

TECNOLÓGICO NACIONAL DEL MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

**SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN DE DIETAS EN EXPLOTACIONES
PORCÍCOLAS DE LA SIERRA NORORIENTAL DE PUEBLA**

TESIS QUE PRESENTA:

Josue Eduardo Paqui Martinez

Como requisito parcial para obtener el título de:

MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Tabla de contenido

CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	1
1.1 Introducción	2
1.2 Idea sustentada	5
1.3 Planteamiento del problema	6
1.4 Pregunta de investigación	7
1.5 Justificación	8
1.6 Hipótesis	10
1.7 Objetivo.....	10
1.8 Objetivos específicos.....	10
1.9 Alcances	11
1.10 Limitaciones.....	12
1.10.1 Técnica.....	12
1.10.2 Humana.....	13
1.10.3 Económica	13
1.10.4 Análisis FODA.....	14
1.11 Estado del arte.....	16
CAPÍTULO II	23
METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....	23
2.1 Fundamentos teóricos	24
2.1.1 Porcicultura	24
2.1.1.1 Principales razas	24
2.1.1.2 Etapas de producción.....	26
2.1.2 Producción de carne	27
2.1.2.1 Importancia Alimentaria.....	27
2.1.2.2 Mundo.....	28
2.1.2.3 México	29
2.1.2.4 Puebla	30
2.1.3 Componentes de una dieta balanceada	31
2.1.3.1 Aditivos	31
2.1.3.2 Agua	32
2.1.3.3 Fuentes primarias de energía.....	33
2.1.3.4 Minerales	34
2.1.3.5 Proteína.....	36

2.1.3.6 Vitaminas.....	37
2.1.4 Sistema experto	37
2.1.5 Minería de datos	39
2.1.6 Ontología.....	39
2.1.6.1 Componentes	40
2.1.6.2 Tipos.....	41
2.1.6.3 Lenguajes para el desarrollo	43
2.1.7 Árboles de decisión.....	44
2.1.8 Análisis de componentes principales	45
2.1.9 Web semántica	45
2.2 Metodología de la investigación	47
2.2.1 Alimentación de la base de datos	47
2.2.2 Desarrollo del sistema experto.....	48
2.3 Instrumentos metodológicos.....	49
2.3.1 Elección de instrumentos metodológicos.....	49
2.3.3 Operacionalización de las variables	51
2.3.4 Construcción de los instrumentos de medición	52
2.3.5 Ejecución del estudio	54
2.4 Metodología de desarrollo	55
2.4.1 Prototipo.....	55
CAPÍTULO III	57
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS	57
3.1 Análisis de datos.....	58
3.2 Selección de pruebas estadísticas	¡Error! Marcador no definido.
3.3 Realización de análisis (interpretación).....	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Comprobación de la hipótesis	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO IV	65
RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	65
Bibliografía	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Análisis FODA	15
Cuadro 2 Cantidad de agua necesaria para cada etapa del cerdo.....	32
Cuadro 3 Minerales comúnmente usadas en las dietas para cerdos	35
Cuadro 4 Operacionalización de las variables del proyecto	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales países productores de carne a nivel mundial	29
Figura 2 MLS (Sistema de Modelo Lineal).....	47
Figura 3 Instrumento de recolección de datos	54
Figura 4 Prototipo de pantallas del sitio web	56
Figura 5 Jerarquía de clases en Protegé	59
Figura 6 Representación de la ontología a través de WebVOWL	61
Figura 7 Reglas de relación para la ontología en Protegé.....	62
Figura 8 Propiedades para la ontología en Protegé	62
Figura 9 Individuo de tipo Raza.....	63
Figura 10 Individuo de tipo Ingrediente	63
Figura 11 Individuo de tipo Dieta.....	64

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

La relevancia de la carne de cerdo se basa en su riqueza nutritiva, por que aportan todos los aminoácidos, a través de las proteínas que contienen un alto valor biológico para las personas. A su vez, la grasa que contiene es una fuente de energía importante para el desarrollo de algunos procesos biológicos del ser humano.

El código de prácticas de higiene para la carne (CAC/RCP 58/2005) dicta las pautas de higiene e inocuidad para la carne cruda, preparados de carne y carne manufacturada desde su producción en las granjas porcícolas hasta el punto de venta donde lo adquiere el público en general. Y define a la carne como “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin” (FAO, 2015).

En México existen instancias que validan que las prácticas de higiene e inocuidad sean cumplidas y es el personal oficial adscrito al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), mediante el Certificado TIF (Tipo Inspección Federal), el cual garantiza la calidad, sanidad e inocuidad de la producción de todas las proteínas de origen animal y sus derivados. Dicho sello es identificable por los consumidores al momento de hacer la compra, tanto a nivel nacional como internacional (Agroalimentaria, 2020), por lo que, la producción de carne de cerdo es una de las actividades más importantes del sector pecuario en México, y es la segunda proteína más consumida en el mundo después de la carne de pollo (COMERCARNE, 2020).

Para tener un panorama de la importancia del sector pecuario, en 2018 a nivel mundial se produjeron 271,430 millones de toneladas de proteína de origen animal, (bovino, pollo, porcino), donde solamente 10 regiones engloban el 83.9% de la producción total, China, la Unión Europea, Estados Unidos, Brasil, Rusia, India, México, Argentina, Canadá y Australia. Del total de producción, 112.96 millones de toneladas fueron de carne de cerdo (COMERCARNE, 2020).

México se posicionó como el 7º productor pecuario a nivel global con una producción de 9 millones 842 mil 234 toneladas en 2018, 3.3% más con respecto a 2017 como resultado de la unión de habilidades del sector, las técnicas productivas utilizadas y las características de las especies que se aprovechan. Es importante el número de vientres que se destinan para la reproducción animal, porque permite tener una estimación de la producción de cárnicos en el país. En 2019, el inventario porcino está compuesto por un total de 2,261,719 animales (vientres, sementales y de reemplazo). Además, Jalisco, Sonora, Puebla, Yucatán y Veracruz son los principales estados productores de carne de cerdo, abarcando el 69% de la producción total del país (SADER -SIAP, 2019).

En la actualidad muchos sectores productivos han adoptado el uso de las TIC's (Tecnologías de la información y Comunicación) para ser más competitivos, en su mayoría con minería de datos con la cual se extraen grandes volúmenes de información, con la misión de descubrir patrones y tendencias, acción reflejada en la mejora de las actividades realizadas, así

como, disminución de tiempos durante la ejecución de procesos; resultados traducidos no solo en beneficios económicos para los productores de estas proteínas, sino también en el desarrollo económico del país.

En este sentido, existe una preponderancia en el uso de sistemas expertos frente a otras tecnologías. Un sistema experto se define como un sistema que emplea conocimiento capturado en una computadora para resolver problemas en los que normalmente se requiere de expertos humanos (García Serrano, 2012), facilitando los procesos a través de la automatización. Hoy en día se ha convertido en una herramienta de soporte importante para la toma de decisiones.

Este trabajo describe el desarrollo de un sistema experto basado en algoritmos de aprendizaje que tiene como propósito ayudar a los productores a mejorar la cadena productiva mediante el aumento del peso de los animales, a través de la recomendación de dietas. Está encaminado en otorgar información fidedigna y sustentada que otorgue alternativas en la formulación de dietas, de tal forma que la nutrición de los animales permita el crecimiento y mantenimiento de características mejoradas, finalmente haciendo más rentable la explotación.

1.2 Idea sustentada

En la actualidad la explotación porcícola exige la implementación de tecnologías para el mejoramiento en la productividad y rentabilidad del sector. Es por ello que se busca diseñar un sistema experto para su incorporación en las granjas medianas y familiares dedicadas a la producción de carne de cerdo en México, que englobe un catálogo de diferentes dietas compuestas de cantidades específicas de materias primas y otros aditivos, resultado de investigaciones en el sector, a fin de su posterior implementación y observación.

Un factor determinante es el económico debido a la dificultad para la adquisición de alimentos formulados, el volumen de venta y su costo elevado. Además, en la mayoría de los casos se opta por alimentar con combinaciones no probadas por expertos y que están fundadas en el conocimiento empírico, provocando que el peso de la canal sea más bajo y por ende la calidad de la carne no cumpla con los estándares de la industria.

El sistema funcionará acorde a la información recopilada dentro de la explotación, con datos variables como el número de cabezas de lechones, el pesaje final deseado del animal o el presupuesto monetario dispuesto a invertir para mejorar la rentabilidad.

1.3 Planteamiento del problema

La carne de cerdo es la proteína de mayor consumo a nivel global, por lo que su desarrollo se ha disparado exponencialmente debido a factores como el crecimiento demográfico, el incremento del ingreso per cápita y los cambios en las preferencias alimentarias (FAO, 2019). El sector porcícola ha visto un crecimiento importante tanto en el número de animales como en el volumen de carne producida, provocando que su consumo anual per cápita en los países en desarrollo desde 1980 se haya duplicado.

Un componente determinante para la producción porcina es la alimentación del animal en función del tiempo y calidad del producto, y constituye uno de los desafíos más importantes del sector porcícola, principalmente el costo y la disponibilidad de la alimentación, porque del total necesario para la elaboración de esta proteína, entre el 80 al 85% son costos de alimentación (FAO, 2014a). En la actualidad se formulan diferentes programas nutricionales para cerdos, con respecto a la línea genética que tengan y a la ganancia diaria de peso requerida.

Es importante que el porcicultor tenga la capacidad de proveer una dieta óptima para los animales, a través de dietas que están compuestas fundamentalmente por cereales, incluidos el maíz y la soja. Además, debe considerar factores que pueden afectar su uso ya que suelen tener variaciones de precio en el mercado, afectando la rentabilidad de la proteína (Salguero Cruz & Lescano, 2016).

La producción de carne de cerdo que se consume en el mundo es directamente proporcional a la cantidad del alimento que el animal requiere, su formulación convencional contiene principalmente cereales (65-70%) y oleaginosas (15-20%) (Montero López et al., 2015).

Si bien es cierto que las dietas adaptadas son el ideal en la industria, la verdad es que muy difícilmente es aplicado por productores de pequeñas y medianas explotaciones y en buena medida se debe a la falta de conocimiento o asesoría. En este sentido, el asesoramiento es factible siempre y cuando los costos de la producción no se vean comprometidos y la implementación de métodos y productos nuevos siempre estará sujeto a la efectividad en otras explotaciones.

Un cambio en los procesos productivos puede generar un gran impacto en la toda la cadena, pero dependerá de la disposición de las granjas al estudio de las alternativas que se ofrecen.

1.4 Pregunta de investigación

¿Se puede dar soporte al proceso de selección de alimentación durante el crecimiento de los cerdos a las explotaciones porcícolas de la Sierra Nororiental de Puebla mediante el uso de un sistema experto basado en información nutrimental?

1.5 Justificación

La porcicultura tiene como propósito el suministro de carne para consumo de la población, debido a que es una fuente valiosa de proteína, energía, vitaminas, minerales y micronutrientes, ya que son parte importante para el crecimiento y desarrollo humano. De acuerdo a la publicación más reciente del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la carne roja tiene un consumo per cápita de 17.2 Kg (SIAP, 2016).

El acceso y uso de proteínas y aminoácidos de buena calidad, serán importantes para un crecimiento óptimo, principalmente en los primeros meses de vida del cerdo. La ausencia de uno o más aminoácidos esenciales en la formulación del alimento que se le proporciona a los cerdos, puede comprometer sus funciones metabólicas, lo cual genera desde una ineficiencia biológica o posiblemente el desarrollo de una enfermedad, generando costos no contemplados en tratamientos para curar estos padecimientos.

Por otra parte, con la finalidad de conocer opciones de dietas viables y rentables, muchos productores buscan asesoría de expertos a fin de realizar estudios y análisis de sus granjas. Sin embargo, un factor importante es la disponibilidad y cercanía de estos especialistas a los lugares de producción, el costo que representa sus visitas periódicas, y más allá de sugerir opciones viables, en la mayoría de casos se limitan a recomendar productos de una

cierta marca y no en función de las necesidades de la granja, limitando la dieta animal y la diversidad de productos en el mercado.

Aunado a lo anterior, algunas materias primas utilizadas en diversas formulaciones son más accesible que otras, por diferentes circunstancias como la región geográfica, disponibilidad y el precio que suele fluctuar debido al dólar.

