

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

**Implementación de un sistema para la producción de huevo comercial de gallinas
Sex Link y Rhode Island con acceso a pastoreo**

Ana Isabel Cruz Bermúdez


Proyecto presentado para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2018

HOJA DE APROBACIÓN


Este proyecto de graduación fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.




Director de proyecto
M.Sc. Rodolfo WingChing Jones.




Miembro del tribunal
M.Sc. Rebeca Zamora Sanabria.



Miembro del tribunal
M.Sc. Augusto Rojas Bourrillón.



Miembro del tribunal
Ph.D. Catalina Salas Durán.



Director de Escuela
M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo.

Ana Isabel Cruz Bermúdez Sustentante

Ana Isabel Cruz Bermúdez.

DEDICATORIA

A mami y a papi,

Por ser ejemplo, por su amor y apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todo, por darme la oportunidad de estudiar, y poder alcanzar mis metas. A mis hermanos, mis papás, estoy eternamente agradecida por creer siempre en mí, por ser ejemplo, por brindarme apoyo y amor siempre. Agradezco que me enseñaran el amor hacia los animales, y el poder tener la oportunidad de ayudarlos. A Mau, por estar siempre conmigo, apoyándome, aconsejándome, siempre atento.

A la profesora Rebeca Zamora por la confianza, el apoyo y la dirección que me brindó para poder llevar a cabo esta investigación, por motivarme a estudiar el bienestar animal, por ayudarme a no perder las esperanzas por tener un mundo mejor para los animales.

Al profesor Rodolfo WingChing, gracias por la paciencia, la ayuda, los consejos, la orientación y hacerme sentir segura en todo el proceso del proyecto. A todos los profesores de la u, que de alguna u otra forma colaboraron en mi formación. Al personal del módulo aviar y a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A la Universidad de Costa Rica por brindarme tan preciados años de enseñanza, a todos mis amigos de la u, sin ustedes no lo hubiera logrado.

A todas las especies animales que participaron en mi formación, espero poder siempre ayudarlos.

ÍNDICE

PORTADA.....	i
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO	3
2.1. Situación de la producción de huevo en pastoreo en Costa Rica	3
2.2. Sistemas de producción	3
2.2.3. Ecológico.....	6
2.2.4. Aviarío.....	6
2.2.5. Label Rouge.....	7
2.2.6. Orgánico.....	7
2.3. Bienestar animal.....	7
2.4. Bioseguridad	9
2.5. Selección de aves para sistemas en pastoreo: líneas genéticas	10
2.6. Alimentación.....	11
2.7. Rentabilidad del sistema	12
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Generales:.....	14
3.2. Específicos:.....	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1. Diagnóstico en producciones de huevo con acceso a pastoreo.....	15
4.2. Descripción del manejo de las instalaciones y áreas de pastoreo.....	15
4.2.1. Galera.....	16
4.2.2. Parques o áreas de pastoreo.....	16
4.2.3 Alimentación.....	17
4.3 Rendimientos productivos	18
4.3.1. Peso corporal.....	18
4.3.2. Peso del huevo.....	19

4.4. Generación de un modelo de producción de gallina ponedora con acceso a pastoreo	21
4.5. Rentabilidad del sistema.	21
4.5.1. Descripción del sistema productivo propuesto.	21
4.5.2. Instalaciones y equipo.....	21
4.5.3. Indicadores productivos y comercialización.	21
4.5.4. Análisis económico.	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5.1. Diagnóstico a nivel nacional de granjas de gallina ponedora bajo el sistema de pastoreo que se encuentran en funcionamiento	23
5.1.2. Generalidades	23
5.1.3 Densidad de aves	25
5.1.5 Alimentación	25
5.1.6 Áreas de pastoreo.....	26
5.1.7 Pastoreo	27
5.1.8 Manejo Sanitario	28
5.1.9 Nidos y manejo del huevo	29
6. Manejo de las instalaciones del sistema de gallina ponedora en pastoreo.....	30
6.1 Instalaciones	30
6.1.1 Equipo	32
6.1.2 Nidos	34
6.1.3 Manejo del huevo.....	36
6.2 Programa de iluminación.....	37
6.3 Manejo sanitario	38
6.4 Temperatura y humedad	42
6.5 Prácticas de alimentación.....	44
7. Descripción de las áreas de pastoreo	49
7.1 Horario de acceso al pastoreo.....	50
7.2 Comportamiento de las aves	51
7.3 Altura del pasto	57
7.4 Disponibilidad de forraje	59
7.5 Relación hoja/tallo	61
8. Rendimientos productivos de las aves Sex Link y Rhode Island Red bajo un sistema con acceso a pastoreo.....	63
8.1. Procedencia y crianza de las aves del módulo aviar.....	63

8.2. Descripción de las razas	63
8.3. Rendimientos Productivos	65
8.4. Peso vivo y Uniformidad	65
8.5. Producción semanal de huevo y Huevo por ave alojada (HAA).....	68
8.6. Conversión Alimenticia	71
8.7. Mortalidad y descarte	73
8.8. Peso de huevo y masa de huevo	77
9. Generación de un modelo de sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo	80
9.1. Generalidades	80
9.2. Crianza	80
9.3. Instalaciones	81
9.3.1. Galera	81
9.3.2. Materiales para la construcción de la galera	82
9.3.3. Instalaciones anexas	83
9.3.4. Equipo	84
9.3.5. Perchas	85
9.3.6. Nidos	86
9.4. Corredores.....	86
9.5. Áreas de pastoreo, parques o apartos	87
9.6. Alimentación.....	89
9.7. Manejo del huevo	91
9.8. Estirpes recomendadas	92
9.9. Manejo Sanitario	92
10. Rentabilidad del sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	99
10.1. Inversiones iniciales	99
10.2. Costos de operación.....	100
10.3. Rentabilidad del sistema propuesto.....	101
10.4. Análisis de sensibilidad	103
11. CONCLUSIONES	106
12. RECOMENDACIONES	108
11. LITERATURA CITADA.....	109
12. ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Características de los diferentes sistemas de producción de aves con acceso a pastoreo utilizados en la actualidad.....	5
2	Niveles de la expresión del comportamiento en diferentes sistemas de alojamiento para la producción de huevo.....	9
3	Afecciones en aves bajo el sistema con acceso pastoreo y manejo sanitario sugerido.....	10
4	Parámetros productivos de gallinas ponedoras Hyline en diferentes tipos de alojamiento.....	11
5	Composición nutricional del alimento balanceado comercial para gallina ponedora.....	17
6	Composición nutricional de los suplementos minerales para contrarrestar el efecto del estrés calórico y carbonato de calcio suplementados a las aves del módulo aviar.....	18
7	Características generales de los sistemas de gallina ponedora con acceso a pastoreo visitados.....	24
8	Dimensiones y capacidad de las aberturas de la galera para los dos grupos de aves	31
9	Equipo para los dos grupos de aves en la galera del módulo aviar.....	33
10	Medidas de bioseguridad aplicadas en las aves del módulo aviar.....	38
11	Temperatura y humedad relativa dentro de la galera del módulo aviar de la Sede del Atlántico.....	43
12	Cantidades promedio ofrecidas de suplementos minerales a las aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).....	45

13	Consumo de alimento balanceado registrado y real a diferentes edades de las aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).....	46
14	Comportamientos naturales de las gallinas Sex Link y Rhode Island Red observados en las áreas de pastoreo.....	54
15	Disponibilidad de pasto Estrella Africana disponible para pastoreo de aves en el módulo aviar.....	60
16	Relación hoja-tallo del pasto Estrella Africana presente en los parques de los dos grupos de aves.....	61
17	Valor nutricional del pasto Estrella Africana a diferentes intervalos de corta.....	62
18	Huevos por ave alojada (HAA) encontrados en aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).....	71
19	Conversión alimenticia (CA) real encontrada de aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).....	71
20	Porcentaje de mortalidad acumulada de las aves del módulo aviar.....	74
21	Densidades de aves en la galera y parques del módulo aviar.....	76
22	Peso de huevo, porcentaje de producción y masa de huevo de las aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR) del módulo aviar.....	78
23	Requerimientos de energía y proteína cruda para las aves SL y RIR en el ciclo de postura.....	78
24	Equipo recomendado para la galera de producción con acceso a pastoreo.....	84
25	Dimensiones de perchas para el enriquecimiento ambiental de la galera.....	85
26	Composición nutricional de pastos recomendados para sistemas de gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	87

27	Inversiones iniciales, vida útil y depreciaciones.....	99
28	Estructura y valor de costos operativos en colones en los años 1, 5 y 10 para el establecimiento de un sistema productivo de gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	100
29	Flujo de caja del modelo productivo supuesto para los años evaluados.....	102
30	Costos fijos, costos variables, producción anual, venta y punto de equilibrio del proyecto de gallina ponedora con acceso a pastoreo, para los años 1, 5 y 10.....	103
31	Diferentes escenarios ante posibles cambios en las variables de porcentaje de postura y precios de kg de huevo y alimento balanceado.....	104
32	Valores máximos y mínimos de los indicadores sensibilizados para que el proyecto sea viable.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Encierro para el pesaje semanal en el módulo aviar.....	19
2	Huevos en nidos comunales (a), recolección en recipientes de plástico (b) y pesaje de huevos de las aves del módulo aviar (c).....	20
3	Destrucción de las áreas de pastoreo por el pisoteo y comportamiento de las aves.....	26
4	Problemas en el acceso a pastoreo por las aves en la granja 2 por limitación en las salidas.....	27
5	Picaje encontrado en las aves Sex Link de la granja 1.....	29
6	Galera del módulo aviar en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica.....	30
7	Aberturas hacia el exterior en la galera del módulo aviar	31
8	Bebederos y comederos de la galera del módulo aviar	33
9	Modelo de percha de la galera del módulo aviar.....	34
10	Nidos comunales y adaptados de recipientes de plástico de la galera del módulo aviar.....	35
11	Hacinamiento en nidos de la galera del módulo aviar.....	36
12	Huevos sucios y quebrados encontrados en los nidos de las aves del módulo aviar	37

13	Bombillos del programa de iluminación de la galera del módulo aviar.....	37
14	<i>Heterakis gallinarum</i> en ciegos y desparasitación de las aves en el agua de bebida	40
15	Bodega de suministros y alimentos del módulo aviar.....	41
16	Condición de bebederos y comederos sin limpiar de la galera del módulo aviar.....	42
17	Lecturas promedio de la temperatura y humedad relativa dentro de la galera del módulo aviar.....	43
18	Jadeo en aves del módulo aviar.....	44
19	Desperdicio en alrededores de los comederos de las aves del módulo aviar	47
20	Inadecuado recorte de pico de las aves del módulo aviar.....	47
21	Área destinada para los parques de las aves del módulo aviar.....	50
22	Aves del módulo aviar en parques durante días soleados.....	51
23	Cantidad de aves en parques al abrir las salidas.....	52
24	Cantidad de aves dentro de la galera en condiciones muy calurosas (izquierda) y frescas (derecha).....	53
25	Aves del módulo aviar ubicadas en la sombra de árboles y aleros de la galera.....	55
26	Destrucción de alrededor de 1/3 de las áreas de pastoreo del módulo aviar.....	56
27	Aves del módulo aviar en las cercanías de las salidas a los parques.....	56
28	Altura del pasto de alrededor de 50 cm en las periferias de los parques del módulo aviar.....	57

29	Condiciones del pasto después de la corta de uniformización y del pastoreo de las aves (a), descanso de 7 días (b) y descanso de 15 días (c).....	58
30	Preferencia de las gallinas del módulo aviar por las hojas del pasto Estrella.....	59
31	Deterioro de la pastura en el parque 1 de las aves RIR.....	61
32	Proceso de cruzamiento para obtener el Sex Link Negro.....	64
33	Peso promedio y uniformidad encontrado en las aves Sex Link.....	65
34	Peso promedio y uniformidad encontrado en las aves Rhode Island Red.....	66
35	Lesiones por cama húmeda en las garras de las aves del módulo aviar.....	67
36	Porcentaje de producción de las aves Sex Link, Rhode Island Red (módulo aviar) e Isa Brown.....	68
37	Conversión alimenticia semanal total y conversión alimenticia real de las aves Rhode Island Red.....	72
38	Conversión alimenticia semanal total y conversión alimenticia real de las aves híbridas Sex Link.....	72
39	Consumos (g) de alimento balanceado de las aves Sex Link y Rhode Island Red (módulo aviar) e Isa Brown.....	73
40	Picaje en zona dorsal y cola de las aves del módulo aviar.....	75
41	Comedero lineal recomendado para las aves con acceso a pastoreo.....	84
42	Ejemplo de percha para galera de producción de huevo con acceso a pastoreo.....	85
43	Refugios en áreas de pastoreo para incentivar la salida de las aves.....	88

44	Vista completa de la galera de gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	94
45	Fachada frontal de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	94
46	Fachada frontal de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	95
47	Fachada posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	95
48	Fachada posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	96
49	Vista superior posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	96
50	Vista interna posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	97
51	Corte transversal posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	97
52	Corte longitudinal posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.....	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	Herramienta utilizada para realizar el diagnóstico en diferentes granjas con acceso a pastoreo.....	120
2	Programa de vacunación de la granja de crianza de las aves del módulo aviar.....	123
3	Reporte de resultados de laboratorio para la detección de la enfermedad de Bronquitis Infecciosa Aviar en las aves del módulo aviar.....	124
4	Estructura de costos para la implementación de sistema propuesto.....	125

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el Módulo Aviar de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, en Turrialba, el cual contó con 210 gallinas ponedoras del cruce Sex Link (SL) y 180 de la raza Rhode Island Red (RIR), provenientes de la granja avícola Fabio Baudrit Moreno. La investigación se basó en la obtención de parámetros productivos y la caracterización de las instalaciones y áreas de pastoreo de estas aves bajo el alojamiento con acceso a pastoreo, donde la experiencia obtenida en el módulo, en conjunto con el diagnóstico de sistemas productivos que comercialicen huevos de pastoreo a nivel nacional, permitió generar un modelo productivo para gallina ponedora con acceso a pastoreo. Se realizó un diagnóstico en 5 sistemas productivos que comercializan huevos con acceso a pastoreo en el Gran Área Metropolitana. Se encontraron variaciones en el uso de estirpes, alimentación, manejo en las instalaciones y áreas de pastoreo. Se caracterizó el manejo de la galera del módulo aviar, donde se detalló las prácticas que se realizaron en los ámbitos de alimentación, equipo, uso de nidos y perchas, programa de iluminación, manejo del huevo y manejo sanitario, así como el comportamiento de las aves. Se describió el manejo de la pastura presente en las áreas de pastoreo del módulo, pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), donde se realizaron cortas de uniformización para la obtención de alturas desde los 5 cm hasta 50 cm, diferencia dada por la preferencia de las aves de estar cerca de la galera. Se obtuvieron disponibilidades de forraje (25% MS) de 5033 y 3460 kg/Materia Fresca/ha promedio para los parques de las aves SL y RIR, respectivamente. Se obtuvo relación hoja/tallo >1 , lo que reflejó una mayor proporción de hoja que de tallo, y una mayor preferencia por las aves al pastorear. El material senescente no se cuantificó producto de la baja rotación establecida (15 días). El comportamiento de las aves con la pastura no resultó voraz, y no se observó una mayor ingesta de forraje, ya que no se substituyó ningún porcentaje de alimento balanceado por materia verde y/o insectos presentes en las áreas de pastoreo. Los indicadores que se obtuvieron a lo largo de la investigación, antes y durante el acceso al pastoreo fueron el peso corporal, uniformidad, consumo de alimento balanceado, producción diaria y semanal, masa de huevo, peso de huevo, conversión alimenticia, huevos por ave alojada, mortalidad y descarte. Se encontraron diferencias en los rendimientos entre el cruce SL y la raza RIR, y se

compararon con los de la línea genética Isa Brown, al haber evidencia científica que respalda la importancia de la genética en el desempeño productivo. La experiencia anterior permitió la realización de un modelo de gallina ponedora con acceso a pastoreo, la cual suple las necesidades de las aves que se mantengan en este tipo de alojamiento, de forma que se garantice el bienestar, maximizar el potencial genético de las aves y el manejo adecuado en la galera y las áreas de pastoreo disponibles. Con base en el modelo propuesto, se realizó la estructura general del sistema de producción de gallina ponedora con acceso a pastoreo, para obtener la rentabilidad del sistema, donde se obtuvo un TIR del 21,48%, un VAN de ₡19.219.243, con un período de recuperación de 5 años, y una relación B/C de 1,58, lo cual hace viable la explotación supuesta. Esta investigación pretende informar sobre las condiciones actuales de los sistemas avícolas alternativos en Costa Rica, y la necesidad de establecer puntos críticos en ellos para asegurar bienestar a las aves y producto de calidad al consumidor. Además, es necesaria la realización de investigaciones posteriores en este campo, con el fin de optimizar la producción bajo condiciones tropicales húmedas.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del huevo en Costa Rica es un importante componente del sector agropecuario, el cual presenta un incremento notorio a través de los años. A nivel nacional, del año 2012 al 2016, la cantidad de gallinas ponedoras aumentó de 2,89 a 3,80 millones de animales, y el consumo per cápita de huevo pasó de 200 a 206 unidades por persona, cifra que supera a países como Brasil y los centroamericanos (Ruiz 2017).

El 63% de las gallinas ponedoras en nuestro país se encuentran confinadas en jaulas en batería¹ o jaulas convencionales en sistemas de producción intensiva (Monge 2016) y el resto de las aves se mantienen en sistemas de producción en piso. En Costa Rica no se encuentra documentada la cantidad de sistemas productivos alternativos existentes, ni los sistemas de producción de huevo de pastoreo. Hoy, tampoco existe legislación para la implementación y manejo de este tipo de sistemas productivos.

Al ser sistemas de producción avícola alternativos, y de reciente implementación en el país, los productores que desean involucrarse en la actividad, tienden a confundir el sistema de pastoreo con la de traspatio. En esta última no hay control alimenticio, sanitario o agrícola, lo que genera deficiencias en las aves, instalaciones y por ende en el producto final.

El pastoreo para aves de corral, se enfocó en un principio al autoconsumo en finca o granja para luego generar una producción a escala local y por último para el mercado (Yepes 2007). Por medio de este sistema alternativo, los animales se desarrollan en ambientes donde se les permite el desarrollo de comportamientos naturales, y que bajo sistemas convencionales de producción tienden a perder, ya que el entorno y espacio por animal no les permite manifestarlos (Soto 2014).

En la actualidad los consumidores se preocupan cada vez más por el bienestar de los animales en dichas actividades intensivas, y se interesan en sistemas alternativos de producción, como lo es el pastoreo o la producción de huevo sin jaula. Cada vez se adoptan

¹ Alojamiento convencional de producciones de huevo intensivas, donde se colocan jaulas en filas una sobre otra, con espacios de alrededor de 450-510 cm² por ave.

sistemas productivos alternativos a los sistemas productivos intensivos o convencionales, los cuales se caracterizan por una alta productividad en el menor tiempo y espacio posible. En los sistemas convencionales las aves de forma habitual se mantienen en jaulas con poco espacio para extender de forma completa sus alas, y son privadas de comportamientos naturales, como son el anidar, el perchar y el darse baños de tierra, todos los cuales son de vital importancia para la gallina (HSI 2013).

Según Humane Society International (HSI 2013), los medios de comunicación y las organizaciones no gubernamentales informan a los ciudadanos acerca de los métodos industriales de las actividades agropecuarias intensivas. Lo anterior se refleja en un incremento notable en los últimos años en las exigencias éticas de los mercados de consumo de Europa y América del Norte, pero que de igual manera los países en vías de desarrollo no deben ignorar.

Es así como, el aumento en la cantidad de información disponible para los consumidores, genera una nueva demanda de productos, y ejerce presión sobre todas las cadenas de suministro y los gobiernos para adoptar políticas respetuosas con los animales, es decir, aquellos que consideran la importancia de proporcionar bienestar animal.

Es debido al aumento en el interés de los consumidores de obtener proteína animal proveniente de producciones alternativas, que se crea la necesidad de establecer las diferentes características y componentes para la implementación de un sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo. Además, es importante generar esta información para condiciones tropicales húmedas con influencia del Caribe, ya que existe información de este tipo de sistemas, pero para latitudes en zonas templadas.

Asimismo, se dará oportunidad de conocer y analizar el comportamiento productivo de razas de gallinas como la Sex Link y Rhode Island Red, las cuales provienen del convenio UCR-MAG para brindar nutrición y seguridad alimentaria a la familia rural (EEFBM 2017), donde no se encuentra suficiente información que registre sus rendimientos, y que es de vital importancia para el productor con interés de generar un sistema de pastoreo con dichas razas.

2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1. Situación de la producción de huevo en pastoreo en Costa Rica

Existe poca información en nuestro país referente a la producción y al consumo de huevo producido por aves con acceso a pastoreo, pocas empresas se dedican a la comercialización del mismo. La producción de huevo en pastoreo se realiza en empresas grandes y en pequeñas granjas que comercializan en ferias locales y pequeños restaurantes (Brenes 2012).

De acuerdo con Brenes (2012), un sondeo que realizó Humane Society International en el año 2012, en establecimientos que venden huevos producidos con acceso a pastoreo en Costa Rica, encontró un precio promedio de $\$2.414^2$ por kg del producto, donde el costo para el consumidor es alrededor de 30% superior al del huevo convencional.

La empresa Yema Dorada, incursionó en este mercado hace 7 años y contaba para el año 2012 con 2% de la población de las aves de postura bajo este sistema. La filial de Walmart, Industria Avícola Costa Rica, y la empresa Huevo Criollo también producen y comercializan huevos de aves con acceso a pastoreo. Esta última marca se vende en los supermercados Auto Mercado, donde registran que el 11% de sus ventas de huevo, provienen de productos bajo el sistema de pastoreo (Brenes 2012).

2.2. Sistemas de producción

Según Fanatico y Earles (2003), y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE 2015) las aves con acceso al pastoreo se crían de las siguientes maneras:

a. Estabulación parcial: las aves se confinan en un gallinero, con acceso a una zona que se restringe al aire libre, donde son puestas en un área externa o campo abierto para que puedan pastorear y se protejan dentro de una cerca, corral o red, lo que permite a las aves estar donde ellas deseen.

² \$1= $\$593$ colones netos

b. Libres: las aves se mueven con libertad durante el día (en una pastura) y regresan a la galera en la noche. El gallinero puede ser fijo o móvil, donde se mueve de forma regular a un sitio fresco y las aves no se encuentran encerradas.

Existen diferentes tipos o sistemas en los que utiliza el pastoreo como parte de su alojamiento, entre los que se reconocen la producción de carne y huevo “free range”, “cage free” o pastoreo, orgánica, de tipo aviario, ecológica y “label”. Al mencionar los sistemas de producción alternativa con acceso a pastoreo, es importante caracterizar o definir cada sistema, debido a que existen múltiples modalidades y el nombre puede cambiar de país en país. En el Cuadro 1 se resumen las características para cada sistema.

2.2.1. Pastoreo (free range). Este sistema de alojamiento, se caracteriza por la posibilidad que tienen los animales de desplazarse de forma libre por una mayor área, en el suelo cubierto por pasturas. Además de esta libertad que se les proporciona a las aves, tienen la oportunidad de consumir forraje e insectos que se encuentren en el ambiente, utilizan vitaminas naturales, aire fresco y luz natural. También, permite integrar y aprovechar las condiciones agroecológicas de la finca incorporándolos a otros sistemas agrícolas y ganaderos (Salatin 1996). Sin embargo, las aves no son capaces de aprovechar la fibra presente en la pastura, por lo que su ingesta se considera como un extra a la ración total de alimento balanceado, para evitar subalimentar al ave.

Cuadro 1. Características de los diferentes sistemas de producción de aves con acceso a pastoreo utilizados en la actualidad.

Características	Tipo de sistema				
	Pastoreo (Free range)	Orgánico	Ecológico	Aviario	Label Rouge
Densidad	9 gallinas/ m ² en galera 1gallina/m ² al aire libre	9 gallinas/m ² en galera 4m ² / gallina al aire libre	6 gallinas/m ² en galera 4m ² / gallina al aire libre	9 gallinas/m ² en galera 4m ² / gallina al aire libre	8 aves/m ² en galera 1 ave/m ² al aire libre
Alimentación	Alimento balanceado con o sin aditivos, pasturas	Uso de granos orgánicos, Prohibido aminoácidos sintéticos, promotores de crecimiento, antibióticos, harinas de origen animal, luz artificial	Prohibido uso de promotores de crecimiento aminoácidos sintéticos, alimentos transgénicos ni de origen animal	Alimento balanceado con o sin aditivos	Prohibido uso de promotores de crecimiento, aminoácidos sintéticos, alimentos transgénicos ni de origen animal
Manejo Sanitario	Uso de vacunas Puede o no haber restricción de antibióticos o anticoccidiales	Prohibido uso de antibióticos, anticoccidiales Uso de extractos naturales, homeopatía	Uso de vacunas	Uso de vacunas	Prohibido corte de uñas y de picos. Prohibido uso de medicamentos
Enriquecimiento ambiental	Nidos, perchas	Nidos, perchas	Nidos, perchas	Nidos, perchas	Nidos, perchas, arena
Problemas de comportamiento	Picaje y canibalismo	Picaje y canibalismo	Picaje y canibalismo	Picaje y canibalismo	Picaje y canibalismo

Fuente: Barrantes y Viquez (2003), Salatin (1999), Banco (2004), Leyendecker et al. (2005), Heerkens et al. (2015), Berg (2002), Tauson (2005).

De acuerdo con Soto (2014), es importante contar con un buen programa de rotación o movilización de las instalaciones (si estas son móviles) en las pasturas, para evitar así contaminación de los animales con parásitos o enfermedades que puedan causarles daño. Además al realizar estas rotaciones, es posible utilizar las excretas como abono (fuente de nitrógeno) para el mejoramiento de la calidad de los suelos, contar con pasturas de buena calidad nutricional para luego los animales las consuman, y minimizar el impacto ambiental que producen los desechos que generan los animales.

Asimismo, la OIE (2015) señala importante que las zonas al aire libre estén situadas en suelos que drenen bien y se manejen de forma tal que se minimice la posibilidad de que se creen condiciones pantanosas o lodo. En las zonas al aire libre, se debe velar también porque se procure refugio a las aves y no haya plantas venenosas ni contaminantes. Además, se considera necesario experimentar con estos sistemas alternativos y líneas mejoradas en las condiciones propias de cada país y finca, para completar los conocimientos sobre su problemática y manejo, con el fin de evitar que los avicultores caigan en posibles errores y pérdidas que puedan derivarse de una mala adaptación de los resultados y conclusiones que se obtienen en países donde las condiciones son distintas (Barnett y Newman 1997).

2.2.3. Ecológico. Consiste en la selección de estirpes semi-pesadas de plumas rojas, las cuales se introducen al sistema ecológico alrededor de las 14 y 16 semanas de vida. Las instalaciones que se utilizan en general son casetas móviles y edificios fijos, con una densidad no mayor a 6 aves/m². La luz natural se puede complementar con luz artificial para obtener un máximo de 16 horas y oscuridad por al menos 8 horas. El pastoreo se debe realizar en un terreno con árboles, con árboles frutales y cercas vivas. Se utilizan granos y alimentos balanceados sin proteínas de origen animal (Banco 2004).

2.2.4. Aviario. Este sistema varía en diseño, cuentan con bebederos, comederos, nidos y perchas en uno o más niveles dentro de las instalaciones. De acuerdo con Heerkens et al. (2015), existen los aviaros de tipo fila los cuales tienen múltiples niveles donde poseen una cama de arena y una estructura de metal con más de 4 niveles. También están los aviaros de un solo nivel, encima de una tarima (Tauson 2005).

En dichos aviaros, las aves tienen un mayor espacio donde pueden desenvolver comportamientos como correr, volar, hacer baños de arena y hacer uso de las perchas y nidos

(Leyendecker et al. 2005). Además deben tener acceso al aire libre o al pastoreo. La Unión Europea recomienda una densidad de alrededor de 18 gallinas/m² dentro del aviario, 9 gallinas/m² en el área utilizable, donde se incluyen los niveles o pisos, y 4 m²/gallina en el área de pastoreo.

2.2.5. Label Rouge. Este tipo de sistema se originó en Francia para el pollo de engorde (pero también se encuentra para gallina ponedora), donde se garantiza un producto fresco y de calidad, a través del etiquetado o label. Aquí se utilizan estirpes de crecimiento lento donde las instalaciones de crianza cuentan con grandes espacios y aseguran un manejo natural de las mismas, con uso de espacios al aire libre, bajas densidades y pequeños lotes de animales. Las densidades para el label son de 8 aves/m² en la galera, y 1 ave/m² al aire libre o en el área de pastoreo, no más de 10,000 aves por hectárea.

