



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE  
CUATRO GRUPOS DE GALLINAS EN UN SISTEMA DE TRASPATIO SEMI  
INTENSIVO

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL**

PRESENTA

Ing. Agr. MARTÍN SANTOS LUIS

DIRECTOR

Dr. MARCO ANTONIO CAMACHO ESCOBAR

CO-DIRECTORA

Dra. MARTHA PATRICIA JEREZ SALAS

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Septiembre, 2021

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, Marcelino Santos Méndez e Isabel Luis Díaz gracias por su esfuerzo, sacrificio y apoyo en cada etapa de mi vida, les amo y estoy eternamente agradecido por motivarme siempre a seguir adelante.*

*A mis hermanos, por su cariño, por su apoyo económico y moral, Demetrio, Mario, Adela, José Alfredo y Nereyda Santos Luis.*

*A Dios porque cuanto soy, cuanto tengo y cuanto puedo lograr es gracias a su infinita bondad.*

**MARTÍN SANTOS LUIS**

*«El primer paso no lleva adonde quieres ir, pero te saca de donde estas»*

## AGRADECIMIENTOS

Al consejo nacional de ciencia y tecnología CONACYT por la beca económica otorgada para la realización de mis estudios de posgrado.

Al sistema de universidades estatales de Oaxaca SUNEО por haberme dado la oportunidad de formarme en sus aulas, a nivel licenciatura en Novauniversitas y a nivel maestría en la Universidad del Mar.

Al Dr. Marco Antonio Camacho Escobar por su confianza, paciencia y apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos y su tiempo para dar guía y dirección a este trabajo.

A la Dra. Martha Patricia Jerez Salas, por su valiosa colaboración, por compartir sus conocimientos a pesar de la distancia, gracias por ser parte de este trabajo.

Al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano, asesor estadístico y revisor de este trabajo, por sus atinadas observaciones y por su paciencia.

A la Dra. Mónica M. Galicia Jiménez por su tiempo y dedicación a la revisión de este trabajo, por sus consejos y por sus ánimos para la realización y culminación del mismo.

Al Dr. Serafín J. López Garrido, por su contribución a mi formación académica, y por su tiempo y sus consejos en la revisión de esta tesis.

A todo el cuerpo académico de la división de estudios de posgrado que de alguna manera contribuyeron a mi formación académica, Dr. Edgar Iván Sánchez Bernal, Dr. Jaime Arroyo Ledezma y al D. Ph. José Guadalupe Gamboa Alvarado.

A mis amigos y compañeros Sandra Gómez, Sergio Yabin Cruz, por acompañarme y hacer más amena mi estancia en el posgrado.

Agradezco infinitamente a todas las personas que han sido parte fundamental en mi formación y crecimiento personal, especialmente a la Dra. Lucia Blanca Casas Ramales, Verónica y Claudia L. García Casas.

A mis amigos por no dejarme solo en los momentos difíciles, por ese mensaje, esa llamada en el momento exacto, por compartir mis alegrías y mis tristezas, Xóchitl Méndez, Hugo García, Adriana Ivonne y Jhasibe Pacheco.

Y sobre todo gracias a Dios y a la vida que me ha dado tanto.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los parámetros productivos y reproductivos, se criaron en gallineros de 4 m<sup>2</sup>, en sistema semi intensivo, gallinas comerciales de las estirpes comerciales Rhode Island roja (RIR, T1), Plymouth Rock barrada (PRB, T2), cuello desnudo (CD, T3) y criollas locales (CL, T4). El manejo, alimentación, sanidad e instalaciones fue homogéneo. La dieta fue alimento comercial y maíz quebrado, con vacunación de cuerdo a la región. Al eclosionar, los pollitos se identificaron con anillo de plástico en el tarso y se pesaron cada dos semanas para obtener el peso vivo (PV), ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia (ICA), mortalidad acumulada (MA), se registró la edad a la madurez sexual (EMS) y durante 15 semanas se evaluó la producción/ave/semana (PROD/AVE/SEM). Del huevo se evaluó peso (PH), largo (LH), ancho (AH) e índice de forma (IF); se realizaron pruebas de incubación y se determinó porcentaje de incubabilidad y fertilidad, los huevos no eclosionados se les realizó embriodiagnóstico para determinar porcentaje de mortalidad embrionaria en el primer, segundo y último tercio de incubación. El modelo experimental fue un diseño completamente aleatorio con cuatro tratamientos y 25 repeticiones, la fuente de variación fue la estirpe de las aves; se realizó análisis de varianza, con comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey, las variables que no presentaron distribución normal se analizaron con el estadístico ji cuadrado, ambos con  $\alpha = 0.05$ . Las aves T1, T2 y T3 presentaron periodo de crecimiento más lento que T4, por lo tanto, menor PV; sin embargo, tuvieron menor tiempo para alcanzar la madurez sexual. Una vez alcanzada la madurez sexual y romper postura, T4 presentaron ciclo productivo más corto que las estirpes comerciales, los huevos de T3 presentan mejores características físicas PH 55.22 g, LH 55.22 mm y AH 41.61 mm respectivamente con IF 75.42. T1 presentó el mayor porcentaje de incubabilidad 86.67%, mientras que en porcentaje de fertilidad no hubo diferencias significativas. La mayor mortalidad embrionaria, fue en el primer tercio de incubación y lo presentó el T4 mostrando diferencia estadística ( $\alpha = 0.05$ ), mientras que para mortalidad en el segundo y último tercio no hubo diferencia entre tratamientos. Se concluye que los tratamientos con mejor respuesta productiva y reproductiva fueron el genotipo de cuello desnudo y las gallinas criollas locales. Ello debido a que obtuvieron más peso corporal, mayor ganancia de peso, menor mortalidad, mejores resultados en producción de huevo, peso promedio del huevo y número de eclosiones.

**Palabras clave:** Gallina criolla, Rhode Island Roja, Plymouth Rock Barrada, Gallina Cuello Desnudo, incubación, producción de huevo.

## Abstract

With the aim of evaluating the productive and reproductive parameters, commercial chickens of the commercial Rhode Island red (RIR, T1), Plymouth Rock barred (PRB, T2) commercial strains of naked neck (CD, T3), and local creoles (CL, T4). The handling, food, health and facilities were homogeneous. The diet was commercial food and broken corn, with vaccination according to the region. Upon hatching, the chicks were identified with a plastic ring in the tarsus and weighed every two weeks to obtain live weight (LW), weight gain (GDP), feed conversion index (ICA), cumulative mortality (MA), the age at sexual maturity (EMS) was recorded and for 15 weeks the production / bird / week (PROD / AVE / SEM) was evaluated. Egg weight (PH), length (LH), width (AH) and shape index (IF) were evaluated; Incubation tests were carried out and the percentage of hatchability and fertility was determined. The unhatched eggs were embryodiagnosed to determine the percentage of embryonic mortality in the first, second and last third of incubation. The experimental model was a completely randomized design with four treatments and 25 repetitions, the source of variation was the lineage of the birds; Analysis of variance was performed, with multiple comparison of means using the Tukey test, the variables that did not present normal distribution were analyzed with the chi-square statistic, both with  $\alpha = 0.05$ . Birds T1, T2 and T3 had a slower growth period than T4, therefore, a lower PV; however, they had less time to reach sexual maturity. Once reached sexual maturity and break lay, T4 had a shorter productive cycle than commercial strains, T3 eggs have better physical characteristics PH 55.22 g, LH 55.22 mm and AH 41.61 mm respectively with IF 75.42. T1 presented the highest percentage of hatchability 86.67%, while in percentage of fertility there were no significant differences. The highest embryonic mortality was in the first third of incubation and it was presented on T4 showing statistical difference ( $\alpha = 0.05$ ), while for mortality in the second and last third there was no difference between treatments. It is concluded that the treatments with the best productive and reproductive response were the naked neck genotype and local Creole hens. This is due to the fact that they obtained more body weight, greater weight gain, lower mortality, better results in egg production, average egg weight and number of hatches.

**Key words:** Creole hen, Red Rhode Island, Barred Plymouth Rock, Naked Neck Hen, incubation, egg production.

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
<b>ÍNDICE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
1.1 Origen y domesticación de la gallina.....	3
1.1.1 Clasificación taxonómica.....	4
1.1.2 Estirpes comerciales de gallinas.....	5
1.1.2.1 Plymouth Rock.....	6
1.1.2.2 Rhode Island.....	7
1.1.2.3 Cuello desnudo.....	8
1.1.3 Gallinas criollas.....	8
1.1.4 Genotipos y fenotipos.....	10
1.2 Sistemas de producción avícola.....	10
1.2.1 Sistema de producción tecnificado.....	11
1.2.3 Sistema de producción de traspatio.....	12
1.3 Nutrición y alimentación avícola.....	13
1.3.1 Consumo de agua.....	15
1.3.2 Energía.....	16
1.3.3 Proteínas y aminoácidos.....	16
1.3.4 Lípidos.....	17
1.3.5 Carbohidratos.....	17
1.3.6 Vitaminas.....	18
1.4 Parámetros productivos para líneas genéticas y gallina criolla.....	18
1.4.1 Factores que afectan los principales parámetros productivos.....	19
1.5 Fertilidad.....	21
1.5.1 El huevo fértil.....	21
1.5.2 Manejo del huevo fértil.....	22
1.6 Incubación.....	24
1.6.1 Incubación natural.....	24
1.6.2 Incubación artificial.....	25
1.6.3 Incubabilidad.....	25
1.6.4 Factores que afectan la incubabilidad.....	26
1.6.4.1 Peso del huevo.....	26
1.6.4.2 Calidad del cascarón.....	26
1.6.4.3 Estado sanitario de los reproductores.....	27
1.6.4.4 Edad de los reproductores.....	27
1.6.4.5 Estrés de los reproductores.....	28
1.6.4.6 Nutrición de los reproductores.....	28
1.7 Desarrollo embrionario.....	30
1.7.1 Mortalidad embrionaria.....	31

1.7.1.1 Mortalidad embrionaria temprana.....	31
1.7.1.2 Mortalidad embrionaria intermedia.....	31
1.7.1.3 La mortalidad embrionaria tardía.....	32
1.7.3 Embriodiagnóstico.....	32
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>34</b>
2.1 Objetivo general.....	34
2.2 Objetivos particulares.....	34
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>34</b>
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
4.1 Ubicación geográfica y ambiente.....	35
4.2 Animales experimentales.....	35
4.3 Manejo.....	35
4.3.1 Instalaciones.....	35
4.3.2 Alimentación.....	36
4.3.3 Sanidad.....	37
4.3.3.1 Prevención de enfermedades.....	37
4.3.4 Manejo de reproductores.....	38
4.4 Variables evaluadas.....	38
4.4.1 Ganancia diaria de peso.....	38
4.4.2 Estimación del índice de conversión.....	39
4.4.3 Comparación de la producción de huevo.....	39
4.4.4 Determinación de las características físicas de los huevos incubables.....	39
4.4.5 Ensayos de incubación.....	40
4.4.6 Embriodiagnóstico.....	40
4.5 Diseño experimental y análisis estadístico.....	40
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
5.1 Peso vivo.....	42
5.2 Ganancia diaria de peso.....	43
5.3 Mortalidad y peso a la madurez sexual.....	45
5.4 Producción y características físicas de los huevos.....	47
5.5 Fertilidad e incubabilidad.....	50
5.6 Embriodiagnóstico.....	52
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Plan de alimentación para de tres líneas comerciales de gallinas de doble propósito y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	37
Cuadro 2. Programa de vacunación aplicado a tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	38
Cuadro 3. Medias ( $\bar{X} \pm EE$ ) del peso vivo a 24 semanas de edad de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la costa de Oaxaca.....	42
Cuadro 4. Medias ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la ganancia diaria de peso (GDP) a 24 sem de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	44
Cuadro 5. Medias ( $\bar{X} \pm EE$ ) del índice de conversión alimenticia a 24 sem de edad de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	45
Cuadro 6. Mortalidad y edad de madurez sexual de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	46
Cuadro 7. Medias de Producción de huevo y características físicas de los huevos de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	47
Cuadro 8. Resultados de las pruebas de incubación de tres estirpes comerciales y gallinas criollas criadas en la costa de Oaxaca.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Piso de tierra apisonada y cama de aserrín.....	36
Figura 2. Curva de producción de huevos durante 15 semanas de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.....	49

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la avicultura se desarrolla bajo tres enfoques; la avicultura comercial o explotación intensiva, la avicultura semi intensiva y la cría de aves en sistemas extensivos o de traspatio (FAO, 2013). Mientras que los primeros buscan incrementar la producción y obtener los máximos beneficios en relación tiempo-inversión, en los traspacios las razones para criar aves están determinadas por factores ideológicos, culturales, religiosos o recreativos (Camacho-Escobar, 2006).

El desarrollo de la avicultura familiar o de traspatio representa una fuente importante de alimentos con un alto valor proteico, principalmente huevo y carne en las comunidades rurales (Maafs, 2014); donde las familias campesinas crían diferentes tipos de aves, principalmente gallinas (*Gallus gallus* L.) de tipo criolla las cuales han sido adaptadas a las condiciones climáticas y de manejo a las cuales son sometidas (Camacho-Escobar *et al.*, 2011). Además de los beneficios alimentarios, las aves de traspatio son un medio ahorro para hacer frente a los imprevistos económicos (Alders, 2005).

La conservación del germoplasma de gallinas criollas se ha estudiado con particular interés en el mejoramiento genético debido a que presentan una mayor resistencia a enfermedades característica deseable en razas especializadas para la producción de huevo o carne en sistemas intensivos (Camacho-Escobar *et al.*, 2016).

Gracias a numerosos trabajos de investigación, y años de selección antropogénica, se han desarrollado estirpes de aves que son altamente productivas; no obstante, tienen mayores requerimientos nutricionales y de manejo para poder expresar su potencial productivo (Camacho-Escobar *et al.*, 2011), en este tipo de aves se han aislado ciertas características y se han agregado otras, por ejemplo la ausencia de clueques, que es importante para la reproducción y para la incubación natural, también se ha acortado el tiempo para alcanzar la madurez sexual, sin duda estas características incrementan el desempeño de las líneas genéticas

comerciales y son diferentes de los fenotipos de gallinas criollas, en las cuales persiste la tendencia a incubar sus huevos y el tiempo para alcanzar la madurez sexual es mayor (Camacho-Escobar *et al.*, 2016).

Durante mucho tiempo la cría de aves a nivel familiar con tecnologías rústicas se ha realizado con genotipos criollos; sin embargo, a partir de la década de 1970 se ha impulsado la avicultura, introduciendo líneas de aves mejoradas, las cuales se pueden adaptar al tipo de explotación (Cuca *et al.*, 2015), situación que ha provocado erosión genética en las gallinas criollas provenientes de la selección natural y del hombre, de las aves traídas al continente, desde tiempos de la conquista (Crawford 1990). Por ello, con este trabajo de investigación se pretende contribuir a la generación de información sobre el comportamiento productivo y reproductivo de tres fenotipos de gallinas de estirpe comercial de tipo semi pesadas (de doble propósito) y de gallinas criollas locales en condiciones semi intensivas, para el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y con ello fortalecer la seguridad alimentaria por medio del fomento de la avicultura de traspatio.

Las aves de líneas comerciales fueron diseñadas para mantener alta producción, lo que obliga condiciones de manejo con requerimientos de máxima exigencia en alimentación, manejo y sanidad (Díaz, 2011). Esta situación provoca que las gallinas criollas sean desplazadas, en condiciones de traspatio por su baja producción y sustituidas por aves comerciales; y, por otra parte, las aves comerciales introducidas en condiciones de traspatio, al ser manejadas deficientemente en el ambiente campesino, desmejora su condición y se hacen improductivas para finalmente desaparecer. En consecuencia, las líneas genéticas de gallinas que no responden al estándar de rendimiento zootécnico tienden a ser reemplazadas por otras aves foráneas, que requieren de manejo especial definido por “un paquete tecnológico” que por lo general es altamente dependiente de insumos exógenos, exigente en instalaciones adecuadas (Aquino *et al.*, 2003), que requieren de la aplicación intensiva de capital, condiciones distantes de la capacidad del campesinado.

## 1. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1 Origen y domesticación de la gallina

Las gallinas son aves que pertenecen al orden de las carenadas, familia *Phasianidae*, género *Gallus* y especie *gallus*, de esta especie existen más de 300 razas y variedades reconocidas mundialmente. Cuando la gallina pasó del estado silvestre al de domesticación, se inició la formación de razas, esto debido a que modificó su hábitat y su alimentación, así como a la selección que hizo el hombre, que empezó a dirigir su reproducción; dando origen a diversos fenotipos, con gran variedad en tamaño, color y peculiaridades morfo-anatómicas; también se modificó, su fisiología y etología (Fernández, 2004).

