



Tecnológico Nacional de México

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Tesis de Maestría

**DISEÑO DE UN MODELO DE GRANJA SOSTENIBLE
PARA USO DOMÉSTICO**

presentada por

Ing. Leila Montserrat Coyote Estudillo

como requisito para la obtención del grado de

Maestra en Ciencias de la Ingeniería

Director de tesis

Dr. Rodolfo Amalio Vargas Méndez

Codirectora de tesis

Dra. Gloria Lilia Osorio Gordillo

Cuernavaca, Morelos, México, Enero de 2026.



Centro Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico
Subdirección Académica

Cuernavaca Mor, 12/diciembre/2025
Oficio No. SAC/287/2025
Asunto: Autorización de impresión de tesis

LEILA MONTSERRAT COYOTE ESTUDILLO
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
P R E S E N T E

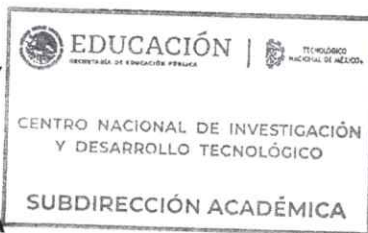
Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"DISEÑO DE UN MODELO DE GRANJA SOSTENIBLE PARA USO DOMÉSTICO"**, ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
"Conocimiento y Tecnología al Servicio de México"

CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



c.c.p. Coordinación de Ingeniería
Departamento de Servicios Escolares

CMAZ/lmz



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira,
C. P. 62490, Cuernavaca, Morelos Tel. 01 (777) 3627770, ext. 4104,
e-mail: acad_cenidet@tecnm.mx tecnm.mx | cenidet.tecnm.mx

cenidet
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Centro Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico
Dirección

Cuernavaca, Mor., 11/ diciembre/2025

OFICIO No. MCI/148/2025
CENIDET-AC-004-M14-OFICIO
Asunto: **Aceptación de documento de tesis**

DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial de la estudiante **Leila Montserrat Coyote Estudillo**, con número de control **M24CE009**, de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis de grado titulado **"DISEÑO DE UN MODELO DE GRANJA SOSTENIBLE PARA USO DOMÉSTICO"** y hemos encontrado que se han atendido todas las observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.

DR. RODOLFO AMALIO VARGAS MÉNDEZ
Director de tesis

DRA. GLORIA LILIA OSORIO GORDILLO
Codirectora de Tesis

DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
Revisor 1

DR. JUAN REYES REYES
Revisor 2

C.c.p. Depto. Servicios Escolares.
Expediente / Estudiante
JAL/ang



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira,
C. P. 62490, Cuernavaca, Morelos Tel. 01 (777) 3627770, ext. 4101,
e-mail: dir_cenidet@tecnm.mx | cenidet.tecnm.mx

cenidet
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico



Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres por su amor, sacrificios y su guía que ha sido mi fuerza constante en cada paso de este camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad. Sin su apoyo incondicional, nada de esto habría sido posible. Ustedes son mi inspiración diaria y mi refugio en momentos de dificultad.

A mis seres queridos, gracias por estar siempre presentes, por su comprensión en los momentos en que el trabajo me absorbió y por sus palabras de ánimo que me llenaron de energía para continuar adelante.

Quiero dedicar un espacio muy especial a mis abuelitos, quienes, a pesar de estar en el cielo, me cuidan y protegen cada día. Se que están conmigo en espíritu, acompañándome y guiándome desde donde están.

Quiero honrar la memoria de mi perrito Coby, quien fue mi fiel compañero en el día a día, acompañándome con alegría y lealtad en cada trayecto hacia el trabajo o la parada. Aunque ya no está físicamente conmigo, su recuerdo y amor permanecen vivos en mi corazón como mi ángel guardián.

Agradezco a mis directores de tesis, cuyo apoyo, orientación y paciencia fueron fundamentales en cada etapa de este proceso. Gracias por compartir su conocimiento y por confiar en mí, por guiarme con dedicación y compromiso para que pudiera culminar mi trabajo.

Agradezco al Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) , perteneciente al Tecnológico Nacional de México, por brindarme la infraestructura, las herramientas y el ambiente académico necesario para el desarrollo de este proyecto. También agradezco a la secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por su contribución económica recibida y su compromiso con la investigación.

Resumen

Actualmente la agricultura y ganadería se manejan de una forma intensiva, enfocada en la maximización de la producción y con una rentabilidad a corto plazo, la cual genera impactos negativos en la sociedad y en el medio ambiente. Estas prácticas insostenibles comprometen la salud de los ecosistemas y la salud humana debido al uso excesivo de agroquímicos y tecnologías industriales. El cambio climático, junto con la disminución de recursos hídricos, agrava aún más este escenario, por lo que es importante transitar hacia sistemas productivos innovadores que integren principios de sostenibilidad, resiliencia y economía circular.

El diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico surge como una alternativa que promueve la seguridad alimentaria y nutricional mediante la producción accesible y económica de productos animales y vegetales. Este modelo integra buenas prácticas agrícolas y pecuarias, promueve el uso eficiente y responsable de los recursos naturales, promueve el bienestar animal, fomenta la autosuficiencia alimentaria y puede adaptarse a condiciones locales. Esta propuesta fomenta la reducción de la dependencia de insumos externos y promueve un ciclo cerrado de materiales mediante el compostaje y reciclaje.

El proyecto considera ser replicable y escalable, especialmente en zonas con clima cálido subhúmedo, como la zona sur del estado de Morelos. El enfoque que tiene la implementación de granjas sostenibles, va orientado en la producción avícola, ya que es uno de los mercados en auge y que requiere menos inversión. Se utilizaron gallinas criollas, ya que esta raza promueve prácticas sostenibles, al fomentar la resiliencia de raza nativa y adaptables al lugar donde se implementen las granjas. Este modelo busca mejorar la calidad de vida de las familias al proporcionar alimentos frescos y nutritivos, generar ingresos adicionales y promover prácticas responsables con el ambiente, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Abstract

Currently, agriculture and livestock farming are managed intensively, focused on maximizing production and short-term profitability, which has negative impacts on society and the environment. These unsustainable practices compromise the health of ecosystems and human health due to the excessive use of agrochemicals and industrial technologies. Climate change, together with the depletion of water resources, further aggravates this scenario, making it important to transition to innovative production systems that integrate principles of sustainability, resilience, and the circular economy.

The design of a sustainable farm model for domestic use emerges as an alternative that promotes food and nutritional security through the accessible and economical production of animal and plant products. This model integrates good agricultural and livestock practices, promotes the efficient and responsible use of natural resources, promotes animal welfare, encourages food self-sufficiency, and can be adapted to local conditions. This proposal encourages reduced dependence on external inputs and promotes a closed cycle of materials through composting and recycling.

The project is considered replicable and scalable, especially in areas with a warm sub-humid climate, such as the southern part of the state of Morelos. The approach to implementing sustainable farms is focused on poultry production, as this is a booming market that requires less investment. Creole chickens were used, as this breed promotes sustainable practices by fostering the resilience of native breeds that are adaptable to the location where the farms are implemented. This model seeks to improve the quality of life of families by providing fresh and nutritious food, generating additional income, and promoting environmentally responsible practices in line with the Sustainable Development Goals.

Índice

Figuras	vii
Tablas	ix
Capítulo I	1
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del problema	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5 Alcances y limitaciones	6
1.6 Estado del arte	6
1.7 Organización del documento	8
Capítulo II	10
2.1 Marco teórico	11
2.1.1 Sostenibilidad	11
2.1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible	11
2.1.3 Agricultura	11
2.1.4 Agricultura sostenible	11
2.1.5 Buenas prácticas agrícolas	13
2.1.6 Buenas prácticas pecuarias	13
2.1.7 Bienestar animal	13
2.1.8 Granjas	13
2.1.9 Granjas sostenibles	13
2.1.10 Componentes para la construcción de una granja sostenible	14
2.1.11 Huertos	14
Capítulo III	11
3.1 Metodología de la investigación	16
3.1.1 Análisis del concepto de sostenibilidad	16
3.1.2 Estudio de los componentes necesarios para la instalación de una granja	17
3.1.3 Identificación de los animales de granja que se puedan adaptar en el hogar	18
3.1.4 Determinar el sitio donde se instalará la granja sostenible	25
3.1.5 Analizar las condiciones climáticas del sitio	27

3.1.6 Desarrollar un plan que integre prácticas agrícolas sostenibles _____	27
3.1.7 Desarrollar un plan de prácticas de producción planificadas _____	29
3.1.8 Adaptar el plan de prácticas agrícolas al huerto con el que ya se cuenta _____	31
3.1.9 Diseñar el modelo adecuado de la granja sostenible que se adapta a las necesidades del hogar _____	34
3.1.10 Implementación del modelo de granja sostenible _____	39
3.1.11 Recopilar datos sobre el desempeño de la granja sostenible _____	52
3.1.12 Realizar ajustes de mejoras continua _____	55
Capítulo IV _____	57
4. Resultados _____	58
4.1 Diseño de la granja _____	58
4.2 Desempeño productivo y monitoreo _____	59
4.3 Indicadores de desempeño _____	60
4.4 Rentabilidad _____	62
4.5 Proyección financiera _____	62
4.6 Renovación de gallinas por tiempo de utilidad _____	63
Capítulo V _____	66
5. Conclusiones _____	67
5.1 Impacto en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) _____	70
5.2 Trabajos futuros _____	71
Bibliografía _____	74
Anexos _____	82

Figuras

Figura 1. Principios de la agricultura sostenible. Fuente propia.	12
Figura 2. Ventajas de la agricultura sostenible. Fuente propia.....	12
Figura 3. Metodología de la solución para el diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico. Fuente propia.	16
Figura 4. Análisis del concepto de sostenibilidad. Fuente propia.	17
Figura 5. Clasificación de animales de granja por especie. Fuente propia.....	18
Figura 6. Beneficios de las gallinas. Fuente propia.....	21
Figura 7. Producción pecuaria según principales productos y existencias, 2022. Fuente INEGI.	22
Figura 8. Beneficios de la cría de gallinas criollas. Fuente propia.	25
Figura 9. Gráfico de la producción agrícola en Morelos. Fuente propia.....	26
Figura 10. Prácticas agrícolas sostenibles. Fuente propia.	28
Figura 11. Prácticas agrícolas sostenibles aplicadas en el huerto. Fuente propia.	28
Figura 12. Huerto sostenible. Fuente propia.....	31
Figura 13. Desechos orgánicos. Fuente propia.....	33
Figura 14. Abono orgánico. Fuente propia.....	34
Figura 15. Diseño del modelo de granja sostenible para uso doméstico. Fuente propia.....	35
Figura 16. Características del diseño de la granja. Fuente propia.	36
Figura 17. Terreno a utilizar para la construcción de la granja avícola. Fuente propia.	41
Figura 18. Plano del espacio a utilizar para la construcción de la granja avícola. Fuente propia.....	41
Figura 19. Diseño del huerto sostenible. Fuente propia.	42
Figura 20. Limpieza del espacio. Fuente propia.....	42
Figura 21. Recolección de piedras . Fuente propia.....	43
Figura 22. Delimitación de medidas. Fuente propia.....	43
Figura 23. Colocación de bloques perimetrales. Fuente propia.	43
Figura 24. Mezcla de tierra, arcilla, arena, cal y cáscara de huevos. Fuente propia.	44
Figura 25. a) Realización de surcos y b) Siembra de cultivos en el huerto. Fuente propia..	44
Figura 26. a) Primeros brotes de cultivos en el huerto b) Cultivos listos para su cosecha. Fuente propia.	45

Figura 27. Construcción del patrón de referencia del gallinero. Fuente propia.	45
Figura 28. Fijación de postes estructurales. Fuente propia.....	46
Figura 29. a) Realización de la mezcla del cemento. b) Vertimiento del cemento en los hoyos con el poste. Fuente propia.	46
Figura 30. Construcción del almacén de la granja avícola. Fuente propia.	47
Figura 31. Colocación del techo de la granja avícola. Fuente propia.....	47
Figura 32. Aseguramiento de perímetro con blocks. Fuente propia.....	48
Figura 33. a) Forro del gallinero con tela hexagonal b) Colocación de malla sombra. Fuente propia.	48
Figura 34. a) Instalación de captación pluvial, b) Caída de agua de pluvial a tambo contenedor c) Tambo contenedor de agua pluvial lleno. Fuente propia.....	49
Figura 35. a) Sistema de alimentación, bebederos, niales y b) Perchas realizados de materiales reciclados. Fuente propia.	50
Figura 36. a) Comederos, bebederos, niales y b) Perchas. Fuente propia.	50
Figura 37. Colocación de cal. Fuente propia.	51
Figura 38. Esparcimiento de aserrín en el gallinero. Fuente propia.	51
Figura 39. Introducción de las gallinas a la granja. Fuente propia.	52
Figura 40. Gallinas criollas dentro del gallinero. Fuente propia.	52
Figura 41. Instalación de captación de pluvial. Fuente propia.	59
Figura 42. a) Granja sostenible b) Huerto. Fuente propia.	59
Figura 43. Producción y consumo semanales de huevos. Fuente propia.	60
Figura 44. Objetivos de Desarrollo Sostenible que logran cubrirse con la implementación de granjas sostenibles para uso doméstico. Fuente propia.	71

Tablas

Tabla 1. Pilares de la sostenibilidad. Fuente propia.	17
Tabla 2. Componentes para la instalación de una granja sostenible. Fuente propia.	17
Tabla 3. Animales de granja y sus subproductos. Fuente propia.	19
Tabla 4. Tipos de granja. Fuente propia.	19
Tabla 5. Cuadro comparativo de aspectos técnicos y económicos para la implementación de granjas avícolas. Fuente propia.	23
Tabla 6. Razas de gallinas, ventajas y desventajas. Fuente propia.....	24
Tabla 7. Descripción del sitio donde se instalará la granja. Fuente propia.	26
Tabla 8. Condiciones climáticas del sitio donde se instalará la granja para uso doméstico. Fuente propia.	27
Tabla 9. Tipos de cultivos que aportan beneficios nutritivos para las gallinas. Fuente propia.	29
Tabla 10. Plan de prácticas de producción. Fuente propia.	30
Tabla 11. Clasificación de alimentos benéficos para las gallinas y aptos para un clima cálido subhúmedo. Fuente propia.....	32
Tabla 12. Componentes necesarios para la construcción una granja sostenible. Fuente propia.....	36
Tabla 13. Materiales a utilizar para la construcción y su inversión. Fuente propia.	37
Tabla 14. Herramientas a utilizar para la construcción de la granja sostenible. Fuente propia.....	38
Tabla 15. Monitoreo sobre el desempeño de la granja sostenible. Fuente propia.....	53
Tabla 16. Datos y nomenclatura para los indicadores de desempeño. Fuente propia.	61
Tabla 17. Indicadores de desempeño. Fuente propia.....	61
Tabla 18. Indicador de rentabilidad. Fuente propia.....	62

Capítulo I

1.1 Introducción

La creciente urgencia de asegurar la alimentación humana frente a desafíos ambientales y demográficos globales hace que se busquen modelos de producción más resilientes, siendo que el *diseño de un modelo de Granja Sostenible para uso Doméstico* (GSD) sea una respuesta a esta problemática. La agricultura es un pilar fundamental para la supervivencia humana y la economía mundial, para el año 2025, la agricultura, junto con la silvicultura y la pesca, representan aproximadamente el 4.0% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial según datos del Banco Mundial y proyecciones recientes, esto es indispensable dado que se proyecta que la población mundial superará los 9 mil millones para 2050, requiriendo un aumento del 70% en la producción alimentaria para garantizar la seguridad alimentaria. Esta necesidad implica gran presión sobre los recursos naturales clave como el agua, recurso fundamental del cual la agricultura utiliza aproximadamente el 70% del agua dulce disponible, irrigando extensiones que generan el 60% de la producción de cereales y el 40% de la producción agrícola mundial.

Sin embargo, la ganadería intensiva y la agricultura convencional, en su búsqueda de máxima rentabilidad, han provocado graves problemas ecológicos, incluyendo la degradación acelerada del suelo por el uso excesivo de agroquímicos, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad, siendo una amenaza crítica para la salud de los ecosistemas y de la salud humana. La excesiva dependencia de insumos sintéticos reduce la fertilidad del suelo, contamina acuíferos y promueve la proliferación de plagas resistentes, lo que pone en riesgo los recursos naturales existentes.

Es por ello que la agricultura sostenible y en particular *la GSD* sirven como estrategia integral para promover la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) mediante la producción accesible y económica de proteínas animales y vegetales, que es fundamental para poblaciones vulnerables. Este modelo fomenta las buenas prácticas agrícolas que mejoran la salud del suelo, optimizan el agua y conservan la diversidad genética al emplear razas criollas adaptadas a condiciones locales, consolidando un sistema resiliente y autosuficiente.

Para ello se incorporaron infraestructuras domésticas sostenibles, como el uso de materiales reciclados y renovables, sistemas prefabricados con eficiencia energética, integración de

luces LED como opción por su eficiencia energética, durabilidad y versatilidad; manejo de recursos hídricos que contribuyen a minimizar la huella ecológica y favorecen la economía familiar.

Así, el *diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico* representa una solución que recicla y optimiza recursos en un circuito cerrado, funcionando con mínima energía externa para asegurar una producción estable y saludable, esencial para la seguridad alimentaria y el bienestar ambiental a largo plazo.

1.2 Antecedentes

La agricultura es una actividad fundamental que ha proporcionado históricamente productos de alta calidad. La agricultura incluyó la domesticación de animales y la siembra de cultivos, lo que revolucionó la historia humana al permitir el asentamiento, el crecimiento poblacional y el desarrollo de diferentes civilizaciones. Sin embargo, la Revolución Industrial marcó un punto de inflexión. Este modelo de crecimiento económico se basó en procesos tecnificados que fomentaron el uso intensivo, extensivo e irracional de los recursos naturales. Esta fase dio paso a lo que se conoce como agricultura convencional o industrial., un sistema que se caracteriza por la disminución de trabajadores agrícolas y la mecanización de los procesos de cultivo y producción de alimentos. La agricultura industrial generó graves problemas ambientales[1-3].

Es por ello que, frente a la crisis ecológica y social generada por el modelo industrial, surge la importancia de métodos sustentables y sostenibles en la agricultura[4, 5].

Esta crisis ecológica y social impulsó la emergencia del concepto de desarrollo sostenible, formalizado en el Informe Brundtland de 1987[6]. El informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, definió el desarrollo sostenible como aquel que "satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"[7]. Aplicado a la agricultura, el termino se unió y entonces se conoce como agricultura sostenible.[8, 9] Este sistema promueve beneficios ambientales integrales, como la mejora de la fertilidad del suelo mediante rotaciones y abonos verdes, la reducción en el uso de agroquímicos, el control biológico de plagas, la conservación del agua mediante riego eficiente y la protección de la biodiversidad a través de la diversificación de cultivos[10-12]. Además, incorpora ventajas sociales y económicas,

como el fortalecimiento de las economías locales, la soberanía alimentaria y la justicia social para los trabajadores del campo[13]. Hoy, la agricultura sostenible está directamente alineada con los esfuerzos globales para un futuro viable. Se posiciona como una estrategia clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, contribuyendo directamente al ODS 2 (Hambre Cero), ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), ODS 13 (Acción por el Clima) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres)[14-17].

Dentro de la agricultura el sector que necesita la aplicación de estas prácticas son las granjas convencionales, ya que han sido asociadas con la degradación ambiental y un uso intensivo de insumos[18]. Las granjas convencionales priorizan la maximización de la producción mediante monocultivos, fertilizantes sintéticos, pesticidas y un uso elevado de agua y energía, lo que contribuye a la pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo y del agua, así como emisiones de gases de efecto invernadero. Además, estos sistemas suelen enfocarse en la producción a corto plazo, sin integrar estrategias que preserven la salud ecológica ni el bienestar animal, generando un impacto negativo a largo plazo. Por lo que se propone la creación de granjas sostenibles para uso doméstico o a pequeña escala, ya que funcionan mediante la integración de sistemas agropecuarios donde el manejo coordinado de cultivos, animales y recursos naturales busca maximizar la eficiencia. Así mismo promueven la crianza con espacios abiertos o adecuados por número de animales a criar, permitiendo expresiones de comportamientos naturales, uso de razas rústicas adaptadas al entorno local, alimentación basada en producción orgánica y reciclaje de residuos para fertilización, todo ello con una gestión hídrica y energética eficiente.

Así, la transición de granjas convencionales a modelos sostenibles representa una estrategia viable y necesaria para enfrentar los retos ambientales, sociales y económicos de la actualidad, fomentando un ciclo productivo regenerativo y responsable con el planeta y las futuras generaciones.

1.3 Planteamiento del problema

A lo largo de las últimas décadas, la producción agrícola tradicional ha generado un impacto ambiental significativo y preocupante[19]. La falta de conciencia sobre el manejo sostenible del suelo ha provocado su degradación, junto con la contaminación de fuentes hídricas y la

pérdida alarmante de biodiversidad. Se estima que la agricultura global es responsable de entre el 44% y el 57% de las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a actividades humanas, incluyendo metano, dióxido de carbono y óxido nitroso, que contribuyen significativamente al cambio climático[20-22]. Asimismo, el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas en los cultivos contamina las aguas superficiales y subterráneas, promoviendo la aparición de zonas muertas acuáticas y afectando a especies fundamentales para el equilibrio ecológico. Esto también tiene repercusiones en la salud humana, pues los residuos químicos y contaminantes pueden bioacumularse en la cadena alimentaria, llegando a la carne y productos agrícolas consumidos por la población.

