	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<small>Documento</small>	<small>Código</small>	<small>Fecha</small>	<small>Revisión</small>
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
	<small>Dependencia</small>	<small>Aprobado</small>		<small>Pág.</small>
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(46)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Tatihana Blanco Rincon		
FACULTAD	Ciencias Agrarias y del Ambiente		
PLAN DE ESTUDIOS	Zootecnia		
DIRECTOR	Miryam Meza Quintero		
TÍTULO DE LA TESIS	Influencia del fotoperiodo en el desarrollo de las aves		
TITULO EN INGLES	Influence of the photoperiod on the development of birds		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>El fotoperiodo se fundamenta en la duración de horas luz en un día, esta duración del día se traduce neuroquímicamente con la liberación de melatonina de la glándula pineal, de esta forma las aves pueden asociar la duración del día con las estaciones o épocas del año, generalmente establecen ciclos reproductivos para que sus crías nazcan en las mejores épocas donde sea posible proveer alimento.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>The photo period is based on the duration of light hours in a day, this duration of the day is translated neurochemically with the release of melatonin from the pineal gland, in this way the birds can associate the duration of the year which generally can be associated with the length of the year. Their babies are born in the best times where it is possible to provide food.</p>			
PALABRAS CLAVES	Fotoperiodo, Aves, Luz, Horas, Reproducción		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Photoperiod, Birds, Light, Hours, Playback		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 46	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 4	CD-ROM: 1



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO EN EL DESARROLLO DE LAS AVES

Autor

TATIHANA BLANCO RINCÓN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Zootecnista

Director

Msc. MYRIAM MEZA QUINTERO

Zootecnista

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS ZOOTECCIA

Ocaña, Colombia

Junio de 2021

Índice

Resumen	iv
Abstract	vi
Introducción.....	vii
Unidad 1. Influencia del fotoperiodo en el desarrollo de las aves	1
1.1 Generalidades del fotoperiodo.	1
Unidad 2. Investigaciones realizadas	9
2.1 Investigaciones en pollo de engorde	9
2.1 Investigaciones en gallinas ponedoras	16
2.2 Investigaciones en reproductoras	19
2.3 Investigaciones en otras especies de aves.....	21
2.3.1 Codornices.	21
2.3.2 Patos.....	24
2.3.3. Gansos.....	25
Unidad 3. Conclusiones.....	28
Referencias	31

Lista de tablas

Tabla 1. Investigaciones realizadas sobre el fotoperiodo en pollos de engorde	14
---	----

Lista de figuras

Figura 1. Fotorecepción en las aves	3
Figura 2. Contraste de la respuesta espectral fotópica de una gallina y un ser humano	4
Figura 3. Importancia del hipotálamo medio basal en el fotoperiodo de las aves.	23
Figura 4. (A) Se ha informado que las especies de aves tienen fotorreceptores en varias regiones (elipses rojas). (B) Imagen representativa de las neuronas en contacto con el LCR que expresan Opsin 5 e imagen esquemática de las neuronas en contacto con el LCR en el órgano paraventricular (PVO)	24

Dedicatoria

Dedico especialmente a mis padres que me han apoyado en todo el proceso académico y a mis hermanos que han sido voz de aliento.

A ellos que representan el motor de mi vida. Gracias por todo.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que de una u otra forma fueron de gran apoyo y ayuda para la realización de este trabajo.

Mi agradecimiento especial y admiración a la Magister Miryam Meza Quintero, por su apoyo y dedicación para la culminación de mis estudios académicos.

Resumen

El fotoperiodo se fundamenta en la duración de horas luz en un día, esta duración del día se traduce neuroquímicamente con la liberación de melatonina de la glándula pineal, de esta forma las aves pueden asociar la duración del día con las estaciones o épocas del año, generalmente establecen ciclos reproductivos para que sus crías nazcan en las mejores épocas, donde sea posible proveer alimento. Entonces la duración del fotoperiodo no solo se encuentra relacionada con la producción de melatonina, si no, con la producción de hormonas tiroideas que favorecen la producción de GnRH y están encargadas del desarrollo gonadal, además, benefician la ganancia de peso. Siento así el estudio del fotoperiodo tiene grandes implicaciones económicas en la avicultura, por lo cual a continuación se realiza una descripción de como el fotoperiodo afecta el desarrollo de las aves y se mencionaran investigaciones en las cuales se ha empleado en pollos de engorde, ponedoras, aves reproductoras y otras especies como gansos, codornices y patos.

Abstract

The photoperiod is based on the duration of light hours in a day, this duration of the day is neurochemically translated with the release of melatonin from the pineal gland, in this way birds can associate the length of the day with the seasons or times of the year, results of reproductive cycles so that their young are born in the best times where it is possible to provide food. So the duration of the photoperiod is not only related to the production of melatonin, but also to the production of thyroid hormones that favor the production of GnRH and are responsible for gonadal development, in addition, they benefit weight gain. I feel like this the study of the photoperiod has great economic implications in poultry farming, for which a description is made below of how the photoperiod affects the development of birds and research in which the photoperiod has been used in broilers will be mentioned. layers, breeding birds and other species such as geese, quail and ducks.

Introducción

En la producción de aves incurren diversos factores en el establecimiento y variación de los parámetros productivos, siendo así, cada productor busca un punto de equilibrio que solvente las diferentes inversiones realizadas. Dentro de los sistemas de producción que involucran gallinas, pollos, patos, gansos y codornices entre otras especies actúan un sin número de factores externos como internos en el desempeño productivo, en cuanto a factores externos se encuentran las instalaciones que deben ir acorde a las necesidades de cada especie, las condiciones medio ambientales, la alimentación, el manejo; los factores internos involucran la etología de las aves, la morfología, su fisiología, la respuesta hormonal a los diferentes estímulos. Y es así como los factores externos e internos se relaciona permitiendo obtener un modelo ideal de producción.

En los últimos años en variadas investigaciones, se ha buscado conocer mas a fondo la etología de las aves y como esta se asocia con la fisiología y producción hormonal, dentro de esas características descubiertas se encuentra que las aves son tetracromaticas lo cual hace referencia a que posee cuatro tipos de conos en la retina, que son las células encargas de percibir las longitudes de onda del espectro visible, siendo las aves capaces de percibir colores reflejados por la luz ultravioleta. La visión no solo se origina a partir de la forrepcion retinal, también ocurre de manera pineal o hipotalámica. Anatómica y Fisiológicamente el ave se encuentra dotada para realizar un reconocimiento frente a las variaciones de luz que se presenten durante el día, el tiempo de luz que se perciba en un día se identifica como fotoperiodo, esta duración del día se traduce neuroquímicamente por la liberación de melatonina de la glándula pineal durante la oscuridad, la producción o reducción en la cantidad de melatonina producida se encuentra

relacionada con la expresión de hormonas tiroideas, las cuales pueden interferir en la secreción de GnRH. Hormonalmente siguen buscándose rutas de conexión entre el fotoperiodo y la cascada hormonal generada, lo cual se encuentra directamente asociado a la ganancia de peso de las aves, inicio de puesta de huevos, funcionamiento gonadal, variaciones de hormonas como el cortisol que determinan el estrés, desempeño del timo y bolsa de Fabricio e incluso respuesta inmunológica frente a diferentes patógenos. Teniendo como base estos argumentos se considera valioso realizar una revisión bibliográfica para determinar como el fotoperiodo influye en el desarrollo de las aves.

Unidad 1. Influencia del fotoperiodo en el desarrollo de las aves

1.1 Generalidades del fotoperiodo.

Las aves pueden agruparse según sus hábitos, sus necesidades, su anatomía, y en relación a los principios básicos de organización (Tabara, 2006). En cuanto al número de aves, Colombia se ha catalogado como el país con mayor diversidad a nivel mundial (Delgado y Correa, 2013). Esta biodiversidad hace referencia a aquellas especies que viven en el territorio, y se han caracterizando por la variedad de plumajes, cantos o ecosistemas donde habitan, aparte de estas especies Colombia también cuenta con especies domesticas que sustentan la alimentación humana como es el caso de la gallina criolla Colombia (*Gallus domesticus*), las especies comerciales, codornices, patos, gansos y pavos.

En Colombia, la avicultura aporta el 32,5% del producto interno bruto, con una producción de 1.563.568 toneladas de carne de pollo que se refleja en un consumo per cápita de 32,8 kg de pollo, la producción de huevos es de 13.827 millones, con un consumo per cápita 279 huevos (Fenavi, 2017). Estas cifras continúan en aumento, con lo cual la avicultura debe enfrentarse a nuevos retos para mantener la demanda en un mercado tan cambiante e influenciado grandemente por el precio del dólar. Actualmente la incorporación de nuevas tecnologías dentro de los sistemas de producción y el desarrollo de investigaciones que involucran la fisiología de las aves, comportamiento, genética, asimilación de nutrientes y factores ambientales permiten mejorar los parámetros productivos y competir en mercados internacionales.

