

Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos - Reproductive control using artificial photoperiod and exogenous melatonin in Mediterranean goats

M.C. Gatica¹, I. Celi, J.L. Guzmán, L.A. Zarazaga^{*}
Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva (Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario-ceiA3), Carretera Huelva-Palos de la Frontera s/n, 21819, Palos de la Frontera, Huelva, Spain ¹Universidad Arturo Prat, Avenida Arturo Prat, 2120, Iquique, Chile. *Para más información (L.A. Zarazaga) zarazaga@uhu.es Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, Carretera de Palos de la Frontera s/n, 21819 Palos de la Frontera, Huelva, Spain Telephone: +34 959 217 523 Fax: +34 959 217 304

Resumen

El fotoperiodo es el principal factor medioambiental que controla la actividad reproductiva en caprino y es interpretado por el animal por la variación en la secreción de melatonina. La especie caprina presenta variaciones en su actividad reproductiva a lo largo del año en relación con el fotoperiodo, de manera que los días cortos estimulan su actividad reproductiva y los días largos la inhiben. El hecho de que su actividad reproductiva sea estacional, conlleva importantes variaciones en sus producciones a lo largo del año. De este modo, las técnicas de control de la reproducción caprina permiten una mejor distribución de sus producciones, leche y carne, a lo largo del año. Los tratamientos fotoperiódicos, se basan en la alternancia entre los días largos y cortos. En primer lugar los animales son sometidos a días largos, para que estén preparados para responder al efecto estimulador de los días cortos. Estos tratamientos fotoperiódicos inducen actividad reproductiva tanto en machos como en hembras, al igual que los tratamientos hormonales. Respecto a la melatonina, la autorización comercial en España de implantes de melatonina para mejorar los resultados reproductivos en la especie caprina se produjo en el año 2009. Estos implantes provocan un incremento de las concentraciones en sangre de esta hormona que hace que el animal interprete que se encuentra en días cortos y por tanto estimula su actividad reproductiva. El protocolo de utilización, recomendado habitualmente, incluye la colocación los

implantes tanto en las hembras como en los machos entorno al equinoccio de primavera, previa separación de ambos sexos durante al menos 45 días. Este tratamiento permite incrementar, con respecto a las hembras no tratadas, la fertilidad y en consecuencia la producción de chivos y, en consecuencia, el número de cabras que van a producir leche.

Palabras clave: caprino, melatonina, fotoperiodo, estacionalidad.

Abstract

The photoperiod is the main environmental factor that controls reproductive activity in goats, and their information is transduced by the melatonin secretion. Goats show a seasonal pattern in reproductive activity related to the annual variations of photoperiod. Short days stimulate the reproductive activity and long days inhibit it. The fact that their sexual activity is seasonal affects the distribution of their production over the year and this is a problem both in dairy and meat production systems which attempt to have a constant production year-round. Techniques used to control reproduction in goats allow greater distribution of milk and meat production throughout the year. In this way, photoperiod treatments are based on alternation of long and short days. First, the animals are subjected to long days in order to prepare them to respond to the stimulatory effects of subsequently administered short days. These photoperiodic treatments can induce sexual activity in males and females similarly to hormonal treatment in females. The commercial use of melatonin implants in Spain for goats was approved on 2009. The melatonin implants induces an increase on the plasma melatonin concentrations as a short day and stimulates reproductive activity. The procedure of application includes the insertion of the melatonin implants on the females and males during the seasonal anoestrous and isolation of the both sexes during 45 days. This allows increasing the reproductive performances as fertility and in consequence the number of milking goats.

Key words: goat, melatonin, photoperiod, seasonality.

1. Introducción

Los caprinos procedentes de latitudes medias y altas presentan variaciones en su actividad reproductiva a lo largo del año, mostrando un periodo de actividad reproductiva durante los días cortos del otoño e invierno, mientras que durante los días largos de la primavera manifiestan un reposo sexual, por ello a la cabra se le

denomina especie de días cortos. Este comportamiento reproductivo no es más que un mecanismo de adaptación al medio ambiente para que los partos y la supervivencia de las crías, así como la lactación, se produzcan durante la época más favorable del año en cuanto a disponibilidad de alimentos y condiciones climáticas que normalmente es la primavera. La domesticación ha provocado que la estacionalidad reproductiva en algunas especies animales haya desaparecido, pero sigue permaneciendo en otras como en la caprina (Shelton, 1978; Ortavant *et al.*, 1985; Chemineau *et al.*, 1992a; Malpaux *et al.*, 1992; Zarazaga *et al.*, 2005; Zarazaga *et al.*, 2011a,b).