El modelo convencional de producción a gran escala resulta insostenible a largo plazo, especialmente ante los desafíos actuales como el cambio climático, la reducción de recursos hídricos y la contaminación generalizada[23]. El aumento de eventos climáticos extremos, la salinización del suelo en regiones costeras y la proliferación de plagas resistentes a productos químicos hacen imprescindible la adopción de soluciones agrícolas novedosas que prioricen la resiliencia y la sostenibilidad.

La crisis del modelo agrícola convencional trabaja enfocada en la producción máxima, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio económico como único criterio. Este sistema, intensivo en capital e insumos, se basa en el uso creciente de materias primas, energía y productos químicos. Se evidencia una degradación y pérdida irreversible de recursos: la erosión del suelo reduce su capacidad para retener agua y nutrientes, mientras que el mal diseño de sistemas de riego ha generado salinización, alcalinización y anegamiento en aproximadamente la mitad de los sistemas irrigados a nivel mundial, abandonando cerca de 10 millones de hectáreas anuales. Las intervenciones humanas excesivas amenazan los sistemas de soporte vitales locales y globales. Además, el impacto crítico de los agrotóxicos se refleja en daños al equilibrio ecológico y graves riesgos para la salud humana, pues los residuos químicos viajan en la cadena alimentaria y en el agua potable, con consecuencias dañinas a los consumidores. La resistencia creciente de plagas a agroquímicos complica aún más la situación.

Ante este escenario, la necesidad de un modelo sostenible y resiliente es urgente. La agroecología doméstica surge como una alternativa integral[24, 25], que logre satisfacer las

necesidades actuales sin comprometer las futuras. El diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico se alinea con esta estrategia, integrando aspectos económicos, sociales y ambientales[13, 26]. Este modelo busca optimizar los recursos biológicos y naturales, promover la conservación del ecosistema y generar autonomía económica para las familias mediante sistemas autosuficientes y rentables[27-29].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un modelo de granja para el hogar, utilizando un enfoque sostenible para promover la autosuficiencia y seguridad alimentaria.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar con base en una revisión del estado del arte los recursos necesarios para la implementación de una granja con enfoque sostenible.
2. Diseñar un modelo de granja sostenible que permita aplicarse en el hogar.
3. Construir el modelo de granja sostenible implementado en el hogar.
4. Definir indicadores de desempeño para evaluar la rentabilidad de la granja sostenible.

1.5 Alcances y limitaciones

- El presente proyecto se enfocará en la producción avícola.
- Construcción de un huerto en el sitio donde se instalará la granja.
- El presente proyecto se podrá aplicar en las zonas donde el clima que predomine sea cálido subhúmedo, que ronde con una temperatura mínima de 14°C y máxima de 45°C

1.6 Estado del arte

El estudio del estado del arte respecto al *diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico* inicia con el reconocimiento de que la agricultura y la ganadería intensiva se han convertido en un problema ecológico global.

La producción de alimentos está impulsada por la búsqueda de la máxima rentabilidad por unidad de superficie y esta se realiza a expensas de los recursos naturales, siendo un problema a corto plazo, afectando los recursos naturales existentes[30]. Así mismo el uso inadecuado

de agroquímicos y tecnologías resulta en un deterioro acelerado de los suelos agrícolas y contaminación ambiental.

Esta problemática se agrava por el impacto directo sobre recursos vitales, especialmente el agua y el suelo. El agua dulce es un recurso finito y escaso, y la agricultura es uno de sus mayores consumidores. La extracción excesiva de agua y la falta de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales contribuyen a la contaminación de ríos y lagos, limitando el riego agrícola[5, 8].

Respecto al suelo, prácticas invasivas como la labranza intensiva, la fertilización química excesiva y el uso de pesticidas generan problemas ambientales, pérdida de materia orgánica y degradación intensiva[24].

Ante este escenario, la sostenibilidad se establece como la base fundamental para el desarrollo de la innovación agrícola. Es entonces cuando entra la agroecología, ya que busca potenciar la agricultura para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria, combinando conocimientos y prácticas de gestión de agroecosistemas. Así mismo se fomentan las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Pecuarias (BPP), ya que son el conjunto de principios que buscan mejorar la sostenibilidad de la producción, garantizar la calidad de los productos, reducir el riesgo de plagas/enfermedades y minimizar el impacto ambiental[9, 31, 32].

Estas buenas prácticas son aplicables en granjas[33] que integran sistemas agrícolas y pecuarios. En este contexto, la sostenibilidad surge como estrategia para aplicar principios ecológicos en las operaciones dentro de las granjas, con el motivo de minimizar el impacto ambiental, aumentar la productividad y rentabilidad de la granja[34, 35].

Por ello, se le atribuye el término de “Granjas Sostenibles”, ya que se busca que sea económicamente rentables, tengan un impacto positivo en la sociedad y que aplique prácticas que cuiden y preserven el medio ambiente[36-38]. En la revisión del estado del arte, se observó que el proceso de implementación de estas granjas debe iniciarse con modelos sostenibles a nivel doméstico, ya que requieren de una inversión inicial menor, permiten un manejo personalizado y una buena administración de los recursos, se facilita la incorporación gradual de técnicas agroecológicas y tecnologías limpias[25, 28].

Para la instalación de las granjas sostenibles a nivel doméstico se destacan varios componentes necesarios para su instalación:

- Agrícola
- Pecuario
- Vivienda ecológica
- Desechos

Estos componentes conforman un sistema integrado protege los recursos, minimiza impactos ambientales y promueve la autosuficiencia y resiliencia[32, 35, 36].

Posterior a la definición e implementación de los componentes, es importante iniciar con el diseño adecuado de la granja, dependiendo del animal doméstico que se desee criar, procurando siempre su bienestar. Esto implica proveer suficiente espacio para que logre tener comportamientos naturales (moverse, descansar y pastorear), lo que previene el estrés y optimiza la productividad[39].

Estas prácticas y componentes son cruciales para la implementación y *diseño de un modelo granja sostenible para uso doméstico*, dada la necesidad de pasar de prácticas agrícolas tradicionales y contaminantes a modelos sostenibles y autosuficientes. Un buen diseño de granjas sostenibles a nivel doméstico es la opción más práctica y rentable para comenzar, integrando producción animal y agrícola (implementación de huertos orgánicos) para lograr una economía circular[40].

1.7 Organización del documento

Capítulo I. El primer capítulo presenta la descripción del trabajo, antecedentes, problemática, objetivos, alcances, limitaciones y la recopilación del estado del arte.

Capítulo II. Se muestra el marco teórico relacionado con el trabajo, se muestran conceptos fundamentales que complementan la investigación.

Capítulo III. Se describe el diseño de la investigación, la metodología, los materiales y herramientas utilizadas, así como los procedimientos utilizados para llevar a cabo el proyecto.

Capítulo IV. Se presentan los resultados obtenidos, de la investigación, se anexan fotografías y gráficos obtenidos.

Capítulo V. Se muestran las conclusiones de la investigación referente a los resultados, recomendaciones para trabajos futuros y se muestra la fuente bibliográfica utilizada .

Capítulo II

2.1 Marco teórico

2.1.1 Sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad hace referencia a la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la de las futuras generaciones. Este concepto se conforma por tres pilares, el social, económico y ambiental; es decir que estos pilares deben trabajar en conjunto para lograr la sostenibilidad. Entonces el concepto de sostenibilidad se aplicó en la granja, en el diseño de construcción, en los materiales utilizados, en el uso responsable de los recursos naturales, en la rentabilidad de la granja y a su vez en el impacto positivo en la sociedad por su implementación como nueva forma de minimizar el impacto ambiental a nivel doméstico[19].

2.1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen una agenda que ha sido adoptada por países miembros de las Naciones Unidas, estos objetivos priorizan 17 problemas mundiales, los cuales se enlistan y deben ser cumplidos antes del año 2030; entre estos objetivos se destacan el ODS 2 (Hambre cero) y el ODS 12 (Producción y consumo responsable) siendo que estos son importantes para la agricultura sostenible. Estos objetivos ayudaron como referencia para orientar, utilizar estrategias y acciones para el diseño de un modelo de granja sostenible a nivel doméstico[15, 16].

2.1.3 Agricultura

La agricultura tiene un gran peso económico y social para México, donde se producen alimentos, fibras, combustibles y otros derivados del cultivo de plantas y cría de animales domésticos. En la actualidad la agricultura convencional usa técnicas variadas, donde se caracteriza por el uso intensivo de insumos químicos, monocultivos y prácticas que pueden deteriorar el suelo, agotar recursos hídricos y afectan la biodiversidad[21].

2.1.4 Agricultura sostenible

Este nuevo término está en crecimiento, ya que propone un sistema de producción agrícola que busca integrar prácticas económicas viables, que sean ecológicas y socialmente justas, esto con el objetivo de preservar recursos naturales, asegurar la producción alimentaria y

mejorar la calidad de vida de los agricultores[13]. Así mismo este modelo contiene diferentes principios que mejoran su enfoque como se muestra en la Figura 1.

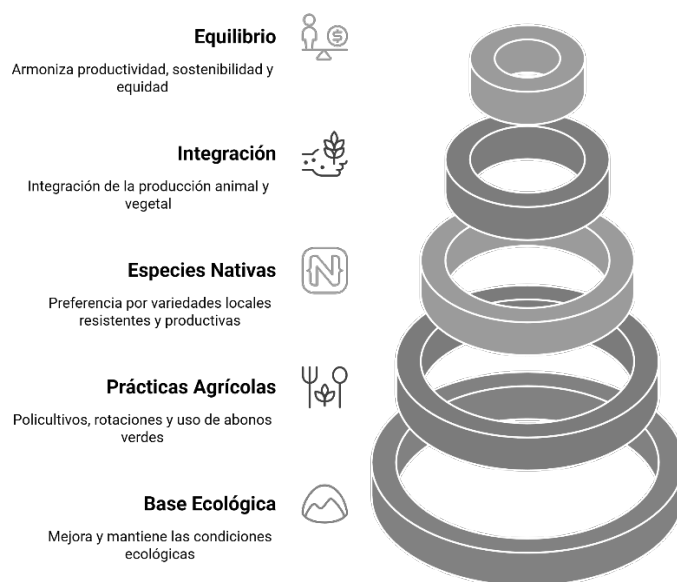


Figura 1. Principios de la agricultura sostenible. Fuente propia.

Estos principios son esenciales para que la agricultura sea llamada sostenible, así mismo la implementación de estos principios nos proporciona varias ventajas (Figura 2) que hace destacar este nuevo término de lo convencional.



Figura 2. Ventajas de la agricultura sostenible. Fuente propia.

2.1.5 Buenas prácticas agrícolas

Las BPA son el conjunto de actividades y procedimientos que se llevan a cabo en la producción agrícola, esto para cuidar de la calidad, inocuidad y sostenibilidad de los cultivos, así como la conservación del medio ambiente y se procura la salud de los trabajadores. La implementación de las BPA minimiza riesgos para la salud humana, protegen los recursos naturales y promueven la productividad a largo plazo.

2.1.6 Buenas prácticas pecuarias

Las BPP son el conjunto de actividades orientadas a la producción animal que garantiza la salud, el bienestar de los animales y la calidad de los productos derivados de ellos. Dentro de las BPP se vigila la alimentación, la sanidad, las instalaciones, el manejo de los residuos y el bienestar animal.

2.1.17 Bienestar animal

Este término se refiere como se siente y comporta el animal en relación a las instalaciones y cuidados que tiene. En la producción agrícola y pecuaria sostenible, el bienestar animal es un aspecto indispensable que procura satisfacer las necesidades de los animales, como la alimentación, buena hidratación, salud, espacio y tener comportamientos naturales que logren reducir el estrés y sufrimiento[41, 42].

2.1.8 Granjas

La industria agropecuaria, que incluye granjas (de cultivos, porcinas, avícolas, bovinas, etc.), tiene una importancia económica considerable en México. Estas unidades se basan en la producción de alimentos y otros recursos a partir de la gestión de cultivos y animales. Estas granjas pueden ser comerciales y domésticas.

2.1.9 Granjas sostenibles

Las granjas que incluyen el concepto de sostenibilidad buscan maximizar la eficiencia del uso de recursos, minimizan los residuos y el impacto ambiental, asegurando la viabilidad económica a largo plazo. En ellas se busca la integración de buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas pecuarias.

2.1.10 Componentes para la construcción de una granja sostenible

Los componentes que conforman una granja sostenible parten desde el componente de la vivienda ecológica (galpones contruidos con materiales reciclados), componente animal (animales domésticos), componente agrícola (implementación de huertos con diversificación de cultivos) y el de los desechos (restos orgánicos procedentes de la granja que se les puede dar una adecuada gestión). Estos componentes son cruciales para la puesta en marcha de la granja sostenible, deben trabajar en conjunto para reducir la dependencia de insumos externos y fomentar un ciclo cerrado de materiales dentro de la granja.

2.1.11 Huertos

Los huertos son espacios o parcelas que se destinan al cultivo de plantas comestibles o medicinales para consumo o venta. Los huertos son una estrategia sostenible en la agricultura, donde se suele usar de manera doméstica y comunitaria. Su implementación es pieza clave para las granjas sostenibles, ya que ayudan a cerrar ciclos productivos, mejoran la dieta familiar y de los animales, además de fortalecer la resiliencia ante cambios ambientales.

Capítulo III

3.1 Metodología de la investigación

Este capítulo muestra la metodología utilizada para el diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico. En la Figura 3 se muestran los 12 pasos que orientaron el desarrollo del proyecto, estos pasos permiten ver aspectos de la sostenibilidad, la selección de componentes adecuados, la adaptación al entorno, condiciones climáticas, así como la planificación y ejecución práctica.

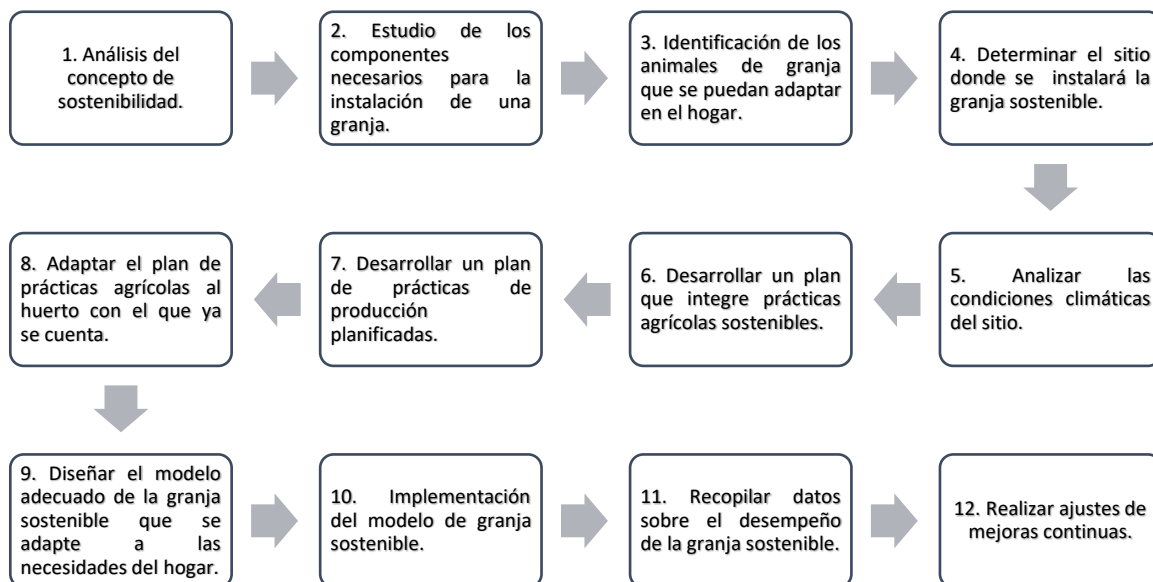


Figura 3. Metodología de la solución para el diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico.
Fuente propia.

La metodología orientó el desarrollo del proyecto, estos pasos permiten ver aspectos de la sostenibilidad, la selección de componentes adecuados, la adaptación al entorno, condiciones climáticas, así como la planificación y ejecución práctica. A continuación, se describen los pasos de la metodología utilizada.

3.1.1 Análisis del concepto de sostenibilidad

Se realizó un análisis del concepto de sostenibilidad [3, 4], ya que es importante comprender todos sus componentes para la implementación de la granja sostenible. Siendo que los pilares del concepto de sostenibilidad son el crecimiento económico, la equidad social y el cuidado ecológico (Tabla 1).

Tabla 1. Pilares de la sostenibilidad. Fuente propia.

Sostenibilidad	
Pilar	Definición
Ecológico	Se centra en la preservación y protección del ambiente
Económico	Busca el desarrollo económico de forma sostenible, sin agotar los recursos naturales
Social	Se enfoca en mejorar las condiciones sociales y de vida de las comunidades

El concepto de sostenibilidad (Figura 4) debe tener presente cada uno de sus pilares y trabajar en conjunto. Así mismo se debe aplicar en todo el desarrollo del proyecto para garantizar la autosuficiencia, el cuidado del medio ambiente, la rentabilidad económica y social.



Figura 4. Análisis del concepto de sostenibilidad. Fuente propia.

3.1.2 Estudio de los componentes necesarios para la instalación de una granja

Se llevó a cabo un estudio de los componentes indispensables para la instalación de una granja sostenible. En la Tabla 2 se presentan los componentes necesarios para la instalación de una granja sostenible.

Tabla 2. Componentes para la instalación de una granja sostenible. Fuente propia.

Componente	Definición y enfoque	Aspectos clave
Vivienda ecológica	Se centra en el diseño y la construcción de un espacio que cuide del medio ambiente, que utilice recursos existentes y materiales que minimicen la contaminación.	El diseño debe adaptarse a las necesidades de los animales. Se debe considerar la ubicación y orientación según el clima local (Este-Oeste en climas cálidos; Norte-Sur en climas fríos). Los materiales de construcción deben ser duraderos, apropiados para limpieza/desinfección y estar disponibles en la región.
Agrícola	Se enfoca en la producción de cultivos y plantas que sean	Se siembran cultivos para autoconsumo, medicina tradicional y como forraje para los animales. Se

	respetuosas con el medio ambiente, esto mediante la construcción de huertos.	considera la rotación de cultivos, un riego eficiente y prácticas agrícolas para la conservación del suelo y cuidado del agua.
<i>Animal</i>	Se refiere a la cría y manejo de animales domésticos de manera responsable y respetuosa con su bienestar.	Incluyen animales como gallinas, cerdos, vacas, ovejas, entre otros. El manejo responsable es clave para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la granja.
<i>Desechos</i>	Comprende los estiércoles, residuos agrícolas, residuos ganaderos, purines etc., procedentes de las plantaciones de cultivos de los animales de granja.	Los desechos deben ser manejados y tratados de forma segura para evitar la contaminación del suelo y del agua. Estos desechos tienen otra vida útil y pueden usarse como abono (fertilizante) o alimento para los mismos animales de granja.

El objetivo de identificar los componentes requeridos para la instalación de la granja es garantizar que se ajuste a los principios de sostenibilidad y se adapte a condiciones de un entorno doméstico.

3.1.3 Identificación de los animales de granja que se puedan adaptar en el hogar

Los animales de granja son aquellos que están domesticados y criados en entornos rurales (Figura 5), estos animales proporcionan alimentos, materiales y otros beneficios a los seres humanos, como carne, leche, huevo, lana y pieles (Tabla 3).



Figura 5. Clasificación de animales de granja por especie. Fuente propia.

Tabla 3. Animales de granja y sus subproductos. Fuente propia.

Animal	Producción principal
Gallina	Huevos y carne
Cabra	Leche, carne y piel
Oveja	Lana, leche y carne
Pato doméstico	Plumaje, huevos y carne
Guajolote	Carne y huevo
Vaca	Leche, carne y piel
Cerdo	Carne

Posterior a la identificación de los animales de granja, se procedió a la determinación del animal a utilizar en la granja sostenible, siendo que un solo animal a criar es esencial para asegurar un cuidado especializado y conocer todas sus cualidades. El análisis de viabilidad se realizó comparando diferentes tipos de granjas como se observa en la Tabla 4 (Avícola, porcicultura, bovino, ovinos/caprinos).

Tabla 4. Tipos de granja. Fuente propia.

Aspecto	Tipo de granja			
	Avícola	Porcicultura	Bovino	Ovinos/Caprinos
Espacio requerido	Mínimo de 3 pies cuadrados (aproximadamente 0,28 m ²) de área de suelo por gallina en el gallinero.	2-3 m ² por cerdo en crecimiento; espacio adicional para ejercicio.	10-15 m ² por vaca; necesitan establos amplios y pasturas.	1.5-2 m ² por oveja; pueden ser criadas en pasturas. 2-3 m ² por cabra; requieren áreas de pastoreo y refugio.
Inversión inicial	Infraestructura sencilla; costos bajos en aves (pollitos de \$15-30). Equipamiento básico (comederos, bebederos).	Alta inversión inicial (animales de \$3,000-10,000 cada uno). Necesidad de instalaciones adecuadas y equipo.	Muy alta inversión (\$10,000-30,000 por vaca). Establos y equipos de ordeño son costosos.	Moderada inversión; ovejas (\$1,000-3,000 cada una) y menor infraestructura. Moderada inversión; cabras (\$1,000-3,000 cada una) y espacio adicional para pastoreo.
Alimentación	Son animales omnívoros por lo que se pueden alimentar con una gran variedad de granos e insectos.	Requieren aproximadamente 3 kg de alimento para producir 1 kg de carne. Dieta variada que puede incluir residuos agrícolas.	Necesitan forraje y concentrados; costos altos debido a la alimentación especializada.	Alimentación menos costosa; se alimentan principalmente de pasto y heno. Requieren forraje, heno y concentrados; pueden alimentarse de arbustos y maleza.