Las diferentes razas de gallina actual se originaron en el sureste asiático, donde habitaban varias especies de gallináceas muy similares a los faisanes. Se ha demostrado experimentalmente que todas estas estirpes selváticas pueden cruzarse entre sí y su descendencia es fértil (Fernandez, 2004). Por lo tanto, se especula que después de la domesticación de dichas aves, se cruzaron entre sí y dieron origen a las variedades básicas de la cual provienen las actuales gallinas domésticas (Crawford, 1990). El antepasado salvaje de la gallina doméstica habita las zonas tropicales y los bordes subtropicales del bosque y durante su estación reproductiva ponían de cinco a seis huevos antes de empollarlos durante 18 d a 20 d. La domesticación de las gallinas comenzó hace más de 3,000 años; existen evidencias de que en el año 3,200 a.C. ya se domesticaban y criaban gallinas en la India, donde se difundieron a primero en Persia y Grecia y posteriormente a Europa. Existe evidencia de que en China y Egipto se criaba gallina doméstica en el año 1,400 a. C. Desde el inicio de la domesticación, el hombre ha seleccionado los mejores ejemplares para la reproducción, eligiendo las características deseables más destacadas, dependiendo del objetivo del avicultor, formando grupos de individuos con características similares que los diferenciaban de otros de la misma especie.

### 1.1.1 Clasificación taxonómica

Reino: Animalia  
Clase: Aves  
Orden: Galliformes  
Familia: *Phasianidae*  
Género: *Gallus*  
Especie: *Gallus*  
Sub esp: *Domesticus*

Las gallinas son aves de tamaño mediano, capaces de realizar vuelos cortos. Con un sistema social característico y orden jerárquico establecido. El dimorfismo sexual es evidente a simple vista, los machos son de mayor tamaño y llegan a pesar hasta 4 kg. Las gallinas son más pequeñas, no miden más de 40 cm y pesan cerca de 2 kg, su coloración es menos llamativa respecto al macho. El tiempo de vida depende de la raza, pero está en el rango de cinco a diez años (Osgood, 1921).

*Gallus gallus* presenta muchos fenotipos de pollos caseros, que están distribuidos ampliamente en todo el mundo como una importante fuente de alimento (Crawford, 1990). Es un animal altamente estimado por los beneficios alimenticios que proporciona al hombre, actualmente la reproducción y permanencia en el planeta de esta especie está en manos de los humanos, quienes han creado una industria productora de pollos a nivel mundial.

Prácticamente habitan donde puedan conseguir alimento y alojamiento, como lo son las zonas agrícolas, bosques naturales, bosques plantados, pastizales, matorrales y zonas urbanas (SAGARPA, 2007).

Con la domesticación de las gallinas se dio origen a diferentes razas que actualmente son aprovechadas para alimento, juego u ornato. Como alimento, se aprovecha su carne y sus huevos, esta especie es la más explotada a nivel mundial (SAGARPA, 2003), su precocidad reproductiva corto tiempo de desarrollo,

variabilidad en los ingredientes alimenticios, así como la adaptabilidad en cuanto a cantidad y calidad de alimento, lo que puede reducir los costos de producción.

### **1.1.2 Estirpes comerciales de gallinas**

Una línea pura es la agrupación de animales de una raza, seleccionados para resaltar alguna de sus características, estas líneas son cruzadas entre si hasta fijar dicho carácter deseable. Al cruzar dos o más diferentes líneas puras, sin ningún parentesco, durante tres generaciones, se obtiene un híbrido incapaz de transferirle a su progenie las características genéticas; a esta cruce se le conoce como línea comercial, la cual presenta las características por las que fueron previamente seleccionadas las líneas puras que le han dado origen (Villena 2008).

Actualmente es muy poco frecuente explotar industrialmente razas puras. Por lo tanto, la industria avícola se basa en la producción y explotación de híbridos comerciales en los que se han hecho resaltar el fenotipo deseado, como tamaño del ave, desarrollo de masa muscular, número y color de huevo, del plumón y de tarsos, resistencia a ciertas enfermedades, índice de conversión alimenticia, velocidad de crecimiento, entre otras (Lastra *et al.*, 1998).

Dentro de la avicultura, una forma de clasificar a las aves es de acuerdo con interés zootécnico relacionado a su tamaño corporal; por ello se han clasificado como livianas, pesadas y semi pesadas. Las gallinas livianas han sido seleccionadas especialmente para la producción de huevo, las líneas de gallinas pesadas se han desarrollado para la producción de carne y, las gallinas semi pesadas, que tienen doble propósito. (Reyes S. 2002).

Dentro de razas las semi pesadas o doble propósito, las más populares y ampliamente distribuidas son las *Rhode Island Red* y las *Plymouth Rock Barrada*. Las características de estas razas son que tienen un buen peso al llegar a la edad adulta y alcanzan a poner hasta 270 - 280 huevos al año. (Fernández, 2004).

### 1.1.2.1 Plymouth Rock

Esta raza estadounidense tuvo su origen en Plymouth, ciudad del estado de Massachusetts, de donde se tomó su nombre al que se le agregó el término *Rock* (roca), la raza sintética fue creada por el doctor Bennett mediante la cruce de la raza Cochinchina con híbrido de las razas Dorking, Malaya y Cornish; con lo cual obtuvo un producto al que llamó Plymouth. Esta es la base genética de la moderna Plymouth Rock que se conoce hoy en día, de la que se conocen tres linajes originales, de ellas, las Plymouth barradas se admitieron en el *American Standard of Perfection* en 1874. Hasta 1930 se exigió el mismo color y ancho en las barras del macho y de la hembra, en ese año se establecieron patrones separados para el barrado claro y oscuro. Actualmente el color barrado perfecto es el más difícil de conservar (Fernández, 2004).

Aunque actualmente la Plymouth Rock barrada es una de las razas más populares en el mundo, su actual selección genética tiene como objetivo la producción de huevo café, sin tomar en cuenta el fenotipo; esta raza sintética se emplea mucho para la cruce con Rhode Island y New Hampshire con la finalidad de obtener líneas genéticas producir pollos auto sexables. La raza Plymouth Rock pura también es autosexable debido a que los pollitos machos eclosionan con una mancha color crema, rodeada de plumón oscuro, en la región occipital (Campo, 1983). Además de la variedad barrada, se han generado otros fenotipos menos conocidos como negro, columbia, perdiz, dorado y la más popular, blanco que se formó a partir de barradas claras y la raza Leghorn. El fenotipo blanco sirvió como base genética para las líneas maternas comerciales que se emplearon en la producción de pollo de engorda y, en menor escala, contribuyó a la formación de las líneas paternas para obtener el genotipo blanco dominante (Fernández, 2004).

Las características de la raza sintética *Plymouth Rock* barrada son: cresta simple, pequeña y erecta, nunca doblada aun cuando hay tendencia a ello, con cinco dientes bien definidos, tiene orejillas y barbillas rojas, ligeramente

redondeadas, pico amarillo, ojos castaño rojizo y patas amarillas, cada pluma está cruzada por fajas regulares paralelas bien definidas a todo lo largo de la pluma, y cada una de ellas debe terminar en una angosta raya oscura. El macho siempre es más claro que la hembra, principalmente en las regiones del dimorfismo sexual. En la variedad blanca, el plumaje es blanco puro. El peso de ambos fenotipos es de 4.3 kg para el macho y 3.4 kg para la hembra (Fernández, 2004).

### **1.1.2.2 Rhode Island**

Raza estadounidense que toma su nombre del estado de Rhode Island, de donde es originaria. Se obtuvo mediante el cruzamiento de las gallinas criollas de la región, color amarillo y rojo pardo, con la raza Conchinchina y gallos Malayos que llegaron a Estados Unidos de América el año 1845. Cincuenta años después, comenzó a exhibirse como raza pura y rápidamente se convirtió junto, con la raza Leghorn, popular (Fernández, 2004).

La cruce de machos Rhode Island con hembras Plymouth Rock es muy popular para obtener la línea comercial llamada Sex line, auto sexable y excelente productora de huevo. Existen cuatro variedades de la raza sintética Rhode Island: roja cresta sencilla, roja cresta rosa, blanca cresta sencilla, que se ha empleado en la producción de líneas de pollo de engorda; y blanca cresta rosa prácticamente desaparecida. La raza Rhode Island roja cresta sencilla presenta la cresta aserrada con dientes verticales con número variable y nunca está caída; la cara, las orejillas y las barbillas son rojas, con la piel y patas amarillas (Fernández, 2004).

Resulta difícil describir el color del plumaje, es color caoba, a excepción de la cola que es negro verdoso y las plumas remeras tienen algo de negro. El pollito al eclosionar es color castaño rojizo, es más pronunciado en el dorso y más claro en los costados y partes bajas del cuerpo, se pueden presentar manchas oscuras sobre la cabeza, y rayas del mismo color en el dorso (Fernández, 2004).

### **1.1.2.3 Cuello desnudo**

Tiene la particularidad de tener el cuello desprovisto de plumas, y también menor cantidad de plumaje en diversas partes del cuerpo, como en la pechuga o bajo el ala. Esta característica genética, al parecer, se originó hace varios siglos como una mutación espontánea en la región de Transilvania (Rumania), y es debida a la atrofia de los folículos productores de plumas. Depende de un único par de genes, en el cual el gen “Na” (dominante) es el que confiere el carácter de desnudez y el gen “na” (recesivo) es el de plumaje normal (Juárez, 2009).

Según Boyd *et al* (2007) destacan que esta línea comercial tiene ventajas en climas cálidos, por su menor cantidad de plumas en el resto del cuerpo, porque les ayudan a disipar mejor el excesivo calor corporal. Ello debido a que disipan más eficientemente el calor, pudiendo mantenerse más activas durante las horas de mayor calor.

### **1.1.3 Gallinas criollas**

Las gallinas criollas son el resultado de la cruce de múltiples genotipos y que se han ido adaptando a condiciones poco favorables (Jerez, 2011), las características de adaptabilidad y rusticidad de las gallinas criollas ha generado interés por conservar el germoplasma criollo local, con la finalidad de evitar la erosión de los recursos genéticos avícolas y disponer de este recurso tan importante y garantizar el consumo de proteína animal sobre todo en las regiones rurales (Solís, 2017). Los ancestros de las gallinas criollas o mestizas llegaron a América con los conquistadores en sus primeros viajes, y por más de 500 años han demostrado su adaptabilidad productiva para las condiciones poco favorables de la región (Segura *et al.*, 2007). Se han caracterizado por su alta diversidad genética, capacidad de adaptación a condiciones agroecológicas y climáticas locales, resistencia a enfermedades y la capacidad de producción la cual puede perdurar por periodos muy prolongados bajo un sistema de manejo tradicional (Jerez, 2011). La

producción de gallinas criollas requiere de pocos insumos, los cuales se ajustan a las condiciones socioeconómicas de las familias rurales (Juárez *et al.*, 2008), esta característica juega un papel muy importante en favor de los productores tradicionales campesinos, ya que al no contar con los conocimientos técnicos y los recursos económicos para la compra de medicamentos, vacunas y el pago de asistentes técnicos que les asesoren al respecto; prefieren mantener este tipo de gallinas que les permiten obtener buenos niveles de productividad (Leiton, 2017).

El crecimiento, producción y reproducción de gallinas criollas dependen de factores climáticos como son: temperatura, humedad y fotoperiodo (Jerez, 1999). La interacción de estos factores, además de las características genéticas hacen que las gallinas criollas alcancen la madurez sexual más tarde que las de línea comercial. Para que las aves alcancen la madurez sexual, no solo interviene la alimentación, ya que es un proceso biológico complejo en que participan además de la composición genética, la edad, la curva de crecimiento, el peso y la composición corporal (Fernández *et al.*, 2017).

Jerez (2004) evaluó la edad a la que alcanzan la madurez sexual las gallinas criollas con alimentación restringida la cual se presentó a las 23 semanas de edad, mientras que con alimentación *ad libitum* fue de a las 21 semanas de edad. También trabajó con gallinas Plymouth Rock barrada x Rhode Island roja y estas con alimentación restringida tardaron 24 semanas en alcanzar la madurez sexual.

Las gallinas criollas del traspatio presentan una gran variabilidad en cuanto a color y tipo del plumaje, forma de la cresta y color de piel y tarsos; en el estado de Michoacán, las gallinas criollas autóctonas presentan colores oscuros (rojo, negro, gris) y colores claros como blanco crema, resultado de la introducción de genotipos comerciales y colores derivados de la mezcla con aves de combate (Juárez *et al.*, 2000). En el estado de Oaxaca hay variedad en cuanto a la forma de la cresta (Luis *et al.*, 2007), el plumaje, completo o incompleto y el color de la piel y los tarsos (Camacho-Escobar *et al.*, 2011).

#### **1.1.4 Genotipos y fenotipos**

El desarrollo de la avicultura como una actividad bilateral utiliza por un lado genotipos comerciales de alto rendimiento, dependiendo del fin zootécnico, pollos para la producción de carne o gallinas especializadas para la producción de huevos, en contra parte se realiza la cría de aves autóctonas o criollas las cuales tiene la doble funcionalidad productiva carne y huevos.

La diferencia entre ambos genotipos radica en el tipo de sistema de explotación, generalmente los genotipos comerciales, se crían en confinamiento, en grandes parvadas, con alimentación balanceada y estrictos programas de sanidad, en cambio los genotipos criollos se crían en parvadas pequeñas, generalmente en libertad o bien disponen de un lugar para pernoctar y la alimentación es básicamente hierbas e insectos complementada con algunos granos o desperdicio de cocina, pero la diferencia más grande está en el rendimiento productivo,

Las gallinas ponedoras comerciales de excelente genética llegan a poner más de 300 huevos al año (Dolberg, 2001), mientras que las gallinas autóctonas suelen poner entre 40 y 60 huevos al año (Jerez, 1999).

#### **1.2 Sistemas de producción avícola**

En nuestro país existen básicamente tres sistemas de producción, estos se diferencian con base al esquema tecnológico que utilizan, siendo estos el tecnificado, semi tecnificado y el de traspatio o rural, y los cuales presentan diferentes grados de integración vertical y horizontal, además de atender diversos sectores del mercado. El sistema tecnificado se enfoca al abasto de grandes zonas urbanas, los sistemas semi tecnificado y de traspatio o rural destinan su producción al autoabastecimiento, respectivamente (CEDRSSA, 2018).

### **1.2.1 Sistema de producción tecnificado**

En los países en desarrollo, los sistemas de producción intensiva utilizan la tecnología disponible, la cual adaptan a sus necesidades de producción y a las condiciones del mercado. La industria comercial de la carne de pollo en países en desarrollo está integrada de manera vertical, con empresas individuales que poseen fábricas de piensos, granjas de reproductoras, incubadoras y plantas de elaboración.

La integración vertical les permite a las compañías de este nivel la industrialización de la carne, obteniendo de esta manera productos procesados que se destinan al consumo directo, e incrementan los márgenes de utilidad.

La integración horizontal, con respecto a este tipo de integración y dados los importantes volúmenes de producción y al manejar una economía de escala, ha permitido que estas empresas cuenten con fábricas de alimentos balanceados, al contar con la capacidad para efectuar compras por volumen de los principales insumos, obteniendo de esta manera precios menores. Adicionalmente las compañías integradas cuentan con laboratorios de diagnóstico, y ofertan servicios técnicos, que permiten mantener altos niveles de calidad sanitaria. El control de algunos factores económicos y la retención del valor agregado generado a lo largo de la cadena productiva, permiten obtener niveles de rentabilidad elevada y que, ante fenómenos de disminución de precios, podrían mantenerse en el mercado, y de este modo ganar espacios que no pueden ser desatendidos por los empresarios semi tecnificados. Los sistemas de producción altamente tecnificados están ubicados en casi todo el territorio nacional; y aportan aproximadamente 70% de la carne de pollo que se produce en México (CEDRSSA, 2018).

### **1.2.2 Sistema de producción semi intensivo**

Los sistemas de producción semi tecnificados se encuentran prácticamente en todo el país y cuentan con diferente grado de tecnificación, de modo que

producen con menores niveles de eficiencia. Aunque la calidad del pollo para engorda es muy similar al que se produce en los sistemas tecnificados. El sistema semi tecnificado presenta deficiencias en cuanto al sistema de alimentación, instalaciones y manejo sanitario en general. Mantienen altos costos de producción y alta vulnerabilidad ante cambios económicos de los precios y la demanda. El alimento es adquirido de compañías comerciales que fabrican alimento balanceado, y en ocasiones complementan o usan granos. Este sistema carece de servicios técnicos, y en los últimos años, gracias a las campañas zoonosanitarias han dispuesto de asesoría en materia sanitaria lo que les ha permitido disminuir pérdidas por enfermedad y mortalidad en la parvada. Los sistemas de producción semi tecnificados aportan cerca de 20% de la producción nacional de carne de pollo (CEDRSSA, 2018).

### **1.2.3 Sistemas de producción de traspatio**

La avicultura de traspatio es una actividad de gran importancia en las comunidades rurales del país, caracterizada por la baja inversión requerida y por la facilidad para efectuarla. Las especies más utilizadas son las criollas, dado que están adaptadas a las condiciones adversas para su crianza.

Esta actividad fortalece el bienestar de las familias campesinas, debido a que proporciona productos de alto valor nutritivo como carne y huevo; además, puede producir excedentes para la venta, generando así, ingresos en la economía familiar (CEDRSSA, 2018).

Las gallinas de traspatio representan una aportación cercana al 70% del huevo y carne de la dieta de las familias rurales (Guevara *et al.*, 2011).

La alimentación de las gallinas de traspatio es uno de los factores de mayor influencia en la productividad de carne o huevo. Se ha referido el suministro de grano de maíz nixtamalizado o triturado, desperdicios de comida, alfalfa, diferentes plantas y productos de desecho para alimentar las aves (Jerez-Salas *et al.*, 1994).