2.2.6. Orgánico. Según Berg (2002), en este sistema los productores deben utilizar prácticas culturales, biológicas y/o mecánicas y emplear los principios ecológicos, como la conservación de los recursos naturales y el reciclaje de los recursos. Aquí, la producción difiere más que todo en la alimentación de las aves, donde se limita sólo a productos orgánicos certificados, y en la medida de lo posible, que se obtengan en la misma producción. El uso de anticoccidiales y antibióticos están prohibidos, al igual que los aminoácidos sintéticos. La densidad es de 4 m²/ave al aire libre, y no se permite el uso de luz artificial. Al mes de setiembre del año 2018, en Costa Rica, no existe ninguna granja con certificación orgánica.

2.3. Bienestar animal

De acuerdo con Grandin (2002), el bienestar animal se puede definir como el mantenimiento de normas apropiadas de alojamiento, alimentación y cuidado general, más la prevención y el tratamiento de enfermedades. Para lograrlo, se plantea que los animales deben adaptarse al medio donde se crían, expresar al máximo posible su comportamiento natural a la vez que se mantengan dentro de lo posible libres de enfermedades, de las inclemencias climáticas, hambre, sed y maltrato, mediante un manejo adecuado y amistoso (Verhoog et al. 2004).

A su vez, Rist y Bar (1984) indican que, mantener a los animales en sistemas productivos que no garanticen su bienestar por lo general desencadena estrés. El estrés, además de producir sufrimiento y dolor en los animales, altera su comportamiento natural, los hace más vulnerables a las enfermedades, incrementa los daños físicos en ellos (picaje y canibalismo) y puede llegar a reducir su comportamiento productivo o provocar muertes (Rist y Bar 1984). No existe un sistema productivo o de alojamiento perfecto, cada tipo presenta ventajas y desventajas para los animales.

El Cuadro 2 detalla los comportamientos y niveles de expresión de acuerdo al sistema en el que las aves se encuentren, donde comportamientos como volar, estirarse, acicalarse, baños de arena, entre otros presentaron mayores niveles de expresión en los alojamientos tipo aviario y pastoreo, mientras que el picaje, canibalismo y agresión social mostraron menores niveles en los alojamientos en jaula. También, Swarbrick (1986) asegura que el canibalismo y el picoteo de las plumas pueden ser problemáticos en sistemas de pastoreo en mayor medida que en sistemas de jaulas, en especial en las parvadas grandes si sólo una pequeña proporción de las gallinas salen, porque la zona al aire libre está desprovista de vegetación (Hegelundl et al. 2005).

Cuadro 2. Niveles de la expresión del comportamiento en diferentes sistemas de alojamiento para la producción de huevo.

Comportamiento	Jaula convencional	Jaula enriquecida	Aviarios	Free range o pastoreo
Volar	+	+	++++	++++
Correr	+	+	++++	++++
Caminar	++	++	++++	++++
Aleteo	+	++	++++	++++
Estirarse	++	+++	++++	++++
Acicalarse	+++	++++	++++	++++
Ponerse de pie	++++	++++	++++	++++
Sentarse	+++	+++	++++	++++
Pastorear	+	++	+++	++++
Baño de arena	+	++	++++	++++
Anidación	+	+++	++++	++++
Uso de perchas	+	++	++++	++++
Esterotipia	++++	++	++	++
Canibalismo y picaje	++	+++	++++	++++
Agresión social	++	+++	++	++

+= ninguno o incompleto, ++= relativamente bajo, +++= moderado, ++++= completo o relativamente alto. Fuente: Lay et al. (2011).

2.4. Bioseguridad

La bioseguridad en los sistemas alternativos, al igual que en las convencionales, es de relevancia para evitar la proliferación de enfermedades y asegurar la sanidad de la explotación. Los programas de vacunación, los cuales forman parte de la bioseguridad, se realizan en función de las enfermedades que se encuentren en la zona, ya que estas no están pre-establecidas para ninguna explotación (Chaves 2011). Yepes (2007) menciona que la cría de aves en pastoreo mejora de forma notoria los parámetros de mortalidad y morbilidad en las aves criadas, esto al parecer se debe a las bajas densidades que se utilizan en este tipo de

explotaciones. En el Cuadro 3, se resumen las enfermedades o afecciones que sufren las aves en sistemas de pastoreo, y su manejo sanitario.

También es importante controlar las enfermedades que pueden contraer las aves domésticas y que pueden transferirse al hombre mediante sus productos (zoonosis) como la *Salmonella*, la *E. coli* y el *Campylobacter* (García et al. 2009). Al estar las aves en el exterior, evitar el contacto con aves silvestres y animales domésticos resulta difícil, y constituye un riesgo para la transmisión de enfermedades.

Cuadro 3. Afecciones en aves bajo el sistema con acceso pastoreo y manejo sanitario sugerido.

Tipo de agente	Manejo Sanitario
Protozoario Eimeria (Coccidiosis)	-Uso de productos coccidicidas o anticoccidiales -Rotación de pastos
Parásitos externos (ácaro rojo, piojo gris)	-Limpieza y desinfección de instalaciones, aplicación de desparasitantes
	-Limpieza y desinfección de instalaciones
Enfermedades virales (respiratorias)	-Descarte de aves enfermas -Control de aves silvestres

Fuente: Lampking (1997), García et al. (2009)

2.5. Selección de aves para sistemas en pastoreo: líneas genéticas

Al elegir una raza, o línea genética para un lugar o un sistema de producción determinado, es preciso tener en cuenta su bienestar y su sanidad, además de la productividad, y el índice de crecimiento (OIE 2015).

Según Muñoz y Vellojin (2002), la línea genética Isa Brown se prefiere para este tipo de sistema de cría, ya que presenta mayores niveles de productividad, mejor calidad y resistencia del huevo, menos colesterol en el mismo y menor consumo de alimento. Por otro lado, la línea genética Hy-Line Brown es más utilizada en sistemas en piso, ya que poseen un temperamento calmado y una buena sobrevivencia y viabilidad. Además, existen razas como la Andaluza Azul, Castellana Negra, Utrerana, Andaluza Sureña, etc., sin embargo no se registra su uso

en nuestro país. Razas como la Rhode Island Red y el cruce híbrido denominado Sex Link (proveniente del cruzamiento entre las razas Rhode Island Red y Plymouth Rock Barrada) sí se registran en este tipo de sistemas en Costa Rica.

Según un estudio realizado por Castañeda y Gómez (2010), los parámetros productivos de las gallinas bajo el sistema de pastoreo, dependen de la raza o línea genética, de la alimentación y de las condiciones ambientales que se les suministre a las aves. En el Cuadro 4 se resumen los parámetros encontrados en un estudio por 16 semanas, donde se compararon 3 diferentes tipos de alojamientos, entre ellos el pastoreo.

Cuadro 4. Parámetros productivos de gallinas ponedoras Hyline en diferentes tipos de alojamiento.

Parámetro	Hy-Line	Piso	Jaula	Pastoreo
Consumo (g)	105,55	113,44	113,44	103,47
Mortalidad (%)	1,00	1,83	1,17	0,00
Conversión Alimenticia	1,68	1,95	2,06	1,64
Postura (%)	86,75	81,30	76,10	85,54

Fuente: Castañeda y Gómez (2010).

2.6. Alimentación

Las aves en pastoreo se deben alimentar con granos y alimentos balanceados a base de cereales, granos de leguminosas y sus harinas, donde constituyen más del 95% de su ración diaria, para así asegurar un balance adecuado de nutrientes. La pastura entonces puede constituir hasta un máximo de 5% de la ración diaria de las aves, las cuales pueden obtener de esta (más los insectos), un pequeño porcentaje de su requerimiento calórico, vitaminas naturales, minerales y aminoácidos (Steward y Steward 2001).

Las aves prefieren pasturas de porte bajo o el rebrote, inmaduras y tiernas, que crezca en macollas o estolones subterráneos y que se mezclen con leguminosas y arvenses que produzcan granos y flores comestibles (Vargas 2001). La altura ideal del pasto es de 3 a 5 cm, no debe pasar los 10 cm, puesto que si es alto, las aves tienen dificultades para "rascar"

el suelo en busca de insectos. El pasto alto no estará limpio, turgente y será pobre de nutrientes y las heces no harán contacto con el suelo (Carballo 2004). Galindo (2005) menciona que una de las causas de canibalismo es debido a dietas deficientes en sal o aminoácidos azufrados, y esto puede provocar que se vuelva un vicio entre las aves, por lo que el comportamiento se puede ver reducido si las dietas de las aves se encuentran bien balanceadas.

2.7. Rentabilidad del sistema

Los sistemas alternativos inciden en la rentabilidad y la calidad del producto final. En México, según la percepción general del sector, el costo de producción puede llegar a duplicarse lo que impactará al menos el 40% el precio del huevo final. Por otro lado, Sumner et al. (2011) indican que los cambios de una producción convencional a una alternativa, causan aumentos de los costos de producción de alrededor del 40% por docena, en el estado de California en Estados Unidos. Este aumento puede generar una reducción en el consumo de huevo en menos del 10%, al ser la población estadounidense insensible a los cambios de precios.

Además, Muñoz (2016) menciona que un factor adicional que eleva el costo de producción es que la gallina libre consume más alimento por el desgaste energético que tiene al desplazarse, siendo siempre el costo de alimentación, el más alto en cualquiera de los dos sistemas. En cuanto al costo de transición en la infraestructura, puede variar pero se estima que el gasto adicional es de 15%.

De acuerdo con Rinfret y Rama (2016), los sistemas sin jaula son más costosos y menos eficientes en el uso del espacio que los convencionales. Los costos del equipo para los sistemas sin jaula son en promedio de \$35/gallina ponedora con un área de 0,9-1,5 m²/gallina, mientras que para los convencionales son de \$15/gallina con menor área por ave.

Como resultado, los huevos sin jaulas tienen un precio premium. En enero del 2016, el precio al por mayor de los huevos sin jaulas en Estados Unidos fue de \$0.52 /docena más alto que los huevos convencionales, y el margen comercial fue de \$0.48/docena más alto para los huevos sin jaulas que los huevos convencionales (Sumner et al. 2011).

El requisito de capital de inversión depende de las condiciones de infraestructura presentes en la explotación, la escala de la empresa y el grado de automatización que posea. Con una buena gestión, el margen bruto esperado por ave es de \$8 (TEAGASC 2006). Los sistemas

alternativos a menudo requieren un mayor cuidado, atención y presencia física del equipo de trabajo a diario y donde en ciertas situaciones son más difíciles de automatizar (Muñoz 2016).

3. OBJETIVOS

3.1. Generales:

Conocer y describir los requerimientos para la implementación de un sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo, y el rendimiento productivo de las gallinas Sex Link y Rhode Island Red bajo condiciones tropicales húmedas.

3.2. Específicos:

- Realizar un diagnóstico en producciones de gallina ponedora bajo el sistema de pastoreo.
- Describir el manejo de las instalaciones de un sistema de gallina ponedora en pastoreo.
- Caracterizar y describir el manejo de las áreas de pastoreo de un sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo.
- Conocer y analizar los rendimientos productivos de las aves Sex Link y Rhode Island Red bajo el sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo.
- Generar un modelo de producción de gallina ponedora con acceso a pastoreo como recomendación.
- Realizar un estudio de rentabilidad del sistema de ponedora con acceso a pastoreo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Diagnóstico en producciones de huevo con acceso a pastoreo. Se realizó un diagnóstico en cinco granjas del país, que se dedican a la producción de huevo comercial bajo el sistema con acceso a pastoreo. Esto con el fin de conocer la modalidad de la producción, el manejo dentro de las instalaciones y en las áreas de pastoreo, las necesidades bajo este sistema y establecer los puntos críticos en cada sistema productivo.

La recopilación de los datos se realizó con una herramienta diagnóstico que permitió reflejar las condiciones de producción de cada granja (Anexo 1). Dicha información fue de importancia para generar el modelo de producción de gallina ponedora con acceso a pastoreo. Este instrumento contempla información relacionada a alimentación, manejo sanitario, manejo de la galera y áreas de pastoreo, manejo del huevo, producción, comercialización, entre otros.

4.2. Descripción del manejo de las instalaciones y áreas de pastoreo. La investigación se realizó en la granja del módulo aviar de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, en Turrialba (SA-UCR). La granja contó con dos lotes de gallinas ponedoras, uno de la raza Rhode Island Red RIR (180 aves) y otro del cruce entre razas Rhode Island Red y Plymouth Rock Barrada, conocida como Sex Link SL (210 aves). Ambos provenían del Programa Avícola de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica (donde se realizó el periodo de cría), y luego se trasladaron al módulo con una edad aproximada de 13 semanas.

Para obtener los diferentes indicadores, se registraron los rendimientos productivos de las aves por lote, para observar las diferencias entre ambas razas, ya que en la actualidad hay escasa información documentada del comportamiento productivo de las mismas, en especial con acceso a pastoreo. Los indicadores que se obtuvieron a lo largo de la investigación, antes y durante el acceso al pastoreo fueron el peso corporal, uniformidad, consumo de alimento balanceado, producción diaria y semanal, masa de huevo, peso de huevo, conversión alimenticia, huevos por ave alojada, mortalidad y descarte.

Para el control de las afecciones respiratorias, a las 32 semanas de edad las aves fueron sometidas a una prueba de laboratorio para detectar si, a través de un muestreo de tráqueas e hisopados traqueales y cloacales, presentaban patógenos específicos para la enfermedad Bronquitis Infecciosa Aviar. Las muestras fueron analizadas a través de un diagnóstico molecular PCR-ARN convencional para detectar el genoma viral a través del proyecto de investigación B6-537 del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA).

4.2.1. Galera. Se ubicó en medio del terreno, rodeada de las áreas de pastoreo. Contó con una división dentro para separar a los dos lotes de aves y con dos salidas hacia los parques o áreas de pastoreo. Se utilizaron bebederos automáticos tipo campana, comederos manuales de tolva, nidos con heno y perchas. El material de la cama fue una mezcla de viruta de madera, aserrín y tierra.

4.2.2. Parques o áreas de pastoreo. Cada lote contó con tres áreas de pastoreo cada una con un área de alrededor de 70 m². La pastura presente en los parques fue la Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), la cual se cortó para lograr la uniformidad en la altura, cada vez que las aves salieran de pastorear y pasaran a otro parque.

Previo a que las aves salieran al exterior, se les brindó un tiempo de mínimo de 2 semanas sin posibilidad de salir de la galera, para que estas aprendieran a usar los nidos, y así evitar huevo en piso o en el área de pastoreo. Las aves tuvieron acceso al pastoreo todos los días, como mínimo 4 horas al día. Las aberturas o puertas se encontraron siempre abiertas, para que la gallina tuviera libertad de entrar y salir de la galera, y de consumir alimento y agua a libertad. Los días de ocupación en cada apartamento fueron de 7 días, donde se completó un ciclo de rotación cada 15 días. Posterior al traslado de las aves al siguiente apartamento, se procedió a uniformizar la pastura con ayuda de una motoguadaña, para obtener alturas de 5 cm.

Se realizaron pruebas de disponibilidad de forraje en las áreas de pastoreo, antes del pastoreo de las aves con un marco cuadrado de 0,25 m de lado. La materia verde recolectada se pesó y se estimó la cantidad de pastura por m². Con estas mismas muestras, se obtuvo la relación hoja-tallo y materiales senescentes en el forraje.

Se observó el comportamiento de las aves al brindarles el acceso a pastoreo, en todos los parques, a través de observación directa alrededor de las 9-10 a.m, una vez a la semana por

ocho semanas a gallinas de 35 semanas de edad, por un período de 60 minutos. Se observaron los siguientes comportamientos: Rascar/escarbar (movimiento con las patas y garras en hojas y el suelo), picotear (movimientos directos con el pico a diferentes objetos), baños de tierra, estirar las alas, pastorear (ingerir materia verde y/o insectos), caminar, chupar hojas, correr y picaje y canibalismo.

Se registró la cantidad de veces que las gallinas realizaban cada comportamiento, y se obtuvo el porcentaje de cada uno al dividir cada comportamiento realizado entre el total de todas las observaciones registradas. La escala de calificación fue la siguiente: completo o relativamente alto= todas las aves lo realizaron; moderado= 50%-80% de las aves lo realizaron; relativamente bajo= menos del 50% lo realizaron; ninguno o incompleto= no se observaron.

4.2.3 Alimentación. Se les ofreció sólo una fase de alimentación (Fase 1) de alimento balanceado comercial denominado: *Ponedora Comercial 18%* (18% PC, 2850 kcal/kg). La composición nutricional del alimento se muestra en el Cuadro 5, datos que fueron obtenidos producto de análisis químicos en el laboratorio del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). El alimento balanceado se ofreció dos veces al día, 40% de la ingesta diaria en la mañana, y el 60% restante en la tarde. Esto para que la mayoría de las aves realizaran la postura en horas de la mañana y facilitara el trabajo de la recolección de huevo. La cantidad se ofreció de acuerdo a las diferentes necesidades de las aves, registrando el rechazo o sobrante presente en los comederos.

Cuadro 5. Composición nutricional del alimento balanceado comercial para gallina ponedora.

Análisis	Valor
Materia Seca (MS)	88,13%
Proteína Cruda (PC)	18,27%
Fibra Cruda (FC)	3,21%
Extracto Etéreo (EE)	5,15%
Cenizas (Ce)	13,66%
Calcio (Ca)	3,97%
Fósforo (P)	0,53%
Energía Metabolizable (EM)	2.850 Kcal/kg

Se suplementaron con carbonato de calcio grueso a libertad en comederos separados, y una pre-mezcla mineral sobre el alimento balanceado una vez al día. La pre-mezcla mineral está integrada por diferentes complejos entre aminoácidos y minerales como zinc, selenio, manganeso, hierro y cromo, así como vitamina C como principal ingrediente y carbonato de calcio como vehículo. La implementación se realizó con el fin de contrarrestar el estrés calórico de las aves y mejorar la calidad de la cáscara del huevo. Estos se ofrecieron a partir de las 44-45 semanas de edad, hasta el final del ciclo productivo. En el Cuadro 6 se muestra la composición nutricional de ambos suplementos.

Cuadro 6. Composición nutricional de los suplementos minerales para contrarrestar el efecto del estrés calórico y carbonato de calcio suplementados a las aves del módulo aviar.

Mineral (mínimos)	mg/kg
Vitamina C	120.000
Zinc	16.000
Cromo	240
Manganeso	16.000
Hierro	16.000
Selenio	60
Calcio (Ca) ³	388.600

4.3 Rendimientos productivos

4.3.1. Peso corporal. Para obtener el peso de las aves, se realizó el pesaje individual, una vez por semana, con una muestra aleatoria la cual se obtuvo con ayuda de un encierro donde se procuró pesar alrededor de 30% de las aves de cada lote (Figura 1). Con este indicador, se obtuvo parte de la curva de crecimiento de las aves a partir de las 13 semanas de edad, y el peso corporal hasta las 70 semanas de edad.

³Análisis químico realizado en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA).



Figura 1. Encierro para el pesaje semanal en el módulo aviar.

Se utilizó una balanza digital de mano marca Brecknell® con capacidad de 45 kg y una precisión de 0,4% de la carga aplicada. El ave se colocó en un balde (donde se taró el peso), para facilitar el manejo y evitar un mayor estrés en ellas. Con este indicador, se calculó la uniformidad con la siguiente fórmula:

$$\textit{Uniformidad} = \frac{\textit{Aves pesadas} - (\textit{aves} \pm 10\% \textit{ peso promedio})}{\textit{aves pesadas}} * 100$$

A partir del peso corporal se pudo estimar el ofrecimiento de alimento balanceado, lo cual dependió también de la producción, el peso del huevo, y el rechazo de alimento en los comederos.

4.3.2. Peso del huevo. El pesaje de los huevos se efectuó una vez a la semana, con una muestra aleatoria de 30 huevos por lote con una balanza analítica con $\pm 0,01$ g de precisión. A partir del peso promedio de huevo de cada lote de aves, y de la contabilización de los mismos se pudo obtener parámetros como los indicados en las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Producción diaria} = \frac{\# \text{ de huevos recolectados}}{\text{gallina día}} * 100$$

$$\% \text{ Producción semanal} = \frac{\# \text{ de huevos recolectados semanal}}{\text{promedio gallina día semanal}} * 100$$

$$\text{Huevos por ave alojada} = \frac{\text{huevos totales acumulados}}{\text{gallinas alojadas}}$$

$$\text{Masa de huevo} = \frac{\% \text{ producción diaria}}{100} * \text{peso de huevo}(g)$$

$$\text{Conversión Alimenticia Total} = \frac{\text{quintales alimento balanceado semanal} * 46}{\text{huevo total semana} * (\text{peso huevo}/1000)}$$

$$\text{Conversión Alimenticia Real} = \frac{\text{consumo alimento/ave/día} * \text{saldo de aves}}{\text{peso de huevo} * \text{saldo de aves}}$$

Los huevos se pesaron posterior a su recolección para evitar variabilidad en la muestra y toma de datos (Figura 2).

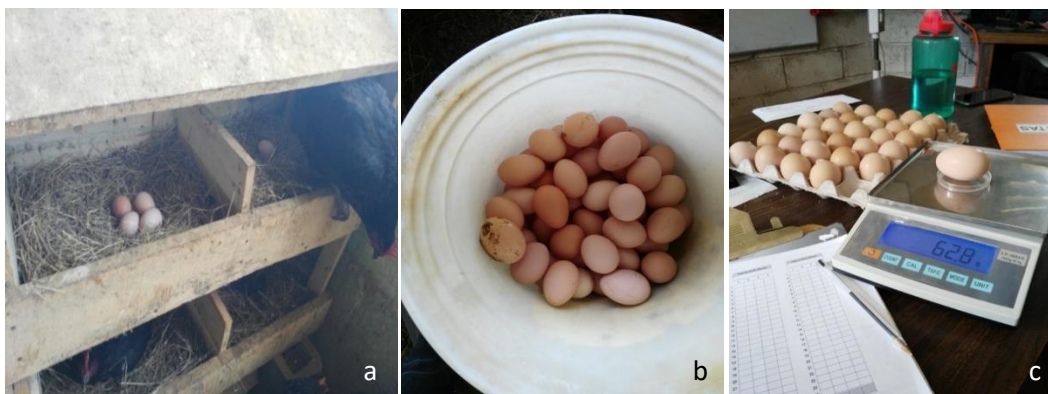


Figura 2. Huevos en nidos comunales (a), recolección en recipientes de plástico (b) y pesaje de huevos de las aves del módulo aviar (c).

Con la obtención de la conversión alimenticia total y la conversión alimenticia real, se pudo determinar el consumo registrado y el real, donde la diferencia entre ambos correspondió al porcentaje de desperdicio. La conversión alimenticia real contempla la mortalidad de las aves y el consumo por gramo diario, mientras que la conversión alimenticia total no toma en cuenta la mortalidad, y utiliza la cantidad de quintales de alimento balanceado semanales.

4.4. Generación de un modelo de producción de gallina ponedora con acceso a pastoreo. La experiencia que se obtuvo en la caracterización y descripción del manejo de las instalaciones y de las áreas de pastoreo en el módulo aviar, permitió la elaboración de un modelo productivo de gallina ponedora con acceso a pastoreo como recomendación. Esto se realizó en conjunto con la obtención de los rendimientos productivos de las aves, y la visita a las granjas que incorporan el pastoreo como alojamiento para las gallinas.

4.5. Rentabilidad del sistema.

4.5.1. Descripción del sistema productivo propuesto.

4.5.2. Instalaciones y equipo. Las características del proyecto desarrollado siguen las recomendaciones que se brindaron en el modelo productivo del punto 4.4. Este partió del supuesto de la construcción de una galera de gallina ponedora con acceso a pastoreo ubicada en el módulo aviar de la Sede del Atlántico de la UCR. Se desarrolló en un terreno de 1500 m², con una galera de 112 m² con capacidad para 1000 aves y con 3 parques de 300 m² cada uno para el pastoreo de las mismas, con una densidad de 9 aves/m² y 3 aves/m², respectivamente.

La galera contó con equipo automatizado en comederos, bebederos, iluminación y ventilación, además de bodegas de almacenamiento de huevo, alimento balanceado y utensilios, y vestidores. La postura se realizó en nidos y la recolección de los huevos fue manual.

4.5.3. Indicadores productivos y comercialización. Por su potencial genético, las aves fueron de la línea genética Isa Brown, y se obtuvieron en la etapa de pre-postura, alrededor de las 17 semanas de edad, finalizando los ciclos productivos a las 80 semanas de edad. La compra de estas se realizó en los años proyectados, a excepción de los años 3, 6 y 9 (al considerar 52 semanas por año), ya que las aves se encontrarían aún en periodo de producción.

Se les ofreció una cantidad promedio de 115 gramos de alimento balanceado en 2 fases: fase I (18%PC, 2900 kcal Energía Metabolizable) y fase II (17% PC y 2750 kcal Energía Metabolizable). El manejo sanitario incluyó la desparasitación, aspersiones con yodo, y la limpieza y desinfección del equipo e instalaciones. Se utilizaron valores promedio para los

indicadores productivos de producción de huevos (84%), peso de huevo (62 g), y sobrevivencia (94%).

La comercialización de los huevos se desarrolló en la misma granja, en separadores de 30 unidades, con envoltura de plástico y etiquetas que indican el alojamiento de las aves con acceso a pastoreo. El precio promedio al que se comercializó el kilogramo de huevo es de ₡2000⁴.

4.5.4. Análisis económico. Por medio de la experiencia en el módulo aviar en conjunto con la recopilación de información a través de consultas a tipologías constructivas del Ministerio de Hacienda, comercios, profesionales en economía agrícola y en trámites de crédito y avalúos, se realizó la estructura general del sistema de producción de gallina ponedora con acceso a pastoreo.

Se realizó un flujo de caja proyectado a 10 años, el cual fue afectado por una tasa de inflación del 10% a través de los años, donde se contemplaron las inversiones necesarias para el desarrollo del sistema (año 0), como para los demás años. Con lo anterior se calcularon los costos de inversión y de operación (fijos y variables) para el establecimiento de dicha producción, así como los ingresos provenientes de la venta de huevo, gallinas de descarte y gallinaza.

Se determinó la rentabilidad del sistema a partir de los factores de valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), relación beneficio/costo (B/C) y punto de equilibrio, de acuerdo a lo establecido por Sapag y Sapag (2008). Se sensibilizaron las variables de porcentaje de postura, precio del kilogramo de huevo y el precio del kg de alimento balanceado, los cuales incidieron de forma directa sobre el VAN y el TIR.

Para el desarrollo del proyecto, se consideró el financiamiento completo en entidades bancarias, con una tasa de interés anual de financiamiento del 10% fijo, por un plazo de 10 años. Para efectos del VAN, se asumió una tasa de rendimiento anual del 14%, la cual es la mínima para que el inversionista decida realizar la inversión.

⁴\$1= ₡593 colones netos

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Diagnóstico de granjas de gallina ponedora bajo el sistema de pastoreo que se encuentran en funcionamiento

5.1.2. Generalidades

Las explotaciones que se visitaron para el diagnóstico, comercializan los huevos en cadenas de supermercados y pequeños comercios de importancia en el Gran Área Metropolitana bajo la etiqueta de “Huevos de Pastoreo”. Todas pertenecen a diferentes marcas ya establecidas en el mercado, y se ubicaron en diferentes localidades del país, entre ellas, San José, Coronado, Atenas, Esparza y San Carlos. El inicio de esta modalidad de producción en estas empresas se encuentra entre 1 y los 15 años, y el tamaño de la explotación varió de acuerdo a la cantidad de aves que albergaban, desde las 400 hasta las 14.000, alojadas en diferente número de galeras con acceso a pastoreo.

Ninguna explotación realiza la crianza de las aves, ya que las reciben en la etapa de pre-postura alrededor de las 16-17 semanas. La obtención de las pollonas se realiza de dos formas: por pollonas que provienen de otra granja (pero de la misma empresa) donde realizan la crianza, o de criadores externos. En todos los casos, la crianza se realizó en alojamiento en piso.

La información recolectada durante las visitas a los sistemas productivos, se resume en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características generales de los sistemas de gallina ponedora con acceso a pastoreo visitados.