Atención y manejo	Cuidados básicos: vacunaciones y limpieza periódica.	Requieren atención diaria; manejo cuidadoso para evitar enfermedades. Necesidades específicas según la etapa de crecimiento.	Necesitan ordeño diario, cuidado especial durante el parto y atención veterinaria regular.	Requieren menos atención que los cerdos o vacas; cuidados básicos son suficientes. Atención diaria necesaria; manejo del pastoreo y cuidados sanitarios regulares.
Tiempo de rendimiento	Pollos listos para definir su sexo en 6-8 semanas; gallinas comienzan a poner a las 18-20 semanas.	Tiempo de engorde de 5-6 meses para alcanzar el peso ideal. Producción continua depende del ciclo reproductivo.	Tiempo hasta la primera lactancia puede ser de 2 años; producción continua depende del ciclo reproductivo.	El tiempo hasta el primer parto es de aproximadamente 1 año; la producción continua depende del ciclo reproductivo. Tiempo hasta el primer parto es de aproximadamente 1 año; producción continua depende del ciclo reproductivo (leche o carne).
Producción	Huevos: hasta 300 huevos/año por gallina en sistemas intensivos. Carne: producción constante debido a ciclos cortos (pollos).	Producción variable; entre 8-12 lechones por camada, con varias camadas al año. Carne: producción rápida y eficiente.	Producción promedio de leche entre 25-30 litros/día en condiciones óptimas. Carne: producción más lenta pero estable a largo plazo.	Producción de carne y lana; entre 2-3 crías por año dependiendo del manejo. Menor rapidez en comparación con aves o cerdos. Producción de leche variable (dependiendo de la raza); la carne también es un producto importante. Alta tasa reproductiva (1-2 crías al año).
Mercado	Alta demanda durante todo el año; productos accesibles (huevos, carne). Mercado menos volátil que otros productos cárnicos.	Mercado estable pero sensible a fluctuaciones económicas (precios del cerdo). Alta demanda en mercados locales e internacionales.	Mercado estable para leche y carne; Alta demanda, especialmente en productos lácteos orgánicos.	Mercado creciente para carne y lana; Menor demanda que cerdos o aves, pero estable en nichos específicos.

				Mercado creciente para leche artesanal;
				Demanda estable en productos lácteos locales.
Bienestar animal	Desafíos en sistemas intensivos (alta densidad); mejores condiciones en sistemas camperos.	Bienestar puede ser un problema si no se manejan adecuadamente los espacios;	Buen bienestar si se manejan adecuadamente los establos;	Generalmente mejor bienestar en sistemas extensivos;
	Necesidad de enriquecimiento ambiental para evitar problemas sociales entre aves.	Necesitan espacio suficiente para comportamientos naturales como excavar y jugar.	Necesidades específicas durante la lactancia y el parto son críticas.	Necesitan suficiente espacio para pastar y comportamientos naturales.
				Bienestar variable según el sistema de manejo;
				Necesitan acceso a áreas exteriores para comportarse naturalmente.

El estudio concluyó que es factible empezar con una granja avícola a pequeña escala debido a que presenta menos requerimientos en comparación con otros tipos de granjas y proporciona varios beneficios que se pueden percibir a un corto plazo como se observa en la Figura 6[43-45].



Figura 6. Beneficios de las gallinas. Fuente propia.

Así mismo en el censo agropecuario de INEGI confirma que la cría de gallinas es el tipo de granja que se registra con mayor producción en viviendas en 2022 (Figura 7).

Especies	Cabezas	Unidades de producción con cría de animales	Viviendas con cría de animales
Gallos, gallinas, pollos y pollitas	9 338 613	9 253 917	84 696
Bovinos	111 949	108 934	3 015
Porcinos	79 228	75 457	3 771
Ovinos	57 539	50 427	7 112
Colmenas (cajones)	24 720	24 381	339
Caprinos	19 263	15 667	3 596

Figura 7. Producción pecuaria según principales productos y existencias, 2022. Fuente INEGI.

Empezar con una granja avícola presenta menos requerimientos en comparación con los otros tipos de granjas. La instalación de una granja avícola permite una menor inversión para su construcción, una alimentación variada por ser omnívoros, un tiempo de producción temprana y rendimiento entre las 18 y 20 semanas desde su adquisición, menos espacio requerido para el desarrollo de las mismas y un mercado que está en constante crecimiento por su alta demanda de carne y huevo[46, 47].

En cuanto a la producción de huevo se tiene que una gallina ponedora produce entre 200 y 300 huevos al año, lo que equivale a aproximadamente 3 a 4 huevos por semana, por lo que una familia de 3 – 4 integrantes que consume alrededor de 12 huevos semanales se necesitan entre 3 y 4 gallinas para satisfacer esa demanda; si se desea un excedente para regalar o vender, se recomienda agregar una o dos gallinas más[48]. Cada gallina requiere entre 3 y 4 m² en el corral para escarbar y moverse cómodamente, lo que implica que, para 5 gallinas, se necesitaría un corral de entre 15 y 20 m². El manejo y bienestar de las aves son fundamentales para asegurar que estén bien alimentadas y tengan un ambiente adecuado, minimizando el estrés y optimizando su producción de huevos[49, 50]. Con estas pautas, se podrá determinar la cantidad adecuada de gallinas para comenzar una granja familiar sostenible, asegurando tanto el bienestar de las aves como la satisfacción de las necesidades de las familias[51].

Es por ello que una granja familiar sostenible avícola presenta diversas ventajas en comparación con la cría de otros animales.

Las razones para seleccionar la granja avícola son (Tabla 5):

- Menor inversión inicial

- Alimentación variada
- Espacio requerido
- Tiempo de producción
- Mercado

Tabla 5. Cuadro comparativo de aspectos técnicos y económicos para la implementación de granjas avícolas.
Fuente propia.

Aspecto	Granja Avícola (Gallinas)	Justificación para la Selección
Inversión Inicial	Baja	La infraestructura necesaria es sencilla , y el costo de las aves (pollitos o gallinas de postura criollas) es significativamente menor en comparación con cerdos o vacas. Esto hace que el modelo sea accesible para pequeños hogares o productores domésticos con recursos limitados.
Espacio requerido	Mínimo	Se necesita un mínimo de 0,28 m ² de área de suelo para gallina en el gallinero. Este requerimiento es mucho menor que el necesario para cerdos (2-3 m ²) o vacas (10-15 m ²), lo que es ideal para un diseño doméstico en espacios limitados.
Alimentación	Variada (Omnívoros)	Las gallinas se pueden alimentar con una gran variedad de granos e insectos. Su dieta puede incluir restos orgánicos y forraje verde del huerto , lo que reduce los costos de alimentación y promueve un ciclo cerrado y sostenible.
Tiempo de Producción/Rendimiento	Temprano y Rápido	Las gallinas comienzan a poner huevos a las 18-20 semanas desde su adquisición. Esto implica un rendimiento productivo temprano y un retorno de la inversión más rápido a mediano plazo en comparación con otros animales.
Producción de subproductos	Doble propósito y Abono	Proporciona huevos (hasta 300 por año) y carne de ciclos cortos. El estiércol (gallinaza) puede aprovecharse como fertilizante orgánico para el huerto, fomentando el ciclo cerrado y minimizando el desperdicio.

Mercado	Alta demanda	Existe una alta demanda durante todo el año para huevos y carne, y los productos son accesibles para el mercado. El mercado avícola en Morelos está en expansión.
Viabilidad y confirmación	Viabilidad Comprobada	El censo agropecuario de INEGI de 2022 confirma que la cría de gallinas es el tipo de granja que se registra con mayor producción en viviendas.

Además, es importante considerar la raza de las gallinas ya que en el sector avícola existen variedad de razas de gallinas que se destacan por su producción de huevo o carne[39, 52, 53]. En la Tabla 5 se describen diferentes tipos de razas de gallinas con sus respectivas ventajas y desventajas para su cría.

Tabla 6. Razas de gallinas, ventajas y desventajas. Fuente propia.

Raza	Ventajas	Desventajas
Gallina criolla.	Alta adaptabilidad a condiciones locales. Resistencia a enfermedades. Capacidad para buscar su alimento. Producción de carne y huevos de buena calidad.	Menor producción de huevos en comparación con razas especializadas (200-250 huevos/año). Requiere más tiempo para alcanzar la madurez.
Rojo de rhode island	Buena producción de huevos (200-300 huevos/año). Adaptabilidad a diversas condiciones. Buena salud y longevidad.	Puede necesitar incubadoras para crías, ya que no siempre empolla sus propios huevos.
Livorno	Alta producción de huevos (300-371 huevos/año). Eficiencia alimentaria. Rápida madurez sexual (5 meses).	Menos resistentes a condiciones climáticas extremas. Necesita un manejo más cuidadoso en climas fríos.
Roca de plymouth	Producción constante de huevos (200-280 huevos/año).	Menor producción en comparación con razas de alta postura.
Isa marrón	Alta producción de huevos (300-320 huevos/año). Fácil manejo y cuidado.	Pueden perder productividad con el tiempo; son menos resistentes a enfermedades si no se manejan adecuadamente.
Sussex	Versatilidad en producción de carne y huevos (280-300 huevos/año). Buen carácter y fácil manejo.	Requiere espacio adecuado y puede ser menos productivo en condiciones adversas.

Tras el análisis de las diferentes razas de gallinas se determinó que la raza a utilizar para iniciar la granja será la gallina criolla. Algunas de las ventajas y beneficios (Figura 8) del uso de gallinas criollas son[54-56]:

- Alta adaptabilidad
- Resistencia a enfermedades
- Capacidad para buscar su propio alimento
- Proporciona una fuente constante de huevos y carne

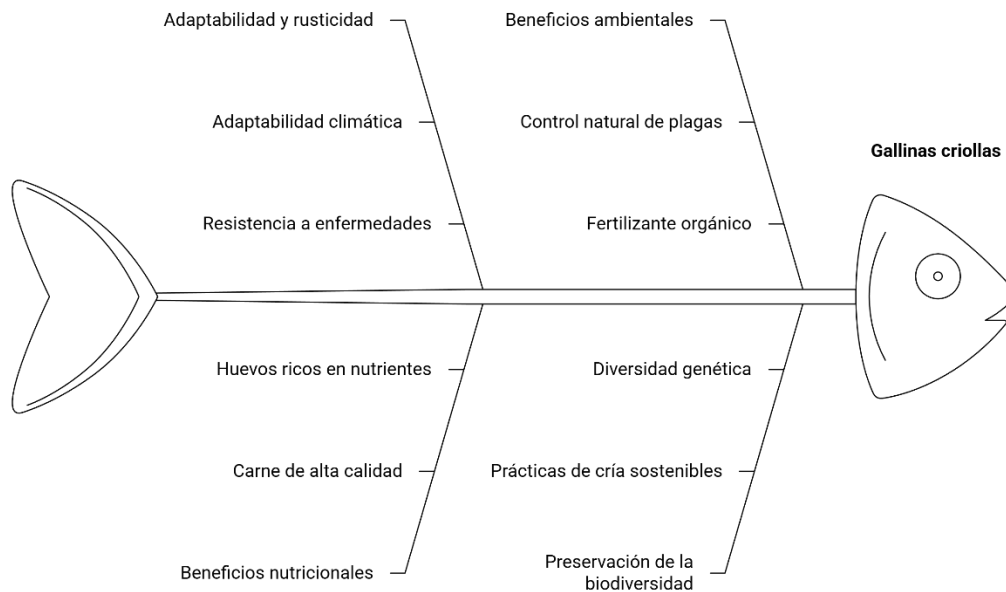


Figura 8. Beneficios de la cría de gallinas criollas. Fuente propia.

La cría de gallinas criollas proporciona una fuente constante de alimentos, como huevos y carne, asegurando un suministro fresco y saludable[57-61]. Además de su fácil manejo las convierte en una opción ideal para familias con espacio limitado, ya que requieren menos cuidados diarios en comparación con otras razas de gallinas[62-65].

El giro de la granja será la producción avícola a pequeña escala o a nivel doméstico, desarrollado con gallinas criollas, en su diseño se procurará el bienestar, adaptado a condiciones climáticas y al número de animales[66-69]. Además, la construcción de granjas a pequeña escala con este tipo de giro se presta para poder poner en práctica acciones que prioricen el bienestar animal, buenas prácticas pecuarias y una alimentación orgánica, dejando atrás las prácticas convencionales[70].

3.1.4 Determinar el sitio donde se instalará la granja sostenible

La ubicación geográfica y las condiciones del sitio son elementos determinantes para el modelo de la granja.

El sitio donde se instaló la granja sostenible es la zona sur del estado de Morelos, ya que se destaca por su gran porcentaje dedicado a la agricultura (Figura 9), siendo que en la producción pecuaria destaca por su enfoque en producción de porcinos, ovinos, caprinos y aves de corral.

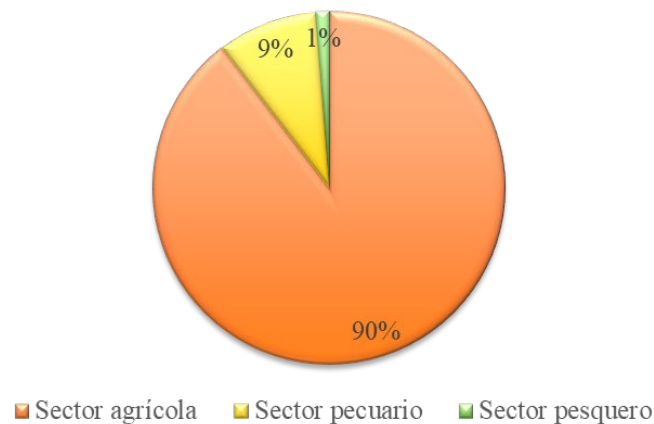


Figura 9. Gráfico de la producción agrícola en Morelos. Fuente propia.

Se realizó una evaluación del lugar, considerando aspectos climáticos, disponibilidad de recursos, acceso y viabilidad ambiental, que permitan maximizar el rendimiento y minimizar impactos negativos (Tabla 6).

La zona seleccionada fue la zona sur de Morelos.

Tabla 7. Descripción del sitio donde se instalará la granja. Fuente propia.

Aspecto	Resumen de la determinación del sitio
Idoneidad climática	Es ideal debido a su clima cálido y templado, lo que proporciona un ambiente óptimo para las gallinas. Esto reduce la necesidad de instalar calefacción o refrigeración, lo que favorece una producción eficiente.
Acceso a recursos	La región cuenta con acceso adecuado a recursos naturales esenciales como agua potable, iluminación natural y extensiones de terreno, lo que favorece a las operaciones diarias y procura el bienestar de las aves.
Viabilidad económica	El mercado en expansión para productos avícolas (carne de pollo y huevos) en Morelos asegura que la inversión en la granja sea rentable a largo plazo.
Sostenibilidad ambiental	La biodiversidad de la zona permite implementar prácticas sostenibles, como la siembra de cultivos para alimentación de las aves, el uso de residuos orgánicos para alimentar a las aves y el aprovechamiento del estiércol como fertilizante o para venta del mismo como pollinaza (alimento seco para bovinos y ovinos). Esto fomenta un ciclo cerrado que minimiza el desperdicio.
Salud y bienestar	La ubicación alejada de los centros urbanos reduce el riesgo de contaminación, ofreciendo un entorno más limpio y saludable para las aves.

Comunidad	La construcción de la granja sostenible puede servir como modelo educativo para la comunidad, promoviendo talleres sobre prácticas agrícolas sostenibles y sobre buenas prácticas pecuarias.
-----------	--

3.1.5 Analizar las condiciones climáticas del sitio

Este análisis detalla las características climáticas del lugar donde se llevó a cabo el proyecto (Tabla 7).

Tabla 8. Condiciones climáticas del sitio donde se instalará la granja para uso doméstico. Fuente propia.

Elemento climático	Condiciones de la zona sur de Morelos
Tipo de clima	Cálido subhúmedo
Temperatura	Suele oscilar entre los 14 °C durante la noche y puede alcanzar hasta los 45 °C durante el día
Temporada de lluvias	Generalmente va de junio a septiembre. Esta precipitación es crucial para la agricultura local, ya que asegura el suministro de agua para los cultivos.
Humedad	Puede ser alta, especialmente durante la temporada de lluvias
Vientos	Son generalmente suaves a moderados, con velocidades que oscilan entre 10 y 25 km/h
Impacto en la producción	La combinación de temperaturas cálidas y lluvias estacionales favorece un crecimiento vegetativo robusto y es propicia para la cría de animales

Los datos obtenidos se necesitaron para el diseño y manejo de la granja, esto para que el proyecto fuera resiliente y eficiente frente a las condiciones ambientales.

Los datos se tomaron en cuenta y se procedió a que la granja se diseñará de Este a Oeste y que se tomará en cuenta la utilización de malla sombra para mitigar el impacto del calor en los periodos de calor extremo.

3.1.6 Desarrollar un plan que integre prácticas agrícolas sostenibles

Las prácticas agrícolas sostenibles son esenciales para promover el cuidado del suelo, conservar los recursos naturales y aumentar la productividad de las siembras a largo plazo.

Por lo tanto, el plan consistió en revisar diversas prácticas agrícolas sostenibles que se puedan aplicar dentro de huertos (Figura 10)[71, 72]. La implementación de estas prácticas busca obtener cultivos sanos y proporcionar un ambiente apto y amigable con el medio ambiente.



Figura 10. Prácticas agrícolas sostenibles. Fuente propia.

Al tener en claro las prácticas agrícolas sostenibles existentes, se definieron cuáles son las que se llevarán a cabo (Figura 11), estas prácticas se aplicarán dentro del huerto[73].



Figura 11. Prácticas agrícolas sostenibles aplicadas en el huerto. Fuente propia.

Una vez definida las prácticas agrícolas sostenibles que se aplicarán dentro del huerto(Figura 11), se seleccionaron los cultivos para la alimentación avícola, con el fin de garantizar su salud, bienestar y productividad. En la Tabla 8, se presentan algunos alimentos que pueden ser utilizados en la dieta de las gallinas[74].

Tabla 9. Tipos de cultivos que aportan beneficios nutritivos para las gallinas. Fuente propia.

Cultivo/Alimento	Beneficios
Maíz orgánico	Proporciona energía, mejora la salud de las aves y contribuye a la producción de huevos de calidad
Guisantes	Ayudan a aumentar el contenido proteico en la dieta, favoreciendo el crecimiento y la producción de huevos.
Calabaza	Proporciona fibra y nutrientes esenciales, además de ser un alimento atractivo para las aves. Proporciona fibra, antioxidantes y es rica en vitaminas A y C; mejora la digestión.
Cereales (trigo, sorgo)	Aumentan la energía y son una buena fuente de carbohidratos; son fáciles de cultivar y cosechar.
Lechuga	Proporciona hidratación y ayuda en la digestión; Contiene vitaminas A y C.
Col rizada	Es rico en calcio, fósforo y vitamina K; favorece la formación de huevos y mejora la salud ósea.
Zanahorias	Son ricas en betacarotenos (vitamina A), que son esenciales para la salud ocular y el sistema inmunológico
Perejil	Mejora la digestión y puede ayudar a fortalecer el sistema inmunológico de las aves.
Cilantro	Contiene antioxidantes y es una buena fuente de vitamina K; promueve la salud general de las aves.
Espinacas	Es alto en hierro, calcio y vitaminas A y C; contribuye a la salud sanguínea y ósea
Rábanos	Contiene potasio, ácido fólico y antioxidantes; ayudan a equilibrar el sistema digestivo
Insectos	Proporcionan una fuente natural de proteínas, mejorando la salud intestinal y reduciendo los costos de alimentación.

3.1.7 Desarrollar un plan de prácticas de producción planificadas

En este paso se diseña el plan de producción (Tabla 9) para la granja avícola sostenible para uso doméstico, la cual está adaptada a las necesidades de una familia de 3 a 4 integrantes. La granja cuenta con 3 gallinas y un gallo. Se consideró la construcción de un huerto familiar,

para alimentar de forma natural y orgánica a las gallinas. Este plan busca integrar prácticas responsables que fomenten la sostenibilidad ambiental, económica y social, generando productos frescos de calidad para el consumo familiar, optimizando recursos y promoviendo el bienestar animal, así mismo se desglosaron tareas que permitan organizar la granja.

Tabla 10. Plan de prácticas de producción. Fuente propia.

Actividad	Descripción	Frecuencia/ Periodo	Responsable	Recursos sostenibles	Producción esperada	Consideraciones sostenibles
Alimentación	Proporcionar alimento fresco del huerto y suplementos naturales (granos, insectos)	Diario	Familia	Cultivos hortícolas, restos orgánicos, agua limpia	2-3 huevos diarios por las 3 gallinas	Uso de alimentación local y orgánica, evitar alimentos procesados
Limpieza del corral	Retirar estiércol, limpiar agua y retirar sobras de alimento	Diario	Familia	Agua reutilizable y reciclada	Mantener ambiente saludable para aves	Control de contaminación y manejo del estiércol como abono
Revisión de salud	Control visual y sanitario de las aves	Semanal	Familia / Veterinario	Uso de medicina natural y cuidado preventivo	Reducción de enfermedades	Evitar antibióticos innecesarios, bienestar animal
Recolección de huevos	Recolectar huevos por la mañana y tarde	Diario	Familia	Herramientas simples y reutilizables	6-9 huevos diarios	Conservación adecuada para evitar desperdicios
Manejo del huerto	Cultivo de verduras, legumbres y plantas para alimento	Semanal	Familia	Suelos fértiles, compostaje con estiércol	Alimento para gallinas y consumo familiar	Rotación de cultivos, prácticas orgánicas
Control de plagas en huerto y corral	Uso de prácticas orgánicas para controlar plagas y enfermedades	Mensual	Familia	Extractos naturales, control biológico	Protección de salud vegetal y animal	Evitar químicos tóxicos y preservar biodiversidad
Registro productivo	Anotar producción diaria de huevos, peso y salud	Diario Semana	Familia	Documentos reutilizables o digitales	Seguimiento para optimizar producción	Mejora continua basada en datos
Rotación y descanso del suelo en huerto	Para mantener fertilidad y sostenibilidad	Cada ciclo de cultivo (3-4 meses)	Familia	Compost, abonos orgánicos producidos en la granja	Mejoramiento del suelo y producción futura	Mantener equilibrio ecológico y productividad sostenible

Contar con un plan de producción facilita la visión de las tareas, recursos, producción y criterios para la gestión sostenible de la granja doméstica, con alimentación autogestionada

del huerto y prácticas que promuevan la conservación de los recursos y procuren el bienestar animal. Además, la planificación adecuada permitirá maximizar los recursos y adaptarse a las condiciones de mercado.