Sin embargo, estos ingredientes no satisfacen los requerimientos básicos nutricionales de las aves, ocasionando crecimiento lento y retraso en la edad para alcanzar la madurez sexual (Jerez-Salas *et al.*, 2009); deficiencias de calcio y fósforo impiden la estructura mineral adecuada del cascarón, e influyen en el tamaño y peso del huevo (Juárez-Caratachea *et al.*, 2008).

### **1.3 Nutrición y alimentación avícola**

Los programas de alimentación tienen el objetivo de cubrir las necesidades nutritivas de las aves dependiendo de su edad para contribuir a su salud, bienestar y productividad. Se debe proporcionar a las aves, dietas y esquemas de alimentación de acuerdo con sus requerimientos, mediante diferentes etapas de alimentación.

El manual de buenas prácticas pecuarias para la producción de pollos de engorda (SAGARPA-SENASICA, 2016a) sugiere cinco etapas, mientras que para pollitas destinadas a la producción de huevo para plato sugiere cuatro etapas y en la última que es producción, recomienda de una a tres fases, las cuales se diferencian por el contenido de calcio, elemento indispensable para la formación del cascarón.

La alimentación de las gallinas destinadas para la producción de huevos no solo requiere de dietas bien balanceadas, si no de un programa de alimentación que produzca una polla con peso óptimo y que alcance una madurez a una edad económicamente rentable, y durante la fase de postura provea los nutrientes necesarios para mantenimiento, crecimiento y producción de huevo.

El peso corporal es el factor más importante, y muchos de los problemas de producción, son producto de una condición y peso corporal no adecuados a la edad de la madurez sexual. Un peso corporal óptimo, depende del consumo de nutrientes y de energía; y estos a su vez están determinados por la composición de la dieta y la cantidad de alimento consumido.

La manipulación del potencial genético se fija al primer día de nacida la pollita, por lo que, de ese tiempo en adelante, el éxito en los rendimientos dependerá de muchos factores, cada línea comercial de postura tiene un peso óptimo establecido al alcanzar la madurez sexual, así como la cantidad de alimento necesario para obtener ese peso corporal y los requerimientos propios de esa línea (SAGARPA-SENASICA, 2016a).

El peso óptimo se obtiene con nutrición adecuada durante el periodo de desarrollo, en las primeras 8 a 10 semanas de edad; es esencial alimentar las pollitas con una cantidad adecuada de proteína y aminoácidos. El crecimiento temprano de la pollita dependerá más de la proteína y los aminoácidos que de la energía. Al final del desarrollo, es necesario que el ave joven consuma suficiente cantidad de energía. Las aves de tamaño pequeño no tienen la capacidad física de consumir suficiente cantidad de alimento para proveer la energía necesaria durante el pico de producción, y se ven forzadas a utilizar las reservas corporales; esto pone al ave en un balance negativo de energía con pérdida de peso durante el pico de producción de huevos, por lo cual éste declina y ocurre el problema denominado caída de producción post pico (SAGARPA-SENASICA, 2016b). Summers & Lessons (1991) establecen que este problema es consecuencia de que las aves no reciben suficiente cantidad de energía durante el crecimiento.

Los programas de alimentación no deben estar basados en la edad del ave, sino en alcanzar un peso objetivo, así como una condición corporal determinada para la edad que tenga la gallina.

Las aves no crecen de forma continua sino por etapas, Helmuth (1994) encontró en pollas de la línea Hy-line que 34% del crecimiento ocurre en las primeras seis semanas, y 46% de la sexta a la doceava semana; esto significa que 80% del crecimiento de las pollas ocurre en las primeras 12 semanas de edad.

Estrés durante este periodo puede ser evitado al suministrar al ave una dieta de crecimiento de alta calidad, si el ave no tiene ese crecimiento óptimo durante las

primeras 12 semanas, ya nunca lo obtendrá y su rendimiento económico estará dañado drásticamente (SAGARPA-SENASICA, 2016b).

Una nutrición deficiente, estrés calórico y problemas sanitarios son las principales causas de obtener lotes de aves con pesos subóptimos, por lo tanto, efectos negativos en el rendimiento productivo (SAGARPA-SENASICA, 2016b).

### **1.3.1 Consumo de agua**

El agua es probablemente el nutriente más importante para las aves, porque deficiencia en el suministro adecuado, afectará adversamente el desarrollo de los pollos, más rápido que la falta de cualquier otro nutriente.

Constituye el medio básico para el transporte de nutrientes, reacciones metabólicas, eliminación de productos de desecho y ayuda en el mantenimiento de la temperatura corporal de las aves. Esta es la razón por la cual es muy importante mantener adecuado el suministro de agua limpia y fresca todo el tiempo. El agua forma parte de 55% a 75% del cuerpo del ave y cerca de 65% del huevo (López, 2000).

Existe una fuerte correlación entre el alimento y el agua ingerida. La ingesta de agua es aproximadamente dos veces la ingesta del alimento en base a su peso. El agua suaviza el alimento en el buche y lo prepara para ser molido en la molleja. Muchas reacciones químicas necesarias en el proceso de digestión y absorción de nutrientes son facilitadas o requieren agua. El agua enfría el cuerpo del ave a través de evaporación y tomando en cuenta que las aves no tienen glándulas sudoríparas, una porción mayor de pérdida de calor por evaporación ocurre en los sacos aéreos y en los pulmones (Lesson, 2007).

El consumo de agua es importante por las funciones de este vital nutriente en el metabolismo, transporte de nutrientes y eliminación de productos a través de la orina. La cantidad de agua que las aves consumen depende de muchos factores,

uno de ellos es la temperatura, a temperatura de 20°C, el consumo de agua es de 1.8-2:1 en relación con el consumo de alimento; sin embargo, cuando la temperatura ambiental se incrementa, el consumo de agua aumenta 6% y el consumo de alimento disminuye 1.23% por cada 1°C de aumento en la temperatura, pero entre los 32 a 38°C el consumo de alimento disminuye 5% por cada 1°C (Maninning *et al.*, 2007).

Otro factor importante que considerar, además de la calidad de agua y su higiene, es la disponibilidad de ella a partir del número de bebederos, independientemente de su tipo, incluso sí se trata de recipientes reciclados, deben estar siempre limpios y las aves deben tener fácil acceso porque sus hábitos son beber agua mientras están consumiendo alimento (Cuca *et al.*, 2011).

### **1.3.2 Energía**

La energía tiene una estrecha relación con el consumo de alimento, y bajo condiciones extremas, las aves pueden ajustar su consumo de alimento en función de sus necesidades y la densidad energética de la ración. Si las condiciones ambientales son extremas o adversas, mucha de la energía consumida por las aves se usa para lograr la termorregulación y la homeostasis.

En el caso de las aves en producción, solo se debería calcular las necesidades de energía para producción de huevo y eso es suficiente para cubrir las otras necesidades nutritivas diarias (Morris, 2004). Sin embargo, en los animales en crecimiento, es necesario sumar las necesidades para la formación de tejido corporal y considerar la fracción del peso maduro que tiene el animal.

### **1.3.3 Proteínas y aminoácidos**

Las proteínas se obtienen de las dietas y debido a que los organismos vivos son extremadamente complejos existen billones de diferentes tipos de moléculas de

proteínas. Las moléculas de las proteínas están compuestas de pequeñas fracciones denominadas aminoácidos; La mayoría de los 22 aminoácidos pueden ser sintetizados por el cuerpo del animal, partiendo de los alimentos que comen. Pero 8 de los aminoácidos no pueden ser sintetizados por el ave y deben ser incluidos en la dieta forzosamente; a estos se les denomina aminoácidos esenciales (Boyd *et al.*, 2007).

#### **1.3.4 Lípidos**

Los lípidos son un grupo de sustancias insolubles en agua, comúnmente denominadas grasas. En sus moléculas poseen átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, siendo solubles en solventes orgánicos como el benceno, acetona o éter. Debido a que presentan propiedades químicas y biológicas muy variables, hay una gran diversidad de lípidos, como ácidos grasos, triglicéridos, ceras, fosfolípidos y esteroides (López, 2000). Los ácidos grasos son sustancias formadas por cadenas hidrocarbonadas que presentan tan solo dos átomos de oxígeno. Se los puede encontrar en forma libre como por ejemplo en las hormonas, o bien unidos a ciertos alcoholes, formando ésteres (Velásquez, 2005).

#### **1.3.5 Carbohidratos**

Componen la mayor porción en la dieta de las aves. Se encuentran en grandes cantidades en las plantas, aparecen ahí usualmente en forma de azúcares, almidones o celulosa. El almidón es la forma en la cual las plantas almacenan su energía y es el único carbohidrato complejo que las aves pueden realmente digerir. El otro grupo de carbohidratos que pueden digerir son los azúcares simples. El pollo no tiene el sistema de enzimas requerido para digerir la celulosa y otros carbohidratos complejos como la hemicelulosa, que pasan a ser parte del componente fibra cruda indigerible (López, 2000).

Según Velásquez (2005) los carbohidratos son la mayor fuente de energía para las aves, pero solo los ingredientes que contengan almidón, sacarosa o azúcares simples son proveedores eficientes de energía. Una variedad de granos, como el maíz, trigo y mijo, son importantes fuentes de carbohidratos en las dietas para aves.

### **1.3.6 Vitaminas**

Las 13 vitaminas requeridas por las aves son usualmente clasificadas como solubles en grasa o solubles en agua. Las vitaminas solubles en grasa incluyen vitamina A, D<sub>3</sub>, E y K. Las vitaminas solubles en agua son tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico, piridoxina, vitamina B<sub>12</sub> y colina. Todas estas vitaminas son esenciales para la vida y deben ser suministradas en cantidades apropiadas para que los pollos puedan crecer y reproducirse. El huevo contiene normalmente suficientes vitaminas para suplir las necesidades del desarrollo del embrión, excepto la vitamina C. Por esta razón, los huevos son una fuente buena de vitaminas de origen animal para la dieta de los humanos (López, 2000). La vitamina A es necesaria para la salud y el correcto funcionamiento de la piel y para el recubrimiento del tracto digestivo, respiratorio y reproductivo. La vitamina D<sub>3</sub> tiene una función importante es la formación del hueso y en el metabolismo de calcio y fósforo. El complejo de vitaminas B están involucradas en el metabolismo energético y en el metabolismo de muchos otros nutrientes. Aunque algunas vitaminas son abundantes en los ingredientes alimenticios, el nutricionista debe utilizar una premezcla de vitaminas rutinariamente en las dietas para asegurar la adecuada fortificación (Lesson, 2007).

## **1.4 Parámetros productivos para líneas genéticas y gallina criolla**

Los parámetros productivos tienen importancia crucial en toda explotación pecuaria, ya que sin ellos es difícil tomar decisiones, y como consecuencia ningún

sistema de producción sería eficiente. Se debe considerar que, para calcular dichos parámetros, se debe llevar un orden de los datos o registros de la producción, mismos que serán de fácil comprensión para su captura y análisis. Al respecto, Itza & Ciro (2016) mencionan que los parámetros de una producción se calculan con base a los datos del comportamiento productivo; por ejemplo, la cantidad de huevo, peso corporal, huevos producidos por ave, porcentaje de producción, porcentaje de mortalidad, conversión alimenticia, entre otros. La información obtenida refleja el desarrollo del potencial genético del ave con relación a su línea genética, edad y sexo; por lo tanto, tienen la finalidad de presentar un panorama general del desempeño productivo de la parvada y se pueden dividir en dos aspectos importantes:

- Relacionados al desarrollo corporal, por ejemplo, peso corporal, uniformidad, longitud del tarso, longitud del pico.
- Relacionados a la producción, ejemplo, mortalidad, consumo de alimento, conversión alimenticia, postura, peso del huevo, masa del huevo, número de huevos por ave.

#### **1.4.1 Factores que afectan los principales parámetros productivos**

La respuesta productiva depende de factores externos del ave cómo, por ejemplo: nutrición, línea genética, sanidad, densidad, iluminación, humedad, tipo de explotación, entre otros. (Flores, 1994). En la etapa de crecimiento, la cantidad de alimento consumido y balance de nutrientes son importantes en el desarrollo multifásico del ave, en especial para alcanzar el peso objetivo y madurez sexual, aspectos que se verán reflejados en el número total de huevos producidos, peso del huevo y calidad del cascarón (Carrizo & Lozano, 2007; Aerts *et al.*, 2003).

El efecto de las variables ambientales, en especial la temperatura y la humedad relativa, afectan a las aves debido a que las gallinas, a diferencia de otros animales domésticos, no poseen glándulas sudoríparas, por lo que el control de la

temperatura corporal lo hace por radiación, conducción, convección, y evaporación de agua a través del tracto respiratorio. Por lo anterior, el ave depende de las condiciones de temperatura y humedad del medio, para regular su temperatura interna y cuando estos factores se alteran, obliga al ave a implementar cambios fisiológicos con el fin de regular su temperatura corporal, pero estos procesos son ineficientes, e implican un aumento en el gasto energético y detrimento de condiciones de salud en el ave (Plazas & Ávila, 2011).

La zona de termo neutralidad o de confort térmico para gallinas adultas oscila entre 12 °C y 24 °C con condiciones de humedad entre 60% y 70%. En tal sentido, temperaturas superiores a 28°C, con saturaciones de las humedades relativas mayores a 75% y baja velocidad en la ventilación, ocasionan en el ave estrés calórico y en consecuencia alteraciones en la respuesta productiva y la salud de los animales.

Estudios han demostrado que aves expuestas a condiciones extremas de temperatura y humedad, presentan bajo peso del huevo y, además, disminución en el número de huevos producidos; el peso del ovario y número de folículos maduros (Rozenboim *et al.*, 2007); también se generan alteraciones en los procesos digestivos de nutrientes, en especial la proteína (Mashaly *et al.*, 2004).

Otro factor importante es la iluminación, el cual tiene efecto sobre: consumo de alimento, crecimiento del ave, maduración sexual, respuesta productiva del ave y la calidad interna y externa del huevo (Summer & Lesson, 1993; Renema & Robinson, 2001; Renema *et al.*, 2001; Lien *et al.*, 2008;). Lo anterior se debe a que la gallina es un animal fotosensible; es decir, sus procesos biológicos como grado de actividad, reproducción y crecimiento, son regulados y afectados por un ritmo circadiano que depende de la intensidad lumínica y la duración en horas de la exposición a la luz (Cavalchini *et al.*, 1990; Rozenboim *et al.*, 1999); por tal motivo, el avicultor recibe las aves con un programa recomendado de iluminación, el cual, si se cumple, garantiza llegar a ganancias de peso adecuadas durante la crianza y permite el inicio oportuno de la producción de huevo (Lewis *et al.*, 1999).

## **1.5 Fertilidad**

La fertilidad muestra la aptitud de unión entre el espermatozoide y el ovulo, para dar lugar a un huevo fertilizado. Se puede conocer durante el desarrollo embrionario, pero no antes de su inicio, mediante la ovoscopia, operación que se lleva a cabo comercialmente a los 18 días de incubación, aunque puede realizarse a partir de los 6 días (Anónimo, 1991). Para penetrar el disco germinal y garantizar una buena fertilización, son necesarios por lo menos 6 espermatozoides (Ricaurte, 2005), la fertilidad también está influenciada por el estado nutricional y la edad de los machos.

### **1.5.1 El huevo fértil**

El huevo fértil es un organismo vivo al que se debe prestar mucha atención y tratar con sumo cuidado, en muchos casos los productores se preocupan mucho por las reproductoras, pero se olvidan del producto final. A partir del momento en que el huevo fértil empieza a desarrollarse dentro del oviducto de la gallina, es influenciado por las malas condiciones ambientales, tanto internas como externas.

Existen granjas con una buena producción de huevo, pero la incubabilidad es baja y los pollitos no son de buena calidad; ello debido a mal manejo de los huevos que mata accidentalmente al blastodermo del embrión (Rodríguez-Moya & Cruz-Bermúdez, 2017).

La producción de huevos fértiles uniformes, con buen tamaño, peso y cascarones fuertes y limpios, está directamente relacionada con el manejo de las pollitas de recría; cuando son sometidas a un buen programa de manejo, se obtiene una mejor producción, los huevos son de tamaño uniforme, la incubabilidad es elevada y los pollitos son de calidad. Si se mantiene a las pollitas sanas, y se alimentan correctamente para obtener el peso corporal idóneo, alcanzarán la

madurez sexual en un momento adecuado. Cuando la gallina pone el huevo, se ha realizado tan sólo a la mitad del trabajo, debido a que el manejo posterior a la postura constituye un proceso continuo en el que cada etapa es fundamental para el buen desarrollo del embrión (Rodríguez-Moya & Cruz-Bermúdez, 2017).

### **1.5.2 Manejo del huevo fértil**

Nilipour (1994) reporta que una buena incubación comienza desde la recolección de los huevos en las granjas, y se debe hacer en un tiempo próximo a la postura para evitar contaminación de estos. Mientras mayor sea la frecuencia de recolección del huevo, mayor será su calidad. La recolección de huevos fértiles debe hacerse evitando la contaminación o la ruptura que son las principales causas de desecho de huevo fértil.

De acuerdo con Hernando (1990), para evitar pérdida de fertilidad por este concepto, se recomienda recoger los huevos 4 - 5 veces al día, repartidas entre la mañana y la tarde, también después de cada colecta es conveniente la fumigación de los huevos en caliente para rebajar la posible carga microbiana mediante la aplicación de formol y permanganato. La fumigación debe hacerse a temperatura de 20 – 25 °C y con humedad relativa entre 70% y 80% durante unos minutos.

