

Influencia de la luz en la reproducción animal

Influence of light on animal reproduction

Emilio Espinosa Velázquez

Académico de Número y Presidente de la Sección de Veterinaria de la Real Academia de Doctores de España. e.espinosavelazquez@gmail.com

An. Real. Acad. Doct. Vol 3, (2018) pp. 6-18.

RESUMEN	ABSTRACT
<p>La efectividad de la luz depende de las vías de iluminación y longitudes de onda. Son los espectros azul e infrarrojo los menos activos para la visión y los colores comprendidos entre el amarillo y el rojo los que ejercen un mayor efecto.</p> <p>Tanto las aves como los mamíferos regulan las variaciones estacionarias a través de un sistema circadiano endógeno de fotosensibilidad, con dos fases una insensible y otra sensible a la luz. Las variaciones fotoperiódicas sincronizan el ritmo endógeno para que la reproducción coincida con el momento más adecuado del año.</p> <p>La epífisis sintetiza y segrega melatonina por un ritmo nictemeral, siendo posible que los animales sean capaces de percibir la duración de la noche y como consecuencia la del día, a través de sistemas neuronales.</p> <p>Las ovejas y las cabras del norte de Europa, presentan importantes variaciones reproductivas que van desde agosto-septiembre a enero-febrero, con anestro el resto del año. Si se someten a un fotoperiodo largo y posteriormente a uno corto o natural reducido, se origina un avance en la época reproductiva.</p> <p>Las yeguas sometidas desde finales de noviembre a días largos inician las</p>	<p>The effectiveness of light depends on the pathways of illumination and wavelengths. The blue and infrared spectra are the least active for vision and the colors comprised between yellow and red have the greatest effect.</p> <p>Both birds and mammals regulate the stationary variations through an endogenous circadian system of photosensitivity, with two phases one insensitive and the other sensitive to light. The photoperiodic variations synchronize the endogenous rhythm so that the reproduction coincides with the most appropriate moment of the year</p> <p>The epiphysis synthesizes and secretes melatonin by a nictemeral rhythm, being possible for the animals to be able to perceive the duration of the night and as a consequence that of the day, through neuronal systems.</p> <p>The sheep and goats from the north of Europe, present important reproductive variations that go from August-September to January-February, with anestrus the rest of the year. If they are subjected to a long photoperiod and then to a short or reduced natural period, an advance is made in the reproductive period.</p> <p>Mares subjected from late November to long days initiate ovulations, 2.5 months</p>

<p>ovulaciones, 2,5 meses antes que con luz natural.</p> <p>Existen ritmos circadianos en los partos, aunque en general el momento del parto depende más o menos del medio, según la especie.</p> <p>La Diapausa Embrionaria, es una adaptación a la supervivencia, controlada por el SNC, que depende del fotoperiodo, que está implicado en la reanudación de la gestación, para que el parto tenga lugar en el momento más oportuno para la supervivencia de los recién nacidos.</p>	<p>earlier than with natural light.</p> <p>There are circadian rhythms in delivery, although in general the time of delivery depends more or less on the medium, depending on the species.</p> <p>Embryonic Diapause is an adaptation to survival, controlled by the CNS, which depends on the photoperiod, which is involved in the resumption of pregnancy, so that delivery takes place at the most opportune time for the survival of newborns.</p>
<p>Palabras clave: Luz, Fotoperiodo, Epífisis, Melatonina, Reproducción Animal, Control fotoperiódico, Diapausa Embrionaria</p>	<p>Keywords: Light, Photoperiod, Epiphysis, Melatonin, Animal Reproduction, Photoperiodic control, Embryonic Diapause</p>

INTRODUCCIÓN

El presente artículo, corresponde a la conferencia impartida por el autor en la Real Academia de Doctores de España, el 23 de Noviembre de 2016, sobre la Influencia de la Luz en la Reproducción Animal, basada en una recopilación y revisión de trabajos realizados sobre el tema.

Según el Génesis, en el Capítulo 1 figura que el primer día, Dios dijo: “Hágase la luz”, y la luz se hizo y en el cuarto día, Dios hizo, el astro mayor para presidir el día y el menor para presidir la noche. En el Planeta Tierra, estamos sometidos a: ritmos solares de 24 horas y de 1 año y a ritmos lunares que modifican nuestros factores físicos y bióticos.