Granja	Densidad (aves/m ²)		Estirpe	Alimentación	Tipo de forraje en parques	N° de parques	Edad al salir a pastoreo (semanas)	Tiempo en pastoreo al día (horas)	N° salidas hacia parques	Manejo de pastura	Afecciones en las aves
	Galeras	Parques									
1	6	0,3	Sex Link	Reproductora 18%. 85 g/ave con una sustitución de alrededor del 30-40%.Ofrecimiento de hojas de brócoli y kale	Kikuyo	3	22	4,5	1	N/A ⁵	Parásitos, picaje y canibalismo
2	10	39	Isa Brown	Diferentes fases de alimento balanceado comercial. No realizan sustitución	Combinación de Brizantha, Brachiarias	7	30	2	1	Corta	Depredadores
3	5	1,25	Isa Brown	Diferentes fases de alimento balanceado comercial. No realizan sustitución	Estrella, natural, maní forrajero	3	29	8	6-10	N/A	Parásitos
4	7	1	Hyline	Diferentes fases de alimento balanceado comercial. No realizan sustitución	Natural	1	25	8	12	Corta	Parásitos
5	12	1	Hyline	Ponedora 18%.120 g/ave. No realizan sustitución	Natural	3	25	10	1	Fertirriego	Parásitos

⁵N/A: No Aplican

5.1.3 Densidad de aves

La densidad de aves en galeras y parques de los sistemas de producción evaluados, cumplen con las estipulaciones de las fuentes consultadas de este proyecto, a excepción de la granja 2, en la densidad de los parques. Estos se encontraron muy pequeños para la cantidad de aves y al contar con sólo una salida, el porcentaje de aves que lograban salir, era pequeña. Las altas densidades no repercutieron en el estado de los parques, ni en la salud de las aves. Sin embargo, no se recomiendan parques tan pequeños, y estos deberían tener las suficientes salidas para que las aves se familiaricen con el exterior (DEFRA 2001, Hyline International 2016a).

5.1.4 Estirpes

La mayoría de los sistemas utilizan líneas genéticas modernas, a excepción de la granja 1. Estas líneas se caracterizaron por tener un comportamiento tranquilo tanto en la galera como en los parques. Los rendimientos productivos se acogieron a las guías de manejo de la casa genética, por lo que no encontraron variaciones producto del sistema alternativo. Las aves Sex Link resultaron tener un comportamiento voraz y agresivo, lo que se podría relacionar por las condiciones en las que se encontraban (subalimentación al sustituir alimento balanceado por forraje). Estas provenían de la misma granja de crianza que las aves del módulo aviar (SA-UCR).

5.1.5 Alimentación

Tres de los sistemas diagnosticados, utilizaban diferentes fases de alimentación en el ciclo productivo, lo que benefició el bienestar de las aves al asegurar los requerimientos nutricionales. Los demás, se limitaron a utilizar sólo Fase 1 (Ponedora Comercial 18%) y Reproductora 18% durante la etapa de producción, aunque las aves eran ponedoras comerciales y no reproductoras, los requerimientos eran similares.

La granja 1 además ofrecía pasto Kikuyo (*Kikuyocloa clandestinum*) picado, hojas de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) y kale (*Brassica oleracea var. Sabellica*), para poder sustituir un porcentaje del alimento balanceado comercial. Al estar las aves subalimentadas, el consumo de estas materias primas verdes fue voraz. Las demás granjas no ofrecían otro tipo

de alimento, más que la suplementación de carbonato de calcio como grit⁶ para mejorar la calidad de la cáscara de los huevos de lotes de gallinas viejas.

5.1.6 Áreas de pastoreo

Las áreas de pastoreo de los sistemas diagnosticados, presentaron los mismos inconvenientes que se detectaron en el módulo aviar (SA-UCR) al deteriorarse una tercera parte de los parques; el constante pisoteo y el comportamiento de las gallinas de quedarse cerca de la galera permitieron la destrucción de parte del área. Esto a pesar de que no todas las aves salían, y que el tiempo de pastoreo en algunas de las granjas, era inferior al del módulo (Figura 3).



Figura 3. Destrucción de las áreas de pastoreo por el pisoteo y comportamiento de las aves.

⁶ Piedritas insolubles

Factores como exceso de refugios y árboles en los parques, estrés en las aves y comportamiento voraz con la pastura (sustitución de alimento balanceado por forraje), el no rotar los parques, el pisoteo de las aves y el no contar con canoas, influyeron en la destrucción de las áreas de pastoreo.

Para no perjudicar la salud de las aves en estas áreas destruidas, en épocas lluviosas sólo una granja tenía como protocolo no sacar a las aves, hasta que el suelo infiltrara el agua, y de forma visual no se presentara estancamiento en los parques. Esto evitó que las aves tomaran agua estancada en las zonas anegadas, y que se ensuciaran las garras.

5.1.7 Pastoreo

La edad de las aves al salir a pastorear, es muy similar, excepto en la granja 1 y 5. La mayoría brinda el acceso a pastoreo 4-5 semanas después del pico de producción (26 semanas) y los comercializan como huevos de pastoreo aún sin tener acceso al exterior. Esto lo realizan para evitar pérdidas por puesta de huevo en parques, variaciones en la producción de huevos y para promover que las aves se acostumbren a realizar la postura en los nidos.

Las horas con acceso a pastoreo, fue variable. La granja 2 sólo brinda 2 horas de acceso a las áreas de pastoreo, y sólo cuenta con una salida hacia los parques. Esto, y el diseño rectangular de la galera y su distribución, provocaba que no todas las aves lograran salir, por lo que existió una limitación y el porcentaje de aves en pastoreo fue mínimo (Figura 4).



Figura 4. Problemas en el acceso a pastoreo por las aves en la granja 2 por limitación en las salidas.

En el caso de este proyecto, sólo tres granjas cumplieron con el tiempo mínimo que estipula la literatura (6 horas) (Humane Farm Animal Care 2014, Official Journal of European Communities 1999), sin embargo los parques en dos sistemas no contaban con vegetación, por lo que esas aves se encontraron expuestas a un suelo sin cobertura de forraje, lo cual no es una práctica recomendada.

5.1.8 Manejo Sanitario

En todos los casos el porcentaje de mortalidad se mantuvo dentro de los parámetros indicados por las casas genéticas. Los problemas registrados en estas granjas, que no se relacionaron con el sistema alternativo, fueron fallos en la integridad intestinal de las gallinas, errores en la aplicación de vacunas contra enfermedades respiratorias, entre otras.

Todas las granjas realizan desparasitación a las aves. La frecuencia de aplicación varía entre 2-3 meses y el producto que más utilizan es el Fenbendazol. No todas realizan necropsias para comprobar la presencia de parásitos en el tracto gastrointestinal, ya que el protocolo es fijo. Sólo una granja retenía el huevo al realizar esta práctica, las demás lo comercializaban, a pesar de que existen Límites Máximos de Residuos para el huevo de gallinas desparasitadas (400 µg/kg)⁷.

La entrada de depredadores (serpientes, coyotes, perros) a los sistemas, fueron registrados en 2 granjas, por lo que procuraron mantener los parques con la pastura baja, y abrir las salidas en horas de la mañana, por un periodo corto de tiempo. Además, la implementación de pisos de concreto y el refuerzo de las cercas perimetrales, fueron prácticas que ayudaron a disminuir la entrada de estos animales silvestres. Las demás granjas indicaron no tener inconvenientes con depredadores.

El picaje y canibalismo, se registró en la granja 1, con las aves Sex Link. La sustitución de los granos por forraje, se cree que fue la causa del comportamiento agresivo (Sandilans 2016, Sedlačková et al. 2004). Esto causó la pérdida de plumas, alrededor de la cola y en el dorso (Figura 5), parecidas a las encontradas en el módulo aviar, lo que provocó el descarte de estas aves.

⁷Codex Alimentarius 2017.



Figura 5. Picaje encontrado en las aves Sex Link de la granja 1.

5.1.9 Nidos y manejo del huevo

Los nidos en su mayoría eran de metal para reproductora, pero también se presentaron adaptaciones de recipientes plásticos (capacidad de 5 galones) y de madera con divisiones. El material de cama de estos varió, entre cascarilla de arroz y heno, y su cambio se realizó alrededor de cada 15 días.

La frecuencia de recolección de huevos varió desde 2 hasta 6 veces al día, de forma manual, y dependió del tamaño de la explotación. Para la recolección, las granjas grandes utilizan la ayuda de cajas con un riel, mientras que en los demás sistemas, los huevos fueron depositados en cubetas plásticas.

Todas las granjas registraron problemas de huevo de piso. La alta densidad de aves por nido, nidos a alturas superiores de 50 cm, difícil acceso, ausencia de cama y la preferencia de las aves, incidieron en la puesta de huevo en el piso (Bell y Weaver 2002). También registraron porcentajes de huevo sucio y quebrado, pero no precisaron la cantidad exacta. Los huevos sucios se limpiaron con lijas y trapos mojados y se comercializaron como huevos de segunda categoría.

6. Manejo de las instalaciones del sistema de gallina ponedora en pastoreo

6.1 Instalaciones

Es una galera abierta la cual se aprovechó para la realización del presente proyecto, sin embargo, no se diseñó de manera especial para el tipo de producción que se desarrolló. Se realizaron adaptaciones (divisiones, salidas, puertas, etc.) y la construcción de los parques para el pastoreo de las gallinas (Figura 6).



Figura 6. Galera del módulo aviar en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica.

El área dentro de la galera es de $73,2 \text{ m}^2$, delimitada con un muro de block de 60 cm de altura y el resto con malla ciclón de 6". La galera se dividió a la mitad con cedazo tipo gallinero de plástico de 1,5", donde se separaron los dos lotes y se facilitó el manejo de las aves. Las densidades en la galera fueron 6 aves/ m^2 y 5 aves/ m^2 para las Sex Link y Rhode Island Red, respectivamente. El techo no contó con aislante térmico, ventiladores ni extractores de aire.

Cada grupo tuvo dos aberturas para la entrada y salida hacia las áreas de pastoreo, las cuales se detallan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Dimensiones y capacidad de las aberturas de la galera para los dos grupos de aves.

Sex Link			Rhode Island Red		
Altura (cm)	Ancho (cm)	Capacidad (N° de aves)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Capacidad (N° de aves)
50	77	4	210	80	4
208	42	2	208	32	1

Dichas aberturas fueron adaptadas de puertas con las que ya contaba la galera. Sólo una fue hecha especialmente para las aves Sex Link (Figura 7).



Figura 7. Aberturas hacia el exterior en la galera del módulo aviar.

La Regulación Oficial de la Unión Europea en los Estándares Mínimos para los alojamientos de las gallinas ponedoras (Official Journal of European Communities 1999) indica las siguientes estipulaciones: si las aves tienen acceso a pastoreo, a lo largo de toda la galera debe haber suficientes aberturas de al menos 35 cm de altura y 40 cm de ancho; en cualquier caso debe haber 2 metros de aberturas disponibles por cada grupo de 1000 aves.

La guía de manejo de Lohmann Tierzucht (2013) para sistemas alternativos, recomienda un tamaño mínimo de aberturas de 45 cm de altura y 100 cm de ancho por cada 500 aves. Harlander-Matauschek et al. (2006) realizaron un estudio para evaluar si diferentes tamaños de aberturas influían en el número de aves que salían a pastorear. Aberturas de 30, 60, 90, 120 y más de 150 cm x 30 cm (ancho x altura) se diseñaron de forma aleatoria en una galera, y encontraron que el ancho de las aberturas no influía en el número de aves que salían a pastorear, sin embargo otros factores sí afectaban, como la ubicación y el acceso a las aberturas, las condiciones climáticas, la cobertura vegetal de los parques, entre otros. Lo anterior sugiere que la dimensión de las aberturas en la galera del módulo aviar, fueron adecuadas para este tipo de sistema.

El piso de la galera es de tierra y se utilizó aserrín y viruta de madera como material de cama. En casos de cama húmeda por mal funcionamiento de bebederos, fugas desde el techo, fuertes vientos y otras inclemencias del tiempo, la gallinaza mojada se retiró para evitar lesiones en las garras de las aves, y para evitar malos olores dentro de la galera y presencia de huevo sucio en los nidos. La gallinaza mojada se reemplazó con aserrín seco para lograr mayor superficie de absorción, tanto de la humedad de las heces, como de los derrames de agua de los bebederos.

6.1.1 Equipo

La cantidad de bebederos y comederos variaron de acuerdo al lote, ya que son diferentes cantidades de aves. En el Cuadro 9 se especifica el equipo para cada uno. Los comederos eran manuales (de material plástico y aluminio) de campana de 30 cm de diámetro y los bebederos automáticos de campana, mientras que las perchas fueron de tubo cuadrado metálico de 0,5" de ancho.

Cuadro 9. Equipo para los dos grupos de aves en la galera del módulo aviar.

Equipo y densidad	Sex Link (SL)	Rhode Island Red (RIR)
Comederos (50 aves/comedero)	6	4
Bebederos (100 aves/bebedero)	3	3
Perchas	2 (9 cm/ave)	2 (11 cm/ave)

Los comederos y bebederos se colocaron a lo largo de la galera, donde se procuró brindar facilidad de movimiento para las aves y el trabajo del personal. La altura en la que fueron colocados dependió del tamaño de las aves, donde se intentó que se encontraran a la altura del pecho, para evitar derrames de agua, desperdicio de alimento o que no logran tener el suficiente acceso (Figura 8).



Figura 8. Bebederos y comederos de la galera del módulo aviar.

Las perchas no fueron diseñadas para este propósito, ya que resultaron de una estructura metálica previa utilizada como protección de ventanales. Se ubicaron en las paredes frontal y superior, sin obstrucción de ninguna de las salidas hacia los parques, a una altura de 1 metro, con 45° de inclinación (Figura 9). Sandilans (2016), recomienda esta altura y ángulo de la percha, ya que si se encuentra baja o alta, puede exacerbar el comportamiento de picaje y

canibalismo, además de poder provocar presión y lesión en la quilla. También indica una densidad de 15 cm por ave, resultando inferior al proporcionado en el módulo aviar para las aves como se muestra en el cuadro 9.



Figura 9. Modelo de percha de la galera del módulo aviar.

Debido al orden social jerárquico en ambos grupos de aves, el uso de la percha fue mayoritario en aves subordinadas, como refugio del comportamiento de picaje y canibalismo de otras dominantes. También se registraron aves durmiendo y descansando en ellas a cualquier hora del día, sin embargo su uso fue mayor durante las noches. El comportamiento del uso de la percha por las aves, se recomienda evaluar mediante etogramas en trabajos futuros.

6.1.2 Nidos

Previo a que las aves salieran a pastorear, se les brindó un tiempo hasta las 19 semanas de edad para que aprendieran a usar los nidos, y así evitar huevo en piso o en el área de pastoreo. Para la puesta y alojamiento de los huevos, se contó con 55 nidos en total, 24 para las Sex Link (8 aves/nido) y 31 para las Rhode Island Red (6 aves/nido), sin embargo las cantidades variaron a lo largo del ciclo productivo, al añadir y/o acondicionar los nidos para mejorar el confort de las aves. Una parte de ellos fueron nidos comunales de madera (sin división) y otros adaptados de recipientes de plástico (Figura 10).



Figura 10. Nidos comunales y adaptados de recipientes de plástico de la galera del módulo aviar.

El material de cama de los nidos fue heno, y su cambio se realizó cada semana. Al no ser nidos específicos para las gallinas, y no tener puertas, se les permitió a las aves poder dormir y/o descansar en ellos, donde defecaron y ensuciaron la cama con material del exterior. Esto elevó los porcentajes de huevo sucio y, además, que las aves desarrollaran el comportamiento de cluequez.

La puesta de huevos en nidos se desarrolla a nivel social en las gallinas, donde la presencia de aves dentro de un nido, lo hace más atractivo para otras, y promueve la puesta de huevos en ese mismo sitio (Riber 2010). Esto, en conjunto con lo atractivo de los nidos y el ritmo interno biológico de las aves, que las lleva a poner huevos en horas de la mañana (Boz et al. 2014), puede resultar en el hacinamiento en nidos, si estos no se disponen de suficientes cantidades para permitir la puesta sincronizada en todo el sistema (Abrahamsson y Tauson, 1995). Sandilans (2016) y Bell y Weaver (2002), recomiendan densidades de 4 aves/nido, por lo que las aves del módulo aviar, necesitaron de una mayor cantidad para alcanzar confort en ellos.

Se observó hacinamiento de aves en los recipientes de plástico del módulo aviar, por lo que se dejó de usar los nidos de madera comunales, estos se acondicionaron para poder agregar recipientes de plástico, ya que las aves los preferían. Las gallinas tienden a elegir los que se encuentren más oscuros e individuales, y les resultaron más atractivos que los comunales.

El hacinamiento puede aumentar el riesgo de estrés calórico y ahogamiento (Riber 2010), agresión entre gallinas, heridas y pérdida de plumas producto de saltar encima de la otra (Hunniford et. al 2014), lo cual aconteció en los dos grupos de aves del módulo (Figura 11).



Figura 11. Hacinamiento en nidos de la galera del módulo aviar.

6.1.3 Manejo del huevo

La recolección del huevo se realizó dos veces al día, en recipientes de plástico. Se separó huevo limpio del sucio, y se eliminó con material abrasivo (brillo) la materia orgánica proveniente del material de la cama (o el exterior) y del contacto con la cloaca. Se registró entre 22 y 28% de huevo sucio para los dos lotes de aves, porcentaje que aumentaba si el cambio de la cama de los nidos no era frecuente (Figura 14). Una vez limpios, se colocaron en separadores con capacidad para 30 unidades.

Los huevos quebrados representaron entre 2 y 3% del total de huevos para ambos grupos de aves (Figura 12). Los huevos quebrados y los huevos con mucha suciedad, no se comercializaron, para evitar riesgos en la inocuidad y calidad del producto. El almacenamiento de todos los huevos tuvo lugar en las oficinas administrativas del Módulo Lechero (SA-UCR).



Figura 12. Huevos sucios y quebrados encontrados en los nidos de las aves del módulo aviar.

6.2 Programa de iluminación

La galera tuvo seis bombillos blancos (20 watts), tres para cada lote colocadas a una altura de 115-120 cm del suelo (Figura 13). Las luces se encendieron por medio de un controlador automático programado a las 3:00 am hasta las 6:00 am, para un total de 15 horas diarias de luz. El estímulo de luz se inició a las 26 semanas de edad basado en el peso corporal, en la uniformidad sexual (evaluación del tamaño de la cresta) y en la producción de huevos.



Figura 13. Bombillos del programa de iluminación de la galera del módulo aviar.

Controlar la iluminación es una herramienta que se utiliza para mejorar la producción de huevo y el crecimiento en la avicultura. La luz puede influenciar el comportamiento, la tasa de crecimiento, actividad física y los factores fisiológicos como los que tienen que ver con el sistema reproductivo (Bell y Weaver 2002).

Esta se suministra con la combinación de fuentes naturales y artificiales, tal como se dio en el módulo aviar, sin embargo Lohmann Tierzucht (2013) señala que es más fácil aplicar un programa de iluminación en galeras cerradas sin el efecto de la luz del día. Esto porque se presenta en una menor uniformidad a las aves. La intensidad y las horas de luz a las que se expusieron las aves del módulo aviar, fue la misma a lo largo del ciclo productivo.

6.3 Manejo sanitario

Las gallinas fueron vacunadas durante la etapa de crianza contra ocho enfermedades, entre ellas Gumboro, Bronquitis, Infecciosa Aviar, Newcastle y Marek. El programa de vacunación se adjunta en el Anexo 2, con especificaciones del tipo de vacuna, vía de aplicación y edad de las aves en la que se realizó.

Para controlar la incidencia de enfermedades en la granja, y evitar afecciones en las aves previo y durante el pastoreo, se aplicaron diferentes medidas de bioseguridad, las cuales se resumen en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Medidas de bioseguridad aplicadas en las aves del módulo aviar.

Medida	Productos utilizados	Frecuencia de aplicación
Limpieza de equipo e instalaciones	Agua, jabón, esponjas, escobas	1-2 veces por semana
Aspersión con desinfectante al ambiente	Yodo 0,1%	1 vez por semana
Aspersión de las instalaciones contra parásitos externos	Piretroide	Cada 12 meses
Control de roedores	Cebos	1 vez por semana
Medicación con mucolíticos	Bromhexina 2%	Cada 4 -5 meses

Dichas medidas variaron de acuerdo a la sintomatología presente en las aves. Los mucolíticos y las aspersiones de yodo, se realizaron debido a que se registraron movimientos inusuales en la cabeza de ambos grupos de aves, como indicador de una posible afección del aparato respiratorio. La bromhexina es un ingrediente activo común usado como mucolítico en la medicina aviar, el cual se describe como una sustancia que ayuda a eliminar el moco de las vías respiratorias, rompiendo el esputo (Carrillo et al. 2016). Una vez implementado en el agua de bebida, las aves mejoraron su condición.

Los yodóforos son desinfectantes producidos con una mezcla de yodo y de varios componentes portadores. Estos productos tienen propiedades que atacan las bacterias, los virus y esporas (Kahrs 1995), por lo que la nebulización de yodo sobre las aves, ayudó de manera considerable a mejorar los síntomas del tracto respiratorio. Además, se utilizó como desinfectante dentro de las instalaciones y como antiséptico en heridas presentes en aves, producto del picaje.

El virus de Bronquitis Infecciosa Aviar es una enfermedad que ocasiona uno de los problemas respiratorios virales en aves más difíciles de controlar, provocando efectos negativos en la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia, ocasiona alteraciones en la producción y calidad del huevo, a menudo favorece la presencia de infecciones mixtas y lleva a pérdidas incluso en el producto terminado por decomisos al momento del sacrificio (Cavanagh y Naqi 2003). Los resultados de las muestras analizadas para detectar el genoma viral en las aves del módulo aviar, fueron negativos (Anexo 3).

Los principales métodos de control de los ectoparásitos de las aves de corral son la aspersión con insecticidas a las instalaciones o directo a las aves, tratar el medio ambiente y eliminar cama reutilizada o contaminada. Los ectoparaciticidas más utilizados en la industria avícola incluyen los carbamatos, organofosforados y piretrinas (Goetting et al. 2011). La aspersión en la granja, se realizó en el exterior de las instalaciones, ya que aves se encontraron con ácaros a nivel de plumaje (característicos en aves con acceso a pastoreo), en las alas y cuello. Dichos insectos rara vez causan mortalidad en las aves de corral, sin embargo el estrés físico asociado con infestaciones puede resultar en disminución de la producción y las pérdidas económicas (Axtell y Arents 1990).

Cuando las aves inician su salida a las áreas de pastoreo, se recomienda hacer un control de los parásitos internos que puedan infestarlas, debido a la exposición al exterior con agentes

portadores como heces, moscas, gusanos, insectos, agua estancada etc. Esto se debe realizar en conjunto con la necropsia de aves muertas y exámenes de heces en una muestra de aves que indique la presencia de dichos parásitos, como se realizó en el módulo aviar. Se encontraron gusanos redondos *Ascaridia galli* a nivel de intestino, y *Heterakis gallinarum* en los ciegos (Figura 14). Para su control y tratamiento, se les suministró por primera vez en el agua de bebida, a las 32 semanas de edad, Fenbendazol al 10%, repitiéndose cada 3-4 meses.



Figura 14. *Heterakis gallinarum* en ciegos y desparasitación de las aves en el agua de bebida.

De acuerdo con Hyline International (2016b), los gusanos encontrados en el módulo, son los de mayor importancia en sistemas alternativos y de jaula. Los nematodos (*Ascaridia galli*) son los más comunes y se pueden encontrar en el intestino delgado, y en infestaciones masivas, se pueden visualizar desde las heces (este no fue el caso en el módulo aviar). Pueden ocasionar en las aves depresión, baja tasa de crecimiento, y baja conversión alimenticia (Bell y Weaver 2002).

Los *Heterakis* pasan la mayor parte de su tiempo en el ciego; son gusanos cecales inofensivos, pero pueden ser el huésped intermediario de otro parásito, *Histomonas meleagridis*, la causante de la enfermedad de la cabeza negra (Hyline International 2018). Ambos son transmitidos de forma directa a través de la ingesta de los huevos que se encuentran en las heces de otras gallinas.

Los sacos de alimento balanceado fueron almacenados en la bodega que se encontró contiguo a la galera, los cuales se colocaron sobre tarimas para que no estuvieran en contacto con el suelo (Figura 15). Cerca de la entrada, y alrededor de los sacos, se colocaron trampas con cebos contra roedores y además, se procuró mantener la bodega limpia, sin restos de alimento ni sacos vacíos, para evitar la contaminación y proliferación de enfermedades por parte de ellos. Los roedores encontrados muertos se eliminaron y se enterraron.



Figura 15. Bodega de suministros y alimentos del módulo aviar.

Bell y Weaver (2002), señalan que los roedores pueden significar en grandes pérdidas económicas al ingerir el alimento balanceado. Una sola rata puede consumir hasta 11 kg de granos en un año, y en ese proceso, contaminar 10 veces esa cantidad de alimento al defecar y orinar. Con esto pueden transmitir agentes patogénicos como salmonella, pasteurella y coccidia, los cuales afectan a las aves.

Respecto al equipo, los bebederos se lavaron cada día y los comederos se sacudieron, para evitar suciedad, hongos y biofilm como posibles fuentes de enfermedad para las gallinas (Figura 16).



Figura 16. Condición de bebederos y comederos sin limpiar de la galera del módulo aviar.

El biofilm es una capa de organismos que se adhieren a la superficie interior de la línea del agua. Albergan patógenos como *Salmonella*, *E. Coli* u otros. Éstos tienen un impacto negativo en el efecto de las vitaminas y medicamentos que son suministrados por esta vía (Lohmann Tierzucht 2017).

Los hongos crecen y producen toxinas fuera de las aves. La importancia de su eliminación en el equipo, es que cuando estas se consumen, pueden continuar creciendo, y la toxina causar lesiones en las aves. Los hongos pueden causar enfermedades infecciosas que pueden afectar la piel y los tractos respiratorio e intestinal (Bell y Weaver 2002). La continua ingesta de moho y micotoxinas también producen pérdidas en la eficiencia alimenticia.

6.4 Temperatura y humedad

La medición de la temperatura y humedad, se comenzó a realizar a partir del mes de junio del año 2017 hasta enero del 2018. En el Cuadro 11, se muestra la humedad y temperatura media, máxima y mínima registrados, mientras que en la Figura 17, se observan las lecturas promedio. El termómetro se ubicó en el centro de la galera, a la altura de las aves para obtener datos más precisos en cuanto a la sensación térmica.

Cuadro 11. Temperatura y humedad relativa dentro de la galera del módulo aviar de la Sede del Atlántico.

Índice	Temperatura del Aire (°C)	Humedad Relativa (%)
Media	23,7	76,1
Mínima	16,0	57,2
Máxima	32,2	100,0

Al tener influencia del Caribe, la alta humedad es característica, y la presencia de lluvias intermitentes a lo largo del año. Esto impacta el rendimiento productivo de las aves, ya que el aumento de la humedad del aire a cualquier temperatura aumentará las molestias en el ave y el estrés por calor.

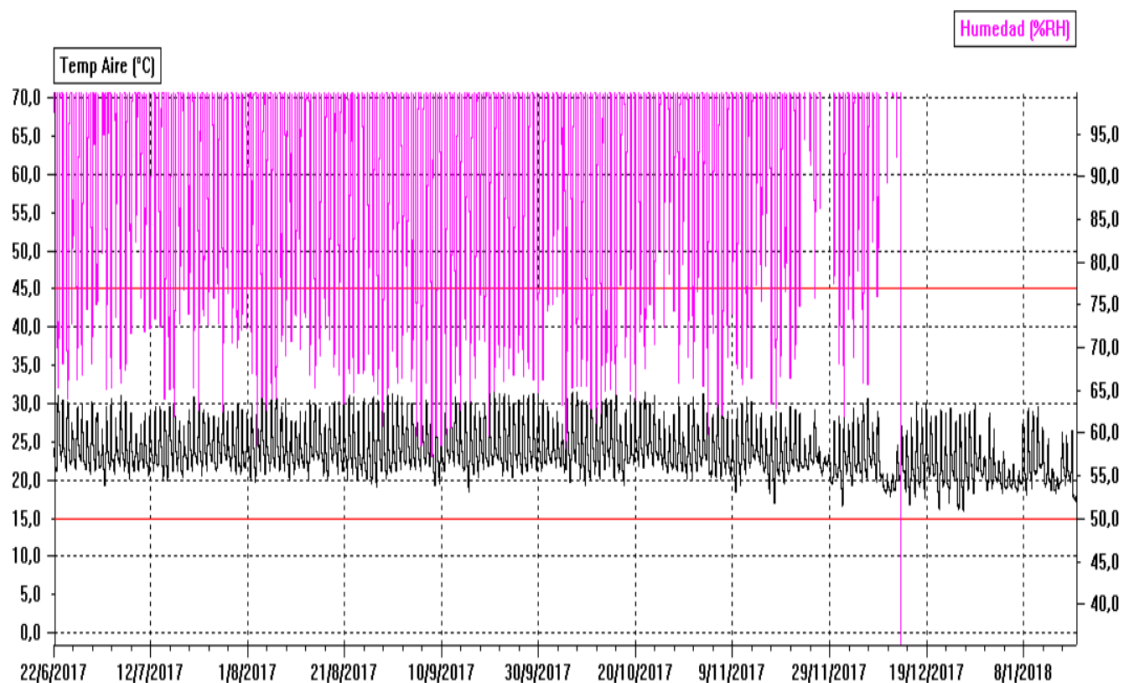


Figura 17. Lecturas promedio de la temperatura y humedad relativa dentro de la galera del módulo aviar.