Así entonces, disponer de un sistema experto basado en datos nutricionales, que sea capaz de mostrar el tipo de dieta idóneo, mediante las materias primas con las que se tenga mayor acceso, logra poner al alcance de cualquier porcicultor el conocimiento requerido para seleccionar las opciones ideales para su producción. Bajo estas condiciones se lograría optimizar el tiempo y la calidad de la alimentación, abriendo posibilidades que brinden éxito en la producción porcícola.

Es importante también recalcar la importancia en el análisis de las materias primas, ya que da la oportunidad de establecer sociedades que deseen adquirir estos productos a un menor costo con alto volumen de compra.

1.6 Hipótesis

- 1) El uso de un sistema experto para dar soporte al proceso de selección de alimentación durante el crecimiento de los cerdos, será un factor valioso para mejorar la rentabilidad del negocio en las explotaciones porcícolas de la Sierra Nororiental de Puebla.
- 2) Para mejorar la rentabilidad del negocio en las explotaciones porcícolas de la Sierra Nororiental de Puebla, no es crucial el uso de un sistema experto para dar soporte al proceso de selección de alimentación durante el crecimiento de los cerdos.

1.7 Objetivo

Desarrollar un sistema experto basado en información nutricional, para dar soporte al proceso de selección de alimentación durante el crecimiento de los cerdos con el menor tiempo y costo posible para las pequeñas y medianas explotaciones porcícolas de la Sierra Nororiental de Puebla, por medio de algoritmos de aprendizaje automático.

1.8 Objetivos específicos

- 1) Analizar el estado del arte en los contextos de dietas porcinas y de sistemas expertos para el soporte a la toma de decisiones.
- 2) Buscar y seleccionar dietas para cerdos elaboradas por expertos.
- 3) Diseñar la arquitectura del sistema experto.

- 4) Crear las reglas del sistema experto, a partir del conocimiento de los expertos del dominio.
- 5) Implementar la base de conocimiento.
- 6) Analizar y seleccionar los algoritmos de aprendizaje automático.
- 7) Implementar los algoritmos de aprendizaje automático en el sistema experto.
- 8) Validar el sistema experto en un caso de estudio en una granja pequeña y/o mediana.

1.9 Alcances

Mediante la identificación de las diferentes dietas alimenticias para los cerdos, se hará un análisis de la información recabada por un proceso de minería de datos, para posteriormente acotar la dimensionalidad de un grupo de datos, buscando la proyección según la cual el conjunto de valores quede mejor representada en términos de mínimos cuadrados, usando la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP), y esto de pauta para crear un mapa de los posibles efectos de un conjunto de decisiones, por medio de un árbol de decisión y finalmente constituyendo el algoritmo, siendo la base fundamental del sistema experto.

El software será capaz de mostrar el tipo de dieta basada en información nutricional, con diferentes materias primas para la explotación porcícola dependiendo de la cantidad de cerdos con los que se cuente, permitiendo poner al alcance de cualquier porcicultor el conocimiento requerido para seleccionar el régimen alimenticio para su producción, apoyando en el

crecimiento de los animales en el menor tiempo y costo posible, abriendo posibilidades que brinden el crecimiento en la rentabilidad de su explotación.

1.10 Limitaciones

1.10.1 Técnica

El acceso a la tecnología hace en su totalidad factible la construcción del proyecto, para lo que se llevara a cabo un análisis de la información recabada para procesarla a través de minería de datos. Posteriormente se reducirá la dimensionalidad del conjunto de valores, buscando la proyección según la cual la información quede mejor representada en términos de mínimos cuadrados, por medio de la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP), y esto dará pauta para crear un mapa de los posibles resultados de una serie de elecciones relacionadas, por medio de un árbol de decisión y todo esto en conjunto constituya el algoritmo para realizar este proyecto.

Entre los softwares a utilizar están los de licencia libre como el caso de Weka, útil en el análisis de minería de datos y el software estadístico R en su versión más actual, así como, MySQL para el almacenamiento de la base de datos.

Este proyecto pretende como una primera etapa alojar el sistema experto en un sitio web, para que pueda ser consultado desde cualquier lugar que tenga una conexión a internet.

En la parte legal, no existen actualmente en México regulaciones explícitas sobre el uso de estos algoritmos de aprendizaje automático implementados

en el sector pecuario, al contrario, diversas instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales están en busca constante de nuevas tecnologías para aplicar en los negocios de producción de carne de cerdo.

1.10.2 Humana

El capital humano involucrado en la realización del proyecto está capacitado en las diferentes áreas de programación para poder crear este sistema experto y posteriormente dar mantenimiento, actualización de datos y trabajo de campo en la explotación porcícola.

Además, se dispone de un experto en el área de la nutrición de cerdos para conformar la investigación, y así corroborar que la información sea fidedigna y aprovechable para los productores porcícolas.

1.10.3 Económica

Uno de los principales beneficios económicos es el acceso a la información gratuita emitida por expertos, en las que se citan estudios en la formulación e implementación de dietas para las diferentes explotaciones porcícolas, permitiendo conocer alternativas que contrasten con las que se emplean habitualmente.

Con lo anterior, se podrán comparar ambas dietas en función del peso final estimado del cerdo, para identificar cual es más rentable en la producción de carne.

Entre los costos para el desarrollo se precisa la adquisición de herramientas (equipo de cómputo) que cumplan con los requerimientos necesarios y que se adapten al uso de software de código libre. Este último no generara ningún costo por su manipulación.

Es necesario también el apoyo de personal de diseño para la parte visual del software a fin de que este resulte atractivo e intuitivo para el usuario final, la asesoría de los expertos en materia de nutrición de cerdos y los servicios básicos necesarios como luz e internet.

Otras consideraciones a tener en cuenta involucran los costos de transporte para la visita de las granjas de los alrededores, las pruebas necesarias del software y la adquisición de un dominio y hosting para montar este sistema experto en la red y así tener acceso en las diferentes granjas.

1.10.4 Análisis FODA

El siguiente cuadro señala las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del proyecto realizado.

Cuadro 1 Análisis FODA

<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se cuenta con la tecnología necesaria para su desarrollo. -No tendrá costo para los porcicultores -Originalidad del proyecto. -Conocimiento en sistemas expertos. -Presencia del sistema de manera online. 	<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Recabar pocas dietas para la creación de reglas del algoritmo de aprendizaje automático.
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mejorar la rentabilidad de los productores. -Posibilidad de hacer equipo con profesionales en otras áreas. -Descubrir más variables para construir el sistema experto. -No existe un desarrollo de este tipo en el país. 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Nuevos competidores. -Fallo en las pruebas. -No tener la asesoría suficiente de los expertos en nutrición de cerdos.

El desarrollo del proyecto es viable, pues se dispone de los recursos técnicos, humanos y económicos para llevarlo a cabo. Así mismo, se busca la autorización de diferentes explotaciones porcícolas de la Sierra Nororiental de Puebla para realizar las pruebas y recopilar datos, a través de la Organización de Porcicultores Mexicanos (Opormex).

1.11 Estado del arte

La selección de las materias primas para la formulación de las dietas para las producciones pecuarias es una práctica que se realiza con ayuda de un experto, pero esto sucede en las grandes explotaciones. Para el caso de las pequeñas explotaciones o granjas familiares, se hace de forma empírica obteniendo resultados muy diferentes (Montero López et al., 2015).

En la actualidad la tecnología ha alcanzado a diferentes sectores incluyendo el porcícola, trayendo consigo herramientas para la tecnificación y automatización de las granjas, permitiendo desarrollar estudios para medir su factibilidad en las diferentes áreas que componen la explotación de cerdos. Entre dichos estudios se incluyen la nutrición de los animales y la formulación de dietas.

El desarrollo de software para el diseño de formulaciones alimenticias, se han tornado cada vez más importante, debido al crecimiento en la demanda de esta proteína.

De acuerdo con (Vishal Patil et al., 2017), se destacan los diferentes softwares de formulación de dietas para el ganado y otras especies de animales, realizando una comparación técnica en base a diferentes aspectos como la recolección de datos, el software utilizado, precio, alcance y sus limitaciones, encontrando que para la formulación de dietas se requiere una gran cantidad de datos sobre la composición de las materias primas, las condiciones

ambientales en las que se encuentran y su disponibilidad. Pero hacen la invitación a que se haga uso de estos sistemas porque son fáciles de usar, ahorran tiempo y minimizan el error humano al hacer los cálculos, además de ser eficientes en las formulaciones lineales, no lineales y multiobjetivo.

Por otra parte, (Rossi et al., 2013), estos evalúan el rendimiento de los animales, las características de la canal y los costos de los cerdos alimentados con dietas ajustadas a las condiciones brasileñas, a través del modelo InraPorc®, obteniendo como resultados la reducción de los costos de alimentación, lo que genera una mayor producción neta para la explotación.

A su vez, (Lovato Dias et al., 2017), tuvieron como objetivo evaluar un modelo de crecimiento aplicado para ajustar los programas nutricionales para cerdos en crecimiento y finalización, en un contexto de producción comercial, usaron 432 cerdos con un peso corporal inicial promedio de 21.9 kg. seleccionados aleatoriamente de la granja, su conclusión es que el modelo evaluado tiene ventajas para ajustar los programas de nutrición, además de mejorar los aspectos ambientales y económicos de donde se encuentra la explotación porcícola.

Existen estudios que evalúan diferentes ingredientes para el alimento de los marranos, por ejemplo, en (Santos et al., 2017) usan el sebo de res sustituyendo el aceite de soya como fuente de lípidos en las dietas para cerdos en las fases de crecimiento y finalización, teniendo como resultado que los animales alimentados con dieta con sebo de res y 3230 kcal ME / kg y

aquellos alimentados con 3080 kcal ME / kg que contenía sebo de res y emulsionante, no diferían de los animales alimentados con dieta con aceite de soja como fuente de lípidos.

Por otro lado, en (Gonçalves et al., 2014), los autores concluyen que los coeficientes de digestibilidad (DM, OM y GE), el metabolismo y los nutrientes digestibles de glicerina semipurificada (SPGV y SPGM) muestran que ambos son buenas fuentes de energía para alimentar a los cerdos en crecimiento y finalización, pero la viabilidad económica de su uso dependerá de la relación de precios de los ingredientes, especialmente el maíz y el aceite de soja (u otra fuente de energía).

(Martínez-Aispuro et al., 2016) evaluaron el comportamiento de los animales si se agrega xilanasas en dietas que contienen una cantidad elevada de salvado de trigo, además para cerdos en iniciación se analizaron 2 niveles de energía para medir las particularidades de la canal, la densidad de urea en plasma y la reacción productiva, donde infieren que dietas con alto contenido de salvado de trigo afectan las variables productivas, debido a la mayor cantidad de fibra en la dieta significando una disminución en la disponibilidad del nutriente, teniendo como resultado un desbalance, reflejándose en un aumento de grasa en los animales.

En la provincia de Santa Elena, Ecuador, se efectuó una investigación para la raza Large White en la etapa de destete, donde se evaluó la conversión alimenticia, la cantidad de alimento consumido, la ganancia de peso, la

rentabilidad de cada uno de los tratamientos propuestos. Se utilizaron materias primas cercanas al área de estudio para elaborar estos piensos de forma balanceada. Los resultados de su estudio arrojan que el tratamiento comercial Wayne tiene un consumo promedio de 24.18 kg de alimento, la ganancia de peso es de 9.91 kg. cada 15 días y 2.44 en lo que se refiere a conversión alimenticia, además en cuanto a las utilidades fue el mejor comparado con los otros 3 tratamientos examinados, siendo el mejor para poder suministrar a los cerdos de esta raza. Por lo que concluyen que el tratamiento comercial Wayne a pesar de tener mayores costes por las materias primas utilizadas, se compensa por tener la mayor ganancia de peso, dando como resultado mejores ganancias para el productor, en comparación a los otros piensos alimenticios propuestos (Villacrés Matías et al., 2018).

