema semi-tecnificado se aproxima mayormente a un sistema tecnificado, pero con una limitada inversión económica. La alimentación se basa comúnmente en una dieta balanceada hecha en la producción complementándola con un alimento terminado. La selección de líneas genéticas es diversa. Las medidas sanitarias varían de acuerdo a la fase fisiológica. También en este tipo de sistema se genera un impacto ambiental negativo, ya sea por gases de efecto invernadero o mal manejo de excretas (Montero *et al.*, 2015).

En los sistemas de producción porcícola, a pesar de que el tratamiento de desechos es de gran relevancia, es común que éste tratamiento sea ineficiente o nulo, haciendo que la magnitud del problema por la generación de desechos o por la degradación de los recursos agua, suelo y aire sea alarmante, de igual manera repercute en la proliferación de plagas sinantrópicas y olores, que son generados por un mal manejo o incorrecta disposición. Debido a esto, el manejo de las excretas y los decesos de animales es un aspecto básico en la sustentabilidad de los sistemas de producción animal (Beyli *et al.*, 2012).

Citando a Cruz y Almaguel (2013) mencionaron que una herramienta que resulta ser de ayuda ante la problemática que causan el mal manejo de desechos en la producción porcina es la implementación de cama profunda, considerándose una alternativa en las instalaciones en las que se reemplaza el piso de concreto por una cama de 50 a 60 centímetros, conformada de diversos materiales considerados esquilmos agrícolas, como la cascarilla de arroz, hojas de maíz, paja de trigo o soya, entre otros. El sistema de cama profunda permite el ahorro del recurso hídrico, por ende, se considera empático con el medio ambiente, ya que se generan bajas cantidades de residuos, así como malos olores. Las evacuaciones animales se transforman en un compostaje *in situ*, obteniendo como resultado una composta usada como fertilizante en la agricultura.

La emisión de los residuos líquidos junto con los sólidos provenientes de la limpieza de los corrales, pudiera generar una producción porcina que contamina de manera significativa el medio ambiente, donde incluso termina siendo perjudicial la salud humana por los efectos sobre los recursos del agua, del suelo y del aire. Por lo tanto, el sistema de cama profunda logra ofrecer una alternativa amigable con la sociedad y la naturaleza ya que al desarrollar un compostaje favorece el manejo de desechos orgánicos líquidos, ofertando un fertilizante

orgánico; es decir, ofrece un sistema con menor impacto ambiental, respeta el bienestar animal y genera un buen impacto económico que permite ser competitivo con el sistema convencional (Cruz y Almaguel, 2013).

Los impactos ambientales que genera una producción no sustentable pueden ser contaminación del aire y del agua, debido al inadecuado tratamiento y manejo de la misma, vertiendo dichas aguas hacia drenajes o incluso a presas que son utilizadas para regadíos o consumo humano y animal; así como emisiones de gases y olores al medio ambiente de forma directa (Francesena, 2016).

Por otro lado, la agricultura y la producción agropecuaria tiene enormes efectos sobre el medio ambiente, son considerados la mayor fuente de contaminación de agua debido a los plaguicidas, nitritos y fosfatos, contaminación por gases de efecto invernadero, óxido nitroso y metano, así como la degradación de la tierra y salinización (FAO, 2015).

El sistema tradicional-artesanal, se aproxima más a un ecosistema natural, basándose en una buena relación con el medio ambiente, especialmente donde haya una interacción de pastos y animales (Asanza *et al.*, 2018). Se caracteriza por una baja inversión, los ejemplares se alojan en corrales o pastoreo de forma libre con acceso a pasturas y bebederos. La dieta ciertamente presenta diversos tipos de alimentación, como uso de alimentos terminados, esquilmos agrícolas, residuos agroindustriales y desechos orgánicos de casa, pero esencialmente es basada en pasturas con suplementación en granos. La calidad genética es relativamente baja, pero los ejemplares cuentan con mejor rusticidad lo que permite que logren producir carne sin mayor cantidad de nutrientes (Blas *et al.*, 2013).

Algunas ventajas importantes es el bajo costo de alimentación, menor inversión en instalaciones, bajo impacto ambiental y mejoramiento del bienestar animal. Por otra parte, como desventaja de este tipo de sistema es la probable ineficiencia productiva a gran escala y además el requerimiento de contar con mayor cantidad de áreas de terreno para poder impulsar la productividad (Montero *et al.*, 2015).

Existe una relación entre la producción y los cultivos; los ejemplares se pueden mantener en pastoreo y en confinamiento dependiendo de su fase fisiológica. Este tipo de sistema es el más utilizado para la porcicultura familiar o pequeña escala (OECD/FAO, 2020).

Los sistemas de producción animal son diferentes para una misma especie en relación tanto de los medios utilizables y de los objetivos previstos. Algunos factores que modifican de manera significativa las necesidades nutricionales son la genética, la sanidad y el medio ambiente. Por ello, es de vital importancia realizar sistemas y plantear modelos de alimentación que permitan pronosticar el consumo del alimento y la cantidad ideal de nutrientes en la producción porcina (Blas *et al.*, 2013).

La eficiencia nutricional es indudablemente uno de los factores más importantes de una producción porcícola, ya que gracias a esto, dependen tanto los requerimientos productivos de cada ejemplar, como la rentabilidad de la producción completa (Arias, 2015).

El uso de aditivos en la producción porcícola es uno de los temas de mayor controversia dentro de la optimización de ciertas características en la producción porcina, se arraiga en la búsqueda de prácticas éticas y confiables con la finalidad de incrementar su rendimiento, preocupándose por el bienestar animal y poder ofrecer la mejor calidad posible al consumidor; en este sentido se hace uso de suplementos alimenticios o promotores de crecimiento, por ejemplo, la ractopamina la cual se emplea en animales en los que se requiere estimular su crecimiento (Veloza, 2018).

3.2 Producción porcícola familiar como alternativa agroecológica

Citando a Montero y colaboradores (2015) mencionan que la porcicultura familiar o artesanal, es considerada por las grandes industrias como una producción demasiado limitada, estigmatizando este sistema productivo. El cerdo suele ser visto como la mejor elección para producir y comercializar su carne como una estrategia para la mejoría de la economía familiar campesina, ya que el cerdo presenta una excelente rusticidad en ambientes rurales y suburbanos, requiriendo un espacio mínimo, así como la ingesta de una alimentación alternativa, animal de alto rendimiento, buen incremento de crecimiento y de

fácil venta. Por otro lado, la mayoría de la carne porcina que se consume en las zonas urbanas proviene de producciones nacionales e internacionales altamente tecnificadas, pero esto no siempre fue así. Durante la década de los ochenta, entre el 50-60% de la carne porcina era producida por sistemas de producción artesanal o familiar, pero debido al crecimiento de la mancha urbana ha reducido la población rural, por lo que en la última década la porcicultura familiar representa entre el 28-30% de la producción nacional.

Las características más representativas de la producción porcina familiar radican en la especificidad de cada uno de los miembros de la familia; la crianza de cerdos permanece destinada casi en su totalidad al autoconsumo que de carácter comercial; las instalaciones como corrales, bebederos y comederos con materiales presentes en la zona; alimentación con esquilmos agrícolas, desechos de cocina, entre otros. En este último punto es importante mencionar que los productores no priorizan obtener una máxima ganancia, se enfocan en la búsqueda de opciones que logren bajar costos de alimentación y por ende costos totales de su producción (Montero *et al.*, 2015).

3.3 Unidad de Producción Familiar UPF

Según describen Reyna y colaboradores (2020), las unidades de producción son sistemas de subsistencia, que acatan a las cadenas globales de mercado, regulando condiciones de comercialización y producción, con el fin de crear una posición más justa y eficientizar los sistemas de producción. Una unidad de producción familiar son áreas agrícolas destinadas a proporcionar sustento a una familia, satisfaciendo un cierto nivel de vida, a través del trabajo de cada uno de los miembros de dicha familia, junto con la utilización de técnicas predominantes de la zona. Dentro de las UPF's de una comunidad rural, se destaca el objetivo de transformar una amenaza como la pobreza o la inseguridad alimentaria en una ventaja, a través del abastecimiento local de alimentos básicos, así como el incremento de ingresos, con el fin de aportar a la dinámica socioeconómica de la comunidad. La Unidad de Producción Familiar será cualquier superficie que garantice el suministro de alimento y los mayores ingresos a lo largo de todo el año, a través de la fuerza del trabajo en familia, donde el mayor ingreso provenga de la UPF.

Las UPF's son un conjunto de estrategias que tiene por objetivo disminuir costos de la producción de alimentos, alcanzando una soberanía alimentaria, dicho concepto se encuentra relacionado con el desarrollo social y el bienestar de comunidades. Citando a Ramírez y colaboradores (2015), se describe como el derecho que tienen los pueblos a definir sus políticas, estrategias sustentables de producción y comercialización, así como el consumo de alimentos, garantizando el derecho de la alimentación de la población completa basándose en la pequeña o mediana producción, respetando culturas y la diversidad de campesinos e indígenas.

3.3.1 Agroecología y Manejo sostenible de agroecosistemas

Los sistemas de producción convencionales requieran un nuevo paradigma, debido al impacto negativo que continúan generando sus prácticas. Este nuevo paradigma busca fomentar la conservación de la biodiversidad, la resiliencia, que el sistema sea sostenible y socialmente justo; dicho enfoque es posible a través de la agroecología, ya que considera la relación entre la producción y el ambiente, tomando en cuenta las dimensiones sociales, económicas y políticas. La Agroecología se deriva como consecuencia de la producción intensiva y sus prácticas, busca un acercamiento de los principios que rigen los ecosistemas naturales hacia los sistemas convencionales. También juega un papel importante en la conservación y uso eficiente de recursos ya sea en la producción intensiva, semi-intensiva y tradicional o familiar, revalorizando los saberes y haceres del campesinado y centra al campesino e indígena como actor social (Altieri *et al.*, 2017).

La producción animal reclama un modelo de desarrollo que implique cambios en factores económicos, productivos, sociales y ambientales. Los sistemas de producción tradicional se basan principalmente en monocultivos, usando metodología basada en experiencia y conocimiento campesino. Las prácticas agropecuarias contribuyen a la alteración de los ecosistemas que provocan pérdidas de biodiversidad y contaminación de suelo, agua y aire. Incluso, los modelos de desarrollo actuales también tienen consecuencias sociales como, aumento de la pobreza, mayor debilidad, menor resiliencia y degradación de los ecosistemas. Por lo que emerge la necesidad de acoger un modelo de desarrollo sostenible, el cual

incorpora procesos de producción, transformación, comercialización y consumo (Fonseca y Vega, 2019).

3.3.2 Sustentabilidad de la Unidad de Producción Familiar porcícola

La sustentabilidad abarca aspectos ambientales, sociales y económicos, es decir, mantiene el flujo de bienes y servicios capaces de llenar expectativas socioeconómicas y culturales de la población, estableciendo un buen funcionamiento de los agroecosistemas, donde todos los elementos: ecológicos, económicos y sociales se desarrollan con el ciclo de la vida. El factor ecológico está relacionado a los procesos biofísicos y funcionamientos de los ecosistemas; el factor social está vinculado a satisfacer las necesidades humanas básicas, como la alimentación, el vestir; necesidades sociales como la seguridad, equidad, empleo y educación; el factor económico resulta de la fusión de las vertientes de la producción e interacciones con el medio ambiente y de las prácticas productivas (Skejjich, 2017).

El enfoque de sustentabilidad no termina, es un ciclo sin fin del propio agroecosistema, donde cada elemento trabaja en balance con el ciclo de la vida. La dimensión ecológica muestra la interrelación entre los procesos biofísicos, la permanencia de la productividad en el funcionamiento del ecosistema, la dimensión social analiza las necesidades humanas básicas y su satisfacción, así como revalorizar las necesidades sociales y culturales; finalmente la dimensión económica, es el resultado de los elementos de la producción, las interacciones con el medio y las prácticas productivas ya ejercidas (Bechara *et al.*, 2014).

En este contexto, la Unidad de Producción Familiar porcina se considera una organización productiva de tareas múltiples, donde existe una relación estrecha entre las condiciones naturales y sociales de la comunidad, así como las situaciones de mercado; fomentando coherencia y sensatez en la toma de decisiones, trayendo consigo una organización eficiente e incluso sustento comercial de productos propios de la UPF. Dicho sustento, desarrolla la capacidad de gestión para lograr disminuir los posibles riesgos en las estrategias de la producción, lo cual repercute directamente en el nivel de bienestar familiar (Hernández *et al.*, 2012).

3.3.3 Sistemas de Diversificación Integrales y Autosuficientes DIA

Un Sistema Integral Autosuficiente es descrito como un proyecto de vida familiar, el cual busca asegurar una adecuada alimentación, a través de su propia producción, siendo ésta amigable con la naturaleza. La familia busca cubrir al ciento por ciento las necesidades nutricionales, conservando los recursos agua y suelo, desarrollando tecnologías que permitan alcanzar la autosuficiencia y la sostenibilidad que desean, donde los costos sean bajos y con un mínimo impacto ambiental (Guzmán *et al.*, 2018).

Los Sistemas Diversificados Integrados y Autosuficientes son denominados como Sistemas DIA, los cuales tienen características específicas. Como la diversificación biológica del sistema, la conservación y manejo de la fertilidad del suelo, la optimización de los ciclos y procesos biológicos, así como la del uso de los recursos naturales que se encuentran disponibles, el mantenimiento de la resiliencia y la utilización de fuentes de energía renovable (Herrera, 2021).

3.3.4 Trinomio Suelo-Planta-Animal

La aplicación de un Sistema agroecológico, se basa en el trinomio suelo-planta-animal; donde el suelo es considerado un organismo vivo, manteniendo su estructura biológica, empleando una fertilización orgánica y un adecuado control de la erosión. Respecto a la planta es el propio sistema quien sea adapta a los ciclos biológicos de la planta, se realiza un control biológico para plagas y enfermedades y existe una asociación de cultivos y rotaciones eficientes de los mismos. En cuanto al animal, también se muestra un respeto a su ciclo biológico, se mantiene la diversidad genética de las razas autóctonas, se promueve el desarrollo del bienestar animal, como una acertada nutrición, higiene y respeto a la dignidad animal (Barrera, 2015).

3.3.5 Dieta alternativa como estrategia agroecológica para la producción porcícola

En una producción convencional, la dieta es basada en el uso de alimento balanceado comercial, el cual busca satisfacer las necesidades energéticas, proteicas y vitamínicas, a

través de un compuesto nutricional específico por cada etapa productiva; presenta alta palatabilidad y estructura específica que ayuda al cerdo a consumir mayor producto y así cubrir sus necesidades básicas y productivas, pero resulta ser un gran desafío para los pequeños y medianos productores debido a los altos precios, por lo que dichos productores se encuentran en la búsqueda constante de una dieta alternativa que logre cubrir las necesidades nutricionales de sus ejemplares (Amaya, 2020).

En este afán de encontrar alguna alternativa de alimento en una producción animal, es importante conocer la clasificación de los posibles residuos agrícolas e industriales, los cuales son clasificados de acuerdo con el origen de los grupos de producción, es decir, los residuos de producción de materias primas, residuos industriales y de servicios. En el grupo de los residuos de producción de materias primas, se encuentran los residuos agrícolas como materia orgánica exógena, que al volver al suelo puede utilizarse como mejora de cultivos y así obtener una mejor calidad del suelo (Castro *et al.*, 2020).

Para llevar a cabo un buen manejo de residuos, existen alternativas donde se destaca su uso como medida de alimentación en producciones animales, donde se busca reemplazar fuentes proteicas, con la intención de bajar costos de producción (Aranda, 2019).