Las aves recopilan una gran variedad de especies con numerosas peculiaridades fisiológicas, anatómicas y etológicas; de forma general, la selección natural permitió que las aves redujeran la energía necesaria para el vuelo minimizando el peso del aparato digestivo, a pesar de esta situación el aparato digestivo de las aves es altamente eficiente, aun así, la frecuencia de ingerir comida es elevada en un gran número de especies. El sistema digestivo de las aves está conformado por el pico, esófago (cuenta en algunas especies con una variación conocida como buche), estómago bicavitario dividido en dos cámaras: el proventrículo o estómago glandular y el ventrículo o estómago de función mecánica, la morfología de estas cámaras varía según la especificidad de la dieta, ya como parte final del sistema digestivo se encontraría el intestino delgado y el intestino grueso. En cuanto al aparato cardiovascular, debido al vuelo y las altas demandas energéticas y de oxígeno, las aves cuentan con un corazón de mayor tamaño que los mamíferos si se contrasta con su peso corporal, si se habla del sistema musculo-esquelético las aves presentan fibras de contracción lenta de innervación multifocal y el esqueleto cuenta con cavidades ósea neumáticas (huesos neumáticos) los cuales se encuentran en contacto con el sistema respiratorio y reducen el peso corporal (Rodríguez, Waxman, y Lucas, 2017).

Generalmente, las aves se estudian desde su estructura anatómica y su relación con el desarrollo de las funciones fisiológicas, pero no se profundiza en la influencia que tienen los sentidos, porque indudablemente, las diferentes especies, en función del avance de sus cualidades evolutivas, han desarrollado mundos sensoriales diferentes (Casaut, 2019). En este caso, es necesario mencionar que los órganos de los sentidos tienen una amplia influencia en el desarrollo de las aves, para fines concretos del desarrollo de esta monografía se enfatizará en la visión de las aves y su relación con el fotoperiodo.

En las aves, la visión se origina a partir de la fotorecepción de dos formas retinal y pineal o hipotalámica (**Imagen 1**), en las retina ocurre a través de células especializadas denominadas conos y bastones, estos contienen fotorreceptores que producen energía química ante la exposición a la luz que es transmitida por la corteza cerebral para que sea interpretada, en los conos se encuentran los pigmentos que son susceptibles a las diferentes longitudes de onda, las aves poseen cuatro tipos de conos (tetracromática), por lo que son capaces de ver longitudes de ondas que están fuera del espectro visible, lo que favorece perciban los colores reflejados por la luz ultravioleta generada por el sol (Casaut, 2019). El color de un objeto viene determinado por las diferentes cantidades de luz (radiación electromagnética), las aves al poseer cuatro pigmentos en la retina combinado con cuatro tipos de fotorreceptores dan lugar a una gama más amplia de combinaciones de estímulos posibles, ocasionando que cuenten con un rango de visibilidad 25% mayor (Pérez, 2009).

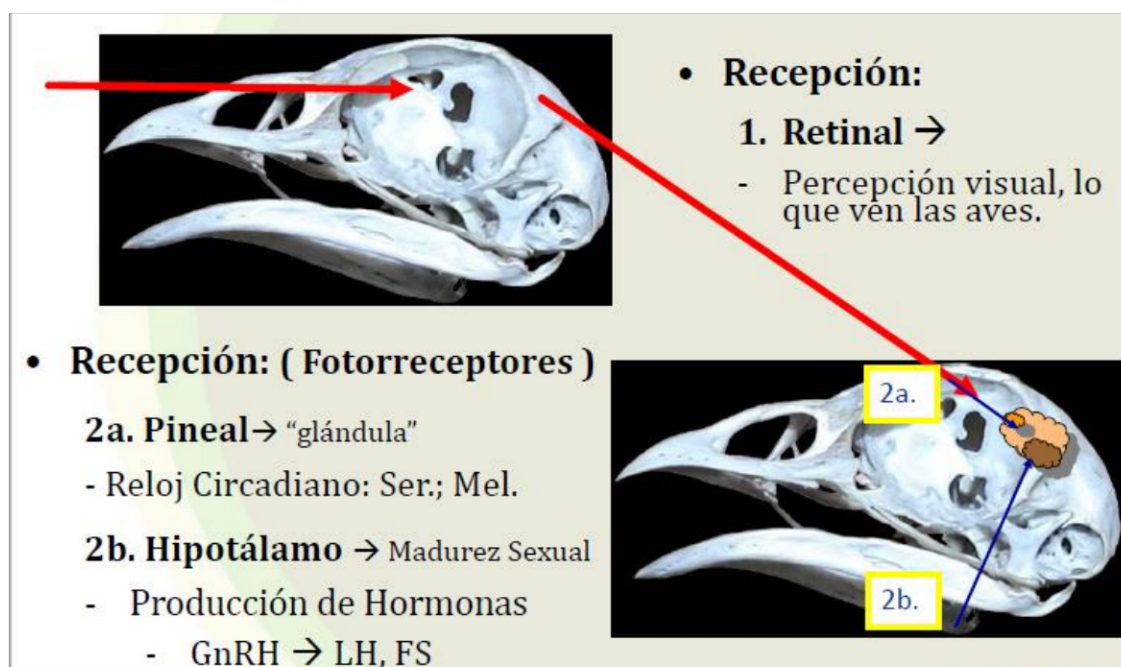


Figura 1. Fotorecepción en las aves. Fuente: Valbuena, 2017

Las aves domésticas ven y responden a un espectro e intensidad de luz diferente que los seres humanos (Pinedas, 2016), la visión humana puede ver longitudes de onda de 440 nm y 700 nm, pero las aves al contar con un cono adicional pueden ver longitudes de onda entre 315 nm y 750 nm lo cual les facilita ver la luz UV-A entre 315 nm y 400 nm (Villacres, 2019). En la **figura 1** se puede contrastar la sensibilidad fotópica de la gallina y el ser humano, identificando que tiene una sensibilidad similar, pero las aves son además sensibles a la luz ultravioleta, por estas razones, alcanzan patrones lumínicos que los humanos no alcanzan a percibir, siendo difíciles de comprender teniendo en cuenta no se tiene la capacidad estructural en los ojos para reconocer los colores como lo haría un ave, bajo esta situación, sería comprensible como algunas aves ante nuestros ojos pueden ser monocromáticas pero entre ellas cuentan con destellos específicos en su coloración, o como según la luminosidad se presenten episodios de canibalismo (Miranda, 2016).

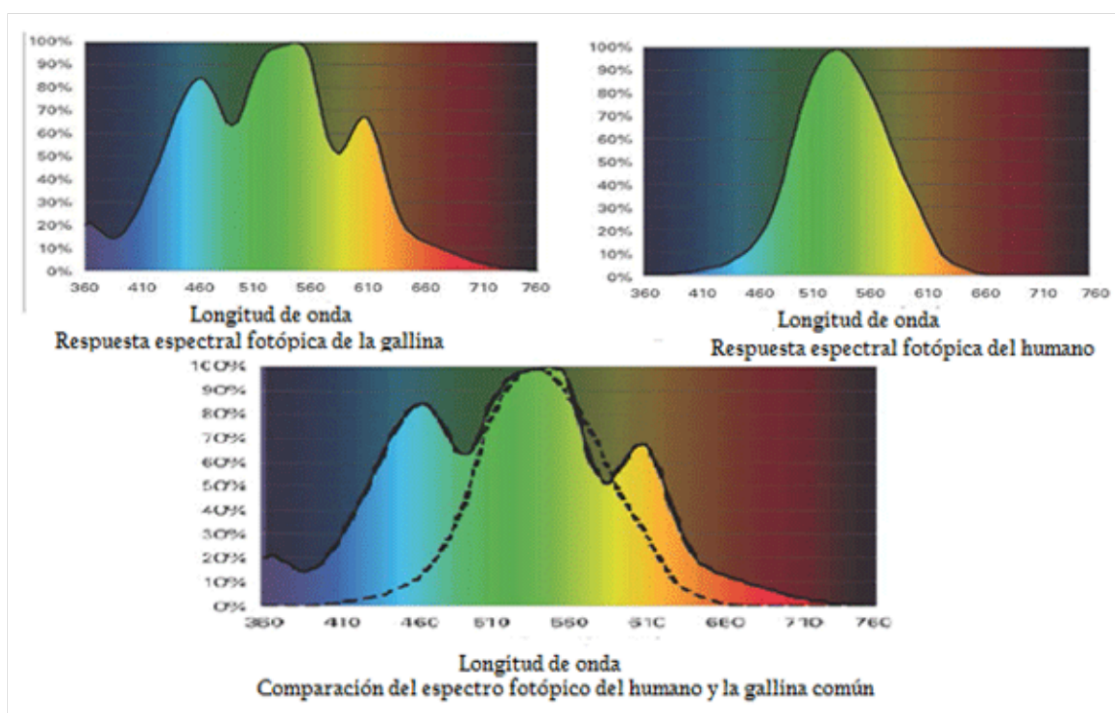


Figura 2. Contraste de la respuesta espectral fotópica de una gallina y un ser humano. Fuente: Pineda, 2016

Las aves emplean los colores para el reconocimiento sexual y la reproducción identificando tonalidades que se vuelven atractivas o desagradables, por lo tanto, el alcance visual hoy ya conocido tiene connotaciones fisiológicas (Hugues, Navaroli, Torres y Soto, 2008). El tiempo de luz que reciben las aves en un lapso de 24 horas se conoce como fotoperiodo (Tovar, 2019), la duración del día, se traduce neuroquímicamente por la liberación de melatonina de la glándula pineal durante la oscuridad, la entrada de la luz se produce a través del ojo y a través del tracto retinohipotalámico al núcleo supraquiasmático en el hipotálamo (Helfer y Dumbell, 2020).