Luego de la selección de los mejores huevos, basada en parámetros como frescura, ausencia de daños externos y peso, se procede a desinfectarlos y colocarlos en bandejas, procurando uniformidad de tamaño de huevo (Vaca, 1999).

El lugar de almacenamiento debe ser fresco y ventilado y se recomienda almacenarlos con la punta hacia abajo.

El manejo al que se someten los huevos es una de las principales causas de una mala incubabilidad, pero también de fácil diagnóstico. Siempre es importante considerar que se manejan embriones, por lo que se tienen que manipular con cuidado y en condiciones ambientales de temperatura y humedad. Según afirma

Herrera (2011), la manipulación brusca de los huevos durante su recolección, almacenamiento y transporte puede provocar fisuras en el cascarón, esto afecta de forma directa en la productividad, ya que todo huevo fisurado que se coloca en la incubadora no nace, por lo tanto, mantener un manejo cuidadoso del huevo es muy importante, y el cual debe hacerse desde el nido hasta su colocación en la incubadora.

Al momento de la postura, el huevo está a 42 °C, luego es recolectado con cuidado, llevado a la planta incubadora y seleccionado, durante este tiempo, el embrión se adapta a la temperatura ambiental de 24°C – 25 °C. Al colocar los huevos en el cuarto frío, el crecimiento embrionario se detiene y se mantiene un estado de letargo que dura desde 2 d hasta un máximo de 15 d, siendo el tiempo óptimo 4 d (Herrera, 2011).

El almacenamiento de los huevos es un factor de gran relevancia para no perder potencial de nacimiento con los huevos fértiles. Según Juárez (2014), las condiciones ambientales de los cuartos fríos donde se almacenan deben ser entre 15°C - 20 °C con 75% - 80% de humedad relativa.

Se ha documentado que, en especies avícolas, un almacenaje mayor a una semana disminuye la incubabilidad, por lo que el almacenaje del huevo fértil debe ser menor a 7 d. De esa manera, se optimiza la calidad de los componentes del huevo, se mantiene estable el desarrollo embrionario, se favorece la sobrevivencia del embrión y, lo más importante es que se mejora la incubabilidad y calidad del pollito eclosionado (Guío *et al.*, 2011).

De acuerdo con lo anterior, Fassenko *et al.* (2001), compararon un almacenaje de embriones de pollo de engorde de 4 d (10,7% mortalidad) versus 14 d (27,27% mortalidad), además determinó que en este último grupo la mortalidad embrionaria temprana y tardía se acentuó de manera significativa.

Juárez (2014) afirma que existe evidencia de que el metabolismo embrionario cambia debido al tiempo de almacenaje de los huevos. En un estudio efectuado por

Fasenko *et al.* (2002), se observaron que los embriones de huevos almacenados por 15 d producían menor cantidad de CO<sub>2</sub> que la producida por los embriones provenientes de huevos almacenados sólo 4 d; esto indica que los embriones provenientes de un largo almacenaje no sólo son más lentos en su desarrollo, si no que su metabolismo se afecta debido al almacenaje previo a su incubación.

## **1.6 Incubación**

La palabra incubación deriva del latín *incubare*, que significa “acostarse sobre”, esto es lo que hacen casi la totalidad de las aves para empollar sus huevos, acostarse o echarse sobre ellos para lograr que los embriones se desarrollen y se conviertan en polluelos (Vaca, 2003). La incubación, por tanto, es necesaria para la reproducción de las aves, y puede darse de forma natural o artificial.

Las aves comerciales carecen de aptitud materna o clueques, su pérdida favorece la producción de huevo (Solís, 2017); sin embargo, limita la reproducción por incubación natural de la gallina, ante esta situación en algunas comunidades usan a la hembra del guajolote (*Meleagris gallopavo* L.) para empollar los huevos (Camacho, 2014).

Las gallinas criollas producen huevos de tamaño variado, por lo tanto, no se pueden aplicar los mismos criterios de elegibilidad que a los huevos fértiles comerciales para ser incubados; sin embargo, los huevos criollos son adecuados para la producción de pollitos de reemplazo de la parvada, estos huevos presentan un alto porcentaje de fertilidad e incubabilidad (Camacho, 2014).

### **1.6.1 Incubación natural**

En la mayoría de las especies de aves, la temperatura necesaria para la incubación se produce por el calor corporal del progenitor empollador, que por lo

general es la hembra quien se dispone a incubar sus huevos, colocando su cuerpo sobre ellos para calentarlos y procurar el desarrollo embrionario.

Para incubar un huevo naturalmente, es necesario que la gallina entre en estado de cloquez período en la que se detiene la producción de huevo, y comienza el instinto materno comenzando con la búsqueda de construir nido y empollar los huevos. Este comportamiento representa un periodo improductivo, por lo tanto, esta característica se ha buscado disminuir, por selección genética, en las modernas líneas productoras de huevo para plato (SAGARPA-SENASICA, 2016b).

### **1.6.2 Incubación artificial**

La incubación artificial se refiere al uso de equipo mecánico para reemplazar a la gallina clueca, en la incubación de los huevos, esta es la base de la industria avícola moderna que permite nacimiento de un gran número de pollitos. La producción de huevos para incubar, que proporcionará pollitos viables y fuertes es un factor clave en el éxito de la operación de las incubadoras. Durante el proceso de incubación intervienen cuatro factores físicos externos que son temperatura, humedad, ventilación y movimiento. En la incubación natural, es la gallina quien proporciona dichos factores, y en la incubación artificial esta responsabilidad le corresponde al hombre, quien por medio de máquinas los regula (Tablada, 1978).

### **1.6.3 Incubabilidad**

La incubabilidad es la capacidad que posee un huevo fértil para desarrollar el embrión. Es una cualidad genética que puede mejorarse si se adoptan los métodos de selección y reproducción apropiados. A pesar de que los huevos procedan de la misma parvada, existe evidencia de que el embrión del huevo con cascara café oscuro es más viable que el embrión del huevo con cascara café pálido, esto se puede deber a que los huevos con cascara pálido con frecuencia

son rugosos, delgados y porosos. La primera característica dificulta el intercambio gaseoso durante la incubación, la segunda predispone el incremento de rupturas y la tercera facilita la entrada de gérmenes (Quintana, 1999).

Según Vaca (1999), la incubabilidad es el porcentaje de huevos fértiles, que al ser incubados llegan a producir pollitos. Esta característica productiva está muy regulada por la herencia y puede influenciarse por factores nutricionales y sanitarios en las hembras reproductoras, así como por condiciones desfavorables en el proceso de incubación en planta.

#### **1.6.4 Factores que intervienen en la incubabilidad**

##### **1.6.4.1 Peso del huevo**

En condiciones industriales, el peso del huevo de gallina debe oscilar entre 50 g y 65 g, y puede ser influenciado por factores tales como: tamaño de la hembra, momento del ciclo de postura, raza o línea genética y alimentación. El peso del huevo determina de forma clara y positiva, el peso del pollo al nacimiento, aspecto importante para la vitalidad del recién nacido (Lembeke *et al.*, 2001).

Por otra parte, el tamaño del huevo influye en la viabilidad de los pollitos, los huevos de gran tamaño producen pollos edematosos y de nacimiento tardío, debido a una falta de intercambio gaseoso y de vapor de agua. Por el contrario, los huevos muy pequeños producen pollos deshidratados, de pequeño tamaño y muy débiles al nacimiento, esto por la gran pérdida de agua durante el proceso de incubación (Solano, 2009).

##### **1.6.4.2 Calidad del cascarón**

Según Fernández & Arias (2000) el grosor del cascarón varía entre 1.4 y 2.4 mm, con un valor medio entre 1.8 y 2.0 mm, influyendo en mayor o menor pérdida de agua durante la incubación.

Por lo tanto, se deben eliminar huevos con cascarón delgado, que presenten grandes poros y/o deposiciones de calcio; debido a que presentarán problemas durante la incubación. Además, se deben eliminar todos los huevos con anomalías y fisuras en el cascarón, porque el riesgo de contaminación por microorganismos es elevado (Solano, 2009).

#### **1.6.4.3 Estado sanitario de los reproductores**

La presencia de agentes infecciosos a lo largo del oviducto y en la cloaca de la gallina de postura, puede provocar la contaminación de los huevos y con ello, baja tasa de incubabilidad, elevada mortalidad embrionaria y menor peso de los pollos al nacimiento. Por otra parte, cualquier proceso patológico que provoque alteraciones metabólicas importantes y disminución en la absorción de los nutrientes de la dieta, puede ocasionar alteraciones en el desarrollo embrionario (Vidal, 2003). Por ello, se debe vigilar la presencia de parásitos internos, ya que en ocasiones son los responsables de menor disponibilidad de nutrientes por parte del organismo animal. Se recomienda la desparasitación regular de los reproductores.

Méndez (2013) asegura que la presencia de enfermedades en los reproductores repercute de manera severa en el porcentaje de incubabilidad y de nacimientos útiles, por ejemplo, la bronquitis infecciosa, micoplasmosis, enfermedad de Newcastle, entre otros.

#### **1.6.4.4 Edad de los reproductores**

En general, los machos reproductores alcanzan la madurez sexual posterior a las hembras quienes se espera que a la semana 22 ya estén poniendo huevos de

calidad; por ello, en granjas de reproductores y progenitores, se tiene la estrategia de programarlos, mediante el programa de iluminación, a que sean un par de semanas más precoces que las hembras. El período de postura de una gallina reproductora liviana dura alrededor de 70 sem, mientras las reproductoras pesadas ponen huevos viables durante 40 sem (Gámez, 2011); la época en la cual se encuentre afectará la calidad del huevo y por tanto el porcentaje de incubabilidad (Vázquez *et al.*, 2006).

#### **1.6.4.5 Estrés de los reproductores**

Cualquier situación de tensión que sufran las aves durante la época de reproducción, va a ocasionar disminución en fertilidad y en tasa de postura, por lo que se debe evitar. Cuando la reproducción se da en grandes grupos de aves, la presencia de machos muy dominantes que luchan de manera constante por lugar jerárquico dentro de la parvada es una causa de estrés para las hembras, por lo que deberían apartarse. Es debido a esto, la relevancia de mantener relación de 1:10 macho/hembra, lo cual también va a depender de circunstancias locales y las condiciones de la parvada, entre ellas la edad de las reproductoras (Aviagen, 2013).

Por otra parte, las gallinas son muy sensibles al estrés sónico, por lo que las granjas de reproducción deben situarse lejos de las carreteras. Asimismo, la presencia de perros y de animales salvajes puede causar estrés en las aves. Además, manipulación excesiva de los reproductores, durante la época de monta, puede ocasionar estrés crónico, lo que afecta de forma negativa a la reproducción (Solano, 2013).

#### **1.6.4.6 Nutrición de los reproductores**

El huevo debe contener todos los nutrientes que el embrión necesita para su desarrollo, cuando es ovopositado por la gallina. La alimentación de la hembra influye tanto en la calidad, como en el tamaño del huevo y, en consecuencia, en la viabilidad y peso al nacimiento del pollito. Es importante mantener una dieta

equilibrada durante toda la época de postura, para evitar carencias de nutrientes (Solano, 2009).

El requerimiento de proteína de las gallinas reproductoras no sobrepasa 16 g por día, no obstante, cuando no se alcanza, la postura se afecta. Se considera tardía a una reproductora pesada cuando pone su primer huevo después de 28 semanas de edad, y esa tardanza puede deberse a deficiencias nutricionales. Sin embargo, en la práctica, los avicultores intentan a menudo reducir el periodo de cría con un adelanto de la edad del primer huevo a fin de mejorar el número final de pollitos por gallina. En estas condiciones, se hace necesario el reconsiderar la necesidad en proteínas en comparación con animales que presentan otras edades a la madurez sexual (Larbier, 1987).

Al momento del embriodiagnóstico se puede determinar deficiencia de vitamina B12 (cianocobalamina) porque el embrión muerto se puede encontrar con la cabeza entre piernas, pico roto, dedos torcidos y poco desarrollo muscular; mientras que la deficiencia de riboflavina (vitamina B2) causará pulmón adelgazado (Bonilla y Díaz 1987), lo que provoca elevada mortalidad embrionaria y los pollitos que logran nacer, morirán en los primeros días de vida. Por otro lado, la deficiencia de biotina en la dieta de la gallina reproductora provoca problemas en el desarrollo del pollito como: micromelia (acortamiento de huesos largos), ocasionando que los huesos de alas, patas y cabeza sean cortos y torcidos (Bonilla & Díaz, 1987).

Además, es de relevancia cuidar la uniformidad de la parvada, incremento en el peso de las reproductoras repercute en la monta, por lo tanto, en la postura de las hembras. Callejo (2012) reporta que el sobrepeso debe evitarse, porque las aves que llegan a la madurez con exceso de grasa consiguen peores rendimientos que los que la alcanzan las gallinas con el peso adecuado. Esta merma de la efectividad productiva se traduce en varios puntos: menor tamaño y número de huevos incubables, así como mayor riesgo de muerte por prolapso del oviducto.

## 1.7 Desarrollo embrionario

La etapa inicial del desarrollo embrionario de la gallina se lleva a cabo dentro del cuerpo de la gallina, con temperatura corporal que oscila entre 40.6 °C y 41.7 °C, cerca de 4.5% del tiempo total utilizado en el desarrollo embrionario, ocurre en el oviducto. El proceso total de la incubación requiere en promedio de 22 d, 1 d en el oviducto de la gallina formándose el huevo, y 21 d restantes en la incubadora (North, 1986).

Durante todo el proceso del desarrollo embrionario, en el interior del huevo se producen una serie de cambios morfofisiológicos y estructurales; la masa ha disminuido su contenido por pérdida de agua y la cámara de aire localizada en el polo ancho del huevo, aumenta considerablemente su tamaño, y momentos previos a la eclosión, cumplirá la función de proveer al polluelo el primer suministro de aire que va a respirar con sus pulmones. La primera y última semana del desarrollo, son las más importantes y delicadas de todo el proceso de incubación (Gómez & Valero, 2009).

Quintana (2011) refiere que existen días críticos en la incubación, en ellos se presenta alta mortalidad embrionaria debido a que ocurren cambios morfofisiológicos de vital importancia para el embrión. Estos momentos son:

- El primer día a causa de la fragilidad del blastodermo.
- El segundo por el inicio de la respiración vitelina.
- Del sexto al séptimo día, cuando la membrana alantoidea llega a un estado fraccionario y toma contacto con la cámara de aire.
- El décimo octavo día debido a que se establece la respiración pulmonar.
- El momento de la eclosión.

### **1.7.1 Mortalidad embrionaria**

Se relaciona en proporción directa con el tiempo de almacenamiento y se ve incrementada debido a las fallas de manejo durante la incubación del huevo fértil (Quintana, 2011).

La temperatura conocida como cero fisiológico (23.4 °C), es en la cual el crecimiento del blastodermo se detiene, y el embrión permanece en vida latente; temperatura por debajo significa la muerte del embrión, cualquier temperatura que sobrepase el cero fisiológico permite que células del blastodermo reinicien su multiplicación y se continúe el desarrollo embrionario; es por ello que el calentamiento o enfriamiento excesivo en la recolección transporte o almacenamiento del huevo fertilizado, provoca que las células mueran. También ocurre cuando el huevo es almacenado por más de 36 h a temperaturas que varían entre 14 °C y 25 °C (Quintana, 2011).

#### **1.7.1.1 Mortalidad embrionaria temprana**

Comprende todos los embriones muertos desde las primeras horas de incubación hasta el fin del día seis de incubación, en la práctica es difícil saber con exactitud en que día ocurrió la muerte del embrión; sin embargo, se logra diferenciar un huevo infértil y la mortalidad embrionaria temprana, pues en éstos últimos se presentan cambios bioquímicos evidentes, principalmente en la estructura de la yema, debido a que en huevos infértiles se conserva mejor a causa de la ausencia del embrión (Ricaurte, 2005).

#### **1.7.1.2 Mortalidad embrionaria intermedia**

Incluye a todos los embriones que detienen su desarrollo entre el día siete y el día catorce del periodo de incubación, la característica principal es que al inicio de este período a los embriones se les identifica claramente el ojo en formación, y

termina, cuando se ha formado completamente el ave, antes de desarrollarse al tamaño final y estar listo para iniciar la respiración pulmonar y, posteriormente, la ruptura del cascaron iniciando la eclosión. La mortalidad en este periodo se encuentra marcada por un proceso natural de autólisis del líquido hemático, lo cual ocasiona una coloración que puede confundirse con el producido durante un proceso de putrefacción séptica presente en los huevos contaminados, en este caso, la diferenciación se efectúa precisamente en función de la presencia o ausencia del olor típico de un huevo contaminado (Ricaurte, 2005).

### **1.7.1.3 La mortalidad embrionaria tardía**

Comprende a todos los embriones muertos entre el día quince de incubación y el momento en que el pollito rompe la membrana interna y se prepara a romper el cascarón, en este momento del desarrollo embrionario, el saco vitelino ya se encuentra completamente dentro del celoma con inicio de cicatrización umbilical y la respiración pulmonar se establece como forma fisiológica de sustentabilidad. La mortalidad durante esta etapa de la incubación puede ser por una mala nutrición, déficit de vitaminas en la alimentación de los reproductores, puede ocasionar debilidad en los pollitos y por lo tanto dificultad en el nacimiento (Ricaurte, 2005).