3.1.8 Adaptar el plan de prácticas agrícolas al huerto con el que ya se cuenta

En este paso se establece el diseño específico y la construcción del huerto y se asegura que se apliquen los principios de sostenibilidad. También se ajustan las técnicas y planificaciones de producción al huerto, procurando tener cultivos sanos, cuidar del suelo y proveer alimento necesario para las aves, esto facilita la transición hacia un sistema integrado y sostenible, fomentando la producción orgánica y un circuito cerrado[75].

Las especificaciones del huerto (Figura 12) son: 2 m de largo por 1m de ancho, con una altura de 15cm (la altura de un tabique). Se debe escarbar 15cm adicionales para permitir un buen crecimiento de las raíces sobre tierra.



Figura 12. Huerto sostenible. Fuente propia.

Posteriormente a la construcción se planificó la siembra de cultivos. Esta planificación es una guía de siembra de cultivos para todo un año, tomando en cuenta la estación y los tiempos de cosecha. Los cultivos se deben sembrar de 2 a 3 meses antes de la construcción de la granja.

En la Tabla 10 se muestra una variedad de alimentos dependiendo el tipo de clima , que sean beneficiosos para consumo humano y para la dieta de las gallinas, contribuyendo al bienestar de las aves.

Tabla 11. Clasificación de alimentos benéficos para las gallinas y aptos para un clima cálido subhúmedo.
Fuente propia.

Cultivo	Beneficios para Gallinas	Consideraciones de Cultivo	Mes	Fecha de Cultivo Más Conveniente
Lechuga	Aporta vitaminas A, C y B, calcio, manganeso, potasio y magnesio; fibra dietética para la digestión.	Siembra directa en suelo preparado; riego regular.	Enero - Febrero	Finales de Febrero (evitando heladas tardías).
Rábano	Contiene antioxidantes, potasio y ácido fólico; ayuda a equilibrar el sistema digestivo.	Requiere poco espacio; siembra en surcos.		Mediados a finales de febrero.
Tomate	Fuente de vitaminas y antioxidantes; aunque se debe ofrecer con moderación.	Necesita soporte; riego por goteo recomendado.	Marzo	Principios de marzo (después de las últimas heladas).
Zanahoria	Aporta vitaminas A, B6, biotina, potasio y K1; la biotina previene dermatitis; rica en antioxidantes que mejoran el color de la carne.	Siembra en suelos sueltos; requiere riego moderado.		Mediados de marzo.
Pimiento	Rico en vitamina C y antioxidantes.	Necesita sol pleno y espacio para crecer.	Abril	Principios de abril.
Cebolla	Ofrece beneficios para la salud y actúa como repelente natural.	Siembra a partir de bulbos; requiere riego constante.		Mediados de abril.
Calabacín	Hidratante y nutritivo; las semillas tienen propiedades antiparasitarias.	Espacio suficiente para expansión; riego regular.	Mayo	Principios de mayo.
Frijoles	Fijadores de nitrógeno que enriquecen el suelo; fuente de proteína vegetal.	Puede crecer junto a maíz (cultivo asociado).		Mediados de mayo.
Maíz	Base alimenticia; mejora la fertilidad del suelo.	Requiere espacio amplio y buen drenaje.	Junio	Principios de Junio.
Berenjena	Rica en fibra y antioxidantes; promueve la salud general.	Necesita calor y sol pleno; riego regular.		Mediados de junio.
Espinaca	Rica en vitaminas y calcio.	Siembra en sombra parcial para evitar el calor extremo.	Julio	Principios de julio.
Acelga	Contiene calcio, magnesio, hierro, potasio, ácido fólico, vitaminas A, K, C, E y fósforo; el fósforo fortalece las cáscaras de huevo.	Requiere riego constante; puede sembrarse a partir de semillas.		Mediados de julio.

Repollo	Rico en fibra y vitaminas, mejora la digestión.	Requiere clima fresco, buen drenaje y suelo fértil.	Agosto – Septiembre	Principios de agosto
Ajo	Antibiótico natural, mejora el sistema inmunológico de las aves.	Requiere suelo bien drenado y exposición solar directa.	Octubre - Noviembre	Principios de octubre
Habas	Fijadoras de nitrógeno; buena fuente de proteína para animales.	Prefiere clima fresco y suelo bien drenado.	Diciembre	Mediados de diciembre

Esta clasificación facilita la transición hacia un sistema integrado y sostenible, fomenta la producción orgánica y conduce a un circuito cerrado.

También se adecuó un recipiente para los desechos excedentes orgánicos provenientes del hogar, del huerto y de la granja (Figura 13), estos funcionarán como compostador natural. La composta se utilizará como abono orgánico, que beneficiará a los cultivos al agregar nutrientes esenciales (Figura 14)[76-78].



Figura 13. Desechos orgánicos. Fuente propia.



Figura 14. Abono orgánico. Fuente propia.

La implementación de estas prácticas mejoró la productividad como la calidad de los cultivos. Así mismo, se busca proteger el medio ambiente y promover la biodiversidad, así como el cuidado del suelo y del agua[79].

3.1.9 Diseñar el modelo adecuado de la granja sostenible que se adapta a las necesidades del hogar

Este paso se centra en el diseño y características de la infraestructura, recursos y sostenibilidad de la granja (avícola) para uso doméstico, asegurando que el diseño final esté adecuado para un clima cálido subhúmedo, promoviendo bienestar animal y la autosuficiencia[80, 81].

El diseño de la granja avícola se muestra en la Figura 15. Considera el espacio por el número de gallinas[82, 83], las condiciones climáticas del sitio de instalación y el tipo de materiales a utilizar[84-86]. A continuación, se mencionan las características del diseño de la granja y en la Figura 16 se observa de manera simplificada.

- **Espacio Mínimo en el Gallinero:** Se requiere un mínimo de 0.28 m² cuadrados de área de suelo por gallina dentro del gallinero
- **Numero de gallinas:** 3 gallinas y un gallo.
- **Altura del Gallinero:** La estructura debe oscilar entre 1.60 y 1.90 metros para permitir una ventilación adecuada y un manejo cómodo.

- **Ubicación:** Jojutla, Morelos.
- **Clima:** Cálido subhúmedo.
- **Temperatura:** El promedio anual de temperatura es de 24 °C a 27 °C, con máximas que pueden alcanzar los 40°C de marzo a junio.
- **Viento y Sol:** Los vientos oscilan entre 4-20 km/h, por lo que la orientación de la granja debe ser de este a oeste. Dada la alta radiación solar, se recomienda el uso de malla sombra y una buena altura de la construcción para minimizar el impacto de la luz solar y prevenir el sobrecalentamiento de las aves.
- **Ventilación:** El diseño debe permitir una buena circulación de aire para evitar olores y la posible propagación de enfermedades.
- **Tipo de techo:** Construcción a un agua, se realizó así por la reducción de costos y tiempos de construcción al requerir menos materiales y mano de obra especializada, además de optimizar el drenaje del agua de lluvia mediante una pendiente (generalmente mínima de 15°), su construcción también facilita un mejor control ambiental, permitiendo el flujo del aire , instalación de mallas sombras y lonas en caso de ser requerido por el tipo de clima.

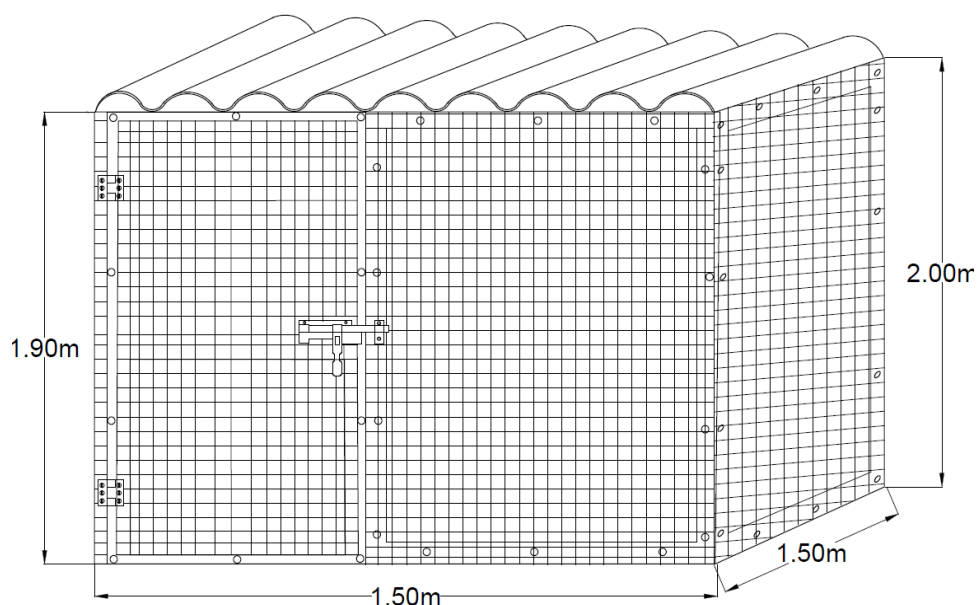


Figura 15. Diseño del modelo de granja sostenible para uso doméstico. Fuente propia.

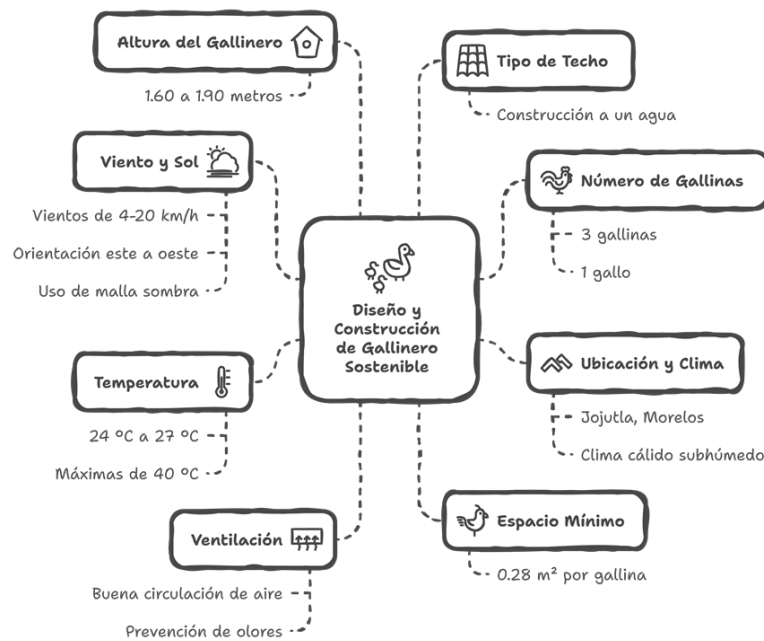


Figura 16. Características del diseño de la granja. Fuente propia.

Posterior a la realización del diseño se debe tener una planificación de recursos internos, siendo los componentes mostrados en la Tabla 11 los necesarios para la construcción interna, estos buscando promover el bienestar animal y la eficiencia energética.

Tabla 12. Componentes necesarios para la construcción una granja sostenible. Fuente propia.

Componente	Descripción	Ventajas	Consideraciones
Jaulas Aviarios[87]	o Sistema en suelo o jaulas abiertas con materiales resistentes como plástico, malla de gallinero, tabicones, madera tratada o láminas.	Promueve el bienestar animal, fácil limpieza.	Costo inicial, espacio requerido para su implementación.
Sistemas de iluminación	Lámparas LED y ventanas para luz natural.	Eficiente energéticamente, simula el ciclo natural, aprovecha la luz solar.	Costo inicial de las lámparas LED, ubicación geográfica para la luz natural.
Sistemas de Alimentación	Comederos de plástico, reutilizar envases.	Reducen el desperdicio y promueven la sostenibilidad.	Revisar que los envases estén completamente limpios para su utilización.

Sistemas de Bebida	de Bebederos de plástico, reutilizar envases.	Reducen el desperdicio y promueven la sostenibilidad.	Revisar que los envases estén completamente limpios para su utilización.
Nidales y Perchas[67, 88]	Nidales cómodos de plástico y paja. Perchas de postes de madera tratada o los que se encuentren para el descanso.	Promueve la salud reproductiva y el bienestar animal.	Costo de los materiales, diseño ergonómico.

Aunque la granja contará con agua potable, se planeó un sistema de captación de agua pluvial para almacenar agua durante la época de sequía. El diseño consideró el techo del gallinero a una sola agua (con una longitud de escurrimiento de 2.40 m y una pendiente de 15°) lo que facilitó la recolección de agua.

Para los residuos (gallinaza) serán recolectados en un recipiente ventilado y protegido de la humedad. Posteriormente, se añadió la gallinaza al compostaje (en cantidades adecuadas) para transformarla en abono orgánico y así mejorar la calidad del suelo del huerto.

Dentro de la planificación se tiene la compra de materiales y animales, donde se tiene una inversión total de **\$7,709.00 pesos mexicanos**. En la Tabla 12 se desglosan los materiales junto con su inversión.

Tabla 13. Materiales a utilizar para la construcción y su inversión. Fuente propia.

Materiales	Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Total
Polín de madera	Madera de pino de sección cuadrada de alta resistencia. Ancho 7.62 cm, Largo 244 cm.	12	\$139.00	\$1,668.00
Láminas	Lámina ondulada rojo 244 x 97 cm	2	\$570.00	\$1,140.00
Malla hexagonal o cuadrada	Malla de alambre de acero galvanizado de 175cm de alto por 45 metros de largo y espacio de tejido de 2.5cm por hexágono/cuadrado.	1 rollo 10 metros a utilizar.	Costo por rollo: \$1,855.00	\$1,855.00
Alambre recocido	Calibre 16, 1kg.	1	\$24.00	\$24.00
Blocks	12x18x38	50	\$15.50	\$775
Cemento	Cemento extra gris CEMEX 25 kg	1	\$128.00	\$128.00
Clavos/Tornillos	Clavos de 2 1/2 pulgada plata 1 kg.	1	\$39.00	\$39.00

Piedra o grava	Se utilizaron piedras que se encontraron en el lugar.	50	-	-
Malla sombra	Malla Sombra Exteriores Extra Reforzada, 90% de Sombra (Verde, 3x2m).	1	\$300.00	\$300.00
Tubería PVC	Tubo PVC de 4 pulgadas 1.5m, tubo de PVC 2 de pulgadas 1.5m, 1 codo de PVC de 4 pulgadas, 1 codo PVC de 2 pulgadas, 1 reducción PVC de 4 a 2 pulgadas.	5	\$500.00	\$300.00
Tambo	Bote Tambo de plástico color azul de 220 Litros	1	\$500.00	\$500.00
Gallinas y gallos	Gallinas y gallos de raza criolla, compradas con productores locales.	3 gallinas 1 gallo	Gallinas: \$150.00 Gallo: \$180.00	\$630.00
Cita con veterinario	Cita con veterinario, para su desparasitación y aplicación de vacunas.	8 pastillas	\$25.00	\$200.00
Semillas	Alfalfa, acelga, maíz, sorgo, lechuga y calabaza.	6	\$25.00	\$150.00
Total				\$7,709.00

Así mismo se identificó una lista de herramientas necesarias para la construcción tanto de la granja avícola como del huerto. En la Tabla 13 se muestran las herramientas utilizadas.

Tabla 14. Herramientas a utilizar para la construcción de la granja sostenible. Fuente propia.

Herramientas		Utilización
Serrucho		Cortar madera para el marco del gallinero, asegurando que las piezas estén bien ajustadas.
Taladro		Hacer agujeros en la madera donde se colocarán los tornillos o clavos para ensamblar el gallinero.
Pinzas de corte		Cortar la malla metálica o alambre que se coloca alrededor del gallinero o para asegurar las láminas.
Nivel de burbuja		Asegurar que el gallinero esté perfectamente nivelado durante su construcción, lo que es crucial para evitar problemas estructurales.
Cinta métrica		Medir y planificar el espacio del gallinero antes de comenzar la construcción, asegurando que las dimensiones sean precisas.
Martillo		Asegurar los postes y fijar la malla al marco del gallinero, proporcionando estabilidad y seguridad.
Pala		Excavar y nivelar el terreno donde se construirá el gallinero, así como para transportar materiales.

Azadón		Romper terrones y preparar el suelo para el gallinero, especialmente si el terreno es duro o compactado.
Barreta de punta	de	Preparar el terreno, hacer agujeros para postes o remover tierra en áreas específicas.
Pinzas		Sujetar alambre o malla mientras se fija a los postes

Con la planificación de recursos se busca tener una visión financiera de lo que se necesita para la construcción de la granja sostenible para uso doméstico, ya con las adaptaciones para que esta sea una granja avícola[89].

3.1.10 Implementación del modelo de granja sostenible

Se procede con la construcción física del modelo diseñado, incluyendo la instalación de estructuras, sistemas de alimentación, agua y la introducción de animales (gallinas) y cultivos.

Para la implementación de la granja sostenible, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

- **Asignación y estudio del lugar donde se instalará la granja:** Se identifica el espacio donde se instalará la granja y el huerto, se estudia y se toma medidas.
- **Preparación del terreno:** En el sitio de construcción se hace limpieza, se realizan movimientos de tierra y su nivelación.
- **Construcción del huerto:** Se procede con la construcción del huerto, ya que con su implementación proveerá de alimentos a las gallinas y a la familia. Se procede con prácticas de cultivos que regeneran el suelo, rotación de cultivos y BPA[90-92].
- **Patrón de referencia de la granja:** Se construye un patrón de referencia del gallinero en el suelo, utilizando las medidas del plano.
- **Marcado y excavación:** Se coloca cal en la tierra, marcando las esquinas del patrón para indicar dónde irán los postes, se pintan estas marcas y se procede a excavar los hoyos a 40cm de profundidad.
- **Fijación:** Se realiza la mezcla del cemento y se vierte en los hoyos con los postes para fijarlos. El cemento se deja secar por un día.

- **Levantamiento de estructura avícola:** Se verifica que los postes estén fijos y secos. Siguiendo el diseño del plano, se fijan las partes faltantes y el techo con pijas y clavos.
- **Seguridad:** Se colocan bloques de concreto en el piso, el cual es el espacio perimetral del gallinero para evitar la entrada de depredadores y la salida de los animales.
- **Finalización de la estructura:** Se instalan puertas, se forra el gallinero con tela galvanizada hexagonal y se coloca malla sombra donde sea necesario para proteger a las aves del sol excesivo.
- **Sistema de captación de agua pluvial:** Este sistema se instaló por la superficie de la pendiente del tejado (1.90m de ancho por 2.40 de largo) la cual permitió un flujo de agua adecuado para llenar un tambo de almacenamiento en su totalidad, aprovechando el agua de lluvia.
- **Colocación de los sistemas de alimentación, nidales y perchas:** Para la instalación de estos sistemas se prioriza el uso de materiales reciclados y envases encontrados en el hogar. Esto permite evitar la compra de nuevos productos y disminuir el impacto ambiental. Para la instalación de perchas, se colocó un metro de percha por cada tres gallinas para el descanso, para los nidales se debe proporcionar al menos un nido por cada 3 o 4 gallinas[93, 94].
- **Adquisición:** Se compraron 3 gallinas y un gallo en una feria de animales locales, con el fin de apoyar la economía local, así mismo la compra de un gallo fomenta la reproducción natural de las gallinas, fomentando el crecimiento de la granja o para la fertilización de huevos, siendo que puede ayudar de manera indirecta con la venta de huevo fértiles.
- **Preparación de las gallinas:** Después de la compra, se consultó con un veterinario para desparasitar y vacunar a los animales. Se mantuvieron en aislamiento y vigilancia para descartar posibles enfermedades.
- **Introducción y alimentación de las gallinas:** Una vez que las aves están vacunadas y desparasitadas, se introducen en la granja. Posterior a eso, se alimentan con los productos cosechados del huerto, incluyendo alfalfa, acelga, rábanos, granos de sorgo y maíz.

Teniendo en cuenta los aspectos, se empezó con el estudio del terreno donde se instaló la granja.

En la Figura 17 y Figura 18 se muestra el estudio del terreno disponible donde se instaló la granja y el huerto, donde se delimitó y se hizo toma de medidas.



Figura 17. Terreno a utilizar para la construcción de la granja avícola. Fuente propia.

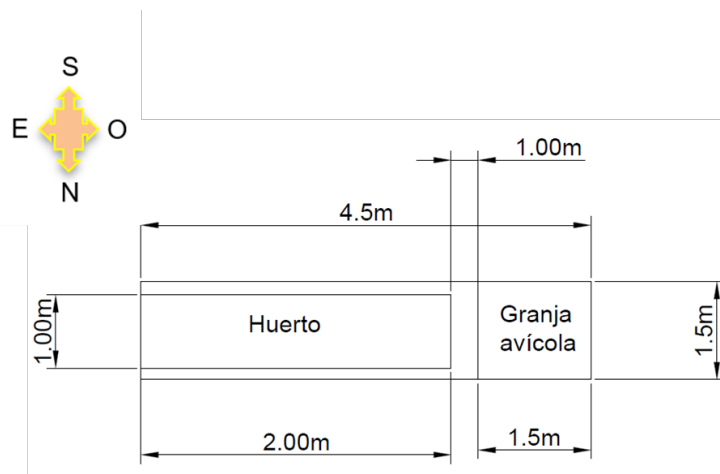


Figura 18. Plano del espacio a utilizar para la construcción de la granja avícola. Fuente propia.