El órgano pineal en las aves a diferencia de otras especies, aparece como una estructura bipartita: un órgano pineal primario y un 20% de las aves investigadas contaban con un tejido pineal secundario o accesorio, este órgano cuenta con diversos tipos celulares, pero los pinealocitos de tipo receptor son caracterizados como células fotorreceptoras, se ha demostrado que esta glándula actúa como un tejido linfóide en el pollo, entonces, además de jugar un papel en la periodicidad circadiana, puede proporcionar células inmunocompetentes para la supervivencia del sistema nervioso. La particularidad del órgano pineal, no exige que el fotoperiodo sea capaz de sincronizar la producción de un ritmo de melatonina, la existencia de variaciones de luz/oscuridad en el contenido de melatonina están bien documentados, los niveles son bastantes mayores durante la noche que durante el día en aves. Un ritmo circadiano similar en la producción de melatonina está también presente en aves, aunque los pinealocitos aviares tiene una fotosensibilidad directa, toda la duración como amplitud del ritmo de melatonina depende del fotoperiodo prevalente. Generalmente, la señal corresponde a la duración de la noche, y la amplitud del ritmo incrementa cuando lo hace el fotoperiodo (Cubero, 2004).

Reconociendo el papel fundamental que cumple la glándula pineal en la producción de melatonina como respuesta al fotoperiodo, es pertinente establecer que la duración de los periodos de luz en la avicultura varían enormemente, comprendiendo rangos de 2 a 3 horas hasta 24 horas de luz en un día, si se habla de bienestar animal se establecen mínimo 8 horas de luz al día, dentro de los diferentes programas de luz que se pueden establecer se encuentran los ahemerales en el cual el ciclo horas luz + horas de oscuridad es superior a 24 horas, otros programas caracterizados por su intermitencia se conforman por más de un periodo de luz y oscuridad dentro de 24 horas, algunos de estos programas son (Hevia y Quiles, 2005):

- Asimétricos: Comprende dos periodos de luz y dos periodos de oscuridad con una duración diferente para cada uno, en un lapso de tiempo de 24 horas.
- Simétricos: En este programa se establece un horario de luz y otro de oscuridad, el cual se repetirá alternativamente.
- Biomínute: En este programa de luz cada hora del día se subdivide en 15 minutos de luz y 45 minutos de oscuridad.

Para que un programa de iluminación brinde los resultados esperados en cuanto a parámetros productivos o reproductivos dentro la avicultura, reconociendo que la luz repercute sobre los sistemas nerviosos y hormonales de las aves, es necesario que el programa alterne cuatro variables: duración del fotoperiodo, distribución del fotoperiodo, longitud de onda e intensidad de luz. El no controlar la interacción de estos factores pueden influir negativamente en los parámetros de producción y el bienestar de las aves (Aragón, 2018).

En cuanto a la duración del fotoperiodo, es necesario establecer cuantas horas de luz se deben brindar antes de que las aves identifiquen el estímulo de estar expuestas a un día largo y asociar que duración del día esta vinculada con el próximo ritmo de secreción de gonadotropina. Es necesario precisar que son necesarios 10 horas de exposición a la luz para elevar la concentración de LH en el plasma, si se asocia la duración del fotoperiodo con la intensidad de la luz se ha demostrado que el ritmo de producción es proporcional a la intensidad entre 2.0 y 5.0 lux, estableciendo que las aves utilizan información derivada de la intensidad para alterar su ritmo de producción (Corrales y Gámez, 2005). Como menciona, Tovar (2019), las aves son particularmente sensibles a la luz ultravioleta, las radiaciones luminosas calientes y con mayor longitud en el espectro (amarillo, naranja y rojo) generan mayor estimulación que las frías y con menor longitud (violeta, azul y verde). Aunque la efectividad de la luz no es la misma ni a través de diferentes vías de iluminación ni en diferentes longitudes de onda. Identificando los espectros azul e infrarrojo los menos activos para la visión, siendo por el contrario el azul el que presenta una mayor incidencia si actúa directamente sobre el cerebro. Sobre la retina son los colores comprendidos entre el amarillo y el rojo (580 a 680 nm) los que ejercen un mayor efecto (Espinoza, 2018).

Es así, como los programas de iluminación utilizados en aves deben adaptarse a las condiciones específicas de la zona y a los objetivos de producción, siendo muy valioso señalar que cuando se implementa un programa de luz, se debe identificar la variación natural del fotoperiodo, en general con el uso de estos programas se tienen dos objetivos principales dentro de la avicultura (Alva, 2011):

- Controlar el peso corporal

- Controlar la madurez sexual

Para controlar el fotoperiodo en las aves, como ya se ha mencionado se emplean programas de luz, para los cuales con el transcurso del tiempo se han utilizado diferentes técnicas para llevar a cabo el proceso de iluminación, siendo la mas conocida y utilizada el empleo de luz natural la cual como su nombre lo indica proviene del sol, que cuenta con las ventajas de tener muy poca variación durante todo el año y además no implica costos adicionales para su aplicación, en su contra se tiene que puede verse afectada por la lluvia o la nubosidad, generando cambios en el tiempo de exposición a la luz, que puede afectar el desarrollo de las aves, por lo cual generalmente se buscan sistemas controlados, donde se puedan manejar todas las variables implicadas, por esas razones mencionadas, se usa luz artificial que hace referencia a fuentes de luz producidas por el ser humano, bajo este sistemas se tienen diferentes tipos de luz, como la incandescente la cual por efecto del calor se enrojece o emblanquece produciendo luz, luz halógena echas con un filamento y gas inerte, luz fluorescentes línea (LDL) las mas empleadas en todo el mundo, luz fluorescente compacta (CFL), Luz de diodos emisores (LED). La luz emitida por cada uno de esos equipos puede ser calidad <3300 K, neutras 3300-5000 K y frías >5000 K, todo esto ira asociado con la intensidad de la luz y la eficacia luminosa que se quiera brindar, teniendo en cuenta que a mayor eficacia será menor el gasto, es ahí donde cada productor se ve en la necesidad de evaluar la calidad y el tipo de lámparas a emplear en contraste con la vida útil de las mismas (Villacrez, 2019).

Unidad 2. Investigaciones realizadas

A continuación, se mencionarán las investigaciones encontradas posterior a la revisión bibliográfica que permitirán establecer como el fotoperiodo afecta el desarrollo de las aves en diferentes etapas fisiológicas

2.1 Investigaciones en pollo de engorde

La iluminación artificial se ha utilizado para mejorar el metabolismo y el rendimiento productivo en la cría de aves. Esta iluminación artificial esta basada en el uso de lámparas incandescentes, bombillos fluorescentes, bombillas UV, lámparas comerciales de colores, luz filtrada y lámparas emisores de diodos (LED), en la investigación realizada por Cao, Wang, Dong, Zhang, Li y Chen (2012), se utilizo una muestra de 512 pollos de engorde línea Arbor Acre los cuales se distribuyeron al azar en 4 salas con luz controlada y cada habitación tenia 16 corrales replicados (11,5 aves por m²), con una temperatura inicial de 32° durante la primera semana y luego se redujo 1° cada dos días hasta alcanzar los 24° C y así se mantuvo por el resto de la investigación, la alimentación y agua era ad libitum, la humedad relativa fue del 60 a 65%. En el día 0 en cada sala los pollos de engorde se sometieron a luz Azul (480 nm), verde (560 nm), roja (660 nm) y blanca (400 a 700 nm) utilizando lámparas LED monocromáticas a 15 lux a nivel de la cabeza en un horario de iluminación de 23 h (23 horas luz:1 hora oscuridad, luces apagadas a las 23:00 H), el día 26 a las 23:00 h se migraron 12 corrales de cada habitación a otro tratamiento de luz, los cuatro corrales restantes se mantuvieron bajo el color de luz original, se midió el consumo diario de alimento, la conversión alimenticia y post mortem se pesó la canal eviscerada, los músculos de la pechuga y el muslo, como resultados se obtuvo que la luz de color

verde promovió el crecimiento durante la etapa inicial y la luz de color azul mejoro el crecimiento durante la etapa posterior, lo cual indica que el tratamiento de luz monocromática Verde-Azul y Azul-Verde resulto en el mayor peso corporal (23,44% mayor que en Rojo-Rojo), mejor desempeño productivo con el peso del canal eviscerado al igual que el peso de la pechuga y el muslo.