(Tabi Fuérez, 2017), propone una formulación de dieta de costo mínimo para la alimentación de cerdos en la etapa de finalización con un peso que oscila entre los 75 hasta los 100 kg., donde incluye insumos no convencionales, como ariche y suero, materias primas con alta disponibilidad en la Costa Norte de Honduras. Si se formula un alimento solamente con ariche se obtiene HNL (Costo en lempira hondureño) 8.09 kg, por otro lado, usando solamente suero el resultado es de HNL 8.44 kg. pero si se combinan estas dos materias en el mismo pienso el valor de HNL es 8.30 kg. Las dietas propuestas en su mayoría alcanzaron un resultado similar a los piensos tradicionales en cuanto ganancia de peso, pero teniendo un costo menor por kg., reduciendo los costos de producción en este rubro para las explotaciones porcícolas, siendo viable para aquellas zonas donde tienen estos insumos de manera cercana.

El uso de la raíz de mandioca también ha sido objeto de estudio y tal es el caso de la investigación realizada por (Koslowski et al., 2017), en la formulación de la alimentación de los cerdos y los efectos que tiene sobre las diferentes variables productivas. Sus resultados muestran que la ganancia diaria de peso y el consumo de alimento no tuvo diferencias notables entre la dieta base (solamente con maíz) y las propuestas con uso de la raíz de mandioca en un 33% y 66% para reemplazar a este grano. Pero si hubo una diferencia entre la dieta con el 100% del uso de la raíz de mandioca. Donde concluyen que el reemplazo total del maíz por esta raíz obtuvo resultados bajos en las variables examinadas, pero es una alternativa viable para incorporarla en lo que consumen los cerdos, porque no hubo rechazo al recibirlo en el comedero y su precio es inferior a al maíz, lo que puede ser una baja en los costos de producción para el productor.

Por otra parte, (Balasubramanian et al., 2016), indican valores incrementados de enrojecimiento en la carne de cerdos en crecimiento y engordados con dietas suplementadas con *Bacillus* spp. probiótico en nuestro estudio. También observaron un mayor enrojecimiento en la carne de cerdos alimentados con dietas probióticas. Además, para la calidad de la carne mostraron un efecto significativo en la evaluación sensorial del color ($P = 0.025$). Esto puede indicar que la suplementación dietética de *Bacillus* spp. probióticos mejoran la ternura y la palatabilidad de la carne de cerdo. La suplementación de *Bacillus* spp. El probiótico mejoró el peso de la canal ($P < 0.05$) y el grado de la canal en este estudio.

La determinación del tamaño, la ubicación y la estructura de una población ganadera es un aspecto esencial de la vigilancia y la investigación, ya que permite comprender la representatividad y la cobertura de cualquier proyecto o esquema. Y este tema lo aplica el siguiente proyecto en donde se proporciona información sobre los datos de movimiento de cerdos británicos con otros conjuntos de datos relacionados. Se describen dos métodos, el primer método fue un método epidemiológico que utilizó la opinión de expertos para determinar un conjunto de reglas basadas en las características del movimiento para clasificar cada explotación. Y el segundo método fue un enfoque de aprendizaje automático que utilizó el análisis de clústeres de k para estimar automáticamente el tipo de tenencia según un conjunto de indicadores proxy (Smith et al., 2020).

Ahora bien, (Singh et al., 2019) uso un sistema de apoyo para la toma de decisiones para la inspección post mortem de cerdos sacrificados ayudando a los rastros a producir carne de cerdo de calidad, utilizando diferentes técnicas de aprendizaje automático. En este sistema se entrenan diferentes modelos de Algoritmos de Aprendizaje automático para realizar un estudio comparativo en cuanto a diferentes medidas de desempeño. Al utilizar un modelo de aprendizaje automático predictivo desarrollado, pudieron tomar una decisión sobre la condena normal, parcial o total de un cerdo post mortem con alta precisión.

Otro trabajo que se usa la tecnología para las explotaciones porcícolas y enfocado en la nutrición (Ma et al., 2019), donde por medio de un modelo de

razonamiento y toma de decisiones construyeron una plataforma de servicio de red, esta puede reconocer la identidad de cada cerdo y proporcionar alimentación precisa de forma remota, así como informar al porcicultor si la ingesta de alimento del cerdo era adecuada.

Luego de analizar los trabajos que aquí se citan se concluye que el uso de diversas materias primas en la alimentación de cerdos mejora sustancialmente la calidad del producto final, además, el apoyo de la tecnología permite obtener datos relevantes a través de su ejecución y finalmente se establecen nuevos estándares en la industria. Es importante destacar que los trabajos están centrados en el uso alternativo de productos no usados con frecuencia en las explotaciones porcícolas y que conjuntamente pueden mejorar los factores bioquímicos en el animal. Al mismo tiempo los autores implementaron sus estudios con diferentes muestras de cerdos para validar sus propuestas y dar pie a su posterior aplicación. La importancia de la investigación reside en contrastar los estudios previos para generar un sistema experto que deduzca dietas idóneas para las explotaciones porcícolas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

2.1 Fundamentos teóricos

2.1.1 Porcicultura

El cerdo actual es resultado del cruce del cerdo europeo, un animal con un crecimiento muy lento, y el cerdo del sureste asiático, era pequeño, pero con un desarrollo más rápido, madurando así a temprana edad. Los investigadores piensan que estos animales fueron domesticados por el ser humano entre el 7,000 y el 3,000 a.C., aunque algunos trabajos chinos argumentan que desde el año 10000 a.C. en la región Sur de China ya se había domesticado a este animal, por lo que se infiere que su adaptación se realizó de una manera lenta y progresiva (FAO, 2014b).

2.1.1.1 Principales razas

Existe una gran cantidad de razas de cerdos en el mundo y también muchas líneas genéticas comerciales, esto como resultado de cambios en la frecuencia de los genes, tanto de la selección de individuos dentro de poblaciones indígenas como de la incorporación de individuos con otro origen (Trujillo O., 2002).

El cerdo híbrido puede definirse como el cruce entre dos o más familias seleccionadas o razas de cerdos de ascendencia y rendimientos conocidos, este proceso de hibridación o reproducción cruzada da como resultado una

mejora de las características del rendimiento de la camada, comparadas con cualquiera de los padres de pura raza (Germán A. et al., 2005).

En el material realizado por (Ballina, 2010), las razas de cerdos se pueden clasificar de diferentes maneras, pero la clasificación más apropiada para las razas es el tipo de características que mejoran un sistema de producción comercial, quedando reducido a dos:

1. Razas paternas, encontrando principalmente la *Duroc*, *Pietrain* y *Hampshire*, tienen la particularidad de mejorar los parámetros de producción, como lo es el rendimiento magro, la grasa dorsal y la velocidad de crecimiento (Montero López et al., 2015).
2. Razas maternas, entre estas razas se figuran principalmente la *Yorkshire*, *Landrace* y *Large White*, son utilizadas en la producción de cerdas reproductoras híbridas por tener un mejor tamaño de la camada al nacer y/o al pasar a la fase de destete y un mejor peso al destete en comparación a otras razas de cerdos (Montero López et al., 2015).

Actualmente, en la porcicultura de México no se produce carne de razas puras, sino con las mezclas de estas llamadas hibridaciones; las principales razas utilizadas son: Duroc Jersey, Landrace, Hampshire, Chester White, Yorkshire y Pietrain (Pérez Z., 2007).

2.1.1.2 Etapas de producción

En cada etapa de la porcicultura es trascendental conocer el ciclo de producción, porque la correcta administración de estas fases al igual que de todo el sistema de producción desde el parto de los cerdos hasta que es trasladado al rastro establecen las pérdidas o ganancias económicas que afectarán directamente al productor.

Se ha señalado que las necesidades nutritivas del cerdo varían con la edad y fase de producción. Médicos veterinarios especializados en cerdos han indicado que existen por lo menos nueve fases distintas en la producción de estos animales (Campabadal & Navarro, 2002):

- 1) Verracos de reemplazos de 55 a 90 y de 90 a monta.
- 2) Verracos activos.
- 3) Hembras de reemplazo de 50 a 75, de 75 a 100 y de 100 a monta.
- 4) Hembras gestantes primerizas y adultas.
- 5) Hembra lactante primeriza y adulta.
- 6) Cerdos lactantes de 10 días a 5kg y de 5 a 15 kg.
- 7) Cerdos en fase de inicio de 15 a 30 kg.
- 8) Cerdos en fase de desarrollo de 30 a 50 kg.
- 9) Cerdos en fase de engorda de 50 a 108 kg.

2.1.2 Producción de carne

La producción de carne de cerdo en México es de las principales actividades económicas del sector pecuario, porque el consumo de esta proteína ocupa el segundo lugar a nivel nacional, además de consumir una cantidad considerable de los granos forrajeros producidos en el país (COMERCARNE, 2020).

2.1.2.1 Importancia Alimentaria

Dentro de la alimentación humana la carne de cerdo forma parte importante, debido a su disponibilidad y aporte nutricional. Sin embargo, a su alrededor existen muchos mitos que desacreditan su consumo. Uno de los más populares es que la carne contiene mucha grasa, lo cual es totalmente falso ya que la cantidad de grasa es variable según cuál sea el corte; asimismo, el cerdo aporta grasas poliinsaturadas, es decir, grasas que son coadyuvantes en el mantenimiento de los niveles bajos de colesterol. (SADER, 2019).

El valor de la carne de cerdo reside en el aporte de aminoácidos y proteínas fundamentales, nutrientes que los humanos no pueden sintetizar y necesitan obtener de fuentes externas, además de otros micronutrientes de gran relevancia como los minerales (selenio, potasio, zinc, fósforo, sodio, hierro, cobre y magnesio) y vitaminas como la B2, B3, B5, B6, B12 y tiamina, que son primordiales para funciones como el crecimiento y desarrollo (FAO, 2014b).

(McArthur et al., 2014) Concluye que existen efectos positivos en la integración de la carne de cerdo en una dieta equilibrada, si se agregan al menos 500 g/semana contribuye al mejoramiento de los niveles de energía y a su vez provee un poder saciante, siendo significativamente mejor que otros tipos de proteína animal en la misma cantidad. Así mismo, infieren que el conocimiento sobre la calidad de los alimentos permite la implementación de dietas más saludables y en consecuencia el mejoramiento de la salud de los consumidores.

2.1.2.2 Mundo

Durante los últimos 5 años, la producción de proteína de origen animal se ha mantenido en números similares. En 2019 se produjeron 266.6 millones de toneladas de carne pollo, cerdo y res a nivel mundial, representando una tasa de crecimiento compuesta anual de 0.4% entre 2015 y 2019. De esta producción el 39.75% corresponde a producción de carne de cerdo (COMERCARNE, 2020).

El 84% del total de producción de proteínas de origen, lo concentran 10 países, como se observa en la figura 1:

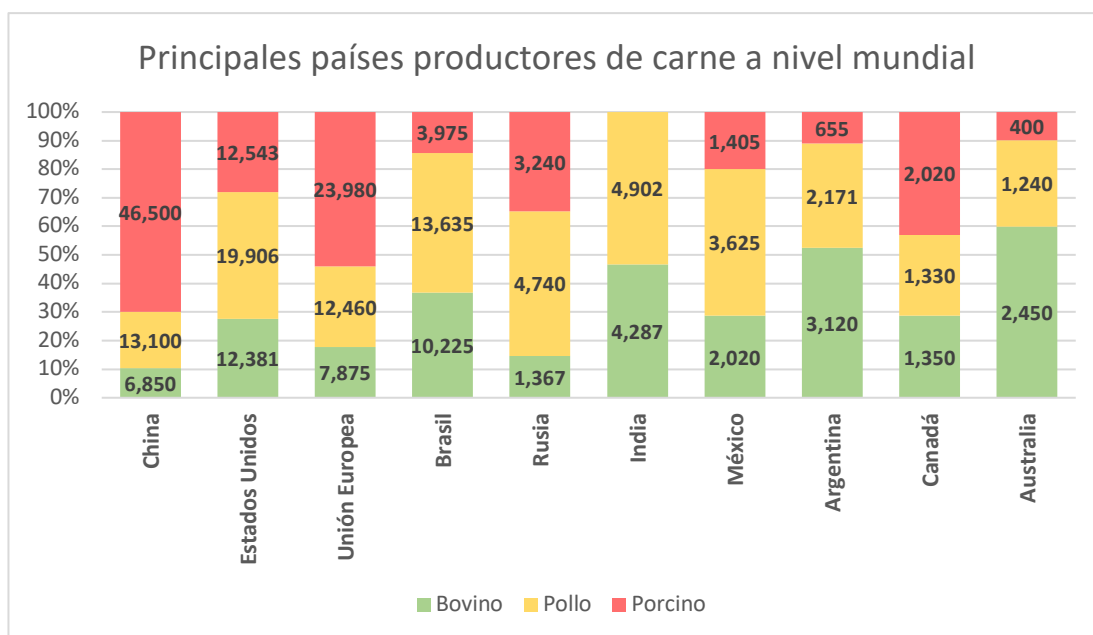


Figura 1 Principales países productores de carne a nivel mundial

2.1.2.3 México

Para finales de 2019, el consumo per cápita alcanzó los 69 kg de carne de proteína animal (pollo, cerdo, bovino) al año, colocando a nuestro país en el 5° lugar a nivel mundial. Anualmente este consumo está creciendo a una tasa de 1.7% incremento por encima al promedio de las potencias mundiales que es del 1.1% al año (COMERCARNE, 2020).