La granja se construyó orientada de este a oeste con el objetivo de evitar que el sol incide directamente sobre las aves durante las horas de mayor calor, permitiendo así un mejor control de la temperatura interna y una mayor comodidad para los animales.

Posterior al estudio del terreno se realizó el diseño del huerto (Figura 19), el cual cuenta con 2 metros de largo por 1 metro de ancho y una altura de 15cm (la altura de medidas de un tabique).

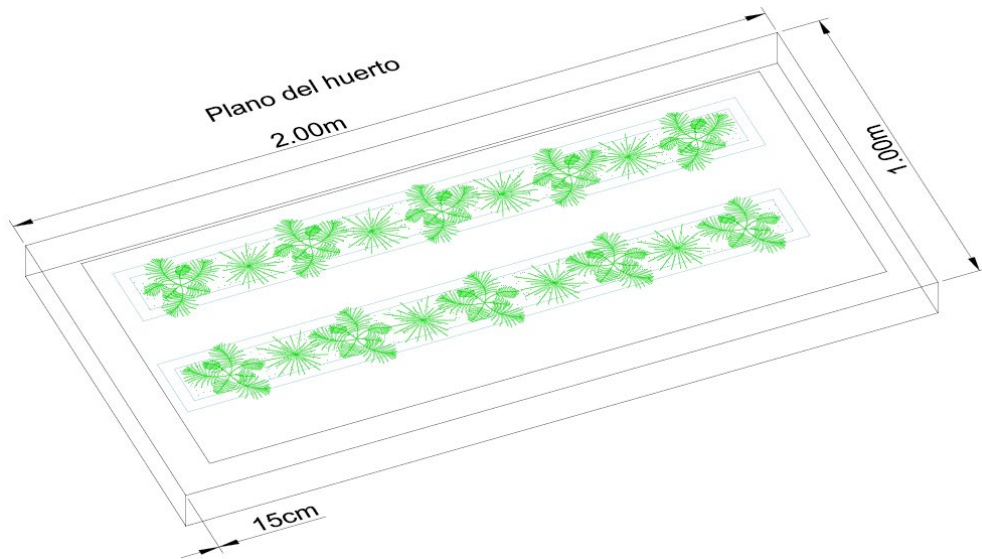


Figura 19. Diseño del huerto sostenible. Fuente propia.

El plano diseñado sirvió como referencia y se procedió a la construcción. Como primeros pasos se realizó limpieza y preparación del lugar (Figura 20 y Figura 21), posterior a eso se hizo la delimitación de medidas y colocación de bloques (Figura 22 y Figura 23).



Figura 20. Limpieza del espacio. Fuente propia.



Figura 21. Recolección de piedras . Fuente propia.



Figura 22. Delimitación de medidas. Fuente propia.



Figura 23. Colocación de bloques perimetrales. Fuente propia.

Se realizó la colocación de tabiques como perímetro para retener la tierra y los compuestos que se introducirán dentro del mismo.

Una vez que se delimitó el perímetro se procedió a la introducción de diferentes compuestos y tierras que ayudaron a enriquecer el huerto. Los materiales introducidos fueron: tierra, arcilla, arena, cal y cáscara de huevo (Figura 24).



Figura 24. Mezcla de tierra, arcilla, arena, cal y cáscara de huevos. Fuente propia.

Se mezclaron todos los tipos de tierra y se mojó la tierra con abundante agua, se realizaron surcos, se sembraron cultivos aptos para la estación (Figura 25). Posteriormente, se esperó a que salieran los primeros brotes, se cuidaron y se regaron constantemente los cultivos hasta su cosecha (Figura 26).



a)



b)

Figura 25. a) Realización de surcos y b) Siembra de cultivos en el huerto. Fuente propia.



Figura 26. a) Primeros brotes de cultivos en el huerto b) Cultivos listos para su cosecha. Fuente propia.

La construcción del huerto junto con la siembra de los cultivos se realizó 2 o 3 meses antes de la construcción de la granja para asegurar que el alimento estuviera listo para la introducción de las gallinas.

4.1.3 Construcción de la estructura avícola

Para la construcción de la granja se realizó la designación del sitio, se procedió con la limpieza, movimiento de tierra y nivelación del terreno; para ello se utilizaron herramientas como azadón, palas y barretas de punta para sacar y mover tierra sobrante. Una vez nivelado el suelo, se procedió a tomar medidas y designar lugares para la cimentación.

Se realizó la construcción del patrón de referencia del gallinero y fijación de los postes estructurales (Figura 27 y Figura 28), donde se colocó cal en las esquinas del patrón para designar el lugar donde irían los postes, se pintaron y se procedió a realizar los hoyos, escarbando 40cm de profundidad



Figura 27. Construcción del patrón de referencia del gallinero. Fuente propia.



Figura 28. Fijación de postes estructurales. Fuente propia

Ya colocados los postes se hizo una mezcla de cemento, se procedió a vaciar la mezcla en los hoyos, se ayudó de una barreta para picar dentro de los hoyos y hacer una buena distribución de la mezcla dentro de los mismos(Figura 29).



a)



b)

Figura 29. a) Realización de la mezcla del cemento. b) Vertimiento del cemento en los hoyos con el poste.

Fuente propia.

Finalizado el vertimiento del cemento en los postes y su distribución, se procedió a esperar su secado por un día.

Se procedió con el levantamiento de la estructura avícola, se verificó que los postes estuvieran fijos y que la mezcla del cemento estuviera seca, se siguió el diseño del plano de la granja y se procedió a fijar los pilares de paredes y el techo con pijas y clavos (Figura 30).

Ya que estuvieran fijos los postes y pilares que sostendrán el techo, se procedió a la colocación de láminas, estas estuvieron empalmadas unas tras otras para evitar filtraciones, se aseguraron con alambre galvanizado y pijas (Figura 31).



Figura 30. Construcción del armazón de la granja avícola. Fuente propia.



Figura 31. Colocación del techo de la granja avícola. Fuente propia.

Se consideró el plano de la granja, donde se deja una altura de 1.90m y el techo de un agua. Así mismo se colocaron blocks en el piso para formar el espacio perimetral del gallinero para evitar entrada de depredadores y evitar salidas de los animales (Figura 32).



Figura 32. Aseguramiento de perímetro con blocks. Fuente propia.

Después se procedió a poner puertas, forrar el gallinero con la tela hexagonal galvanizada para resguardar a las aves así mismo se colocó malla sombra donde fuera necesario para proteger a las aves del sol excesivo y de alta radiación solar (Figura 33) y se realizó la instalación de captación de agua pluvial (Figura 34)[95, 96] para reducir el consumo de agua potable y poder asegurar el suministro durante la época de sequía. El sistema se instaló en la superficie saliente de la pendiente del tejado, ya que permite el flujo de agua adecuado para llenar un tambo de almacenamiento.



Figura 33. a) Forro del gallinero con tela hexagonal b) Colocación de malla sombra. Fuente propia.

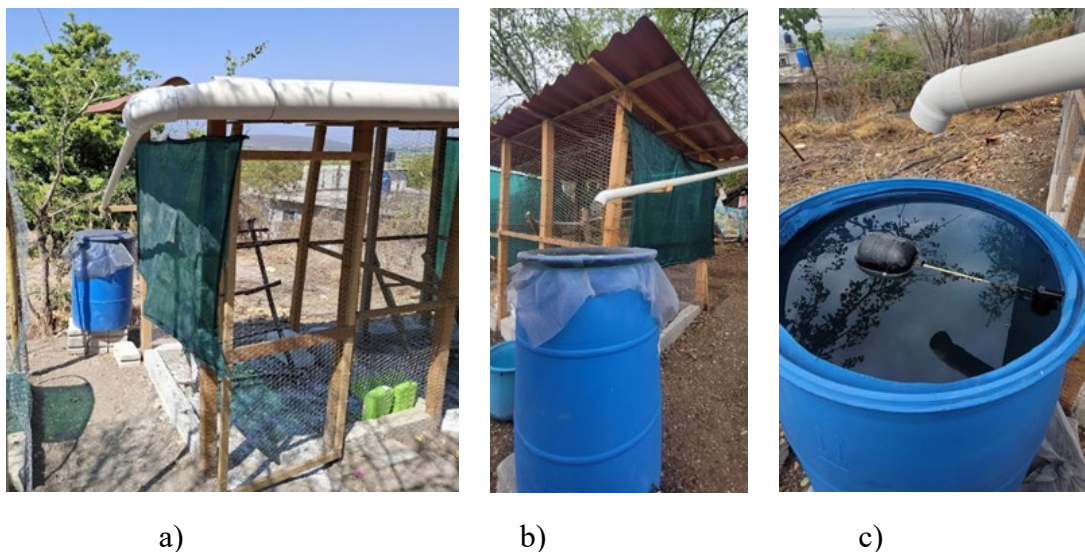


Figura 34. a) Instalación de captación pluvial, b) Caída de agua de pluvial a tambo contenedor c) Tambo contenedor de agua pluvial lleno. Fuente propia.

Se instaló correctamente el sistema de captación de agua pluvial, asegurando que todos sus componentes funcionen de manera eficiente. La superficie de la lámina, que cuenta con un área de 1,90 metros de ancho por 2,40 metros de largo, permitió que el flujo de agua fuera adecuado y que se llenara el tanque (tambo) de almacenamiento en su totalidad. De esta forma, se logró optimizar el aprovechamiento del agua de lluvia y garantizar el abastecimiento para las necesidades de la granja.

Para la instalación de los diferentes sistemas de alimentación, bebederos, nidales y perchas (Figura 35) se construyeron utilizando materiales o recipientes reciclados, estos se pueden encontrar en el hogar, evitando la compra de estos productos y disminuyendo el impacto ambiental[97]. Posterior a su construcción se instalaron en su lugar designado dentro del gallinero (Figura 36).



a)



b)

Figura 35. a) Sistema de alimentación, bebederos, niales y b) Perchas realizados de materiales reciclados. Fuente propia.



a)



b)

Figura 36. a) Comederos, bebederos, niales y b) Perchas. Fuente propia.

Posterior a la construcción e instalación de bebederos, comederos, niales y perchas, se hizo la incorporación del sustrato y del desinfectante natural dentro del gallinero (Figura 37 y Figura 38). Se esparció viruta de madera (aserrín) ya que actúa como material absorbente, facilitando la absorción de la humedad y reduciendo los malos olores, así mismo se esparció cal, ya que elimina bacterias, virus y otros patógenos presentes en el suelo. Estos componentes se utilizaron por ser inofensivos para las gallinas y por su fácil acceso.



Figura 37. Colocación de cal. Fuente propia.



Figura 38. Esparcimiento de aserrín en el gallinero. Fuente propia.

Estas acciones fueron fundamentales para asegurar la calidad de vida de las aves y optimizar su rendimiento productivo, además de favorecer la sostenibilidad ambiental al minimizar el uso de productos químicos nocivos.

Para la compra de las aves, se realizó la adquisición de las mismas en una feria de animales que se realiza en la localidad, donde se adquirieron 4 aves, siendo 3 hembras y un macho (Figura 39). Se realizó la compra en la localidad para ayudar a la economía local del municipio. Posterior a la compra se realizó una consulta con un veterinario para proceder a desparasitar y vacunar a los animales, se mantuvieron aisladas y en vigilancia 5 días para descartar posibles enfermedades.



Figura 39. Introducción de las gallinas a la granja. Fuente propia.

Cuando las gallinas dejaron de ser monitoreadas, permanecieron dentro del gallinero (Figura 40), donde se familiarizaron con el entorno, se observó su rutina de alimentación, descanso y actividad.



Figura 40. Gallinas criollas dentro del gallinero. Fuente propia.

3.1.11 Recopilar datos sobre el desempeño de la granja sostenible

Se realizó un monitoreo donde se supervisó constantemente a las gallinas para ver su adaptación en las nuevas instalaciones.

Los datos se recolectaron a partir del 05 de mayo del 2025 al 05 de octubre del 2025, durante un periodo de 5 meses, los cuales se pueden observar en la Tabla 14. El monitoreo se realizó sobre 3 gallinas y un gallo.

Tabla 15. Monitoreo sobre el desempeño de la granja sostenible. Fuente propia.

Semana	Fecha	Actividades realizadas	Productividad semanal (huevos)	Observaciones sobre comportamiento y clima
1	5 - 11 mayo	Introducción de aves, alimentación con huerto (alfalfa, acelga, rábanos, granos de maíz, sorgo y restos de comida), monitoreo inicial, riego del huerto 3 veces por semana.	16 (2-3 huevos/día)	Comenzando con temperatura entre 38-41°C, gallinas activas, se ven acaloradas movimientos libres, rascan y descansan en la percha.
2	12 - 18 de mayo	Alimentación con forraje verde, granos de maíz y restos de comida orgánica procedente del hogar, limpieza, supervisión de bebederos y comederos, riego del huerto.	18	Aumento de temperatura, rehidratación adecuada, mejora de posicionamiento de malla sombra.
3	19 - 25 de mayo	Alimentación normal, control sanitario, mantenimiento del huerto y revisión de la malla sombra.	20	Mayor calor, gallinas con actividad normal, estrés leve por el calor.
4	26 mayo - 1 junio	Mayor relleno de agua en bebederos, revisión y ajuste de sombra.	19	Temperatura alta, primer efecto de estrés térmico, comportamiento natural de rascado.
5	2 - 8 de junio	Alimentación con mayor forraje verde, inicio de temporada de lluvias, control de humedad en gallinero.	17	Mayor humedad, productividad ligeramente afectada, colocación de lonas para evitar salpicadura de agua de lluvia.
6	9 - 15 de junio	Riego natural del huerto con agua de lluvia, poda constante de cultivos, mejora en ventilación.	16	Lluvias constantes, comportamiento más reposado, producción menor por efectos de la lluvia, frío y poca luz solar.
7	16 - 22 de junio	Renovación parcial de forraje, siembra de nuevos cultivos, limpieza profunda del gallinero y cambio de aserrín.	18	Lluvias continuas, gallinas mejoran su productividad, buscan sol, descansan en perchas y se acurrucan por frío.
8	23 - 29 de junio	Alimentación con forraje verde (alfalfa, acelgas y lechugas), granos de maíz, almacenamiento de agua de lluvia en tambo, uso de iluminación artificial.	20	Clima húmedo, ambiente poco favorable para las aves, se necesitó de iluminación artificial y despliegue de lonas para evitar corrientes de frío.
9	30 de junio - 6 de julio	Alimentación variada de granos y forraje verde, aplicación de control orgánico de plagas y enfermedades en el huerto.	19	Reducción de plagas en el huerto, mejora en salud de aves, aplicación de desparasitante natural en el

				agua (orégano molido en el agua, para evitar enfermedades respiratorias).
10	7 - 13 de julio	Revisión general, cosecha parcial de cultivos para alimentación, cambio de aserrín en nidales, mantenimiento de las perchas.	18	Tiempo templado, buena productividad, comportamiento natural, rascado, baño de sol y alimentación adecuada, comederos vacíos y bebederos aun con agua en el día de limpieza.
11	14 - 20 de julio	Alimentación a base de granos y forraje verde, revisión de estructuras, sistemas de sombra, sistema de lonas y mantenimiento de sistema de captación de agua pluvial.	17	Las temperaturas comienzan a disminuir por la noche, cuidado para evitar enfermedades respiratorias, comportamiento natural, descanso constante en las perchas.
12	21 - 27 de julio	Limpieza de comederos y bebederos, monitoreo sanitario y ajuste de dieta con cultivo de acelgas y hojas de rábanos.	16	Las gallinas se mantienen con buena salud, clima fresco por las noches y mañanas, comportamientos naturales.
13	28 de julio - 3 de agosto	Ajuste de riego en el huerto, resguardo extra de recolección de agua pluvial.	16	Aprovechamiento de agua pluvial para actividades domésticas, alimentación con manojo colgante de alfalfa, la cual fomenta el picoteo.
14	4 - 10 de agosto	Uso constante de lonas para resguardar el clima interior por las noches y mañanas, alimentación normal, sombra adicional.	19	Limpieza de techo, se agregó aserrín al gallinero, limpieza de comederos y bebederos.
15	11 - 17 de agosto	Se agregó orégano y pedazos de ajo para desparasitar y ayudar al sistema inmune de las gallinas.	19	Alimentación complementada con cultivos medicinales, comportamiento natural, estrés mínimo, uso de iluminación artificial.
16	18 - 24 de agosto	Mantenimiento general, cuidado especial de nidales y perchas.	18	Gallinas en actividad normal, clima húmedo, se esparce cal sobre los nidales y perchas para su desinfección.
17	25 - 31 de agosto	Aprovechamiento de estiércol para compostaje, el estiércol almacenado se dejó secar y se comercializa.	20	Mejora en suelo del huerto al agregar fertilizante orgánico, gallinas saludables.
18	1 - 7 de septiembre	Temporada de lluvias, siguen en uso la utilización de lonas para prevenir la entrada de aguaviento.	17	Clima húmedo, se presentó estrés por la humedad.

19	8 - 14 de septiembre	Poda y mantenimiento del huerto (deshierbe de malezas).	17	Lluvias frecuentes, buenas condiciones para cosecha de alimento.
20	15 - 21 de septiembre	Control de plagas (invasión de gusanos urticantes) en el huerto, supervisión de salud aviar.	18	Desalojo de gusanos en el huerto de manera manual y colocación de infusiones de agua de ajo y chile, comportamiento de gallinas normales .
21	22 - 28 de septiembre	Limpieza de tambo de captación de agua pluvial, supervisión del huerto de posibles plagas y cosecha de flores de calabaza.	19	Clima templado, buen confort de aves, alimentación de gallinas con flores de calabaza, forraje verde y granos de maíz, complementándolo con desperdicios orgánicos provenientes del hogar.
22	29 de septiembre - 5 de octubre	Cosecha de cultivos, rábanos, hojas de acelgas y crecimiento de matas de chile, así como crecimiento de papayos esquineros dentro del huerto.	17	Gallinas y gallo saludable, ciclos de producción saludables, comportamientos saludables, utilización de perchas y nidos de manera correcta, uso de mallas sombras y lonas.

Esta información es fundamental para evaluar la efectividad del modelo y detectar áreas de mejora.

3.1.12 Realizar ajustes de mejoras continua

Para este paso se evalúan los resultados del paso número 11 “Recopilar datos sobre el desempeño de la granja sostenible”. Este monitoreo de datos permitió observar la adaptación y el comportamiento de las 3 gallinas y 1 gallo, así como evaluar el funcionamiento del modelo de granja sostenible. Las observaciones durante este periodo abarcan desde la época de calor extremo, temporada de lluvias y temporada de frío.

Sistemas de alimentación e hidratación: Los bebederos no eran suficientes para las 4 aves. Los bebederos se encontraron casi vacíos en los días de limpieza.

Por lo tanto, se observa insuficiencia de suministro de hidratación, especialmente por las temperaturas altas y un ambiente seco.

Impacto del clima y estrés térmico: Durante el monitoreo (que comenzó con temperaturas de 38°C a 41°C) se observó que el calor y la resaca afectan el confort y la productividad, provocando estrés térmico.

Para ello se instaló malla sombra donde irradiaba más el sol y la resolana, con este material permite reducir la entrada de sol y permite que las corrientes de aire corran.

Productividad: La productividad de huevos se presenta generalmente alta (16 a 20 huevos semanales en periodos templados) se vio afectada ligeramente durante los periodos donde había mayor humedad, lluvia y frío. Esto requirió ajustes como la colocación de lonas para evitar salpicaduras de agua de lluvia y el uso de iluminación artificial para contrarrestar la poca luz solar.

Es entonces los ajustes de mejora es garantizar la salud, el bienestar y la productividad de las aves en un entorno sostenible, añadiendo mejoras para evitar estrés por condiciones climáticas del lugar siendo que estas mejoras logran impactar en la seguridad alimentaria para las familias productoras.

Capítulo IV

4. Resultados

4.1 Diseño de la granja

El diseño del modelo de granja sostenible está enfocado en la producción avícola (gallinas criollas), adaptado para satisfacer las necesidades de una familia de 3 a 4 integrantes y adaptado a un clima cálido subhúmedo. El diseño de la infraestructura se basó en el enfoque de sostenibilidad, que considera el bienestar animal, la eficiencia de recursos y la adaptación climática, es por ello que el diseño se complementa con un huerto para asegurar la autosuficiencia alimentaria.

El diseño es un modelo constructivo modular y replicable que facilita su ampliación futura sin necesidad de una reconstrucción mayor. La implementación de esta granja sostenible prioriza el bienestar animal (avícola), por lo que las medidas son en función de cuántos animales la habitaran, ya que se le proporciona un espacio adecuado y amplio para que estos puedan moverse con libertad y tengan comportamientos naturales.

A su vez la construcción hace uso de la integración de materiales reciclados. Donde se levantó la estructura armando el armazón con postes y fijándolos al suelo con cemento. Se colocó malla hexagonal galvanizada para forrar el gallinero y bloques de concreto en el perímetro para evitar la entrada de depredadores. Para el equipamiento interno se instalaron comederos, bebederos, nidales y perchas; se priorizó el uso de materiales reciclados para estos sistemas.