Desde la antigüedad se llevaba a cabo en Japón el llamado “yogay”, considerado como los primeros estudios realizados sobre la actuación de la luz en pájaros, que consistía en alargar el número de horas de luz, durante la noche en los días cortos, presentándose en esos pájaros el canto característico de su actividad sexual fuera de su época reproductiva.

La efectividad de la luz no es la misma ni a través de diferentes vías de iluminación ni en diferentes longitudes de onda. Son 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 mμ) los que ejercen un mayor efecto.

La acción de la luz continua es más desfavorable que la oscuridad total. Según Benoit y cols (1959), quienes sometieron a 3 lotes de canarios a: luz y oscuridad continua y a fotoperiodo normal; al cabo de 4 años había: 8 supervivientes de 10 en el lote de iluminación normal, 9 de 12 en el lote de oscuridad total y ninguno en los 8 sometidos a luz continua.

Últimamente Yeste et al (2016), fotoestimulando con luz LED Rojo, dosis de semen porcino, con la cámara ma-Xipig® durante 30 minutos, obtuvieron en inseminaciones de 9.877 cerdas, una mejor fertilidad (2,327%) ($p < 0.005$) y una mayor prolificidad tanto en el total de lechones nacidos como en nacidos vivos.

FACTORES IMPLICADOS EN LA REPRODUCCIÓN

Los cambios de temperatura, las lluvias y los alimentos son los factores que condicionan la supervivencia y determinan las épocas de los nacimientos. Teniendo en cuenta que la duración de la gestación varía de una especie a otra, el momento de la reproducción también lo hará para que los nacimientos tengan lugar en primavera. La llave predominante del momento óptimo y que es predecible de repetirse, en nuestro sistema solar, es el fotoperiodo; aunque los efectos son mayores a medida que nos alejamos del ecuador, con especies de reproducción en días de fotoperiodo creciente (como los équidos) o decreciente (como óvidos, capridos, etc.). Las variaciones fotoperiódicas sincronizan el ritmo endógeno para que la reproducción coincida con el momento más adecuado del año (Chemineau et al., 1989).

En los insectos (Pittendrigh y Minis, 1964), en los pájaros (Lofts y Lam, 1975) y en el hámster (Elliot et al., 1976) demostraron la existencia de una fase fotosensible en relación al alba y al crepúsculo, relacionada con la alternancia luz-oscuridad.

Los efectos del fotoperiodo son mayores en las aves (codorniz, gorrión, pato) que en los mamíferos. Tanto las aves como los mamíferos regulan las variaciones estacionarias a través de un sistema circadiano endógeno de fotosensibilidad, con 2 fases una insensible y otra sensible a la luz.

En la coneja, yegua y vaca, es el fotoperiodo creciente el que ejerce una acción favorable, aumentando el número de hembras en celo, adelantando la época de reproducción e incrementando la fertilidad a medida que aumentan las horas de luz.

FOTOPERIODO Y EPÍFISIS (Glándula Pineal)

El Tuatara (*Sphenodon punctatum*), lagarto australiano descubierto en el siglo XIX, presenta como característica tener un tercer ojo. Además de dos ojos, localizados a cada lado de su cabeza, presenta un tercer ojo enterrado en el cráneo, cubierto por una membrana transparente, y rodeado por una roseta de escamas. Aunque posee una lente y una retina, se encontró que no era funcional, y además le faltaban las conexiones nerviosas cerebrales. La presencia de este ojo en el *tuatara* es aun hoy día un enigma, ya que casi todos los vertebrados poseen una estructura similar en el centro del cráneo, que es conocida como la glándula pineal y que está presente en reptiles, pájaros, y mamíferos.

Desde el punto de vista de la evolución biológica, la glándula pineal representa un tipo de fotorreceptor atrofiado. En algunas especies de anfibios y reptiles, está vinculada a un órgano vestigial, que se conoce como tercer ojo parietal presente en el epítalamo, por lo que también se llama el ojo pineal.

Algunas excepciones son los Myxini, uno de los tipos de vertebrados más primitivos; no obstante, incluso en el Myxini, podría haber una estructura "pineal equivalente" en el diencéfalo dorsal. La Lamprea (casi tan primitiva como el Myxini) no posee glándula pineal. También el anfioxo (*Branchiostoma lanceolatum*), considerado como el pariente existente más cercano a los vertebrados, carece de una glándula pineal reconocible. Algunos vertebrados más desarrollados, entre ellos el caimán, carecen de glándula pineal ya que la perdieron durante el transcurso de la evolución.