Un ejemplo de residuos pecuarios son las vísceras de pollo, ya que son consideradas desechos, puesto que no son aptas para el consumo humano, por lo que grandes cantidades son tiradas a la basura. A pesar de ello, las vísceras ofertan un valor proteico de un 36% de proteína total (**Tabla 8**) que se puede transformar en un producto aprovechable en el sector agropecuario. El consumo de este alimento logra un incremento de los rendimientos pecuarios, ya que contribuye a la eficiencia de una producción porcícola sostenible (Ortega *et al.*, 2017).

Tabla 8. Análisis bromatológicos de las vísceras de pollo.

| Descripción | Natural (%) | Seco (%) |
|-----------------|-------------|----------|
| Materia seca | 27.00 | 100.00 |
| Fibra cruda | 0.20 | 0.70 |
| Extracto etéreo | 11.40 | 42.20 |
| Proteínas | 11.80 | 36.0 |
| Calcio | 0.24 | 1.00 |
| Fósforo | 0.19 | 0.70 |

Fuente: Romero *et al.*, 2006.

Otra situación se presenta durante la cosecha de la papa (*Solanum tuberosum*), donde se realiza una selección del producto que va dirigida a consumo humano, mientras que los tubérculos que no cumplen con ciertas características no son comercializables, incluso el productor no invierte recursos en la extracción de las mismas, por lo que en este punto ya es considerado un esquilmo agrícola. Implementar este esquilmo agrícola como ingrediente en una dieta alternativa en una producción, puede otorgar a la dieta ciertos porcentajes de carbohidratos y proteínas (**Tabla 9**), lo cual a su vez logra generar una reducción en los costos de alimentación y por ende disminuirán los costos totales de la producción (Moreira, 2021).

Tabla 9. Análisis bromatológico de la papa (*Solanum tuberosum*).

| Descripción | Porcentaje (%) |
|------------------|----------------|
| Parte comestible | 100 |
| Calorías | 83 |
| Agua | 75.7 |
| Proteína | 2.5 |
| Grasa | 0.1 |
| Carbohidratos | 18.7 |
| Fibra | 2.2 |
| Calcio | 7.0 |
| Fósforo | 54.0 |
| Materia seca | 23.4 |

Fuente: García, 2017; Moreira, 2021.

La situación que se presenta en el caso del maíz dentro de la dieta porcina radica en que se considera como la principal fuente de energía, respecto a su composición (**Tabla 10**) no presenta restricciones nutricionales que puedan limitar el nivel de inclusión en la dieta

porcina, sin embargo, un manejo inadecuado puede generar micotoxinas o presentar problemas por el tamaño de partículas.

Tabla 10. Análisis químico del maíz.

| Descripción | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Energía digestible | 3.5 |
| Energía metabolizable | 3.3 |
| Proteína | 7.5-8.5 |
| Lisina | 0.22-0.25 |
| Calcio | 0.03-0.05 |
| Fósforo | 0.08-0.10 |

Fuente: Palomo *et al.*, 2016.

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es resultado de una técnica alternativa para los métodos de producción de forrajes convencionales, ya que este forraje actúa como suplemento nutritivo en la dieta. La técnica de producción de FVH surge a través del desarrollo de biomasa vegetal que se obtiene por el crecimiento de plántulas en estados de germinación, así como del crecimiento temprano de semillas, dicho forraje es apto para la alimentación pecuaria ya que presenta alta digestibilidad y una buena calidad nutricional, también su técnica de producción permite obtenerlo de manera agilizada, a bajo costo y de forma sostenible, pudiendo alimentar a la producción animal en cualquier época del año (Rámirez y Soto, 2017).

Durante la producción de FVH se utiliza hasta 50 veces menos agua que en la producción de especies forrajeras cultivadas en el suelo, así como en una superficie 100 veces menor y sin el uso de agroquímicos como en la producción convencional (Moreno, 2018).

Capítulo 4. Planteamiento de la investigación

4.1 Justificación

En el municipio de Villa Victoria en el Edo. de México, se localiza la comunidad de San Agustín de Altamirano, Primera Sección, donde se produce maíz blanco y amarillo, papa, avena, trigo, canola, calabaza y zanahoria principalmente, así como árboles de tejocote, manzana, nuez, pera, capulín y ciruela; por lo que se generan grandes cantidades de

esquilmos agrícolas y hortofrutícolas, así como diversas producciones agropecuarias, las cuales en su mayoría son de tipo artesanal. Para llevar a cabo un buen manejo de residuos existen alternativas donde se destaca su uso como medida de alimentación en producciones animales, donde se busca reemplazar fuentes proteicas, con la intención de bajar costos de producción y alimentar de manera más natural a la producción cumpliendo con los estándares nutricionales de los ejemplares (Aranda, 2019).

Los productores artesanales porcícolas desafían a los sistemas tecnificados a través de su persistencia para tener un crecimiento importante en el sector, incorporando soluciones a las problemáticas de la sustentabilidad (Skejich, 2017).

4.2 Problemática

El principal tipo de alimentación en la producción porcícola es el alimento terminado o balanceado, el cual cumple con los requerimientos nutricionales con las cantidades de nutrientes adecuadas para cada etapa fisiológica o productiva del animal, seguido por granos o harinas y finalmente el forraje verde y rastrojos. El costo de la alimentación simboliza entre 70 y 80% de los costos totales de la producción, por lo que a lo largo de la etapa de engorde los márgenes de ganancia son mínimos. Debido a esto, es importante buscar y hacer uso de un alimento alternativo que logre reducir costos de producción y se consiga mayor rentabilidad al productor (Aranda, 2019).

La producción agropecuaria para consumo de carne busca continuamente opciones para procurar en el animal un eficiente crecimiento de manera rápida, así como el aumento del rendimiento de la canal. Diversas investigaciones se centran en los promotores de crecimiento, para mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos. En México la inclinación ha sido el subir la productividad con una disminución en los costos, tanto en sistema extensivo e intensivo. Por otro lado, en 2016 la FAO junto con el organismo internacional Codex Alimentarius, los cuales resguardan la salud de los consumidores, comentan que, en distintos países no se permite el uso de promotores de crecimiento, ya que se menciona que existe una relación del uso de aditivos en una posible afectación al bienestar

animal, impacto ambiental negativo, así como implicaciones en la salud humana al consumir carne con residuos de ciertos promotores de crecimiento (Veloza, 2018).

Los desechos que son generados en las producciones porcícolas varían por etapa fisiológica de los ejemplares y por el tipo de alimentación que se utiliza (Francesena, 2016). Estos desechos se convierten en uno de los principales responsables de contaminación en agua y suelo, ya sea por mal manejo de excretas o uso excesivo de agua. El estiércol y su ineficiente control de almacenamiento o transporte ocasiona un impacto ambiental negativo (Fonseca y Vega, 2019).

La ausencia de la capacidad del manejo de residuos agrícolas conlleva a una desestimación sobre generar o facilitar una segunda función para ser utilizado como un alimento alternativo, por lo que las toneladas que son generadas por estos desechos agrícolas actúan como foco de contaminación ambiental (Castro *et al.*, 2020).

El modelo económico convencional extrae materias primas produciendo bienes y generando desechos que no se toman en cuenta, por lo que la economía circular permite ofrecer una solución sostenible a la problemática presente en un sistema de producción, a través de una evolución de economía lineal donde se toma, se hace, se usa y se desecha un producto, por lo que dicha evolución permite dirigir la economía a un enfoque circular en donde se toma, se hace, se usa y se recicla, transformando los desechos en productos reciclados utilizables (de Ladaga y Marra, 2023).

El enfoque de la economía circular es la búsqueda de maximizar el valor de los recursos y minimizar la generación de residuos, permite responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo, promoviendo un proceso cíclico para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y energía de productos. El objetivo es generar una prosperidad económica, amigable al medio ambiente, previniendo la contaminación, lo que permite facilitar el desarrollo sostenible. Por lo que este modelo aplica el reducir, reusar y reciclar como estrategia, utilizando energías renovables y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Sandoval *et al.*, 2017).

4.3 Objetivo general

Valorar una dieta alternativa para la producción familiar de porcino de engorde, utilizando esquilmos agrícolas de la comunidad de San Agustín de Altamirano Primera Sección, Estado de México, así como forraje verde hidropónico y vísceras de pollo, mediante el análisis de variables productivas, como, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y consumo de alimento, y su evaluación de sustentabilidad.

4.3.1 Objetivos específicos

1. Formular un alimento alternativo para cerdo de engorde a base de maíz, forraje verde hidropónico de maíz, papa y vísceras de pollo, con la finalidad de disminuir costos de alimentación para la producción y por ende costos totales de la producción.
2. Evaluar los parámetros productivos en una producción porcícola familiar alimentada con diferentes niveles de inclusión de la dieta alternativa diseñada, cumpliendo con los estándares nutrimentales requeridos.
3. Evaluar la sustentabilidad de la producción familiar porcícola de engorde utilizando variables críticas para las dimensiones: social, ambiental y económica.

4.4 Hipótesis general

Implementando una dieta alternativa para una producción porcina a base de residuos agrícolas, habrá diferencia significativa en los parámetros productivos con una producción a base de una alimentación tradicional, ofreciendo un producto inocuo al consumidor, el cual disminuye un posible riesgo a la salud pública; un sistema de producción porcícola que basa su alimentación en dieta alternativa tendrá una sustentabilidad significativamente diferente a la de una producción a base de alimento comercial.

4.4.1 Hipótesis específicas

1. El bajo costo de una dieta alternativa en una producción familiar porcícola de engorde, tendrá como consecuencia una disminución notable de los costos totales de la producción.

2. Los parámetros productivos de una producción porcícola familiar alimentada con una dieta alternativa, muestran variaciones significativas a los parámetros de una producción porcícola alimentada a base de una dieta tradicional.

3. Los cerdos alimentados con dieta alternativa, tendrán un nivel más alto de sustentabilidad a comparación de una dieta convencional, ofreciendo costos de producción reducidos, menor impacto ambiental e incluso será socialmente factible en el caso de la producción familiar.

Capítulo 5. Metodología

5.1 Descripción del área de estudio

El municipio de Villa Victoria cuenta con una superficie total de 42,402.9 hectáreas cuyo uso para la agricultura es de 23,102.41 ha; en cultivo de temporal de 21,586.0 hectáreas y de riego 1,516 hectáreas, los principales cultivos sembrados son la avena forrajera, maíz, papa y zanahoria, en cuanto a la superficie destinada a producciones pecuarias es de 6,103.0 hectáreas (Ayuntamiento de Villa Victoria, 2021). El periodo de cultivo dura aproximadamente 265 días, partiendo del dos de marzo hasta aproximadamente la última semana de noviembre, a pesar de ello, algunas veces se comienza desde del primero de febrero o después del primero de abril, concluyendo después del 28 de octubre o del 20 de diciembre (Weatherspark, 2022).

Dentro de dicho municipio a 7.3 kilómetros en dirección norte, se alberga la comunidad de San Agustín de Altamirano, Primera Sección (**Figura 3**). Esta comunidad consta de 1,361 habitantes (INEGI, 2020), donde predomina un clima templado subhúmedo, con temperaturas que oscilan entre los 23°C a los 28°C en verano y para invierno con una variación de 2 °C a 18 °C, la temperatura media anual es de 12 °C y la máxima de 28°C (Pueblosamérica, 2021), las lluvias entre junio y agosto son abundantes, reduciendo su intensidad en el mes de septiembre, la precipitación media anual es de 800 milímetros. Se ubica a 2,708 msnm, una longitud de 99°58'19.97" y 19°22'50.61" de latitud; con características

edafológicas en donde predominan los suelos andosol, acrisol y phaeozem (Ayuntamiento de Villa Victoria, 2021).

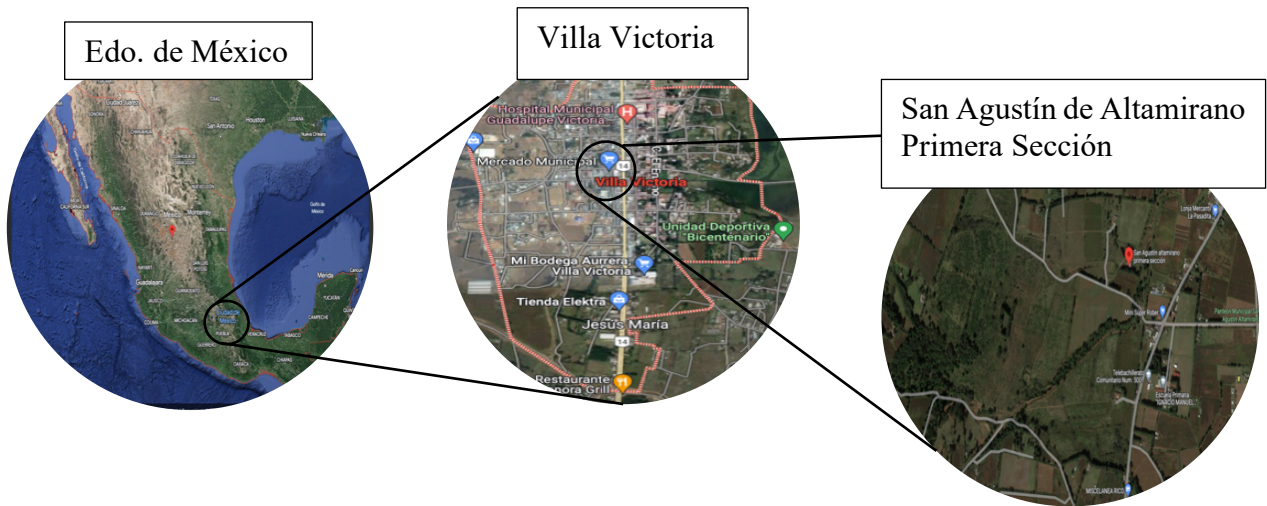


Figura 3. San Agustín de Altamirano Primera Sección, Edo. de México (Elaboración propia).

5.2 Formulación de dieta alternativa

El objetivo de formular una dieta (**Figura 4**) es el lograr una combinación de diversos ingredientes, los cuales cubran los requerimientos nutricionales y pueda contribuir a la rentabilidad de la producción. Es primordial considerar la etapa fisiológica, peso, edad, sexo, genética, estado de salud, época del año, entre otros para elaborar una dieta. La formulación resulta ser flexible ante los ingredientes como esquilmos agrícolas de la comunidad sin alterar el equilibrio nutritivo e inocuo de un alimento (García *et al.*, 2012).

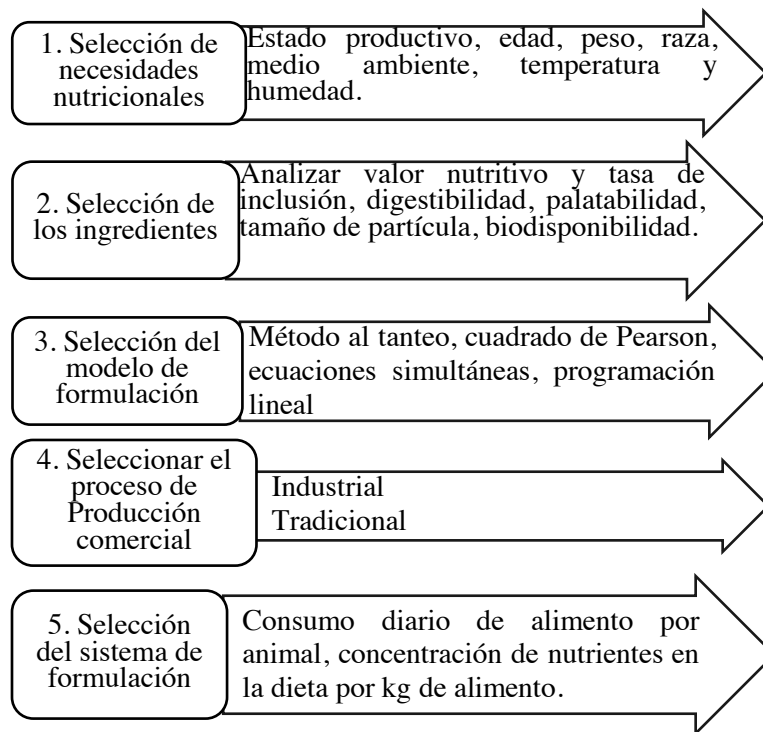


Figura 4. Pasos para la formulación de una dieta (García *et al.*, 2012).