### **1.7.2 Embriodiagnóstico**

Herramienta indispensable para el análisis completo del proceso de incubación. Consiste en abrir los huevos que quedan al final del periodo normal de incubación, en los cuales el embrión no logró eclosionar (Plano & Di Mateo, 2001).

Por medio de esta práctica se pueden determinar las posibles causas de la falla en el desarrollo de los embriones, así como del nacimiento de los pollitos. Sirve para determinar con precisión el momento del desarrollo embrionario en la cual se produjo la falla, atribuible al proceso de incubación o a fallas fisiológicas, de ese

embrión en específico; ayuda además a determinar si el huevo era infértil o bien, si existen otras causas que están afectando la integridad del huevo y por lo tanto la viabilidad del embrión (Guida, 2018).

Al sistematizar el embriodiagnóstico como una práctica de evaluación del proceso de incubación, es posible lograr comprender adecuadamente la causa de la problemática que puede existir en un momento determinado, lo cual contribuye a corregir el problema a tiempo; ya sea que éste se origine en la granja de las aves reproductoras, en el traslado del huevo fértil a la planta de incubación, o bien este problema subyace en una mala operación de las condiciones previas y durante la incubación (Ricaurte, 2005).

Es importante no sólo considerar el grado de desarrollo embrionario, durante el cual cronológicamente el embrión presenta un problema durante la incubación, sino que se debe considerar la categorización de las causas de fracaso del desarrollo embrionario y su comparación con los registros históricos con los que se cuenta en la planta de incubación, para lotes similares de huevo fértil; estos datos deben vincularse principalmente a aspectos intrínsecos del origen del huevo fértil, como son: la estirpe de las gallinas reproductoras, su edad, el manejo reproductivo efectuado, tipo de alimentación, peso del huevo, calidad del cascarón, así como también debe relacionarse con aspectos extrínsecos como son época del año y manejos especializados del huevo como son la recolección, desinfección, transporte y almacenamiento del huevo fértil (Nogueira *et al.*, 2021).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar los parámetros productivos y reproductivos de tres estirpes comerciales de gallinas doble propósito y gallinas criollas locales bajo un sistema de producción semi intensivo.

### **2.2 Objetivos particulares**

- Medir el crecimiento de las aves a través de la ganancia diaria de peso.
- Estimar el índice de conversión alimenticia en cada uno de los grupos de gallinas.
- Determinar edad a la alcanzan la madurez sexual.
- Comparar la producción de huevos entre cada grupo.
- Determinar las características físicas de los huevos incubables producidos por cada grupo de gallinas.
- Comparar el porcentaje de fertilidad e incubabilidad de las estirpes comerciales y las gallinas criollas.
- Realizar embriodiagnóstico de los huevos no eclosionados.

## **3. HIPÓTESIS**

En igualdad de condiciones de crianza, manejo y alimentación, las estirpes comerciales de gallinas doble propósito presentaran parámetros productivos y reproductivos superiores a las gallinas criollas locales.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Ubicación geográfica y ambiente**

El trabajo se realizó en la ciudad de Puerto Escondido, perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec en el estado de Oaxaca, México. Sus coordenadas geográficas son 15°51'43'' latitud Norte, 97°04'18'' longitud Oeste, a 60 m de altitud media; cuenta con clima cálido subhúmedo y temperatura media anual de 27° C, con lluvias en verano y semi templado en el invierno, humedad relativa de 84% y vientos de 18 km/h (Serrano *et al.*, 2005).

### **4.2 Animales experimentales**

Se utilizaron 100 pollitos de un día de nacidos sin sexar, 25 de estirpe comercial Rhode Island Roja (RIR), 25 de la estirpe comercial Plymouth Rock Barrada (PRB), 25 Cuello Desnudo (CD) y 25 Criollos Locales (CL), cada grupo fue considerado un tratamiento y cada ave como una repetición y unidad experimental.

### **4.3 Manejo**

#### **4.3.1 Instalaciones**

Las aves se mantuvieron en gallineros de 4 m<sup>2</sup>, con piso de tierra apisonada y cama de aserrín como se muestra en la Figura 1. Durante las primeras semanas de vida se colocó una fuente de calor para mantener la temperatura de confort de las aves entre 32 °C - 34 °C.



**Figura 1.** Piso de tierra apisonada y cama de aserrín.

#### **4.3.2 Alimentación**

La alimentación fue de forma controlada, únicamente se ofreció alimento comercial con 21.5 % de proteína cruda (PC) y 3010 Kcal/Kg de energía metabolizable (EM), durante las primeras cuatro semanas. A partir de la quinta semana de edad se incluyó 25 % de maíz quebrado a la dieta, dicho porcentaje se aumentó a 50% al llegar a la semana 9 de edad, edad en la que se cambió el alimento comercial a la etapa de prepostura, con 16 % de PC y 2860 Kcal/Kg de EM que fue suministrado hasta las 16 semanas de edad, a partir de la semana 17 se ofreció alimento comercial para aves de postura, con 16.5% de PC, 2900 Kcal/Kg de EM, 3.5% de calcio (Ca.) y 0.44 de fósforo (P), el plan de alimentación se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Plan de alimentación para de tres líneas comerciales de gallinas de doble propósito y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.

Etapa de alimentación	Edad en semanas	Alimento comercial			Maíz quebrado
		PC %	EM <sup>1</sup>	%*	%*
Crianza	0-4	21.5	3010	100	0
Recría	5-9	21.5	3010	75	25
Prepostura	10-16	16.0	2860	50	50
Postura	17 en adelante	16.5 <sup>2</sup>	2900	50	50

\*Porcentaje de inclusión en la dieta.

<sup>1</sup> Kcal/Kg.

<sup>2</sup> Con Ca y P.

El alimento fue ofrecido en comederos tipo tolva que después fueron sustituidos por comederos lineales de 100 cm. El agua fue ofrecida *ad libitum* en bebederos de plástico con capacidad para 4 L.

### 4.3.3 Sanidad

Como parte del manejo sanitario se establecieron tapetes sanitarios a la entrada de cada gallinero, cada tapete contenía cal viva con el fin de evitar la entrada de patógenos.

#### 4.3.3.1 Prevención de enfermedades

El programa de vacunación aplicado, para la prevención de enfermedades se muestra el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Programa de vacunación aplicado a tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.

<b>Edad</b>	<b>Vacuna/vía de aplicación</b>	<b>Tratamiento</b>
2 semanas	Newcastle (ocular)	T4*
8 semanas	Triple aviar (intramuscular) viruela aviar (punción pliegue del ala)	T1, T2, T3 y T4

\*Debido a que las incubadoras comerciales tienen programas de vacunación establecidos, la vacuna ocular contra Newcastle solamente fue aplicada a las aves criollas incubadas en las instalaciones de la universidad.

#### **4.3.4 Manejo de reproductores**

A 20 semanas de edad, en cada gallinero se colocaron nidos, esperando la edad en la que comenzaran a producir huevos. Dichos nidos consistieron en cajas de plástico de 40 x 30 x 20 cm con cama de aserrín. Se registró la fecha de puesta del primer huevo y se consideró madurez sexual cuando el promedio de huevo/ave/semana fue igual o superior a uno.

Al alcanzar la madurez sexual, se seleccionaron de forma aleatoria 12 hembras y un macho que conformaron el grupo de reproductores de cada estirpe.

#### **4.4 Variables evaluadas**

Los pollitos se identificaron dentro de cada grupo con número consecutivos desde 1 hasta 25, con un anillo de plástico colocado en el tarso, el cual se fue cambiando de acuerdo con el tamaño del ave.

##### **4.4.1 Ganancia diaria de peso**

Se registró el peso vivo al día de nacidos y posteriormente las mediciones se realizaron cada dos semanas.

La ganancia diaria de peso se calculó por diferencia entre el peso actual o peso final y el peso anterior o peso inicial, dividido entre el número de días entre una y otra medición utilizando la siguiente formula:

$$GDP = \frac{\textit{Peso final} - \textit{Peso inicial}}{\textit{Días entre cada medición}}$$

#### **4.4.2 Estimación del índice de conversión alimenticia**

Para realizar la estimación del índice de conversión alimenticia se registró el consumo de alimento, pero no se consideró una variable de estudio ya que como se mencionó anteriormente, la alimentación fue de forma controlada, asumiendo que todas las aves consumieron la misma cantidad de alimento. El índice de conversión alimenticia se calculó mediante la siguiente formula:

$$\textit{Conversión alimenticia} = \frac{\textit{Consumo de alimento}}{GDP}$$

#### **4.4.3 Comparación de la producción de huevo**

Durante quince semanas a partir de la puesta del primer huevo, se registró la producción acumulada por semana y se calculó el promedio huevo/ave/semana para estimar la curva de producción.

#### **4.4.4 Determinación de las características físicas de los huevos incubables**

Se evaluaron características físicas de los huevos como son: peso, diámetro polar e índice de forma. Para registrar el peso de los huevos, se utilizó una balanza analítica marca ADAM® con capacidad de 250 g. para medir el diámetro de los huevos se utilizó un Vernier electrónico digital CALIPER®. El índice de forma del huevo se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Índice de forma del huevo} = \frac{\text{Ancho del huevo}}{\text{Largo del huevo}} \times 100$$

#### **4.4.5 Ensayos de incubación**

La incubación de los huevos se realizó en las instalaciones de la Universidad del Mar campus Puerto Escondido, en el laboratorio de genética, para la incubación se utilizó una incubadora automática marca COF® para 120 huevos, con nacedora incluida, volteo y control de temperatura automático, el área de incubación cuenta con ambiente controlado a 18 °C, previo a la incubación, se desinfectó la incubadora con hipoclorito de sodio al 5% y se dejó en funcionamiento por 24 h para asegurar la temperatura y humedad constantes.

#### **4.4.6 Embriodiagnóstico**

El embriodiagnóstico a los huevos no eclosionados se realizó en las instalaciones del laboratorio de genética de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, una vez finalizadas las pruebas de incubación los huevos no eclosionados se conservaron en refrigeración hasta el momento de examinar uno a uno. Se registró cada huevo observado, posteriormente se procedió a abrir cada huevo para verter el contenido en una caja de Petri, con la finalidad de observar las condiciones y desarrollo del embrión.

#### **4.5 Diseño experimental y análisis estadístico**

Se trabajó con un modelo completamente al azar en donde cada tratamiento, o fuente de variación, se conformó por cada estirpe de aves.

T1: gallinas Rhode Island Red (RIR).

T2: Gallinas Plymouth Rock barrada (PRB).

T3: gallinas Cuello Desnudo (CD) y

T4: gallinas Criollas Locales (CL)

Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.0 como las medias fueron diferentes, se compararon utilizando la prueba de Tukey con 95% de confianza. Las variables discontinuas, se analizaron con el estadístico de Ji-cuadrada con valor  $\alpha=0.05$ .

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Peso vivo

Como se puede apreciar en el Cuadro 3, el peso vivo (PV) alcanzado por las estirpes comerciales y gallinas criollas fue diferente, durante toda la etapa de crianza, y prepostura, solamente fue estadísticamente igual en la semana 12 ( $P < 0.05$ ). Las gallinas T4 (CL) fueron las más pesadas a partir de la semana 2 y a la semana 18, fueron superadas solamente por las gallinas T3 (CD), alcanzando 1040.11 g, y 1057.68 g respectivamente, las estirpes comerciales T1 (RIR) y T2 (PRB) fueron las más ligeras alcanzando solamente 1089.41 g y 1071.20 g a 24 sem de edad.

**Cuadro 3.** Medias ( $\bar{X} \pm EE$ ) del peso vivo a 24 semanas de edad de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la costa de Oaxaca.

Edad	RIR <sup>1</sup>	PRB <sup>2</sup>	CD <sup>3</sup>	CL <sup>4</sup>
1 d	34.00±0.55 <sup>bc</sup>	36.70±0.66 <sup>a</sup>	32.47±0.51 <sup>c</sup>	35.52±0.92 <sup>ab</sup>
2 sem	96.3±3.81 <sup>bc</sup>	100.05±3.08 <sup>b</sup>	81.78±4.10 <sup>c</sup>	152.47±7.36 <sup>a</sup>
4 sem	119.64±5.41 <sup>c</sup>	124.45±3.36 <sup>c</sup>	188.26±11.29 <sup>b</sup>	315.05±20.04 <sup>a</sup>
6 sem	160.41±7.82 <sup>c</sup>	156.55±4.11 <sup>c</sup>	377.68±20.11 <sup>b</sup>	492.31±31.97 <sup>a</sup>
8 sem	252.35±12.19 <sup>c</sup>	219.80±9.62 <sup>c</sup>	511.42±22.67 <sup>b</sup>	650.42±46.68 <sup>a</sup>
10 sem	340.70±17.47 <sup>c</sup>	308.50±12.05 <sup>c</sup>	569.68±27.95 <sup>b</sup>	731.15±53.75 <sup>a</sup>
12 sem	420.23±24.44 <sup>b</sup>	376.00±18.10 <sup>b</sup>	646.10±34.88 <sup>a</sup>	762.89±58.90 <sup>a</sup>
14 sem	532.23±33.86 <sup>b</sup>	503.75±23.99 <sup>b</sup>	771.63±45.10 <sup>a</sup>	830.31±60.75 <sup>a</sup>
16 sem	647.11±42.63 <sup>b</sup>	601.50±29.82 <sup>b</sup>	856.94±54.73 <sup>a</sup>	932.42±61.68 <sup>a</sup>
18 sem	712.35±48.46 <sup>b</sup>	681.85±34.53 <sup>b</sup>	1057.68±61.21 <sup>a</sup>	1040.11±66.85 <sup>a</sup>
20 sem	834.88±55.79 <sup>b</sup>	817.85±37.37 <sup>b</sup>	1317.89±65.59 <sup>a</sup>	1224.00±78.72 <sup>a</sup>
22 sem	960.58±64.79 <sup>b</sup>	937.40±40.41 <sup>b</sup>	1464.42±63.63 <sup>a</sup>	1376.89±77.68 <sup>a</sup>
24 sem	1089.41±68.97 <sup>b</sup>	1071.20±40.51 <sup>b</sup>	1635.68±64.77 <sup>a</sup>	1541.26±75.46 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>RIR = Rhode Island Roja.

<sup>2</sup>PRB = Plymouth Rock Barradas.

<sup>3</sup>CD = Cuello Desnudo.

<sup>4</sup>CL= Criollas locales.

$\bar{X}$  = Media, EE = Error Estándar.

<sup>a, b, c</sup> = Literales distintas en la misma línea indican diferencia ( $P < 0.05$ ).

Las gallinas de los tratamientos T1 (RIR) y T2 (PRB) a 10 sem de edad alcanzaron PV de 340.7 g y 308.5 g, valores muy por debajo de lo reportado por Jerez Salas (2009) quien obtuvo peso promedio de 718 g en gallinas Rhode Island Roja x Plymouth Rock Barrada, esto con alimentación a libre acceso; sin embargo, en el presente estudio la alimentación fue restringida, además de las diferentes condiciones climáticas son más calurosas en el presente estudio, que en Valles Centrales de Oaxaca, donde se realizó dicha investigación. Flores (1994) menciona que factores de manejo como las condiciones climáticas y la composición de la dieta, afectan la ingesta de alimento.

En un estudio con pollitas cuello desnudo, Suchini-Ramírez (2017) reporta 489.09 g de ganancia de peso a 9 sem de edad; resultados similares se obtuvieron el presente estudio 483.13 g; sin embargo, el alimento comercial reportado por Suchini-Ramírez (2017) contenía 20 % de PC y 2900 kcal/kg, mientras que el que se ofreció durante el presente experimento contenía 21.5 % de PC y 3010 kcal/kg.

Por otro lado, Torres *et al.* (2017) usando líneas genéticas comerciales y alimento comercial, reportan que, a 15 sem de edad, las aves alcanzan pesos de 1838.85 g – 2435.10 g. Centeno (2007) refiere que, en condiciones de traspatio, las gallinas criollas se sacrifican entre 12 meses y 18 meses de edad, con peso de entre 2.0 kg – 2.5 kg.

## **5.2 Ganancia diaria de peso**

Las gallinas T4 (CL) presentaron mayor ganancia diaria de peso, solamente hasta semana 10, edad a en la cual la ganancia diaria de peso fue de 6.33 g, 6.31 g, 5.76 g y 4.16 g para los tratamientos T2 (PRB) T1 (RIR), T4 (CL) y T3 (CD), respectivamente, sin mostrar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Medias ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la ganancia diaria de peso (GDP) a 24 sem de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.