Para contrarrestar el sol directo se hizo uso de malla sombra (90% de sombra) lo que permitió reducir la entrada de luz solar y mitigar el estrés térmico.

Se instaló un sistema de captación de agua pluvial aprovechando el techo a un agua lo que logró llenar un tambo de plástico de 220 litros. Esto optimizó el uso de recursos hídricos y redujo el consumo de agua potable en época de sequías, ya que el agua captada se utilizó para riego de cultivos y para la limpieza del gallinero (Figura 41).



. Instalación de captación de pluvial. Fuente propia.

Para lograr cerrar el ciclo de la granja sostenible se construyó un huerto, con medidas de 2 metros de largo por un metro de ancho, esto para lograr abastecer de alimento a los animales y que el excedente pueda consumirse por los agricultores, esto para fomentar una alimentación orgánica y cerrar ciclo de nutrientes (Figura 42).



Figura 42. a) Granja sostenible b) Huerto. Fuente propia.

4.2 Desempeño productivo y monitoreo

Durante un periodo de monitoreo de cinco meses, la granja mantuvo una productividad semanal que osciló entre 16 y 20 huevos, superando el consumo familiar estimado de 9 huevos semanales y generando excedentes para la venta (Figura 43). Este nivel de producción fue posible gracias a una alimentación a base de cultivos provenientes del huerto.

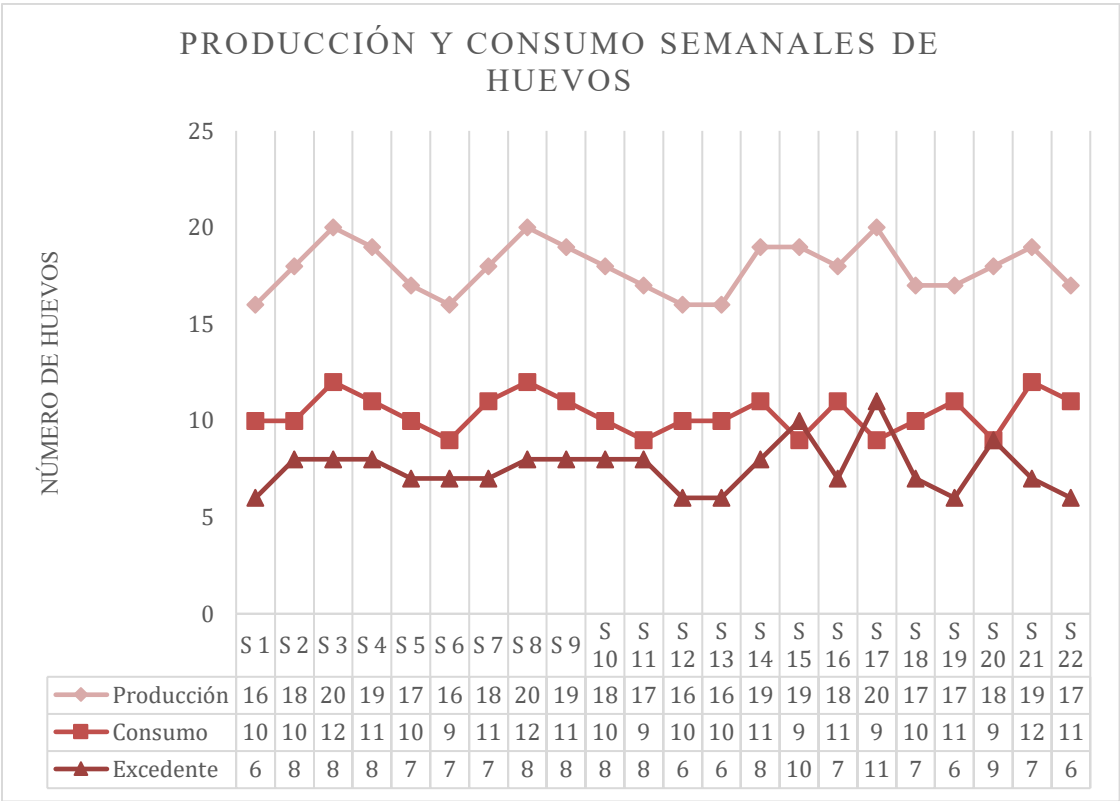


Figura 43. Producción y consumo semanales de huevos. Fuente propia.

Por otro lado, la producción de huevos se vio afectada durante la temporada de lluvias debido principalmente al aumento de la humedad y las variaciones bruscas de temperatura, que generaron estrés térmico en las gallinas.

Para contrarrestar esta situación se implementaron medidas de protección como la instalación de lonas en los laterales del gallinero, las cuales evitaron la entrada directa de agua de lluvia, manteniendo el espacio más seco y confortable para las aves. También se aumentó la frecuencia de limpieza para retirar el exceso de humedad, restos de alimento y excremento, previniendo la proliferación de microorganismos patógenos que podrían afectar la salud de las gallinas y su rendimiento productivo.

4.3 Indicadores de desempeño

Se definieron indicadores para evaluar la producción diaria, semanal y total en huevos, así como el consumo familiar y el excedente disponible para su venta, en la Tabla 15 y Tabla 16 se muestra la nomenclatura y los indicadores de desempeño y viabilidad sobre la producción de huevos de la granja.

Tabla 16. Datos y nomenclatura para los indicadores de desempeño. Fuente propia.

Datos iniciales	Nomenclatura
Gallinas ponedoras: 3	Ng: Número de gallinas
Gallos: 1 (no producen huevos)	H.d: Huevos de gallina por día
Huevos por gallina por día: 1	Dp: Días del periodo
Familia: 3 integrantes	Nif: Número de integrantes de familia
Consumo familiar: 3 huevos por semana	Fchi: Frecuencia semanal de consumo de huevos por integrante
Precio de venta por huevo: 4 pesos	PreH: Precio por huevo en pesos mexicanos.
Periodo de análisis: 153 días (5 meses)	PDH: Producción diaria de huevos
Días por semana: 7 días	PTP: Producción total por periodo
	CFS: Consumo familiar semanal
	ETP: Excedente total periodo
	ITP: Ingreso total periodo

Tabla 17. Indicadores de desempeño. Fuente propia.

Indicador	Fórmula / Cálculo	Valor para 3 gallinas	Explicación
Producción diaria huevos (PDH)	$PDH = Ng \cdot H.d$	$3 \times 1 = 3$	3 Huevos totales producidos al día
Producción total por periodo (PTP)	$PTP = PDH \cdot Dp$	$3 \times 153 = 459$	459 Huevos totales producidos en 153 días
Consumo familiar semanal (CFS)	$CFS = Nif \cdot Fchi$	$3 \times 3 = 9$	9 Huevos consumidos en la familia por semana
Consumo total periodo (CTP)	$CTP = CFS \cdot Dp/7$	$9 \times 21.86 = 197$	197 Huevos consumidos por la familia en 153 días
Excedente total periodo (ETP)	$ETP = PTP - CTP$	$459 - 197 = 262$	262 Huevos disponibles para venta
Ingreso total periodo (ITP)	$ITP = ETP \cdot PreH$	$262 \times 4 = \$1048.00$	\$1048.00 Ingreso total por venta en el periodo

En los cinco meses analizados, se obtuvo un ingreso asociado a la venta del excedente de huevos de aproximado de **\$1,048 pesos mexicanos**.

4.4 Rentabilidad

Para la evaluación de la rentabilidad se realizó un análisis donde se establece el costo de alimentación y mantenimiento. Sin embargo, dado que la alimentación proviene del huerto familiar, se puede estimar el costo en función del tiempo y esfuerzo familiar o se consideró un costo simbólico semanal de \$20.00 pesos en insumos del huerto como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 18. Indicador de rentabilidad. Fuente propia.

Indicador	Cálculo	Valor
Costo total periodo	$20 \times Dp/7$	$20 \times 153 = 437.2$
Rentabilidad neta	$ITP - Costo$	$1048 - 437.2 = 610.8$

Esto muestra que la granja generaría una rentabilidad positiva de aproximadamente **\$610.80 pesos mexicanos** en 153 días.

4.5 Proyección financiera

Posteriormente se realizó una proyección financiera de la inversión en la granja sostenible con gallinas criollas, basada en la producción y venta de huevos, es la siguiente:

- La inversión inicial para la construcción y puesta en marcha de la granja es de aproximadamente **\$7,709 MXN**.
- El ingreso obtenido por la venta del excedente de huevos en un período de 153 días (5 meses) es de **\$1,048 MXN**.
- El costo estimado en insumos del huerto y otros durante esos 153 días es alrededor de \$437.14 MXN.
- El beneficio neto (ingreso menos costos) en ese período corresponde a **\$610.86 MXN**.

Proyectando a 5 años:

- El ingreso total proyectado por venta de huevos es de aproximadamente **\$12,501 MXN.**
- El costo en insumos proyectado es de **\$5,214 MXN.**
- El beneficio neto proyectado a 5 años sería cerca de **\$7,286 MXN.**
- Respecto al retorno de inversión, se estima que el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial mediante beneficios netos anuales es de aproximadamente **5.26 años.**

El diseño modular y escalable de la granja permite incrementar la producción sin requerir grandes inversiones adicionales, facilitando la inclusión de nuevas aves y la posible venta de carne o pollitos, diversificando así las fuentes de ingreso familiar.

Por lo tanto, el análisis financiero muestra que el modelo es rentable, con bajos costos de operación y una proyección favorable que justifica su implementación para contribuir a la seguridad alimentaria y la autonomía económica de hogares rurales o urbanos.

4.6 Renovación de gallinas por tiempo de utilidad

Las gallinas ponedoras presentan un ciclo productivo limitado, con una vida útil óptima para la producción de huevos que suele extenderse entre 18 y 24 meses. Pasado este tiempo, la productividad disminuye significativamente, afectando la rentabilidad del sistema avícola doméstico.

Por ello, es recomendable considerar la renovación periódica del lote de gallinas con nuevas aves jóvenes para mantener altos niveles de producción. Este proceso puede realizarse mediante la compra de nuevas gallinas criollas o la cría interna de pollitos provenientes de la reproducción del propio gallinero, lo que puede reducir costos.

La renovación adecuada asegura el mantenimiento del bienestar animal, evita pérdidas productivas y contribuye a la continuidad del ciclo económico del modelo de granja sostenible, adaptándose a las necesidades del hogar y asegurando la calidad de los productos generados.

Para la adecuada mantención del ciclo productivo en la granja sostenible para uso doméstico, es fundamental planificar la renovación e incorporación de nuevas gallinas de manera escalonada y estratégica a lo largo de la proyección de 5 años. Esto garantiza la continuidad y estabilidad en la producción de huevos, evitando caídas de productividad que suelen ocurrir cuando las aves se aproximan al final de su vida útil productiva (18 a 24 meses).

A continuación, se presenta un esquema recomendado para la renovación y crecimiento de la granja:

1. Primer año y medio (0 a 18 meses): Se mantiene el lote inicial de gallinas criollas adquiridas al inicio del proyecto, con monitoreo constante del desempeño y salud.
2. Después de 18 meses: Comienza la renovación gradual, incorporando nuevas gallinas para reemplazar progresivamente alrededor del 50% del lote original que está perdiendo eficiencia productiva. Esto puede incluir la compra o cría de nuevas aves jóvenes.
3. 3 años: Continuación del programa de renovación para sustituir al restante 50% del lote envejecido, asegurando una producción constante y vigorosa.
4. De 3 a 5 años: Mantener el ciclo de renovación cada 18 a 24 meses, con incorporación de nuevas gallinas para mantener el rendimiento óptimo. Paralelamente, se puede planificar el crecimiento de la granja, añadiendo nuevas aves para aumentar la producción según la capacidad operativa y espacio disponible.

Este modelo permite que tanto la renovación como el crecimiento se planifiquen con antelación, maximizando la eficiencia, el bienestar animal y la viabilidad económica de la granja. El crecimiento debe ser gradual y sostenible, evitando saturar la infraestructura o afectar negativamente a los animales.

La proyección a 5 años debe contemplar la renovación periódica cada 18-24 meses y la posibilidad de ampliar el número de gallinas conforme se estabilice el sistema, buscando siempre un balance entre producción, bienestar animal y sostenibilidad ambiental y económica.

Este enfoque organizado permite asegurar la duración y rentabilidad del proyecto a largo plazo, incorporando nuevas gallinas en los momentos clave y promoviendo un desarrollo escalonado y sostenible.

Capítulo V

5. Conclusiones

En el proyecto se consideró diseñar y construir un modelo de granja avícola sostenible a pequeña escala, específicamente diseñado para un hogar de 3 a 4 integrantes y adaptado a un entorno de clima cálido subhúmedo. Para ello, se eligieron gallinas criollas como especie principal debido a su alta adaptabilidad, resistencia a enfermedades y producción constante de huevos, lo que contribuyó a la productividad de la granja. La implementación del modelo se llevó a cabo con éxito, tomando aspectos clave de bienestar animal, autosuficiencia alimentaria, impacto económico y social, lo que resultó en gallinas activas y saludables mostrando comportamientos naturales.

Durante el periodo de 153 días (del 05 de mayo al 05 de octubre), la granja mantuvo una productividad constante con un promedio semanal de 16 a 20 huevos en condiciones favorables, superando el consumo familiar estimado en 9 huevos semanales y generando un excedente total de 262 huevos disponibles para la venta. Este excedente producido permitió obtener un ingreso económico de aproximadamente \$1,048.00 pesos, con un costo estimado en insumos del huerto de \$437.20 pesos, resultando en una rentabilidad positiva cercana a \$610.80 pesos para el periodo analizado. La alimentación orgánica a base de cultivos del huerto familiar no solo reduce costos al minimizar la dependencia de alimentos procesados, sino que además promueve un ciclo cerrado y sostenible, fortaleciendo la autosuficiencia alimentaria del hogar.

La construcción de la infraestructura avícola utilizó materiales reciclados y sistemas eficientes, incluyendo la captación de agua pluvial para disminuir el consumo de agua potable y un manejo adecuado de la gallinaza para su compostaje, promoviendo la conservación de recursos naturales. El monitoreo constante, desde la introducción de las aves, permitió detectar y corregir aspectos relacionados con manejo, higiene, alimentación e hidratación, lo que contribuyó a optimizar el bienestar y la productividad general del sistema.

La proyección financiera a 5 años mostró que la granja es una inversión económicamente viable, con un tiempo estimado para el retorno de inversión de aproximadamente 5.26 años. El bajo costo inicial, sumado a los insumos autosuficientes y la rentabilidad que se puede

generar a partir de la venta de huevos, hace que este modelo sea accesible para pequeños hogares o productores domésticos con recursos limitados.

Este modelo promueve prácticas integrales que consideran la sostenibilidad ambiental, social y económica, integrando alimentación orgánica, manejo sanitario preventivo, control natural de plagas y aprovechamiento de recursos locales. Bajo un manejo responsable, condiciones adecuadas de espacio y alimentación, así como monitoreo continuo, se comprobó que es factible mantener aves saludables y productivas en un sistema sostenible replicable a pequeña escala en espacios domésticos.

El diseño modular de la granja permite su ampliación futura de manera sencilla y escalable, adaptándose a las necesidades crecientes de producción o espacio. Este diseño facilita incrementar el número de gallinas sin requerir una reconstrucción mayor, garantizando así la expansión del proyecto. Por otra parte, la granja no solo puede generar ingresos por la venta de huevos, sino también por la venta de carne de gallina o de ejemplares enteros al finalizar su vida útil de postura. Asimismo, en caso de que las gallinas se reproduzcan dentro del sistema, se podrían generar ganancias adicionales mediante la venta de pollitos, aumentando la rentabilidad y diversificando las fuentes de ingreso para la familia o productor.

Este proyecto refuerza la viabilidad económica del modelo y promueve una estrategia sostenible y autosuficiente a largo plazo.

La originalidad del proyecto se destaca por la integración de gallinas criollas alimentadas con cultivos procedentes de huertos orgánicos y por el diseño modular y sostenible de la granja. Este diseño se diferencia de los diseños convencionales por enfocarse a nivel doméstico y no en diseños comerciales, aportando una solución aplicable en hogares con poco espacio, además de ser una aportación significativa para el estado del arte. Desde un enfoque teórico, el modelo integra en su diseño la sostenibilidad, la parte económica, social y ambiental, haciendo énfasis en el bienestar animal, eficiencia de recursos y la rentabilidad del proyecto. En la parte científica, se validan indicadores de productividad sostenible de huevos y la rentabilidad neta positiva que se tuvo durante el periodo de experimentación, demostrando la viabilidad práctica del sistema.

En términos tecnológicos y de diseño, el proyecto hace uso de materiales reciclados para la infraestructura de la granja, así como materiales de alta durabilidad aplicados en el sistema de captación de agua pluvial y un manejo responsable de residuos orgánicos mediante compostaje. Socialmente el diseño replicable puede utilizarse en zonas rurales como urbanas, mediante paquetes tecnológicos que impulsen la seguridad alimentaria, generación de ingresos mediante la venta de excedentes y promoción del bienestar animal. Esto destaca más el diseño propuesto como una herramienta educativa y de desarrollo comunitario.

El diseño de una granja con enfoque en la sostenibilidad para uso doméstico impacta significativamente en los pilares de la sostenibilidad:

Impactos Económicos

- La granja sostenible genera ingresos económicos a partir de la venta de huevos excedentes, con una rentabilidad positiva en el período evaluado y una proyección favorable a cinco años.
- La inversión inicial es baja en comparación con otros sistemas pecuarios, al utilizar materiales reciclados y apoyo del huerto familiar para la alimentación, lo que reduce los costos operativos.
- El diseño modular permite ampliar la granja y aumentar la producción, habilitando fuentes adicionales de ingreso como la venta de carne o de gallinas al final de su vida útil, o la venta de pollitos en caso de reproducción.

Impactos Sociales

- El proyecto contribuye a la seguridad alimentaria doméstica, asegurando un suministro constante de huevos y carne para la familia, mejorando la nutrición y autonomía alimentaria.
- Promueve empleo y desarrollo local mediante la compra de gallinas criollas y materiales de la región.
- La granja puede funcionar como modelo educativo para la comunidad, impulsando prácticas agrícolas y pecuarias sostenibles y saludables en el entorno local.

- Favorece el bienestar animal, atendiendo condiciones adecuadas de espacio, alimentación y manejo, además de fomentar comportamientos naturales.

Impactos Ambientales

- El uso de prácticas agrícolas sostenibles en el huerto, incluye rotación de cultivos, compostaje de gallinaza y control biológico de plagas, que contribuyen a la conservación del suelo y el agua.
- La construcción con materiales reciclados y el diseño para captación eficiente de agua pluvial minimizan el impacto ambiental y reducen la huella hídrica.
- La alimentación orgánica de las gallinas a base de cultivos propios reduce la dependencia de alimentos procesados, promoviendo un ciclo cerrado y reduciendo residuos.
- Manejo responsable de residuos orgánicos para compostaje, con aprovechamiento del estiércol como fertilizante y posible venta, contribuye a la economía circular.

Finalmente, el proyecto logra equilibrar la producción, el bienestar animal y el manejo ambiental, lo cual permitirá la expansión de granjas domésticas sostenibles que aporten beneficios socioeconómicos y ecológicos.

5.1 Impacto en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En un contexto global donde la atención y compromiso con los ODS son cada vez más prioritarios, el proyecto del Diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico se presenta como una propuesta que puede contribuir significativamente a varios de estos objetivos (Figura 44).



Figura 44. Objetivos de Desarrollo Sostenible que logran cubrirse con la implementación de granjas sostenibles para uso doméstico. Fuente propia.

El diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico ayuda a promover la seguridad alimentaria y a la generación de ingresos en hogares con recursos limitados (OD1 Y ODS2), mejora la salud y el bienestar a través de prácticas responsable de manejo animal y agrícola (ODS3), optimiza el uso eficiente y responsable del agua (ODS 6). Asimismo, fomenta el crecimiento económico personal y familiar al tener la posibilidad de vender los productos excedentes (ODS8), genera una producción y consumo responsable mediante el manejo orgánico, reciclaje y separación de residuos (ODS 12), contribuye a la conservación de ecosistemas terrestres y apoya la acción climática con buenas prácticas agrícolas (ODS13 y ODS 15).

De esta forma el proyecto no solo ayuda de manera local con su implementación, si no que contribuye de manera global, ya que se alinea con los esfuerzos globales. Por esta razón el diseño de una granja sostenible doméstica es una oportunidad para hacer cambios en la sociedad, economía y hacia la naturaleza.

5.2 Trabajos futuros

Para los trabajos futuros se recomienda que el proyecto se siga adaptando y validando en diferentes regiones geográficas y socioeconómicas, considerando otras variaciones climáticas, culturales y en diferentes mercados, esto para ver su escalabilidad y replicabilidad.

Así mismo se sugiere la capacitación y difusión con programas educativos y materiales que promuevan la adopción de buenas prácticas y modelos sostenibles a pequeños productores, familias interesadas, comunidades, etc.

Para seguir fortaleciendo el proyecto se puede sistematizar y digitalizar el proceso de recolección y cuidados de la granja, ya que se podrá capturar lo que se almacena, datos operativos y ambientales. Esto para lograr la identificación de áreas críticas y la optimización continua de las prácticas sostenibles.

Estas propuestas son una opción que busca mejorar el diseño de un modelo de granja sostenible para uso doméstico, promoviendo un desarrollo agrícola responsable, adaptado a las necesidades actuales y futuras.

Asimismo, se propone ampliar los modelos de indicadores de desempeño sobre los subproductos generados en la granja, los cuales pueden ser destinados a distintos fines, fortaleciendo así el enfoque de economía circular del modelo.

Uno de los subproductos a analizar es el *cascarón de huevo*, *gallinaza* y plumaje derivado de la producción registrada, así como los excedentes de *agua pluvial* en temporada alta de precipitación.