Se describen dos tipos de dietas, las dietas simples con un mínimo de dos ingredientes, así como las dietas complejas hechas por una mezcla de diversas fuentes proteicas y energéticas. En este caso en particular se observarán ambos tipos de dietas. La dieta simple tendrá como ingrediente único el maíz, mientras que la dieta de tipo compleja contará con maíz, avena, trigo, papa, vísceras de pollo, tejocote y capulín.

5.2.1 Análisis bromatológicos

Los requerimientos nutricionales son determinados por etapa fisiológica, donde se establecen porcentajes de inclusión de cada uno de los ingredientes, tal como se muestra en la **Tabla 11**. Para poder establecer dichos porcentajes de inclusión se tomaron en cuenta estudios bromatológicos sobre cada uno de los ingredientes. A través del Cuadrado de Pearson se formula una dieta alternativa al modelo convencional, la cual busca lograr de manera eficiente el contribuir a la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

Tabla 11. Porcentajes de inclusión de los ingredientes de la dieta alternativa

| Ingrediente | Proteína bruta (%) | Lisina (%) | Energía digestible (Kcal/kg) | Lípidos (%) | Fibra (%) | Ca mg/100g | P mg/100g |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Maíz | 9.0 | 0.20 | 3.500 | 4.0 | 2.0 | 0.02 | 0.27 |
| Avena | 4.5 | 0.70 | 2.160 | 7.0 | 30.0 | 0.10 | 0.35 |
| Trigo | 11.3 | 0.35 | 3.190 | 2.9 | 3.0 | 0.05 | 0.40 |
| Papa | 1.9 | 0.13 | 0.890 | 0.1 | 1.0 | 5.0 | 0.80 |
| Vísceras | 36 | 1.50 | 2.860 | 9.0 | 0.70 | 1.00 | 0.70 |
| FVH | 19.2 | 0.38 | 2.500 | 3.4 | 12.9 | 1.39 | 2.0 |

Fuentes: Romero *et al.*, 2006; Reyes, 2016; Ramírez y Soto, 2017; Chavarría y *Castillol.*, 2018; González, 2021.

5.2.3 Cuadrado de Pearson Modificado

El método seleccionado para elaborar la dieta alternativa es el Cuadrado de Pearson Modificado, el cual permite mezclar más de dos ingredientes con concentraciones nutricionales diferentes con el fin de obtener una mezcla que contenga la concentración deseada (**Tabla 12**) respecto a porcentajes de proteína y energía principalmente (García *et al.*, 2012).

Tabla 12. Cuadrado de Pearson modificado para porcentaje de inclusión de la dieta.

| Fase | Ingrediente | Proteína c/ ingrediente (%) | Proteína requerida en la dieta (%) | Total, por ingrediente (%) |
|-------------|--------------------|--|---|---------------------------------------|
| Fase I | Vísceras de pollo | 36 | 20 | 24.07 |
| | FVH | 16 | | 21.32 |
| | Trigo | 11.3 | | 15.13 |
| | Maíz | 9 | | 11.97 |
| | Avena | 4.5 | | 5.50 |
| | Papa | 2.5 | | 22.01 |
| Fase II | Vísceras de pollo | 36 | 20 | 24.07 |
| | FVH | 16 | | 21.32 |
| | Trigo | 11.3 | | 15.13 |
| | Maíz | 9 | | 11.97 |
| | Avena | 4.5 | | 5.50 |
| | Papa | 2.5 | | 22.01 |
| Fase III | Vísceras de pollo | 36 | 18 | 23.96 |
| | FVH | 16 | | 20.87 |
| | Trigo | 11.3 | | 13.91 |
| | Maíz | 9 | | 10.36 |
| | Avena | 4.5 | | 3.09 |
| | Papa | 2.5 | | 27.82 |

| | | | | |
|--------------|-------------------|------|------|-------|
| Desarrollo | Vísceras de pollo | 36 | 15.5 | 23.23 |
| | FVH | 16 | | 19.75 |
| | Trigo | 11.3 | | 11.67 |
| | Maíz | 9 | | 7.54 |
| | Avena | 4.5 | | 0.90 |
| | Papa | 2.5 | | 36.80 |
| Finalización | Vísceras de pollo | 36 | 13.5 | 21.28 |
| | FVH | 16 | | 17.41 |
| | Trigo | 11.3 | | 8.70 |
| | Maíz | 9 | | 4.26 |
| | Avena | 4.5 | | 4.84 |
| | Papa | 2.5 | | 43.52 |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la metodología seguida por el Cuadrado de Pearson se obtuvieron los resultados mostrados en la **Tabla 13**, así como la composición nutricional de cada dieta (**Tabla 14**).

Tabla 13. Porcentajes de inclusión de los ingredientes para dieta alternativa.

| Ingrediente | Fase I | Fase II | Fase III | Desarrollo | Finalización |
|--------------------|---------------|----------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| Vísceras de pollo | 25.71 | 25.71 | 24.96 | 23.3 | 21.41 |
| FVH | 21.80 | 21.80 | 20.93 | 19.0 | 16.81 |
| Trigo | 15.03 | 15.03 | 13.95 | 11.57 | 8.84 |
| Maíz | 11.57 | 11.57 | 10.38 | 7.76 | 4.77 |
| Avena | 0.2 | 0.2 | 1.86 | 5.28 | 9.2 |
| Papa | 25.56 | 25.56 | 27.90 | 33.05 | 38.93 |

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Cocción de vísceras de pollo

Las vísceras de pollo se obtuvieron de manera semanal, siendo trasladadas en contenedores herméticos hacia la zona de estudio. Debido a que las vísceras son un producto perecedero y que su descomposición es rápida, se sometieron a un proceso metodológico descrito por Vera en 2021 (**Figura 5**), dicha cocción se llevó a cabo utilizando como fuente primaria de energía, leña, la cual fue obtenida de los árboles propios de la zona. Durante todo el proceso de ebullición, a través de un removedor de aluminio se extraía grasa o cualquier producto ajeno a las vísceras.



Figura 5. Proceso para la cocción de vísceras (Vera, 2021).

La recolección de las papas fue por temporal, una vez que los productores realizaron su selección de productos que iban para venta, se procedió a reunir las papas restantes; una vez recolectadas se colocaron en una bodega oscura, donde semanalmente se tomaban los kilogramos necesarios para las dietas, seguido por el proceso descrito en la **Figura 6**.

5.2.5 Cocido de papas



Figura 6. Proceso para la cocción de papas (Elaboración propia).

5.2.6 Elaboración del Forraje Verde Hidropónico (FVH)

En primera instancia el proceso para la elaboración de FVH es importante que el invernadero tenga un tamaño adecuado en relación a la cantidad de forraje que se pretende producir, dejando en todo ciclo productivo un margen de seguridad. Por lo tanto, se sabe que en un metro cuadrado se logra producir aproximadamente 352 kilogramos de peso húmedo de forraje, pudiendo maximizar dicha producción utilizando anaqueles de 5 niveles. Por otro lado, se aconseja que el piso sea de concreto, debido a los periodos de riego y humedad relativa, con la finalidad de evitar proliferación de hongos y enfermedades. En cuanto a los anaqueles, se recomiendan de 4 a 6 niveles, con una separación entre anaquel de un metro, ya que esto, facilita la siembra, cosecha y limpieza de la producción; respecto a la altura entre niveles fue de cincuenta centímetros, donde el primer nivel se encontró a treinta centímetros del suelo, cada nivel contó con 10° de pendiente para así desaguar el sobrante de las charolas. El sistema de riego recomendable para una producción artesanal y de pequeña escala resulta ser por gravedad, debido a los costos que puede generar un sistema de riego por microaspersión o nebulizado (Chavarría y Castillo, 2018).

Tabla 14. Composición nutricional de la dieta alternativa de acuerdo a cada fase fisiológica.

| Etapa productiva | Ingrediente | Proteína bruta (%) | Lisina (%) | ED (Kcal/kg) | Lípidos (%) | Fibra (%) | Ca mg/100g | P mg/100g |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Fase I | Maíz | 1.041 | 0.023 | 0.405 | 0.463 | 0.231 | 0.002 | 0.031 |
| | Avena | 0.009 | 0.001 | 0.004 | 0.014 | 0.060 | 0.000 | 0.001 |
| | Trigo | 1.698 | 0.053 | 0.479 | 0.436 | 0.451 | 0.008 | 0.060 |
| | Papa | 0.486 | 0.033 | 0.227 | 0.026 | 0.256 | 1.278 | 0.204 |
| | Vísceras | 9.256 | 0.386 | 0.735 | 2.314 | 0.180 | 0.257 | 0.180 |
| | FVH | 4.186 | 0.083 | 0.545 | 0.741 | 2.812 | 0.303 | 0.436 |
| Fase II | Maíz | 1.041 | 0.023 | 0.405 | 0.463 | 0.231 | 0.002 | 0.031 |
| | Avena | 0.009 | 0.001 | 0.004 | 0.014 | 0.060 | 0.000 | 0.001 |
| | Trigo | 1.698 | 0.053 | 0.479 | 0.436 | 0.451 | 0.008 | 0.060 |
| | Papa | 0.486 | 0.033 | 0.227 | 0.026 | 0.256 | 1.278 | 0.204 |
| | Vísceras | 9.256 | 0.386 | 0.735 | 2.314 | 0.180 | 0.257 | 0.180 |
| | FVH | 4.186 | 0.083 | 0.545 | 0.741 | 2.812 | 0.303 | 0.436 |
| Fase III | Maíz | 0.934 | 0.021 | 0.363 | 0.415 | 0.208 | 0.002 | 0.028 |
| | Avena | 0.084 | 0.013 | 0.004 | 0.130 | 0.558 | 0.002 | 0.007 |
| | Trigo | 1.576 | 0.049 | 0.479 | 0.405 | 0.419 | 0.007 | 0.056 |
| | Papa | 0.530 | 0.036 | 0.227 | 0.028 | 0.279 | 1.395 | 0.223 |
| | Vísceras | 8.986 | 0.374 | 0.735 | 2.246 | 0.175 | 0.250 | 0.175 |
| | FVH | 4.019 | 0.080 | 0.545 | 0.712 | 2.700 | 0.291 | 0.419 |

| | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Desarrollo | Maíz | 0.698 | 0.016 | 0.272 | 0.310 | 0.208 | 0.002 | 0.021 |
| | Avena | 0.238 | 0.037 | 0.114 | 0.370 | 0.558 | 0.005 | 0.018 |
| | Trigo | 1.307 | 0.040 | 0.369 | 0.336 | 0.419 | 0.006 | 0.046 |
| | Papa | 0.628 | 0.043 | 0.294 | 0.033 | 0.279 | 1.653 | 0.264 |
| | Vísceras | 8.388 | 0.350 | 0.666 | 2.097 | 0.175 | 0.233 | 0.163 |
| | FVH | 3.648 | 0.072 | 0.475 | 0.646 | 2.700 | 0.264 | 0.380 |
| Finalización | Maíz | 0.429 | 0.010 | 0.167 | 0.191 | 0.095 | 0.001 | 0.013 |
| | Avena | 0.414 | 0.064 | 0.199 | 0.644 | 2.760 | 0.009 | 0.032 |
| | Trigo | 0.999 | 0.031 | 0.282 | 0.256 | 0.265 | 0.004 | 0.035 |
| | Papa | 0.740 | 0.051 | 0.346 | 0.039 | 0.389 | 1.947 | 0.311 |
| | Vísceras | 7.708 | 0.321 | 0.612 | 1.927 | 0.150 | 0.214 | 0.150 |
| | FVH | 3.228 | 0.064 | 0.420 | 0.572 | 2.168 | 0.234 | 0.336 |

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Unidad de Producción familiar porcícola

La UPF porcícola es considerada por las grandes industrias como una producción demasiado limitada, estigmatizando este sistema productivo. Sin embargo, dentro de los productores de escasos recursos, el cerdo suele ser visto como la mejor elección para producir y comercializar su carne como una estrategia para la mejoría de la economía familiar campesina, ya que el cerdo presenta una excelente rusticidad en ambientes rurales y suburbanos, requiriendo un espacio mínimo, así como la ingesta de una alimentación alternativa, animal de alto rendimiento, buen incremento de crecimiento y de fácil venta. Por otro lado, la mayoría de la carne porcina que se consume en las zonas urbanas proviene de producciones nacionales e internacionales altamente tecnificadas, pero esto no siempre fue así. Durante la década de los ochenta, entre el 50-60% de la carne porcina era producida por sistemas de producción artesanal o familiar, pero debido al crecimiento de la mancha urbana ha reducido la población rural, por lo que en la última década la porcicultura familiar representa entre el 28-30% de la producción nacional (Montero *et al.*, 2015).

Las características más representativas de la producción porcina familiar son: la asignación de actividades a casi todos los participantes de la familia; la crianza de cerdos permanece destinada casi en su totalidad al autoconsumo; las instalaciones como corrales, bebederos y comederos son construidos con materiales presentes en la zona; la alimentación se basa en esquilmos agrícolas, desechos de cocina, entre otros. En este último punto es importante mencionar que los productores no priorizan obtener una máxima ganancia, enfocándose en buscar opciones que logren bajar costos de alimentación y por ende costos totales de su producción (Skejich, 2017).

5.3.1 Diseño de experimentos

Se realizó un experimento con una duración de 152 días, utilizando un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos: T0 (dieta base 100% maíz), T1 (75% dieta alternativa + 25% maíz), T2 (50% dieta alternativa + 50% maíz) y T3 (25% dieta alternativa + 75% maíz) y tres repeticiones (cerdos criollos de 21 días de edad y peso promedio inicial de 7.01 kg).

Se tomó el peso inicial a cada uno de los ejemplares, repitiendo el pesaje una vez por semana para obtener la ganancia diaria de peso, dichos datos fueron anotados en una bitácora. Se analizaron los resultados una vez que los ejemplares alcanzaran al menos 60 kilogramos de peso vivo (PV); los parámetros zootécnicos: consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia fueron analizados durante y al final de la experimentación.

A partir de los resultados en los estudios bromatológicos de cada ingrediente de la dieta alternativa, se evaluaron las porciones diarias por animal en cada etapa productiva. Los porcentajes de inclusión para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 son descritos en la **Tabla 15**, donde se realizaron tres repeticiones para cada uno de los tratamientos.

La dieta se suministró en raciones de tres veces al día en horarios establecidos. Las vísceras se cocieron durante 30 minutos a fuego alto, en un cazo de metal, con el recurso que es utilizado mayoritariamente en la zona (leña). Las papas se cocieron de igual manera a las vísceras de pollo. El FVH se cosechó directamente de las charolas del invernadero para finalmente formular por completo la dieta alternativa.