Hyline International (2016a) indica que la zona termoneutral del ave generalmente es entre 18 y 25°C. Dentro de este rango de temperatura, la pérdida de calor sensible es adecuada para mantener la temperatura normal del ave de 41°C. Las gallinas, sin importar la edad, no pueden resistir altas temperaturas y humedades que se den de forma simultánea. Arriba de la zona

termoneutral, disminuye la eficiencia de los mecanismos de la pérdida de calor sensible (Hyline International 2016a).

El exceso de calor corporal es eliminado a través de mecanismos como convección, conducción, radiación y evaporación (jadeo), donde esta última disminuye su eficiencia por la alta humedad (Bell y Weaver 2002). En este punto, la evaporación del agua desde el tracto respiratorio se convierte en el mecanismo principal de la pérdida de calor del ave.

Estos mismos autores indican que, cuando el aire se encuentra húmedo, este no puede absorber agua proveniente del tracto respiratorio del ave, lo que acontece en un rápido jadeo. Este mecanismo fue recurrente en las aves del módulo aviar (Figura 18). El jadeo elimina el calor corporal, sin embargo cuando estas dos condiciones ambientales se encuentran altas al mismo tiempo, la temperatura interna aumenta, y puede acontecer la muerte.



Figura 18. Jadeo en aves del módulo aviar.

A temperaturas más altas de la zona termo neutral, el ave gasta su energía para mantener una temperatura corporal normal y sus actividades metabólicas. Esto desvía la energía del crecimiento y de la producción de huevo, resultando en una pérdida de rendimiento. Este efecto en las aves del módulo aviar, se discuten en el apartado de los rendimientos productivos.

6.5 Prácticas de alimentación

Debido las condiciones ambientales que experimentaron las aves durante el período de observación, con la finalidad de contrarrestar el estrés calórico registrado y mejorar la calidad

de la cáscara en las aves del módulo aviar (SA-UCR), se suplementó la dieta comercial con una premezcla mineral comercial y calcio para estrés calórico en el alimento balanceado. El Cuadro 12 detalla las cantidades promedio ofrecidas de los suplementos minerales a las aves de acuerdo a su edad.

Cuadro 12. Cantidades promedio ofrecidas de suplementos minerales a las aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).

Suplemento	Cantidad promedio ofrecida/ave	Edad de las aves (semanas)
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	24 g-28 g	44
Pre-mezcla mineral estrés calórico	200 mg	45

Ciftci et al. (2005), describen beneficios de la suplementación de vitamina C y E, cloruro de potasio, cloruro de amonio, sulfato de potasio y bicarbonato de sodio suministrado en el agua de bebida a las aves, durante altas temperaturas del día. En la avicultura, las vitaminas C y E se utilizan en las dietas por sus propiedades antioxidantes, al neutralizar los radicales libres que se generan debido al estrés calórico, y además, evidencian mejorías en la calidad de la cáscara (Ajakaiye et al. 2011).

Al registrarse altas temperaturas ambientales, se disminuye la calidad de la cáscara, por la alcalosis metabólica que se produce en las aves al expulsar dióxido de carbono en el jadeo, y así regular su temperatura corporal. Como consecuencia, dicho jadeo, hace que no haya suficiente carbonato de calcio disponible para la formación de la cáscara, lo que compromete la dureza de la misma.

Es probable que la forma del calcio afecte la capacidad de las aves de producir cáscaras de buena calidad, y parece que el suministro de calcio en partícula gruesa, como la que se ofreció en el módulo aviar, puede mejorar la calidad de la cáscara en aves bajo estrés calórico (Roberts 2004). Esto porque la cáscara del huevo contiene más de 3 gramos de calcio, por lo que la dieta de las gallinas debe contener una adecuada cantidad de este mineral, y la partícula gruesa parece utilizarse de forma más eficiente por el ave. Así, 50%-70% del calcio

suministrado en la dieta de las aves ponedoras, debe ser grueso, y el resto en partículas finas (Roberts 2004).

Los dos grupos de aves recibieron cantidades diferentes de alimento balanceado según la edad, de acuerdo al rechazo encontrado en comederos, en conjunto con el comportamiento registrado de porcentaje de producción, peso corporal y peso de huevo, donde las aves Sex Link presentaron mayor consumo que las Rhode Island Red. Las cantidades se ofrecieron con base en los consumos de alimento de la guía de manejo de la línea genética Isa Brown (Isa Innovation Breeds Success 2018). Se consideró el desperdicio de alimento para el cálculo del consumo real por ave, como se demuestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Consumo de alimento balanceado registrado y real a diferentes edades de las aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).

Edad (semanas)	Consumo registrado (g)		Consumo real (g)	
	SL	RIR	SL	RIR
13	85	84	85	84
20	120	117	120	117
30	147	145	132	130
40	145	147	130	132
50	177	176	135	134
60	180	176	137	134
70	183	179	140	136

Los consumos reales encontrados son mayores a los que indican diferentes autores (Singh et al. (2009), Silversides et al. (2007), Khawaja et al. (2012), Dominant CZ (2015), Bábolna Tetra Ltd (2013)) en alojamientos de piso, ya que en sistemas alternativos como el del módulo aviar, el consumo de alimento balanceado tiende a ser superior (Rutten 2018). Además, la mala condición del plumaje registrada en los dos grupos de aves, aumenta el nivel de consumo de alimento, dado que los requisitos de mantenimiento son más altos (Rutten 2018).

A partir de la semana 44-46 de edad, se registró gran cantidad de desperdicio en las periferias de los comederos (Figura 19), donde alrededor de 24% del alimento balanceado, se encontró en la cama de la galera.



Figura 19. Desperdicio en alrededores de los comederos de las aves del módulo aviar.

El desperdicio observado en este grupo de aves podría estar relacionado a que a las aves del módulo aviar no se les realizó de forma adecuada el recorte de pico, esto les permitió escarbar y escoger partículas más grandes de alimento, y así generar desperdicio alrededor de los comederos (Figura 20). Este comportamiento se exacerbó una vez que las aves se acostumbraron a salir a los parques a pastorear (32 semanas de edad). Se presume que el desperdicio fue influenciado por el estímulo creado en los parques de escarbar con el pico y rascar, en especial para las gallinas SL.



Figura 20. Inadecuado recorte de pico de las aves del módulo aviar.

Además, el mal manejo de los comederos en la galera hizo que, al colocar alimento balanceado en el comedero o al limpiarlos, estos se desajustaban de la altura indicada (pecho del ave), y en repetidas ocasiones se encontraron en alturas inferiores. Esto permitió a las aves generar desperdicio, y que comieran directamente de la cama. Appleby et al. (2004) señalan también que, las aves de forma natural, tienden a rascar el suelo cuando se encuentran comiendo, aún cuando el alimento balanceado se les ofrece en líneas de alimentación metálicas. Este comportamiento se observó en los dos lotes de aves del módulo aviar, y contribuyeron a generar desperdicio, aunado al mal manejo de los comederos.

Tampoco se realizó ajuste de alimento considerando la mortalidad, por lo que se aumentó la cantidad ofrecida conforme la edad de las gallinas, y no se contemplaron las aves muertas o descartadas.

El consumo de alimento balanceado aumentó con la edad de las aves, pero fue mucho mayor de la semana 20 a la 30. Conforme las aves envejecen, el consumo y el peso vivo aumentan (Singh et al. 2009), sin embargo el peso vivo disminuyó en la semana 27 de edad, ya que se registraron pérdidas de peso vivo en las aves, producto de malos olores por cama húmeda en la galera.

Durante la prueba no se consideró realizar una sustitución del alimento balanceado que se les brindó a las aves, por el forraje y/o insectos presentes en los parques, para evitar subalimentar y comprometer el rendimiento productivo de las gallinas. Su principal fuente alimenticia fueron los granos del alimento balanceado, y el aporte de la ingesta de forraje y demás constituyentes presentes en el exterior, se tomaron como extra en la dieta.

7. Descripción de las áreas de pastoreo

Las áreas de pastoreo se acondicionaron para el pastoreo de las aves, pues anteriormente este espacio se utilizó como potrero para las terneras del módulo lechero, las cuales colindan con la misma. Con base en esta disponibilidad de espacio, se calculó el tamaño de los parques, los cuales se ubicaron alrededor de la galera. Cada grupo de aves contó con 3 espacios, con un área de alrededor de 70 m² y una densidad de 3 aves/m² para las SL y 2,6 aves/m² para las RIR (Figura 21).



Figura 21. Área destinada para los parques de las aves del módulo aviar.

Las áreas se encontraron delimitadas y separadas una de otra con cedazo plástico de 1,5” de ancho y 180 cm de altura, sujetado a reglas de madera y troncos de bambú con gasas plásticas. Estos materiales facilitaron el manejo de las aves al momento de direccionarlas a cada apartado, ya que tuvieron sólo dos salidas desde la galera.

La pastura presente en los parques fue Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), y antes de establecerse para las aves, presentaba alturas de alrededor de 60-70 cm. Para conseguir que las aves usaran este espacio, se necesitó realizar la corta del pasto, para lograr uniformizarlo

y que este fuera adecuado para el tamaño de las aves. Esto se realizó desde antes que las aves comenzaran a hacer uso de los parques.

Una vez que salieron a pastorear, se establecieron 7 días de ocupación en cada apartamento, donde se completó un ciclo de rotación cada 15 días, para evitar que destruyeran por completo la pastura y brindar un periodo de descanso al mismo.

DEFRA (2001), indica que las galeras deben tener áreas de pastoreo en las que las aves puedan estar por períodos de hasta 6-8 semanas en cada uno. El número de parques depende del área disponible alrededor de la galera, pero se recomiendan seis de estos. A su vez, el tiempo de ocupación depende del tipo de suelo, drenaje, la cobertura de pasto y las condiciones ambientales.

Las aves del módulo tuvieron acceso a pastoreo a partir de las 32 semanas de edad. La Comisión Europea (2017), exige que los productores con sistemas alternativos de pastoreo, puedan mantener a las aves sin acceso al exterior por un tiempo no mayor a 16 semanas. La decisión se tomó con base en los recientes brotes de influenza aviar por toda Europa en el año 2016, y que se tradujo en grandes pérdidas. Las aves pueden mantenerse en la galera de producción desde las 18 semanas de edad, hasta un máximo de 34 semanas y es permitida la comercialización de estos huevos como de pastoreo. La Comisión también indica que, si las aves se mantienen en la galera por un período mayor a 16 semanas, los huevos deben comercializarse bajo la etiqueta de "huevos de gallinas criadas en el suelo", y tener un menor precio.

7.1 Horario de acceso al pastoreo

Los dos grupos de gallinas tuvieron acceso al pastoreo todos los días, sin importar las condiciones climatológicas de la zona. Las aberturas se encontraron siempre abiertas, para que la gallina tuviera libertad de entrar y salir de la galera cuando quisiera, para proveer a libre consumo alimento y agua, así como para realizar la puesta de huevo en los nidos.

Se intentó que salieran en un horario de 6:30 a.m a 2:00 p.m, sin embargo este tuvo variaciones de acuerdo a las labores de manejo que se pudieron realizar en el módulo. Las aves tuvieron un mínimo de 4 horas al día de acceso al exterior, con excepción de los días en que las aves tuvieron que ser medicadas o sometidas a alguna condición de manejo.

Humane Farm Animal Care (2014) recomienda que las aves deben pasar afuera un mínimo de 6 horas diarias durante los 12 meses del año, y en casos de emergencias, las aves

permanecerán en la galera las 24 horas del día por un período no superior a 14 días consecutivos. Esto también aplica para las condiciones de la Unión Europea.

7.2 Comportamiento de las aves

Los porcentajes de aves fuera y dentro de la galera variaron de acuerdo a las condiciones climatológicas. Al brindarles el acceso al exterior, no fue necesario entrenarlas para que salieran, ya que mostraban interés por sí solas de salir, contrario al momento de llevarlas dentro, donde se necesitó ayuda de personal.

Se observó que las aves Sex Link, al tener el plumaje de color negro, preferían salir a los parques en las horas más frescas del día o cuando el día estuviese nublado, donde no tuvieran contacto directo con el sol. Esto mismo ocurrió en las horas calientes con las Rhode Island Red, sin embargo en menor medida, ya que no tenían la limitante del color oscuro en las plumas (Figura 22).



Figura 22. Aves del módulo aviar en parques durante días soleados.

Harlander-Matauschek et al. (2006) indican que en los sistemas de pastoreo se registran gallinas que nunca salen de la galera, por lo que la etiqueta “de pastoreo “es solo un nombre y sugiere que este tipo de ambiente no es el preferido por las aves.

En este trabajo se estimó que alrededor del 85 al 90% de las aves salían a pastorear en el momento en que se les abrían las salidas (Figura 23), mientras que el resto (en su mayoría aves subordinadas) se encontraba en los nidos, comederos y bebederos. Al transcurrir 30 a 60 min, según las características del día (soleado o nublado), este porcentaje se invertía, ya que la galera en este caso funcionó como refugio ante esas condiciones climatológicas (Figura 24). Lo anterior también fue observado por Richards et al. (2011) y Gebhardt-Henrich et al. (2014) quienes indican que sólo una pequeña proporción de aves salen a las áreas de pastoreo, y depende de varios factores.



Figura 23. Distribución de aves en parques al permitirles el acceso a pastoreo.



Figura 24. Distribución de aves dentro de la galera en condiciones muy calurosas (izquierda) y frescas (derecha).

Estos factores se relacionan con la genética, las condiciones climatológicas, experiencia previa en las áreas de pastoreo durante la crianza, edad, presencia de gallos, cobertura, intensidad lumínica en la galera y las salidas, la vegetación y la presencia de fracturas en la quilla. El bajo porcentaje de aves afuera, pueden deberse a: miedo (por depredación), presencia de aves extrañas, preferencia por comer en la galera, o áreas no atractivas, producto de la misma destrucción de las aves (Gebhardt-Henrich et al. 2014).

En este trabajo se estableció que el material cosechado por las aves en los parques fue un consumo extra a la dieta basada en alimento balanceado. Esto permitió que las aves no desarrollaran un comportamiento voraz con la pastura, como si ocurrió en escenarios donde se sustituyen porcentajes de alimento balanceado por forraje (Sandilans (2016), Sedlačková et al. (2004)), y como aconteció en el comportamiento observado en las aves de la granja número 1 del diagnóstico realizado en este trabajo.

Walker y Gordon (2003), indican que la información del valor nutritivo del alimento (pasto, hierbas, piedras, insectos, gusanos, etc.) que las aves ingieren en las áreas de pastoreo es aún limitada. El consumo de pasto se estima ya sea por análisis de los contenidos en el buche, o cambios en la cobertura de la vegetación. Sin embargo, esta última no es tan efectiva, debido a la alta probabilidad de error (Lorenz et al. 2013).

Lorenz et al. (2013) realizaron análisis en los contenidos en el buche y la molleja de aves en sistemas de pastoreo, y registraron consumos de pasto de porte bajo de 2 a 5 g de la materia seca. Esto equivale a 20-25% del consumo diario de las gallinas ponedoras, el cual la mayoría de las veces se toma como un extra a lo que aporta el alimento balanceado, ya que es difícil asumir estos porcentajes, al variar de acuerdo al tipo de producción (carne, huevos), genotipo, edad de las aves y las horas del día.

El acceso a pastoreo brindó más espacio por ave y propició que desarrollaran comportamientos naturales como rascar, correr, volar, estirar las alas, realizar baños de tierra, además de poder estar en contacto con el exterior. La expresión de estos comportamientos se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Comportamientos naturales de las gallinas Sex Link y Rhode Island Red observados en las áreas de pastoreo.

Comportamiento	Nivel de expresión
Rascar/escarbar	++++
Picotear	++++
Baños de tierra	+++
Estirar las alas	+++
Pastorear	+++
Caminar	+++
Chupar hojas	++
Correr	++
Picaje y canibalismo	+

+ = ninguno o incompleto, ++ = relativamente bajo, +++ = moderado, ++++ = completo o relativamente alto.

El propiciar suficiente espacio, pasto y sombra o pequeños refugios en los parques, influye en el comportamiento que tengan las aves. Se observó que los comportamientos que más realizaron las aves del módulo aviar fueron rascar, picotear el suelo y la materia verde, mientras que el pastoreo (ingerir forraje y/o insectos) se vio disminuido.

Si bien el picaje y el canibalismo no se observó específicamente en las áreas de pastoreo, se registró este problema de comportamiento a nivel general dentro de la galera, en todo el ciclo productivo.

Está bien descrito que proveer de refugios en las áreas de pastoreo (incluyendo árboles), puede incentivar a las aves a salir de la galera (Stadig et al. 2016). Estos refugios pueden brindar protección del sol, lluvia y viento ante inclemencias del tiempo. Este comportamiento se observó en las aves del módulo aviar, al refugiarse bajo la sombra de los aleros y los árboles ubicados en los parques (Figura 25). Las aves perciben los espacios abiertos como amenazas, ya que se aumenta el riesgo de ser capturados por depredadores, por lo que los refugios y árboles pueden proveer de encubrimiento y hacerlas sentir seguras (DEFRA 2001).



Figura 25. Aves del módulo aviar ubicadas en la sombra de árboles y aleros de la galera.

A pesar que la pastura presentó una óptima recuperación en 2/3 de las áreas de pastoreo, con el ciclo de rotación y ocupación establecidas, el comportamiento de las aves hizo que destruyeran alrededor de 1/3 de los parques, eliminando parte de los rebrotes y raíces de la pastura, en todos los parques de los dos grupos de aves (Figura 26). La ausencia de canoas, el comportamiento propio de rascar y el constante pisoteo de las aves (por las salidas hacia

los parques) empeoró esta condición, ya que en días lluviosos, propició que se estancara el agua en el suelo sin pasto, sin permitir la recuperación del mismo.



Figura 26. Destrucción de alrededor de 1/3 de las áreas de pastoreo del módulo aviar.

Este comportamiento es descrito por Chielo et al. (2016), donde en su estudio, observaron un promedio de 12,5% de las aves pastoreando, y la mayoría de estas aves se registraron en las zonas próximas a la galera, tal y como aconteció en el módulo aviar (Figura 27). Al mismo tiempo, la cantidad de aves disminuía conforme se aumentaba la distancia de la galera.



Figura 27. Aves del módulo aviar en las cercanías de las salidas a los parques.

DEFRA (2001) también describe que el área de pastoreo que recibe las salidas de la galera, es la que sufre el mayor daño (sin importar la densidad de aves en los parques), por lo que se debe cubrir con piedras o láminas de plástico enrejilladas. Con esto se reduce el número de huevos sucios en los nidos debido a que las aves mantendrán las patas más limpias. Este tipo de prácticas es común en estudios donde diseñan alojamientos alternativos de pastoreo.

7.3 Altura del pasto

Cada vez que las aves cambiaron de aparto, se realizaron cortas del material para uniformar e intentar obtener alturas de alrededor de 5-15 cm, generar un óptimo rebrote de la planta y asegurar que hubiera suficiente pastura tierna una vez que entraban al área de pastoreo. Las alturas que se obtuvieron a lo largo del ciclo productivo, fueron variables debido al comportamiento propio de las aves de rascar, la preferencia por rebrotes o pastura corta y la sombra propiciada por los aleros de la galera.

Se obtuvieron alturas desde los 5 cm (cerca de la salida de la galera) hasta los 50 cm (alejado de la galera o cerca del área perimetral). Estas últimas alturas en las esquinas de los parques y la no preferencia por los nidos comunales de la galera, propiciaron que aves realizaran la puesta en el exterior (Figura 28). La corta del pasto alto, y la adaptación a nidos individuales, corrigieron este comportamiento.



Figura 28. Altura del pasto de alrededor de 50 cm en las periferias de los parques del módulo aviar.

La Figura 29 muestra las condiciones del pasto desde que las aves salieron de un aparto, para ubicarse en otro.



Figura 29. Condiciones del pasto después de la corta de uniformización y del pastoreo de las aves (a), descanso de 7 días (b) y descanso de 15 días (c).

El uso de pasto de porte bajo y resistente, así como tréboles, se consideran apropiados para este tipo de sistema alternativo. Además, se debe mantener corto para evitar afecciones como la impactación del buche, producto de ingerir hojas largas o muy secas que retienen el alimento en ese órgano, y causan malestar o muerte en las aves (DEFRA 2001).

Walker y Gordon (2003), recomiendan el uso de combinaciones de hierbas con pasto Rye Grass perenne (*Lolium perenne*), al ser un cultivo resistente para las aves y con fácil mantenimiento (sin considerar su potencial nutritivo). Utilizar el pasto natural, que se

encuentra establecido en la zona donde se encuentre el sistema productivo, es la estrategia más rentable, ya que Spencer (2013) indica que con los desafíos que enfrenta la avicultura en pastoreo, invertir dinero en establecer nuevos forrajes, no es económico, lo cual para pequeños productores puede significar una gran inversión.

Una de las ventajas del pasto nativo es que además de ser un pasto que se obtiene de forma natural, requiere poco mantenimiento, donde encalar o fertilizar no es del todo necesario (ya que sobrevivió en la explotación sin ningún costo ni mantenimiento). La pastura que existe suele ser resistente y bien adaptada al ambiente en el que se encuentra, por lo que se espera que responda de manera positiva a los desechos y actividad de las aves en pastoreo. El factor crítico es que el pasto debe ser denso, fresco, pequeño y compuesto por diferentes especies para que las aves posean una alta variedad (Salatin 1996).

7.4 Disponibilidad de forraje

Se realizaron pruebas de disponibilidad de forraje en los parques, antes que las aves entraran a pastorear, sin embargo, las gallinas no consumieron una gran cantidad de pasto. Esto se debió a la preferencia por los rebrotes y las hojas (el tallo no fue palatable), y que se encontraron satisfechas sus necesidades nutricionales, a través del alimento balanceado (Figura 30). La cantidad de pastura en cada uno de los parques se muestra en el Cuadro 15.



Figura 30. Preferencia de las gallinas del módulo aviar por las hojas del pasto Estrella.

Mattocks (2002) menciona que las aves no consumen mucho forraje. Sin embargo, cuando se les provee forraje de alta calidad, se observa hasta 20% de consumo de forraje de la ración total. Estas observaciones se realizaron con forraje como trébol blanco y alfalfa, donde las aves prefieren las leguminosas en vez de las gramíneas. Además, señala que el consumo de una mezcla de pasto varía entre el 5 y 20%, lo cual depende de la edad de las aves y la calidad del pasto, por lo que es difícil estimar la eficiencia alimenticia de la pastura por causa de las variaciones climáticas y las fluctuaciones de temperatura.

Walker y Gordon (2003) recomiendan una sustitución no mayor al 5% de la dieta con pasturas, ya que el consumo real de forraje es incierto en aves en pastoreo. Ante esto, se sugiere cumplir con los requerimientos nutricionales de las aves a través del alimento balanceado, y que el pasto sea sólo un aporte adicional a su dieta, para no comprometer el rendimiento de las mismas.

Cuadro 15. Disponibilidad de pasto Estrella Africana⁸ para pastoreo de aves en el módulo aviar por rotación de 15 días.

Aparto	kg MF/m ²		kg MF/ha		kg MS/m ²		kg MS/ha	
	SL	RIR	SL	RIR	SL	RIR	SL	RIR
1	0,646	0,282	6466	2826	0,16	0,07	1616	706
2	0,503	0,346	5033	3460	0,13	0,09	1258	865
3	0,360	0,409	3600	4093	0,09	0,10	900	1023
Promedio por lote	0,503	0,345	5033	3460	0,13	0,09	1258	865

SL= Sex Link, RIR=Rhode Island Red, MF=Materia fresca, MS= Materia seca, ha= hectárea.

Las variaciones en la cantidad de pastura por parque, se debieron en su mayoría a la presencia de piedras, palos, restos de cerca perimetral y la sombra propiciada por los aleros de la galera. Además, los árboles establecidos en los parques 3 y 2 de las gallinas Sex Link y Rhode Island Red, respectivamente, disminuyeron la cantidad de pasto, ya que la sombra refugiaba a las aves en las horas más calientes del día, y no permitió la recuperación de la pastura en esa

⁸ Se obtuvo un 25% de Materia Seca (MS) en el pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*).

área. Además, el parque 1 de las RIR, fue el que sufrió un mayor deterioro (Figura .31), por lo que la disponibilidad de pastura se vio más limitada.



Figura 31. Deterioro de la pastura en el parque 1 de las aves RIR.

7.5 Relación hoja/tallo

Al analizarse la relación hoja-tallo del pasto estrella de los parques, antes del pastoreo de las aves, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Relación hoja-tallo del pasto Estrella Africana presente en los parques de los dos grupos de aves.

Aparto	Relación hoja/tallo	
	Sex Link	Rhode Island Red
1	1,0	1,7
2	1,2	1,4
3	1,5	1,1

La mayoría de los parques presentaron una mayor proporción de hoja que de tallo, lo cual fue óptimo para la preferencia de las aves del módulo aviar. Paris et al. (2016) realizaron un estudio con pasto Estrella, cosechado a los 14, 20, 28 y 42 días, y encontraron biomásas de 800, 1200, 1600 y 2000 kg MS/ha, respectivamente. La cantidad disponible concuerda con lo encontrado para las aves RIR, mientras que para las SL, hubo una mayor disponibilidad de pastura (Cuadro 16). En el rebrote de 14 días, encontraron una mayor cantidad de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) que en los rebrotes consecuentes (Cuadro 17). Esto debido a la poca presencia de rebrotes y a que las hojas nuevas a esa edad de cosecha, permiten una concentración de nutrientes, contrario donde hay mayor biomasa e intervalos de corta, donde se da la dilución de los nutrientes por la presencia de hojas viejas.

Cuadro 17. Valor nutricional del pasto Estrella Africana a diferentes intervalos de corta.

Intervalos de corta (días)	PC (g/kg)	FDN (g/kg)	FDA (g/kg)
14	143,0	537,2	189,3
20	124,0	570,5	218,8
28	102,0	625,5	255,5
42	81,0	659,3	291,0

Fuente: Paris et al. (2016).

El pastoreo debe realizarse en pequeños intervalos, como se realizó en el módulo aviar, para reducir la FDA en las hojas, la cual está relacionada de forma negativa con la digestibilidad. Es necesario proveer a las aves de rebrotes, y evitar hojas viejas que puedan dañar órganos del sistema digestivo, y así, la poca cantidad de pasto que ingieran, pueda ser digerida por los ciegos de las aves y obtengan una pequeña cantidad de nutrientes extra al alimento balanceado.

El material senescente no se cuantificó en ninguna muestra, debido a la baja rotación (15 días) que se realizó en los parques del módulo aviar.

8. Rendimientos productivos de las aves Sex Link y Rhode Island Red bajo un sistema con acceso a pastoreo

8.1. Procedencia y crianza de las aves del módulo aviar

Las aves provenían de la granja ubicada en la Estación Fabio Baudrit Moreno (UCR), en La Garita de Alajuela. La misma contaba con aves Plymouth Rock Barrada y Rhode Island Red, las cuales descendieron de animales que en un principio fueron importados de la incubadora Morris Hatchery, ubicada en Miami. Estas razas se reproducían para seleccionar hembras y machos que, al cruzarse, daban origen a la F1 o Sex Link negro. Las Rhode Island Red se obtuvieron de la reproducción de un lote que se mantuvo en la granja, provenientes de la misma incubadora (Araya y Chacón 2011).

Los dos grupos de aves se criaron en una sola galera, hasta el período de pre-postura. Las galeras carecían de equipo o sistemas para el control de las condiciones ambientales (Araya y Chacón 2011). Se trasladaron al módulo aviar 210 gallinas Sex Link y 180 gallinas Rhode Island Red alrededor de las 13 semanas de edad. El peso corporal de las aves al momento de arribo al módulo fue de 1,0-1,2 kg, inferior al óptimo para aves de esa misma edad bajo óptimas condiciones de alimentación y manejo. La etapa de crianza es determinante, ya que reflejará las condiciones de salud de las aves, y el desempeño en la fase productiva.