Considerando lo anterior, se consumieron el año pasado más de 8.7 millones de toneladas de proteína de cerdo, res y pollo, representando así el 3.3% del consumo mundial de carne, colocándolo como el sexto consumidor más notable. Además, en 2019 se produjeron un poco más de 7 millones de toneladas de cárnicos, aportando el 2.4% de la producción mundial, ocupando así la 7° posición del ranking mundial. Esta producción tuvo un crecimiento del

3.8% en contraste con la producción de 2018. De este total de producción 1.4 millones de toneladas correspondieron a carne de cerdo que representa el 1.33% de la producción mundial (COMERCARNE, 2020).

La población mexicana consume como segunda proteína la carne de cerdo, teniendo un crecimiento del 1.9% durante 2019. Además de tener un consumo per cápita de 19.6 kg al año de esta proteína. Además, las exportaciones en 2019 tuvieron datos favorables creciendo un 33.8% contra 2018.

2.1.2.4 Puebla

La producción de esta carne en canal tiene una tendencia al alza. En 2019 el estado de Puebla fue el 3er productor más importante a nivel nacional en carne de cerdo, con un total de 171,350 toneladas de esta proteína por debajo de Jalisco y Sonora con 342,104 y 308,105 toneladas respectivamente. Esta producción tuvo un crecimiento considerable del 2.4% con respecto a 2018 (SADER -SIAP, 2019).

2.1.3 Materias primas para alimentación porcina

La nutrición tiene un mayor impacto desde la parte económica y cuantitativa, porque examinando los gastos, esta tiene un rol importante dentro de las explotaciones porcícolas. Por lo que, el uso efectivo de las materias primas requiere conocer su valor nutritivo, el cual corresponde al aporte de nutrientes de esa materia prima al organismo que la consume (Mejía G. et al., 2007).

Es así como un progreso positivo tanto en la calidad y cantidad del pienso alimenticio tendrán, por lo tanto, un notable diferenciador en la eficacia general de la granja y la rentabilidad para el porcicultor (García F. et al., 2012).

Contar con procesos en el área de la alimentación son un detonante primordial para tener una excelente salud y producción de cerdos, cada día es importante proveer de una ración con la cantidad adecuada de proteína, vitaminas, energía, minerales y agua para que el cerdo tenga la ganancia diaria de peso objetivo de la granja (SENASICA-CPM, 2004).

2.1.3 Componentes de una dieta balanceada

2.1.3.1 Aditivos

Son requeridos para optimizar la eficiencia de los alimentos, elevar la tasa de crecimiento y, además, evitar padecimientos en los cerdos. Su aplicación deberá seguir las recomendaciones y regulaciones determinadas por los proveedores para certificar la inocuidad del aditivo. Su uso siempre deberá ser controlado por un especialista, porque una mala práctica de éstos puede poner en peligro la integridad de la carne de cerdo (SENASICA-CPM, 2004).

En la actualidad, sólo se permite sustancias o aditivos registrados en la SADER, los cuales despliegan un resultado antimicrobiano o una acción moduladora de la población microbiana. Los más utilizados, están los edulcorantes, colorantes, saborizantes, secuestrantes de micotoxinas,

enzimas, antibióticos, antiparasitarios, aglutinantes, mánanos, antioxidantes, probióticos, prebióticos, controladores de pH, que alteran directamente o indirectamente en la microflora intestinal del cerdo. Además, son una alternativa al uso de antibióticos empleados como promotores del crecimiento (SAGARPA-SENASICA, 2016)

2.1.3.2 Agua

El agua es considerada el alimento más barato dentro de la alimentación de los cerdos. Debe ser de fácil acceso, proveerse de forma ininterrumpida, debe estar limpia y ser fresca principalmente en las temporadas de calor, así como preservarse del congelamiento en el invierno (SAGARPA-SENASICA, 2016)

El cerdo tiene un consumo promedio diario de este líquido dependiendo de la etapa fisiológica, edad y estado físico (SAGARPA-SENASICA, 2016), como se muestra en el cuadro 2:

Cuadro 2 Cantidad de agua necesaria para cada etapa del cerdo

Etapa	Promedio de consumo de agua al día
Lechón lactante	0.1 a 0.2
Lechón Destetado	2.0 a 4.0
Lechón en Crecimiento	4.0 a 6.0
Cerdos en Crecimiento	6.0 a 8.0
Cerdos en finalización	8.0 a 10
Cerda gestante	10 a 15
Cerda lactante	20 a 30
Semental (verraco)	10 a 15

2.1.3.3 Fuentes primarias de energía

Como todos los seres vivos, los cerdos requieren fuentes de energía en grandes cantidades. Los carbohidratos y los lípidos son las fuentes primarias de energía y su uso es de gran importancia, ya que cualquier anomalía afectará en la salud de los animales (SAGARPA-SENASICA, 2016).

- 1) Carbohidratos: Se pueden encontrar en semillas o granos como arroz, maíz, trigo, cebada, sorgo, etc.
- 2) Lípidos: contribuyen con ácidos grasos esenciales. Estos se subdividen en:
 - a) Animal: manteca y cebos.
 - b) Vegetal: aceites como el de soya, palma africana, etc.
 - c) Mezcla: aceites acidulados “oleínas”, grasas de frituras, subproductos industriales de la industria del biodiesel, lecitinas y de la obtención de ácidos grasos.

El uso de estos energéticos en la dieta de los animales va a depender de la disponibilidad y costos y para su implementación se deberán tomar en cuenta las determinaciones de la NOM 060-ZOO-1999, correspondiente a las necesidades y requerimientos nutricionales de los animales en ácido linoleico u otros ácidos grasos polinsaturados, así como el valor energético que se precise de la grasa (SAGARPA-SENASICA, 2016).

2.1.3.4 Minerales

Los minerales se requieren para la formación de hueso y otras funciones biológicas importantes. Estos provienen de diversas fuentes como los cereales, subproductos de cereales, melazas y otros suplementos. Si no se tiene un control sobre la cantidad suministrada pueden ser tóxicos, por lo que se deberá poner especial atención su formulación y administración (SENASICA-CPM, 2004). Se dividen en:

- 1) Macro minerales: Calcio, Fósforo, Sodio, Cloro y Potasio.
- 2) Micro minerales: Cobre, Cromo, Cobalto, Hierro, Manganeso, Selenio Yodo y Zinc.

El acceso libre y controlado de los minerales es significativo, particularmente para el Hierro, Yod, Cobre, Zinc y Selenio. Existen ciertos elementos que pueden provocar la ausencia o disponibilidad de los minerales, como son: la dosis incorporada en el pienso compuesto, la forma química del mineral, cantidad almacenada en el organismo, así como el estado fisiológico, la edad y/o salud del animal. Otro factor importante es la existencia de otros minerales en la formulación del alimento.

Los proteinatos por tener una estructura orgánica, cuenta con una mayor biodisponibilidad, pero una parte a considerar es que son costosos, en comparación a aquellos elementos con formas inorgánicas (SAGARPA-SENASICA, 2016).

En el cuadro 3 se muestra una lista de formas de minerales comúnmente usados en los piensos para cerdos.

Cuadro 3 Minerales comúnmente usadas en las dietas para cerdos

Mineral	Forma	Biodisponibilidad
Calcio	Harina de hueso	Excelente
	Carbonato	Excelente
	Fostato mono o dicálcico	Excelente
	Piedra de cal dolomítica	Buena
Cobre	Sulfato	Excelente
	Oxido	Pobre
	Lisina	Excelente
Hierro	Oxido férrico	Inaceptable
	Carbonato ferroso	Pobre
Magnesio	Sulfato ferroso	Excelente
	Hierro-metionina	Excelente
Manganeso	Sulfato	Excelente
	Oxido	Buena
	Carbonato	Excelente
	Sulfato	Excelente
	Metionina	Excelente
Fósforo	Harina de hueso	Excelente
	Fostato dicálcico	Excelente
	Fosfato monocálcico	Excelente
	Fosfato roca blanda	Pobre
	Fosfato roca defluorinada	Excelente
Selenio	Selenito de sodio	Excelente
	Selenato de sodio	Excelente
Zinc	Lisina	Excelente
	Metionina	Excelente
	Oxido	Media
	Sulfato	Excelente
	Carbonato	Excelente

2.1.3.5 Proteína

Una dieta alcanzará una máxima eficiencia, abasteciendo una porción exacta de proteínas que incluya la misma cantidad de aminoácidos esenciales y no esenciales. Además debe ser proporcionado en cantidades idóneas para las necesidades metabólicas del animal, otorgando resistencia a ciertas enfermedades (SAGARPA-SENASICA, 2016).

El valor nutritivo está sujeto a la disponibilidad, digestibilidad y composición en aminoácidos. Estos se dividen en 2 grupos:

- 1) Vegetal: Se encuentran en forma de pasta como la de soya, de algodón, ajonjolí, girasol, cacahuate, coco, entre otras.
- 2) Animal: Este grupo contempla el sustituto de leche, algunas harinas como la de carne, de sangre, plasma sanguíneo que proviene de otros animales, de pescado, entre otros.

Algunas dietas incluyen suplementos de aminoácidos para asegurar el correcto desempeño del organismo. La arginina, cisteína, isoleucina, lisina, treonina, metionina, leucina y triptófano son algunos de los aminoácidos principales que son incluidos en la formulación del alimento (SENASICA-CPM, 2004).

2.1.3.6 Vitaminas

Son elementos importantes para el correcto desarrollo de los tejidos, el mantenimiento, el crecimiento y la función metabólica estable en los animales. Ciertos tipos de vitaminas pueden ser elaboradas en el organismo, pero se deben adicionar a los piensos para obtener efectos positivos en el rendimiento del animal (Danura, 2009) se dividen en dos tipos:

- 1) Liposolubles: son cuatro y tienen en común la característica de que no se solubilizan en agua, pero sí en grasa. Son la (A-D-E-K).
- 2) Hidrosolubles: estas son solubles en el agua. Y son Ácido fólico, Ácido pantoténico, Biotina, Vitamina B1, B2, B3, B6, B12, Vitamina C.

Las vitaminas principales para los cerdos son vitamina A, D, E, grupo de la vitamina B (B1 y B2), B12 y vitamina C (SAGARPA-SENASICA, 2016).

2.1.4 Sistema experto

La aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) es diversa y en la actualidad se emplea en sectores como la informática y la robótica. Sin embargo, su manejo ha llegado a varias áreas pasando desde las ciencias sociales, ciencias humanas, hasta las ciencias naturales. Una parte importante son los sistemas expertos que forman parte de los campos de estudio de la (IA), junto con la simulación sensorial, la robótica y los lenguajes naturales.

La denominación Sistema Experto (SE) proviene de la expresión “sistema experto basado en conocimiento”. Un Sistema Experto, es un método que aplica sabiduría humana que es guardada en un ordenador para solucionar dilemas que normalmente requiere de especialistas. Los sistemas correctamente contruidos pueden simular el proceso de razonamiento que las personas usan para resolver determinadas cuestiones (García Serrano, 2012).