Tabla 15. Diseño experimental completamente al azar, significancia 0.05.

| Tratamiento | Descripción | Repeticiones |
|--------------------|---|---------------------|
| T0 (testigo) | 100% dieta alimento base maíz | 3 |
| T1 | 75% dieta alternativa + 25% alimento base maíz | 3 |
| T2 | 50% dieta alternativa + 50% alimento base maíz | 3 |
| T3 | 25% dieta alternativa + 75% dieta alimento base maíz | 3 |

T= Tratamiento

La ración diaria de los cerdos fue dividida en 3 partes, por lo que se les proporcionó la primera ración entre 7:00 y 9:00 am, la segunda ración entre 1:00 y 3:00 pm y la ración final entre 7:00 y 9:00 pm.

Antes de proporcionar la ración alimenticia en el horario de 7:00 a 9:00 am, se recolectó y pesó en una báscula digital el alimento sobrante del día anterior, por lo que dichas cantidades fueron registradas en la bitácora.

La toma de datos consistió en el control del consumo diario, así como rechazo del alimento dentro de cada uno de los corrales. Respecto a la captura de datos de ganancia de peso se realizaba de forma semanal a través del uso de una báscula digital con capacidad de 300 kg.

La toma de datos para la variable de PV, se realizó cada 7 días, en cada uno de los ejemplares por tratamiento, el pesaje se realizaba previo a la ingestión de la ración, con el fin de evitar que el consumo de alimento influyera sobre los datos.

En el caso de GDP se tomó en cuenta el peso inicial, los pesos semanales, para así estimar la ganancia diaria de peso; dicha variable es el resultado del peso final por fase menos el peso inicial del mismo.

5.3.2 Parámetros productivos

El consumo de alimento (CA) es un índice el cual representa la cantidad de un kilogramo de alimento que consumirá un animal para el aumento de un kilogramo de PV. El incremento de la eficiencia determina una estrategia clave en el manejo integral de los sistemas de producción, puesto que el alimento es considerado el principal componente del costo en dichos sistemas (Gómez *et al.*, 2014).

La ganancia diaria de peso (GDP) se determina considerando el peso vivo que alcanza el animal en un periodo comprendido de los días de experimentación (Calderón *et al.*, 2017).

Fórmula: $(\text{peso final} - \text{peso inicial (g)}) / \text{días de diferencia entre los dos pesos}$

El índice de conversión alimenticia (IC) se determina a través de la relación entre el consumo de alimento por día y la ganancia diaria de peso de los ejemplares durante el periodo de experimentación; es decir el valor es expresado en unidades de alimento que se utiliza para la producción de una unidad de peso vivo del animal (kg:kg).

Fórmula: comida consumida (kg) / aumento de peso (kg).

Los parámetros productivos varían de acuerdo a la etapa fisiológica del animal, tal como se muestra en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Rendimientos productivos en las fases de desarrollo y finalización

| Parámetro | Fase fisiológica | |
|----------------------------------|------------------|--------------|
| | Desarrollo | Finalización |
| Ganancia de peso (kg/día) | 0.7-0.75 | 0.8-0.85 |
| Consumo de alimento (kg/día) | 2.0-2.20 | 3.0-3.20 |
| Índice de conversión alimenticia | 2.75-3.0 | 3.75-4.0 |

Fuente: Ventura y Ventura, 2017.

5.4 Análisis estadísticos de resultados

Rubio y Berlanga (2012) mencionan que el extraer inferencias en poblaciones a partir del estudio de muestras resulta ser una de las aplicaciones de la estadística, dicho proceso se denomina Estadística Inferencial, la cual pretende inferir características de una población partiendo de una muestra representativa. Otro aspecto para realizar la inferencia es determinando si existe o no asociación entre diversas variables, en este caso, el proceso suele partir de una hipótesis cuya validez puede ser confirmada o rechazada; para poder comprobar dicha hipótesis se aplican pruebas estadísticas que contrastan la veracidad o falsedad de la misma.

El ANOVA o análisis de la varianza, es una prueba estadística que es desarrollada para llevar a cabo simultáneamente la comparación de las medias de más de dos poblaciones o características. En dicho análisis se introduce la variable (variable dependiente) que se desea analizar, así como la variable que delimita los grupos objeto de comparación (Rubio y Berlanga, 2021).

A través de los doce ejemplares de raza criolla, se emplea una distribución de cuatro tratamientos por un diseño completamente al azar con 3 repeticiones, con la finalidad de detectar las diferencias entre los tratamientos, los resultados experimentales son sometidos a un análisis de Comparación de medias Tukey ($P < 0.05$), el periodo de investigación comprende 156 días aproximadamente, tomando el peso inicial y separando tres individuos por tratamiento en corrales de 2.5 m² (Andrade *et al.*, 2017).

5.5 Evaluación de la sustentabilidad

La evaluación de sustentabilidad incluyen indicadores ambientales, económicos y sociales, debido al potencial como herramienta en la toma de decisiones y el fin deseado como una Unidad de Producción Familiar. Las investigaciones referentes a la producción tradicional o familiar sugieren que dichos sistemas son sustentablemente productivos, biológicamente regenerativos, donde se maneja la energía de forma eficiente y son socialmente justos. Los argumentos descritos, parten de la idea donde las prácticas ejercidas por los campesinos de las producciones agropecuarias son basadas en el mantenimiento de una relación armónica con la naturaleza, como el Trinomio suelo-planta-animal, fomentando una coevolución entre sociedad y medio ambiente. Se considera un elemento importante al conocimiento tradicional que conlleva un manejo integrado y múltiple de los recursos disponibles, donde el consumo de insumos externos es bajo y los mecanismos de solidaridad comunitaria resultan ser esenciales para la estabilidad de los sistemas (Brunnet *et al.*, 2005).

5.5.1 Índice General de la Sustentabilidad del Agroecosistema IGSA

En los agroecosistemas la aplicación de la sustentabilidad es considerada una herramienta llevada a cabo en base a indicadores y su agregación en índices. Los marcos metodológicos que evalúan la sustentabilidad, otorgan una amplia gama de estrategias que logran jerarquizar

y relacionar los indicadores que se establecen durante la evaluación. Un indicador es una variable, que se selecciona y cuantifica con la intención de ver una tendencia difícilmente detectable, en este contexto, un índice resulta de la agregación cuantitativa de indicadores que ofrecen una visión simplificada y multidimensional de un sistema (Zeballos, 2015).

En la búsqueda de una producción sustentable se hace uso de herramientas que miden la sustentabilidad de diversos sistemas, como lo es la metodología del Índice General de la Sustentabilidad del Agroecosistema (IGSA), descrita como una representación simplificada, que busca sintetizar un concepto multidimensional, es decir, es un índice unidimensional con base al marco conceptual implícito. La técnica para llevar a cabo índices de sustentabilidad se resume en la **Tabla 17** donde se rescata que a través de cuatro niveles se hace selección de un indicador, en donde inicialmente son basados en criterios de calidad, así como tomar en cuenta las preferencias de la sociedad que se pretende evaluar, donde dichos indicadores base sean integradas a las variables y se desarrolle el índice General de Sustentabilidad del Agroecosistema (Moreno, 2010).

Tabla 17. Metodología para generar índices de sustentabilidad

| Nivel | Indicación | Descripción |
|--------------|---|---|
| Primero | Selección del indicador y recopilación de datos | Indicadores basados en criterios estrictos de calidad y precisión. |
| Segundo | Normalización de los indicadores | Uso de múltiples atributos de la teoría de la utilidad y de los valores de referencia. |
| Tercero | Indicadores de ponderación | Tener en cuenta las preferencias de la sociedad, con el fin de asignar una importancia diferente a cada dimensión. |
| Cuarto | Agregación de los indicadores | Reunir información de los indicadores base, para integrarlos a las variables, son agregadas para la construcción de relaciones, formando el IGSA. |

Fuente: Moreno, 2010.

Citando a Moreno (2010) menciona que las relaciones son acciones o actividades que pueden actuar de forma inversa o directa dentro del funcionamiento del agroecosistema. Las relaciones de producción de forma directa, se refiere al proceso de transformación de insumos, servicios y recursos naturales en bienes y/o servicios, así como la aportación hacia una producción estable y una productividad deseada; las relaciones de protección de forma directa, son aquellas actividades que aportan a un buen manejo técnico-agronómico del sistema; respecto a la relaciones de presión de forma inversa, describen las actividades con grado de intensidad de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales y económicos durante la producción y finalmente las relaciones de preservación de forma directa, las cuales son acciones que revelan la capacidad del agroecosistema para originar los suficientes elementos y dinámica productiva para mantenerse u optimizar a lo largo del tiempo, manteniendo la estabilidad, la sostenibilidad del sistema, así como que siga siendo equitativo y productivo.

Para la evaluación de las dimensiones (económica, ambiental y social) se siguió la metodología de Oyhançabal y colaboradores (2011), donde se utilizan indicadores de manejo que permiten evaluar el riesgo de general impactos ambientales partiendo del análisis de las prácticas técnicas del productor afirma a través de encuestas; así como de indicadores de estado/efecto que son valorados de forma cualitativa por diagnóstico visual, sin realizar una medición cuantitativa de los mismos. La metodología interrelaciona aspectos que se encuentran centrados en la evaluación del sistema de producción, centrándose en especificaciones de una producción porcícola, Se incluyen en la evaluación indicadores a la dimensión social y económica.

El resultado de cada indicador se expresó como puntaje estandarizado con un valor entre 1 que representa mayor sustentabilidad y 5 con menor sustentabilidad (1= mayormente sustentable; 2= altamente sustentable; 3= moderadamente sustentable; 4= poco sustentable; 5= menormente sustentable). El método propone en cada dimensión se acerque al valor de 1 punto (mayor sustentabilidad) y se analizan independientemente de las otras. Con la finalidad de anexar componentes e indicadores en cada una de las dimensiones se ponderaron diversos componentes en cada dimensión, donde los indicadores en cada componente se integraban de varios indicadores. Los resultados se presentan con gráficos de radar que permiten visualizar el conjunto bidimensional de tres o más variables trazadas en ejes a partir de un

mismo punto, es decir, se visualiza de forma global las dimensiones, componentes e indicadores. La ponderación fue de tipo colectiva, ya que se contemplaron diversas subjetividades además de la parte investigadora, con la finalidad de enriquecer tanto el análisis como la discusión de componentes e indicadores. El análisis fue realizado con el aporte de 6 productores porcícolas de la comunidad, que emplean diferentes tipos de producción, en forma tradicional o convencional.

5.5.2 Indicadores ambientales, sociales y económicos.

Los componentes e indicadores que se tomarán en cuenta para la evaluación de la sustentabilidad en las tres dimensiones son descritas en la **Tablas 18 y 19**.

Tabla 18. Indicadores del IGSA.

| Dimensión | Componentes | Indicadores | Fórmula |
|------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Económica | Costos totales (\$) | CVT; CFT | $CT = CVT + CFT$ |
| | Costos de producción (\$) | MP; MOD; CI | $CP = MP + MOD + CI$ |
| | Ingreso neto familiar (\$) | PU; Q; IF | $IT = (PU * Q) + IF$ |
| | Rentabilidad (%) | P; C | $R = (P - C/P) * 100$ |
| | Inversión (\$) | CT ₁ ; CT ₂ | $I = \sum CT$ |
| Ambiental | Educación ambiental | Fundamentos ecológicos | 1= Nunca |
| | | Concientización ambiental | 2= Casi nunca |
| | | Evaluación de problemas | 3= A veces |
| | | Capacidad de acción | 4= Casi siempre |
| | | | 5= Siempre |
| | Sistema productivo | Manejo de desechos | |
| | | Implementación de tecnologías | |
| | Insumos | Agua | |
| | | Suelo | |

| | | | |
|--------|------------------------------|-----------------------|-------------|
| Social | Calidad de vida vivienda | Tamaño | |
| | | Material y estructura | |
| | | Servicio agua | |
| | | Servicio luz | |
| | | Pavimentación | |
| | Calidad de vida salud | Agua potable | |
| | | Acceso médico | 1= Poco |
| | | | 2= Muy poco |
| | Calidad de vida alimentación | Inocuidad | 3= Moderado |
| | | Dieta balanceada | 4=Alto |
| | | | 5= Muy alto |
| | Educación | Escolaridad | |
| | Trabajo | Independiente | |
| | | Eventual | |
| | | Asalariado | |

Fuente: Elaboración propia.

*CT (Costos totales); CVT (Costos variables totales); CFT (Costos fijos totales); CP (Costos de producción); MP (materia prima); MOD (Mano de obra); CI (Costos indirectos); PU (Precio por unidad); Q (Unidades de producción); IF (Ingreso familiar) R (Rentabilidad); IT (Ingreso total); P (Precio); C (Costo); I (Inversión).

Tabla 19. Evaluación y puntuación de los indicadores en las dimensiones: económica, ambiental y social

| Dimensión | Indicadores | Productor 1 | Productor 2 | Productor 3 | Productor 4 | Productor 5 | Productor 6 |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Económica | IF | 1.3 | 3.8 | 2.8 | 3.7 | 5.0 | 3.8 |
| | CP | 0.5 | 0.6 | 5.0 | 3.4 | 1.8 | 1.3 |
| | CT | 1.0 | 1.3 | 5.0 | 3.5 | 2.5 | 1.8 |
| | I | 0.8 | 1.0 | 5.0 | 3.5 | 1.6 | 1.1 |
| | R | 1.0 | 1.3 | 4.0 | 5.0 | 2.0 | 3.0 |
| | Total | 4.6 | 8.0 | 21.8 | 19.1 | 12.9 | 11.0 |
| | Puntuación | 0.9 | 1.6 | 4.3 | 3.8 | 2.5 | 2.2 |
| Ambiental | Total | 14 | 17 | 24 | 20 | 22 | 24 |
| | Puntuación | 1.7 | 2.1 | 3 | 2.5 | 2.7 | 3 |
| Social | Total | 18 | 22 | 21 | 22 | 26 | 23 |
| | Puntuación | 2.0 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.8 | 2.6 |

Fuente: Elaboración propia

*CT (Costos totales); CP (Costos de producción); IF (Ingreso familiar); R (Rentabilidad); I (Inversión).

Capítulo 6. Resultados y Discusión

El trabajo de investigación realizado se inició con lechones de 20 a 25 días de edad, donde el PV de los cerdos fue tomado desde el día uno de la experimentación, dicho experimento tuvo una duración de 23 semanas, comenzando en el mes de julio y concluyendo en el mes de diciembre. Los datos del peso de los cerdos se tomaron por semanalmente hasta la finalización del ensayo. El experimento se centró en la evaluación de diferentes porcentajes de la dieta alternativa (vísceras de pollo, papa y FVH) en tres de los cuatro tratamientos, donde los ejemplares del tratamiento testigo (T0) solo eran alimentados con maíz criollo triturado. Respecto al tratamiento T1 le correspondió el mayor porcentaje de dieta alternativa con 75%, T2 con el 50% y T3 solo con 25 % de dieta alternativa.

El alimento ofrecido a los doce ejemplares se pesaba diariamente, con una báscula digital, el peso fue estipulado de acuerdo a la fase fisiológica, en la fase I se ofreció por ración a cada ejemplar 300 gramos de dieta al día, con una duración de 21 días; la Fase II se suministraron 600 gramos durante 28 días; Fase III se otorgaron 900 gramos de alimento durante 35 días; en Desarrollo se duplicó la cantidad con 2.0 kilogramos durante 49 días; en la última fase (Finalización) se ofrecieron 3.0 kilogramos en los últimos 21 días del experimento. En el consumo de alimentos se estimó como la diferencia de lo ofrecido menos lo rechazado.

En el caso de IC se efectuó en períodos de 7 días, obteniendo los resultados a través del total del alimento consumido, dividiéndolo entre la GDP en cada una de las fases fisiológica.