8.2. Descripción de las razas

De acuerdo con Silversides et al. (2007), la línea Rhode Island Red (RIR) se estableció desde hace mucho tiempo en Estados Unidos. Se sabe que se cruza bien con la línea Plymouth Rock Barrada (Línea 60), para dar origen al Sex Link (SL), cruce realizado y popularizado en la Universidad de Guelph, en Canadá. Ambas líneas son conocidas por su rusticidad y desempeño productivo en niveles de nutrición subóptimos, y su uso para ambos producción de huevos y de carne. Además, son reconocidas por la American Poultry Association (APA), como líneas puras o razas provenientes de la "large fowl" o gallina salvaje.

El emplume lento del gen K se mantiene en ellas, para permitir el sexado por plumaje y, además, el sexado por color, donde el 50% de los pollitos originados del cruce, son hembras

negras y el otro 50% gallos barrados (Silversides et al. 2007). Los machos se diferencian por tener un plumón blanco en la cabeza, mientras que las hembras son negras. De esta manera se realizaba el sexado en la Estación Experimental Fabio Baudrit, en la Figura 32 se ejemplifica el cruce.

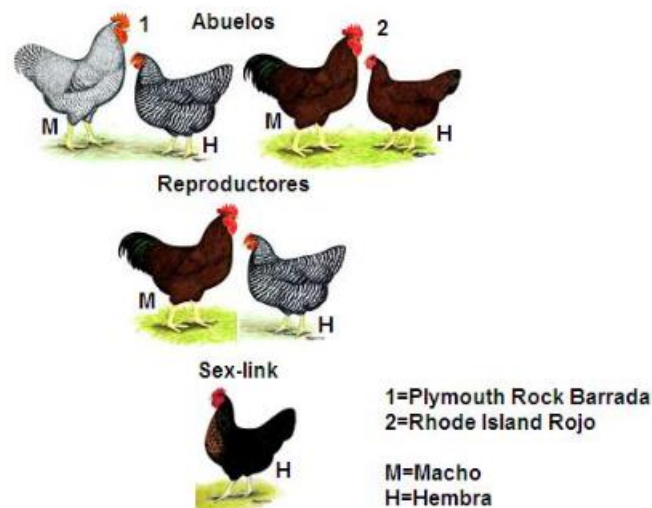


Figura 32. Proceso de cruzamiento para obtener el Sex Link Negro. Fuente: Araya y Chacón (2011)

La información de los rendimientos productivos de estas aves es escasa, pues no son comunes en la avicultura industrial. A pesar de las limitaciones que presentan estas aves a nivel productivo, existen casas genéticas que las utilizan para sistemas alternativos en Europa y Estados Unidos, debido al interés en especies rústicas y a que resultan económicamente más favorables que las líneas genéticas modernas convencionales. Bábolna Tetra Ltd. (2013), Dominant CZ© (2015) y Hendrix Genetics © (2018) son tres de las casas genéticas que aún comercializan y realizan constantes mejoras a nivel productivo para estas aves. Las aves Sex Link se conocen como aves híbridas o “cruce” entre una hembra Plymouth Rock Barrada y un macho Rhode Island Red, aunque las casas genéticas tienen nombres propios para estas aves.

8.3. Rendimientos Productivos

El uso de razas no especializadas para la producción de huevos intensiva, las condiciones sub-óptimas de crianza a las que fueron sometidas las aves, el tipo de sistema alternativo, las altas temperaturas y la humedad relativa del ambiente, las condiciones y el inadecuado manejo en la galera, entre otros, influyeron en todos los rendimientos productivos obtenidos en el módulo aviar.

8.4. Peso vivo y Uniformidad

Ambos grupos de aves presentaron pesos promedios similares a los indicados por Singh et al. (2009), Dominant CZ© (2015), Silversides et al. (2007) y Calik (2014) mientras que la uniformidad fue variable durante todo el ciclo productivo. Las Figuras 33 y 34, muestran el peso corporal y el porcentaje de uniformidad para las aves Sex Link y Rhode Island Red respectivamente, desde la semana 21 hasta la 65 de edad.

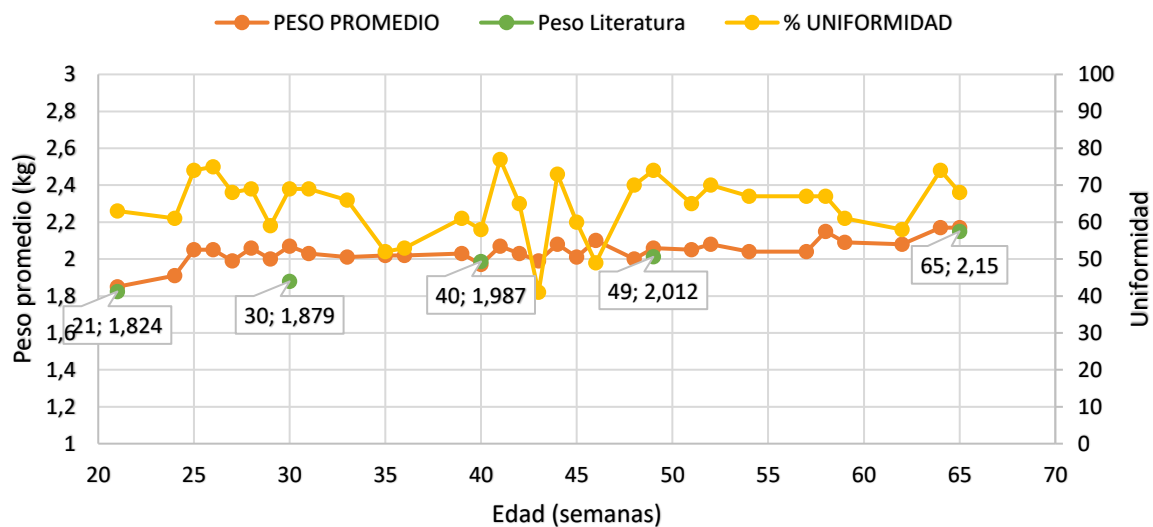


Figura 33. Peso promedio y uniformidad encontrado en las aves Sex Link.

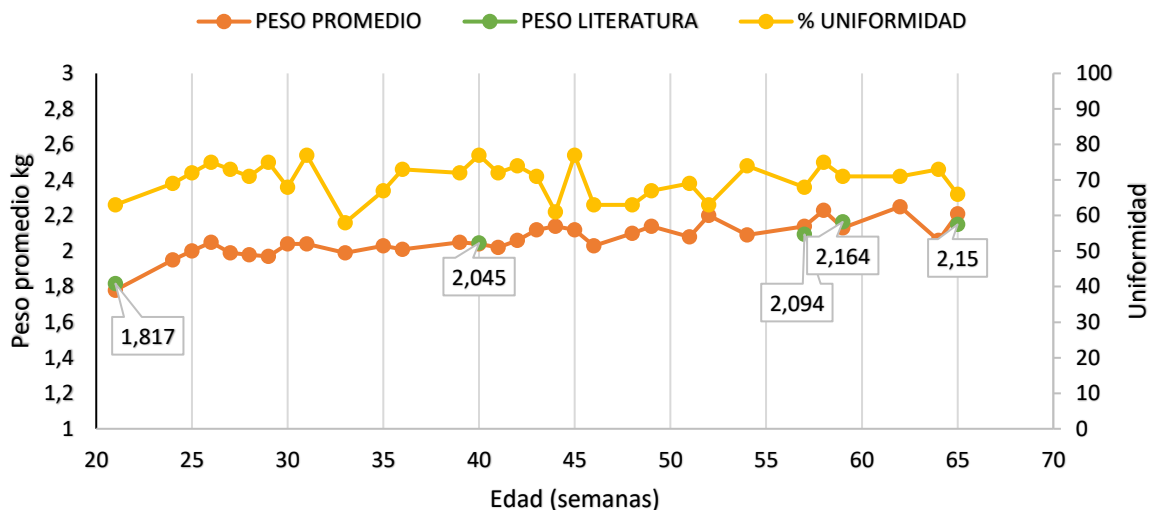


Figura 34. Peso promedio y uniformidad encontrado en las aves Rhode Island Red.

Las aves mantuvieron un peso de alrededor de 2,0 kg, sin embargo, no se alcanzó una uniformidad óptima (80%) y no fue persistente. Esto se debió a que las aves no tuvieron una crianza adecuada ya que no fue posible utilizar diferentes dietas o fases de alimentación para llenar los requerimientos de las gallinas, ya que a nivel comercial solo es posible tener acceso a una dieta de desarrollo y a otra de postura.

Frikha et al. (2009) señalan que un estado corporal y uniformidad adecuados a lo largo del período de crianza y desarrollo, influyen de manera determinante en los resultados productivos y económicos del lote. La uniformidad es el mejor indicador de calidad de la pollita (Bell y Weaver 2002), y es uno de los principales objetivos por alcanzar en la crianza. Este indicador estima la variabilidad del peso de las aves a una determinada edad, por lo que a mayor uniformidad (>80%), mejor desempeño a nivel productivo el ave tendrá (Suawa y Roberts 2013).

En la fase productiva no es común pesar las aves cada semana para obtener la uniformidad, ya que es difícil corregir bajas uniformidades provenientes de una mala crianza (Bell y Weaver 2002, Hyline International 2006b). Además, se esperan que las aves se encuentren desuniformes, por el efecto hormonal normal del período de postura.

En ambos grupos de aves se registraron bajas en el porcentaje de uniformidad y peso vivo, en las semanas 27 y 59 de edad. La primera es más pronunciada en las aves Sex Link,

relacionado a un evento de cama húmeda registrado debido al mal funcionamiento de un bebedero, y que además, generó fuertes olores a amoníaco en la galera. Esto también provocó lesiones en las patas de las gallinas debido a la presencia de cama húmeda en las garras (Figura 35). Quishpe (2006), señala que una mala calidad del aire y de la cama se consideran factores estresantes ambientales que pueden disminuir de forma indirecta el consumo de alimento.



Figura 35. Lesiones por cama húmeda en las garras de las aves del módulo aviar.

En la semana 59 de edad de las aves, se registraron altas temperaturas ambientales y humedad relativa, de 30°C y 100 % respectivamente, con una media de 25°C y 85% HR. Estas condiciones generaron en las aves estrés calórico, las cuales redujeron el consumo de alimento balanceado y que se exacerbara el comportamiento de picaje y canibalismo.

La variación en el peso vivo a lo largo del ciclo productivo no sobrepasó los 100 g, y las pequeñas variaciones de una semana a otra, se pudieron dar por un error aleatorio en el muestreo, al pesar aves que se encontraban con pesos en los extremos inferiores de toda la población de animales. Esto a su vez afectó el cálculo de la uniformidad.

De la semana 22 a la 26 de edad, hubo un incremento notorio en el peso corporal para los dos grupos de aves, de pasar de alrededor de 1,80 a 2,05 kg respectivamente. Esto se debió a que las gallinas tuvieron crecimiento compensatorio, y a que las aves de postura dejan de crecer a las 30 semanas de edad (Hyline International 2016b).

A pesar de sólo suministrarles una sola fase de alimentación alta en energía y proteína (2850 Kcal, 18%PC) en todo el ciclo productivo, y con altos consumos, las aves Sex Link se encontraron por encima de los pesos indicados en estudios bajo condiciones controladas sólo por 10 gramos (Singh et al. 2009, Dominant CZ©), a excepción de la semana 68, donde estos se igualaron. Los pesos de las gallinas Rhode Island Red coincidieron con la de los autores (Silversides et al. 2007, Calik 2014, Dominant CZ© 2015) en cualquiera de las edades especificadas, en estudios realizados en alojamientos en piso y en condiciones controladas.

8.5. Producción semanal de huevo y Huevo por ave alojada (HAA)

Los dos grupos de aves iniciaron su postura a las 13 semanas de edad, y alcanzaron el 5% de la producción a las semanas 17 y 18 de edad para las Sex Link y Rhode Island Red, respectivamente. En la Figura 36 se grafican ambas producciones y se compara con la línea genética Isa Brown.

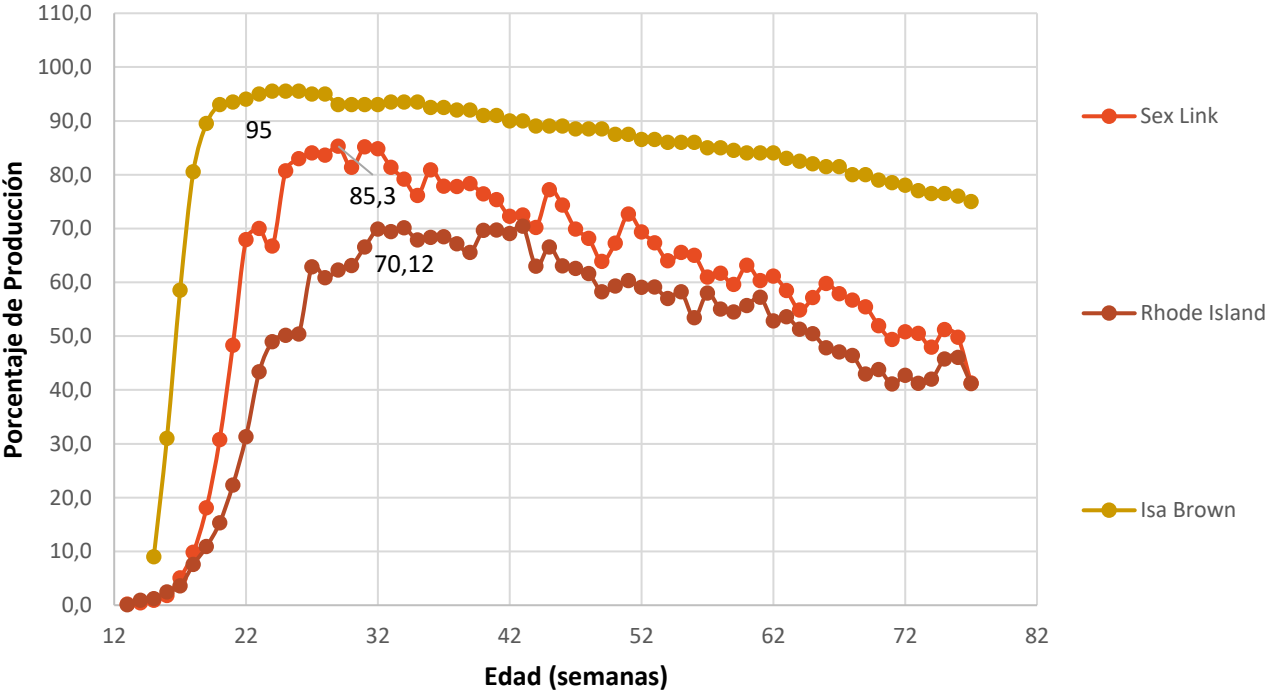


Figura 36. Porcentaje de producción de las aves Sex Link, Rhode Island Red (módulo aviar) e Isa Brown.

A lo largo del ciclo productivo no se observó buena persistencia en ningún grupo, y el pico de producción se alcanzó hasta las semanas 29 y 34 con valores de 85,2% y 70,12% para las aves Sex Link y Rhode Island Red, respectivamente. Alrededor de la semana 24, las aves híbridas experimentaron una baja en la producción, comportamiento característico de aves en condiciones sub-óptimas de crianza que no alcanzan buenos pesos corporales y que presentan bajos porcentajes de uniformidad, mientras que las RIR se mantuvieron constantes en la producción por 3 semanas.

Bábolna Tetra Ltd comenzó un programa en el año 2018 para mejorar las líneas de las gallinas ponedoras de Tetra, y estableció nuevas estirpes seleccionadas para obtener una mejor persistencia. Esta decisión se tomó con base en los resultados encontrados en un estudio con las aves RIR de esta casa genética ya que, en un ciclo productivo de 90 semanas de edad, se registraron problemas en la persistencia. Con esto, se puede deducir que el comportamiento de estas aves en el módulo aviar, pudo ser una combinación de factores genéticos y condiciones de manejo y crianza.

En la semana 26 de edad, las aves respondieron de forma positiva al estímulo de luz que se proporcionó en esa semana, con un aumento en la producción de las aves RIR, y con el alcance del pico de producción en las Sex Link. Este aumento en la producción se realizó a expensas de las reservas corporales, ya que en la semana 27 se registró una pérdida de peso en los dos grupos de aves, como se muestra en la Figura 33.

Silversides et al. (2007) y la guía de manejo de Dominant CZ© (2015), registran picos de producción de 93% y 92%, en las semanas 26 y 27 de edad, respectivamente para las aves RIR. La diferencia de los picos de producción encontrados en el módulo aviar, respecto a los anteriores es de alrededor de 20% en las aves RIR. Sin embargo, Khawaja et al. (2012) encontraron un promedio de producción de estas aves a las 72 semanas de edad de 41%, mientras que en el módulo aviar se registró un promedio de 55%.

De acuerdo a los estándares de las guías de manejo de Bábolna Tetra Ltd. (2013), Dominant CZ© (2015) y Hendrix Genetics © (2018), las aves Sex Link manifiestan el pico de producción a las 25, 29 y 26 semanas de edad, con valores de 94%, 92% y 92%, respectivamente. Estos se encuentran entre 7 a 10 puntos por encima de los encontrados en el módulo, lo que señala un mejor desempeño de las aves Sex Link, respecto a las RIR. Los comportamientos productivos descritos concuerdan con lo que indican la guía de manejo de Hyline International

(2016b) y Hudson et. al (2001), donde señalan que la mala uniformidad prolonga el período de transición y puede resultar en un pico de postura bajo y mala persistencia de producción. Además, las parvadas con baja uniformidad, alcanzan el pico de producción a edades mayores.

Los problemas en la persistencia de la postura observados se pueden dar por condiciones como un manejo inadecuado durante la crianza por la presencia de muchas aves con variabilidad en el peso y uniformidad al alcanzar la madurez sexual. Esto hace que algunas aves empiecen a poner antes o después de la edad esperada, lo que provoca variaciones en la producción. Además no permite el óptimo desarrollo del sistema inmune, digestivo, muscular, óseo y reproductivo.

La jornada laboral de los empleados afectó la recolección diaria de huevo, pues en ocasiones se tuvo que dejar parte de la producción de un día para el día siguiente, lo que provocó variaciones en el número de huevos recolectados y en la calidad de los mismos, al obtenerse más huevos sucios y quebrados. Además, las aves que se alojan en galeras abiertas experimentan un menor estímulo lumínico que las gallinas que se alojan en ambientes cerrados.

La producción de huevo de las gallinas Sex Link fue menor que la esperada en la línea genética Isa Brown (Figura 36) y mayor que la producción de huevo de las gallinas RIR. Este comportamiento es el esperado pues las aves Isa Brown han sido seleccionadas de forma intensiva para la producción comercial de huevos (Silversides et. al 2007), y las gallinas RIR se consideran raza y no un cruce mejorado para la producción de huevo como las Sex Link.

Los huevos por ave alojada (HAA) para cada raza se muestran en el Cuadro 18. Para las aves RIR, Silversides et al. (2007), registró en su estudio 120 y 228 HAA, para la semana 40 y 60 respectivamente, mientras que para la semana 70, Khawaja et al. (2012), encontró 141 HAA. Dominant CZ© (2015) indica un total HAA a las 68 semanas de 298, lo cual supera a los anteriores y al módulo aviar.

Cuadro 18. Huevos por ave alojada (HAA) encontrados en aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).

Raza	Sem 30	Sem 40	Sem 50	Sem 60	Sem 70	Sem 80
	HAA	HAA	HAA	HAA	HAA	HAA
RIR	37,21	83,61	126,64	164,78	197,58	217,17
SL	56,41	110,72	158,63	201,50	239,06	260,94

Para las gallinas Sex Link, Bábolna Tetra Ltd. (2013), Dominant CZ© (2015) y Hendrix Genetics © (2018), mencionan valores de 288, 298 y 290 de HAA para las semanas 70, 68 y 74 de edad respectivamente. Los dos grupos de aves estudiados mostraron menores valores de HAA que los esperados debido a su menor producción de huevo.

8.6. Conversión Alimenticia

Singh et al. (2009), encontraron en las aves híbridas conversiones alimenticias de 3,12, 2,51 y 1,48 a las, 30, 40 y 50 semanas de edad, respectivamente. En la semana 30 las gallinas del módulo aviar tuvieron mejor producción que las mencionadas, mientras que para la semana 50, las aves del estudio superaron las del módulo. Las conversiones de las aves RIR fueron mayores que las de las SL (Cuadro 19).

Cuadro 19. Conversión alimenticia (CA) real encontrada de aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR).

Raza	Sem 30	Sem 40	Sem 50	Sem 60	Sem 70	Promedio
	CA	CA	CA	CA	CA	CA
RIR	2,35	2,37	2,81	2,73	2,60	2,57
SL	2,45	2,41	2,83	2,86	2,83	2,68

Sazzad (1992) encontró conversiones alimenticias mayores a las 50 semanas de edad, en las aves RIR en alojamiento en piso, con valores de 3,92.. Similar a lo señalado por Khawaja et al. (2012), con conversiones de 5,02 a las 72 semanas de edad en aves RIR en piso. Dominant CZ© (2015) menciona un promedio 2,51 bajo condiciones controladas superando la conversión del módulo y a lo descrito por otros autores citados en este trabajo.

En las Figuras 37 y 38, se muestran las conversiones alimenticias semanales totales y reales de los dos grupos de aves, siendo mayor la conversión total en las aves RIR. Se obtuvieron dos tipos de conversiones ya que la total contempla los quintales de alimento balanceado y la cantidad de huevo semanales sin incluir la mortalidad, mientras que la real incluye los gramos de alimento balanceado diario por ave y la cantidad de huevos considerando el saldo de aves.

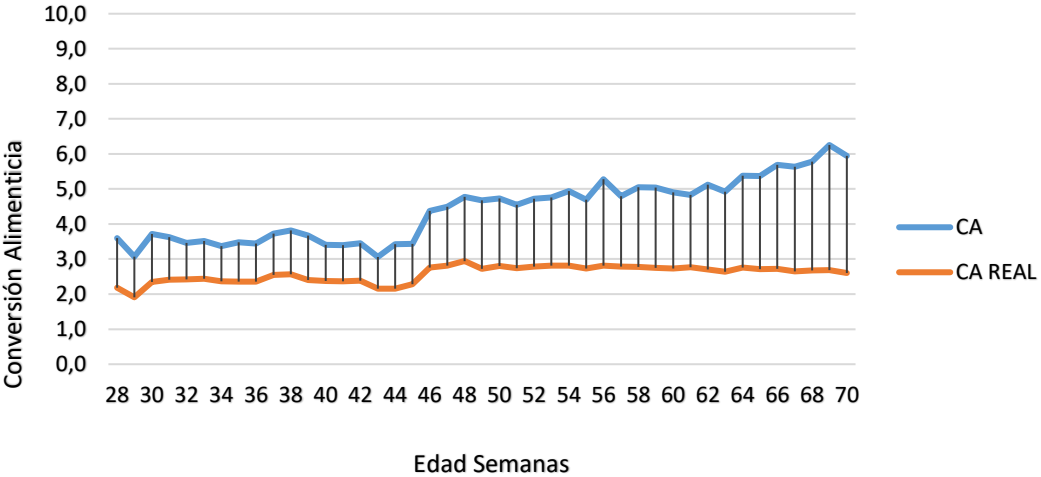


Figura 37. Conversión alimenticia semanal total y conversión alimenticia real de las aves Rhode Island Red.

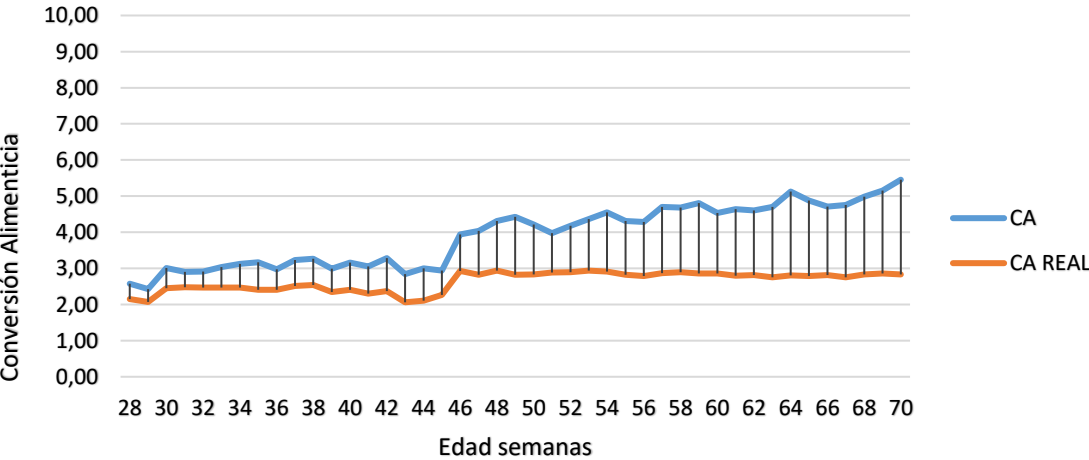


Figura 38. Conversión alimenticia semanal total y conversión alimenticia real de las aves híbridas Sex Link.

Los datos de consumo de los dos lotes de aves del módulo aviar, se muestran en la Figura 39, comparados con los consumos de la línea genética Isa Brown (2018), donde se evidencia un mayor consumo por el cruce y la raza utilizadas en Turrialba.

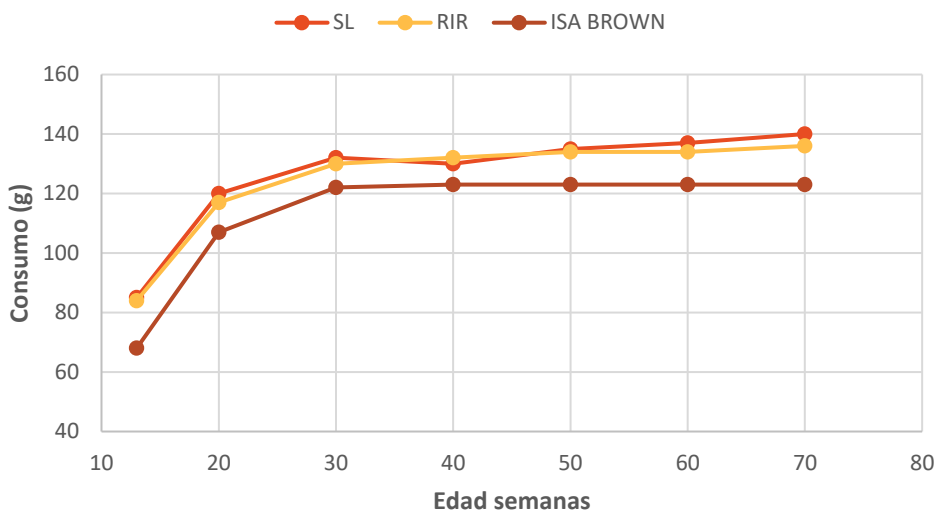


Figura 39. Consumos (g) de alimento balanceado de las aves Sex Link y Rhode Island Red (módulo aviar) e Isa Brown.

Appleby et al. (2004) indican que el consumo de alimento balanceado varía entre alojamientos, siendo menor en jaulas y mayor en sistemas sin jaulas. Además, Luiting (1990) concluye que hay diferencias significativas en los requerimientos de mantenimiento y eficiencias netas entre líneas genéticas y razas, y que inciden en el consumo de alimento balanceado, independientemente del peso corporal y la producción. Estas variaciones en los requerimientos de mantenimiento pueden explicarse por cambios en el plumaje y la actividad física, la tasa metabólica basal y la temperatura interna de las aves.

8.7. Mortalidad y descarte

La mortalidad es un indicador de bienestar animal, y en el módulo aviar, la mortalidad y descarte en todo el ciclo productivo fue mayor para las aves híbridas que las RIR. El Cuadro 20, muestra la mortalidad acumulada de acuerdo a la edad en semanas de las aves, el cual incluye el descarte. De acuerdo con los diferentes manuales de casas genéticas que manejan

las aves híbridas, se esperan mortalidades acumuladas alrededor entre 5 y 7%, mientras que el estudio de Singh et al. (2009) informan de mortalidades menores en piso (3,45%).

Cuadro 20. Porcentaje de mortalidad acumulada de las aves del módulo aviar.

Raza	Porcentaje de mortalidad acumulada de aves Sex Link y Rhode Island Red					
	Sem 30	Sem 40	Sem 50	Sem 60	Sem 70	Sem 80
RIR	1,7	3,4	4,5	4,5	6,9	6,9
SL	1,9	2,9	4,9	5,9	7,9	10

Las aves RIR permanecieron en un rango parecido al que indica Dominant CZ (2015), entre 5 a 7%, mientras que Calik (2014) en su estudio encontró mortalidades menores a las anteriores, de 3,55% a las 100 semanas de edad.