Edad	RIR <sup>1</sup> (g)	PRB <sup>2</sup> (g)	CD <sup>3</sup> (g)	CL <sup>4</sup> (g)
2 sem	4.45±0.28 <sup>b</sup>	4.52±0.23 <sup>b</sup>	3.52±0.27 <sup>b</sup>	8.35±0.50 <sup>a</sup>
4 sem	1.66±0.19 <sup>c</sup>	1.74±0.12 <sup>c</sup>	7.60±0.56 <sup>b</sup>	11.61±1.12 <sup>a</sup>
6 sem	2.91±0.29 <sup>b</sup>	2.29±0.14 <sup>b</sup>	13.52±1.04 <sup>a</sup>	12.66±1.75 <sup>a</sup>
8 sem	6.56±0.49 <sup>bc</sup>	4.51±0.52 <sup>c</sup>	9.55±1.19 <sup>ab</sup>	11.29±1.47 <sup>a</sup>
10 sem	6.31±0.73 <sup>a</sup>	6.33±0.57 <sup>a</sup>	4.16±0.79 <sup>a</sup>	5.76±0.75 <sup>a</sup>
12 sem	5.68±0.66 <sup>a</sup>	4.82±0.76 <sup>ab</sup>	5.45±0.88 <sup>a</sup>	2.26±0.95 <sup>b</sup>
14 sem	8.00±0.93 <sup>a</sup>	9.12±0.65 <sup>a</sup>	8.96±1.03 <sup>a</sup>	4.81±0.56 <sup>b</sup>
16 sem	8.20±1.00 <sup>a</sup>	6.98±1.20 <sup>a</sup>	6.09±1.29 <sup>a</sup>	7.29±0.96 <sup>a</sup>
18 sem	4.66±0.78 <sup>b</sup>	5.73±1.01 <sup>b</sup>	14.33±1.45 <sup>a</sup>	7.69±0.96 <sup>b</sup>
20 sem	8.75±1.28 <sup>b</sup>	9.71±0.78 <sup>b</sup>	18.58±1.94 <sup>a</sup>	13.13±1.47 <sup>b</sup>
22 sem	8.97±0.96 <sup>a</sup>	8.54±0.72 <sup>a</sup>	10.46±2.66 <sup>a</sup>	10.92±0.56 <sup>a</sup>
24 sem	9.20±0.80 <sup>b</sup>	9.55±0.51 <sup>ab</sup>	12.23±0.90 <sup>a</sup>	11.74±0.94 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>RIR = Rhode Island Roja.

<sup>2</sup>PRB = Plymouth Rock Barradas.

<sup>3</sup>CD = Cuello Desnudo.

<sup>4</sup>CL= Criollas locales.

$\bar{X}$  = Media, EE = Error Estándar.

<sup>a, b, c</sup> = Literales distintas en la misma línea indican diferencia ( $P < 0.05$ ).

Al inicio de la crianza, el ICA presenta valores adecuados; sin embargo, la eficiencia alimenticia se va perdiendo gradualmente. Lo anterior es debido a que las aves jóvenes tienden a presentar mejor aprovechamiento del alimento, el cual se va perdiendo al incrementar la edad. Por otro lado, el manejo de alimentación restringida acentúa esta situación (North, 1986). A pesar de que el ICA es un estimador valioso para aves de engorda, no lo es para aves de postura con alimentación restringida; empero, se consideró en el presente estudio, por ser aves de doble propósito. Pérez *et al.* (2000) reportan que, en las gallinas criollas de Cuba,

el ICA promedio a los 57 días de edad, es de 4.08, valor similar al T2 (PRB), el cual resultó ser estadísticamente más eficiente ( $P < 0.05$ ) que el resto de los tratamientos.

**Cuadro 5.** Medias ( $\bar{X} \pm EE$ ) del índice de conversión alimenticia a 24 sem de edad de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.

Edad	RIR <sup>1</sup>	PRB <sup>2</sup>	CD <sup>3</sup>	CL <sup>4</sup>
2 sem	3.13±0.13 <sup>a</sup>	3.12±0.39 <sup>a</sup>	3.89±0.24 <sup>a</sup>	1.62±0.11 <sup>b</sup>
4 sem	17.73±3.24 <sup>a</sup>	13.51±0.95 <sup>a</sup>	3.21±0.32 <sup>b</sup>	2.25±0.25 <sup>b</sup>
6 sem	11.40±1.67 <sup>a</sup>	12.69±0.91 <sup>a</sup>	2.16±0.16 <sup>b</sup>	3.33±0.61 <sup>b</sup>
8 sem	6.11±0.79 <sup>b</sup>	11.14±2.04 <sup>a</sup>	4.93±0.82 <sup>b</sup>	4.40±0.77 <sup>b</sup>
10 sem	11.86±1.71 <sup>b</sup>	10.41±0.87 <sup>b</sup>	39.81±14.08 <sup>a</sup>	17.25±4.14 <sup>ab</sup>
12 sem	15.04±2.31 <sup>a</sup>	11.13±7.44 <sup>a</sup>	16.66±5.05 <sup>a</sup>	31.91±15.73 <sup>a</sup>
14 sem	12.50±2.17 <sup>ab</sup>	9.07±1.05 <sup>b</sup>	13.47±4.13 <sup>ab</sup>	19.51±2.56 <sup>a</sup>
16 sem	13.23±2.25 <sup>a</sup>	12.52±2.36 <sup>a</sup>	19.6±9.69 <sup>a</sup>	15.33±2.46 <sup>a</sup>
18 sem	16.37±3.04 <sup>a</sup>	16.52±3.17 <sup>a</sup>	7.51±1.27 <sup>a</sup>	13.97±1.80 <sup>a</sup>
20 sem	13.31±4.53 <sup>a</sup>	19.82±8.59 <sup>a</sup>	7.87±1.62 <sup>a</sup>	11.83±3.11 <sup>a</sup>
22 sem	17.10±3.01 <sup>a</sup>	16.29±1.58 <sup>a</sup>	7.27±2.11 <sup>b</sup>	11.60±0.69 <sup>ab</sup>
24 sem	15.38±2.03 <sup>a</sup>	13.25±0.71 <sup>a</sup>	13.70±3.93 <sup>a</sup>	11.11±0.65 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>RIR = Rhode Island Roja.

<sup>2</sup>PRB = Plymouth Rock Barradas.

<sup>3</sup>CD = Cuello Desnudo.

<sup>4</sup>CL= Criollas locales.

$\bar{X}$  = Media, EE = Error Estándar.

a, b = Literales distintas en la misma línea indican diferencia ( $P < 0.05$ ).

### 5.3 Mortalidad y edad a madurez sexual

Respecto a la mortalidad total, las gallinas de T1 (RIR) presentaron el mayor porcentaje, el cual fue diferente estadísticamente ( $P < 0.05$ ) respecto a los otros tratamientos (Cuadro 6). La menor mortalidad de gallinas criollas es similar a la reportada por Jerez *et al.* (2009) con sistema de crianza alternativo, donde reporta mortalidad de 20%.

Las gallinas de T4 (CL) fueron las que llegaron a la madurez sexual primero, aunque ésta fue tardía en comparación con las líneas especializadas en postura, debido a que se presentó en la semana 24, seguido de las gallinas T3 (CD), T2

(PRB) y T1 (RIR) a 27 sem, 30 sem y 33 sem respectivamente. Las gallinas T4 (CL) y T3 (CD) fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) que los otros tratamientos experimentales, tal como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Mortalidad y edad de madurez sexual de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.

Tratamiento	Mortalidad total N	Porcentaje de mortalidad	Edad a madurez sexual (sem)
RIR <sup>1</sup>	8	32 <sup>b</sup>	33 <sup>a</sup>
PRB <sup>2</sup>	5	20 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>
CD <sup>3</sup>	6	24 <sup>a</sup>	27 <sup>ab</sup>
CL <sup>4</sup>	6	24 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> RIR = Rhode Island Roja,

<sup>2</sup> PRB = Plymouth Rock Barrada,

<sup>3</sup> CD = Cuello Desnudo,

<sup>4</sup> CL = Criollas locales.

<sup>a, b</sup> Literales distintas en la misma columna indican diferencia ( $P < 0.05$ ).

La madurez sexual es un proceso complejo que depende de varios factores, entre ellos la genética, alimentación, fotoperíodo y sanidad. En el presente estudio las primeras gallinas en alcanzar la madurez sexual fueron las criollas locales, que a 24 sem de edad rompieron postura, seguido de las gallinas cuello desnudo. Esto se debe a que estos grupos fueron los de mayor peso vivo a lo largo del trabajo; en cambio las estirpes Plymouth Rock Barrada y Rhode Island Roja se atrasaron 6 sem y 9 sem respectivamente, en comparación a las criollas locales. Estos resultados difieren de los encontrados en estudios de Jerez *et al.* (2009) quienes con alimentación alternativa reporta edad a la madurez sexual a las 22 sem en gallinas Rhode Island Roja x Plymouth Rock Barrada. Tampoco coinciden con Torres *et al.* (2009) que alimentaron gallinas Rhode Island Roja con 16% de PC y 2700 kcal/kg, reportando edad a la madurez sexual de 22 sem. Centeno *et al.* (2007) reportaron que las gallinas Rhode Island Roja y Plymouth Rock Barrada en condiciones rústicas y sin manejo, rompen postura en promedio a las 30 sem de edad, y para gallinas criollas en traspatio rústico, Pérez y Polanco (2003) reportan madurez

sexual mínimo a 20 sem y máximo a 32 sem de edad. Paredes *et al.* (2019) reportan que gallinas criollas que ponen huevos de cascarón verde, rompieron postura precozmente, desde la semana 17 hasta la 19; siendo el fenotipo de cuello desnudo un tratamiento que inició postura con 18 sem de edad. La diferencia con los resultados obtenidos en el presente estudio, se pueden deber a la mayor temperatura ambiental (29 °C promedio) y a las diferentes épocas del año en que se realizaron, porque se ha reportado que la duración del fotoperíodo afecta la edad en que las pollonas rompen postura (Scanes, 1986).

## 5.5 Producción y características físicas de los huevos

En el Cuadro 7 se muestran los resultados del promedio de la producción de huevo, el cual fue superior y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) para T2 (PRB), T3 CD y T4 (CL) con promedio de 2.58, 2.66 y 2.55 huevos/ave/sem respectivamente. Jerez *et al.* (2009) reportan que para gallinas criollas la producción de huevo por aves promedio, es de 1.7; menor a lo obtenido en el presente estudio; sin embargo, en gallinas de cuello pelón obtuvieron 2.0 huevos/ave/sem. Las diferencias con el presente estudio se pueden explicar en que dichos investigadores utilizaron un sistema de producción alternativo.

**Cuadro 7.** Medias de Producción de huevo y características físicas de los huevos de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca.

	Producción (huevo/ave/sem)	Peso (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Índice de Forma
RIR <sup>1</sup>	2.05 <sup>b</sup>	52.11+0.29 <sup>b</sup>	54.39+0.18 <sup>b</sup>	41.22+0.10 <sup>ab</sup>	75.88 <sup>b</sup>
PRB <sup>2</sup>	2.58 <sup>a</sup>	51.94+0.32 <sup>b</sup>	53.72+0.23 <sup>b</sup>	40.79+0.14 <sup>b</sup>	76.05 <sup>b</sup>
CD <sup>3</sup>	2.66 <sup>a</sup>	55.03+0.54 <sup>a</sup>	55.22+0.17 <sup>a</sup>	41.61+0.12 <sup>a</sup>	75.42 <sup>b</sup>
CL <sup>4</sup>	2.55 <sup>a</sup>	51.04+0.34 <sup>b</sup>	52.41+0.17 <sup>c</sup>	41.42+0.10 <sup>a</sup>	79.09 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> RIR = Rhode Island Roja,

<sup>2</sup> PRB = Plymouth Rock Barrada,

<sup>3</sup> CD = Cuello Desnudo,

<sup>4</sup> CL= Criollas locales.

$\bar{x}$  = Media, EE = Error Estándar.

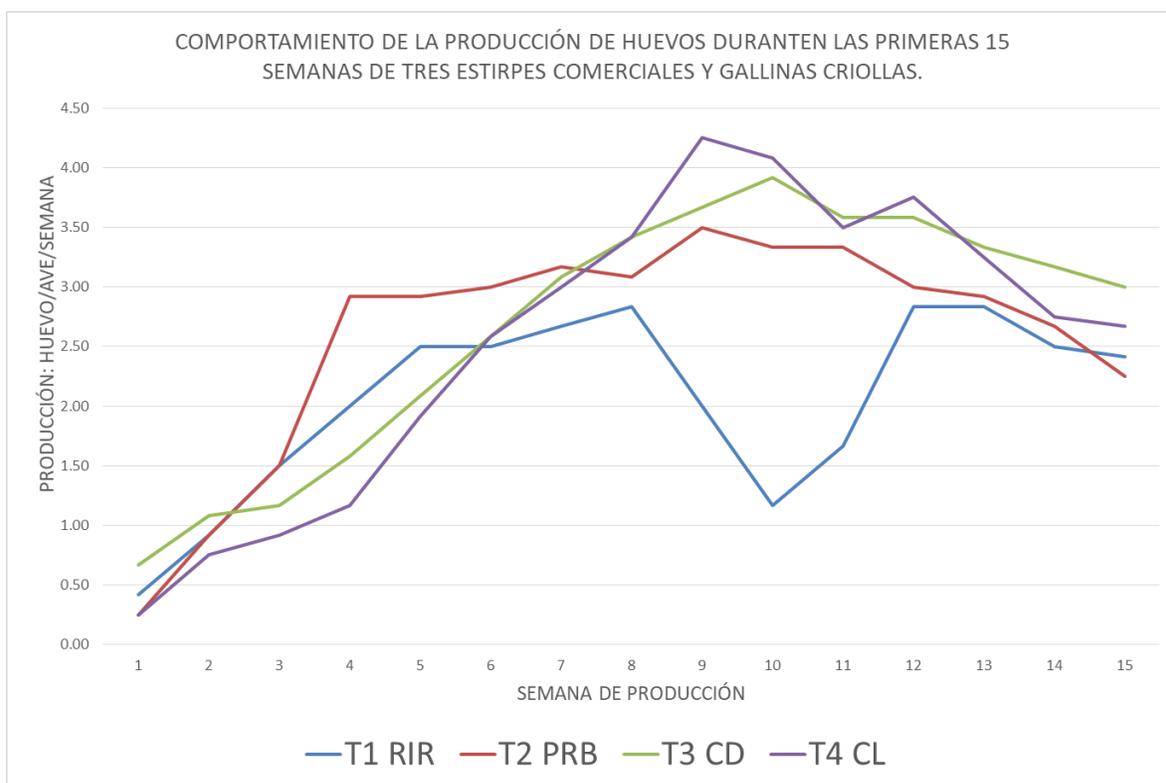
<sup>a, b, c</sup> Literales distintas en la misma columna indican diferencia ( $P < 0.05$ ).

En cuanto a las características físicas de los huevos, las gallinas del T3 (CD) obtuvieron mayor peso (55.03 g) siendo estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) al resto de los tratamientos (Cuadro 7). Camacho-Escobar *et al.* (2019) reportan que existen diferencias entre el tamaño del huevo criollo y el huevo incubable de granjas comerciales, usan una clasificación del tamaño como: canica, chico, mediano, grande y extragrande; y determinan que el peso promedio del huevo criollo de la costa de Oaxaca es de 57.34 g. Lo anterior permite inferir que en el presente estudio se incubaron huevos canica y chicos. La variabilidad del tamaño del huevo criollo está presente en los diversos resultados publicados por investigadores; mientras que Pérez *et al.* (2000) reportan peso promedio del huevo de gallinas criollas cubanas de 50.2 g, Paredes *et al.* (2019) refieren que el peso promedio del huevo de gallinas criollas de huevos de cascarón verde es de 60.6 g y Jerez *et al.* (2009) informan que el peso del huevo de gallinas criollas en los valles centrales de Oaxaca es de 53.3 g.

Respecto al tamaño de los huevos el grupo de gallinas Cuello Desnudo presentaron valores superiores al resto de los tratamientos, obteniendo promedio de 55.03 g mientras que las gallinas Plymouth Rock Barrada fue de 51.94 g, valor inferior al reportado por Hernández-Bautista *et al.* (2013), quienes utilizaron híbridos Plymouth Rock encontró valores de 54.87 g de peso, con huevos de 66 mm y 41.8 mm de largo y ancho respectivamente. La duración del muestreo puede influir en el peso del huevo, el cual se incrementa a la par con la edad del ave; gallinas criollas con 28 sem de edad ponen, en promedio, huevos de 57.61 g, mientras que, a la edad de 40, 47 y 64 sem, las mismas gallinas pusieron huevos de 64.61 g, 65.10 g y 70.78 g, respectivamente. (Peñuela & Hernández 2018).

Con referencia al largo, y ancho del huevo, T3 (CD) fue superior al resto, en cuanto al índice de forma, los tratamientos T1 (RIR), T2 (PRB) y T3 (CD) son iguales estadísticamente ( $P < 0.05$ ), el único diferente fue el T4 (CL) con un valor de 79.09, el valor más cercano a 75, que es la forma ideal del huevo, lo presentó el T3 (CD), como se muestra en el Cuadro 7. Camacho-Escobar *et al.* (2019) reportan valores de índice de forma cercanos a 74 en huevos de todos los tamaños de gallinas

criollas; sin embargo, los mismos autores reportan que los huevos de cascarón verde canica, chicos y extragrandes tuvieron valores próximos a 73, mientras que los huevos medianos y grandes presentaron índice de forma de 78. El índice de forma del huevo de la gallina cubana está reportado de 76.2 (Pérez *et al.*, 2000).



**Figura 2.** Curva de producción de huevos durante 15 semanas de tres líneas de aves comerciales y gallinas criollas locales en producción semi intensiva criadas en la Costa de Oaxaca. T1 RIR = Rhode Island Roja, T2 PRB = Plymouth Rock Barradas, T3 CD = Cuello Desnudo y T4 CL= Criollas locales.