Este tipo de sistemas, puede ser aprovechado para la resolución de cuestionamientos de una manera rápida y confiable, sin tener un conocimiento especializado en el área deseada. Los SE son capaces de convertirse en asistentes de los propios expertos (Lara Carreño, 2019). Estos sistemas se desempeñan en una especial y acotada área de destreza, mucho mejor que cualquier persona especialista y son valiosos para solventar incógnitas que se basan en conocimiento (Osornio, 2015). Entre las propiedades primordiales de un SE, se encuentran:

- 1) Utilizan estructuras o normas con conocimientos y experiencias de expertos especializados.
- 2) El conocimiento es explícito y organizado, por lo cual el conocimiento se completa poco a poco y especificado al área de especialización.
- 3) Aplica técnicas de búsqueda y un soporte para análisis heurístico.
- 4) Se obtienen conclusiones a través de deducciones lógicas.

2.1.5 Minería de datos

La minería de datos (MD) es el proceso de buscar información valiosa mediante el análisis de los datos contenidos en una base de datos, con el objetivo de descubrir patrones y tendencias estructurando la información obtenida de un modo comprensible para su posterior utilización (L. Joyanes Aguilar, 2016).

(García Herrero et al., 2018), la definen como la indagación de los patrones de interés en una definida conceptualización o sobre una muestra de un grupo, utilizando métodos de clasificación, árboles de decisión, agrupación, regresión, etc.

2.1.6 Ontología

Una definición sobre la ontología es definida por (Neches et al., 1991) como “el conjunto de términos básicos y relaciones donde se agrega un diccionario de un área, además de reglas para la combinación de términos y relaciones para definir ampliaciones de un vocabulario”.

Otra definición recientemente usada en el área de la computación, es descrita por (Cantor, 2007) como la inclusión de descripción de conceptos básicos relacionados con un dominio, las relaciones que existe entre ellos, de tal forma que los procesadores de las computadoras pueden codificar la

inteligencia y también el conocimiento extendido, haciendo reutilizable la información.

El en área de la computación precisan a la ontología como una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida, donde formal significa que una computadora puede interpretar la información, explícita ya que todos sus componentes (clases, relaciones, propiedades, entre otros) están definidos explícitamente, conceptual porque describe un modelo abstracto del dominio para el cual fue desarrollada y compartida porque indica que debe ser consensuada por un grupo de expertos en el área (Suárez-Figueroa, 2010).

Para una ontología la etapa diseño y construcción deberá tener una serie de pasos como cualquier proceso de desarrollo de software, identificando las necesidades y la localización de los recursos necesarios como el hardware, software y el personal especializado en el área (Gandon, 2003).

Es transcendental que cualquier desarrollo de una ontología se base en una metodología (Gandon, 2003). Las metodologías para la construcción de ontologías a pesar de sus diferencias, cuentan con cinco pasos principales: especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento, que son presentadas como ciclo de vida (Keet et al., 2010).

2.1.6.1 Componentes

A continuación, se da una breve explicación de cada uno de los componentes principales que integran una ontología:

1. Clases: Se define como la agrupación de individuos que comparten propiedades, poseen un identificador único y pueden asociarse a otras clases por medio de relaciones.
2. Relaciones: Son las interacciones que existen entre las clases, por lo regular se componen solo de dos clases (binarias). Estas relaciones tienden a cumplir con ciertas características como la simetría, transitividad, asimetría, etc.
3. Axiomas: Son ciertas reglas o teoremas que son declaradas en las relaciones dentro de la ontología y que los elementos deben de cumplir, delimitando su comportamiento.
4. Instancias: Son los elementos del mundo real, asignados a una clase de la ontología.
5. Atributos: Son las propiedades de las clases u objetos de una ontología.
6. Restricciones: Límites establecidos para que un axioma pueda ser cierto dentro de la ontología.

2.1.6.2 Tipos

Diferentes autores tienen distintos enfoques en cuestión a los tipos de ontologías que existen. (Guarino, 1998) detalla la siguiente clasificación conforme al nivel de generalidad:

- 1) Alto Nivel: Se representan conceptos generales como espacio, tiempo, materia u objetos. Son autónomos de un dominio o problema particular. Su objetivo es unificar criterios entre grandes comunidades de usuarios.

- 2) Dominio: Describen el vocabulario relacionado a un área muy genérica como puede ser la medicina, biología, química, etc. por medio de la distinción de los conceptos incrustados en las ontologías de alto nivel.
- 3) Tareas: Representan un léxico relacionado a una tarea o actividad genérica por ejemplo el diagnóstico de un proceso, o el comportamiento del área de ventas, a través de la determinación de los conceptos capturados en las ontologías de alto nivel.
- 4) Aplicación: Contienen conceptos que corresponden tanto a un dominio como a una tarea particular, por medio de la especialización de los conceptos de las ontologías de dominio y de tareas. Generalmente corresponden a roles que juegan las entidades del dominio cuando ejecutan una actividad.

(Suárez-Figueroa, 2010) las clasifica de acuerdo con su grado de formalismo y semántica proporcionada en:

- 1) Terminológicas: su principal distintivo es que los conceptos y relaciones no se definen mediante axiomas y definiciones que permiten determinar las condiciones necesarias y suficientes de su uso.
- 2) Axiomatizadas o también llamadas formales: los conceptos y relaciones si contienen axiomas y definiciones enunciadas mediante lógica o a través de un lenguaje de programación que puede traducir esta lógica.

2.1.6.3 Lenguajes para el desarrollo

En la actualidad, aunque se pueden usar una cierta cantidad de lenguajes para la construcción de ontologías, se han desarrollado algunos específicamente para fin. En el área de la IA (Inteligencia Artificial) existen varios lenguajes formales como son OKBC (Open Knowledge Base Connectivity), KIF (Knowledge Interchange Format), OCML (Operational Conceptual Modeling Language), KL-ONE, Ontolingua, FLogic (Frame Logic) o LOOM, establecidos en distintos formalismos lógicos como lo es la lógica de predicados de primer orden, marcos y lógica descriptiva, con diferencias en expresividad y capacidad de inferencia (Colmenero Ruiz, 2004).

Pero (Martín, 2011) en su libro explica que existen 3 tecnologías destacadas para la construcción de ontologías en la Web semántica:

- 1) Lenguaje XML (eXtensible Markup Language): es un estándar que permite establecer de manera sintáctica los datos, pero sin añadir sentencias sobre su significado, además es posible incluir metadatos (datos que describen datos), dentro de los documentos web permitiendo a las computadoras, realizar tareas de manipulación del contenido, es usado para da soporte a bases de datos, permitiendo a varias aplicaciones comunicarse entre sí y compartir información de una forma más rápida (Martín, 2011).
- 2) Lenguaje RDF (Resource Description Framework): está apoyado en XML, sirve para representar metadatos sobre objetos en la web,

permite que cada metadato contenga una sintaxis diferente. Además se puede agregar semántica al documento, proporcionando 3 tipos de característica: recursos, propiedades y axiomas (Saha, 2007).

- 3) Lenguaje OWL: Fue diseñado para ser utilizado cuando los datos de diferentes fuentes o archivos debe ser procesada por las aplicaciones, a diferencia de los escenarios en donde el contenido solo se muestra a las personas interesadas, otra de sus funciones es representar claramente el significado de los términos en vocabularios y las relaciones entre esos datos (Saha, 2007).

2.1.7 Árboles de decisión

Es un mapa de los posibles caminos al tomar ciertas decisiones que estarán asociadas, permitiendo a un sujeto valorar las probables acciones en base a la factibilidad económica, la posibilidad de éxito y que ventajas contendrá para producir discusiones que sean lo necesariamente buenas para construir un algoritmo con operaciones matemáticas que arroje la mejor opción para un determinado problema (Luis Joyanes Aguilar, 2019).

Inicia con un solo nodo, que se ramifica en posibles soluciones, cada uno de esos conduce a nodos adicionales, que se ramifican hacia otras posibilidades, creando una forma arborescente, este será tan grande conforme a la información introducida y necesaria para llegar a un resultado que sea de utilidad para una persona o para un experto (Ludwig et al., 2018).

2.1.8 Análisis de componentes principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP), es un procedimiento útil para acotar el tamaño de un conjunto de datos, busca la proyección según la cual la información quede mejor interpretada en términos de mínimos cuadrados, transformando un grupo de observaciones de variables potencialmente entrelazados en cantidades de variables sin idoneidad lineal llamadas componentes principales (Lever et al., 2017).

El ACP es usado para examinar un conjunto de datos, para posteriormente diseñar modelos predictivos, utilizando el cálculo de la descomposición en autovalores de la matriz de covarianza, centrando normalmente los datos en la media de cada atributo.

Permite poner en relieve los factores que diferencian al máximo los objetos entre sí, determinar los objetos que el conjunto considera semejantes y conocer las características causantes de estas similitudes o diferencias. Obteniendo en un mapa las relaciones entre los objetos analizados (L. Joyanes Aguilar, 2016).

2.1.9 Web semántica

En la actualidad, las personas hacen uso del internet para realizar búsquedas de diversos temas, suele pasar que el buscador devuelve una gran cantidad de recursos que en ocasiones no pueden ser los deseados o que no tengan

alguna relación tan directa de los términos que se introdujeron para realizar la búsqueda.

(Berners-Lee et al., 2001) fueron los primeros en publicar un trabajo en la World Wide Web Consortium, donde se introducía el término de Web semántica, haciendo referencia a la necesidad de poder enunciar los datos de cierta forma para que las computadoras pudieran procesarla correctamente, además se presentan una serie de pasos para que estos dispositivos a través de la web distribuyeran el conocimiento, mediante un razonamiento que fuera automático.

Por lo que un esquema de acciones en la web dando características como la autonomía para interactuar con el entorno y tomar decisiones; adaptabilidad para aprender las preferencias del usuario, de otros agentes y de los orígenes de la información, y comunicación para inferir las necesidades y objetivos que tiene el usuario permitirá tener una web más inteligente y por ende las personas obtendrá lo que están buscando (Villada V., 2017).

2.2 Metodología de la investigación

El presente trabajo de investigación, por el tema que se va a desarrollar es una investigación cuantitativa se eligió el modelo incremental (Pressman, 2010), la cual combina elementos del MLS (Sistema de Modelo Lineal) con la filosofía interactiva de construcción de prototipos como se muestra en el gráfico, para garantizar la funcionalidad de cada una de las partes que integraran el software a desarrollar, definiendo y especificando cada etapa como lo indica la ingeniería del software.

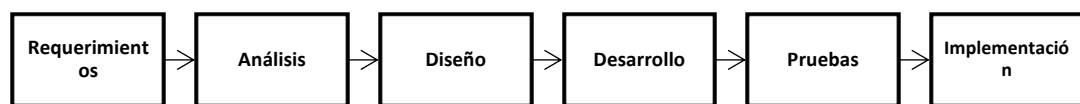


Figura 2 MLS (Sistema de Modelo Lineal)

Teniendo en cuenta esto, el proyecto se divide en dos áreas donde se aplica el modelo de construcción elegido anteriormente.

- 1) Alimentación de la base de datos.
- 2) Desarrollo del sistema experto.

2.2.1 Alimentación de la base de datos

Con datos estadísticos, de diversos trabajos realizados por expertos en nutrición, se seleccionarán las dietas más destacables conforme a los resultados obtenidos de cada investigación. Posteriormente se realizará una revisión exhaustiva de las materias primas que compone cada una de los

diferentes tipos de nutrición. Con la información recabada se construirá una base de datos estadística que permitirá buscar el régimen recomendado de acuerdo a los resultados que esté buscando el productor en función del peso deseado en un tiempo determinado.

Además, se realizarán cuestionarios cerrados, haciendo uso de la fórmula estadística para muestra de poblaciones finitas y con un nivel de confianza del 95% y margen de error de 5% a una población total de 500 productores de la Sierra Nororiental de Puebla, da como resultado un total de 81 productores, lo que permite agrupar la información y tener un panorama general de los resultados.

2.2.2 Desarrollo del sistema experto

Es importante mencionar que, por el tipo de sistema a realizar, se integrarán en las fases de desarrollo las actividades mostradas a continuación:

- 1) Búsqueda y selección de modelos de predicción en función al tipo de estudio a realizar.
- 2) Desarrollo y construcción de los métodos analíticos seleccionados.
- 3) Verificación y valoración de modelos.
- 4) Diseño de la base de datos.
- 5) Concentrado de la información en la base de datos con las variables definidas.