Las causas de muerte de las aves variaron a lo largo del ciclo productivo. El descarte se realizó en aves que presentaban problemas de locomoción, deprimidas y/o débiles, bajo peso, mala condición de las plumas, y heridas a causa del picaje alrededor de la cloaca. La posterior necropsia de las aves descartadas, evidenciaron otros trastornos, como torsión del mesenterio y puesta de huevo en el área abdominal. La ovulación interna es un proceso donde al ser liberado el óvulo del ovario, este puede ser abortado hacia la cavidad peritoneal y no hacia el infundíbulo para seguir con la formación normal del huevo (Navara et al. 2005).

Aunque no se tiene claro el mecanismo responsable para que se dé la ovulación interna, Melnychuk et al. (1997), Johnson (2000), Low (2008) sugieren que se debe a una pérdida de control hormonal en el sistema reproductivo de la gallina, y que además puede ser una respuesta ante condiciones de estrés, ya que este mismo comportamiento es descrito en diferentes especies de aves. Como consecuencia, Navara et al. (2005) indica que el material se almacena en la cavidad abdominal, donde se puede dar la acumulación de líquidos, o el desarrollo de una infección que la puede llevar a una peritonitis, al ser la yema un medio para la proliferación de bacterias. Los signos clínicos son aves depresivas, débiles, con posición de pingüino, que no presentan postura, entre otras características, síntomas que se encontraron en las aves del módulo aviar.

El comportamiento de picaje y canibalismo, acompañado de la mala condición de las plumas, presentaron impacto en las aves del módulo aviar (Figura 40). A pesar de que las aves no presentaron el corte de pico de manera adecuada, y que pudo tener un efecto directo en el picaje agresivo que realizaban, hay suficiente evidencia científica (Tauson 2002, Gunnarsson et al. 1999, Sedlačková et al. 2004) que respalda que las aves alojadas en sistemas alternativos (sin jaula), poseen porcentajes mayores de mortalidad y canibalismo que las aves alojadas en sistemas convencionales en jaula. Además, existe una correlación positiva entre la mala condición del plumaje y el canibalismo (Aerni et al. 2005), lo cual se evidenció con las aves encontradas muertas o descartadas.



Figura 40. Picaje en zona dorsal y cola de las aves del módulo aviar.

Sandilans (2016), indica que en sistemas alternativos el picaje es mayor entre aves, cuando no son provistas de forraje para pastorear en los parques, y que la presencia de material friable, por ejemplo suficiente material de cama para rascar y realizar baños, disminuye este comportamiento. A pesar de que se intentó proveer de pastura corta en las áreas de pastoreo, y suficiente material de cama, así como heno como material de cama de los nidos, el comportamiento de picaje se observó a lo largo del ciclo productivo en el módulo aviar.

Otro factor importante que propicia el comportamiento de canibalismo, es la densidad de aves en la galera o en las áreas de pastoreo. Nicol et al. (1999) realizaron un estudio con diferentes densidades de aves (6, 14, 22 y 30 aves/m²), relacionándolo con la condición de las plumas y el picaje, donde se observaron mejores condiciones, en grupos con densidades menores. De igual forma, Appleby et al. (1989), estudió los efectos de parvadas de 300 y 370 gallinas con densidades desde 3,4 a 10,7 aves/m² en alojamientos de piso, y encontraron diferencias significativas en asociaciones inversas, al aumentar la densidad de aves y disminuir la condición de las plumas.

Como se observa en el Cuadro 21, las densidades en el módulo aviar fueron menores a la Unión Europea tanto en las galeras como en los parques, por lo que la densidad podría no tener un efecto importante en este caso. El comportamiento de agresión es bajo, pero no es nulo en grupos sociales pequeños y estables, debido a que los animales dominantes inhiben a los subordinados. La agresividad puede ser mayor en grupos medianos y ser baja en grupos grandes, ya que los animales menos dominantes del grupo generalmente sufren agresión (Appleby et al. 2004). Klein et al. (2000) indican que el comportamiento del picaje depende en mayor proporción al tipo de alojamiento, pero la genética de las aves influye en la expresión de este, donde se observan diferencias entre líneas genéticas y razas, donde las primeras muestran un temperamento más tranquilo.

Cuadro 21. Densidades de aves en la galera y parques del módulo aviar.

Raza	Módulo Aviar Turrialba (aves/m ²)			Unión Europea ⁹		
	Galera	Parques	Galera+Parques	Galera	Parques	Galera+Parques
SL	6	3	1,5	9 aves/m ²	4	2,5 m ² /ave ¹⁰ 1m ² /ave
RIR	5	2,6	1,3			

Se cree que el mal estado de las plumas de las aves del módulo aviar, y su asociación con el picaje, se debió a condiciones de estrés calórico y una inadecuada nutrición, al no proveer a las aves de fases de alimentación que aseguraran llenar los requerimientos nutricionales, en

⁹Official Journal of the European Communities (1999)

¹⁰Si se realiza rotación de áreas de pastoreo

especial de los aminoácidos y fibra insoluble (Rutten 2018), en la crianza y en el ciclo productivo.

Los efectos de la temperatura se evalúan con relación al comportamiento productivo del animal y se evidencia con el consumo de alimento y agua. A medida que aumenta la temperatura disminuye el consumo de alimento y aumenta el consumo de agua, lo que afecta el índice de conversión alimenticia (Quishpe 2006). A pesar de que se registraron altos consumos en las aves del módulo, la composición nutricional del alimento balanceado comercial que se les ofreció a las aves, pudo no llenar los requerimientos, y así crear estas deficiencias que se reflejan en el comportamiento y la condición del plumaje.

Hegelund et al. (2005), indican que en sistemas orgánicos, climas muy calientes, ventosos o lluviosos llevan a las aves a desarrollar el picaje, como respuesta ante el estrés que les genera y reducir su impacto. A su vez, el estrés calórico reduce el aprovechamiento y el metabolismo de nutrientes en especial de los aminoácidos, vitaminas y ácidos grasos (Quishpe 2006).

También, Ambrosen y Petersen (1997) señalan que, si el alimento balanceado no cumple con los requerimientos de uno o más nutrientes específicos, el nivel de picaje aumentará. Bajos niveles de energía, mayores porcentajes de inclusión de aminoácidos azufrados (metionina, cisteína) y triptófano, así como mayor inclusión de fibra insoluble, ayuda a que las aves disminuyan el picaje.

8.8. Peso de huevo y masa de huevo

El peso promedio de huevo para las aves híbridas y RIR, fue de $62 \pm 1,9$ g y $63 \pm 2,1$ g respectivamente. Conforme aumentó la edad y peso vivo de las aves, el peso de huevo también. Hocking et al. (2003) confirman lo anterior, y además indican que el porcentaje de producción es un factor determinante en el peso de huevo.

La masa de huevo es un indicador que toma en cuenta el peso de huevo y la producción, y los obtenidos en el módulo aviar se resumen en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Peso de huevo, porcentaje de producción y masa de huevo de las aves Sex Link (SL) y Rhode Island Red (RIR) del módulo aviar.

Edad (semanas)	SL			RIR		
	Peso huevo (g)	% Producción	Masa de huevo (g)	Peso huevo (g)	% Producción	Masa de huevo (g)
30	59,9	81,3	48,7	61,7	63,12	50,2
40	60,1	76,4	45,9	61,8	69,62	47,2
50	62,6	67,3	42,1	62,6	59,3	42,1
60	62,6	63,1	39,5	64,4	55,65	40,7
70	64,6	51,9	33,6	69,1	43,79	35,9

A pesar que las aves RIR presentaron bajos porcentajes de producción en todo el ciclo, en comparación con las aves híbridas, el peso de huevo fue mayor para las RIR. El peso del huevo se pudo ver afectado por la dieta ofrecida ya que para edades avanzadas se ofreció mayor energía y proteína de la requerida (Cuadro 23).

Cuadro 23. Requerimientos de energía y proteína cruda para las aves SL y RIR en el ciclo de postura.

Raza	SL ¹¹			RIR ¹²		
	Fase alimentación	Ponedora 1	Ponedora 2	Ponedora 3	Ponedora 1	Ponedora 2
Edad (semanas)	20-35	36-60	>60	19-39	40-78	
Consumo alimento (gr/ave/día)		118-125		122		
Proteína Cruda %	17,5	16,5	16,0	17,0	15,5	
Energía Met. Kcal/kg	2800	2750	2715	2750	2700	

¹¹Bábolna Tetra Ltd. (2013)

¹²Dominant CZ© (2015)

Silversides et al. (2007) mostraron en su estudio, pesos promedio de huevo en las aves RIR de 56,6, 60,0, 61,9 y 62,6 g en las semanas 31, 41, 51 y 61 de edad, respectivamente. Mientras que Singh et al. (2009), registró pesos promedio de 60,9 g, 62,7 g y 63,5 g en las semanas 30, 40 y 50 de edad en las aves Sex Link, respectivamente.

Las aves RIR presentaron mayor masa de huevo que las aves híbridas, aún cuando estas últimas tuvieron mejor producción semanal. Aquí, el mayor peso de huevo en las RIR influyó este parámetro, por encima de la producción. El uso de la masa de huevo en vez del número de huevos, es una mejor guía al comparar parvadas o líneas genéticas, en conjunto con la alimentación y el manejo de la granja (Bell y Weaver 2002).

9. Generación de un modelo de sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo

9.1. Generalidades

El siguiente apartado sirve de guía para implementar un sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo, de forma que se garantice el bienestar, maximizar el potencial genético de las aves y el manejo adecuado en la galera y las áreas de pastoreo disponibles. Las recomendaciones se brindan para sistemas productivos con características ambientales tropicales de alta temperatura y humedad, sin embargo, se pueden adaptar a cualquier parte del país.

El manejo de las áreas de pastoreo es el factor crítico para evitar riesgos sanitarios y pérdidas económicas. Con esta guía, se pretende educar tanto al productor como al consumidor, e informar sobre las características que se necesitan para que los sistemas alternativos con acceso a pastoreo, garanticen bienestar animal a las aves, sanidad, inocuidad del producto final, calidad, y la rentabilidad para los productores que utilicen este tipo de alojamiento.

Las recomendaciones se brindan de acuerdo a las instalaciones y áreas de pastoreo, sin importar el número de aves ni el tamaño de la explotación, ya que se pueden adecuar a explotaciones pequeñas (500 aves), medianas (500 a 5.000) hasta grandes (5.000 aves o más).

9.2. Crianza

Las aves que serán destinadas a sistemas alternativos con acceso a pastoreo, deberán ser criadas bajo sistemas que asemejen este tipo de alojamiento en producción. Los sistemas de piso con material de cama son los recomendados en la crianza de aves que tendrán alojamientos con acceso a pastoreo en la fase de producción. Estos deben acondicionarse con el mismo equipo que la galera de postura: bebederos (nipple/campana), comederos, perchas (evita lesiones y las entrena para el uso del nido), sistema de iluminación de acuerdo a la edad de las pollitas, temperatura y humedad adecuada y agua y alimento balanceado de calidad (aseguramiento de diferentes fases de acuerdo a la edad).

Si las aves se crían en la misma galera de producción, estas deben de exponerse a las áreas de pastoreo una vez que las pollitas se encuentren cubiertas de plumas. Esto las ayudará a utilizar las salidas, acostumbrarse a salir y hacer uso de los corredores y los parques.

El corte de pico es necesario para evitar que las aves realicen desperdicio en los comederos con alimento balanceado, y además para evitar el picaje agresivo entre aves que las lleve al canibalismo. Este se debe realizar alrededor de los 7 días de nacida, y un segundo despique alrededor de las 10 semanas de edad (Hyline International 2016b). Este segundo despique es importante para sistemas alternativos, ya que la incidencia del comportamiento de picaje y canibalismo tiende a expresarse más. La realización del corte de pico debe considerar el bienestar del ave, por lo que el entrenamiento del personal a realizar este procedimiento es de relevancia para evitar maltratar o herir a las pollitas.

Las aves deben permanecer un tiempo mínimo de 2 semanas en la galera de producción, sin acceso a pastoreo, para que estas logren aclimatarse y acostumbrarse al uso de nidos. El factor limitante para decidir cuándo las aves deben salir al exterior, es el uso correcto de los nidos y la no puesta de huevos en los parques, para no comprometer la inocuidad de los mismos. Este tiempo de acostumbramiento puede hacerse de forma gradual, hasta determinar cuál es la mejor edad para sacarlas, y cumplir con las horas mínimas que deben tener acceso al pastoreo. Sin embargo, este tiempo dentro de la galera no debería sobrepasar las 25 semanas de edad de las gallinas. Parvadas que sobrepasen esta edad sin tener acceso a los parques, no deben comercializarse bajo la etiqueta de “huevos de pastoreo”, y se debe cambiar a huevos convencionales de gallinas de piso.

9.3. Instalaciones

9.3.1. Galera

El terreno donde se ubicará la granja con acceso a pastoreo, debe ser de topografía plana, con suelos de fácil drenaje tipo franco o franco arenoso que soporten el pisoteo de las aves, y las fuertes lluvias características de los climas tropicales húmedos. La galera deberá construirse en el centro de un área que cuente con suficiente espacio abierto alrededor (preferible en el centro de la propiedad), para que las áreas de pastoreo la rodeen, y procurar un óptimo uso del terreno.

La orientación debe ser de este a oeste en zonas tropicales, para evitar que los rayos del sol penetren los lados de la galera, y que aumente el estrés calórico en las aves. Esto es de relevancia, ya que ante temperaturas ambientales altas, las aves utilizan la galera como refugio, y el porcentaje de aves en las áreas de pastoreo disminuyen. Para la cantidad de aves dentro de la galera, se recomienda un máximo de 9 aves/m², por lo que las dimensiones de la misma dependerán del tamaño de la explotación y el número de aves.

La presencia de cortinas en los lados laterales, posterior e inferior de la galera, permite bloquear la entrada de agua por la lluvia y del viento, y así evitar problemas de cama húmeda, daños en el equipo y alimento balanceado, y procurar un adecuado intercambio de oxígeno y salida de CO₂ y amoníaco. Las cortinas deben contar con un sistema manual o automático que permita adecuar la altura que se desea, y permitir la entrada de aire en la galera.

9.3.2. Materiales para la construcción de la galera

La construcción de la galera deberá realizarse con materiales resistentes a las inclemencias del tiempo, y dependerá de la disponibilidad y los costos.

La delimitación de la galera debe ser con zócalo de mampostería a una altura de 80 cm, seguido de la estructura en columnas metálicas para la fijación del cerramiento perimetral, con malla de 1x1 pulgada. Lo anterior evita la entrada de aves silvestres que puedan diseminar patógenos a través de las heces y el contacto con las gallinas. No se recomienda malla tipo ciclón porque permite la entrada de pequeñas aves.

En los lados laterales y posteriores, debe contar con mínimo tres aberturas las cuáles serán las salidas de las aves hacia las áreas de pastoreo. Estas deben tener una dimensión mínima de 35 cm de altura y 80 cm de largo, que permita la salida de más de un ave al mismo tiempo. Se recomienda ubicar las salidas a máximo 20 cm del suelo, para evitar daños en las garras y articulaciones de las aves. Deben tener una compuerta para permitir el cierre en horas de la noche o cuando se necesite mantener a las aves dentro de la galera.

El piso debe ser de concreto y contar con una pendiente de entre 1 y 1,5% (para no generar desniveles significativos) dirigida hacia los puntos de desagüe ubicados en la galera, los cuales conectarán con un sistema de tratamiento de aguas. Esto para evitar atascamientos de agua

al realizar los vaciados sanitarios entre lotes, y además, para que la cama se encuentre uniforme y prevenir declives que puedan afectar la altura del equipo.

La estructura del techo debe ser en metal, con pendiente a dos aguas y lámina aislante para el calor, instalada debajo de la cubierta de hierro galvanizado. La altura del techo debe ser de mínimo 4 metros, para permitir una adecuada aireación dentro de la galera y evitar sofocamiento en las aves y altas concentraciones de amoníaco.

En los lados frontal y posterior, se debe contar con doble alero para proveer la suficiente sombra, ya que son las más vulnerables al sol y la lluvia debido al diseño de la pendiente a dos aguas del techo. Los aleros deben contar con un sistema de canoas y bajantes en todo el perímetro de la galera, que a su vez conectará con el sistema de desfogue pluvial. Esto evitará la saturación del suelo por las aguas colectadas del techo.

9.3.3. Instalaciones anexas

La galera debe contar con un espacio para el almacenamiento de huevo, bodega para equipo de la granja y medicamentos veterinarios, y bodega de alimento balanceado y suplementos. Estas pueden ubicarse junto o aparte de la galera, y deben prepararse contra roedores y plagas que puedan hacer daños a los alimentos para las aves. Para esto, el alimento balanceado deberá colocarse en tarimas, y alrededor de todas las instalaciones, deberá de aplicarse un protocolo contra roedores. La ausencia de agua en las instalaciones anexas es vital, para evitar daños y la aparición de hongos en los productos, suplementos y alimento balanceado.

En la entrada de la granja deberá ubicarse los cuartos de ducha, los cuales contarán con uniformes limpios y específicos para la explotación, con los implementos necesarios para el aseo personal. Esto se realiza con el fin de evitar la transmisión de patógenos.

El tanque de provisión de agua deberá estar cubierto con un techo para evitar que el agua se caliente, y suplir de agua fresca a las aves. Así, se evitará aumentar el estrés calórico en las aves, y que no dejen de consumir alimento balanceado.

9.3.4. Equipo

La cantidad de equipo que se requiere varía según la cantidad de aves en la granja. El Cuadro 24 indica la cantidad de bebederos y comederos de acuerdo a la cantidad de aves.

Cuadro 24. Equipo recomendado para la galera de producción con acceso a pastoreo.¹³

Comederos		Bebederos	
Tipo	Densidad	Tipo	Densidad
Lineal (ambos lados)	5 cm/ave	Nipple	1 nipple/12 aves
Lineal (un lado)	10 cm/ave	Campana	1 bebedero/100
Circular	4 cm/ave		aves

Si bien se puede implementar cualquiera de los indicados, hay una preferencia por los comederos lineales con separadores (Figura 41), para evitar el comportamiento de rascar y desperdiciar en el comedero, incentivado por el pastoreo. La altura debe ajustarse de acuerdo al tamaño de las aves, y ubicarse a la altura del pecho de la gallina. Esto ayuda a que todas las aves tengan acceso y que no haya, desperdicio o que aves no alcancen el alimento.

Por su diseño, los bebederos y comederos circulares o de campana, se ensucian más por lo que la limpieza debe realizarse todos los días, para evitar la contaminación de materia orgánica en el agua y alimento balanceado que las aves ingerirán.

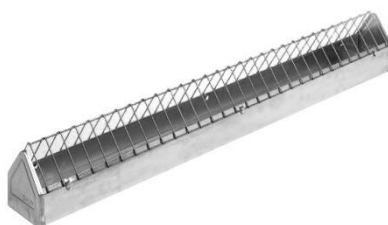


Figura 41. Comedero lineal recomendado para las aves con acceso a pastoreo.

¹³ Hyline International 2016

9.3.5. Perchas

Las perchas son parte importante del enriquecimiento ambiental de la galera y proporciona mayor área utilizable en el piso, fortalecimiento de los huesos y músculos de las aves, refugio a las gallinas subordinadas y espacio para el descanso de las aves (Humane Farm Animal Care 2014). Existen diferentes diseños de percha, sin embargo, se recomiendan las rectangulares y ovaladas (reducen la presión en las patas), hechas de material liso antideslizante para evitar lesiones por cortes o resbalones. Las dimensiones recomendadas se especifican en el Cuadro 25 y en la Figura 42.

Cuadro 25. Dimensiones de perchas para el enriquecimiento ambiental de la galera.¹⁴

Característica	Valor
Altura	1 m
Ángulo	45°
Ancho de la percha	3-5 cm
Espacio entre perchas	30 cm
Densidad	10-15 cm/ave

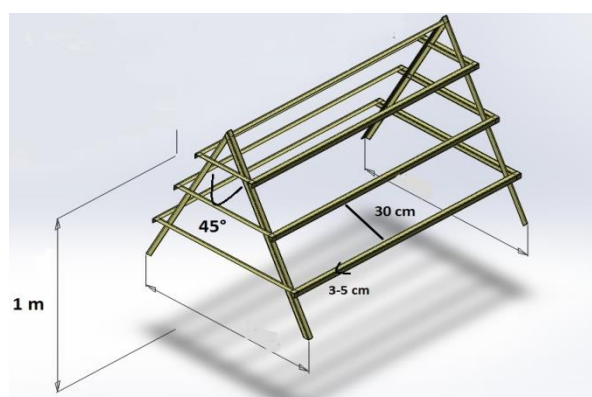


Figura 42. Ejemplo de percha para galera de producción de huevo con acceso a pastoreo.

¹⁴ Sandilans (2016)

El proporcionar este tipo de perchas, asegura bienestar a las aves al permitirles expresar sus comportamientos naturales de perchar y las entrena para hacer uso de los nidos una vez trasladadas a la galera de producción. Estas se deben ubicar de manera que no obstaculice el acceso a los comederos, bebederos ni salidas hacia las áreas de pastoreo.

9.3.6. Nidos

La cantidad de nidos en la galera varía de acuerdo a la cantidad de aves, con una relación de 1 nido/4 aves con dimensiones de 26x30x30 cm (Lohmann Tierzucht 2013), individuales y no comunales, debido a la preferencia por los individuales. Deben ubicarse en los lugares oscuros de la galera a 30 cm de altura del suelo, y proveerlos de material de cama de manera que incentive su uso. Esta debe encontrarse limpia en todo momento, y cambiarse por material nuevo cuando se encuentren sucios. Además, deben permanecer cerrados en las noches, para evitar que las aves descansen en ellos, los ensucien y que se desarrolle el comportamiento de cluequez.

9.4. Corredores

Los corredores son las áreas que se encuentran debajo de los aleros, y las que amortiguan las salidas de las aves hacia los parques. Estas áreas anteponen la pastura, con el fin de evitar la destrucción de la vegetación y la exposición del suelo, debido al comportamiento de las aves de quedarse cerca de la galera. Deben contar con 2,5 metros de alero, que provea la suficiente sombra para resguardar a las aves de las condiciones climatológicas, o para las que deseen quedarse cerca de la galera.

Los corredores deben contar con piedra tipo cuartilla en una longitud de 5 m, la cual debe cambiarse entre lotes de aves, y cuando se encuentren muy sucias por cúmulos de heces. Debajo de la piedra, debe haber un sistema de drenaje que recolecte el agua pluvial y así evitar zonas pantanosas que afecten a las aves.

Los drenajes deben contar con una capa superior de piedra cuartilla, colocada sobre una cama de tela geotextil para evitar que la piedra se revuelva con la parte superior de la capa vegetal del suelo. Debajo de la tela geotextil, se coloca una capa de arena de al menos 5 cm de espesor, para contribuir con la filtración del agua. Como receptor de las aguas, se coloca una serie de tubos de PVC corrugados tipo Drenafort (especiales para drenaje), envueltos en piedra cuartilla, los cuales se conectan a cajas de registro pluvial para luego desfogarse.

9.5. Áreas de pastoreo, parques o apartos

Las áreas de pastoreo deben rodear la galera, y proveer de una densidad mínima de 3 aves/m² en cada una de ellas. Las áreas se prefieren rectangulares, para que la distribución de las aves sea uniforme, y evitar aglomeraciones. Se recomienda la rotación de estas áreas según el tipo de pastura presente, para así evitar el sobrepastoreo y destrucción del pasto establecido.

Se sugiere utilizar la pastura que se encuentre establecida en el terreno, sin embargo, esta debe ser de porte bajo, con crecimiento estolonífero o rizomatoso, y mantenerse a alturas no superiores a los 10 cm. Gramíneas de crecimiento tipo rastrero como el pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), kikuyo (*Kikuyocloa clandestinum*) y leguminosas herbáceas como maní forrajero (*Arachis pintoii*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) con una mayor proporción de hojas que de tallo, son los indicados para este sistema. La composición nutricional de los anteriores se detalla en el Cuadro 26. Los pastos de tipo semi-erecto o de corta que formen macollas, propician sitios para la puesta de huevos en ellos, y puede permitir el escondite de depredadores (Hyline International 2016b).

Cuadro 26. Composición nutricional de pastos recomendados para sistemas de gallina ponedora con acceso a pastoreo.

Pasto	MS%	PC%	FDN %	FDA%	Cenizas%
Estrella ¹⁵	23,57	20,27	64,21	34,95	10,97
Kikuyo ¹⁶	22,30	20,60	57,15	30,30	11,48
Maní forrajero ¹⁷	20,38	17,14	58,11	42,94	-
Trébol blanco ¹⁸	15,00	23,94	30,75	18,91	-

MS=Materia Seca, PC= Proteína Cruda, FDN=Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Ácida

¹⁵ Villalobos y Arce (2014)

¹⁶ Sossa y Barahona (2015)

¹⁷ Filomena et al. (2007)

¹⁸ Cortiana et al. (2017)

La cantidad de áreas de pastoreo depende de la disponibilidad de terreno, sin embargo, se recomiendan al menos tres, para poder generar rotación entre ellas, y evitar el desgaste de la pastura y concentración de heces, las cuales pueden ser foco de infestación de parásitos. Estas áreas deben tener pastura en todo el ciclo productivo de las aves; como mantenimiento se recomienda la corta para uniformizar la altura, y en condiciones de verano, el riego puede ser necesario para ayudar a la recuperación del pisoteo y pastoreo. El tiempo de ocupación va a depender del pastoreo que generen las aves, de la recuperación de la pastura (altura) y el número de parques.

Los parques deben estar delimitados por mallas a una altura no menor de 1,80 metros, y deben ser firmes para evitar que estas se debiliten (en caso de utilizar mallas tipo cedazo o gallinero) y permitan las aves pasarlas a través del vuelo, o la entrada de depredadores. En las esquinas es crucial el mantenimiento de la altura del pasto, para evitar que este sea alto.

La presencia de árboles y pequeños refugios en las áreas de pastoreo, son indispensables para incentivar a las gallinas salir de la galera, y hacer un uso uniforme de todo el aparato. La Figura 43 muestra un ejemplo de refugio en las áreas de pastoreo.



Figura 43. Refugios en áreas de pastoreo para incentivar la salida de las aves. Fuente: Hennovation (2017).

El número de refugios depende del tamaño del lote, sin embargo, no se recomiendan que sobrepase el 50% de los parques, ya que reduce la capacidad de recuperación de la pastura (al incrementar la sombra), lo que provocará el deterioro de la pastura por el comportamiento de las aves.

No se recomienda la implementación de bebederos ni comederos en las áreas de pastoreo, ya que estas propician la llegada de aves silvestres y roedores que pueden contaminar el equipo y las fuentes de alimento, e infestar a las aves (The American Pastured Poultry Producers Association 2006). Para no privar a las aves de alimento balanceado y agua, las puertas de las salidas deben permanecer en todo momento abiertas, sin ningún obstáculo para que puedan volver a la galera cuando les plazca.

Las aves deben permanecer un mínimo de 6 horas diarias con acceso a pastoreo, y se puede contar con la ayuda del personal para guiarlas hacia las salidas. Así, las aves se acostumbrarán a salir a los corredores y que, de forma eventual, se distribuyan por toda el área de pastoreo. La ayuda para guiarlas, debe realizarse caminando por la galera de manera que las aves se direccionen hacia las salidas, despacio, con cuidado y sin ruidos que puedan estresarlas o herirlas. También se pueden entrenar al llamarlas hacia los parques con el uso de un silvato.

Es permitido que las aves no tengan acceso al pastoreo en condiciones ambientales extremas (ráfagas de viento, exceso de lluvias, tormenta eléctrica, lluvia de granizo, etc.) o cuando se necesite realizar una práctica sanitaria y/o veterinaria como es el caso de la aplicación de vacunas o desparasitación. Sin embargo, este periodo no debe sobrepasar cinco días seguidos.

9.6. Alimentación

El suministro de alimento balanceado de calidad es vital para poder alcanzar el máximo potencial genético de las aves, en conjunto con las condiciones apropiadas de manejo. Suplir de diferentes fases de alimentación tanto en la crianza como en la producción, garantiza llenar los requerimientos nutricionales de las aves de acuerdo a la etapa en la que se encuentre, y reduce los costos de alimentación cuando la producción disminuye. Conforme aumenta la edad de las aves los requerimientos de nutrientes disminuyen, así como la producción (Bell y Weaver 2002).

Al ser las aves granívoras, el aporte de energía y proteína proviene de los granos presentes en el alimento balanceado, lo que responde como una alta digestibilidad de los mismos, al ser animales con tracto gastrointestinal simple. Además, no se tiene claro cuánto del aporte nutricional de la pastura puede aprovecharse en los ciegos de las aves, por lo que se toma como un aporte extra, ya que el objetivo principal del acceso a pastoreo, es brindar mayor espacio por ave, para que puedan desenvolver comportamientos naturales, y no la sustitución de alimento balanceado.