6.1 Peso vivo (PV)

En la **Tabla 20** se muestra el peso (kg) en el que iniciaron los ejemplares, con un peso promedio inicial de 7.01 kilogramos. Al finalizar el experimento se obtuvo el peso promedio final de cada uno de los tratamientos. De igual manera en dicha tabla el tratamiento testigo (T0) mostró un peso promedio final de 44.75 kilogramos; el tratamiento T1 con 65.23 kilogramos (75% de inclusión de dieta alternativa); tratamiento T2 con 50% de dieta alternativa arrojó un promedio de 61.21 kilogramos y finalmente en el tratamiento T3 con

50.13 kilogramos de peso promedio final, dichos resultados fueron posteriores a los 154 días. También se muestran los parámetros productivos de relevancia en una producción pecuaria, como lo son la ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso por fases fisiológicas e índice de conversión alimenticia (IC).

Andrade *et al.* (2021) mencionan que su tratamiento con mayor porcentaje de inclusión de harina de vísceras de pollo, otorgó mejores parámetros productivos respecto a los otros tratamientos, por lo que coincide en nuestros tratamientos T1 y T2, puesto que a medida que se incrementa dicho ingrediente en la dieta, se observaron mejores resultados, ya que en el caso de T3 y T0 se mantuvieron con valores menores en las variables reproductivas.

Aranda (2019) refiere en sus resultados que las dietas alternativas a base de residuos o esquilmos agrícolas pueden ser destinados a la alimentación porcina y que combinándolos en forma correcta para conformar una dieta equilibrada se logra obtener mejores parámetros productivos con bajos costos de producción, permitiendo un mayor beneficio económico al productor, como lo pudimos observar en nuestro análisis de sustentabilidad en cada uno de los productores, puesto que el productor que implementaba una dieta alternativa versus un productor convencional, se logró observar una menor inversión en el factor de la alimentación.

Tabla 20. Media (\pm error estándar) de GDP, IC y GP por etapa fisiológica en cada tratamiento.

| Tratamiento | Peso inicial (kg) | GDP (kg) | IC (kg) | GP Fase I (kg) | GP Fase II (kg) | GP Fase III (kg) | GP Desarrollo (kg) | GP Finalización (kg) |
|-------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| T0 | 7.033 \pm 1.7039 | 0.2742 \pm 0.0202 b | 5.1740 \pm 0.3704 a | 10.650 \pm 1.35 a | 14.825 \pm 2.825 a | 22.900 \pm 3.3 b | 41.025 \pm 4.425 ab | 49.258 \pm 4.795 b |
| T1 | 7.000 \pm 1.0535 | 0.3781 \pm 0.0249 a | 3.7494 \pm 0.2507 b | 9.800 \pm 1.833 a | 14.667 \pm 1.890 a | 30.300 \pm 2.031 a | 48.367 \pm 4.891 a | 65.233 \pm 4.866 a |
| T2 | 6.400 \pm 0.5220 | 0.3560 \pm 0.0036 a | 3.971 \pm 0.0397 b | 9.567 \pm 1.365 a | 15.250 \pm 0.804 a | 29.483 \pm 0.689 a | 46.717 \pm 0.534 ab | 61.217 \pm 0.539 ac |
| T3 | 7.633 \pm 1.3864 | 0.2760 \pm 0.0042 b | 5.1232 \pm 0.0790 a | 11.050 \pm 2.325 a | 15.300 \pm 2.314 a | 25.583 \pm 2.169 ab | 38.333 \pm 2.600 b | 50.133 \pm 2.022 b |
| P-value | 0.9268 | <0.0001 | <0.0001 | 0.9268 | 0.9004 | 0.0121 | 0.0266 | 0.0012 |

Los valores acompañados por letras iguales no presentaron diferencia significativa por columna ($\alpha= 0.05$)

T0 = dieta a base 100% maíz

T1= 75% dieta alternativa + 25% maíz

T2= 50% dieta alternativa + 50% maíz

T3= 25% dieta alternativa + 75% maíz

6.2 Consumo de alimento (CA)

Con los datos capturados a lo largo del experimento, arrojó un total de 217.7 kg de alimento consumido por ejemplar. El análisis estadístico inferencial para la variable CA (**Tabla 21**) se realizó al finalizar el proceso de engorde, dicho análisis se ejecutó para cada etapa fisiológica, a la semana 21, 49, 83, 133 y 154, en las cuales los cerdos tuvieron una plena adaptación a las raciones de la dieta alternativa.

Tabla 21. Media (\pm error estándar) de Consumo de alimento en los tratamientos.

| Tratamiento | Peso Fase I (kg) | Peso Fase II (kg) | Peso Fase III (kg) | Desarrollo (kg) | Finalización (kg) |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| T0 | 1.8931 \pm 0.3854 a | 3.8206 \pm 0.4197 a | 4.6719 \pm 0.3979 a | 5.4208 \pm 0.3371 a | 7.9588 \pm 2.0517 a |
| T1 | 2.4053 \pm 0.8926 a | 2.7360 \pm 0.4197 a | 2.3715 \pm 0.0185 b | 5.5526 \pm 1.0885 a | 3.7356 \pm 0.0516 bc |
| T2 | 2.0089 \pm 0.4107 a | 2.5495 \pm 0.3062 a | 2.5964 \pm 0.0326 b | 5.6870 \pm 0.0580 a | 4.3450 \pm 0.0300 b |
| T3 | 2.4814 \pm 1.0132 a | 3.1687 \pm 0.4222 a | 3.6002 \pm 0.0354 c | 7.7054 \pm 0.4727 b | 5.3519 \pm 0.3278 ab |
| P-value | 0.7109 | 0.0684 | <0.0001 | 0.0057 | 0.0049 |

Los valores acompañados por letras iguales no presentaron diferencia significativa por columna ($\alpha= 0.05$)

T0 = dieta a base 100% maíz

T1= 75% dieta alternativa + 25% maíz

T2= 50% dieta alternativa + 50% maíz

T3= 25% dieta alternativa + 75% maíz

En la Fase I, el análisis de varianza no refleja diferencia significativa entre los tratamientos (T0,T1, T2 y T3) como se puede observar en la **Figura 7a**.

En la Fase II (**Figura 7b**), se repite el caso de la primera fase, una vez analizados los datos el análisis estadístico no muestra diferencia significativa entre los tratamientos (T0, T1, T2 y T3).

Para la Fase III (**Figura 7c**) ya se observan diferencias significativas donde el tratamiento T0 (4.6719 ± 0.3979 a) tiene un mayor consumo ($P < 0.05$) que T1, T2 y T3 (2.3715 ± 0.0185 b, 2.5964 ± 0.0326 b y 3.6002 ± 0.0354 c, respectivamente), la información sugiere que el tratamiento con dieta tradicional se consumió más alimento y se obtuvo una menor cantidad de peso ganado.

En la Fase Desarrollo (**Figura 7d**) se observan diferencias significativas de T3 (7.7054 ± 0.4727) respecto a los otros tres tratamientos T1, T2 y T0 (5.5526 ± 1.0885 a, 5.6870 ± 0.0580 a y 7.7054 ± 0.4727 b, respectivamente). En dicho análisis se muestra que T3 obtiene el promedio más bajo de peso en relación a su consumo de alimento.

Finalmente, en el caso de la Fase Finalización el análisis de varianza (**Figura 7e**) muestra en el tratamiento de alimento tradicional (T0: 7.9588 ± 2.0517 a) diferencia significativa respecto a T1 y T2 (3.7356 ± 0.0516 bc y 4.3450 ± 0.0300 b, respectivamente).

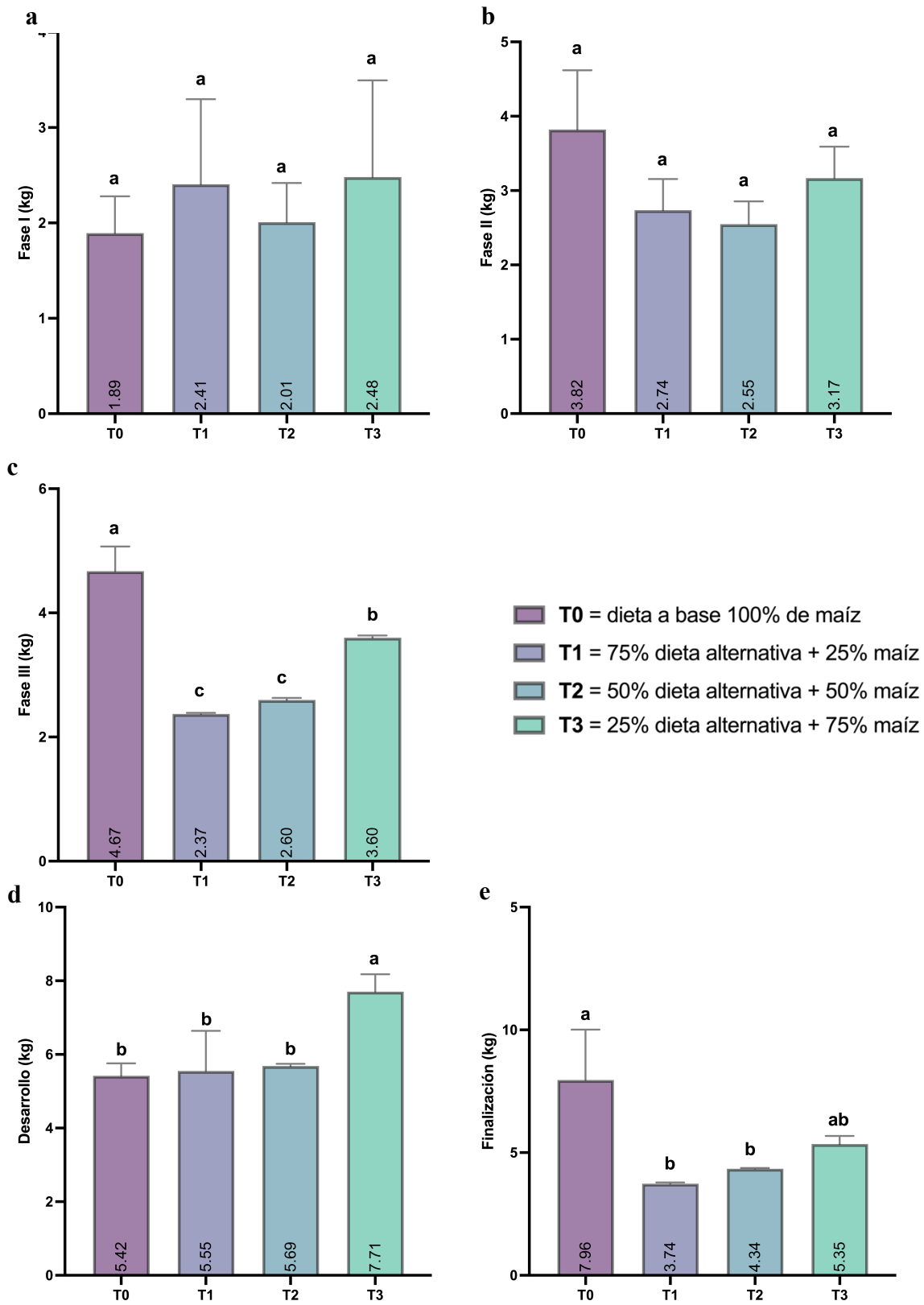


Figura 7. Consumo de alimento a) Fase I (kg), b) Fase II (kg), c) Fase III (kg), d) Fase desarrollo (kg), e) Fase finalización (kg)

En la **Figura 8** se observa la ganancia de peso de forma continua, sin embargo en la semana 15 hubo una variación en el tratamiento T1 y T2, donde dicho evento se le atribuye a factores climatológicos y ubicación propia del mismo grupo; a partir de la semana 16 podemos observar la ganancia de peso nuevamente en curso ascendente.

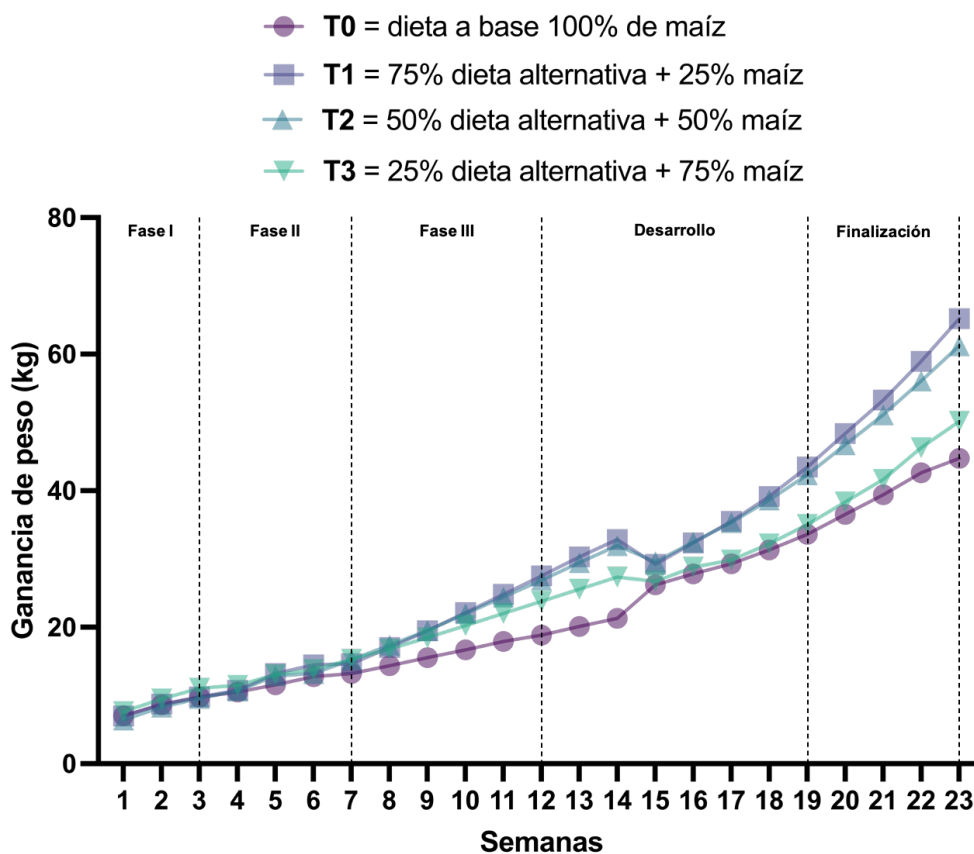


Figura 8. Ganancia de peso semanal de los cerdos por tratamiento (kg)

Las variaciones en los componentes de producción durante la vida productiva porcícola, se deben principalmente a factores ambientales, como las diferentes condiciones geográficas y la diferencia de manejo entre granjas en ciertas épocas del año (Ek-Mex *et al.*, 2014). Por lo que la variación de la variable GP en la investigación para los tratamientos T1 y T2 se le atribuye a factores climatológicos, puesto que debido a la lluvia excesiva durante esas semanas repercutió sobre dichos grupos, ya que en el sistema de cama profunda se

incrementó de forma alarmante la humedad, permitiendo que la temperatura corporal de los animales se viera afectada, así como el consumo de alimento.

6.3 Ganancia de peso (GP)

El análisis de varianza para la variable GP se ejecutó para cada etapa fisiológica, en los días 21, 49, 84, 133 y 154, respectivamente. En la Fase I se obtuvo un peso promedio de 11.128 kilogramos, peso obtenido en 21 días, ofreciendo a cada ejemplar la cantidad de 0.4 kilogramos de alimento al día (**Figura 9a**) no hubo diferencia significativa (**Tabla 20**).