Los resultados de la investigación mencionada anteriormente, concuerdan con los obtenidos por Zhang, Zhang, Qiao, Yue, Wu, Yao y Qi (2012), en el cual de forma aleatoria se seleccionaron huevos de pollo de engorde (Arbor Acres), a 3 tratamiento en incubadoras comerciales modificadas con lámparas LED de luz fría a 15 Lux a nivel de cascara de huevo (grupo control: oscuridad, grupo de luz verde monocromática 560 nm y grupo azul monocromática 480 nm) durante todo el periodo de incubación, las condiciones de la incubación fueron a $37,8 \pm 0,1^{\circ}$ C y el 60% de humedad relativa desde el día 0 hasta la eclosión, los huevos incubados se giraron 270° cada 1,5 horas hasta el día 19, el día 10 de embriogénesis se examinaron todos los huevos y se extrajeron los infértiles. Cada pollito fue pesado, sexado y etiquetado, se colocaron 120 pollos en cada tratamiento con 20 aves por repetición (6 repeticiones), todas las aves se alijaron bajo luz blanca (30 lux a nivel de cabeza del ave) con una iluminación de 23 horas luz: 1 hora de oscuridad (luces apagadas de las 21:00 a 22:00 horas) libre acceso a comida comercial y agua. La temperatura fue 33° C los primeros 7 días y luego se redujo 3° C cada semana consecutiva hasta alcanzar los 24° C. En cuanto a los resultados no se observo efectos de estímulos de luz durante la embriogénesis y la eclosión. A los 21, 35 y 42 días se observaron aumentos significativos en el peso corporal y el peso de la pechuga de las aves incubadas bajo luz verde, el peso del musculo de la pechuga y el porcentaje de musculo se elevo

un 50,39 g (0,76%) y 54,07 g (1,20%) también mostro una tendencia de aumento en la proteína cruda ($88,95 \pm 0,35\%$) y una tendencia decreciente de la grasa cruda ($5,78 \pm 0,32\%$) en comparación con el tratamiento de oscuridad y de luz azul. Además, el consumo de alimento durante el día 0 hasta el 42 también fue mayor en comparación con los otros dos tratamientos.

~~Si se incorporan a los programas de iluminación luz con diferentes longitudes de ondas se puede apreciar que no solo el color verde y azul obtienen mejores desempeños productivos en las aves. es el caso de la investigación realizada por Kim et al (2013). se emplearon 360 nollos de~~

engorde, se aplicaron 6 tratamientos (Luz blanca, Luz azul, Luz roja, luz verde, Luz amarilla y luz incandescente) con 6 repeticiones por tratamiento, se establecieron tres fases de crecimiento (0 a 2, 2 a 4 y 5 semanas) con 3 dietas con 23.2, 21.2 y 19.4% de PC y EM de 3,062, 3,102 y 3,155 kcal / kg para los tres periodos de crecimiento respectivamente, el alimento y el agua se proporcionaron ad libidum. Se midió la ganancia de peso y la ingesta de alimento, en cuanto a las variables hematológicas se midieron glóbulos rojos, glóbulos blancos, hematocrito y recuento de plaquetas. Como resultado se obtuvo que las aves criadas bajo luz amarilla obtuvieron mejor peso (2598 ± 28 g) y el peor peso fue para los animales criados bajo luz roja (2.473 ± 36 g), la conversión alimenticia fue menor para el tratamiento con luz amarilla (2.10 ± 0.04 g/g), en cuanto a los valores de glóbulos rojos, hematocrito y recuento de plaquetas los más altos fueron para el tratamiento de luz amarilla estos resultados están asociados con la mejor respuesta de crecimiento.

Se puede concluir que el uso de luz monocromática tiene un impacto beneficioso en la respuesta del crecimiento de los pollos de engorde, la luz LED de longitud de onda corta, como

el amarillo, el azul o el verde, podrían ser un reemplazo potencial de las bombillas incandescentes para la producción comercial sostenible de pollos de engorde.

En otras investigaciones, se ha evaluado diferentes regímenes de luz, buscando aclarar si esto afecta el crecimiento y la respuesta inmune inespecífica, según Zhen, Ma, Gu, Yuan, Shi, Guo y Zhan (2013), al emplear un horario de iluminación constante (CL) 24 horas luz: 0 horas oscuridad y 2 iluminaciones intermitentes (INL), 16L: 2D: 1L: 2D: 1L: 2D (INL I) y 17L: 3D: 1L: 3D (INL II); se emplearon 630 con tres tratamientos (CL, INLI y INL II) y tres repeticiones por tratamiento, la temperatura inicial fue de 33° C y se redujo gradualmente en 2° C hasta alcanzar los 21° C, el experimento duro 50 días y se le ofreció alimento de inicio (1 al 21) y finalización (22 al 50) y agua ad libitum, los primeros siete días recibieron luz las 24 horas, y los programas de iluminación se iniciaron el día ocho. A los 50 días se obtuvo un peso para el tratamiento CL de $1,695 \pm 6,35$ g, INLI $1,707 \pm 23,83$ g y para el INL II $1,751 \pm 37,63$ g, aunque los autores no reportaron diferencias significativas en los pesos, se puede evidenciar las mayores ganancias de peso se obtuvieron con los programas de luz intermitentes, la conversión alimenticia para cada tratamiento respectivamente fue de $2,16 \pm 0,03$, $2,23 \pm 0,03$ y $2,19 \pm 0,03$, en cuanto a la capacidad antioxidante del hígado, el funcionamiento del timo y la bolsa de Fabricio y el índice de fagocitosis se vieron positivamente afectados por el programa de luz intermitente INL II.

La investigación de Farghly, Mahrose, Ahmad, Rehman y Yu (2019), comprueban que con la exposición de los pollos a luz intermitente y un régimen de alimentación intermitente (4 horas de alimentación y 4 horas de no alimentación) se obtuvieron los valores mas altos de ganancias

de peso a las 6 semanas 2,204.2 g, además, este tipo de sistema de luz y alimentación disminuyó la grasa abdominal, sumado mejor la jugosidad y terneza de la carne. La mejora en el rendimiento y las cualidades organolépticas de la carne se puede asociar a la baja actividad física y el gasto energético durante los periodos de oscuridad, una mejor digestión del alimento y una reducción de los requerimientos de mantenimiento.

Según Olanrewaju, Miller, Maslin, Collier, Purswell, y Branton (2019), al emplear diferentes fuentes de luz, como luz incandescente (ICD, estándar), luz fluorescente compacta, diodo emisor de luz neutra (LED Neutral) y LED frío específico para aves de corral (Coolespecífico para aves de corral (PS) -LED) con 2 tipos de fotoperiodos (regular / intermitente [2L: 2D] y corto [8L: 16D]), se obtuvieron los mejores resultados en cuanto al crecimiento, características de la canal y la salud de los pollos con la utilización de lámparas LED frío específico para aves de corral bajo fotoperiodo regular/intermitente. En otra investigación desarrollada por Signor et al (2013), las aves expuestas a iluminación LED tuvieron mayor rendimiento que las aves bajo las lámparas fluorescentes compactas, y entre la iluminación con luz LED blanca y amarilla, presentaron mayor consumo de alimento cuando fueron expuestas a luz blanca.

En la **Tabla 1**, se mencionan todas las investigaciones realizadas que involucran el fotoperiodo y diferentes longitudes en onda en el desarrollo de aves de engorde, evidenciado que con la implementación de programas de luz se puede controlar la tasa de crecimiento de los pollos, considerando necesario para la implementación de estos programas se asocien todas las variables involucradas dentro del sistema productivo como manejo, alimentación, línea o

Bombillas incandescentes	T0 100% luz continua T1 50% Luz continua y 50% luz intermitente con destellos	-	Controlados T0 Alimentación ad libitum 24 h T1 Restringida 12 horas T2 Intermitente 4 horas alimentación y 4 horas no alimentación	Mejor tratamiento luz intermitente y alimentación intermitente donde se produjo mayor ganancia de peso, menos grada abdominal y mayor jugosidad y terneza.	Farghly, Mahrose, Ahmad, Rehman y Yu, 2019
luz incandescente (ICD, estándar), luz fluorescente compacta, diodo emisor de luz neutra (LED Neutral) y LED frío específico para aves de corral (Coolespecífico para aves de corral (PS) -LED)	fotoperiodos (regular / intermitente [2L: 2D] y corto [8L: 16D])	-	Controlado Alimentación 4 fases: Iniciado 1 a 14, Crecimiento 15 a 28, finalizador 29 a 42 y retiro 43 a 56.	Con luz LED fría específico para aves de corral y fotoperiodo intermitente se obtuvieron las mejores ganancias de peso y características de la canal	Olanrewaju, Miller, Maslin, Collier, Purswell, y Branton, 2019
Luz LED blanca y amarilla y lámparas fluorescentes compactas	19 horas luz y 5 horas de oscuridad	Blanca y amarilla	Controlados	No se presentó preferencia entre la luz blanca y amarilla, pero las aves ubicadas en el tratamiento con luz LED blanca tuvieron mejor rendimiento de producción.	Signor et al, 2013

Fuente: Autor

En la investigación realizada por Blatchford, Archer y Mench (2017), se evidencia que la manipulación de la iluminación ha sido estudiada a lo largo de los años buscando respuestas sobre la salud y el rendimiento de los pollos de engorde, pero se presta poca atención sobre los efectos del comportamiento, en esta investigación se evaluó el efecto de la luz: oscuridad (20L: 4D; 16L: 8D) y los contraste de intensidad (1 lux: 0,5 lux; 200 lux: 0,5 lux), se contaba con aves mas activas con la intensidad de 200 lux y de igual manera menos activas a 0,5 lux, estas fueron ligeramente menos pesadas y obtuvieron mejor resultado en cuanto a diámetro y peso de los ojos. Estos resultados indicaron que la intensidad de la luz, no la duración del día, era el factor

principal que afectaba el comportamiento y la salud de los pollos de engorde en estas condiciones de iluminación. Esta información se corrobora con los datos obtenidos en la investigación Loup, Clark, Groves y Cronin (2017), que al proporcionar dos intensidades de luz de 5 o 20 lux, siendo los pollos de 20 lux ligeros, pero estos mismos fueron los más activos y el peso de los ojos fue mucho menor en comparación con los de 5 lux.