- 6) Análisis de datos almacenados para identificar: patrones y/o tendencias a partir de métodos analíticos, como métodos simbólicos y métodos estadísticos.
- 7) Revisión de datos e interpretación.
- 8) Ajuste y verificación de modelo predictivo.

Con respecto a los modelos de predicción se trabajará con algoritmos de agrupamiento y clasificación mediante el uso de Weka, es un software de código abierto, contiene una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos, permitiendo procesar una gran cantidad de información (Kalmegh, 2015).

2.3 Instrumentos metodológicos

2.3.1 Elección de instrumentos metodológicos

El tipo de investigación cuantitativa es la que se adecua al proyecto a realizar, porque se van a recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, para seleccionar las mejores dietas elaboradas por expertos. Además, se estudia la posibilidad de generar cierto conocimiento que pueda ser aplicado a uno de los principales problemas del sector porcícola convirtiéndose también en una investigación aplicada.

2.3.2 Selección de la muestra

La investigación se llevará a cabo en la Sierra Nororiental de Puebla, donde se aplicarán cuestionarios cerrados a propietarios de medianas y pequeñas explotaciones porcícolas, quienes son el objetivo de este proyecto.

Se realiza este documento de recolección debido a que solicita respuestas breves, específicas y delimitadas, permitiendo agrupar la información y tener un panorama general de los resultados.

Este instrumento (cuestionario) de recolección de datos se hará a un total de 81 porcicultores que equivale a una muestra de una población de 500 porcicultores de la zona de estudio (SADER -SIAP, 2019), haciendo uso de la fórmula estadística para muestra de poblaciones finitas y con un nivel de confianza del 95% y margen de error de 5%, asimismo se van registrar los testimonios de estas personas (material audiovisual), con previa autorización. Para la selección de productores que conformarán este estudio, se hará mediante un muestreo probabilístico, se decidió por la muestra probabilística estratificada, porque nos va a permitir obtener una muestra por segmentos que en este caso sería por el número de vientres en intervalos de 50 vientres, para así por cada grupo obtener una muestra representativa y que al sumar el de todos los rangos de edades nos del total de 81 productores.

Cuando se tienen definido la cantidad de productores para cada rango, se hará una selección sistemática de elementos muestrales ya que la muestra de

81 productores sería más confiable si se aplica este método combinado con STATS® y así conforme a la base de datos de la SADER y por rango de número de vientres, ir seleccionando por cada intervalo que nos dé el STATS® hasta llegar al total de cada intervalo y de esta manera va a ser más unificado la selección de los porcicultores.

2.3.3 Operacionalización de las variables

El cuadro 1 muestra las variables que son aplicables para el proyecto, en donde se analizan diferentes indicadores, generando ítems que permiten la construcción del instrumento de recolección de datos.

Cuadro 4 Operacionalización de las variables del proyecto

Variable	Dimensión	Indicador	Ítem
Uso de dietas para alimentar cerdos	Materias primas	Precio de las materias primas	Cuando realiza la compra de los ingredientes necesarios para alimentar a sus cerdos, ¿el costo final de las materias primas es un factor importante?
	Cantidad de alimento	Porción de alimentación	¿Provee a cada cerdo con la cantidad exacta de alimento que marca la dieta utilizada?
	Rentabilidad	Precio por kilogramos de la carne en canal	¿La dieta que actualmente utiliza le permite obtener las ganancias esperadas para su explotación?

Tiempo requerido para el crecimiento de los cerdos	Días de crecimiento	Tasa de crecimiento	Durante el proceso de producción, ¿la cantidad de días empleado para obtener el mismo peso en sus cerdos es constante?
Contratación de servicios por un nutriólogo	Asesoría	Frecuencia de consulta	¿Qué tan frecuente contrata los servicios de un nutriólogo para conocer formulaciones que ayuden en el crecimiento de sus cerdos?
Uso de tecnologías en su explotación	Software	Conocimiento de existencia de software	¿Conoce algún software que le permita formular dietas para su explotación?
		Probabilidad de usar un software	¿Estaría dispuesto a utilizar un software que le sugiera alternativas de dietas para la alimentación de sus animales?

2.3.4 Construcción de los instrumentos de medición

El siguiente instrumento de recolección de datos está formado por un total de 7 preguntas, el cual permite recabar datos claves para conocer la opinión de los pequeños y medianos porcicultores de la Sierra Nororiental del estado de Puebla, sobre el uso de dietas en su producción y la disponibilidad para implementar tecnología en su granja.

1. Cuando realiza la compra de los ingredientes necesarios para alimentar a sus cerdos, ¿el costo final de las materias primas es un factor importante?

- Muy importante
- Importante
- Normal
- Poco importante
- No es importante

2. ¿Provee a cada cerdo con la cantidad exacta de alimento que marca la dieta utilizada?

- Muy frecuentemente
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Raramente
- Nunca

3. ¿La dieta que actualmente utiliza le permite obtener las ganancias esperadas para su explotación?

- Siempre
- Casi siempre
- Ocasionalmente
- Usualmente no
- Nunca

4. Durante el proceso de producción, ¿la cantidad de días empleado para obtener el mismo peso en sus cerdos es constante?

Siempre ____ : ____ : ____ : ____ : ____ : ____ : ____ Jamás

5. ¿Qué tan frecuente contrata los servicios de un nutriólogo para conocer formulaciones que ayuden en el crecimiento de sus cerdos?

- Muy frecuentemente
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Raramente
- Nunca

6. ¿Conoce algún software que le permita formular dietas para su explotación?

Conocer ____:____:____:____:____:____:____ Ignorar

7. ¿Estaría dispuesto a utilizar un software que le sugiera alternativas de dietas para la alimentación de sus animales?

	Definitivamente sí
	Probablemente sí
	Indeciso
	Probablemente no
	Definitivamente no

Figura 3 Instrumento de recolección de datos

2.3.5 Ejecución del estudio

El objeto de estudio de este cuestionario estará destinado a un total de 81 productores que son la muestra de un total de 500 productores ubicados solamente en la Sierra Nororiental del estado de Puebla. Al sintetizar y simplificar los datos se procederá a generar los gráficos para contrastar las respuestas proporcionadas por los porcicultores. Esto permitirá tener un panorama general de cómo se constituyen la mayoría de las dietas en las producciones, los costos de implementación de las tecnologías, así como la disposición para emplear la propuesta de proyecto a fin conocer sugerencias que generen mejoras en los rendimientos de la carne en canal.

Debido al panorama general que se está viviendo en el mundo, para recabar los datos, se enviará por medio de correo electrónico un enlace que redirija a un formulario de Google Forms para responder las preguntas que se proponen, los datos para tener contacto serán otorgados por la Organización

de Porcicultores Mexicanos (Opormex), congregando en un solo gremio a los porcicultores del país.

2.4 Metodología de desarrollo

2.4.1 Prototipo

En la idealización del prototipo, se concluyó en el desarrollo una aplicación web, que tendrá un bosquejo completo de funciones específicas. Los datos son de real importancia para la funcionalidad por lo que se solicitara por medio de un registro la información del productor y de su granja.

Una vez que se tienen estos datos, el porcicultor podrá acceder a un formulario en donde capturará diferentes variables que van a ser de utilidad para los algoritmos de aprendizaje automático implementado en el sistema experto y desplegarán las dietas sugeridas para la alimentación de los cerdos. Además, podrá crear un reporte por cada dieta que seleccione para que pueda ser almacenado en su dispositivo.

Entre otros elementos también contará con opciones como el historial, donde visualizará los diferentes reportes generados con las variables que se hayan colocado.



Figura 4 Prototipo de pantallas del sitio web

CAPÍTULO III
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

3.1 Análisis de datos

En la actualidad existen un grupo diverso de buscadores académicos cuyo objetivo es el de proveer información a través de artículos académicos que están contenidos en una biblioteca digital y cuyo acceso es variable (algunos requieren licencia). Con base en lo anterior el acceso a SciELO, Dialnet, Google Scholar y Springer Link fue imprescindible para la recopilación de trabajos de diferentes autores con temas relacionados a la alimentación porcina a través de las etapas de producción.

Al obtener un número de trabajos considerable, el análisis de cada uno de ellos fue importante para conocer principalmente variables y factores que influyen en el desarrollo animal. Los resultados de dichos trabajos generalmente están encaminados a determinar cuál es la meta de la explotación en función de la cantidad de animales, raza del animal y materias primas utilizadas. Al final se seleccionaron los artículos científicos que mostraron los resultados más satisfactorios en el aumento de la conversión alimenticia y menores costos de acuerdo a la implementación de piensos.

Después, se trasladó toda esta información seleccionada al software de Protegé, que es un software de código abierto donde se construyen aplicaciones que se basan en ontologías.

En el software se formalizaron las ideas y categorizaron los términos para la estructuración de la información de las ontologías conforme a los

componentes que la integran como las clases, subclases, relaciones o propiedades, individuos o instancias y axiomas.

Se procede a realizar la jerarquía entre las clases identificadas por el proceso de definición y desarrollo de la taxonomía, como se muestra en la figura 5:

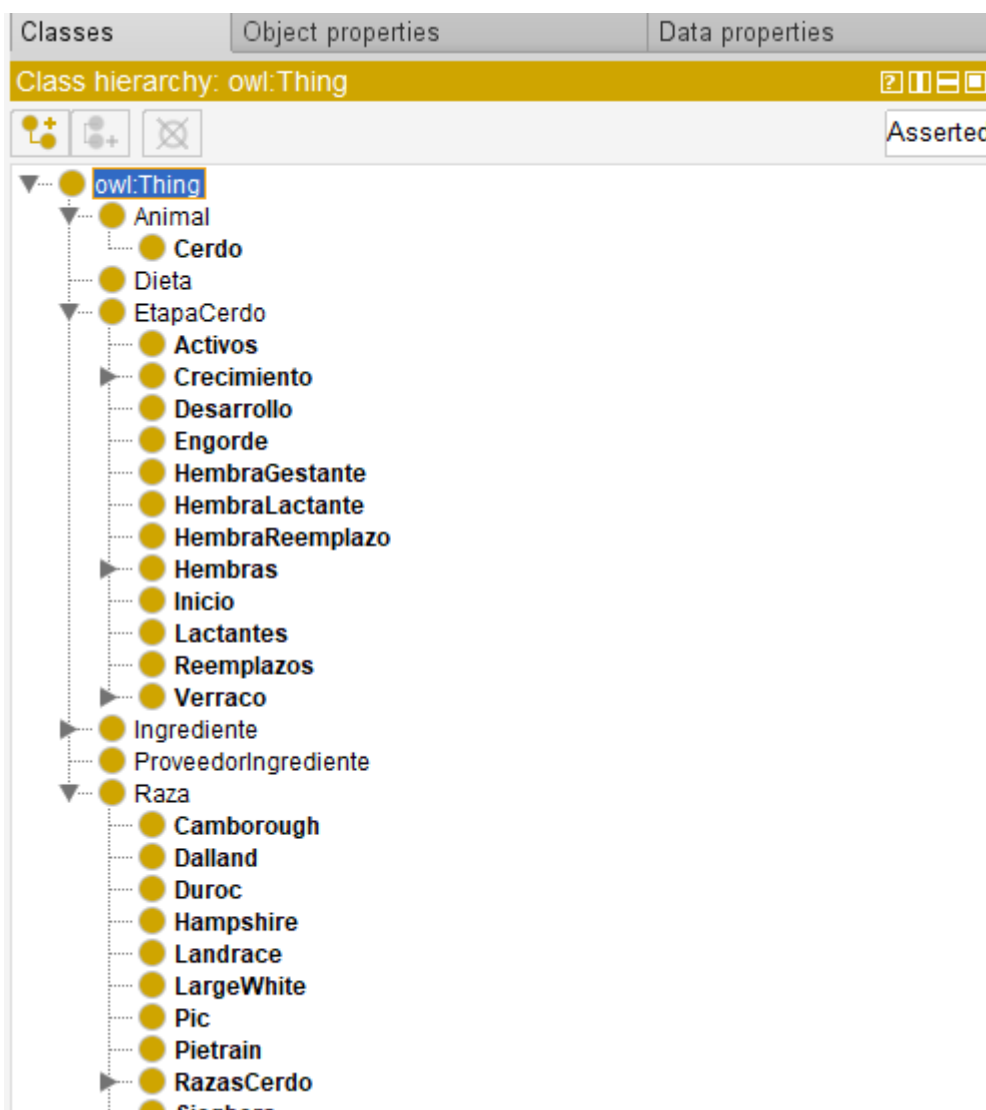


Figura 5 Jerarquía de clases en Protegé

Es relevante señalar que en las clases principales encontramos:

1. *Animal*: que se compone de las subclases representadas por las especies de los animales en este caso sería el Cerdo.
2. *Dieta*: esta clase es la más importante, porque será donde toda la información de las dietas desarrollada por expertos se concentrará por medio de las relaciones establecidas.
3. *EtapasCerdo*: Se subdivide en 3 subclases que representan las principales áreas en las que se divide la producción porcícola (**Crecimiento, Hembras, Verracos**). Sin embargo, este proyecto solo se enfoca en la primera etapa con la subclase de **Crecimiento** que a su vez contiene todas las etapas de crecimiento del lechón desde el nacimiento hasta el sacrificio.
4. *Ingrediente*: Contiene los principales componentes para realizar las formulaciones de las dietas.
5. *ProveedorIngrediente*: Esta clase es para almacenar la información de aquellas personas que suministran las diferentes materias que se ocupan en las dietas.
6. *Raza*: Contiene las principales razas ocupadas en la producción de carne de cerdo.