En la Fase II (**Figura 9b**) a los 49 días se obtuvo un peso promedio de 16.831 kilogramos, en esta etapa se incrementó la cantidad de alimento 200 gramos más que en la primera fase, en esta ocasión se repite el caso de la Fase I, no se observa diferencia significativa en los tratamientos.

En el caso de la Fase III, se obtuvo un peso promedio de 27.067 kilogramos a los 84 días del experimento, ofreciendo 0.9 kilogramos de alimento al día por lechón (**Tabla 20**). En esta etapa el análisis estadístico muestra diferencia significativa entre el tratamiento de la dieta tradicional (T0: 22.900 ± 3.3 a) respecto a los tratamientos T1 y T2 (30.300 ± 2.031 b y 29.483 ± 0.089 b) (**Figura 9c**).

En la Fase de desarrollo (**Figura 9d**) se obtuvo un peso promedio de 43.610 kilogramos, con 133 días de experimento, alimentando a los ejemplares con 2.0 kilogramos de alimento al día, en dicha etapa se presenta diferencia significativa entre el tratamiento con mayor porcentaje de dieta alternativa (T1: 48.367 ± 4.891 a) respecto a T3 (38.333 ± 2.600 b)

La Fase de Finalización se observa un promedio de peso final de 56.460 kilogramos, ofreciendo a los lechones 3.0 kilogramos de dieta por día (**Figura 9e**); por lo que de acuerdo al análisis estadístico el tratamiento T1 y T2 (65.233 ± 4.866 y 61.217 ± 0.539) muestran diferencia significativa con T0 y T3 (49.258 ± 4.745 y 50.133 ± 2.022).

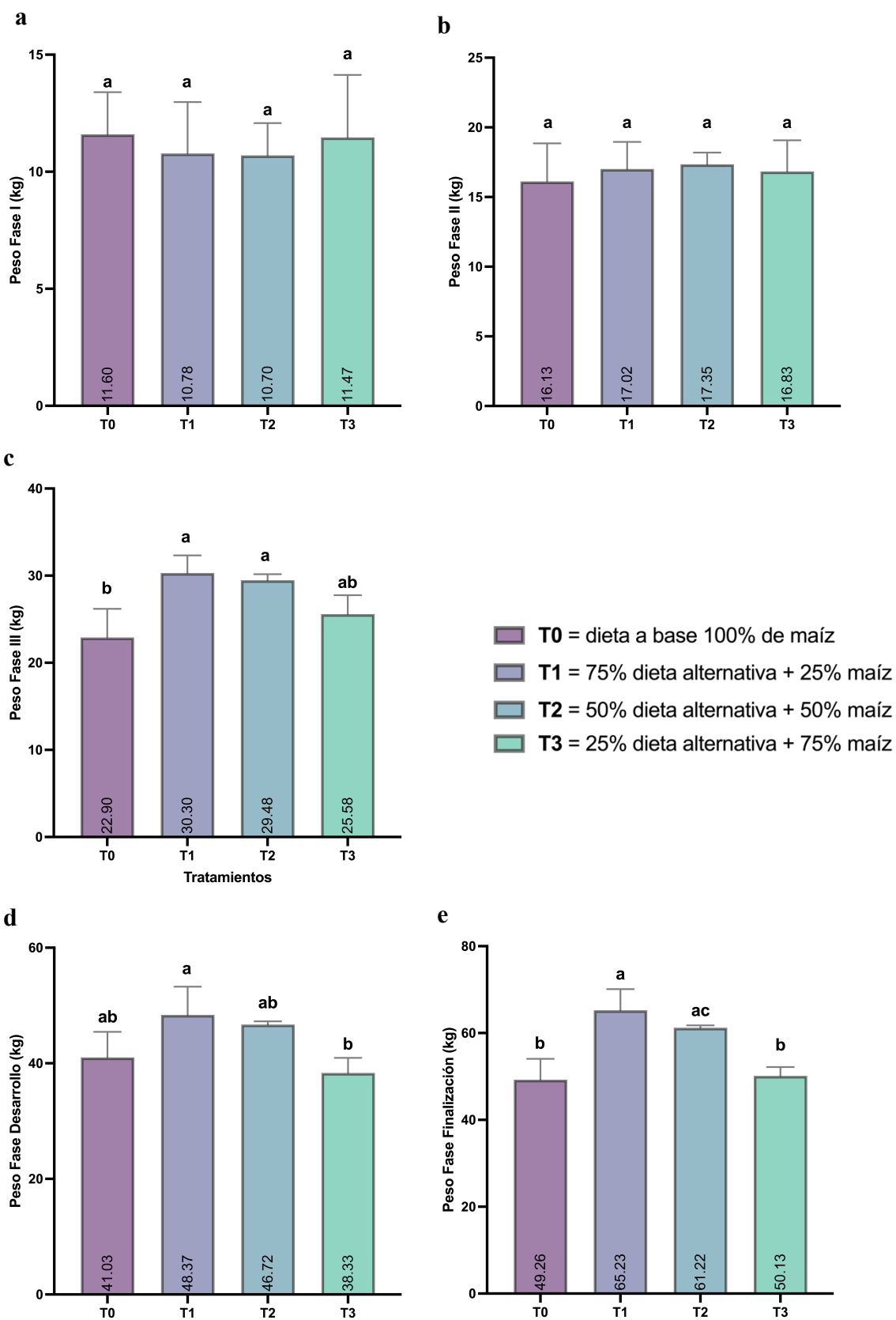


Figura 9. Ganancia de peso. a) Fase I (kg), b) Fase II (kg), c) Fase III (kg), d) Fase desarrollo (kg), e) Fase finalización (kg)

Según Cisneros y colaboradores (2020) los tratamientos que mostraron diferencia significativa en cuanto a la variable IC, fueron los tratamientos con mayor porcentaje de FVH ofrecida en la dieta de los cerdos en combinación con alimento convencional (55-45% de alimento comercial y FVH, respectivamente), por lo que coincide con los resultados de esta investigación, observando que dicho ingrediente en los tratamientos con mayor nivel de inclusión de dicho ingrediente en la dieta alternativa aportó de manera significativa la conversión alimenticia.

Naranjo (2021) menciona que los tratamientos con mayor porcentaje de vísceras de pollo requirieron menor cantidad de alimento, puesto que en nuestro tratamiento tradicional (T0: 100% maíz) consumió mayor cantidad de alimento y obtuvo menor ganancia de peso, por lo que una vez más se deduce que la dieta alternativa con dicho ingrediente logra mantener un equilibrio nutricional, aportando digestibilidad y aprovechable en cuanto a sus nutrientes.

Jiménez y David (2022) mencionan que los tratamientos con mayor porcentaje de inclusión de más de vísceras de pollo en la dieta porcina, resulta ser favorecedor, ya que promueve un mayor consumo de materia seca y una mayor ganancia de peso, mientras que en el tratamiento con mayor porcentaje de vísceras en T1 con 21.41% en la etapa de finalización, se observó una mejor ganancia de peso respecto a los otros tratamientos.

Según Cruz y colaboradores (2020) mencionan que en las dietas alternativas con mayor aceptación fueron aquellas en donde se contenía un mayor número de ingredientes, por lo que los individuos de cada uno de los tratamientos mostraron mayor facilidad al consumo de alimento, mientras que en los tratamientos con presencia de dieta alternativa se permitió ofreció mayor palatabilidad, reforzando que la ganancia de peso, está ligada al consumo propio del alimento, a través de los parámetros analizados.

Ventura y Ventura (2017) señalan que a mayor proporción de vísceras de pollo en la dieta de una producción porcícola, habrá mayor consumo de alimento, debido a la alta palatabilidad, mejorando ganancias diarias de peso y peso vivo, por lo que se le atribuye a un mayor rendimiento productivo de los ejemplares. De igual manera Vera (2021) señaló diferencias

significativas en el consumo del alimento e incremento del peso vivo en el tratamiento con mayor porcentaje de vísceras de pollo, atribuidas a que la dieta logra cumplir con los requerimientos proteicos de la especie. Ambos casos vistos con el tratamiento T1 con incorporación en la Fase I de 25.71% y Finalización con 21.41% de vísceras de pollo en la dieta.

6.4 Ganancia diaria de peso (GDP) e Índice de conversión alimenticia (IC)

La ganancia de peso (kg), al final del experimento, así como el Índice de conversión alimenticia (kg) se muestran en la **Figura 10**. El análisis de varianza demostró que las dietas alternativas de los tratamientos T1 y T2 (0.3781 ± 0.0249 y 0.3560 ± 0.0036 , respectivamente), promovieron una ganancia diaria de peso significativamente más alta que la dieta tradicional (T0) (**Figura 10a**). Respecto al índice de conversión alimenticia (**Figura 10b**) de la dieta T1 y T2 (3.7494 ± 0.2307 y 3.9717 ± 0.0397 , respectivamente) mostraron diferencia significativa a los tratamientos T0 y T3 (5.1740 ± 0.3704 y 5.1232 ± 0.0790 , respectivamente).

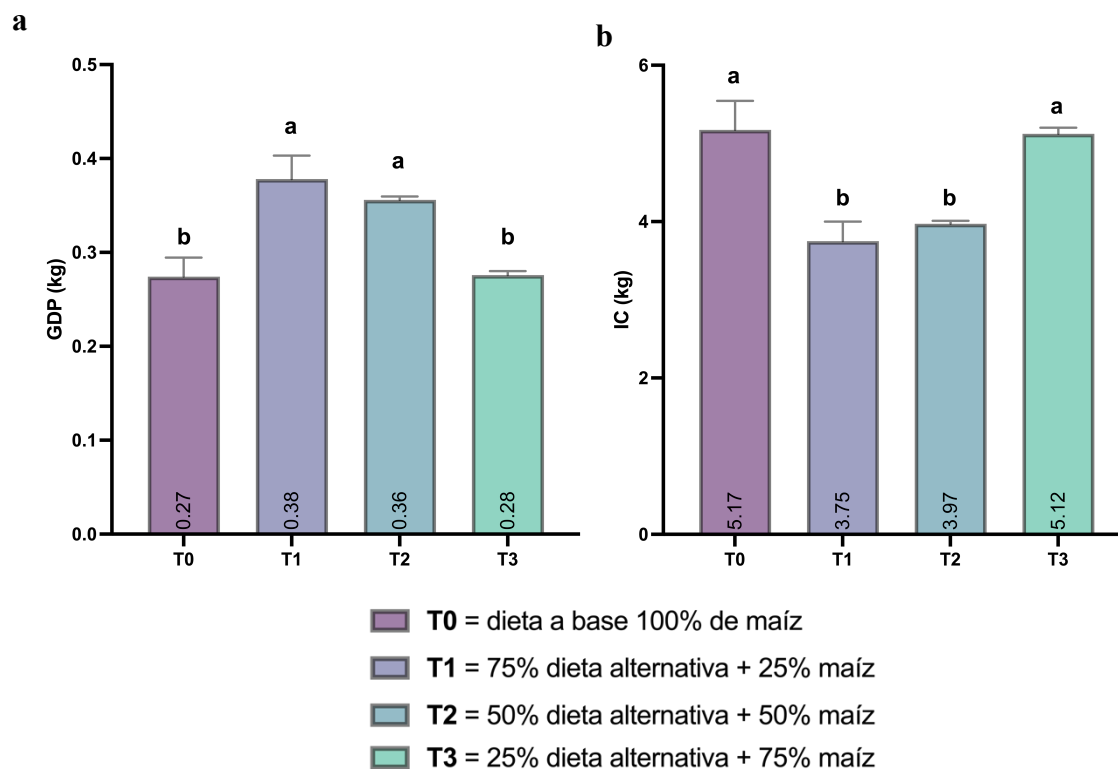


Figura 10. a) Ganancia diaria de peso (kg), b) Índice de conversión alimenticia (kg)

Rico (2021) refiere que los ejemplares que recibieron alimento alternativo con 40% de inclusión de papa en la dieta, presentaron mayor peso final, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, como se pudo observar en los resultados de esta investigación con los tratamientos T1 y T2 de hasta 38.93% de inclusión de dicho ingrediente, pues ambos tratamientos cuentan con el mayor porcentaje de inclusión de dieta alternativa respecto a T0 y T3.

Guzmán y colaboradores (2020) mencionan que en las dietas ofrecidas a los individuos de cada uno de los tratamientos, mostraron mayor aceptación por parte de los ejemplares aquellas dietas que contenían mayor número de ingredientes, ya que el cerdo es capaz de identificarlos así como sus niveles de inclusión, reforzando la palatabilidad de la dieta, lo cual en la investigación se demostró que los tratamientos con mayor porcentaje de dieta alternativa existía una relación entre el consumo y la ganancia de peso de las repeticiones.

Andrade y colaboradores (2021) mencionan que el índice de conversión alimenticia presentó mejores resultados para los tratamientos mayores a 20% de inclusión de harina de vísceras de pollo en la dieta de los cerdos, compartiendo dicho resultado con T1 (21.41%) por lo que en la experimentación se observó que a medida que se incrementa dicho ingrediente en la dieta, se obtuvieron mejores conversiones e incremento de pesos.

Aranda (2019) refiere en sus resultados que las dietas alternativas a base de residuos o esquilmos agrícolas pueden ser destinados a la alimentación porcina y que combinándolos en forma correcta conforman una dieta equilibrada, permitiendo obtener mejores parámetros productivos, ofreciendo bajos costos de producción y otorgando mayor beneficio económico al productor. En la investigación a base de FVH, papa y vísceras de pollo se logró implementar dicha dieta con excelente aceptación gradualmente en los tratamientos con 75, 50 y 25% de inclusión de la dieta alternativa, por lo que las variables productivas analizadas evidenciaron una respuesta positiva a la producción para el tratamiento con mayor porcentaje de dicha dieta (T1: 75% dieta alternativa + 25% maíz).

Según describe Naranjo (2021), sus tratamientos que van del 25 al 100% de implementación de vísceras de pollo, sugiere que las variables productivas, como peso final, ganancia de peso y conversión alimenticia a través del análisis de varianza, muestran resultados comprometedores en la producción porcícola. En el caso de peso final se observa una diferencia significativa en el tratamiento con el 75% vísceras de pollo contenidas en la ración de la dieta en la edad de 120 días de engorda; sin embargo, el resultado con mayor ganancia de peso fue observable en el tratamiento con el 100% de vísceras de pollo.

Amay (2022) menciona que a mayor inclusión de vísceras de pollo en la dieta porcina, resulta ser un nivel más adecuado, promoviendo mayor consumo de materia seca y mayor ganancia de peso, observándose dicho resultado en el tratamiento T1 (75% alimento alternativo) de esta investigación, recalcando que se obtuvo una mejor ganancia de peso en el tratamiento ya descrito.

De acuerdo con Rivera (2017) a mayor inclusión de forraje verde hidropónico en la dieta del cerdo se verá favorecida la ganancia de peso, ya que el porcentaje de consumo de biomasa es más alto a diferencia de los bovinos y caprinos. Mientras que Moreira (2021) refiere que a pesar de que el tratamiento basado en 100% de alimento balanceado comercial mostró ser más eficiente respecto a la ganancia de peso en contraste a los demás tratamientos, para el análisis costo-beneficio el tratamiento con mayor porcentaje de inclusión de vísceras de pollo fue observado como la dieta más eficiente, sin embargo, en la evaluación de la sustentabilidad se analizaron variables de la dimensión económica permitiendo visualizar al productor que implementaba dieta alternativa en su producción

En el caso de la incorporación de papa en la alimentación de los cerdos, Aragón (2018) menciona que no hubo una diferencia significativa entre sus tratamientos, ya que, argumenta, que para un mejor aprovechamiento de nutrientes se debe sufrir un proceso de secado del tubérculo; por otro lado, existen precedentes que alimentos alternativos como el plátano, la zanahoria y el camote predisponen una mayor presencia de grasa dorsal; sin embargo para este estudio la ganancia de peso no obtuvo valores negativos en los tratamientos con mayor porcentaje de inclusión del tubérculo.