En otras investigaciones, se afirma que la mortalidad total, así como la mortalidad debido a enfermedades metabólicas y esqueléticas, disminuyó linealmente al aumentar la inclusión de oscuridad, la duración del día se relaciona cuadráticamente con trastornos infecciosos, aves que caen en la categoría de marcha dolorosa, lesiones en la almohadilla plantar y un mayor peso ocular, siendo así muchos aspectos de la salud de pollos de engorde mejoran con la disminución de la duración del día (Schwean, Fancher, Gomis, Kessel, Dalal, y Classen, 2013). En cuanto al bienestar de los pollos de engorde al ser sometidos a luz LED y lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL), las aves criadas con CCFL se desarrollaban con pesos más bajos y proporciones de heterófilos a linfocitos altas, lo que indicaría que las aves estaban estresadas crónicamente, por lo cual la variación en el peso corporal de los pollos de engorde y el estrés pueden atribuirse en parte a las tecnologías de iluminación implementadas en los galpones de pollos de engorde (Rogers, Pritchett, Alphin, Brannick, y Benson, 2015).

2.1 Investigaciones en gallinas ponedoras

En los criaderos comerciales se reconoce la importancia de los ajustes de temperatura y la humedad relativa, pero poco se ha investigado sobre la influencia de la luz en el ambiente de

incubación, sin olvidar que la incubación comercial implica una gran cantidad de huevos, el ajuste fino del entorno para mejorar el rendimiento de la eclosión. En condiciones naturales, las gallinas se sientan sobre los huevos periódicamente para incubarlos, pero dejan el nido por periodos de tiempo para comer y beber. Por lo tanto, los embriones incubados están expuestos a periodos de luz y oscuridad. Según Hannah, Astatkie y Rathgeber (2019), al incubar huevos de 3 líneas diferentes (Barred Plymouth Rock (BR), Lohmann Brown (LB) y Lohmann Lite (LL)), las incubadoras se calentaron con anticipación a 37,5 ° C y se realizaron volteos de 45° desde 180° cada 50 minutos. Los embriones se sometieron a 4 tratamientos de luz (oscuridad total, fotoperiodo 12L: 12O, luz a los 9 días 12L: 12O y luz a los 17 días 12L: 12O). Se mantuvo total control de la temperatura y humedad relativa durante el proceso de incubación. La línea Lohmann Brown con un fotoperiodo de 12L: 12O durante la incubación fueron los primeros en alcanzar el 50% del total de pollitos nacidos y la tasa de eclosión del 50 al 75% del total de pollitos nacidos, Estos resultados indican que la línea de pollo impacta en la ventana de eclosión y cada línea responde a un fotoperiodo durante la incubación de manera diferente.

El fotoperiodo no solo afecta el periodo de incubación y eclosión de las aves, a su vez, también se reconoce que tiene un efecto sobre el crecimiento en pollitas ponedoras, los programas de luz no solo se utilizan en las épocas de crecimiento, también afectan el comienzo de la postura, la calidad de huevos y la cantidad de huevos puestos durante la vida útil del ave. En un estudio que se realizó en la Universidad Agrícola de Sichuan se aplicaron 4 tratamientos con 3 repeticiones (46 aves cada uno), las aves se mantuvieron con luz blanca fría (400-760 nm) en un fotoperiodo 14L: 10O durante las primeras 19 semanas y luego se trasladaron a cada uno de los tratamientos, luz azul (BL; 480nm), luz verde (GL; 560nm), luz roja (RL; 660nm) o luz

blanca (WL) por un sistema de diodos emisores de luz durante 44 semanas (desde 19 a 63 semanas de edad). Se observó una diferencia significativa en el peso corporal a los 300 días de edad en aves entre los 4 grupos. Las aves criadas bajo luz azul a los 300 días de edad tenían un peso corporal más pesado en comparación con otros grupos, y el peso del huevo fue menor para ellas en comparación con otros grupos. Las aves criadas bajo luz verde produjeron menos huevos a los 300 y 440 d de edad que las aves criadas bajo otras luces. Esto puede deberse a la fotoestimulación de los fotorreceptores de la retina, que son sensibles a la luz verde y parecen inhibir la actividad reproductiva en las aves, así como a la yodopsina, presente en cantidades relativamente grandes tanto en el pollo como en el pavo. En estudios previos, la luz verde estimuló el crecimiento a una edad temprana, mientras que la luz azul estimuló el crecimiento en aves mayores. La luz azul verdosa estimula el crecimiento de los pollos, mientras que la luz roja anaranjada estimula la reproducción. En general, las aves criadas bajo luz verde producen menos huevos que otros grupos. El grupo luz roja tuvo un índice de forma de huevo mayor que otros grupos y mostró mayor fertilidad y eclosión que otros grupos. El peso del huevo en luz roja fue el más pesado y en luz verde fue el más liviano entre los 4 tipos de luces. El porcentaje de peso de la yema en RL fue menor que en otros grupos. Además, la calidad del huevo en luz verde fue la mejor (Li et al, 2014).

Geng, Zhang, Zhang, Wang, Chu y Liu (2018), afirman que la producción de huevos no se ve afectada significativamente por el patrón de iluminación durante las 22 a 57 semanas, pero el fotoperiodo afecta significativamente la ingesta promedio de alimento; la iluminación continua es mejor para la producción de huevos durante las 44 a 57 semanas, y la iluminación intermitente es mejor para la calidad del huevo a las 37 semanas.

2.2 Investigaciones en reproductoras

La distribución de los nutrientes entre el crecimiento y el desarrollo del ovarios puede verse afectado por la fotoestimulación, Según Pishnamazi, Renema, Zuidhof y Robinson (2014), en una investigación con 720 pollitas Ross 308, alimentación se proporciono ad libitum desde la semana 1 hasta la 3, posterior a eso se realizo un programa cuantitativo de restricción de alimento (5 días alimentación-2 días de restricción), las aves fueron trasladadas a jaulas de postura y sometidas a fotoestimulación por tratamiento a las 17, 19, 21 o 23 semanas. El programa de luz consistió en 24 horas luz durante los primeros tres días, seguido de 8 horas luz y 16 horas de oscuridad, que se mantuvo hasta los 17, 19, 21 o 23 semanas de edad, cuando se aumento el periodo de luz en 14 horas luz y 10 horas de oscuridad. El programa de alimentación ni la fotoestimulación afectaron la variación en la edad de la madurez sexual, en este estudio la edad de madurez promedio fue a las 19 o 21 semanas, las aves de todos los tratamientos estaban en el mismo perfil de peso corporal, aunque sin diferencias significativas las pollitas sometidas a fotoestimulación a las 17 y 19 semanas de edad eran más pesadas en la madurez sexual en comparación con las de 21 o 23 semanas. En cuanto al peso del huevo durante la primera postura las gallinas sometidas a fotoestimulación a las 23 semanas tenían huevos iniciales más pesados (47,3 g) en comparación con los otros tratamientos (43,8 g).

Estos resultados contrastan con los obtenidos Lewis, Danisman y Gous (2010), las hembras reproductoras Ross 308, se criaron desde los 2 días de nacida en un fotoperiodo de 8 horas y se transfirieron a las 20 semanas a un fotoperiodo de 11, 12, 13 o 14 horas. Cada tratamiento de fotoperiodo se acompañó dietas cualitativas, la producción de huevos se estimulo con un

fotoperiodo de 13 horas, las aves produjeron mas huevos sucios y rotos en los fotoperiodos de 11 y 12 horas. Las aves expuestas a fotoperiodos de 11 horas y 12 horas pesaron más a las 60 semanas que las aves transferidas a fotoperiodos de 13 o 14 horas. Se puede concluir que la transferencia de 8 a 13 horas a las 20 semanas optimiza el rendimiento de la puesta de huevos en las hembras reproductoras de pollos de engorde, especialmente cuando se mantienen más allá de las 60 semanas de edad.