FOTOPERIODO Y REPRODUCCIÓN

Sean las hembras de reproducción estacionaria, de días cortos o de días largos, es imprescindible cuando queremos incidir en su reproducción que haya una secuencia de días cortos-largos y además tener en cuenta que se presentan periodos refractarios después de un importante número de días ya sean cortos o largos.

FOTOSENSIBILIDAD

Las variaciones fotoperiódicas sincronizan el ritmo endógeno para que la reproducción coincida con el momento más adecuado del año (Chemineau et al., 1989).

El efecto estimulador de los días decrecientes puede ser responsable de la duración de la época reproductiva en condiciones naturales (Malpaux y Karsch 1990). La existencia de una fase fotosensible de 16-17 horas, después del alba, provoca la consideración de un día largo (Chemineau et al 1990)

Con tratamientos de 3-4 meses de días largos y 3-4 meses de cortos, se origina una alternancia de actividad-inactividad. Después de 100 días cortos (experimentales), disminuye la actividad sexual, por un periodo refractario a los días cortos (Malpaux et al., 1987), lo que ocurre de forma natural al final del invierno (Robinson y Karsch, 1984). Después de 230 días largos (experimentales) la actividad sexual de las ovejas se reinicia espontáneamente, por la instalación de un estado refractario a los días largos (Malpaux et al. 1988), como ocurre en condiciones naturales en el inicio de la actividad sexual en verano-otoño.

En la vaca si se pasa de 6-8 horas de luz a 14 horas, el porcentaje de fertilidad aumenta (en relación con los testigos) (Sweetman 1950).

En la yegua aumentando la duración del fotoperiodo luminoso se desencadenan: la actividad ovárica y los ciclos estrales (Sharp y Ginther, 1975), con mejores resultados si el fotoperiodo es de 16 horas de luz.

FOTOPERIODO Y MELATONINA

Recordemos que en los mamíferos, la luz se percibe por la retina, conducida por el tracto retino-hipotalámico hasta los núcleos supraquiasmáticos y paraventriculares del hipotálamo, pasando al ganglio cervical superior y finalmente a la epífisis. La epífisis sintetiza y segrega la melatonina por la noche, siendo posible que los animales sean capaces de percibir la duración de la noche y como consecuencia la del día. Si se administra melatonina, se puede restituir el efecto del fotoperiodo, a través de sistemas neuronales intermediarios entre la melatonina y las neuronas (triptófano-serotonina-melatonina) (Whistnant y Goodman 1990).

Siempre debe establecerse una secuencia de días largos (reales o simulados) y cortos (igualmente, reales o simulados) o con melatonina, por el efecto refractario

a los días cortos si no han tenido antes días largos. Debe haber al menos 2 meses de días largos para restituir el efecto estimulante de los días cortos o de la melatonina.

FOTOPERIODO Y REPRODUCCIÓN EN OVEJA Y CABRA

En los ovinos, estableciendo un ritmo fotoperiódico semestral (reproduce las variaciones sinusoidales en 6 meses en lugar de 12 meses) se producen 2 épocas de actividad sexual por año (Mauleon y Rougeot, 1962) que se presentan paradójicamente en los días crecientes en vez de hacerlo en los días decrecientes del ritmo anual.

RAZA	Anestro (días)	Observaciones
Blackface Mountain	226	Hafez 1952
Border Leicester	234	Hafez 1952
Welsh Mountain	232	Hafez 1952
Ile de France	215	Thimonier y Mauleon 1969
Cabra Alpina	259	Chemineau 1992
Prealpes du Sud	131	Thimonier y Mauleon 1969
Rasa Aragonesa	91	Abecia 1992 (Chemineau 1992)
Chios Griega	103	Avdi 1988
Barbarina de Tunez	123	Khalidi 1984
Tadmit de Argelia	52	Ammar-Khodja 1982
Man de Marruecos	>50% ciclo anual	Lahlou-Kassi 1985
Criollas de Martinica	Ciclicas todo el año	Mahieu 1989
Peulh de Niger	Ligera estacionalidad	Yenikoye 1984
Cabras Criollas Guadalupe	Ligera estacionalidad	Chemineau 1986

Después de 50 días cortos, se induce actividad ovulatoria en Ile de France (Ravault y Thimonier, 1988) y después de 80 días en la cabra Alpina (Chemineau et al., 1988), con un papel inhibitor de los días largos.