Caicedo y Caicedo (2021) mencionan que la inclusión de papa en la dieta de los cerdos no afecta el comportamiento productivo de los animales, sino que permite mejorar el valor nutricional del tubérculo al implementarlo junto con otros ingredientes; es por ello, que en los tratamientos T1 y T2 (75% y 50% dieta alternativa), los cuales tenían los porcentajes más altos de dieta alternativa, el tubérculo tuvo mayor aceptación en comparación al tratamiento testigo (100% maíz).

Aragadvay y colaboradores (2016) describen que las dietas con mayor nivel de inclusión del tubérculo en la alimentación ofrecida a porcinos, ocasionan pesos finales superiores a los tratamientos con los menores porcentajes de inclusión, debido a que los altos contenidos de almidón de dicho ingrediente ofrecen mayor digestibilidad a nivel intestinal, por lo que los carbohidratos logran cubrir las necesidades energéticas reflejadas así en la ganancia de peso, puesto que en esta investigación no solo se ofreció el tubérculo como dieta única, sino que en combinación con otros ingredientes, los parámetros productivos fueron superados en los tratamientos con 25.26% de inclusión del tubérculo sobre la dieta.

6.5 Evaluación de la sustentabilidad

Según la escala de sustentabilidad planteada (1= mayormente sustentable; 2= altamente sustentable; 3= moderadamente sustentable; 4= poco sustentable; 5= menormente sustentable), el análisis del estado de resultados, presenta que el productor 1 se encuentra más cerca al valor 1 de la escala, respecto a los otros productores. En el caso de la dimensión ambiental podemos observar que el productor 3 y 6 comparten la misma puntuación de la escala a pesar de las diferencias en su modo de producir (el productor 3 implementa alimentación convencional y el productor 6 implementa alimentación híbrida), en este caso el productor 1 igualmente se encuentra cercano al valor 1. Para la dimensión social se aprecia que todos los productores se ubican dentro de la puntuación 2 en la escala, esto se debe a que todos los participantes radican en la misma localidad o en zonas aledañas al lugar de la investigación; es decir, comparten técnicas, valores y costumbres, lo cual se ve reflejado para el análisis de la dimensión.

Una vez analizados los datos de cada uno de los productores se realizó una ponderación colectiva en la que facilito la visualización de cada productor en la escala de sustentabilidad mostrada en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Resultados de la ponderación colectiva.

| Dimensión | Productor 1 | Productor 2 | Productor 3 | Productor 4 | Productor 5 | Productor 6 |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Económica | 0.9 | 1.6 | 4.3 | 3.8 | 2.5 | 2.2 |
| Ambiental | 1.7 | 2.1 | 3 | 2.5 | 2.7 | 3 |
| Social | 2 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.8 | 2.6 |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados mostrados en la **Figura 11**, la dimensión social analizada de forma colectiva no muestra una variación notoria respecto al puntaje por productor. Por otro lado, si hay diferencias relevantes entre el productor 1 (alimentación tradicional/alternativa) y productor 6 (alimentación convencional) en la dimensión económica, esto se debe principalmente a los costos totales de producción, ya que en una producción porcícola los costos de alimentación representan de un 70 a un 80 por ciento de los costos totales; también es necesario resaltar los resultados de los productores 5 y 6, los cuales implementan una alimentación híbrida (alimento balanceado comercial+base maíz) ya que muestran un puntaje moderadamente sustentable de acuerdo a la escala establecida. Finalmente, en la dimensión ambiental se percibe que el productor 1 se encuentra cercano al mayor nivel de sustentabilidad con respecto a los otros productores; no obstante dichos productores (2,3,4,5, y 6) logran permanecer dentro del puntaje 3 (moderadamente sustentable).

Bechara y colaboradores (2014) mencionan que para determinar las variables críticas a emplear en los agroecosistemas porcinos, se deben ubicar situaciones críticas en la dimensión ambiental, como, la educación y concientización ambiental; la capacidad de inversión o rentabilidad del sistema en la dimensión económica, al igual que indagar sobre las percepciones de los productores ante las condiciones de vida familiar, por lo que para la investigación se establecieron un conjunto de componentes e indicadores en las dimensiones

social, económico y ambiental, que permitieron evaluar la sustentabilidad de diferentes sistemas de producción porcícola familiar.

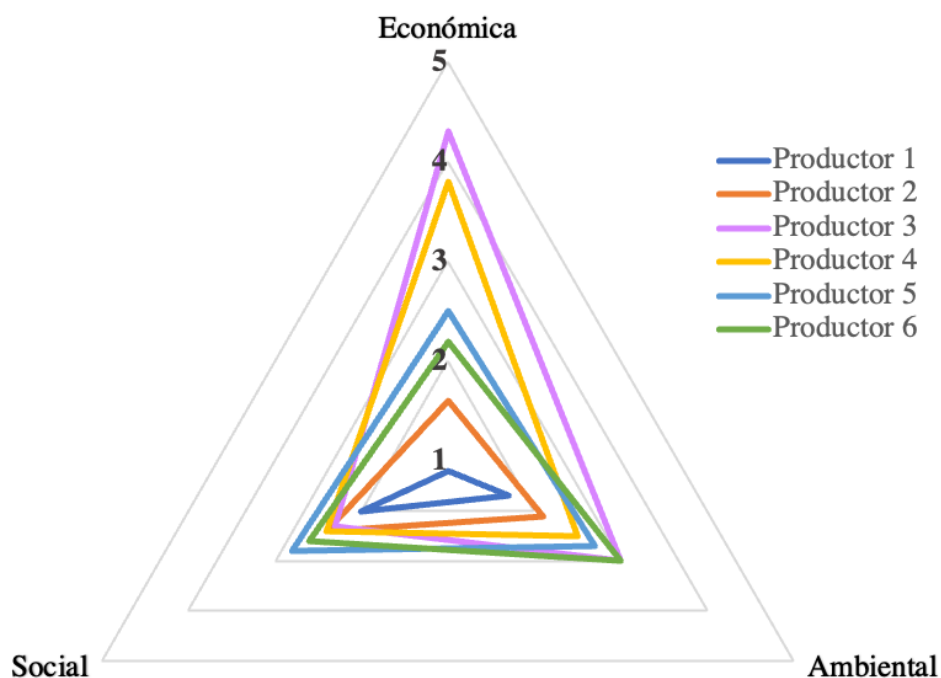


Figura 11. Gráfica radial de las dimensiones: económica, social y ambiental.

Según describe Oyhançabal y colaboradores (2011), en la dimensión social los establecimientos y perspectivas de los productores familiares, el carácter del trabajo, el uso de productos e insumos, el dominio del proceso productivo y el control de la producción, la posición de las unidades productivas, así como la satisfacción de las necesidades familiares forman parte indispensable para el análisis de la sustentabilidad, es por esto que, en la investigación se planteó una encuesta donde fuera posible reflejar datos de los componentes mencionados.

Asanza y colaboradores (2018) explican que, a mayor aplicación de tecnologías en la producción porcícola, como lo es el sistema de cama profunda, se reduce de forma considerable el impacto en actividades de limpieza, ya que la disminución del uso de agua para llevar a cabo procesos de limpieza son reemplazados por la tecnología, así como la

reducción de olores emitidos al ambiente, debido al porcentaje de humedad y homogeneidad entre los desechos sólidos y líquidos que logran permanecer la cama seca. Con respecto a la utilización de los desechos sólidos como materia prima para la elaboración de abonos orgánicos, permite aportar de manera positiva a la reducción de un impacto ambiental negativo, por consiguiente, las tecnologías mencionadas fueron analizadas en cada uno de los productores para permitir acercarnos a un resultado más fiable.

En el trabajo realizado por Fonseca y Vega (2019) detallan que la sostenibilidad de las producciones debe establecer elementos base para calificar los aspectos sociales, ambientales y económicos, por lo que surge la necesidad de establecer estrategias para eficientizar los recursos locales y así optimizar los procesos ecológicos y sociales.

Capítulo 7. Conclusiones

7.1 Dieta alternativa

La inclusión de una dieta alternativa basada en vísceras de pollo, papa y forraje verde hidropónico cumple los requerimientos nutricionales con los que se espera cubrir el desempeño productivo de una producción familiar en las fases que comprende un periodo de engorde de porcinos.

Se evaluó el peso inicial y final en cada una de las fases fisiológicas durante la investigación, el proceso comprendió 152 días con un peso promedio inicial de 7.0 kilogramos y un peso final promedio de 56.46 kilogramos.

Los tratamientos T1 (75% dieta alternativa + 25% base maíz) y T2 (50% dieta alternativa + 50% base maíz) mostraron resultados mayormente positivos en las variables ganancia diaria de peso, así como el índice de conversión alimenticia obteniendo en ambos casos un menor consumo de alimento y una mayor ganancia de peso, debido a que la dieta alternativa logró cubrir las necesidades nutricionales requeridas en una producción porcícola exitosa.

Se determinó que el tratamiento con mayor éxito fue el T1 (75% dieta alternativa + 25% base maíz) ya que conforme a los resultados previamente descritos se observa un aumento de peso constante e ininterrumpido, así como los promedios más altos de ganancia de peso final.

7.2 Sustentabilidad

La materialidad encontrada en los casos analizados se adecua, en los componentes sociales, y productivos, a las particularidades predefinidas para la investigación de la producción familiar porcícola. De este modo, las conclusiones del estudio aportan elementos fiables para realizar análisis de sustentabilidad de los sistemas de producción.

En cada uno de los casos fueron analizados productores familiares; sin embargo, existían diferencias relevantes entre los individuos, tanto económicas como productivas. Se identifican productores que combinan distintas técnicas y fundamentos. Sin embargo, la inclinación de la producción es apoderarse de un lugar estratégico que beneficie las necesidades familiares.

La evaluación de la sustentabilidad muestra predominio de la vertiente económica, por un lado se delimita a seguir la tendencia global y por otro, se percata de la existencia de predisposición a un nivel económico viable, ya sea de forma temporal o perpetuo; es decir, la economía de los productores porcícolas familiares desarrollan estrategias que generen ingresos para sus familias.

El resultado ambiental se condiciona por la dimensión económica, observándose niveles de alto impacto por la inexistencia de técnicas ecológicas en el agroecosistema porcícola, debido a la participación y concientización colectiva. A pesar de ello, se encontraron productores que a menor edad muestran mayor interés en prácticas amigables al medio ambiente y preocupación por el uso desmedido de los recursos suelo y agua.

Se precisa que, más allá de la producción porcícola, la metodología propicie el reflexionar sobre la situación en las que se encuentran las producciones de subsistencia, que, a pesar de contar con la educación ambiental básica, el factor económico y social juega un punto importante en la toma de decisiones.

Capítulo 8. Referencias bibliográficas

- Almaguel, R., Cruz, E. y J. Ly. (2013). Ensilado de Raíces de Yuca alternativa para la alimentación de cerdos. Instituto de Investigaciones Porcinas. *Revista en línea BMEditores*. Recuperado desde: <https://bmeditores.mx/porcicultura/ensilado-de-raices-de-yuca-alternativa-para-la-alimentacion-de-cerdos-1651/>
- Andrade, V., Toalombo, P., Andrade, S., y Lima, R. (2017). Evaluación de parámetros productivos de pollos Broilers Coob 500 y Ross 308 en la Amazonia de Ecuador. *REDVET. Revista electrónica de veterinaria*, 18(2), 1-8.
- Andrade, V., Chávez, D., Acosta, N. y Mazaquiza, D. (2021). Comportamiento productivo de cerdos en ceba con la inclusión de harina de vísceras de pollos en la alimentación bajo condiciones de la región amazónica. *Livestock Research for Rural Development*, 33(7), 1-12.
- Amay, M. (2022). Análisis documental de alimentación alternativa en sistemas de producción porcinos (*Sus scrofa domesticus*) [tesis licenciatura]. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador, La Libertad.
- Amaya, E. (2020). Evaluar el efecto de tres balanceados y dos aditivos para la crianza de cerdos en la etapa de engorde. [Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador]. Biblioteca General. Ciencias Agrícolas. Recuperado desde: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20689>
- Aragadvay, R., Núñez, O., Velástegui, Giovanni., Villacís, L., y Guerrero, J. (2016). Uso de harina de *Colocasia esculenta* L., en la alimentación de cerdos y su efecto sobre parámetros productivos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 3(2), 98-104. Recuperado desde: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812016000200004&lng=es&tlng=es.
- Aragón, E. (2018). Comportamiento productivo de cerdos en ceba largewhite x duroc x pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia Esculenta* (L) Schott) [tesis licenciatura]. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador, Puyo.
- Aranda, F. (2019). Alternativas nutricionales en cerdos, en etapa de crecimiento, para disminuir los costos de producción. [Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica de

Babahoyo]. Dspace de la Universidad Técnica de Babahoyo.
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6849>

- Arias, D. (2015). Producción Porcícola. Unidad III. Módulo IV.
<https://prezi.com/ge2sy4b6wvnu/presentacion-curso-produccion-porcicola/>
- Asanza, C., Luna, A., Logroño, N. y Luna, J. (2018). Evaluación de dos sistemas de producción porcícola y su impacto en el medio ambiente. Conference Proceedings UTMACH, (2), 261-267.
- Altieri, M. A., Nicholls, I. y Vázquez, L. (2017). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61–72. Recuperado desde: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741>
- Ayuntamiento de Villa Victoria. (2021). Atlas de riesgos Villa Victoria. H. Ayuntamiento Constitucional de Villa Victoria, 2019-2021. Gobierno del Estado de México. Pp 28-31. Recuperado desde: <https://villavictoria.edomex.gob.mx/sites/villavictoria.edomex.gob.mx/files/files/ArchivosIPOMEX/Articulo%2094/08%20Atlas%20de%20Riesgos/2021/AtlasRiesgosVV1921.pdf>
- Barrera, A. (2015). Estimación de la capacidad de carga del hábitat de venado cola blanca y ganado caprino en una “UMA” extensiva de la reserva de la biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Ciencias. Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas. Recuperado desde: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/12491>
- Bechara, Z., Martínez, J., Romero, J. y Bustillo, L. (2014). Determinación de variables críticas de sustentabilidad en agroecosistemas porcinos. *Revista Facultad Agronomía*, (1), 834-844.
- Beyli, M., Brunori, J., Campagna, D., Cottura, G., Crespo, D., Denigri, D., Ducommun, M., Faner, C., Figueroa, M., Franco, R., Giovannini, F., Goenaga, P., Lomello, V., Lloveras, M., Millares, P., Odetto, S., Panichelli, D., Pietrantonio, J., Rodríguez, M., Suárez, R., Spiner, N. y Zielinsky, G. (2012). Capítulo X, Bienestar animal. (BPP) Buenas Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar.
- Blas, C., Gasa, J. y Mateos, G. (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas Fundación española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA),

Necesidades nutricionales para cerdos blancos. Recuperado el 23 de agosto de 2021 desde: http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Normas%20PORCINO_2013rev.pdf