El uso de aminoácidos sintéticos y proteínas de origen animal es permitido, así como el uso de medicamentos preventivos como los antibióticos promotores de crecimiento para mantener la salud intestinal y mejorar la eficiencia digestiva (Gaggia et al. 2010). La suplementación con carbonato de calcio como grit y para mejorar la dureza de la cáscara también es aceptado.

En sistemas alternativos con acceso al exterior, (Rutten 2018) hace énfasis en cuatro puntos clave a nivel nutricional para lograr el mejor desempeño de las aves, tanto en la crianza como en la fase productiva:

1. Asegurar un adecuado consumo de energía, ya que las aves pueden moverse de forma libre y usan una cantidad superior de energía en sus actividades diarias. Al cumplir con esto, se obtendrán pesos adultos a tiempo, aves fuertes que producen un gran número de huevos, que se encuentran sanas y son resistentes a enfermedades.
2. Los requerimientos de aminoácidos deben adaptarse al consumo registrado (mayor consumo en sistemas alternativos), y dependerán de la masa de huevo producida y de la concentración de aminoácidos en la dieta (el nivel tiende a ser inferior en porcentaje). Sin embargo, las necesidades de aminoácidos no difieren de forma significativa entre sistemas con o sin jaulas.
3. Al haber mayor variación de temperatura en sistemas con acceso a pastoreo, la aparición de mala calidad de cáscara debido a estrés calórico (como aconteció en el módulo aviar) es habitual, por lo que se recurre a la técnica del vaciado de los comederos. Este consiste en suministrar el 60% de la alimentación diaria en la tarde, ya que hay suficiente evidencia de que las aves ingieren la mayor parte de la dieta en las últimas cuatro horas del día. Antes de realizarlo, se deben vaciar los comederos a mitad del día, por 1-1,5 horas máximo. Esto incentiva y asegura el consumo completo de nutrientes, lo que aumenta la uniformidad de la parvada y la resistencia de la cáscara de los huevos.

4. El suministro de fibra insoluble gruesa mejora la digestión al estimular el movimiento intestinal y el desarrollo del buche y la molleja. Además, mejora el emplume y evitará el comportamiento de picaje agresivo (remoción de plumas con el pico), ya que logra conseguir una sensación de saciedad. Esta suplementación debe realizarse con cuidado, ya que su inclusión en la dieta tiende a diluir la concentración de la misma, y en condiciones de estrés calórico, es común concentrar la dieta para asegurar la ingesta de todos los nutrientes. Rutten (2018) recomienda proporcionar fibra adicional en la fase de desarrollo, para fomentar la capacidad de ingestión. Este punto es relevante para evitar las malas condiciones de plumaje registradas en las aves Sex Link del módulo aviar, además que su comportamiento será más dócil.

Lo anterior aplica para cualquier raza o línea genética que se encuentre en este tipo de alojamiento, sin embargo se deben seguir aunado a las indicaciones y recomendaciones nutricionales de las casas genéticas.

9.7. Manejo del huevo

La frecuencia de recolección debe realizarse 3 veces al día, para evitar la incidencia de huevos quebrados, al tener contacto con el cuerpo de la gallina y con los demás huevos. Además, se evita el comportamiento de cluequez. Los huevos sucios o quebrados que se detecten, deben recolectarse por aparte de los huevos normales, para evitar la contaminación cruzada.

La recolección se puede hacer en separadores de huevo o en recipientes limpios. En el caso de huevos sucios, estos deben lijarse con materiales abrasivos que eliminen la materia orgánica presente, pero nunca ponerlos en contacto con agua. Huevos muy sucios o con fisuras, es recomendable no comercializarlos para evitar comprometer la inocuidad del producto.

El almacenamiento de los huevos debe realizarse en espacios cerrados, específicos y limpios (bodega/cuarto de almacenamiento de huevo) y debe contar con la suficiente protección para evitar la pérdida de huevo por contaminación por plagas o depredadores. Estos deben colocarse sobre espacios altos para que no se encuentren en contacto directo con el suelo.

Se recomienda que el huevo no se almacene más de una semana en la granja, para asegurar la comercialización de huevos frescos y realizar la rotación del producto de la forma más adecuada.

9.8. Estirpes recomendadas

A pesar de que las gallinas Sex Link y Rhode Island Red son razas resistentes, rústicas, que soportan condiciones adversas, y que se encuentran en auge en pequeños sistemas alternativos de Estados Unidos y Europa, se recomienda el uso de líneas genéticas modernas (comunes en Costa Rica), como las Isa Brown y Hyline Brown. Esto porque la experiencia a lo largo de los años en países donde los sistemas alternativos se encuentran establecidos, apuntan al registro de rendimientos productivos similares a los de sistemas convencionales, es decir, se adaptan de forma óptima, siempre que el manejo sea adecuado sin comprometer el bienestar de las aves.

9.9. Manejo Sanitario

La implementación de medidas de bioseguridad es indispensable para evitar la incidencia de enfermedades en la granja. Al estar las aves expuestas al aire libre, el riesgo sanitario aumenta, por lo que es vital acatar medidas que logren evitar la entrada o proliferación de patógenos que atente contra la salud de las aves.

De acuerdo con la guía de manejo de Hyline International (2006) para sistemas alternativos, se debe hacer énfasis en los siguientes puntos para mantener un estatus sanitario adecuado en la granja con acceso a pastoreo:

1. El flujo de personal y visitas debe ser controlado. Debe existir un protocolo de limpieza y desinfección tanto para el personal, como para los implementos utilizados en la granja (ropa, botas, herramientas, etc.).
2. Utilizar el sistema todo dentro, todo fuera, y evitar mezclar lotes de aves de diferentes edades.
3. Si hay lotes de diferentes edades, el orden de visita debe ser desde las aves más jóvenes, hasta las de mayor edad.
4. Realizar la limpieza con agua y jabón, y luego la desinfección de todas las instalaciones cada vez que sale y entra un nuevo lote. Además, al menos dos veces por semana (o cada vez que amerite) se deben aplicar las mismas medidas al equipo.

5. Debe existir un plan contra roedores, alrededor de la galera, de las áreas de pastoreo y bodega de almacenamiento de huevo y equipo. El uso de cebos y trampas, evitar derrames de alimento y huevo, y pastura alta en las periferias de las áreas de pastoreo, son medidas para controlar este tipo de plagas.
6. Se deben implementar pediluvios a la entrada de la granja, para desinfectar el calzado previamente limpio sin materia orgánica.
7. Se debe evitar la entrada de aves silvestres, depredadores (incluidos perros y gatos) a la galera y áreas de pastoreo, por lo que se debe contar con cercas perimetrales y mallas que impidan su paso.
8. Para monitorear la presencia de parásitos internos (gusanos redondos, capilares, cecales y coccidias) se deben realizar necropsias en aves de desecho, revisar las heces y realizar análisis de laboratorio. Si hay presencia de parásitos se debe implementar un plan de desparasitación de acuerdo al grado de infestación, tipo de parásito y la condición de las aves.
9. Si se detectan parásitos externos (piojos y ácaros) en las aves o en equipo como perchas y nidos, se debe realizar la aspersion de las instalaciones con productos que garanticen su erradicación, que no sean toxicos y no dejen residuos en el huevo.
10. Debe existir un plan de vacunación de acuerdo a las enfermedades frecuentes de la zona. Estas deben aplicarse desde el nacimiento de la pollita y a lo largo de la crianza de acuerdo a lo que indique el profesional responsable.
11. Se recomienda implementar un plan estricto de vigilancia, por medio de exámenes de laboratorio de las principales enfermedades transmitidas por aves y otros animales silvestres, entre ellas la influenza aviar y la Enfermedad de Newcastle

El modelo de granja con acceso a pastoreo se ilustra en las Figuras 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 y 52 las cuales muestran y resumen lo anteriormente descrito, de acuerdo a las necesidades de este tipo de alojamiento. La misma está adaptada a las condiciones tropicales húmedas, con influencia del mar Caribe.



Figura 44. Vista completa de la galera de gallina ponedora con acceso a pastoreo.



Figura 45. Fachada frontal de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.



Figura 46. Fachada frontal de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.

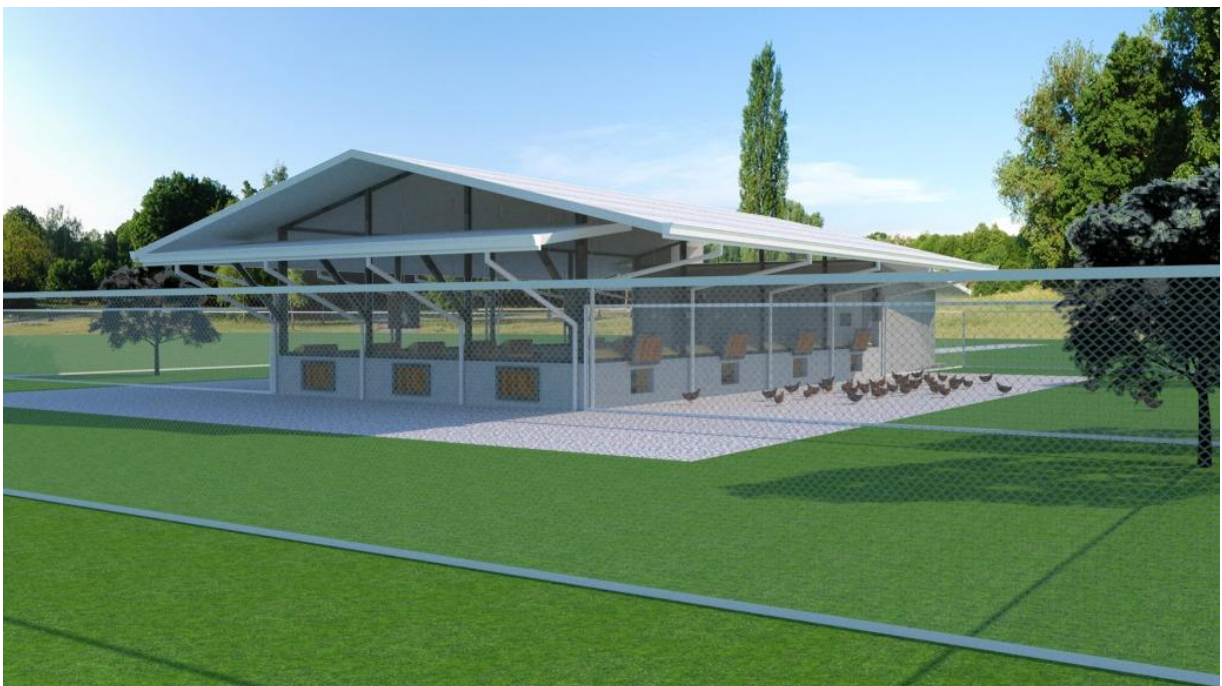


Figura 47. Fachada posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.



Figura 48. Fachada posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.

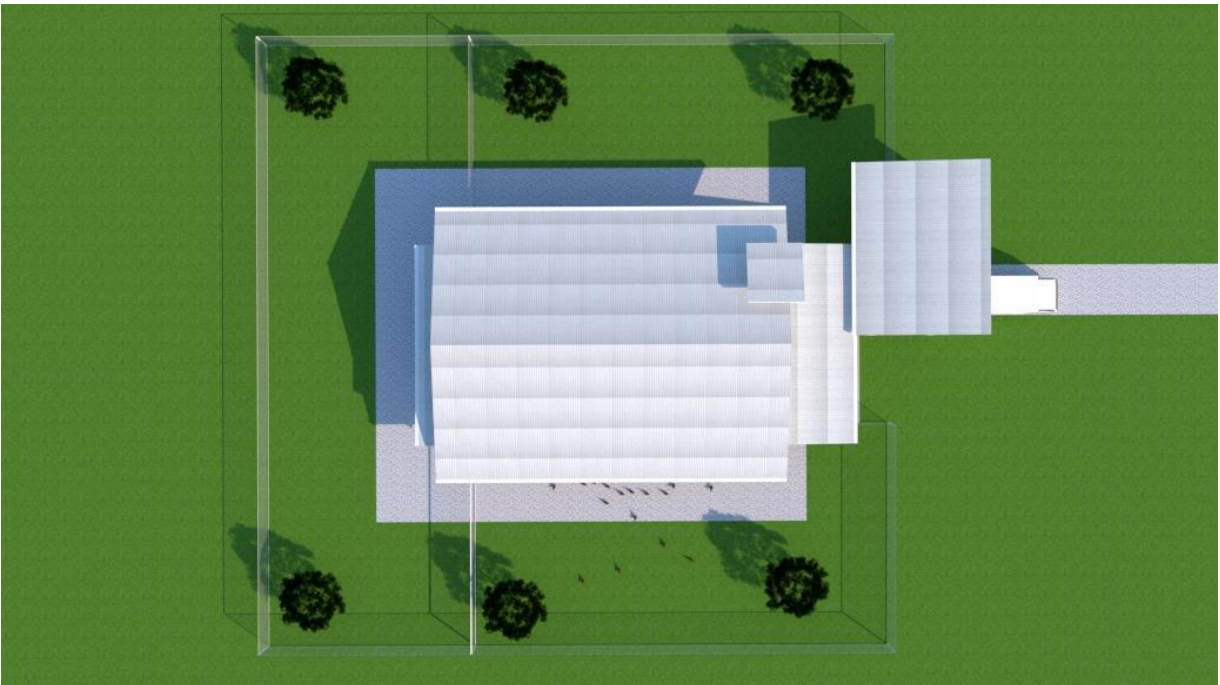


Figura 49. Vista superior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.



Figura 50. Vista interna posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.

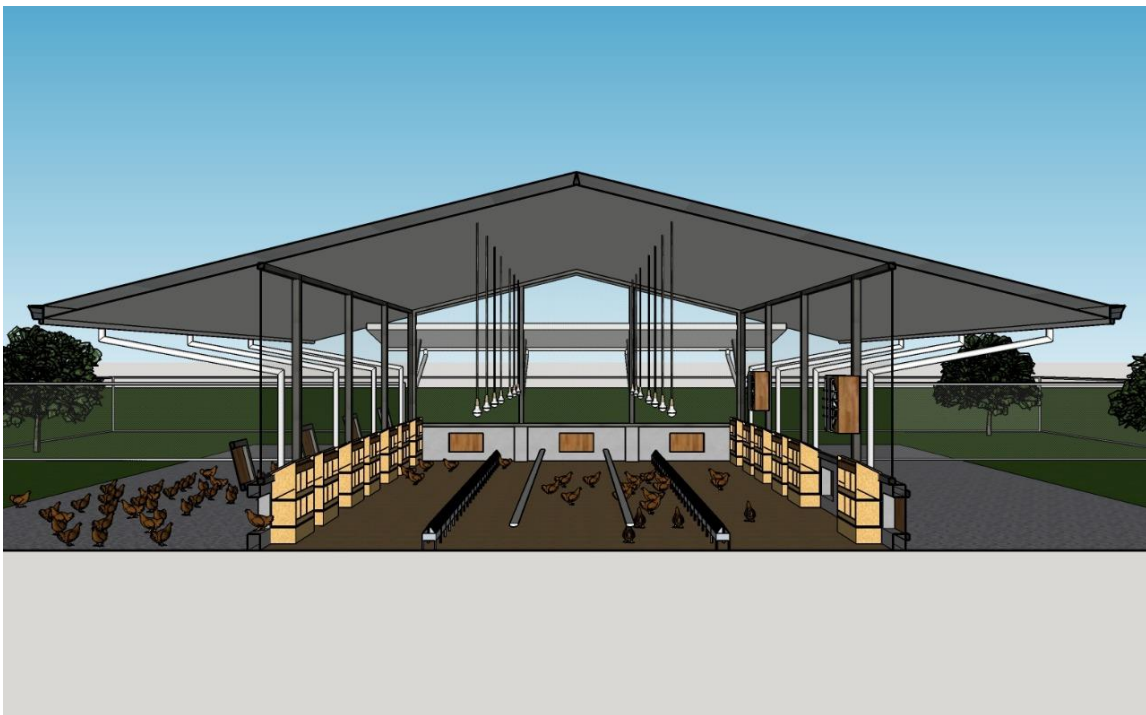


Figura 51. Corte transversal posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.



Figura 52. Corte longitudinal posterior de la galera para gallina ponedora con acceso a pastoreo.

10. Rentabilidad del sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo.

Las características del proyecto supuesto según instalaciones, equipo, indicadores productivos y comercialización, se indican en el apartado 4.5.1 de la metodología del presente trabajo.

10.1. Inversiones iniciales

Para el desarrollo del modelo productivo propuesto, se requiere la implementación de los rubros que se indican en el Cuadro 27. Estos incluyen el terreno, las instalaciones y el equipo, los cuales fueron calculados de acuerdo a las necesidades de espacio y número de aves, donde los costos fueron determinados a partir de valores promedio de mercado. Se estimó un total de 164 m² de construcción, y 900 m² de áreas de pastoreo, donde se requiere un terreno mínimo de 1500 m² de área.

Cuadro 27. Inversiones iniciales, vida útil y depreciaciones.

Rubro	Inversión (₡)	Porcentaje (%)	Vida útil (años)	Depreciación anual (₡)
Instalaciones y áreas de pastoreo	30.340.000	80	50	606.800
Terreno	5.000.000	14	N/A	
Equipo	2.100.000	6	10	180.000
Total	37.940.000	100		884.000

Fuente: Ministerio de Hacienda (2015)¹⁹, Cruz (2018)²⁰, Piedra (2018)²¹, Suministro Avícola Belén (2018)²².

¹⁹Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva del Ministerio de Hacienda (2015)

²⁰ Cruz R. 2018. Perito externo del Banco Nacional de Costa Rica. Comunicación personal. Cartago, Costa Rica.

²¹ Piedra M. 2018. Perito externo del Banco Nacional de Costa Rica. Comunicación personal. Cartago, Costa Rica.

²² Suministro Avícola Belén. 2018. Comunicación personal. San José, Costa Rica.

10.2. Costos de operación

La estructura de costos de operación necesaria para el desarrollo del sistema productivo propuesto, se muestra en el Cuadro 28, el cual contempla los valores para los años 1, 5 y 10. En el Anexo 5 muestra el cálculo y las necesidades para cada rubro durante la ejecución del proyecto.

Cuadro 28. Estructura y valor de costos operativos en colones en los años 1, 5 y 10 para el establecimiento de un sistema productivo de gallina ponedora con acceso a pastoreo.

Costo	Año 1	Año 5	Año 10
Alimento balanceado	11.068.625	16.205.574	26.099.239
Compra de aves	4.550.000	6.606.600	10.464.854
Material de la cama	50.000	73.205	116.923
Mantenimiento de instalaciones y equipo	640.000	937.024	1.509.086
Manejo Sanitario	78.500	114.932	185.099
Depreciaciones	3.741.800	5.063.900	7.544.206
Mano de Obra	5.850.000	8.564.985	13.793.994
Cargas sociales	1.421.820	2.081.687	3.352.577
Agua/luz/teléfono	1.392.000	2.038.027	3.282.263
Impuestos municipales	120.000	175.692	282.953
Empaque de huevo	924.612	1.353.724	924.612
Uniformes	20.000	20.000	20.000
Imprevistos 2%	839.963	1.089.312	1.533.628
Total costos operativos	36.767.720	49.939.782	73.662.236

El rubro con mayor porcentaje de costo a lo largo de los años, es el alimento balanceado, el cual representa el 41% del total, seguido de 22% de pago de la mano de obra y 17% de compra de las aves en período de pre-postura.

10.3. Rentabilidad del sistema propuesto

De acuerdo a los supuestos establecidos, el proyecto es viable, ya que se obtienen flujos de caja netos positivos a lo largo de los 10 años de evaluación (Cuadro 29); a su vez el VAN es positivo por ₡19.219.243, y la TIR es de 21,48%. Para efectos del VAN, el productor en moneda actual, puede recuperar la inversión inicial del año 0 y obtener ganancias en los años evaluados, mientras que la TIR es mayor a la tasa aceptable de rendimiento supuesta (14%), lo que hacen al proyecto rentable.

Los ingresos y egresos a través de los años proyectados, fueron considerados al valor actual, resultando en una relación B/C positiva y mayor a 1. Esto por el VAN positivo que se obtuvo en el flujo de caja, lo que indica que los beneficios (ingresos) superan los costos e incide en ganancias.

Cuadro 29. Flujo de caja del modelo productivo supuesto para los años evaluados.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos por venta de huevo		35.737.296	39.311.026	43.242.128	47.566.341	52.322.975	57.555.273	63.310.800	69.641.880	76.606.068	84.266.675
Ingresos por venta de gallinas de descarte			1.128.000		1.128.000	1.128.000		1.128.000	1.128.000		1.128.000
Ingresos por venta de gallinaza			229.600		275.520	303.072		363.686	400.055		480.066
Menos costos operativos		30.697.320	33.648.311	27.669.667	40.405.301	44.324.662	36.474.498	53.283.583	58.489.344	48.143.256	69.109.436
Menos cuota bancaria		6.070.400	5.842.760	5.615.120	5.918.640	5.615.120	5.691.000	5.311.600	4.932.200	4.552.800	4.552.800
Utilidad antes de impuesto de renta		-1.0304.24	1.177.554	9.957.341	2.645.920	3.814.265	1.538.9775	6.207.304	7.748.391	23.910.012	12.212.504
Utilidad después de impuesto		-927.382	1.059.799	8.961.607	2.381.328	3.432.839	13.850.797	5.586.573	6.973.552	21.519.011	10.991.254
Más valor de depreciación		3.741.800	4.034.300	816.800	4.677.800	5.063.900	816.800	5.913.320	6.422.972	816.800	7.544.206
Flujo operativo del modelo		2.814.418	5.094.099	9.778.407	7.059.128	8.496.739	14.667.597	11.499.893	13.396.524	22.335.811	18.535.460
Inversión inicial	(37.940.000)										
Más valor residual											23.869.800
Flujo de caja neto		2.814.418	5.094.099	9.778.407	7.059.128	8.496.739	14.667.597	11.499.893	13.396.524	22.335.811	42.405.260
Flujo de caja acumulado	(37.940.000)	(35.125.582)	(30.031.483)	(20.253.076)	(13.193.948)	(4.697.209)	9.970.388	21.470.282	34.866.806	57.202.617	99.607.877
TIR	21,48%										
VAN (14%)	₡19.219.243										
Relación B/C	1,58										
Período											
Recuperación de Inversión	6 años										

El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los ingresos por ventas son iguales a la suma de los costos fijos y los variables (Baca 2010). Para efectos de cálculo del punto de equilibrio, se consideró como ingreso sólo la venta de huevo. El Cuadro 30 muestra la cantidad de kg de huevo que se necesitan producir al año, para no incurrir en pérdidas y los componentes necesarios para su cálculo.

Cuadro 30. Costos fijos, costos variables, producción anual, venta y punto de equilibrio del proyecto de gallina ponedora con acceso a pastoreo, para los años 1, 5 y 10.

	Año 1	Año 5	Año 10
Costos Fijos (₡)	18.694.520	23.674.343	33.013.893
Costos Variables (₡)	18.073.200	26.265.439	40.648.343
Precio/kg (₡)	2.000	2.928	4.716
Producción promedio anual (kg)	17.869	17.869	17.869
Costo Variable Unitario (₡)	1.011	1.470	2.275
Punto Equilibrio (kg huevos)	18.911	16.234	13.524

El punto de equilibrio para los años 1, 5 y 10 es positivo, ya que el precio de venta del kg de huevo, es mayor que el costo variable unitario, por lo que se cubren los costos variables con la venta de huevo (al utilizar un valor promedio de 84% de producción de huevo). Para los 10 años evaluados, el sistema tiene la capacidad de producir la cantidad de huevo necesaria para hacer rentable la actividad, y permite obtener una contribución marginal al producir una mayor cantidad de huevo en el momento en el que las aves se encuentren en el pico de producción (91%).

10.4. Análisis de sensibilidad

El modelo se sensibilizó a través de cambios en las variables de porcentaje de postura, precio del kilogramo de huevo y el precio del kg de alimento balanceado, donde se establecieron diferentes escenarios con relación a dichas modificaciones (Cuadro 31).

Cuadro 31. Diferentes escenarios ante posibles cambios en las variables de porcentaje de postura y precios de kg de huevo y alimento balanceado.

Indicadores	Escenario		
	Pesimista	Normal	Optimista
Porcentaje de postura (%)	73	84	95
Precio kg de huevo (₡)	1800	2000	2200
Precio kg de alimento balanceado (₡)	290	264	237
VAN (₡)	-41.423.869	19.219.243	86.305.195
TIR %	-7,44	21,48	45,94

Los valores de porcentaje de postura corresponden a los límites inferior, promedio y superior que indica la guía de manejo de Isa Brown (Isa Innovation Breeds Success 2018), mientras que las demás variables fueron afectadas por $\pm 5\%$. Bajo estas mismas circunstancias, el Cuadro 32 señala los valores máximos y mínimos (de los indicadores sensibilizados) que puede soportar el proyecto supuesto, bajo los escenarios pesimista y normal, para que este sea viable, manteniendo las demás variables constantes.

Cuadro 32. Valores máximos y mínimos de los indicadores sensibilizados para que el proyecto sea viable.

Indicadores	Escenario	
	Pesimista	Normal
Porcentaje de postura mínimo (%)	90	78
Precio kg de huevo mínimo (₡)	2200	1850
Precio máximo kg de alimento balanceado (₡)	150	329

En caso de que no se demande la compra del terreno, equipo ni la construcción de la infraestructura completa, por ejemplo, ante sistemas productivos de huevo de piso que sólo necesitan adaptaciones, se mejorarían los indicadores de TIR en 128,59% y VAN en $\text{C}\$67.429.466.26$. Esto porque se reduce la inversión inicial en 81%, en conjunto con la cuota bancaria (amortización e intereses) a lo largo de los años evaluados, lo cual podría incentivar la implementación de este tipo de sistema, bajo los supuestos establecidos, siempre y cuando el espacio físico no sea la limitante, al momento de diseñar los parques.

11. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de la información colectada, se concluye lo siguiente:

- Las granjas con acceso a pastoreo diagnosticadas, permiten el contacto de las aves con el exterior hasta una edad promedio de 26 semanas de edad, donde en ocasiones se aprovecha el pico de postura en condiciones de alojamiento de piso, y no existe distinción al comercializar los huevos.
- En las granjas visitadas el suministro de forraje y/o material verde a las aves sustituye el alimento balanceado, práctica que repercute en el bienestar y comportamiento productivo de las gallinas. Además, hay desconocimiento acerca del manejo del recurso forrajero.
- Todas las granjas visitadas registraron huevo de piso, propiciado por diferentes prácticas de manejo en la galera.
- Las aves destruyen alrededor de 1/3 del área destinada al pastoreo, producto del comportamiento propio de las aves de rascar, baños de arena, el constante pisoteo por la preferencia de estar cerca de la galera, la ausencia de canoas que permiten un proceso de erosión del suelo por efecto mecánico de la gota de agua, y la saturación del suelo por agua estancada.
- La mayoría de los parques presentaron una mayor proporción de hojas que de tallo, lo cual fue óptimo para las preferencias de las aves del módulo aviar, comportamiento relacionado al proceso de uniformización de la pastura y a la edad de cosecha (15 días).
- La rotación de las áreas de pastoreo es crucial para evitar el sobrepastoreo y la destrucción del pasto establecido, así como la implementación de amortiguadores (corredores con piedra cuartilla o láminas de plástico) en las salidas de la galera hacia los parques.
- La sombra de los árboles y la presencia de pequeños refugios en los parques, incentiva la salida de las aves, y su dispersión por toda el área de pastoreo.
- Bajo las condiciones tropicales húmedas de Turrialba y las características físicas de la galera del módulo aviar, se intentó proveer el mayor confort posible a las aves en todo el ciclo productivo, a través de diferentes prácticas de manejo.