Las ovejas y las cabras del norte de Europa, presentan importantes variaciones reproductivas que van desde agosto-septiembre a enero-febrero, con anestro el resto del año. Desplazando las ovejas del hemisferio N al S o sometiéndolas a fotoperiodos del hemisferio S, la época de reproducción se desplaza 6 meses y se presenta siempre después del solsticio de verano (Thwaites, 1965).

¿Qué es un Día Corto o un Día Largo?: La percepción de un día corto depende del fotoperiodo; 12 horas de luz se interpretan como un día corto si recibían 16 horas de luz o como un día largo si eran 8 horas las percibidas (Robinson y Karsch 1987).

Siempre debe establecerse una secuencia de días (reales o simulados) largos y cortos, por el efecto refractario a los días cortos si no han tenido antes días largos. Debe haber al menos 2 meses de días largos para restituir el efecto estimulante de los días cortos.

FOTOPERIODO Y REPRODUCCIÓN EN YEGUAS

La yegua y la mayoría de las razas equinas, presentan una reproducción estacional, con una actividad máxima de mayo a julio y una disminución e incluso anestro de noviembre hasta abril o mayo, para las hembras que han parido durante la época reproductiva anterior.

Las yeguas sometidas desde finales de noviembre a días largos inician las ovulaciones, 2,5 meses antes que con luz natural. Más de 14,5 horas de luz al día estimula la actividad ovárica y menos de 12 horas la inhibe (Palmer y Driancourt 1981)

En la yegua si durante la época de anestro, se suplementan de 5 a 6 horas de luz (Burhart 1957) la época reproductiva se adelanta 2 meses, los celos se presentan en los meses de enero-febrero; aunque la luz carece de efecto si incide únicamente sobre el cuerpo (hembras encapuchadas), lo cual es lógico porque la acción lumínica se produce a través de la retina.

FOTOPERIODO Y PARTO

En la especie humana se presentan un máximo de partos por la mañana y un mínimo por la tarde (las diferencias son del orden del 2%), pero puede cambiar por problemas en el parto, o por la inducción o estimulación del mismo. Cuando el parto se inicia naturalmente el máximo de nacimientos es después de medianoche y el mínimo después del mediodía.

Bosc (1980) indicaba que existen ritmos circadianos en los partos, aunque en general el momento del parto depende más o menos del medio, según las especies.

En la oveja se producen más partos durante el día que por la noche, aunque existen diferencias raciales y estacionales. La vaca pare a cualquier hora del día.

En la cerda según Signoret (1969) hay grandes diferencias pero suelen parir en las "horas tranquilas" del día, con un máximo por la tarde y un mínimo a medianoche.

La alpaca (Andes sudamericanos) pare espontáneamente entre las 5 y las 14 horas, pero no se produce el parto si hace frío o si hay nieve (Bustinza et al. 1970). (citado por Bosc, 1980).

En la yegua, un 86% de los partos tienen lugar entre las 7 pm y las 7 am del día siguiente (Rosdale y Short, 1967) aunque este porcentaje puede modificarse por el manejo y vigilancia de los animales. (citado por Bosc, 1980).

En la rata (Svorad y Sachova, 1959) encontraron que el máximo de partos tiene lugar por la noche en un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad. Posteriormente se demostró con diferentes ritmos luminosos que había en la rata gestante un efecto fotodependiente sensible sobre el momento del parto.

CONTROL FOTOPERIÓDICO

En la **Oveja**, durante dos meses se someten a un fotoperiodo de 16-17 horas. Como alternativa, se puede hacer con un Flash luminoso (2 h antes alba, y 12 h después otras 2 h.). La intensidad luminosa debe ser superior a 200 lux, a nivel ocular. Posteriormente se pasa a un fotoperiodo de 8-12 horas, que origina un avance en la época reproductiva.

Implantes de melatonina hacen que las ovejas perciban un día corto (O'Callaghan et al. 1991), adelantando la actividad ovárica y estral en 1-1,5 meses. En ovejas

Border-Leicester cruzadas con Scottish Blakface, el avance fue de 4 meses (de septiembre a mayo) administrando pienso con melatonina.

En la **Cabra**, se puede realizar un tratamiento fotoperiódico de días largos (90 días), a hembras y machos (Intensidad luminosa superior a 200 lux, a nivel ocular), llevando a cabo un Flash luminoso de 2 h., 2 h. antes del alba y 12 h. después, otro Flash luminoso de otras 2 h. Posteriormente se someten a 45 días de fotoperiodo natural, reducido a 8 h., variando las horas de luz natural (días cortos) y finalmente se realizan 45 días de cubriciones controladas o de inseminación artificial.