Se proponen cuatro indicadores:

1. **Procesamiento de cascarón de huevo:** Con 200-250 huevos/gallina/año (*Tabla 17*), se generan ~30 kg cascarón/gallina.

Indicador: % Recuperación = $(\text{kg cascarón limpio} / \text{kg huevo total}) \times 100$ (meta: 12-15%).

Aplicaciones: Sustrato para cultivo hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*), abrasivo natural o suplemento calcio rumiantes. Valor estimado: \$8-12 MXN/kg.

2. **Valorización gallinaza:** Monitoreo actual (*Tabla 15*) registra ~40 kg estiércol fresco/gallina/6meses.

Indicador: Kg compost equivalente = $\text{kg gallinaza seca} \times 0.7$ (meta: 25-30 kg/gallina/año). Secado solar + compostaje vermi genera fertilizante orgánico (\$4

MXN/kg) o pollinaza para bovinos (\$2.5 MXN/kg). Incrementa rentabilidad 18% (Tabla 18).

Aplicaciones: Fertilizante orgánico o alimento para bovinos

3. **Aprovechamiento plumaje:** Renovación gallinas (p.63) genera subproducto aprovechable.

Indicador: % recuperación = $(\text{kg plumas limpias} / \text{kg biomasa renovada}) \times 100$ (meta: 4-6%).

Aplicaciones: Artesanías locales, relleno orgánico cojines/almohadas (\$15 MXN/kg).

4. **Gestión excedentes hídricos:** Sistema captación pluvial (*Figura 34*) genera 220 L/tambo. Temporadas lluvias (junio-septiembre) producen excedentes.

Indicador: m^3 reutilizable = Vol. total - Consumo interno (meta: 150-200 L/mes).

Aplicaciones: Riego huertos comunitarios, venta pequeños productores o recarga pozos domésticos.

La incorporación de indicadores específicos para subproductos avícolas (cascarón, gallinaza, excedentes hídricos y plumas) cierra el ciclo del modelo de GSD. Estas actividades a futuro permiten tener ingresos adicionales estables, se necesitará una comercialización estratégica de subproductos, donde se logrará impactar en la rentabilidad de la GSD.

Bibliografía

- [1] Z. Huiru, Z. Jingwen, and S. Jianfeng, "Analysis of the threshold effect of agricultural industrial agglomeration and industrial structure upgrading on sustainable agricultural development in China," *Journal of Cleaner Production*, vol. 341, p. 130818, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130818>.
- [2] J. A. Francisco, G. Jose, and L. Birl, "Chapter 5 - Conventional Agricultural Production Systems and Soil Functions," pp. 109-125, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805317-1.00005-1>.
- [3] Y. Fuerte Velázquez, J. A. Solís Navarrete, M. R. Romo de Vivar Mercadillo, and D. J. Fuerte Velázquez, "Externalidades de la producción agrícola industrial y su impacto en la sustentabilidad," *Revista de Geografía Agrícola*, 2024, doi: <https://doi.org/10.5154/r.rga.2023.71.5>.
- [4] L. Dormido, I. Garrido, P. L'Hotellerie-Fallois, and J. Santillán Fraile, "El cambio climático y la sostenibilidad del crecimiento: iniciativas internacionales y políticas europeas," *Documentos Ocasionales/Banco de España*, 2213, 2022. [Online]. Available: <https://www.bde.es/wbe/es/publicaciones/analisis-economico-investigacion/documentos-ocasionales/cambio-climatico-y-sostenibilidad-crecimiento-iniciativas-internacionales-y-politicas-europeas.html>.
- [5] M. Paricahua-Choque, "Cambio climático y desarrollo sostenible," *Revista Latinoamericana Ogmios*, vol. 1, no. 1, pp. 82-90, 2021. [Online]. Available: <https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/5>
- [6] C. A. Damián Tibacuy, A. Hernández Cáceres, J. E. Garzón Baquero, and D. Bellon Monsalve, "Desde la sostenibilidad hasta el desarrollo sustentable: Una radiografía de la evolución del concepto," *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 2022, doi: <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.200>.
- [7] J. D. Sachs and R. V. Vernis, *La era del desarrollo sostenible*. Deusto Barcelona, 2015.
- [8] K. Kociszewski, "Sustainable development of agriculture-theoretical aspects and their implications," *Economic and Environmental Studies*, vol. 18, no. 3 (47), pp. 1119-1134, 2018, doi: <https://doi.org/10.25167/ees.2018.47.5>.
- [9] P. Qiu, Z. Zhou, and D.-J. Kim, "A new path of sustainable development in traditional agricultural areas from the perspective of open innovation—a coupling and coordination study on the agricultural industry and the tourism industry," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 7, no. 1, p. 16, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/joitmc7010016>.
- [10] J.-M. Mier-Tous, F. Pineda-Vides, J. Hernández-Ureche, A. Troncoso-Palacio, J. Andrade-Perez, and J.-I. Padilla-Barrios, "Una revisión preliminar de la literatura sobre los retos en la agricultura sostenible de América Latina," *Boletín de innovación logística y operaciones*, vol. 5, no. 1, pp. 95-105, 2023, doi: <https://doi.org/10.17981/bilo.5.1.2023.09>.
- [11] A. Nova González, "Agricultura agroecológica, seguridad y soberanía alimentaria," *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, vol. 10, no. 1, 2022.

- Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322022000100001&lng=es&tlng=es.
- [12] R. A. Peña, "Estrategias agroecológicas para una agricultura sostenible: Agroecological strategies for a sustainable agriculture," *Revista Científica Ecociencia*, vol. 9, pp. 138-150, 2022, doi: <https://doi.org/10.21855/ecociencia.90.758>.
 - [13] FAO, "Informe de evaluación sobre programas de agricultura sostenible", O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. Agricultura, ed., Italia, 2023. Available: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/805d2eb2-586f-4fae-a27a-78ea4be42a04/content>.
 - [14] J. P. S. Pernía, Luis; Trasfi Mosqueda, María; Sanabria Chópita, María "Objetivos de Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Universitaria: Alternativas para cambio climático y desplazados ambientales," *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. 28, no. 1, pp. 367-385, 2022. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28069961026>.
 - [15] L. A. Chofré, G. B. Marchori, C. De Paredes Gallardo, C. E. Robla, E. G. Fita, and J. M. Q. Moreno, "Los ODS como instrumento de aprendizaje: una experiencia multidisciplinar en los estudios universitarios," *Revista de educación y derecho= Education and law review*, no. 1, p. 17, 2021. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8215073>.
 - [16] C. G. Gil, "Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica," *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, no. 140, pp. 107-118, 2018. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6312616>.
 - [17] M. García-Parra, F. de la Barrera, N. Plazas-Leguizamón, A. Colmenares-Cruz, A. Cancimance, and D. Soler-Fonseca, "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América: Panorama," *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 36, no. 2, pp. 45-59, 2022, doi: <https://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.04>.
 - [18] V. Piñeiro *et al.*, "A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes," *Nature Sustainability*, vol. 3, no. 10, pp. 809-820, 2020, doi: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>.
 - [19] IPCC, "Cambio climático 2023: La base científica física", G. I. d. E. s. e. C. Climático, ed., Ginebra, Suiza, 2023. Available: <https://apps.ipcc.ch/outreach/documents/703/1689183149.pdf>.
 - [20] I. FAO, "Global agro ecological zones version 4 (GAEZ v4)," *Rome: FAO*, 2022. Available: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1354c376-6f0a-44b9-ace7-d9f7f3e3845c/content>.
 - [21] FAO, "The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture—Systems at breaking point. Main report. Rome," 2022. Available: <https://hal.science/hal-05182978v1/file/SOLAW2021.pdf>
 - [22] G. Fischer *et al.*, *Global agro-ecological zones v4—model documentation*. Food & Agriculture Org., 2021.
 - [23] J. Sumberg and K. E. Giller, "What is 'conventional' agriculture?," *Global Food Security*, vol. 32, p. 100617, 2022, doi: <https://doi.org/10.4060/cb4744en>.
 - [24] D. Y. Madaline, H. R. Gerard, and Wim, "Impacts of agronomic measures on crop, soil, and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis,"

- Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 319, p. 107551, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107551>.
- [25] C. I. Nicholls, A. Henao, and M. A. Altieri, "Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático," *Agroecología*, vol. 10, no. 1, pp. 7-31, 2015. Available: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711>.
- [26] S. Han *et al.*, "Nutrient production, water consumption, and stresses of large-scale versus small-scale agriculture: A global comparative analysis based on a gridded crop model," *Global Food Security*, vol. 45, p. 100844, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100844>.
- [27] R. R. Hernández, "La agricultura de precisión. Una necesidad actual," *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 11, no. 1, pp. 67-74, 2021. Available: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586269368010/html/>.
- [28] B. Vargas Batis, D. Guerrero Hernández, Y. M. Ramos García, G. Bestard Leyva, and R. Rodríguez Fonseca, "Agricultura suburbana: biodiversidad, servicios ecosistémicos y control natural de plagas agrícolas," *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, vol. 4, no. Suplemento 1, pp. 137-146, 2021, doi: <https://doi.org/10.62452/z172w154>.
- [29] M. Achraf, G. Nicolas, M. Lucile, and A. Francesco, "Water-cropland resources and agricultural management shape the main interactions with food self-sufficiency goals," *Global Food Security*, vol. 44, p. 100841, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100841>.
- [30] K. E. Giller *et al.*, "The future of farming: Who will produce our food?," *Food Security*, vol. 13, no. 5, pp. 1073-1099, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01184-6>.
- [31] R. L. Anderson, "Integrating a complex rotation with no-till improves weed management in organic farming. A review," *Agronomy for sustainable development*, vol. 35, no. 3, pp. 967-974, 2015, doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0292-3>.
- [32] J. E. Hobbs, "Incentives for the Adoption of Good Agricultural Practices (GAPs)," *Food and Agriculture Organization*, vol. 1, 2003. Available: <https://www.fao.org/4/ag856e/ag856e00.pdf>.
- [33] M.-A. Finkemeier, J. Langbein, and B. Puppe, "Personality Research in Mammalian Farm Animals: Concepts, Measures, and Relationship to Welfare," *Frontiers in Veterinary Science*, vol. 5, 2018. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30003083/>.
- [34] A. Al Dirani, G. K. Abebe, R. A. Bahn, G. Martiniello, and I. Bashour, "Exploring climate change adaptation practices and household food security in the Middle Eastern context: a case of small family farms in Central Bekaa, Lebanon," *Food Security*, vol. 13, no. 4, pp. 1029-1047, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01188-2>.
- [35] A. J. G. Narváez, C. M. Conde, and B. M. B. Mejía, "Establecimiento y operacion de una granja integral autosuficiente, sostenible y ecologica," *Ingeniare*, no. 25, pp. 77-91, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.25.5967>.
- [36] S. Volken and P. Bottazzi, "Sustainable farm work in agroecology: how do systemic factors matter?," *Agriculture and Human Values*, pp. 1-16, 2024. Available: <https://doi.org/10.1007/s10460-024-10539-6>.

- [37] R. I. M. Andrade, "Granjas Agrosostenibles–Sustentables," *Revista Uniandes Episteme*, vol. 4, no. 2, pp. 248-262, 2017. Available: <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/595>.
- [38] I. G. Colditz and B. C. Hine, "Resilience in farm animals: biology, management, breeding and implications for animal welfare," *Animal Production Science*, vol. 56, pp. 1961-1983, 2016. Available: <http://dx.doi.org/10.1071/AN15297>.
- [39] G. Romano, "Animal welfare in free-range systems: Integrating environmental, behavioral, and physiological aspects in Lohmann Brown egg-laying hens," *Research, Society and Development*, vol. 14, no. 3, 2025, doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i3.48502>.
- [40] H. H. E. v. Zanten, M. K. v. Ittersum, and I. J. M. d. Boer, "The role of farm animals in a circular food system," *Global Food Security*, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003>.
- [41] H. Hansson and C. J. Lagerkvist, "Defining and measuring farmers' attitudes to farm animal welfare," *Animal Welfare*, vol. 23, no. 1, pp. 47-56, 2014, doi: <https://doi.org/10.7120/09627286.23.1.047>.
- [42] C. Winckler, "Assessing animal welfare at the farm level: do we care sufficiently about the individual?," *Animal Welfare*, vol. 28, no. 1, pp. 77-82, 2019, doi: <https://doi.org/10.7120/09627286.28.1.077>.
- [43] R. Jáuregui Jiménez, "Zoometría de gallinas, pavos y patos criollos de traspatio en el oriente del corredor seco de Guatemala," *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.53588/alpa.310206>.
- [44] M. E. Henry, J. Ryals, A. N. Halbritter, D. L. Barber, J. Bosques, and F. J. P. Rivera, "Criando gallinas ponedoras en el patio," *EDIS*, 2023, doi: <https://doi.org/10.32473/edis-an389-2023>.
- [45] R. WingChing-Jones, R. Zamora-Sanabria, and S. Chavarria-Zamora, "Calidad de huevo y comportamiento productivo de gallinas ponedoras ISA Brown con acceso a pastoreo," *Agronomía Mesoamericana*, 2022, doi: <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51511>.
- [46] A. Caceres Villca, "Buenas prácticas de producción avícola en pollos de engorde en granja avícola Esmeralda del municipio Punata-Cochabamba," 2022.
- [47] A. Garcés and J. P. Guerrero, "Consejos para la cría exitosa de gallinas ponedoras," *RECIENA*, vol. 2, no. 2, pp. 43-52, 2022, doi: <https://doi.org/10.47187/tets6c78>.
- [48] E. M. De Olde, A. van der Linden, L. D. olde Bolhaar, and I. J. M. de Boer, "Sustainability challenges and innovations in the Dutch egg sector," *Journal of Cleaner Production*, vol. 258, p. 120974, 2020/06/10/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120974>.
- [49] C. Castillo-Rocha, R. Quiroz-Carranza, S. C. Barrera-Hernández, and J. González-Tolentino, "Diálogo de saberes para la construcción de un proyecto de crianza de gallinas en Yucatán, México," *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9152883>.
- [50] R. E. Sánchez-Casanova, G. A. Muñoz-Ororio, and L. Sarmiento-Franco, "¿Cómo afecta la disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo al bienestar de los animales de granja?," *Informacion Tecnica Economica Agraria*, vol. 117, no. 4, 2021. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8062271>.

- [51] H. Dobson and R. Smith, "Stress and reproduction in farm animals," *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, vol. 49, pp. 451-61, 2019. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7623334/>.
- [52] L. P. Simone Pelaracci, Lucia Rocchi, Antonio Boggia, Cesare Castellini, "Life cycle assessment of organic and conventional egg production: A case study in northern Italy," *Cleaner Environmental Systems*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100226>.
- [53] M. Santos Luis, "Evaluación de parámetros productivos y reproductivos de cuatro grupos de gallinas en un sistema de traspatio semi intensivo," Maestría en Producción y Sanidad Animal, UNIVERSIDAD DEL MAR, 2021. [Online]. Available: <http://bibliotecape.umar.mx:8080/TESIS/items/show/30>
- [54] A. J. Gonzabay De La, "Descripción del manejo y crianza de gallinas criollas en los traspacios de la comuna San Marcos y Barbascol de la parroquia Colonche," La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021, 2021. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6318>
- [55] S. Chavarría-Zamora and R. WingChing-Jones, "Alojamiento de gallinas ponedoras con acceso a pastoreo, consideraciones generales," *Nutrición Animal Tropical*, 2022, doi: <https://doi.org/10.15517/nat.v16i2.52295>.
- [56] J. H. Vera Rodríguez *et al.*, "Evaluación física del huevo comercial de gallinas criollas (*Gallus gallus domesticus*) en el cantón La Troncal – Ecuador," *Ciencia e Interculturalidad*, 2021, doi: <https://doi.org/10.5377/rci.v29i02.13318>.
- [57] C. M. Becerril-Pérez, L. Chico-Jiménez, and D. Zárate-Contreras, "El papel vital de las gallinas criollas," *Agro-Divulgación*, 2024, doi: <https://doi.org/10.54767/ad.v4i4.351>.
- [58] P. A. Toalombo-Vargas, P. R. Andino-Nájera, L. F. Arboleda-Álvarez, D. I. Santillán-Espinoza, and J. C. Santillán-Lima, "Procesos y caracterización del manejo productivo de un grupo genético de gallinas criollas, Riobamba, Ecuador," *Revista de la Universidad del Zulia*, 2023, doi: <https://doi.org/10.46925/rdluz.42.06>.
- [59] A. A. Leiton, "Gallinas criollas: Contribución de las comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas a la conservación de la agrobiodiversidad," p. 6, 2017. Available: <https://semillas.org.co/es/gallinas-criollas-contribucion-de-las-comunidades-campesinas-indgenas-y-afrocolombianas-a-la-conservacin-de-la#:~:text=Las%20gallinas%20criollas%20son%20aves,la%20industria%20av%C3%ADcola%20comercial%2C%20los>.
- [60] A. A. Illescas-Cobos, F. González-Cerón, and A. Pro-Martínez, "Caracterización morfométrica y potencial reproductivo de los huevos de gallinas Criollas Mexicanas (*Gallus gallus domesticus*) dispuestos a incubación artificial," *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 2022, doi: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.509>.
- [61] K. A. Briden, Adams, N. J., y Cameron, KE "Estructura jerárquica y comportamiento alimentario de gallinas camperas (*Gallus gallus domesticus*)," *Revista Internacional de Psicología Comparada* 2023. Available: <https://escholarship.org/uc/item/5nd076fr>.
- [62] D. I. y. J. P. AC Barroeta, *Manual de Avicultura*, 2019. [Online]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56321114/GUIA_AVICULTURA_castella-libre.pdf.

- [63] B. Coto, "Guía para el manejo de una granja avícola," *Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica*, 2005.
- [64] G. M. Pino Mocha, "Alternativas sostenibles para los impactos ambientales generados por la actividad avícola en la Granja Manuel," Facultad de ciencias sociales, UTMACH, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17535>
- [65] E. Panel o. A. Health *et al.*, "Welfare of laying hens on farm," *EFSA Journal*, vol. 21, no. 2, p. e07789, 2023/02/01 2023, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7789>.
- [66] C. Bonnefous *et al.*, "Welfare issues and potential solutions for laying hens in free range and organic production systems: A review based on literature and interviews," (in English), *Frontiers in Veterinary Science*, Review vol. Volume 9 - 2022, 2022-August-05 2022, doi: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.952922>.
- [67] D. L. M. Campbell, M. M. Makagon, J. C. Swanson, and J. M. Siegford, "Perch use by laying hens in a commercial aviary1 1Research support provided in part by a grant from the Coalition for a Sustainable Egg Supply (Kansas City, MO)," *Poultry Science*, vol. 95, no. 8, pp. 1736-1742, 2016/08/01/ 2016, doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pew111>.
- [68] D. L. M. Campbell, M. S. Bari, and J.-L. Rault, "Free-range egg production: its implications for hen welfare," *Animal Production Science*, vol. 61, no. 10, pp. 848-855, 2021, doi: <https://doi.org/10.1071/AN19576>.
- [69] J. Marchewka *et al.*, "Associations between welfare and ranging profile in free-range commercial and heritage meat-purpose chickens (*Gallus gallus domesticus*)," (in eng), *Poult Sci*, vol. 99, no. 9, pp. 4141-4152, Sep 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101265>.
- [70] M. S. Bari, Y. C. Laurenson, A. M. Cohen-Barnhouse, S. W. Walkden-Brown, and D. L. Campbell, "Effects of outdoor ranging on external and internal health parameters for hens from different rearing enrichments," *PeerJ*, vol. 8, p. e8720, 2020, doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.8720>.
- [71] B. Alexandra Jacquelyn, E. Maria, and P. Ben, "The deployment of intercropping and agroforestry as adaptation to climate change," *Crop and Environment*, vol. 1, no. 2, pp. 145-160, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.05.001>.
- [72] M. Krauss, A. Berner, F. Perrochet, R. Frei, U. Niggli, and P. Mäder, "Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming—a synthesis of 15 years," *Scientific reports*, vol. 10, no. 1, p. 4403, 2020, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61320-8>.
- [73] D. L. R. Rojas, "Agroecología urbana: huertos, granjas y viveros comunitarios como dispositivo de transformación de los cuerpos y colectividades en ciudad de México, Bogotá, Santiago y Concepción," *Alter-nativa*, no. 12, pp. 99-119, 2022. [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/alter-nativa/article/view/40976>.
- [74] J. L. Pertúz Polo and D. Suero, "Alternativa de alimentación en aves de corral para la producción y comercialización de huevos orgánicos en el área metropolitana de Barranquilla," *INVENTUM*, vol. 17, no. 32, pp. 42-49, 07/13 2022, doi: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/671/6713619006/>.
- [75] M. E. M. Vega, "Huerta escolar como estrategia didáctica facilitadora de aprendizajes sobre fundamentos ecológicos ambientales para el desarrollo sostenible," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, no. 4, pp. 1779-1792, 2022. Available: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2696.