En reproductoras de pollo de engorde, el fotoperiodo afecta la maduración sexual y la productividad, el fotoperiodo debe controlarse durante la cría para disipar la fotorrefractoriedad juvenil, la cual ocurre en condiciones naturales cuando las pollitas están expuestas a fotoperiodos prolongados (>13 horas) lo que evita que las aves alcancen la madurez sexual en el mismo año en que nacen. En investigaciones donde gallinas estaban en fotoprogramaciones de 8L: 16O, 10L: 14O o 12L: 12O durante la cría y se fotoestimularon a las 21 semanas con un horario de fotos de 16L: 8O. Las gallinas con alto peso corporal comenzaron a poner 34 días antes que las gallinas con un peso estándar, la madurez sexual se retrasó y la producción de huevos se redujo en las gallinas criadas en fotoperiodos aumentados, las gallinas criadas bajo 10 horas luz y 14 horas oscuridad tendieron a comenzar a poner mas tarde que las gallinas en el fotoperiodo de 8 horas luz. Lo cual confirmaría que las reproductoras de pollos de engorde modernas son fotorrefractarias al nacer, y que el estado fotorrefractario se disipo por un fotoperiodo corto. Se comprueba los hallazgos encontrados por otros autores que la producción de huevos fue mayor para las gallinas de peso corporal estándar en comparación con las gallinas de peso alto (Van der Klein, Bédécarrats y Zuidhof, 2018).

En una última investigación encontrada se utilizaron reproductoras de engorde Ross 708, las aves se asignaron al azar a los diferentes tratamientos, desde el día 16 en adelante, las aves fueron alimentadas individualmente y se les permitió el acceso a 10g de alimento durante 45 segundos cuando su peso corporal era menor que el objetivo de tratamiento. En la semana 28, la ración paso de 10 gramos a 20 gramos, se empleo un fotoperiodo para la etapa de cría de 8L:16O, 10L:14O o 12L: 12°. En cada habitación donde se realizaron los tratamientos la temperatura se fijo en 32° C que disminuyo gradualmente todos los días hasta los 20,7° C en el día 26. La alimentación estuvo controlada durante todas las semanas y nutricionalmente se encontraba de acuerdo a la etapa de las aves. Aunque las gallinas en el tratamiento estándar de peso corporal con un fotoperiodo de cría 12L: 12O fueron más conservadoras energéticamente, su desempeño reproductivo fue el más pobre. El Modelo IV que era un modelo mixto no lineal y una combinación del modelo II y el modelo III, que incluía términos aleatorios $uw \sim N(0, Vu)$ y $uu \sim N(0, Vu)$ donde el término de edad estaba anidado dentro del término de ave individual, proporcionó un nuevo método biológicamente sólido para la estimación de la distribución de energía durante el tiempo de vida en reproductoras de pollos de engorde, incluido un término aleatorio relacionado con la edad (Van der Klein, Bédécarrats y Zuidhof, 2020).

2.3 Investigaciones en otras especies de aves

2.3.1 Codornices. La mayoría de las especies de aves son reproductoras estacionales de días largos y comienzan su actividad reproductiva cuando el fotoperiodo se alarga, se conoce que las respuestas fotoperiodicas de las gónadas aviares son muy fuertes y rápidas. Las especies de aves exhiben cambios estacionales en sus gónadas, donde el peso de los testículos puede

aumentar o disminuir más de cien veces en pocas semanas. Las codornices japonesas son sujetos ideales para estudiar los mecanismos de reproducción estacional debido a su disponibilidad, facilidad de cuidado y respuesta fotoperiódica drástica. Se cree que el fotoperiodismo consta esencialmente de tres sistemas, (1) fotorreceptores que detectan la información lumínica del fotoperiodo, (2) relojes circadianos que miden la duración del fotoperiodo y (3) sistema endocrino que transmite la información lumínica a la información endocrina interna. (por ejemplo, hormonas). Una serie de estudios con codornices japonesas han reportado que el hipotálamo mediobasal (MBH) es la región clave del cerebro en el control de las respuestas fotoperiódicas (Imagen 3). Las aves detectan información de luz para el fotoperiodo a través de fotorreceptores cerebrales profundos donde se expresan las proteínas fotosensibles, llamadas opsinas (rodopsina, melanopsina, VA-opsina y Opsina 5). La información luminosa se envía a la pars tuberalis de la glándula pituitaria (PT) e induce la secreción de hormona estimulante de la tiroides (TSH) al MBH. La TSH desencadena un aumento de la expresión de DIO2 en las células ependimarias (CE) y la activación local de las hormonas tiroideas (conversión de T4 a T3). La hormona tiroidea activada T3 altera un cambio morfológico en las terminales nerviosas de GnRH y las células gliales, y controla fotoperiódicamente la secreción de GnRH a gonadotrofos en la pars distalis de la glándula pituitaria (PD) (Nakane y Yoshimura, 2018).

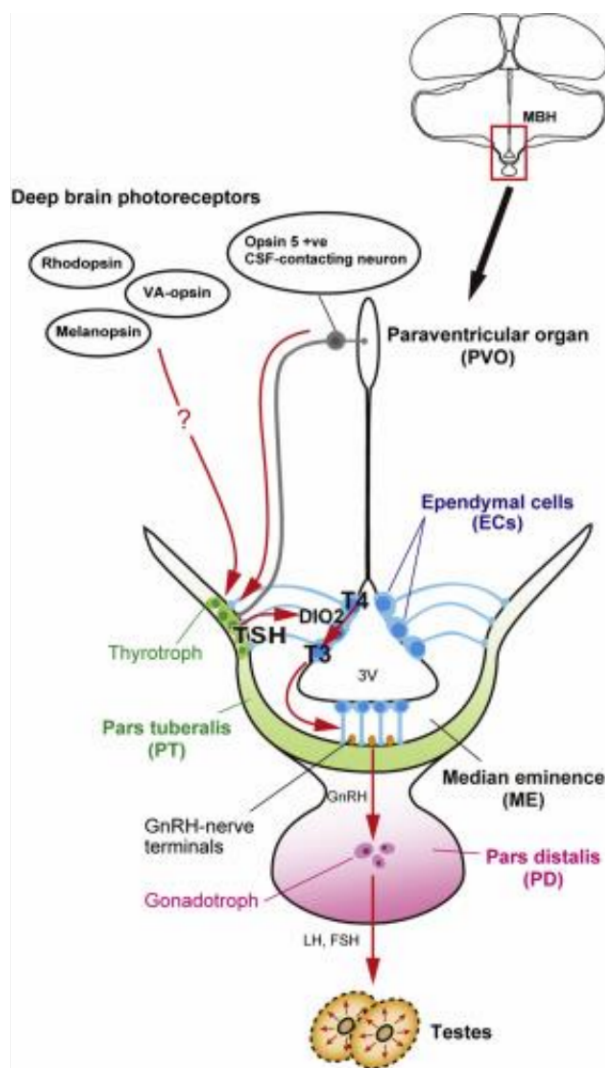


Figura 3. Importancia del hipotálamo medio basal en el fotoperiodo de las aves. Fuente: Nakane y Yoshimura, 2018.

Según Nakane y Yoshimura, (2018), menciona que las especies de aves detectan la luz a través de fotorreceptores cerebrales profundos. El desarrollo gonadal tiene lugar incluso en codornices ciegas y pinealectomizadas, y la iluminación local de varias regiones cerebrales profundas utilizando fibras de luz y perlas emisoras de luz provocó el desarrollo testicular en gorriones y codornices japonesas. Vale la pena señalar que una amplia gama de longitudes de onda de luz puede penetrar en la piel y se ha sugerido que la luz también puede penetrar el cráneo y el cerebro de varios vertebrados, incluidas las aves. De hecho, se ha informado que

varias proteínas fotosensibles, llamadas opsinas, se expresan en regiones profundas del cerebro de varias especies de aves. La expresión de la rodopsina, responsable del sistema visual en la retina, se ha encontrado en la zona del prosencéfalo, denominada órgano del tabique lateral (LSO), en palomas (Imagen 4).

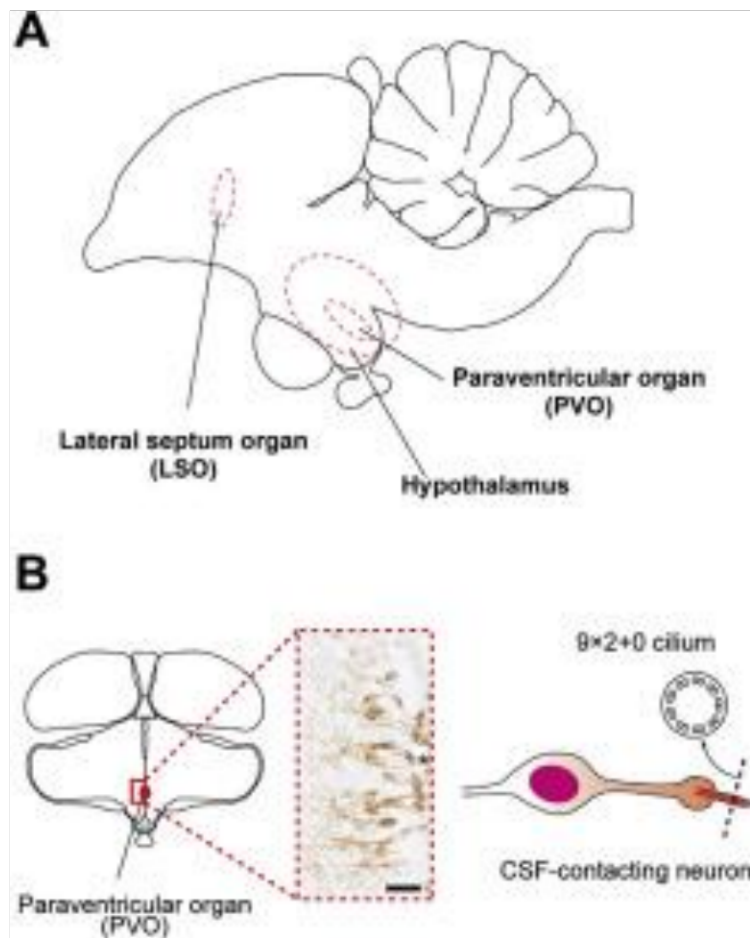


Figura 4. (A) Se ha informado que las especies de aves tienen fotorreceptores en varias cerebros regiones (elipses rojas). (B) Imagen representativa de las neuronas en contacto con el LCR que expresan Opsin 5 e imagen esquemática de las neuronas en contacto con el LCR en el órgano paraventricular (PVO). Fuente: Nakane y Yoshimura, 2018.