En la **Trucha**, un control del fotoperiodo puede modificar y avanzar (3 meses) la época reproductiva en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Primero se aplica un tratamiento, de 18 h. de luz (3 a 5 meses), seguido por un fotoperiodo de días cortos de 6 h. de luz. El tratamiento modifica tanto en hembras como en machos la época reproductiva. (Espinosa E. and Josa A., 1996)

En la **Perca**, una fuerte intensidad luminosa, favorece el desarrollo y supervivencia de las larvas. La duración del fotoperiodo influye en: el desarrollo post-larvario y la supervivencia de los juveniles Un fotoperiodo de 18h. (de luz) y 6h (de oscuridad), hace que la alimentación tenga lugar en la 1/2h, después de la iluminación. (Jourdan S., 1999)

FOTOPERIODO Y DIAPAUSA EMBRIONARIA (D.E.) O IMPLANTACIÓN DIFERIDA (I.D.)

La D.E., es una adaptación a la supervivencia. Controlada por S.N.C., depende del fotoperiodo. A continuación indicaremos algunas de las especies que presentan Diapausa Embrionaria:

El Corzo, tiene un celo en julio-agosto. La D.E., dura hasta finales de diciembre La gestación abarca de enero a mayo (5 meses) y el parto se produce en julio

El Visón, su cubrición es en marzo. La D.E., es de abril a mayo. La gestación se lleva a cabo en junio y el parto en julio.

La Foca, la cubrición es en septiembre-octubre. La D.E., es de octubre a diciembre. La gestación se desarrolla de enero a julio y el parto en julio y agosto.

El Oso, la cubrición es en mayo-junio. La D.E., abarca de julio a enero. La gestación se lleva a cabo de enero a abril y el parto tiene lugar en abril.

El murciélago, su cubrición va de abril a junio. La D.E., abarca de julio a enero. La gestación se lleva a cabo de enero a marzo y el parto en marzo y abril.

El fotoperiodo está implicado en la reanudación de la gestación y en la supervivencia de los recién nacidos, para que el parto tenga lugar en el momento más oportuno.

BIBLIOGRAFÍA

- Ammar-Khodja F., Brudieux R., 1982. Seasonal variations in the cyclic luteal ovarian activity in the Tadmit ewe in Algeria. *J. Reprd Fert* 65, 305-311.
- Avdi M., Vergos, V., Alifakiotis T., Michailidis I., Driancourt MA., Chemineau P. Seasonal variations of oestrus behavior and ovulation rate in Chios and Serres ewes in Greece. *Proc. 3rd Word Congr on Sheep and Beef Cattle. Paris INRA Publ. Vol 2, 647-649.*
- Bosc, M.J., Influence de la photopériode ou des conditions de milieu sur la parturition. *Rythmes et Reproduction. Edit. Masson, 1980, 179-193.*
- Chemineau P 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. I. Female oestrus behavior and ovarian activity. *Rprd Nutr Develp* 26(2A) 441-452.
- Chemineau P. Maurice F., Daveau A. 1990. Extra-light during photosensitive phase is perceived as a long day by Ile de France ewes maintained under natural lighting. *Proc. Vth Coll of the European Pineal Study Group Guilford Surrey UK, p: 154.*
- Chemineau P., Delgadillo, JA., Malpaux B., Pelletier, J. 1989. Annual clock and control of domestic mammal reproduction. In *Serono Symposia. Ravern Press, New York* 55, 307-315.
- Chemineau P., Pelletier J., Guerin Y., Colas G., Ravault JP., Toure G., Almeida G., Thimonier J., Ortavant R. 1988 Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Rprd Nutr Develp* 28, 409-422.
- Chemineau, Ph., Medio ambiente y reproducción. 6^a Jorn. Intern. Reprd. Anim. e I.A., 1992, 2-5 Jul. Salamanca (Spain). *Conf. Clausura, 292-306.*