- Brunnet, L. González, C. y García, L. (2005). Evaluación de la sustentabilidades de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development*, 17(78). Recuperado desde: <http://www.lrrd.org/lrrd17/7/pere17078.htm>
- Caicedo, W., y Caicedo, L. (2021). Comportamiento productivo de cerdos comerciales en crecimiento alimentados con ensilado de papa (*Solanum tuberosum L.*) de rechazo. *LRRD*; 33(4).
- Caicedo, W., Valle, S., Samaniego, E., y Vargas, J. (2017). Características fermentativas de ensilajes de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta (L.) Schott*) con caña de azúcar (POJ93) para la alimentación porcina. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(12),1-10. Recuperado desde: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63654640027>
- Calderón, V., Churacutipa, M., Salas, A., Barriga, M. y Aranibar, M. (2017). Inclusión de ensilado de residuos de trucha en el alimento de cerdos y su efecto en el rendimiento productivo y sabor de la carne. *Revista Inv Vet Perú*. No. 28, vol. 2. Pp. 265-274.
- Castro, H., Contreras, E. y Rodríguez, J. (2020). Análisis ambiental: Impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado, Colombia. *Revista Espacios*, (41), 42-50.
- Chavarría, A. y Castillo, S. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio*, 4(8), 1032-1039.
- Chica, J., Daniel, E., Palestro, L. y Colucci, R. (2015). Nutrición y alimentación en crecimiento y terminación, para maximizar la productividad y rentabilidad del cerdo moderno. V Congreso Argentino de Nutrición Animal. Buenos Aires, Argentina.
- Cisneros, P., Aniano, H., Martínez, R., Gómez, A., Maldonado, M. y Ayala, M. (2020). Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(SPE24), 247-253.
- COMECARNE (Consejo Mexicano de la Carne). (2019). Compendio Estadístico 2019. Pág. 12-29. Recuperado el 21 de agosto de 2021 desde: https://comecarne.org/wp-content/uploads/2020/09/Industria_Carnica_en_Cifras.pdf

- Cruz, E., y Almaguel, R. (2013). Tecnología de cama profunda para la producción porcina. *Agricultura Orgánica*, 19(3), 3033.
- Cruz, M., Torres, B., Alas, E., y Aguilar, M. (2020). Evaluación de la inclusión de desechos alimenticios a la dieta de cerdos criollos (*Sus scrofa domesticus*) en etapa de inicio y su efecto en los parámetros productivos y económicos. *Revista Agrociencia*, 3(16), 53-65.
- de Ladaga, B. S. P., & Marra, R. M. (2023). Economía circular en granjas porcinas: estudio económico de caso en la provincia de Córdoba, Argentina. *Agronomía & Ambiente*, 43(1), 69-78.
- Ek-Mex, J., Segura, J., Batista, L. y Alzina, A. (2014). Factores ambientales que afectan los componentes de producción y productividad durante la vida de las cerdas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 447-462.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Perspectivas para el medio ambiente, Agricultura y medio ambiente. Recuperado el 19 de agosto de 2021 desde: <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#TopOfPage>
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en relación con la Agricultura). (2020). Panorama agroalimentario, Dirección de Investigación y evaluación Económica y Sectorial. Carne de cerdo 2020. Recuperado el 16 de agosto de 2021 de: buff.ly/3cTytcQ
- Fonseca, N. y Vega, Z. (2019). Sostenibilidad como estrategia de competitividad empresarial en sistemas de producción agropecuaria. *Revista Estrategia Organizacional*, 8 (1), 9-26. doi: <https://doi.org/10.22490/25392786.3168>
- Francesena, Y. (2016). Impacto ambiental provocado por efluentes de instalaciones de biogás de pequeña y mediana escala en la provincia de la región central de Cuba. [Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas]. Dspace@UCLV. Recuperado desde: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6419>
- García, Y. (2017). Evaluación de la suplementación con papa *Solanum tuberosum* en la dieta sobre la producción y calidad de leche en vacas de un hato de Chocontá Cundinamarca. Universidad de La Salle. Recuperado desde: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/341>

- Gómez, E., Silva, J. y Mauricio, E. (2014). Evaluación de dos dietas alternativas para cerdos en la etapa de engorde. *Investigación Zootecnia*. No. 6. Año 5. Pp. 67-73.
- González, I. (2021). Estudio del efecto de la inclusión de subproductos de la industria agroalimentaria gallega en la alimentación porcina sobre la productividad, la calidad de carne y la viabilidad económica y medioambiental. Escuela Internacional de Doctorado. Universidad de Vigo. Pontevedra, España.
- Guzmán, A., Mendoza, C. y Barros, B. (2018). Establecimiento y operación de una granja integral autosuficiente, sostenible y ecológica. *Revista Ingeniare*, 2(25), 77-91.
- Guzmán, M., Torres, B., Alas, E., Martínez, E. (2020). Evaluación de la inclusión de desechos alimenticios a la dieta de cerdos criollos (*Sus scrofa domesticus*) en etapa de inicio y su efecto en los parámetros productivos y económicos. *Rev. Agrociencias*; 3(16), 53-65.
- Hernández, J., García, F., Camacho, J. y Villarreal, O. (2012). El Mecanismo de Producción Familiar Caprina: Gestor del Impulso Socioeconómico en la Mixteca Poblana-México. *Revista Internacional de Administración y Negocios en Ingeniería y Ciencias*, 4(3), 1335-1340.
- Herrera, D. (2021). La Granja Integral Autosuficiente: Estrategia educativa de desarrollo sostenible en el sector rural. Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado desde: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/15699>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Censo de Población y Vivienda. México, Villa Victoria-15114. Recuperado desde: <https://gaia.inegi.org.mx/scince2020/>
- Jiménez, A., y David, M. (2022). Análisis documental de alimentación alternativa en sistemas de producción porcinos, *Sus scrofa domesticus* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022).
- Naranjo, F. (2021). Evaluación del comportamiento productivo de cerdos en crecimiento-Ceba con la utilización de vísceras de pollo en su alimentación, Parroquia Anconcito [tesis licenciatura]. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador, La Libertad.

- Méndez, J., Rodríguez, L., Mandujano, J., Reyes, C. Banda, H. (2016). Yuca: Alimento alternativo para cerdos a base de yuca: Determinando su rentabilidad y viabilidad económica. *Revista Global de Negocios*, 4(7), 53-61.
- Moreira, C. (2021). Efecto de la incorporación de vísceras de pollo cocidas y papa en la alimentación de cerdos durante la etapa de engorde. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador.
- Moreno, A. (2010). Factores asociados a la sustentabilidad de agroecosistemas de agave azul (*Agave tequilana weber*) en la sierra de Amula, Jalisco: propuesta metodológica para su medición. Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Posgraduados. *Colpos digital*. Capítulo V, 49-51. Recuperado desde: http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/285/Moreno_Hernandez_A_DC_EDAR_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montero, E., Martínez, R., Espinosa, S., Herradura, M., Ramírez, G., Sánchez, M. y Martínez, M. (2015). Alternativas para la producción porcina a pequeña escala, Universidad Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Moreno, I. (2018). Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) empleando grano comercial. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias de la tierra y el mar. Facultad de Agrarias. Costa Rica, 7-18.
- OECD/FAO. (2020), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029, OECD Publishing, París. Recuperado desde: <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
- Ortega, R., López, D., Benítez, E. y Vacacela, W. (2017). Utilización de vísceras de pollo en el engorde de cerdos. Universidad Nacional de Loja. *Revista científica multidisciplinaria Investigación y saberes*, 6 (1), 26-40.
- Oyhantçabal, G., Tommasino, H., y Barlocco, N. (2011). Sustentabilidad de la producción familiar de cerdos a campo: un estudio de caso múltiple. *Agrociencia (Uruguay)*, 15(2), 144-157. Recuperado desde: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482011000200017&lng=es&tlng=es.
- Palomo, A., Neil, C., Boyd, D., Bártoli, F., Usry, J., Cuarón, J., Greiner, L., Young, M., Hannas, M., Hazzledine, M., Tokach, M. y Dritz, S. (2016). Manual de especificación de nutrientes de PIC, Sección 2: Componentes nutricionales. Recuperado el 19 de agosto de

2021 desde: https://gb.pic.com/wp-content/uploads/sites/9/2018/10/Nutrient-Specifications-Manual_2016_Spanish.pdf

- Palomo, A. (2016). Modulación del metabolismo energético en la calidad de la carne en porcino. *IVIS*. (129), 24-27.
- Parra, F., Díaz, I., González, C., Hurtado, E., Garbati, S., y Vecchionacce, H. (2014). Efecto de tres tipos de presentación de alimento preparado con raíz y follaje de yuca (*Manihot esculenta crantz*) sobre la digestibilidad aparente en cerdos. *Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias De La Universidad Del Zulia*, 12(2), 471-474. Recuperado desde: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14903>
- Pueblosamérica. (2021). San Agustín de altamirano Primera Sección, México. Recuperado el 19 de agosto de 2021 desde: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/san-agustin-altamirano-primera-seccion/>
- Ramírez, A., Sánchez, P. y Montes, R. (2015). Unidad de Producción Familiar como alternativa para mejorar la seguridad alimentaria en la etnia yaqui de Vicam, Sonora, México. *Revista Ra Ximhai*, 11(5), 113-136.
- Ramírez, C. y Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 79-91.
- Reyes, E. (2016). Evaluación de la luz ultravioleta de onda corta (UV-C) y luz azul sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas en tejocote (*Crataegus mexicana*) durante el almacenamiento. Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Reyna, C., Fuentes, M., Rossing, W. y López, S. (2020). Caracterización de unidades de producción familiar agropecuarias mesoamericanas. *Revista Agrociencia*, 54(2), 259-277.
- Ricaurte, F. A. (2014). La yuca como alternativa en la alimentación de cerdos en la etapa de ceba granja los Laureles vereda Tacarimena municipio el Yopal Casanare. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. *Repositorio Institucional UNAD*. Recuperado desde: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2679>.

- Rico, L. (2021). Efecto de la inclusión de papa (*Solanum tuberosum*) en el concentrado comercial sobre el desempeño productivo de cerdos castrados y no castrados en fase de crecimiento [tesis licenciatura]. Universidad de Pamplona. España, Pamplona.
- Rivera, A. (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 [tesis licenciatura]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia, Cartagena de Indias.
- Rubio, M. y Berlanga, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Reire*, 5(2), 83-100.
- SADER-SIAP (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). Panorama agroalimentario 2020. Datos de un campo que avanza sin dejar a nadie atrás, 11.
- Sandoval, P., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria investigaciones en ingeniería*, (15), 85-95.
- Skejich, P. (2017). Módulo de producción porcina de la Facultad de Ciencias Agrarias. Asumiendo el desafío de la sustentabilidad. [Especialización en sistemas de producción animal sustentable, Universidad Nacional de Rosario]. Centro de Información de Actividades Porcinas (CIAP). <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/TrabajoFinal%20EspSistdeProdAnimalSustentablePatriciaSkejich.pdf>
- Rubio, M. y Berlanga, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Reire*, 5(2), 83-100.
- Veloza, J. (2018). Uso de la Ractopamina en la producción de cerdos: una revisión de la literatura (2008-2018). Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado el 2 de septiembre de 2021 desde: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6092/3/2018_%20uso_%20Ractopamina%20_cerdos%20.pdf

- Ventura, L. y Ventura, C. (2017). Efecto de la incorporación de vísceras de pollo cocidas en la alimentación de cerdos de línea comercial durante las etapas de desarrollo y engorde. Universidad de El Salvador, Centro América. Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador, El Salvador. Pp. 8-14.
- Vera, A. (2021). Efectos de utilización de vísceras de pollo en la alimentación de cerdos sobre las características de calidad de canal y organometría [tesis licenciatura]. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador, La Libertad.
- Worldometer. (septiembre, 2023). World Population. Recuperado el dos de septiembre de 2023 desde: <https://www.worldometers.info>
- Zeballos, O. (2015). Sustentabilidad, desarrollo sustentable e indicadores de sustentabilidad para agroecosistemas. *Revista Postgrado*, 2(1), 37-41.

ANEXOS

Tabla 23. Guía de evaluación de la sustentabilidad en las dimensiones económicas, ambientales y sociales.

| | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--|
| Género | Hombre | | Mujer | |
| Edad | | | | |
| Escolaridad | Analfabeta | Grado máximo de estudios | | |
| Tipo de producción | Tecnificada | Semitecnificada | Tradicional | |
| Dimensión económica | | | | |
| <u>Costos de producción</u> | | | | |
| Alimentación convencional | | | | |
| Alimentación tradicional | | | | |
| Alimentación | Maíz (kg) | | Alimento comercial (kg) | |
| Mano de obra | Salario | | | |
| Rentas | Instalaciones | | Equipo | |
| Equipo propio | | | | |
| Agua | Costo anual | | | |
| Suelo (renta) | Precio por ha * anual | | | |
| <u>Instalaciones</u> | | | | |
| Corrales | | | | |
| Bebederos | | | | |
| Comederos | | | | |
| Pie de cría | | | | |
| <u>Otros ingresos</u> | | | | |
| Trabajo independiente | Trabajo asalariado | Trabajo eventual | | |

| | | | | | |
|---|-------|------------|---------|--------------|---------|
| Renta de suelo | | | | | |
| Ganadería | | | | | |
| Agricultura | | | | | |
| Artesanías | | | | | |
| Comida | | | | | |
| Dimensión ambiental | | | | | |
| <u>Fundamentos ecológicos</u> | | | | | |
| ¿Qué tanto consideras que tu estilo de vida afecte el medio ambiente? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| ¿ Consideras que tu forma de producir impacta negativamente el suelo? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| ¿Consideras que tu forma de producir impacta negativamente el agua? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |

| | | | | | |
|---|-------|------------|---------|--------------|---------|
| <u>Concienciación conceptual</u> | | | | | |
| ¿Qué tanto consideras que el manejo de tu granja deteriora el medio ambiente? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| ¿Qué tanto implementas prácticas que mejoren el medio ambiente? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| <u>Sistema productivo</u> | | | | | |

| | | | | | |
|--|-------|------------|---------|--------------|---------|
| ¿Qué tanto implementas en tu producción el manejo de excretas? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| ¿Qué tanto te preocupas por los desechos líquidos de tu granja? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| ¿Qué tanto estás familiarizado con respecto a tecnologías para el manejo de desechos en tu granja? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |
| ¿Qué tanto haces uso eficiente del recurso agua en tu granja? | Nunca | Casi nunca | A veces | Casi siempre | Siempre |

| <u>Dimensión social</u> | | | | | |
|---|----------------------|---------------------|----------|---------|----------|
| <u>Calidad de vida/vivienda</u> | | | | | |
| Material | Tabique, block | Madera | Láminas | Piedras | Adobe |
| Tamaño | </=50 m ² | > 50 m ² | | | |
| ¿Qué tan seguro consideras el material con el que está hecha tu casa? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| ¿Cómo consideras el acceso al servicio de la luz? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| Presencia de pavimentación en tu zona | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| <u>Calidad vida/salud</u> | | | | | |
| ¿Consideras que hay problemas de salud | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |

| | | | | | |
|---|----------|------|----------|------|----------|
| respecto a la calidad del agua de tu comunidad? | | | | | |
| ¿Qué tan fácil es el acceso a un servicio médico? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| ¿Qué tan fácil es el acceso a un servicio hospitalario? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |

| Calidad vida/alimentación | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------|--|------|----------|
| ¿Consideras que los alimentos producidos en tu localidad son seguros para consumo? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| ¿Qué tanto consideras que puede afectar a tu salud alimentos con residuos farmaceuticos y agroquímicos? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| ¿Consideras que los alimentos disponibles para consumo en tu zona, cumplen como una dieta balanceada? | Muy poco | Poco | Moderado | Alto | Muy alto |
| Trabajo y Organización | | | | | |
| Trabajo | Independiente | Asalariado | Eventual | | |
| Organización | | | | | |
| Forma parte de un grupo o cooperativa de productores porcícolas | Nombre de la cooperativa | No. de integrantes | Actividades que desarrolla en el grupo | | |
| Beneficios que ha obtenido | | Rol que desempeña | | | |