- [76] P. M. Nkebiwe, M. Weinmann, A. Bar-Tal, and T. Müller, "Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield: A review and meta-analysis," *Field crops research*, vol. 196, pp. 389-401, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.018>.
- [77] E. Daghighi, V. Ayugi, E. Daghighi, A. Farajpour, K. Z. Mganga, and T. Orthen, "Better Soils for Resilient Agricultural Production," *Academics Stand Against Poverty*, vol. 4, no. Special Issue, pp. 10-28, 2024, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10697676>.
- [78] S. S. J. Alejandra, "EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR LA GRANJA," UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2020. [Online]. Available: <http://cia.uagraria.edu.ec>
- [79] D. M. Hurtado and S. P. Batioja, "Manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos para el fortalecimiento de la cultura ambiental," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, no. 2, pp. 1071-1082, 2022, doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1940.
- [80] O. I. Malavé Reyes, "Diseño de una granja integral sustentable para el Centro Experimental Manglaralto UPSE," La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6312>
- [81] H. Larsen, G. Cronin, C. L. Smith, P. Hemsworth, and J. L. Rault, "Behaviour of free-range laying hens in distinct outdoor environments," *Animal Welfare*, vol. 26, no. 3, pp. 255-264, 2017, doi: <https://doi.org/10.7120/09627286.26.3.255>.
- [82] M. M. S. Rehman, S. Mehmood, T. N. Pasha, M. T. Khan, and a. J. Hussain, "Assessing behavior in Aseel pullets under free-range, part-time free-range, and cage system during growing phase," *Poultry Science*, 2018, doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pex355>.
- [83] H. Larsen, P. H. Hemsworth, G. M. Cronin, S. G. Gebhardt-Henrich, C. L. Smith, and J. L. Rault, "Relationship between welfare and individual ranging behaviour in commercial free-range laying hens," *Animal*, vol. 12, no. 11, pp. 2356-2364, 2018/01/01/ 2018, doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731118000022>.
- [84] A. Tay Tay and J. R. Zevallos Palacios, "Análisis económico de los diseños de construcción sostenible y tradicional de ambientes comunes en Técnica Avícola SA-Jequetepeque-Pacasmayo-La Libertad," 2023. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/11012/1/REP_AUGUSTO.TAY_JORDI.ZEVALLOS_DISE%C3%91OS.DE.CONSTRUCCION.SOSTENIBLE.pdf.
- [85] E. M. Bonilla Vivas, "Modelo de granja integral para la implementación de procesos agrícolas auto sostenibles-Caso de estudio: Villeta, Cundinamarca," Maestría en Innovación, 2021.. Available: <http://hdl.handle.net/10882/10323>
- [86] B. Yilmaz Dikmen, A. İpek, Ü. Şahan, M. Petek, and A. Sözcü, "Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range)," *Poultry Science*, vol. 95, no. 7, pp. 1564-1572, 2016/07/01/ 2016, doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pew082>.
- [87] R. A. Blatchford, R. M. Fulton, and J. A. Mench, "The utilization of the Welfare Quality® assessment for determining laying hen condition across three housing systems," *Poultry Science*, vol. 95, no. 1, pp. 154-163, 2016/01/01/ 2016, doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pev227>.

- [88] A. O'Connor *et al.*, "Systematic review of the effect of perch height on keel bone fractures, deformation and injuries, bone strength, foot lesions and perching behavior," *EFSA Supporting Publications*, vol. 12, no. 7, p. 841E, 2015, doi: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2015.EN-841>.
- [89] E. Adom, C. Bir, and L. H. Lambert, "A financial comparison of small-scale quail and laying hen farm enterprises," *Poultry Science*, vol. 102, no. 4, p. 102507, 2023/04/01/ 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102507>.
- [90] C. Blasco-Sánchez and F. J. Martínez-Pérez, "Huertos urbanos, infraestructura verde y urbanismo: una relación histórica con capacidad renovadora," *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, vol. 57, no. 223, 2025, doi: <https://doi.org/10.37230/CyTET.2025.223.6>.
- [91] L. A. M. Bautista, M. I. O. Vélez, M. A. C. Mata, A. D. C. Paniagua, G. N. L. García, and J. G. Hernández, "Evaluación de seguridad alimentaria en hogares con huertos familiares de comunidades rurales: estudio de caso," *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, vol. 35, no. 65, p. 1, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10211748>.
- [92] J. C. García Flores and M. d. J. Ordóñez Díaz, "Nutrición y dieta saludable mediante el huerto familiar en Jojutla, Morelos," *Región y sociedad*, vol. 36, 2024, doi: <https://doi.org/10.22198/rys2024/36/1852>.
- [93] A. M. Janczak and A. B. Riber, "Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens," *Poultry Science*, vol. 94, no. 7, pp. 1454-1469, 2015/07/01/ 2015, doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pev123>.
- [94] E. F. S. Authority, "Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to the welfare aspects of various systems of keeping laying hens," *EFSA Journal*, vol. 3, no. 3, p. 197, 2005, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.197>.
- [95] C. Téllez Quintanar, Mocva Kurek, Roberta Karinne , González Correa, Cecilia , & Centeno Álvarez, Juan Carlos "¿Cómo hacer un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en mi escuela? ," I. M. d. T. d. A. (IMTA), Ed., ed. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) 2022.
- [96] L. D. J. Velázquez-Chávez, I. A. Ortiz-Sánchez, J. A. Chávez-Simental, G. A. Pámanes-Carrasco, A. Carrillo-Parra, and M. E. Pereda-Solis, "Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional," *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 2022, doi: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>.
- [97] S. A. E. P. Y. Hester, K. Y. Jefferson-Moore, M. E. Einstein, H. W. Cheng and D. A. Rubins, "The effect of perches in cages during pullet rearing and egg laying on hen performance, foot health, and plumage " *Poultry Science*, 2013, doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pev123>.

Anexos

Ventajas de la producción avícola en sistemas sostenibles domésticos.

¿Por qué la producción avícola?

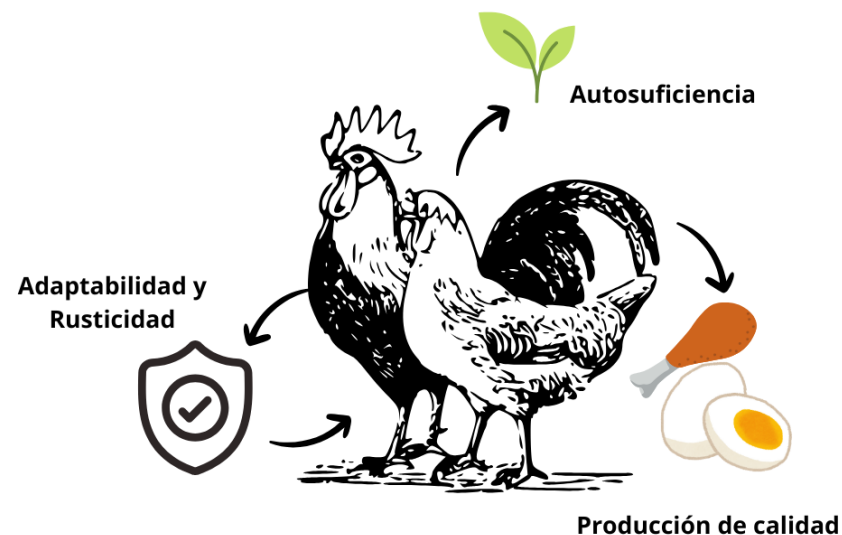
Para la implementación de una granja sostenible a nivel doméstico, la elección de un animal es crucial. Un análisis de viabilidad demostró que la producción avícola ofrece ventajas en comparación con otros tipos de producción, siendo que tiene un balance entre inversión, espacio y rendimiento en comparación con otras opciones como la porcicultura o la ganadería bovina.

Enfoque en la Gallina Criolla

Se eligió esta raza por sus beneficios clave para la sostenibilidad

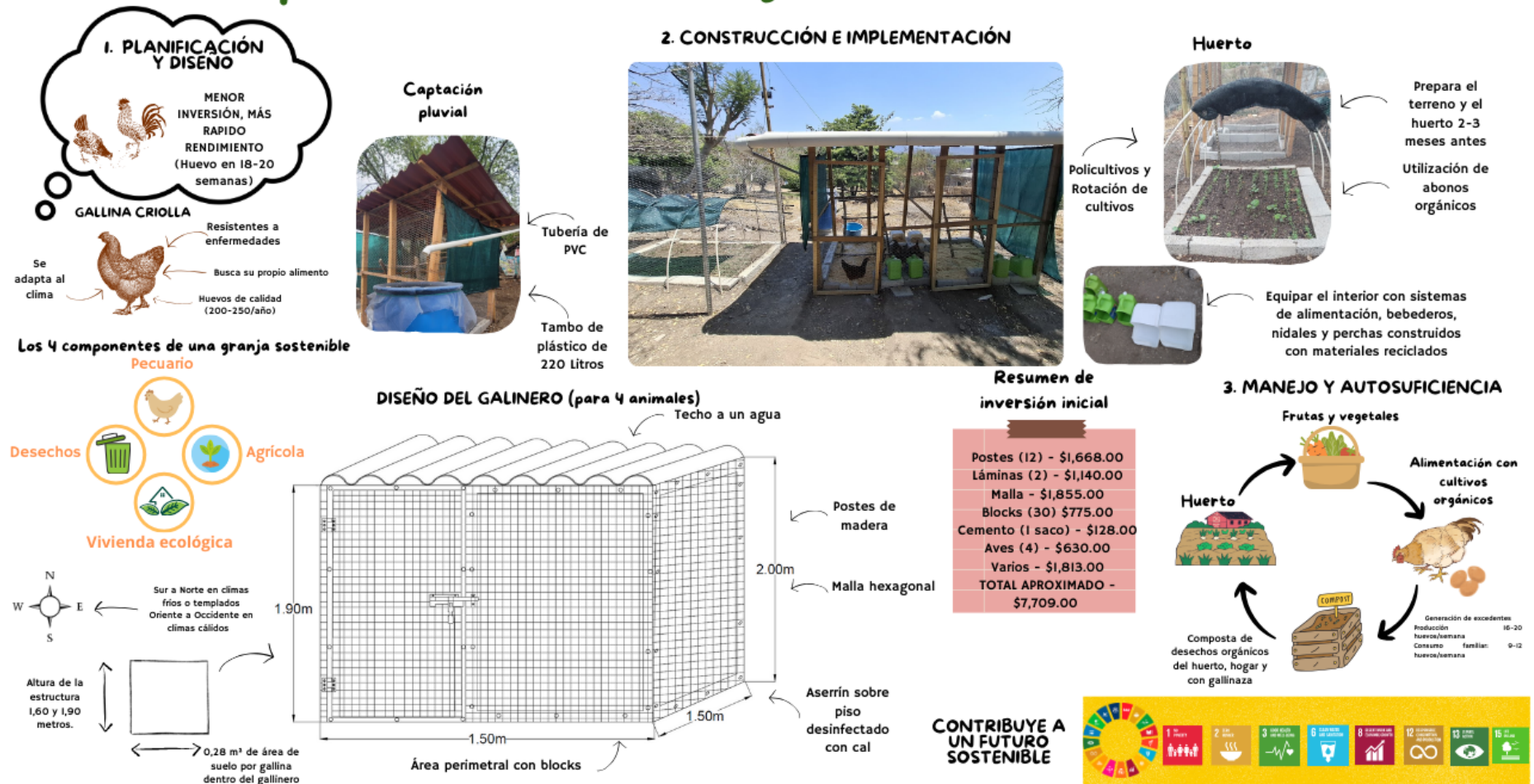
Análisis comparativo:

	Inversión inicial	Espacio requerido	Tiempo de rendimiento
Avícola	● ○ ○ Baja	● ○ ○ Mínimo	● ○ ○ Rápido, 18-20 semanas
Porcino	● ● ○ Moderada	● ● ○ Amplio	● ● ○ Lento, 1-2 años
Bovino	● ● ● Alta	● ● ● Amplio	● ● ● Lento, 1-2 años



Esta guía muestra como implementar una granja avícola sostenible para uso doméstico, integrando componentes pecuarios, agrícolas y ecológicos, siguiendo principios de autosuficiencia y procurando economía de recursos.

Guía para construir tu Granja Avícola Sostenible en casa

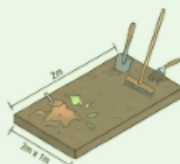


Guía Práctica: Construye tu granja Sostenible en casa

Fase 1 - Huerto - La base alimenticia

1. Diseño y preparación del terreno

Delimita un espacio de 2m de largo por 1m de ancho. Limpia el área de piedras y basura, nivela y delimita la zona para la construcción.



2. Construcción del perímetro

Coloca bloques o tabiques alrededor del área designada para crear un perímetro de 15cm de altura que contendrá la tierra.



3. Construcción del suelo fértil

Rellena el huerto con una mezcla de tierra, arcilla, arena, cal y cascara de huevo triturados para enriquecer el suelo con nutrientes esenciales.



4. Siembra estratégica

Realiza surcos en la tierra y siembra cultivos aptos para la estación y el clima. Este paso debe realizarse 2-3 meses antes de construir el gallinero, esto para asegurar que el alimento este listo para el consumo de las gallinas al momento de su introducción al gallinero.



Fase 2. Gallinero sostenible

1. Cimentación de la estructura

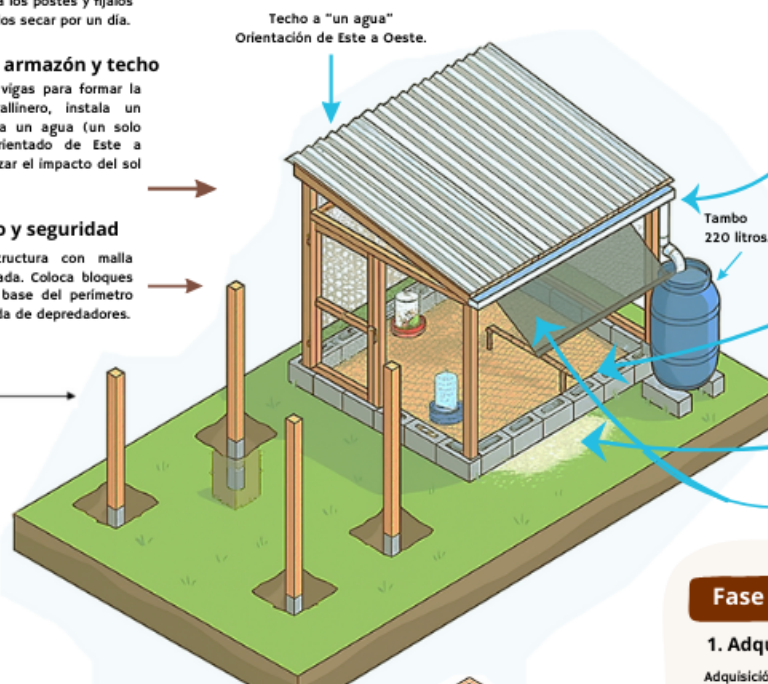
Marca el patrón de referencia en el piso. realiza hoyos de 40cm de profundidad formando los esquineros de la estructura, instala los postes y fíjalos con cemento y déjalos secar por un día.

2. Montaje del armazón y techo

Une los postes y vigas para formar la estructura del gallinero, instala un techo de lamina a un agua (un solo lado inclinado, orientado de Este a Oeste para minimizar el impacto del sol directo).

3. Cerramiento y seguridad

Forra toda la estructura con malla hexagonal galvanizada. Coloca bloques de concreto en la base del perímetro para evitar la entrada de depredadores.



Producción orgánica integrada: El huerto provee alimento fresco para las gallinas y la familia, reduciendo costos y cerrando el ciclo de nutrientes de la granja.

Fase 3. Sistemas sostenibles - agua y equipamiento

1. Instalación y captación pluvial

Aprovecha el techo inclinado para instalar tuberías de PVC que dirijan el agua pluvial hacia un tanque de almacenamiento de 220 litros.

2. Equipamiento con materiales reciclados

Construye comederos, bebederos y nidos utilizando envases de plástico reutilizado. Fabrica perchas (para descanso) con postes de madera encontrados en la zona.

3. Preparación del suelo del gallinero

Se esparce cal en el piso del gallinero para desinfectar de forma natural y luego se cubre con una capa de aserrín para absorber la humedad y reducir olores.

4. Protección climática

Instala una malla sombra en las áreas con mayor exposición solar. esto reduce el estrés térmico en las aves, la colocación es crucial para climas cálidos.

Ahorro y resiliencia hídrica

El agua captada se usará para el riego del huerto y para la limpieza del gallinero, reduciendo el consumo de agua potable y asegurando un suministro de reserva en épocas de sequía.

Fase 4. Introducción de las gallinas

1. Adquisición y cuidado veterinario

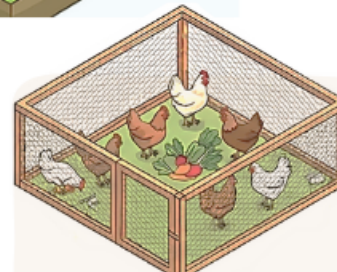
Adquisición de gallinas criollas (se recomienda 3 gallinas y un gallo para una familia de 3-4 integrantes), compradas de productores locales. Llévalas al veterinario para desparasitación y vacunación.

2. Periodo de cuarentena

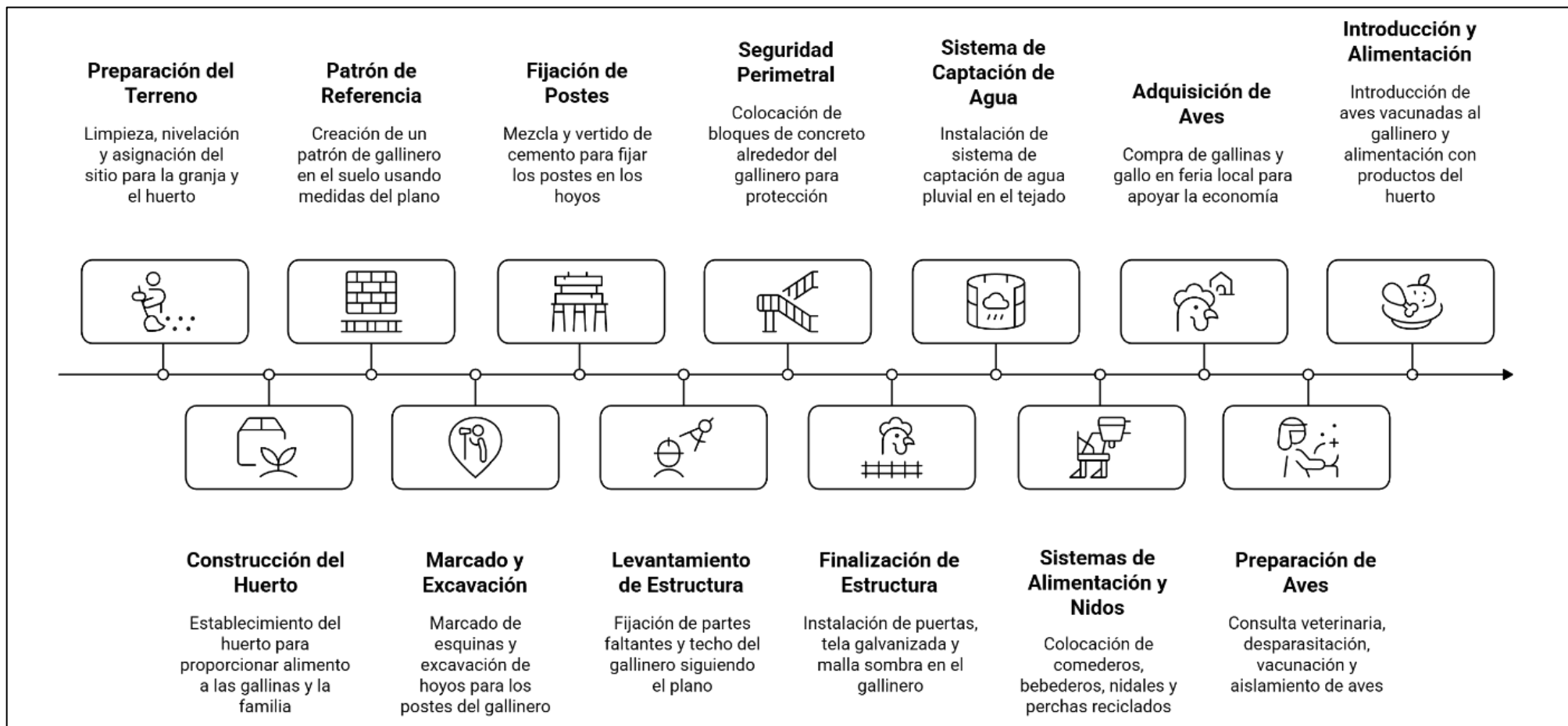
Mantén a las aves en aislamiento y vigilancia durante 5 días para descartar posibles enfermedades antes de introducir las al gallinero principal.

3. Introducción y alimentación

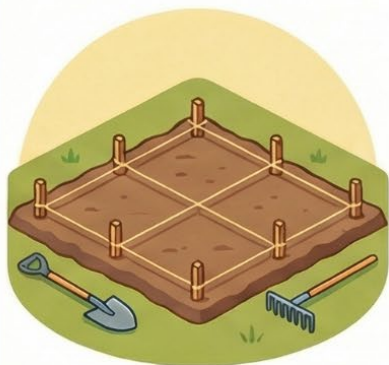
Una vez sanos introduce las gallinas al gallinero. Aliméntalas con los cultivos procedentes del huerto. Usa sus desechos como abono para fertilizar la tierra, creando así un sistema autosuficiente y de bajo impacto ambiental.



Etapas de construcción y establecimiento de una granja sostenible para uso doméstico(avícola).



1



Prepara y Marca el Terreno

Limpia, nivela el área y construye un patrón de referencia en el suelo con las medidas del diseño.

2



Excava y Fija los Postes

Marca las esquinas, excava hoyos de 40 cm de profundidad y vierte cemento para fijar los postes estructurales.

3



Levanta el Armazón y Techo

Une los postes fijos para construir el armazón de la granja y después instala las láminas del techo.

4



Asegura el Perímetro

Forra la estructura con malla hexagonal, coloca bloques en la base para evitar depredadores e instala la puerta.

Simplificación de pasos para la construcción de un gallinero sostenible.