En la Figura 2, se presenta el comportamiento de la producción de huevo evaluada durante 15 semanas, destaca T1 (RIR) por que presentó un descenso en la producción en la semana 10, esto ocasionado por un problema sanitario lo cual ocasionó depresión, falta de apetito, baja de peso, y caída en la producción de huevo. Los tratamientos T2 (PRB) y T4 (CL) a partir de la semana 12 comenzaron a presentar descenso en la producción, a diferencia de los T1 (RIR) y T3 (CD) que

continuaron produciendo y la tendencia no fue a la baja sino a la continuidad en la producción. Paredes *et al.* (2019) reportan que la duración de la curva de producción, en diferentes fenotipos de gallinas criollas de huevo con cascarón verde, la caída en la postura de huevo se dio entre la tercer y quinta semana de iniciar la postura. Estas diferencias con el presente estudio se pueden deber a las diferencias genéticas de las gallinas criollas de la costa de Oaxaca, México y las gallinas de huevo de cascarón verde de Cajamarca, Perú.

## 5.5 Fertilidad e incubabilidad

En relación con la fertilidad no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 8). Respecto a la relación de la fertilidad con el tamaño del huevo, Camacho-Escobar *et al.* (2019) reportan que los huevos medianos presentan la mayor fertilidad, estadísticamente diferente, que los otros tamaños de huevo. Por su parte, Peñuela y Hernández (2018) presentan información que muestra una tendencia de relación inversa entre la edad de la gallina y la fertilidad. Es posiblemente esta situación la que explica los diferentes reportes de fertilidad por diversos autores; Pérez *et al.* (2000) refiere 93.8%, Juárez-Caratachea y Ortiz (2001) 82.4% y Jerez *et al.* (2009) 85.7%

Los huevos de las gallinas del T1 (RIR) tuvieron, estadísticamente la mejor incubabilidad que el resto de los tratamientos (Cuadro 8), mientras que los huevos del T4 (CL) tuvieron la menor incubabilidad ( $P < 0.05$ ). El método de incubación es importante respecto a la incubabilidad; la incubabilidad en sistema de incubación artificial es menor comparada con la incubación natural o empolle (Chávez y Cumpa, 2016). En pruebas de incubación artificial de huevo criollo, los huevos grandes y extragrandes presentaron la mejor incubabilidad, con diferencia estadística respecto a los otros tamaños de huevo (Camacho-Escobar *et al.*, 2019). Posiblemente es por ello, que se reportan valores diversos de incubabilidad, Jerez *et al.* (2009) refieren variación, en porcentaje de incubabilidad, desde 66.6% hasta 77.7%; Pérez *et al.* (2000) 73.5% y Paredes *et al.* (2019) 83.7%. Antes de incubar los huevos, se deben

seleccionar, para retirar aquellos que no son aptos para desarrollar un pollo viable. Juárez-Caratachea y Ortiz (2001) proponen que nos son incubables huevos porosos, rotos, fracturados, sucios o deformes. No discriminar este tipo de huevo, afectará el resultado de porcentaje de incubabilidad. Camacho-Escobar *et al.* (20019) informan que la frecuencia de huevos rotos o sucios, en huevos de gallinas criollas, está entre 1.35% - 3.75%.

**Cuadro 8.** Resultados de las pruebas de incubación de tres estirpes comerciales y gallinas criollas criadas en la costa de Oaxaca.

Variable	RIR <sup>1</sup>		PRB <sup>2</sup>		CD <sup>3</sup>		CL <sup>4</sup>	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Huevos incubables</b>	120	100	120	100	120	100	120	100
Fertilidad	114	95.00 <sup>a</sup>	107	89.17 <sup>a</sup>	110	91.67 <sup>a</sup>	115	95.83 <sup>a</sup>
Incubabilidad	104	86.67 <sup>a</sup>	92	76.67 <sup>a</sup>	93	77.50 <sup>a</sup>	74	61.67 <sup>b</sup>
Eclosiones	90	75.00 <sup>a</sup>	84	70.00 <sup>a</sup>	73	60.83 <sup>ab</sup>	61	50.83 <sup>b</sup>
<b>Mortalidad embrionaria<sup>5</sup></b>								
Total <sup>5</sup>	24	21.05 <sup>b</sup>	15	14.02 <sup>b</sup>	17	15.45 <sup>b</sup>	41	35.65 <sup>a</sup>
Primer tercio	10	41.67 <sup>b</sup>	3	20.00 <sup>c</sup>	4	23.53 <sup>c</sup>	25	61.00 <sup>a</sup>
Segundo tercio	12	50.00 <sup>a</sup>	9	60.00 <sup>a</sup>	6	35.29 <sup>b</sup>	9	22.00 <sup>b</sup>
Tercer tercio	2	8.33 <sup>b</sup>	3	20.00 <sup>b</sup>	5	33.33 <sup>a</sup>	7	17.07 <sup>b</sup>
<b>Causa de mortalidad</b>								
Huevo Contaminado	10	41.67 <sup>b</sup>	13	86.67 <sup>a</sup>	10	58.82 <sup>b</sup>	5	12.20 <sup>c</sup>
Malposición	13	54.17 <sup>b</sup>	2	13.33 <sup>d</sup>	5	29.41 <sup>c</sup>	31	76.61 <sup>a</sup>
Anormalidad embrionaria	0	0.00 <sup>b</sup>	0	0.00 <sup>b</sup>	1	5.88 <sup>a</sup>	3	7.32 <sup>a</sup>
Otra causa <sup>6</sup>	1	4.17 <sup>a</sup>	0	0.00 <sup>b</sup>	1	5.88 <sup>a</sup>	2	4.88 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>RIR: Gallinas estirpe comercial de Rhode Island Roja.

<sup>2</sup>PRB: Gallinas estirpe comercial de Plymouth Rock Barradas.

<sup>3</sup>CD: Gallinas estirpe comercial Cuello Desnudo.

<sup>4</sup>CL: Gallinas Criollas locales.

<sup>5</sup>Calculado a partir de: Fertilidad – incubabilidad.

<sup>6</sup>Carencias nutricionales o enfermedades en reproductoras, mal manejo del huevo, entre otras causas.

a, b, c, d = Literales distintas en la misma línea indican diferencia (P < 0.05).

A pesar de que T1 (RIR) y T2 (PRB), ambos fenotipos comerciales de doble propósito que presentaron el mejor porcentaje de eclosión (P<0.01), respecto a los

otros tratamientos (Cuadro 7); se ha reportado en gallinas criollas 83.7% de eclosión (Paredes *et al.*, 2019).

## 5.6 Embriodiagnóstico

La mayor mortalidad embrionaria, la presentó T4 (CL), siendo estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) de los otros tratamientos experimentales (Cuadro 8). Aparentemente, el tamaño del huevo de gallina criolla está relacionado con la mortalidad embrionaria, siendo los huevos de tamaño grande y extragrandes, provenientes de gallinas más viejas, los que presentan menor mortalidad embrionaria (Camacho-Escobar *et al.*, 2019). Por su parte, Chávez y Cumpa (2016) reportan que, en condiciones de incubación artificial, la mortalidad puede ser tan alta como 76.27%.

Al realizar el análisis de la mortalidad embrionaria por períodos de incubación, los valores mayores los presentaron el T4 (CL) durante el primer tercio, T2 (PRB) en el segundo tercio y T3 (CD) en el último tercio de la incubación; en los tres casos, la diferencia fue significativa ( $P < 0.05$ ) respecto a los otros tratamientos experimentales (Cuadro 8). Camacho-Escobar *et al.* (2019) señalan que los embriones provenientes de huevos tamaño canica, presentan significativamente ( $P < 0.05$ ) mayor mortalidad que los otros tamaños de huevo durante el primer tercio de incubación; de igual manera, los huevos grandes en el tercer tercio. La menor mortalidad embrionaria, se presenta durante el segundo tercio de la incubación, siendo estadísticamente igual en cualquier tamaño de huevo. Al momento de la eclosión, los polluelos provenientes de huevos medianos presentaron mayor mortalidad por incapacidad de picar el cascarón. Ricaurte (2005) señala que la mortalidad entre los días 1 – 5 de incubación debe ser cercana a 30%, entre los días 6 – 17 de 20% y en nacedora, entre los días 18 – 21 de 50%. Por su parte, Chávez y Cumpa (2016) reportan porcentajes de mortalidad embrionaria 30%, 7% y 63% durante el primer, segundo y tercer tercio de incubación, respectivamente. Silva *et al.* (2013) al incubar huevo con temperatura 1 °C por arriba o por debajo de la

temperatura recomendada, encontraron que la mayor mortalidad en el primer tercio de incubación se presenta en 36.5 °C y 38.5° C; durante el segundo tercio del desarrollo embrionario, la mayor mortalidad se presenta a 37.5° C. En el último tercio de incubación a 38.5° C se presenta la mayor mortalidad embrionaria. En referencia a la edad de las reproductoras, se ha reportado que huevos provenientes de gallinas con 28 y 64 sem de edad presentan mayor mortalidad durante los primeros 7 d del desarrollo embrionario, la mortalidad entre los días 8 y 14 de incubación es estadísticamente igual en todas las edades. Similarmente, la mayor mortalidad embrionaria entre los días 15 y 21 de incubación, se presentan en huevos de gallinas con 28 y 64 sem de edad.

La mortalidad embrionaria por huevos contaminados fue estadísticamente mayor ( $P<0.05$ ) en los huevos provenientes del T2 (PRB) respecto a lo presentado por los otros tratamientos experimentales (Cuadro 8). Con respecto a la mortalidad embrionaria por mala posición, los embriones de huevos del T4 (CL) fueron estadísticamente más que lo obtenido en los otros tratamientos. Las anomalías presentadas en embriones fueron significativamente más ( $P<0.05$ ) en los embriones de los T3 (CD) y T4 (CL), en comparación con los otros tratamientos experimentales, como se muestra en el Cuadro 8.

Durante la incubación de huevo de pata criolla, Chávez y Cumpa (2016) reportan 18.09% de huevos contaminados, 41.16% de mortalidad por malas posiciones embrionarias y 16.22% de malformaciones en los embriones. Paredes *et al.* (2019) obtuvieron 55.2% de huevos contaminados provenientes de diferentes fenotipos de gallinas criollas de huevos de cascarón verde. Por su parte Juárez-Caratachea y Ortiz (2001) sólo reportan 1.8% de mortalidad por contaminación bacteriana de los huevos. Al hacer un análisis de la causa de la mortalidad embrionaria con la edad de las reproductoras, Peñuela y Hernández (2018) reportan que, al incrementarse la edad de la gallina, se incrementa también, la mortalidad por mala posición embrionaria; sin embargo, la mortalidad por malformación se presenta más en los embriones provenientes de huevos de gallinas de 28 o 64 semanas de edad. Ricaurte (2005) señala que, en condiciones normales de manejo,

la mortalidad embrionaria por malformaciones no debe exceder 0.3%. Las malformaciones más frecuentes, presentes en una incubadora son: hernia encefálica, ojos rudimentarios, pico de loro, dedos torcidos, extremidades dobladas, hemorragia generalizada, embrión edematoso y abdomen abultado (Chávez y Cumpa (2016)).

## **6. CONCLUSIONES**

Con base a los resultados obtenidos se concluye que, bajo las condiciones experimentales, los tratamientos con mejor respuesta productiva y reproductiva fueron el genotipo de cuello desnudo y las gallinas criollas locales. Ello debido a que obtuvieron más peso corporal, mayor ganancia de peso y menor mortalidad.

De igual forma, desde el punto de vista reproductivo, los mismos grupos experimentales presentaron los mejores resultados en producción de huevo, peso promedio del huevo y número de eclosiones. Sin embargo, es importante señalar que las gallinas criollas locales tuvieron los huevos más redondos, la menor incubabilidad y la mayor mortalidad embrionaria total.

Por ello en general, el fenotipo cuello desnudo es el más apropiado para la crianza semi intensiva en condiciones de trópico húmedo.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda repetir un modelo experimental similar al desarrollado en este estudio, pero completando la curva de postura de huevo y no sólo 15 semanas; además, es importante identificar el tipo de mal posición de la mortalidad embrionaria, variable que no se consideró en el presente estudio.

Otra variable a considerar, sería incluir a la gallina criolla de cuello desnudo e incluso, gallinas criollas de huevo con cascarón verde, tipo Araucanas o Mapuches.

## 8. LITERATURA CITADA

- Alayón Gamboa, J.A. 2015. Ganadería de traspatio en la vida familiar. In: La ganadería en la frontera sur: una perspectiva “amigable” y eficiente. *Ecofronteras* 19 (54):6-9.
- Alders, R. 2005. *Producción avícola por beneficio y por placer*. Food and Agriculture Organization, Roma.
- Aquino R., Arroyo E.A., Glafiro T.H., Riestra D.D., Gallardo F.L. & López B.A. 2003. El guajolote criollo (*Meleagris gallopavo* L) y la ganadería familiar en la zona centro del estado de Veracruz. *Técnica Pecuaria México* 41(2):165-173.
- Anónimo. 1991. Reproducción, incubabilidad. *Selecciones avícolas circular técnica febrero 1991*, 1-14. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi\\_a1991m4v33n4/selavi\\_a1991m4v33n4p228.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi_a1991m4v33n4/selavi_a1991m4v33n4p228.pdf)
- Ballina G. Bencomo A. 2008. *Manejo eficiente de gallinas de patio*. Nicaragua: Comercial 3H. pp. 39.
- Camacho-Escobar, M.A., Vélez-Barradas, A., Jerez-Salas, M.P., García-López, J.C., López-Garrido, S.J., Sánchez-Bernal, E.I., Galicia-Jiménez, M.M. & Ávila-Serrano, N.Y., 2019. El huevo de traspatio: características físicas y desempeño en pruebas de incubación artificial. *Acta universitaria* 29:1-6.
- Camacho-Escobar M.A., Jerez-Salas M.P., Rojas-Bautista L. Velez-Barradas A. 2014. Manejo reproductivo de aves de traspatio y producción de huevo fértil en guajolotes nativos. Memorias del III Simposio Internacional Avicultura de Traspatio 2014: Una alternativa para mejorar el estado de salud y nutrición de la población [en CD]. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México, D. F., del 9 – 10 de Octubre, pp 1-22.
- Camacho-Escobar M. A., Lezama-Nuñez P. N, Jerez-Salas M. P. Kollas J., Vásquez-Dávila M.A., García-López J. C., Arroyo-Ledezma J., Ávila-Serrano N. Y., y Chávez-Cruz F. 2011. Avicultura Indígena Mexicana: Sabiduría Milenaria en Extinción. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1(1):375-379.
- Campo J.L. 1983. Razas que intervienen en los híbridos comerciales. Real escuela de avicultura. *Selecciones avícolas*, pp. 87-97. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi\\_a1983m3v25n3@reavicultura/selavi\\_a1983m3v25n3p87@reavicultura.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi_a1983m3v25n3@reavicultura/selavi_a1983m3v25n3p87@reavicultura.pdf)

- Centeno Bautista, S. B., López Díaz C.A & Juárez Estrada A. 2007) Producción avícola familiar en una comunidad del municipio de Ixtacamaxtitlán Puebla. *Técnica pecuaria en México* 5(1):41-60.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. 2018. Artículo para la Revista Cámara La avicultura en México: situación y perspectivas. Cámara de Diputados LXIII Legislatura. Consultado el 22/08/2021. Disponible en línea en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/32%20La%20avicultura%20en%20M%C3%A9xico.%20situaci%C3%B3n%20y%20perspectivas..pdf>
- Chávez, H.H.O. & Cumpa, M. 2016. Causas de mortalidad embrionaria en la incubación natural y artificial de huevos de Pata Criolla (*Cairina moschata* doméstica L.). *Anales Científicos* 77(1):69-76.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2015. *Diagnóstico sobre alimentación y nutrición*. CONEVAL, México D.F., 75 pp. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/Diagnostico\\_sobre\\_alimentacion\\_y\\_nutricion\\_270715.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/ECNCH/Documents/Diagnostico_sobre_alimentacion_y_nutricion_270715.pdf)
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2012. *Informe de pobreza y evaluación en el estado de Oaxaca 2012*. CONEVAL, México D.F., 61 pp. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202010-2012\\_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202012\\_Oaxaca.pdf](https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202010-2012_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202012_Oaxaca.pdf)
- Contreras, J., Cala, N., Parra, A., Castro, M. & Buitrago, A. 2019. Relación del peso del huevo sobre variables pre y post eclosionales de pavipollos criollos. *Revista Colombiana de Zootecnia* 5(9):51-53.
- Crawford R.D. 1990. Origin and history of poultry species. In: RD. Crawford (ed.) *Poultry breeding and genetics*. Elsevier, Amsterdam, The Neherlands, pp. 18-23.
- Cruz-Sánchez, B., Muñoz Rodríguez, M., Horacio Santoyo, V., & Martínez González, E. G. (2016). Potencial y restricciones de la avicultura de traspatios sobre la seguridad alimentaria en Guerrero México. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 13(2): 257-275.
- Cuca G., J. M. 2012. Breve semblanza de la avicultura de traspatio en México. In: I *Simposium Internacional Sobre Avicultura de Traspatio*. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Oriente- Huatusco, Veracruz, p. 7.