- Elliot J.A., Stetson M.H., Menaker, M., Regulation of testis function in Golden Hamsters: a circadian clock measures photoperiodic time. *Science*, 1972, 172, 771-773.
- Espinosa E. and Josa A., 1996. Piscicultura y medio ambiente. *Archivos de Reproducción Animal*. 1/ 58-66)
- Espinosa, E., 2016. La Influencia de la Luz en la Reproducción Animal. Conferencia impartida en la Real Academia de Doctores de España. (23/11/2016).
- Hafez, ESE 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci.* 42, 189-265.
- Jourdan.S., Influence des facteurs abiotiques, la photoperiodo et l'intensité lumineuse, sur la survie et la croissance des larves, post-larves et juveniles de perche commune (*Perca Fluviatilis L.*). INPL (France) 1999.
- Khaldi G. 1984. Variations saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et de la durée de l'anoestrus post-partum des femelles ovines de la race Barbarine: influences du niveau alimentaire et de la présence du male. These Doctorat ès Sci de l'Univ des Sci et Tech du Languedoc, Montpellier. 169 p.
- Lahlou-Kassi A., Marie M. 1985. Sexual and ovarian function of the D'Man ewe. In *Genetics of reproduction in sheep*. Ed RB Land and DW Robinson, Publ Butterworths, London 245-260.
- Lofts, B., Lam, W.L.. Circadian regulation in ewes. *J. Reprod. Fert.* 1973, Suppl. 19, 19-34.
- Mahieu M., Jégo Y., Driancort MA, Chemineau, P. 1989. Reproductive performances of Creole and Black-Belly ewes in the West Indies. A new major gene controlling ovulation rate? *Anim. Rprod Sci* 19, 235-243.
- Malpaux B., Karsch FJ. 1990. A role for short days in sustaining seasonal reproductive activity in the ewe. *J. Rprd Fert.* 90, 555-562.
- Malpaux B., Moenter SM., Wayne NL., Woodfill CJI., Karsch FJ. 1988. Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by an alteration of the circadian secretion of melatonin. *Neuroendocrinology* 48., 264-270.

- Malpoux B., Robinson JE, Wayne NL., Karsch FJ. 1987 Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol Reprod* 36, 1333-1341.
- Mauleon P., Rougeot J., Regulation des saisons sexuelles chez les brebis des races differentes au moyen de divers rythmes lumineux. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Bioph.* 1962, 2, 209-222.
- O'Callaghan D., Karsch FJ., Boland MP., Roche FJ., 1991. What photoperiodic signal is provided by a continuous-release melatonin implant? *Biol Reprod* 45, 927-933.
- Palmer E., Driancourt MA., 1981. Stimulation photoperiodique de la jument en anoestrus hivernal: qu'est-ce qu'un jour court? In *Photoperiodism and Reproduction. Colloques INRA N°6*, 67-85.
- Pittendrigh, C.S., Minis, D.M. The entrainment of circadian oscillations by light and their role as photoperiodic clocks. *Amer Naturalist*, 1964, 98, 261-294.
- Ravault JP and Thimonier J. 1988. Melatonin patterns in ewes maintained under skeleton or resonance photoperiodic regimens. *Rprd Nutr Develop* 28, 473-486.
- Robinson JE., Karsch FJ. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol Reprod* 31, 656-663.
- Robinson JE., Karsch FJ. 1987. Photoperiodic history and a changing melatonin pattern can determine the neuroendocrine response to daylength. *J Rprod. Fertil.* 80, 159-165.
- Sharp D.C., Ginther O.J., Stimulation of follicular activity and oestrous behavior in anoestrous mares with light and temperature. *J. Anim Sci.*, 1975 41(5), 1368-1372.
- Signoret, J: P., Verhalten von schweinen. In *Porzige. Das Verhalten Landwirtschaflicher nutztiere. Ver Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin.* 263-300. 1969
- Svorad, D., Sachova, V., Periodicity of the commencement of birth in mice and the influence of light. *Physiologia. Bohesmolovecnica*, 1959, 8(5), 439-442.
- Thimonier J. and Mauleon P. 1969. Variations saisonnieres du comportement d'oestrus et des activities ovarienne et hypophysaire chez les ovins. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.* 9, 233-250.

- Thwaites, CJ. 1965 Photoperiodic control of breeding activity in the Southdown ewe with particular reference to the effects of an equatorial light regime. *J Agric Sci. Camb* 65, 57-64.
- Whistnant CS., GoodmanRL., 1990. Further evidence that serotonin mediates the steroid-independent inhibition of luteinizing hormone secretion in anoestrous ewes. *Biol Rprd* 42, 656-661.
- Yenikoye A 1984. Annual variations in oestrous behaviour, ovulation rate and the possibility to ovulate in Niger ewes of the Peulth breed. *Rprd Nutr Develop* 24(1) 11-20.
- Yeste, M., F. Codony, E. Estrada, M. Lleonart, S. Balasch, A. Peña, S. Bonet & J. E. Rodríguez-Gil. www.nature.com/scientificreports, 2016.