- La información de los rendimientos productivos de las aves híbridas Sex Link y Rhode Island Red es escasa en el país, sin embargo existen casas genéticas en Estados Unidos y Europa que las utilizan para su implementación en sistemas alternativos.
- El uso de razas no especializadas para la producción intensiva de huevos, las condiciones sub-óptimas de crianza a las que se sometieron las aves del módulo aviar, aunado a las características del sistema, repercutieron de forma directa en el desempeño productivo de las mismas.
- Las condiciones de crianza de las pollitas, para cualquier sistema productivo, debe ser riguroso y que asegure bienestar animal, ya que problemas en esta etapa, resultan difíciles de corregir en la fase de producción, y repercute en el desempeño productivo de las aves, como aconteció en las aves del módulo aviar.
- El consumo de alimento balanceado tiende a ser mayor en las aves alojadas en sistemas sin jaula, y en el caso del módulo aviar, las aves híbridas Sex Link tuvieron un mayor consumo que las aves Rhode Island Red.
- Ambos grupos de aves presentaron pesos promedios similares a los indicados en la literatura (alrededor de 2,0 kg), mientras que la uniformidad fue variable y no persistente durante todo el ciclo productivo.
- A lo largo del ciclo productivo no se observó buena persistencia en la producción, y el pico de producción se alcanzó a las semanas 29 y 34 de edad con valores de 85,2% y 70,12% para las aves híbridas Sex Link y Rhode Island Red, respectivamente.
- Las conversiones alimenticias reales promedio fueron menores en las aves Rhode Island Red (2,57) que las Sex Link (2,68).
- La mortalidad acumulada fue mayor para las aves híbridas Sex Link en comparación con las Rhode Island Red en un 30%, al finalizar el ciclo productivo.
- El peso promedio de huevo para las aves híbridas y RIR, fue de $62 \pm 1,9$ y $63 \pm 2,1$ respectivamente.
- El sistema de gallina ponedora con acceso a pastoreo, bajo los supuestos establecidos, resulta viable, al obtener un VAN positivo por ₡19.219.243, TIR de 21,48%, y una relación B/C >1.
- Al sensibilizarse el modelo, se concluye que el proyecto supuesto puede soportar un porcentaje mínimo de postura del 78%, un precio mínimo de venta de kg de huevo de ₡1.850, y un precio máximo de kg de alimento balanceado de ₡329.

12. RECOMENDACIONES

- Es urgente la implementación de una guía (como la realizada en el presente trabajo) a nivel país que eduque tanto al productor como al consumidor, donde se informen las características necesarias para que los sistemas avícolas alternativos con acceso a pastoreo, garanticen bienestar animal a las aves, sanidad, inocuidad del producto final, calidad y la rentabilidad para los productores que utilicen este tipo de alojamiento.
- Es necesaria la intervención de entes gubernamentales como el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), para realizar un control y fiscalización de las granjas avícolas que utilicen el alojamiento con acceso a pastoreo, para evitar comprometer el bienestar de las aves y la inocuidad del producto final. Así también, se debe racionalizar el uso del etiquetado “Huevos de gallina de pastoreo”, y que este sea regulado tanto por el Ministerio de Salud, Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), así como por parte de SENASA.
- La participación de diferentes profesionales (zootecnistas, nutricionistas, médicos, veterinarios, etc.) es de relevancia, para prevenir un mal manejo de la información y procurar homogenizar las características de los sistemas avícolas alternativos.
- El uso de líneas genéticas modernas (comunes en Costa Rica) como la Isa Brown o Hyline Brown en este tipo de alojamiento asegura óptimos rendimientos productivos y una rentabilidad positiva, siempre que el manejo sea adecuado sin comprometer el bienestar de las aves.

11. LITERATURA CITADA

- Abrahamsson, P; Tauson, R. 1995. Aviary systems and conventional cages for laying hens: Effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*. 45:191–203.
- Aerni, V; Wechsler, B; Oester, H; Brinkhof, B; Fröhlich, E. 2005. Productivity and mortality of laying hens in aviaries : a systematic review. *World's Poultry Science Journal*. 61:130–142.
- Agriculture and Food Development Authority (TEAGASC). 2006. Free range egg production. Ireland. Consultado el 18 de mayo del 2017. Disponible en: https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2006/973/40_FreeRangeEggs.pdf
- Ajakaiye, J ; Perez-Bello, A; Mollineda-Trujillo, A. 2011. Impact of heat stress on egg quality in layer hens supplemented with l-ascorbic acid and dl-tocopherol acetate. *Veterinarski Arhiv*.81:119–132.
- Ambrosen, T; Petersen, V. 1997. The influence of protein level in diet on cannibalism and quality of plumage of layers. *Poultry Science* 76: 559-563.
- Appleby, M; Hughes, B; Hogarth, G. 1989. Behaviour of laying hens in a deep litter house. *British Poultry Science*. 30: 545–553. Estados Unidos. 545-553.
- Appleby, M; Mench, J; Hughes, B. 2004. *Poultry Behaviour and Welfare*. CABI Publishing. 288 p.
- Araya, J; Chacón, D. 2011. Diagnóstico para la implementación de una granja de investigación y docencia en el módulo avícola de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica. Tesis Lic. Costa Rica. 189 p.
- Axtell, R; Arends, J. 1990. Ecology and management of arthropodpests of poultry. *Annual Review of Entomology*. 35:101–126.
- Bábolna Tetra Ltd. 2013. Tetra SL-LL Harco Blanca Management Guide. Commercial Layer Hybrids (en línea). Consultado el 2 de febrero del 2018. Disponible en: http://www.babolnatetra.com/uploads/pdf/tetra_TETRA_SL_LL_HARCO_BLANCA_commercial_2013_en.pdf

- Baca, G. 2010. Evaluación de proyectos. 6ta ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. México. 333 p.
- Barnett, J; Newman, E.1997. Review of welfare research in the laying hen and management implications for the Australian egg industry. Australian Journal of Agricultural Research 48(4): 385–402.
- Barrantes, A; Viquez, C. 2003. Análisis de la capacidad productiva y adaptativa de dos líneas genéticas de gallinas ponedoras (Isa Brown y Sex Link) bajo un sistema de pastoreo en el trópico húmedo. Tierra Tropical 2 (2): 121-128.
- Bell, D; W, Weaver Jr. 2002. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 5th ed. Norwell, MA, United States. Kluwer Academic Publishers. 1365 p.
- Berg, C. 2002. Health and Welfare in Organic Poultry Production. Acta veterinaria scandinávica. (95): 37-45.
- Banco, R. 2004. El estudio de la gallina ecológica. Escuela de Ingeniería de Técnicas Agrícola. Consultado el 12 de abril del 2017. Disponible en: www.uclm.es/profesorado/produccionanimal/trabajos
- Boz, M; Sarica, M; Yamal, U. 2014. The effect of oviposition time on hatching traits of different chicken genotypes. European Poultry Science. 7:2–9.
- Brenes, C. 2012. Huevos de pastoreo ganan mercado. Consultado el 14 de abril del 2017. Disponible en: http://www.elfinancierocr.com/negocios/Huevos-pastoreo-ganan-mercado_0_145785433.html
- Calik, J. 2014. Effect of length of productive life of rhode island red (r-11) hens on their. Acta Scientiarum Polonorum Zootechnical. 13:39–50.
- Carballo, C. 2004. Ganadería histolística. Manual de manejo de pollos ecológicos. Sinaloa México. 31p.
- Carrillo, L; Medina-Torres, L; Tapia, G; Guti, L. 2016. Rheological study of healthy chicken's pooled tracheobronchial secretions and its modification by mucolytics drugs. Poultry Science. 95:2667–2672

- Castañeda, C; Gómez, J. 2010. Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown en tres modelos de producción: piso, jaula y pastoreo. *Revista Ciencia Animal*. 3:9-22.
- Cavanagh, D; Naqi, S. 2003. *Infectious Bronchitis. Disease of poultry*. 11th edition. Iowa State Press. Editorial Board for the American Association of avian pathologist. 101-119.
- Chaves, R. 2011. *Servicio Nacional de Salud Animal: Programa Nacional de Salud Aviar*. Costa Rica. 7 p.
- Chielo, L; Pike, T; Cooper, J. 2016. Ranging Behaviour of Commercial Free-Range Laying Hens. *Animals Journal of Animal Science and Animal Welfare*.6 (28): 1–13.
- Ciftci, M; Nihat Ertas, O; Guler, T. 2005. Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 156 (2):107-111.
- Codex Alimentarius. 2017. Límites máximos de residuos (LMR) y Recomendaciones sobre la gestión de riesgos (RGR) para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos. *Normas Internacionales para los Alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organización Mundial de la Salud. 42 p.
- Comisión Europea. Departamento de Desarrollo Rural y de Agricultura. 2017. New rules extend marketing standards for free range eggs hit by avian flu restrictions (en línea). Consultado el 14 de abril del 2018. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/news/new-rules-extend-marketing-standards-free-range-eggs-hit-avian-flu-restrictions_en
- Cortiana, A; Regiani, M; Cardoso G; Carvalho, L; Henz, E; Velho. 2017. Production and chemical composition of grasses en legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. *Acta Scientiarum. Animal Scienses*. 39(3): 235-241.
- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). 2001. *The Welfare of Hens in Free Range Systems* (en línea). Action on Animal Health and Welfare. Consultado el 14 de abril del 2018. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69366/pb6490-hens-020130.pdf

- Dominant CZ. 2015. Final Hybrid. Common Management Guide. Layers Programs (en línea). Consultado el 2 de febrero del 2018. Disponible en: <http://dominant-cz.cz/wp-content/uploads/2015/04/dominant-final-hybrid-en.pdf>
- Estacion Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEFBM). 2017. Área de avicultura (en línea). Consultado el 26 de abril del 2017. Disponible en: <http://www.eefb.ucr.ac.cr/areas>
- Fanatico, A; Earles, R. 2003. Range Poultry Housing. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service. NCAT
- Filomena, A; Rojas, A; WingChing, R. 2007. Valor nutritivo del heno de maní forrajero deshidratado en un secador solar. *Agronomía Costarricense*. 31(2): 79-86.
- Frikha, M; Safaa, H; Serrano, M; Arbe, X; Mateos, G. 2009. Influence of the main cereal and feed form of the diet on performance and digestive tract of brown-egg laying pullets. *Poultry Science*. 88: 994-1002.
- Gaggia, F; Mattarelli, P; Biavati, B. 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiol.* 141(1):15-28.
- Galindo, S. 2005. Bioseguridad en granjas avícolas (en línea). Consultado el 14 de abril del 2016. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020205/020511.pdf>
- García, R; Berrocal, J; Moreno, L; Ferrom, G. 2009. Producción ecológica de gallinas ponedoras. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. España. 124
- Gebhardt-Henrich, S; Toscano, M; Fröhlich, E. 2014. Use of outdoor ranges by laying hens in different sized flocks. *Applied Animal Behaviour Science* 155:74–81.
- Goetting, V; Lee, K; Tell, L. 2011. Pharmacokinetics of veterinary drugs in laying hens and residues in eggs: a review of the literature. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 34: 521–556.
- Grandin, T. 2002. Puntos críticos de control del bienestar animal en el corral de engorde y en el campo (en línea). Consultado el 10 de abril del 2017. Disponible en: <http://www.grandin.com/spanish/puntos.criticos.de.control.html>

- Gunnarsson, S; Keeling, L; Svedberg, J. 1999. Effect of rearing factors on the prevalence of floor eggs, cloacal cannibalism and feather pecking in commercial flocks of loose housed laying hens. *British Poultry Science*. 40:12–18.
- Harlander-Matauschek, A; Felsenstein, K; Niebuhr, K; Troxler, J. 2006. Influence of pophole dimensions on the number of laying hens outside on the range. *British Poultry Science*. 47 (02): 131-134.
- Heerkens, J; Delezie, E; Zoons, J; Kempen, I; Ampe, B. 2015. Specific characteristics of the aviary housing system affect plumage condition, mortality and production in laying hens. *Poultry Science* (94):2008–2017 p.
- Hegelund, L; Sorensen, J; Kjaer, J; Kristensen, I. 2005. Use of the range area in organic egg production systems: Effect of climatic factors, flock size, age and artificial cover. *British Poultry Science*. 46:1–8
- Hegelund, L; Sorensen, J; Hermansen, J. 2005. Welfare and productivity of laying hens in commercial organic egg production systems in Denmark. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* (54): 147-155.
- Hendrix Genetics BV. 2018. Moravia BSL. Product information (en línea). Consultado el 1 de febrero del 2018. Disponible en: <https://www.integrabcice.cz/en/product/moravia-bsl/>
- Hennovation.2017. Feather Pecking. Risks (en línea). Consultado el 26 de abril del 2018. Disponible en: <http://www.henhub.eu/fp/risks-housing/>
- Hocking, P; Bain, M; Channing C; Fleming, R; Wilson, S. 2003. Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *British Poultry Science* .44: 365-373.
- HSI (Humane Society International). 2013. Día Mundial del Huevo Resalta la Creciente Popularidad de los Huevos de Pastoreo. Consultado el 11 de abril del 2017. Disponible en: http://www.hsi.org/spanish/news/press_releases/2013/10/dia_mundial_del_huevo_10_0913.html
- Hudson, B; Lien, R; Hess, J. 2001. Effect of body weight uniformity and pre-peak feeding programs on broiler breeder hen performance. *Journal of Applied Poultry Research* 10: 24-32.

- Humane Farm Animal Care. 2014. Normas del HFAC para la producción de gallinas ponedoras (en línea). Consultado el 3 de marzo del 2014. Disponible en: <http://certifiedhumane.org/wp-content/uploads/2014/05/GALLINAS-PONEDORAS.pdf>
- Hunniford, M; Torrey, S; Bédécarrats, G; Duncan, I; Widowski, T. 2014. Evidence of competition for nest sites by laying hens in large furnished cages. *Applied Animal Behaviour Science*. 161:95–104.
- Hyline International. 2016a. Entendiendo el estrés calórico en las gallinas ponedoras: Consejos de Manejo para Mejorar el Rendimiento del Lote en Climas Cálido. Boletín Técnico (en línea). Consultado el 12 de abril del 2018. Disponible en: http://www.hyline.com/userdocs/pages/TU_HEAT_SPN.pdf
- Hyline International. 2016b. Guía de manejo. Ponedoras Comerciales Hyline Brown (en línea). Consultado el 20 de marzo del 2018. Disponible en: https://www.hyline.com/userdocs/pages/B_ALT_COM_ENG.pdf
- Isa Innovation Breeds Success. 2018. Guía de manejo. Ponedoras Comerciales Isa Brown (en línea). Consultado el 21 de marzo del 2018. Disponible en: <https://www.isa-poultry.com/en/product/isa-brown/isa-brown-alternative-systems/>
- Johnson, A. 2000. Reproduction in the female. *Sturkie's Avian Physiology*. C. G. Editorial Whitlow. Academic Press. London, England. 569-296.
- Kahrs, R. 1995. Principios generales de desinfección. *Revue Scientifique Et Technique*. 14(1): 143-163.
- Khawaja, T; Khan, S; Mukhtar, N; Ali, M; Ghafar, T; Ghafar, A. 2012. Comparative study of growth performance, egg production, egg characteristics and haemato- biochemical parameters of Desi, Fayoumi and Rhode Island Red chicken. *Journal of Applied Animal Research*. 40(4): 273-283.
- Klein, T; Zeltner, E; Huber-Eicher, B. 2000. Are genetic differences in foraging behaviour of laying hen chicks paralleled by hybrid-specific differences in feather pecking?. *Applied Animal Behaviour Science*. 70(2): 143-155.
- Lampkin N. 1997. Organic Poultry Production. Cymru Welsh Institute of Rural Studies. University of Wales. Consultado el 12 de abril del 2017. Disponible en: http://orgprints.org/9975/1/Organic_Poultry_Production.pdf

- Lay, D; Fulton, M; Hester, P; Karcher, D; Kjaer, J; Mench, J; Porter, R. 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*. 90(1): 278-294.
- Leyendecker, M; Hamann, H; Hartung, J; Kamphues, J; Nueman, U; S"Urie, C; Distl, O. 2005. Keeping laying hens in furnished cages and aviary housing system enhances their bone stability. *British Poultry Science*. (46):536–544.
- Lohmann Tierzuch. 2013. Management Guide. Alternative Systems. Management-Recommendations for the Rearing of Pullets in deep Litter, perchery and free-range systems (en línea). Consultado el 1 de abril del 2018. Disponible en: http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_Alternative_System.pdf
- Lohmann Tierzuch. 2017. Higiene y Bioseguridad. Guía Técnica (en línea). Consultado el 12 de abril del 2018. Disponible en: <http://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/es/Guias-technicas/Managment-Guide-Hygiene.pdf>
- Lorenz, C; Kany, T; Grashorn, M. 2013. Method to estimate feed intake from pasture in broilers and laying hens. *European Poultry Science*. 77:160–165.
- Low, M. 2008. Laying gaps in the New Zealand stitchbird are correlated with female harrassment by extrapair males. *Emu*. 108:28– 34.
- Luiting, P. 1990. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption. *World's Poultry Science Journal* 46:133-152.
- Mattocks, J. 2002. Pastured-Raised Poultry Nutrition. The Fertrell Company. US. 35 p.
- Melnychuk, V; Robinson, F; Renema, R; Hardin, R; Emmerson D; Bagley, L. 1997. Carcass traits and reproductive development at the onset of lay in two lines of female turkeys. *Poultry Science*. 76:1197–1204.
- Monge, D. 2016. Caracterización de la producción de huevo de gallina en Costa Rica. Simposio Una Visión del Sector Agropecuario Basada en el CENAGRO 2014, San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Encuestas y Censos.
- Muñoz, D. 2016. Gallinas libres... huevos caros. *El Financiero*. México. Consultado el 18 de mayo del 2017. Disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/gallinas-libres-huevos-caros.html>

- Muñoz, J; Vellojin, J. 2002. Diseño y evaluación de un sistema de producción de huevos con gallinas bajo pastoreo en el trópico húmedo. Proyecto de Licenciatura. Costa Rica. 49 p.
- Navara, K; Pinson, S; Chary P; Taube, P. 2005. Higher rates of internal ovulations occur in broiler breeder hens treated with testosterone. *Poultry Science*. 94:1346–1353.
- Nicol, C; Gregory, N; Knowles, T; Parkman, I; Wilkins L. 1999. Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*. 65:137–152.
- Official Journal of European Communities. 1999 .Laying down minimum standards for the protection of laying hens. Council Directive 1999/74/EC. 203:53–57.
- OIE (Organización Mundial De Sanidad Animal). 2015. Bienestar Animal y Sistemas de Producción de Pollos de Engorde. Código Sanitario para los Animales Terrestres (en línea). Consultado el 12 de abril del 2017. Disponible en: http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_broiler_chicken.pdf
- Paris, W; Tonion, R; Martinello, C; Sartor, L; Matielo de Paula, F; de Oliveira, J. 2016. Productivity and nutritional value of African Star managed with different leaf mass. *Acta Scentiarum Animal Scienses*. 38(1): 31-36.
- Quishpe, G. 2006. Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y postura. Proyecto Licenciatura. Honduras. 38 p.
- Riber, A. 2010. Development with age of nest box use and gregarious nesting in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*. 123:24–31.
- Richards, G; Wilkins, L; Knowles, T; Booth, F; Toscano, M; Nicol, C; Brown, S; Booth, F. 2011. Continuous monitoring of pop hole usage by commercially housed free-range hens throughout the production cycle. *Veterinary Record*. 169: 338.
- Rinfret, H; Rama, E. 2016. Cage-Free Industry Outlook—September 2016. *Agricultural Market Insight*. Consultado el 18 de mayo del 2017. Disponible en: [https://www.metlife.com/assets/cao/investments/MetLifeAgCage-FreeIndustryOutlookWhitePaperL0916479137\[exp1217\].pdf](https://www.metlife.com/assets/cao/investments/MetLifeAgCage-FreeIndustryOutlookWhitePaperL0916479137[exp1217].pdf)

- Rist, M; Bar, M. 1984. Basic principles of species appropriate animal production and it's ethical, ethological and constructional consequences. National Agricultural Library NAL. 332-338.
- Roberts, J. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*. 41:161-177.
- Ruiz, B. 2017. 3 Peculiaridades de la industria avícola en el 2016. *Industria avícola* 64 (3): 14-34p. Consultado el 11 de abril del 2017. Disponible en: <http://www.industriaavicola-digital.com/201703/#/16>
- Rutten, P. 2018. Nutrición en sistemas alternativos de gallinas ponedoras. *Industria Avícola* (en línea). Consultado el 30 de abril del 2018. Disponible en: <http://www.industriaavicola-digital.com/201803/index.php#/8>
- Salatin, J. 1996. *Pastured Poultry Profit\$*. Polyface Inc. USA. 371 p.
- Sandilans, V. 2016. *Chicken Behaviour and Welfare*. Online Course. Coursera. University of Edimburgh. Scotland.
- Sapag, N; Sapag, R. 2008. *Preparación y evaluación de proyectos*. 5ta ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. México. 445 p.
- Sazzad, H. 1992. Comparative study on egg production and feed efficiency of different breeds of poultry under intensive and rural conditions in Bangladesh. *Livestock Research for Rural Development*. 4 (29).
- Sedlačková, M; Bilčík, B; Košťál, L. 2004. Feather Pecking in Laying Hens: Environmental and Endogenous Factors. *Acta Veterinaria Brno*. 73:521-531.
- Silversides, F; Shaver, D; Song, Y. 2007. Pure line laying chickens at the Agassiz Research Centre. *Agriculture and Agri-Food Canada Contribution*. 40: 79–85.
- Singh, R; Cheng, K; Silversides, F. 2009. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*. 88:256–264.
- Sossa, C; Barahona, R. 2015. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 62(1): 67-80.

- Soto, A. 2014. Estudio de mercado, técnico y organizacional de pre-factibilidad de una explotación de aves en pastoreo en el Gran Área Metropolitana. Tesis de maestría. Costa Rica. 100 p.
- Spencer, T. 2013. Pastured Poultry Nutrition and Forages. National Sustainable Agriculture Information Service. ATTRA. 20 p
- Stadig, L; Ampe, B; Rodenburg, B; Tuytens, F. 2016. Effect of free-range access, shelter type and weather conditions on free-range use and welfare of slow-growing broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*. 192:15-23.
- Steward, B; Steward, F. 2001. Pasture poultry experience in Manitoba. Pasture Poultry Workshop. Agricultural Extension Center. 4p.
- Suawa, E; Roberts, J. 2013. Effect of body weight uniformity on eggshell quality of hens in a free range production system. Annual Australian Poultry Science Symposium. 25, 2014, Sydney, Australia. University of New England, Australia. 118-122.
- Sumner, D; Gow, H; Hayes, D; Mathews, W; Norwood, B; Rosen-Molina, J; Thurman, W. 2011. Economic and market issues on the sustainability of egg production in the United States: Analysis of alternative production systems. *Poultry Science* (90):241–250 p.
- Swarbrick, O. 1986. Clinical problems in 'free range' layers. *Veterinary Record*. 118: 13-363p.
- Tauson, R. 2002. Furnished cages and aviaries: production and health. *World's Poultry Science Journal* 58: 49-63.
- Tauson, R. 2005. Management and housing systems for layers effects on welfare and production. *World Poultry Science*. (61): 477–490 p.
- The American Pastured Poultry Producers Association APPA. 2006. Raising Poultry on Pasture. Ten Years of Success Compilation. 246 p.
- Vargas, A. 2001. Producción de pollos de engorde bajo un sistema de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Consultado el 12 de abril del 2016. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/98102.pdf>
- Verhoog, H; Lund, V; Fjelsted, H. 2004. Animal Welfare, Ethics and Organic Farming. *Animal Health and Welfare in Organic Agriculture*. Ed.Cabi. EU. 22 p.

- Villalobos, L; Arce, J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 38(1): 133-145.
- Walker, A; Gordon, S. 2003. Intake of nutrients from pasture by poultry. Symposium on Nutrition of farm animals outdoors. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62: 253-256.
- Yepes, W. 2007. Evaluación del sistema de pastoreo en pollos de engorde y su efecto en parámetros productivos en el Municipio de Palmira, Valle del Cauca. Trabajo de graduación. Bogotá, Colombia. 124 p.

12. ANEXOS

Anexo 1. Herramienta utilizada para realizar el diagnóstico en diferentes granjas con acceso a pastoreo.

<u>DIAGNOSTICO PRODUCTIVO EN SISTEMAS ALTERNATIVOS DE HUEVO COMERCIAL</u>		<u>Proyecto final de graduación</u> <u>Escuela de Zootecnia</u>
Encargado de la inspección:	_____	Fecha: _____
a. Información general de la explotación		
1. Nombre del propietario	2. Número de teléfono	
3. Encargado	4. Dirección	
b. Descripción del sistema productivo		
1. Cantidad de aves	4. Año que inició con el sistema	
2. Recibo de pollita Sí () No ()	5. Capital inicial (colones)	
3. Edad de recibo	6. Entidad financiera	
c. Instalaciones y nivel de tecnología		
Tipo de instalación	Descripción (materiales)	Área
Galpones		
Galera		
Bodega		
Aleros		
Canoas		
Galpón		
Material Cama		
Tipo de Nidos		
Material Nidos		
Tipo de comederos		
Tipo de bebederos		
Enriquecimiento ambiental		

Croquis de las instalaciones		Croquis del área de pastoreo
d. Sistema de alimentación		
1. Tipo Alimento Concentrado		2. Cantidad por ave/semana/mes
3. Proporción de sustitución forraje-concentrado		4. Utiliza otro tipo de materias primas
5. Descripción del sistema de registro de consumos		
e. Áreas de pastoreo		
1. Dimensión		7. Tipo de topografía (plana, pendientes, etc.)
2. Densidad ave/m ²		8. Tiempo de las aves en pastoreo
3. Tipo de forraje		9. Presencia de puesta de huevo
4. Presencia de comederos y bebederos		10. Presencia de árboles, sombra, refugios
5. Altura del pasto		11. Manejo pastura
6. Uniformización pastura		
f. Manejo del huevo		

1.Frecuencia de recolección al día	5.Porcentaje de incidencia de huevo quebrado		
2. Descripción de limpieza y manipulación	4.Porcentaje Incidencia de huevo sucio		
3. Porcentaje de Incidencia de huevo de piso			
g. Manejo Sanitario			
Tipo de producto	Costo/presentación	Frecuencia	Cantidad/ ave
Desparasitación			
Vacunas			
Antibióticos			
Otro:			
Afecciones más observadas en las aves			
g. Comercialización			
1. Precio venta kg huevo	3. Descripción de compradores		
2. Cantidad vendida por semana			
h. Producción			
1. Uso de registros productivos			
2. Semana producción (visita)			
3. Pico de producción			

Anexo 2. Programa de vacunación de la granja de crianza de las aves del módulo aviar.

Vacuna	Tipo	Vía de aplicación	Edad (días)	Edad (semana)
Salmonella, Marek	Enteritidis viva y HVT-SB1	Agua bebida y subcutánea	1	1
Bronquitis	H120	Ocular	5	1
Gumboro	Intermedia	Agua bebida	10	2
Newcastle	B1-B1	Aspersión	15	3
Viruela -Encefalo	Viva	Subcutánea	28	4
Bronquis-Newcastle	M48-La sota	Aspersión	35	5
Salmonella	Viva enteritidis	Agua bebida	42	6
Gumboro	Intermedia	Aspersión		7
Bronquitis-Newcastle	M48-La Sota	Aspersión		8
Viruela	Viva- pollo	Subcutánea		9
Bronq-Newcast-Gumb-Eds	Oleosa- cuádruple	Intramuscular -pechuga		14
Salmonella	Oleosa- enteritidis	Intramuscular -pechuga		14

Anexo 4. Estructura de costos para la implementación de sistema propuesto.

COMPRA DE ANIMALES Y OTROS			
Item	Cantidad/año	Precio/un	€/año
Compra pollona pre-postura	1000	€4 500,00	€4 500 000,00
Material de cama	50	€1 000,00	€50 000,00
		Total	€4 550 000,00

IMPLEMENTOS MANEJO SANITARIO/VETERINARIOS EN DOSIS/ AÑO			
Producto	Precio	Cantidad/año	€/año
Jeringas	€10 000,00	1	€10 000,0
Desinfectante	€7 500,00	2	€15 000,0
Detergente	€7 500,00	3	€22 500,0
Guantes	€6 000,00	1	€6 000,0
Desparasitante	€10 000,00	2	€20 000,0
Yodo	€5 000,00	1	€5 000,0
		Total	€78 500,0

PERSONAL Y SERVICIOS	
Ítem	Valor
Cargas sociales	0,26
Empleados Granja	1,50
Teléfono mensual	€6 000,00
Agua mensual	€45 000,00
Electricidad mensual	€65 000,00
Salario (egreso) mensual	€300 000,00
Impuestos municipales/año	€120 000,00

EMPAQUE HUEVO	
Ítem	Valor
Separadores huevo	€864 612,00
Bolsas plásticas y etiquetas	€50 000,00
Plástico	€10 000,00
OTROS	
Uniformes	€20 000,00

REVISIONES DE EQUIPO E INSTALACIONES

Ítem	Valor
Averías generales	¢200 000,00
Bomba de agua	¢80 000,00
Equipo de alimentación	¢120 000,00
Equipo eléctrico	¢120 000,00
Equipo ventilacion	¢120 000,00
TOTAL	¢640 000,00

INSUMO ALIMENTICIOS

INSUMO	Presentación	Precio	Colones/día	Colones/año
Alimento Balanceado Fase I 18% y Fase II	46	¢12 130,00	¢30 325,00	¢11 068 624,91
Total				¢11 068 624,91