2.3.2 Patos. En la producción de patos el desarrollo de órganos reproductores durante las fases de pollitas contribuye significativamente al rendimiento de puesta de las aves ponedoras, en un estudio donde se evaluó el fotoperiodo en la morfología ovárica, secreción de hormonas

reproductivas y la expresión de ARNm del receptor de hormonas en patos ponedoras durante la fase de pollitas. Un total de 480 patos ponedores Jinding de 71 días de edad se dividieron aleatoriamente en 5 grupos que recibieron 6L (horas de luz): 18O (horas de oscuridad), 8L: 16O, 10L: 14O, 12L: 12O o 14L: 10O, respectivamente. Cada grupo tenía 6 repeticiones con 16 aves cada una. La prueba de alimentación por fotoperiodo duró de 80 días hasta los 150 días de edad. La edad al primer huevo (AFE), el número total y el peso de los huevos aumentaron linealmente con fotoperiodos crecientes; valores más bajos de AFE ocurrieron con fotoperiodos ≥ 8 horas, mientras que un mayor número total y peso de huevos ocurrió con fotoperiodos ≥ 10 h, en comparación con 6L: 18D. En conclusión, un fotoperiodo apropiado condujo a una madurez sexual temprana y mejoró el desarrollo de los órganos reproductivos y los folículos ováricos a través de los efectos sobre las hormonas reproductivas y sus receptores; 10 a 10,24 h es un fotoperiodo adecuado para los patos ponedores durante la fase de pollita (Ming, Wang, Hai-jun, Feng, Wu y Qi, 2019).

2.3.3. Gansos. La gran mayoría de los animales salvajes y las aves que viven en zonas templadas son reproductores estacionales. Esta estrategia de reproducción es un mecanismo fisiológico para hacer frente a los cambios anuales en el entorno de vida: las crías pueden nacer o eclosionar en las épocas de mayor crecimiento y supervivencia, principalmente en la cálida primavera y principios del verano, que son ricos en suministros alimentarios. En una investigación que se realizó para inducir la reproducción fuera de temporada, en el verano, y para lograr un alto rendimiento reproductivo utilizando fotoperíodo artificial manipulación en el ganso de Yangzhou de cría de días largos. Los gansos jóvenes se sometieron a un programa de fotoperiodo de dos fases, de corta a larga (grupo A) o de tres fases (de largo a corto, grupo B) de

febrero a octubre. Se indujo que la puesta de huevos comenzara de manera similar en ambos grupos en mayo, aumentó a un nivel máximo en julio y luego disminuyó gradualmente hasta octubre. Las tasas pico y post pico de puesta fueron más altas con el programa de tres fases que con el programa de dos fases. Las concentraciones plasmáticas de progesterona cambiaron de manera similar en los dos grupos, aumentando desde niveles bajos durante los períodos de pre-puesta hasta la etapa máxima de puesta, luego disminuyendo con la disminución en la tasa de puesta de huevos. Las concentraciones plasmáticas de T3 aumentaron desde el comienzo del experimento para formar el primer pico en un fotoperiodo corto, disminuyeron a un mínimo en el pico y luego aumentaron progresivamente hasta niveles altos hacia el final del experimento. Las concentraciones plasmáticas de T4 aumentaron a lo largo del experimento, mostrando poca respuesta a los cambios en el fotoperíodo. El nivel de expresión de ARNm de GnIH en el hipotálamo disminuyó de manera constante desde niveles altos en el fotoperíodo corto hasta el punto más bajo en el pico de la puesta, pero se reguló bruscamente más de mil veces a partir de entonces. Este patrón de expresión de ARNm también fue compartido por los genes GnIHR, VIPR, TRHR, TSH y PRL en la glándula pituitaria y, en menor grado, por los genes GnRH, VIP y TRH en el hipotálamo. Los niveles de expresión de ARNm de GnRHR hipofisario cambiaron de manera similar a la de las actividades reproductivas de los gansos en ambos grupos. Los niveles de expresión de ARNm de las subunidades beta de FSH aumentaron a niveles altos después del día 11 del fotoperíodo largo, y fueron más altos en el grupo B que en el grupo A en el pico de puesta. El nivel de expresión del gen LH beta se incrementó de manera similar mediante el fotoperíodo y fue mayor en el grupo B que en el grupo A cuando se utilizaron los análisis de varianza multivariantes y bidireccionales. En conjunto, fotoperíodo, mediante la regulación de la expresión de una serie de genes en el hipotálamo y la glándula pituitaria,

estimulación sincronizada y refractariedad del sistema reproductivo en gansos de Yangzhou. El mayor rendimiento de puesta de huevos fuera de temporada después del tratamiento con fotoprograma de tres fases fue mediado por niveles más altos de expresión de ARNm de las subunidades beta de FSH y LH (Zhu, Shao, Chen, Wei, Lei, Ying, Yu y Shi, 2017).

Unidad 3. Conclusiones

Las aves domésticas se encuentran dotadas para ver y responder a un espectro e intensidad de luz diferente al de los seres humanos, realizando la fotorrecepción de forma retinal con ayuda de células especializadas como los conos (tetracromática) y de forma pineal o hipotalámica, la fotorrecepción de esta última manera ocurre gracias a que el cráneo de las aves permite el paso de luz. Dentro de la avicultura se han establecido diferentes programas de luz con el propósito que las aves tenga una mejor respuesta productiva, encontrado programas asimétricos, simétricos y biominente que se relacionan directamente con la duración del programa de luz y el tiempo de exposición, asociando esta situación con factores como duración del fotoperiodo, distribución del fotoperiodo, longitud de onda e intensidad de luz.

Los programas de iluminación que generalmente se utilizan parten de las condiciones específicas de la zona (temperatura, topografía, radiación solar, pluviosidad, velocidad del viento y altura sobre el nivel del mar, entre otras) y los objetivos de producción, en general, se busca simular un patrón natural de luz esperando mejorar el peso corporal y la madurez sexual. En producción de pollos de engorde se ha evaluado el uso de luz LED, luz fría LED, bombillas incandescentes, luz fluorescente, en cuanto a las investigaciones desarrolladas se obtiene mejores parámetros cuando se utilizan luz LED, por el contrario, con lámparas fluorescentes se obtienen los pesos más bajos y una respuesta inmunológica alta lo que indicaría que las aves se encuentran estresadas. Al emplear luces monocromáticas se obtuvo mejor peso corporal, canal eviscerado cuando se utilizó luz verde y azul, con un fotoperiodo de 23 horas luz y 1 hora de oscuridad.

En las investigaciones encontradas en gallinas ponedoras se evidencio que la el fotoperiodo puede influenciar el periodo de incubación pero directamente correlacionado con la línea de aves utilizada, en cuanto a las variaciones que se ocasionaron al utilizar luz monocromática se tiene que la luz azul verdosa estimula el crecimiento de los pollos, mientras que la luz roja anaranjada estimula la reproducción, además el fotoperiodo afecta la ingesta relativa de alimento y se considera que la luz continua es mejor para la producción de huevo, aunque el fotoperiodo debe adaptarse a las etapas de cría, levante y producción ya que no siempre funciona de la misma manera en cada una de las etapas.

Las investigaciones en aves reproductoras se obtuvo huevos más pesados cuando se comenzó el fotoperiodo de 14 horas luz y 10 de oscuridad a las 23 semanas, de igual manera, la transferencia de 8 horas luz a 13 horas a las 20 semanas optimiza el rendimiento de la puesta de huevos. En otras especies, como codornices, gansos y patos también se evidencio que el fotoperiodo estimula la producción de hormonas tiroideas que están directamente relacionadas con el desarrollo sexual, en patos un fotoperiodo de 10 horas se considera apropiado para el desarrollo de los órganos reproductivos y los folículos ováricos. En gansos el fotoperiodo artificial permite la manipulación del ciclo reproductivo de estos animales.

Es así, como el fotoperiodo en aves puede ser empleado para mejorar los parámetros productivos y reproductivos, las aves al percibir la luz desarrollan una respuesta en el hipotálamo que repercute en la producción de hormonas tiroideas que está directamente ligado con el desarrollo gonadal, pero a su vez influye positivamente en el peso corporal.