- Cuca G., J.M, Gutiérrez A., D.A López P., E. 2015. La Avicultura de Traspatio en México: Historia y caracterización. *Agroproductividad* 8(4):30-36.
- Dolberg, F. 2001. A livestock development approach that contributes to poverty alleviation and widespread improvement of nutrition among the poor. *Livestock Research for Rural Development* (16)5, Available from: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/dolb135.htm>
- Dolores Z.V., Villegas A.Y., Hernández B.J., Jerez S.M.P, Carrillo R.J.C & Hernández S.L. 2016. Uso de Forrajes Alternativos en la Producción de Pollas Criollas Bajo Pastoreo. *In: V Congreso nacional de mitigación del daño ambiental en el sector agropecuario y forestal de México* p.39.
- Duran, A. 2004. Estación y productividad de pollos de extremeña azul en régimen extensivo. *Archivos de Zootecnia* 53(202):209-212.
- Fernández, J. O. 2004. *Razas de gallinas: origen y descripción*. Trillas, México, 172 pp.
- Fernández R., Sindik M., Revidatti F., Sanz P., Sosa L., Ortíz D. 2017. Madurez Sexual y Producción de Huevos en Reproductoras Pesadas Campero INTA. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal* 9:20-26.
- Flores, A. & Trouw I.S.A. 1994. Programas de alimentación en avicultura: ponedoras comerciales. Documentos *FEDNA-X curso de especialización FEDNA, Madrid, España*. Madrid. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [http://portal.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Alimentaci%C3%B3n\\_Gallinas\\_Ponedoras.pdf](http://portal.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Alimentaci%C3%B3n_Gallinas_Ponedoras.pdf)
- Food and Agriculture Organization. 1994. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma Italia: FAO. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- Food and Agriculture Organization. 2013. *Revisión del desarrollo avícola*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://scholar.google.com.mx/scholar?q=Food+and+Agriculture+Organization.+2013.+Revisi%C3%B3n+del+desarrollo+av%C3%ADcola&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.com.mx/scholar?q=Food+and+Agriculture+Organization.+2013.+Revisi%C3%B3n+del+desarrollo+av%C3%ADcola&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)
- Food and Agriculture Organization. 2011. *Seguridad Alimentaria Nutricional, Conceptos Básicos*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://scholar.google.com.mx/scholar?q=Food+and+Agriculture+Organization.+2011.+Seguridad+Alimentaria+Nutricional,+Conceptos+B%C3%A1sicos&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.com.mx/scholar?q=Food+and+Agriculture+Organization.+2011.+Seguridad+Alimentaria+Nutricional,+Conceptos+B%C3%A1sicos&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)

- Food and Agriculture Organization. 1981. *Necesidades de energía y de proteínas: informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos*. Roma, Italia. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/40157/WHO TRS 724 %28part1 %29 spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/40157/WHO_TRS_724_%28part1%29_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Galíndez R. & Blanco F. 2017. Eclosión, muerte embrionaria y calidad de pollitos en cuatro razas de gallinas reproductoras venezolanas. *Revista Científica XXVII(1)*:56-61.
- Galindo, S.L.R., 2005. Embriodiagnos y ovoscopía. Análisis y control de calidad de los huevos incubables. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 6(3):1-25. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612812004.pdf>
- González A.M.G. 2017. Comportamiento productivo y calidad de huevo de gallinas criollas suplementadas con semillas de calabaza. *In: VI Simposium Internacional de Avicultura Familiar y de Traspatio*, Universidad Autónoma Chapingo – Centro Regional Universitario de Oriente. Boca del Rio Veracruz, 35-43.
- González O.F., Pérez M.A., Ocampo F.I., Paredes S.J.A. & de la Rosa P.P. 2014. Contribuciones de la producción en traspatio a los grupos domésticos campesinos. *Estudios Sociales 22(44)*:145-170.
- Guida, F.J.V. 2018. *Descrição dos diferentes estágios do desenvolvimento embrionário de aves das ordens Anseriformes, Galliformes e Psittaciformes e sua aplicação no embriodiagnóstico de espécies selvagens*. Dissertação para obtenção do título de mestre profissional em Conservação da Fauna. Universidade Federal de São Carlos, Brazil.
- Guío, M., Briñez, J., Amado, J. & Martínez, A., 2011. Efecto del almacenamiento de huevo incubable con la cámara de aire hacia abajo, sobre la incubabilidad, según la edad de las reproductoras, para tres días de rotación. *Revista Ciencia Animal 1(4)*:59-96.
- Gutiérrez T.M.A., Segura C.J.C., López B.L., Santos F.J., Santos R.R.H., Sarmiento F.L., Carvajal H.M. & Molina C.G. 2007. Características de la avicultura de traspatio en el Municipio de Tetiz, Yucatán, México *Tropical and Subtropical Agroecosystems 7(3)*:217-224.
- Itza O.M.F. & Ciro-Galeano, J.A. 2016. Parámetros productivos: importancia en la producción avícola. Avicultura *BMEDITORES*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <https://bmeditores.mx/avicultura/parametros-productivos-importancia-en-produccion-avicola/>
- Jerez-Salas, M.P. 1999. *Huevos y Pollos Criollos. Sociedad y naturaleza en Oaxaca*. México: SEP/SEIT/ITAO, Oaxaca, México, 71 pp.

- Jerez, S.M.P. 2004. *Características productivas y reproductivas de gallinas Plymouth Rock barrada x Rhode Island roja y criollas en condiciones de traspatio*. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México, 83 pp.
- Jerez, M.P., Sánchez, M.R., Rodríguez, J.C., Aparicio, Y.V. & Correa, J.S. 2009. *Indicadores productivos de gallinas criollas en un sistema de producción avícola alternativo en Oaxaca, México*. Disponible en línea en: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Segura-Correa/publication/268401068\\_INDICADORES\\_PRODUCTIVOS\\_DE\\_GALLINAS\\_CRIOLLAS\\_EN\\_UN\\_SISTEMA\\_DE\\_PRODUCCION\\_AVICOLA\\_ALTERNATIVO\\_EN\\_N\\_OAXACA\\_MEXICO/links/55d6308808ae9d65948bcbdd/INDICADORES-PRODUCTIVOS-DE-GALLINAS-CRIOLLAS-EN-UN-SISTEMA-DE-PRODUCCION-AVICOLA-ALTERNATIVO-EN-OAXACA-MEXICO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Segura-Correa/publication/268401068_INDICADORES_PRODUCTIVOS_DE_GALLINAS_CRIOLLAS_EN_UN_SISTEMA_DE_PRODUCCION_AVICOLA_ALTERNATIVO_EN_N_OAXACA_MEXICO/links/55d6308808ae9d65948bcbdd/INDICADORES-PRODUCTIVOS-DE-GALLINAS-CRIOLLAS-EN-UN-SISTEMA-DE-PRODUCCION-AVICOLA-ALTERNATIVO-EN-OAXACA-MEXICO.pdf)
- Jerez S.M.P. 2011. *La gallina criolla en los Valles Centrales de Oaxaca*. In: II Foro Internacional Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria. Universidad autónoma Chapingo. México.
- Juárez-Caratachea, A. & Alvarado, M.A.O., 2001. Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Veterinaria México* 32(1):27-32.
- Juárez C.A., Manríquez A.J.A. & Segura C.J.C. 2000. Rasgos de apariencia fenotípica en la avicultura rural de los municipios de la Ribera del Lago de Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 12, Article #5. Retrieved January 28, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd12/1/jua121.htm>
- Juárez C.A., Ortiz R.R., Pérez S.R.E., Gutiérrez V.E. & Val A.D. 2008. Caracterización y modelación del sistema de producción avícola familiar. *Livestock Research for Rural Development* 20(2) 25.
- Juárez C.A, Gutiérrez V.E., Garcidueñas P.R., Salas-Razo, G. 2010. Producción de huevos en gallinas criollas Cuello Desnudo (Nana) y con emplume normal (nana) en la región del altiplano mexicano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44(3):287-290.
- Juárez C.A; Barocio U.J.N., García V.A., Gutiérrez V.E. & Ortiz R.R. 2016. Efecto del fenotipo (color de plumaje) sobre el peso del huevo y peso vivo de la gallina de traspatio. *Archivos de Medicina Veterinaria* 48(1):99-106.
- Lastra, I.J., Muciño L., Villamar L., Barrera M.A., Guzmán H., Flores J.L., Maldonado C. & Gómez M. 1998. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México 1990 – 1997. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Social, México, D. F. 47 pp. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97945/carnes00.pdf>

- Lázaro G.C, Hernández. Z. J.S., Vargas L.S., Martínez L.A., & Pérez A.R. 2012. Uso de caracteres morfométricos en la clasificación de gallinas locales. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 2(2012):109-114.
- Leiton, A.A. 2017. Gallinas criollas: Contribución de las comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas a la conservación de la agrobiodiversidad. *Semillas* 67(68):62-67.
- Lembeke C.C., Figueroa T.E, Sulca A.P. & Falcón T.N. 2001. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, fertilidad, incubabilidad y peso al nacer de la codorniz, variedad japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev. Inv. Vet. Perú* 1281:50-57.
- López G.J., Damián H.M., & Álvarez G.F., Parra I.F. & Zuluaga S.G. 2012. La economía de traspatio como estrategia de supervivencia en San Nicolás de los Ranchos, Puebla, México. *Revista de Geografía Agrícola* (48-49):51-62.
- López P.E., Pro M.A., Cuca G.J.M., Pérez H.P. 2015. Ganadería de Traspatio en México y Seguridad Alimentaria Situación Actual y Perspectivas. *Agro-entorno*:38-40. Consultado el 10 de septiembre de 2121. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/Leticia/Downloads/1.Ganaddetraspatio.pdf>
- Luis C.H., Jerez S.M.P, Herrera H.J.G & Mendoza N.P. 2016. Caracterización fenotípica y sistémica de producción de las gallinas criollas en comunidades de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 3(2):87-98.
- Lungo A.J., Hernández J.S., Arcos E., Montalvo M.C., & Arcos M.U. 2017. Descripción del sistema de traspatio en El Pericón Tecoanapa, Guerrero, pp. 127-150. In: *Patrimonio biocultural. Experiencias integradoras*. (275). Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Maafs R.A. 2017. Áreas de oportunidad para combatir la inseguridad alimentaria en zonas rurales a través del consumo de productos avícolas. *VI simposium de avicultura familiar y de traspatio*, 5-17.
- Nicholls C. & Altieri M.A. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de economía crítica* (10):62-74.
- Nilipour, A. 1994. Optimo manejo del huevo fértil. *Selecciones avícolas* 36(10):659-664.
- Nogueira B.R., Silva L.A., Sousa L.F.A., Capalbo A.C. & Nogueira W.C.L. 2021. Temperatura na incubação sobre os anexos embrionários e embriodiagnóstico. *Avisite*. Consultado el 22/08/2021. Disponible en línea:

- Nort, M.O. 1986. Manual de producción avícola. Segunda edición, Manual Moderno, México, 856 pp.
- Perezgrovas G.R.A. 2011. El traspatio como elemento del sistema de vida en Aguacatenango, Chiapas, In: *El traspatio iberoamericano: experiencias y reflexiones en Argentina, Bolivia, Brasil, España, México y Uruguay*. Universidad Autónoma de Chiapas, Instituto de Estudios Indígenas: Red Conservación de la Biodiversidad de los Animales Domésticos Locales para el Desarrollo Rural Sostenible. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Osgood W.H. 1921. The turkey as subject for experiment. *The American Naturalist* 55(636):84-88.
- Paredes M., Romero A., Torres M., Vallejos L. & Mantilla J. 2019. Crecimiento y comportamiento reproductivo de la gallina criolla de huevos con cáscara verde de la provincia de Chota, Cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30(2):733-744.
- Peñuela A. & Hernández A. 2018. Characterization of embryonic mortality in broilers. *Revista MVZ Córdoba* 23(1):6500-6513.
- Pérez A., Polanco G., Fernando J., Onzie A., von Lengerken G. & Pingel H. 2000. La gallina "criolla" de Cuba. 1. Incubación y etapa inicial. *El Arca* 4(1):32-41.
- Plano C.M. & Di Matteo, A.M. 2001. Atlas de patología de la incubación del pollo. *Obra realizada en Granja Tres Arroyos, SA Argentina. Distribuido por Embrex Inc., Duham, US*, pp. 8-119.
- Quintana J.A. 1999. *Avitecnia*. 3er Ed. Trillas, México, 384 pp.
- Ricaurte G.S.L. 2005. Embriodiagnosia y ovoscopia. Análisis y control de calidad de los huevos incubables. *Revista electrónica de veterinaria* 1(3):1-25.
- Rodríguez-Moya, J. & Cruz-Bermúdez, A.I. 2017. Factores que afectan la incubabilidad de huevo fértil en aves de corral. *Nutrición Animal Tropical* 11(1):16-37.
- Salazar B.L.L., Magaña M.M.A. & Latournerie M.L. 2015. Importancia económica y social de la agrobiodiversidad del traspatio en una comunidad rural de Yucatán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 12(1):1-14.

Scanes, C.G. 1986. Pituitary gland, pp: 383-402. In: Sturkie, P.D. (ed.) *Avian Physiology*, 4th edition, Springer, N.Y.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación. 2007. Inventario de pavo o guajolote (número de cabezas). Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/invpa.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2003. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) en México. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/infofao.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2016a. Manual de buenas prácticas pecuarias en unidades de producción de pollo de engorda. SAGARPA-SENASICA-UNA, México. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <http://oncesega.org.mx/archivos/Manual de Buenas Pr cticas Pecuarias de Producci n de Pollo de Engorda 4.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2016b. Manual de buenas prácticas pecuarias en unidades de producción de huevo para plato. SAGARPA-SENASICA-UNA, México. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: <http://oncesega.org.mx/archivos/Manual de Buenas Pr cticas Pecuarias de Producci n de Huevo Para Plato 4.pdf>

Secretaria de Desarrollo Social. 2011. "*Medición de la pobreza*" *Publicación informativa de la subsecretaría de prospectiva, planeación y evaluación*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [http://www.pot.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2004/1/images/buletin\\_medicion.pdf](http://www.pot.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2004/1/images/buletin_medicion.pdf).

Segura J.C., Jerez M.P., Sarmiento L. & Santos R. 2007. Indicadores de producción de huevo de gallinas criollas en el Trópico de México. *Archivos de Zootecnia* 56:309-317.

Serrano A.V., Silva S.M.M., Cano G.M.A., Medina G.G. & Ruiz C.A. 2005. *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Oaxaca (periodo 1961-2003)*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, 282 pp.

- Silva B.R.N., Souza L.F.A., Capalbo A.C. & Nogueira W.C.L. 2013. *Temperatura na incubação sobre os anexos embrionários e embriodiagnóstico*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [https://www.avisite.com.br/cet/img/20131015\\_premiolamas.pdf](https://www.avisite.com.br/cet/img/20131015_premiolamas.pdf)
- Sindik, M., Sanz, P., Revidatti, F., Fernández, R., Michel, M., Canet Z. 2017. Efecto del Genotipo y Plano Nutricional sobre el Peso del Huevo y la Longitud Corporal en Pollitos Campero INTA. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal* 9:27-35.
- Soares, R. 2008. Diagnóstico embrionario, una importante herramienta de ayuda en la planta de incubación. *Selecciones Avícolas* 50(4):23-26.
- Solís R.J. 2017. Mejoramiento genético y formación de líneas genéticas de doble propósito para aves de traspatio en regiones tropicales, pp.18-25. *In: VI Simposium de avicultura familiar y de traspatio*. Universidad Autónoma Chapingo – Centro Regional Universitario de Oriente. Boca del Rio, Veracruz.
- Suárez O.M.E. 2012. El rol del estado para transformar la ganadería de traspatio en instrumento para la seguridad alimentaria. *In: III Foro Internacional de Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria*. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Tepetates, Mpio. Manlio F. Altamirano, Veracruz.
- Suchini R.M., Villela C.E. 2017. Determinación de Requerimientos Nutricionales en Reproductoras Criollas Cuello Desnudo en Etapa de Inicio, Bajo un Sistema Intensivo. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal* 10:122-127.
- Tablada A.O. 1978. La incubación. *Encuentro: Revista Académica de la Universidad Centroamericana* 13:77-88.
- Torres A., Bañuelos V.R, Meza L.C., Rodríguez F.H., Ramón R. & Echavarría C.F.G. 2009. Indicadores Productivos de Gallinas Rhode Island en un Sistema de Traspatio en la Localidad de Valle de San Francisco, Loreto, Zacatecas. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Disponible en línea en: [http://congresos.cio.mx/memorias\\_congreso\\_mujer/archivos/extensos/sesion3/S3-BCA13.pdf](http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion3/S3-BCA13.pdf)
- Tovar P.J.L., Narváez S.W., & Agudelo G.L. 2015. Tipificación de la Gallina Criolla en los Agroecosistemas Campesinos de Producción en la Zona de Influencia de la Selva de Florencia (CALDAS). *Luna Azul* 41:57-72.
- Verduzco R.C., Martínez G.E.G., Muñoz R.M., Santoyo-Cortés V.H., & Aguilar-Ávila, J. 2016. Estrategia de gestión de la innovación para la avicultura de traspatio en zonas rurales marginadas de Oaxaca, México. *Transitare* 2(2):165-182.

Viveros H.J.H, Chávez S.J.L, Jerez S.M.P, Villegas A.Y.2016. Manejo de Gallinas de Traspatio en Seis Comunidades de Los Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 3(2):75-86.

Yakubu A., Ogahd. M. & Barde R.E. 2008. Productivity and egg quality characteristics of free range naked neck and normal feathered Nigerian indigenous chickens. *International Journal of Poultry Science* 7:579-585.