En la figura 6 se muestra una representación de la ontología a través de la herramienta de WebVOWL, que permite observar la magnitud de las diferentes clases, subclases, relaciones e individuos que contiene.

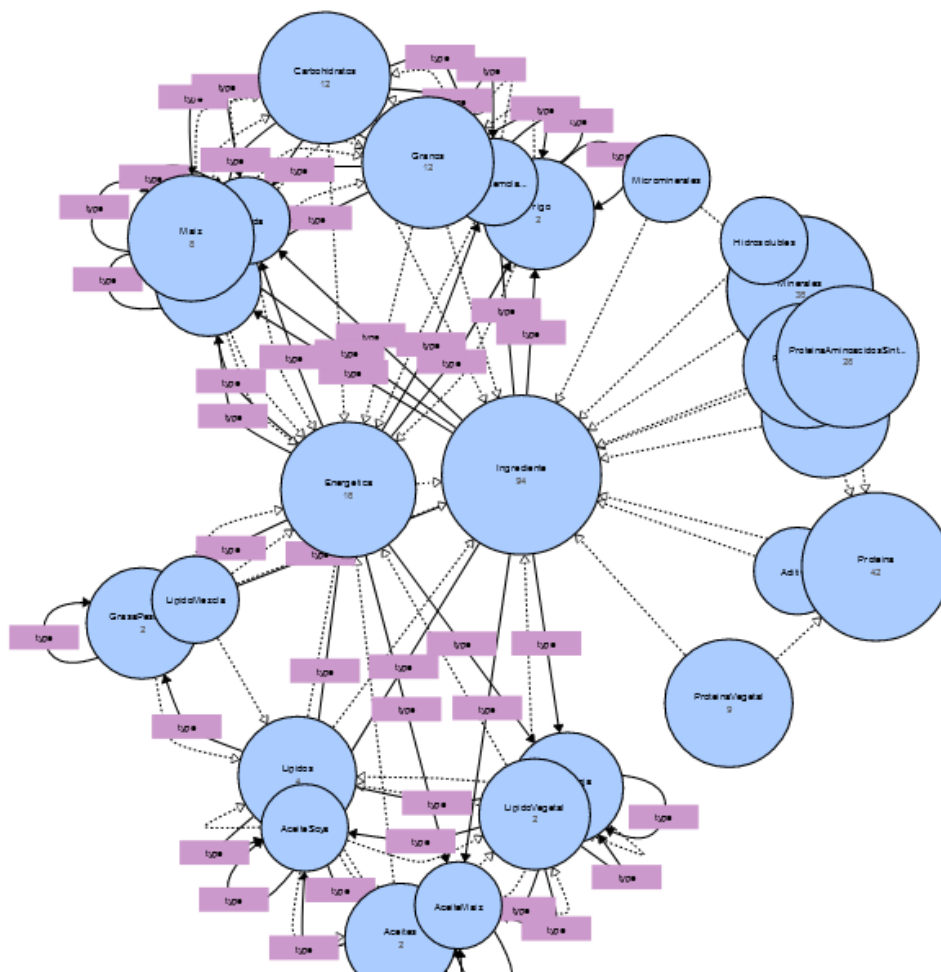


Figura 6 Representación de la ontología a través de WebVOWL

Conforme a las clases estipuladas es posible la creación de relaciones entre conceptos lo que permite la interacción entre individuos, clases y subclases. Las relaciones pueden ser de tipo inversa, funcional, inversa funcional, transitiva, simétrica, asimétrica, reflexiva e irreflexiva. En la figura 7 se ilustra las relaciones creadas para esta ontología, como lo son *tieneDieta*, *tieneEtapa*, *tieneIngrediente*, *tieneProveedor*, *tieneRaza*.

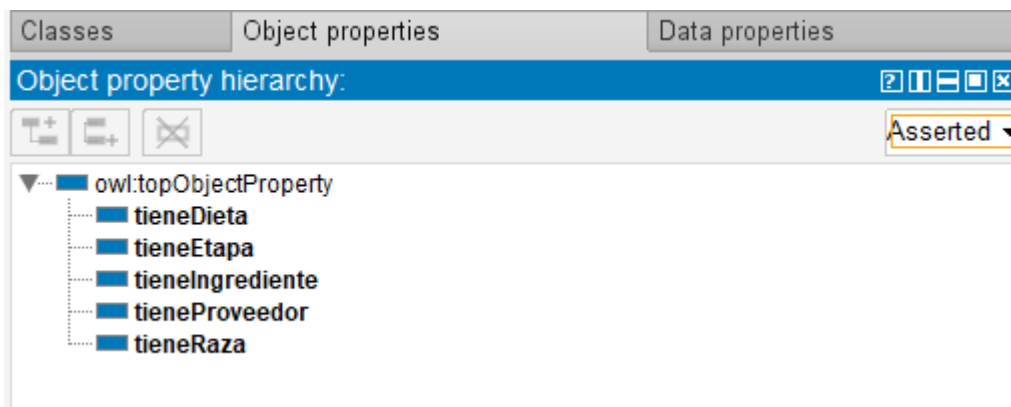


Figura 7 Reglas de relación para la ontología en Protegé

Dentro de la ontología, se procede a declarar cada uno de los atributos que describen a los individuos y que están relacionados a una clase o subclase. Estos valores deben de contener datos específicos, por ejemplo, en la figura 8 se observa a la propiedad **tieneCantidad**, que pertenece a la clase **Ingrediente** y el tipo de valor que se debe de introducir es de tipo **double**.

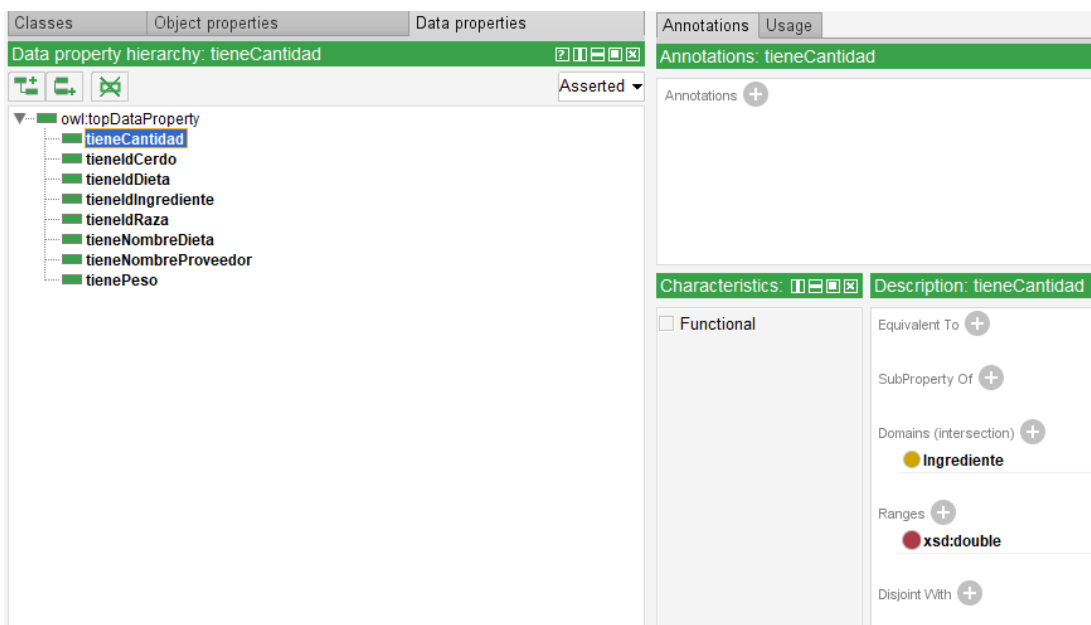


Figura 8 Propiedades para la ontología en Protegé

Finalmente, se realizan las declaraciones de las instancias de cada una de las clases o subclases a utilizar dentro de esta ontología, como se muestra en la figura 9. Un ejemplo es la instancia **Camborough**, que pertenece a la clase **Raza**, **RazasCerdo** y **Camborough**.

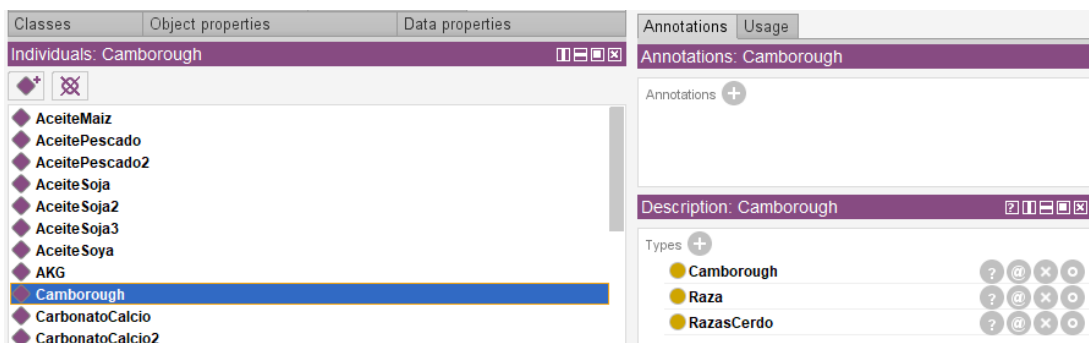


Figura 9 Individuo de tipo Raza

En la figura 10, se muestra la definición de **CarbonatoCalcio** que se vincula a las subclases **Calcio**, **Macrominerales**, **Microminerales** donde la clase principal es **Ingrediente**, se observa la asignación de las características como un identificador, la cantidad de materia prima en porcentaje y se crea la relación con el **proveedor** de este producto.



Figura 10 Individuo de tipo Ingrediente

Los individuos que reúnen a otros individuos por medio de relaciones son los de la clase **Dieta**, como se observa en la figura 11, se definen atributos del tipo identificador y un nombre que hace alusión para que intervalo de kg durante el crecimiento del cerdo es idóneo, las relaciones más importantes son con las diferentes materias primas que en su conjunto hacen toda la dieta para alimentar al cerdo.