Este trabajo puede utilizarse como referencia para el desarrollo de futuras investigaciones sobre la implementación de fotoperiodo en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, de igual manera será una fuente de información para las personas de la región que deseen contrastar y ajustar estos datos a sus condiciones ambientales para utilizar el fotoperiodo como un mejorador de los rendimientos productivos y reproductivos

Referencias

- Alva Rosalino, F. (2011). Improtancia de los programas de luz en ponedoras comerciales (Parte II). MAP La revista, 4(5), 69-74. Recuperado de: <https://issuu.com/oscarbc/docs/maplarevista>
- Aragon De Leon, E. (2018). Efectos de los programas de iluminación en el rendimiento productivo del pollo de engorda (Tesis de pregrado). Universidad autónoma agraria Antonio Narro, Mexico. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45179?show=full>
- Blatchford, R., Archer, G y Mench, J. (2012). Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens. Poultry Science, 91(1), 1768–1774. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02051>
- Cao, J., Wang, Z., Dong, Y., Zhang, Z., Li, J., Li, F., y Chen, Y. (2012). Effect of combinations of monochromatic lights on growth and productive performance of broilers, Poultry Science. 91(12), 3013-3018, ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02413>.
- Casaut, M. (2019). La visión de las aves. Revista sociedad Cordobesa de historia natural, 1(1), 24-30. Recuperado de: https://socohina.files.wordpress.com/2019/09/triano_i_miguell.pdf
- Corrales, E., y Gámez, E. (2005). Determinación del manejo reproductivo y ciclo de puesta de las gallinas de patio en tres comunidades del municipio de el Sauce, León, Nicaragua (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/1306/>
- Cubero Juanéz, J. (2004). Triptófano, melatonina y ritmos de actividad/inactividad en animales diurnos y niños lactantes (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura, España. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=183>
- Delgado, C., y Correa, J. (2013). Estudios ornitológicos urbanos en Colombia: revisión de literatura. Ingeniería y ciencia, 9(18), 215-236. Recuperado de: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/14432/document%20%2829%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinosa Velázquez, E. (2018). Influencia de la luz en la reproducción animal. An. Real. Acad. Doct, 3(1), 6-18. Recuperado de: <https://www.radoctores.es/doc/2V3N1-ESPINOSA%20-%20la%20influencia%20de%20la%20luz.pdf>
- Farghly, M., Mahrose, K., Ahmad, E., Rehman, Z y Yu, S. (2019). Implementation of different feeding regimes and flashing light in broiler chicks. Poultry Science, 98(5), 2034-2042. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/pey577>.

- Fenavi. (2017). La producción y consumo avícola en Colombia se disparan. Recuperado de: <https://avicultura.com/la-produccion-y-consumo-avicola-en-colombia-se-disparan/>
- Geng, A., Zhang, Y., Zhang, J., Wang, H., Chu, Q., y Liu, H. (2018). Effects of lighting pattern and photoperiod on egg production and egg quality of a native chicken under free-range condition. *Poultry Science*. 97(7), 2378-2384. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/pey104>.
- Hannah, W, Astatkie, T., Rathgeber, B. (2020). Hatch rate of laying hen strains provided a photoperiod during incubation. *Animal*. 14(2), 353-359. ISSN 1751-7311. Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002039>.
- Helfer, G., y Dumbell, R. (2020). Endocrine drivers of photoperiod response. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research*, 11(1), 49-54. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2020.01.001>.
- Hevia, M., y Quiles, A. (2005). Influencia de la luz sobre el comportamiento de las aves. Universidad de Murcia. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/4499338/influencia-de-la-luz-sobre-el-comportamiento-de-las-aves>.
- Hugues, B., Navaroli, F., Torres, M, y Soto, CJ (2008). La visión cromática en los animales. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(11), 1-6. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617112010>.
- Kim, M, et al. (2013). Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. *Poultry Science*. 92(6), 1461-1466. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02945>.
- Lewis, P., Danisman, R., y Gous, R. (2010). Photoperiods for broiler breeder females during the laying period. *Poultry Science*, 89(1), 108-114. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00312>.
- Li, D., Zhang, L., Yang, M., Yin, H., Xu, H., Trask, S., Smith, D., Zhang, Z., Zhu, Q. (2014). The effect of monochromatic light-emitting diode light on reproductive traits of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 23(3), 367-375. ISSN 1056-6171. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00746>.
- Loup Rault, J., Clark, K., Groves, P., y Cronin, G. (2017). Light intensity of 5 or 20 lux on broiler behavior, welfare and productivity. *Poultry Science*. 96(4) 779-787 ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/pew423>.
- Ming Cui, Y., Wang, J., Hai-jun, Z., Feng, J., Wu, S., y Qi, G. (2019). Effect of photoperiod on ovarian morphology, reproductive hormone secretion, and hormone receptor mRNA expression in layer ducks during the pullet phase. *Poultry Science*, 98(6), 2439-2447. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/pey601>.

- Nakane, Y., y Yoshimura, T. (2018). Seasonal Reproduction: Photoperiodism, Birds. Encyclopedia of Reproduction (Second Edition), Academic Press. 409-414. ISBN 9780128151457. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20585-2>.
- Olanrewaju, H., Miller, W., Maslin, W., Collier, S., Purswell, J., y Branton, S. Interactive effects of light-sources, photoperiod, and strains on growth performance, carcass characteristics, and health indices of broilers grown to heavy weights. Poultry Science, 98(12), 6232-6240, ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/pez476>.
- Pérez Rodríguez, Lorenzo. (2009). La belleza está en el ojo del que mira: la visión del color en las aves. Ornitología Práctica. 34(1), 3-8. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/270489718_La_belleza_esta_en_el_ojo_del_que_mira_la_vision_del_color_en_las_aves.
- Pineda Rojas, A. (2016). Manejo de luz en ponedoras una herramienta para alcanzar objetivos productivos. Pronaviola. Recuperado de: <http://www.pronaviola.com/contenido/webinar/manejoluzpone.pdf>
- Pishnamazi, A., Renema, R., Zuidhof, M., y Robinson, F. (2014). Effect of age at photostimulation on sexual maturation in broiler breeder pullets. Poultry Science, 93(5), 1274-1281. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02834>.
- Rodríguez, C., Waxman, S., y Lucas, J. (2017). Particularidades anatómicas, fisiológicas etológicas con repercusión terapéutica, en medicina aviar (II): aparato digestivo, aparato cardiovascular, sistema músculoesquelético, tegumento y otras características. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: <https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/2017/3/10/113722.pdf>
- Rogers, A., Pritchett, E., Alphin, R., Brannick, E., y Benson, E. (2015). II. Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken stress1 1The study was funded and supported by the United States Poultry and Egg Association (Project No. 674), and the University of Delaware College of Agriculture and Natural Resources. Poultry Science. 94(3), 331-337. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/peu046>.
- Schwean-Lardner, K., Fancher, B., Gomis, S., Kessel, A., Dalal, S y Classen, H. Effect of day length on cause of mortality, leg health, and ocular health in broilers. Poultry Science, 92(1), 1-11. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01967>.
- Signor Mendes, A., José Paixão, S., Restelatto, R., Munhoz Morello, G., Jorge de Moura, D., y Carlo Possenti, J. (2013). Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. Journal of Applied Poultry Research, 22(1), 62-70. ISSN 1056-6171. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00580>.
- Tabara, J. (2006). Las aves como naturaleza y la conservación de las aves como cultura. Papers Universidad Autonoma de Barcelona, 82(1), 57-77.

- Tovar Ramírez, M. (2019). Efecto de tres tratamientos de fotoperiodo sobre la fisiología de la gallina ponedora y la calidad del huevo (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1498/1/FQ-0045-Marta%20Montserrat%20Tovar%20Ram%C3%ADrez.pdf>
- Valbuena, D. (2017). Programas de luz y su importancia en la avicultura de ciclos largos. 1er congreso pecuario, Costa Rica. Recuperado de: <https://www.congresopecuariocr.com/images/memorias/2017/miercoles/daniel-valbuena.pdf>
- Van der Klein, S., Bédécarrats, G., y Zuidhof, M. (2018). The effect of rearing photoperiod on broiler breeder reproductive performance depended on body weight. *Poultry Science*, 97(9), 3286-3294. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps/pey199>.
- Van der Klein, S., Bédécarrats, G., y Zuidhof, M. (2020). Modeling life-time energy partitioning in broiler breeders with differing body weight and rearing photoperiods. *Poultry Science*, 99(9), 4421-4435. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.016>.
- Villacres Vera, H. (2019). Efecto de la iluminación intermitente sobre parámetros productivos de pollitas Hy Line Brown (Tesis pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza de Amazonas, Peru. Recuperado de: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1815>
- Zhang, L., Zhang, H., Qiao, X., Yue, H., Wu, S., Yao, J., y Qi, G. (2012). Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poultry Science*, 91(4), 1026-1031. ISSN 0032-5791. Recuperado de: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01899>.
- Zhu, H., Shao, X., Chen, Z., Wei, C., Lei, M., Ying, S., Yu, J., Shi, Z. (2017). Induction of out-of-season egg laying by artificial photoperiod in Yangzhou geese and the associated endocrine and molecular regulation mechanisms. *Animal Reproduction Science*, 180(1), 127-136. ISSN 0378-4320. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.03.009>.