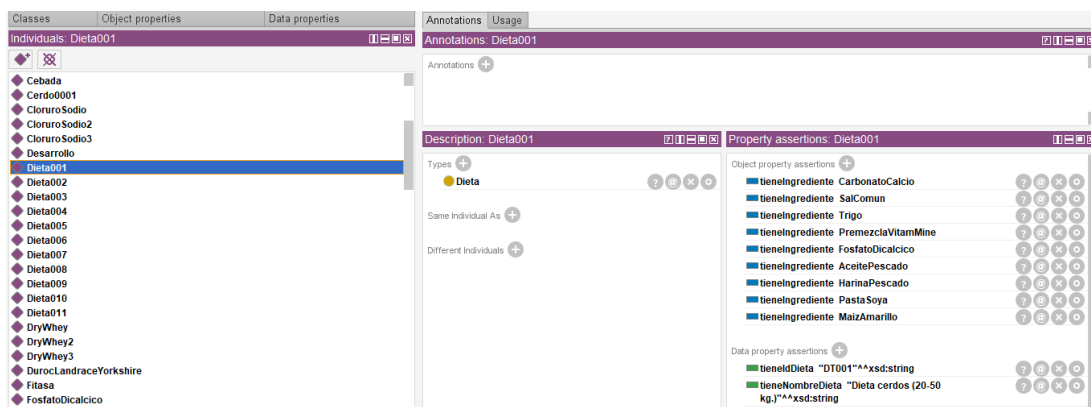


Figura 11 Individuo de tipo Dieta

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Lorem

Bibliografía

- Agroalimentaria, S. N. de S., Inocuidad y Calidad. (2020, enero 26).
Establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF) [Gobierno]. SADER.
<http://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/establecimientos-tipo-inspeccion-federal-tif>
- Balasubramanian, B., Li, T., & Kim, I. H. (2016). Effects of supplementing growing-finishing pig diets with *Bacillus* spp. Probiotic on growth performance and meat-carcass grade qualitytraits. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(3), 93-100. <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016000300002>
- Ballina, A. (2010). *Manejo sanitario eficiente de los cerdos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). *The Semantic Web*. 284, 4.
- Campabadal, C., & Navarro, H. A. (2002). *Alimentación de los cerdos en condiciones tropicales* (3rd.). Asociación Americana de Soya, México.
- Cantor, A. E. S. (2007). Uso de ontologías y web semántica para apoyar la gestión del conocimiento. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2), 7.
- Colmenero Ruiz, Ma. J. (2004). *OWL: Un lenguaje ontológico para la Web semántica*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11423>
- COMERCARNE. (2020, septiembre 10). Compendio estadístico 2019 [Organización]. *Consejo Mexicano de la Carne*.
<https://comecarne.org/compendio-estadistico-2019/>
- Danura, S. (2009, octubre). *Nutrición y alimentación del ganado porcino. (Primera parte)* [Revista Digital]. Universo Porcino.
http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/nutricion_porcina_10-09_nutricion_y_alimentacion_del_ganado_porcino_primera_parte.html

- FAO. (2014a, noviembre 27). *Cerdos y la nutrición y los alimentos* [Organización].
FAO - División de Producción y Sanidad Animal.
http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html
- FAO. (2014b, diciembre 11). *Cerdos y la nutrición humana* [Organización]. FAO -
División de Producción y Sanidad Animal.
http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/hh_nutrition.html
- FAO. (2015, marzo 5). *División de Producción y Sanidad Animal* [Organización].
FAO - División de Producción y Sanidad Animal.
http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- FAO. (2019, marzo 15). *Carne y Productos Cárnicos* [Organización]. FAO - División
de Producción y Sanidad Animal.
<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>
- Gandon, F. (2003). Agents handling annotation distribution in a corporate semantic
Web. *Web Intelligence and Agent Systems*, 1(1), 23.
- García F., A., Wennberg i R., J., & Sanz Nuñez, M. A. (2012, junio 25). [Revista
Digital]. 3tres3. https://www.3tres3.com/articulos/manejo-alimentario-en-cerdas-desde-el-destete-a-cubricion_30945/
- García Herrero, J., Berlanga de Jesús, A., Patricio Guisado, M. A., & Padilla, W. R.
(2018). *Ciencia de Datos: Técnicas analíticas y aprendizaje estadístico* (1.^a
ed.). Alfaomega, Altaria Editorial.
- García Serrano, A. (2012). *INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Fundamentos, práctica y
aplicaciones*.
- Germán A., C. G., Camacho R., J. C., & Gallegos S., J. (2005, enero). *Manual de
cria de cerdos* [Revista Digital]. Issuu.
https://issuu.com/willypy/docs/manual_de_cria_de_cerdos
- Gonçalves, L. M. P., Moreira, I., Pozza, P. C., Carvalho, P. L. de O., Toledo, J. B., &
Peñuela-Sierra, L. M. (2014). Semi purified glycerins in growing and finishing

- pigs feeding (30-90 kg). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(1), 221-236. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402014000100018>
- Guarino, N. (1998). *Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the 1st International Conference June 6-8, 1998, Trento, Italy* (1st ed.). IOS Press.
- Joyanes Aguilar, L. (2016). *Big data: Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones* (1.ª ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Joyanes Aguilar, Luis. (2019). *Inteligencia de negocios y analítica de datos* (1.ª ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Kalmegh, S. R. (2015). Comparative Analysis of WEKA Data Mining Algorithm RandomForest, RandomTree and LADTree for Classification of Indigenous News Data. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 5.
- Keet, A., Fortescue, B., Markham, D., & Sanders, B. C. (2010). Quantum secret sharing with qudit graph states. *Physical Review A*, 82(6), 062315. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.82.062315>
- Koslowski, H. A., Picot, J. A., Sánchez, S., Calderón, S., & Barrientos, F. (2017). Incorporación de raíz de mandioca (*Manihot sculenta*) en la dieta de cerdos y su efecto sobre variables productivas. *Revista Veterinaria*, 28(2), 121-125. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2822537>
- Lara Carreño, H. E. (2019). *FUNDAMENTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL* (1.ª ed.). Editorial BUK.
- Lever, J., Krzywinski, M., & Altman, N. (2017). Principal component analysis. *Nat Methods*, 14(7), 641-642. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4346>
- Lovato Dias, G., Vale Martinez do, M., Oliveira, V., Klein, D. R., & Branco, T. (2017). Application of a precision nutrition tool for growing and finishing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(9), 755-759. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000900007>

- Ludwig, S. A., Picek, S., & Jakobovic, D. (2018). Classification of Cancer Data: Analyzing Gene Expression Data Using a Fuzzy Decision Tree Algorithm. En C. Kahraman & Y. I. Topcu (Eds.), *Operations Research Applications in Health Care Management* (pp. 327-347). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65455-3_13
- Ma, W., Fan, J., Zhao, C., & Wu, H. (2019). The Realization of Pig Intelligent Feeding Equipment and Network Service Platform. En D. Li & C. Zhao (Eds.), *Computer and Computing Technologies in Agriculture XI* (pp. 473-484). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06179-1_47
- Martín, F. A. (2011). *La encuesta: Una perspectiva general metodológica*. CIS.
- Martínez-Aispuro, J. A., Figueroa-Velasco, J. L., Cordero-Mora, J. L., Sánchez-Torres-Esqueda, M. T., & Martínez-Aispuro, M. (2016). Dietas para cerdos en iniciación incluyendo salvado de trigo y adicionadas con xilanasas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(10), 73-80. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.996>
- McArthur, J. O., Gough, N. M., Petocz, P., & Samman, S. (2014). Inclusion of Pork Meat in the Diets of Young Women Reduces Their Intakes of Energy-Dense, Nutrient-Poor Foods: Results from a Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 6(6), 2320-2332. <https://doi.org/10.3390/nu6062320>
- Mejía G., C. A., Cuarón I, J., Rentería F, J., Braña V., D., Mariscal L, G., & Gómez R, S. (2007). *Alimentación del hato reproductor porcino: Teoría y práctica dirigidas a elevar la eficiencia productiva del pie de cría*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Montero López, E. M., Martínez Gamba, R. G., & Herradora Lozano, M. A. (2015). *Alternativas para la producción porcina a pequeña escala*. Universidad Nacional Autónoma de México. https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Alternativas_Porcina.pdf

- Neches, R., Fikes, R. E., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T., & Swartout, W. R. (1991). Enabling Technology for Knowledge Sharing. *AI Magazine*, 12(3), 36-36. <https://doi.org/10.1609/aimag.v12i3.902>
- Osornio, E. C. (2015). *Sistema experto para la selección de los sistemas artificiales de producción aplicables en pozos de aceite* [Texto rdacontent, Universidad Nacional Autónoma de México].
<http://132.248.9.195/ptd2015/noviembre/0739016/Index.html>
- Pérez Z., O. (2007). *Sistema de producción porcina—SAGARPA*. 8.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Rossi, C. A. R., Lovatto, P. A., Lehnen, C. R., Fraga, B. N., Lovato, G. D., & Ceron, M. S. (2013). Dietas ajustadas para suínos através do modelo InraPorc®: Desempenho, características de carcaça e impacto econômico. *Ciencia Rural*, 43(4), 689-695. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000020>
- SADER. (2019, julio 27). *Mitos de la carne de cerdo* [Gobierno]. gov.mx.
<http://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mitos-de-la-carne-de-cerdo?idiom=es>
- SADER -SIAP. (2019, abril 25). *Expectativas Agroalimentarias 2019* [Gobierno].
Expectativas Agroalimentarias 2019.
<http://www.gob.mx/siap/es/articulos/expectativas-agroalimentarias-2019?idiom=es>
- SAGARPA-SENASICA. (2016). *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de granjas porcícolas* [Gobierno]. ACSAA.
https://acsaa.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_de_Buenas_Pr_cticas.pdf
- Saha, G. K. (2007). Web ontology language (OWL) and semantic web. *Ubiquity*, 2007(September), 1:1. <https://doi.org/10.1145/1295289.1295290>

- Salguero Cruz, S. C., & Lescano, D. A. (2016, mayo 20). *Fuentes de proteínas alternativas a la soja en la alimentación de ganado porcino* [Revista Digital]. 3tres3. https://www.3tres3.com/articulos/fuentes-de-proteinas-alternativas-a-la-soja-en-la-alimentacion-de-gana_36523/
- Santos, K. M., Watanabe, P. H., Freitas, E. R., Nepomuceno, R. C., Oliveira, P. J. D., Lima, V. M., Rodrigues, B. B. V., Nascimento, G. a. J. D., Carvalho, L. E. D., Santos, K. M., Watanabe, P. H., Freitas, E. R., Nepomuceno, R. C., Oliveira, P. J. D., Lima, V. M., Rodrigues, B. B. V., Nascimento, G. a. J. D., & Carvalho, L. E. D. (2017). Beef tallow and emulsifier in growing-finishing pig diets. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 89(2), 1221-1230. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160500>
- SENASICA-CPM. (2004). *Manual de buenas prácticas de producción en granjas porcícolas*. <https://www.amvec.com/web/content/19243>
- SIAP. (2016, mayo 24). *Atlas Agroalimentario 2012-2018* [Gobierno]. Publicaciones SIAP. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Singh, Ksh. N., Singh, L. S., & Singh, Kh. R. (2019). Machine Learning based Decision Support System for Post Mortem Inspection of Pig Health. *2019 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*, 296-300. <https://doi.org/10.1109/ICCCIS48478.2019.8974509>
- Smith, R. P., Gavin, C., Gilson, D., Simons, R. R. L., & Williamson, S. (2020). Determining pig holding type from British movement data using analytical and machine learning approaches. *Preventive Veterinary Medicine*, 178, 104984. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.104984>
- Suárez-Figueroa, M. C. (2010). *NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse* [Phd, Facultad de Informática (UPM)]. <http://oa.upm.es/3879/>

- Tabi Fuérez, S. A. (2017). *Formulación de una dieta de costo mínimo para alimentación de cerdos incluyendo los insumos no convencionales suero y ariche*. 52.
- Trujillo O., M. E. (2002). *La Piara Reproductora* (1.^a ed.). Mundi-Prensa México.
<https://isbn.cloud/9789687462325/la-piara-reproductora/>
- Villacrés Matías, J., Villón Gabino, E., & Ortega Maldonado, L. (2018). Evaluación de dietas balanceadas en cerdos de engorde en la comuna Bellavista del Cerro, Parroquia Julio Moreno, provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5(2), 22-29. <https://doi.org/10.26423/rctu.v5i2.343>
- Villada V., D. J. V., Andrés. (2017). La Web Semántica y la Web Profunda como Sistemas de Información: Análisis a una realidad (Semantic Web and Deep Web as Information Systems: Analysis to a Reality). *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software RACCIS*, 7(1), 43-51. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2617313>
- Vishal Patil, Radha Gupta, Rajendran D, & Ravinder Singh Kuntal. (2017). Comparative study on feed formulation software- a short review. *International Journal of Research - Granthaalayah*, 5(4 (RAST)), 105-115.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.803466>