Este modelo reproductivo provoca que se produzcan variaciones en la disponibilidad de productos animales frescos tales como la carne, la leche o el queso, lo que conlleva importantes variaciones de su precio a lo largo del año. Por lo tanto, la estacionalidad reproductiva de los caprinos es un problema importante para los ganaderos. Para combatir esta estacionalidad, se cuenta en la actualidad con varios métodos de control reproductivo que son capaces de inducir y sincronizar el celo de las cabras en el momento deseado por el ganadero. Estos métodos se basan en tratamientos hormonales como la utilización de progestágenos aplicados en forma de esponjas vaginales (Forcada y Abecia, 2000), que han sido uno de los más utilizados hasta ahora o la aplicación de los implantes de melatonina (Zarazaga *et al.*, 2012a,b).

Otros métodos se basan en diferentes técnicas de manejo que tienen un gran interés es nuestra cabaña ganadera. En este último grupo se encuentra el efecto macho que permite obtener una buena fertilidad en cubriciones realizadas durante el periodo de anestro estacionario. También la aplicación de un correcto manejo nutricional (sobrealimentación) que tiene un claro efecto positivo sobre los resultados reproductivos de la explotación, principalmente mejorando la prolificidad; pero también porque tiene un claro efecto modulador de la actividad reproductiva, al reducir el periodo de anestro estacionario en hembras mejor alimentadas o con un mejor estado de reservas corporales (Zarazaga *et al.*, 2005; Zarazaga *et al.*, 2011a, b).

Otro de los métodos de manejo que se puede utilizar para combatir la estacionalidad reproductiva es el control del fotoperiodo. El fotoperiodo o número diario de horas de luz que reciben los animales se ha demostrado que es el principal factor medioambiental que controla la actividad reproductiva en caprinos mediterráneos (Gómez-Brunet *et al.*, 2010; Zarazaga *et al.*, 2011a), por lo que manipulando adecuadamente este factor medioambiental podemos controlar la actividad reproductiva. De este modo, en el ganado caprino, los días cortos son estimulantes de la actividad reproductiva y los días largos son inhibidores de la misma, aunque los mecanismos por los que el

fotoperiodo controla la actividad reproductiva son más complejos que este simple hecho. La cabra, al igual que la mayoría de especies estacionales, manifiesta un ritmo endógeno de reproducción, siendo las variaciones anuales del fotoperiodo las encargadas de sincronizar dicho ritmo endógeno a un periodo de tiempo de un año (Malpaux *et al.*, 1989). Este ritmo endógeno se manifiesta gracias a un mecanismo de fotorrefractoriedad que consiste en que, en muchas de las especies estacionales, una prolongada exposición a fotoperiodo constante, de días largos o cortos, causa una reversión espontánea a la condición fisiológica previa (actividad o inactividad reproductiva) (Lincoln *et al.*, 2005). De manera que en la especie caprina, la fotorrefractoriedad tanto a los días cortos (estimulatorios) como a los días largos (inhibitorios) juega un papel central en la regulación de la transición de una estación reproductiva a otra (Gómez-Brunet *et al.*, 2010).

El control fotoperiódico de la reproducción está mediado por un ritmo circadiano de secreción de melatonina. Esta hormona fue descubierta en 1959 por A.E. Lerner, de la Universidad de Yale (Connecticut, USA), comenzando a ser utilizada en el control de la reproducción una vez demostrada la relación entre la luz y la reproducción (Arendt *et al.*, 1983; Bittman *et al.*, 1983). Es sintetizada en la glándula pineal o epífisis que, curiosamente, para Descartes esta glándula era la parte más importante del cerebro pues creía que en ella la sangre se convertía en “espíritus animales” que posteriormente se extendían por todos los nervios y en ella, además, situaba el alma. Esta glándula sintetiza melatonina a partir de la serotonina que a su vez deriva del triptófano involucrando diferentes enzimas, que al igual que la melatonina, muestran un ritmo circadiano a lo largo del día. Este hecho se debe a que la luz inhibe su síntesis, de forma que se han observado altas concentraciones plasmáticas de la hormona (entorno a 70 pg/ml, en la especie caprina, Zarazaga *et al.*, 2010a) durante el periodo de oscuridad y bajas concentraciones durante el día. El hecho de que la luz inhiba su secreción hace que su periodo de secreción se ajuste a la duración del día, o mejor dicho a la de la noche, de forma que días largos (noches cortas) tienen una duración corta de secreción de melatonina y eso inhibe la actividad reproductiva, mientras que los días cortos (noches largas) conllevan más horas de secreción de melatonina y eso es estimulante de la actividad reproductiva. Estas características determinan que el perfil de secreción de melatonina se ajuste a un periodo de 24 horas e informe al animal del fotoperiodo prevalente. De todos modos, y tal y como se ha indicado anteriormente, el papel del fotoperiodo no es tan sencillo como que los días largos inhiben y los días cortos estimulan, sino que depende del fotoperiodo previo al que ha sido sometido el animal. Esto es, los días cortos estimulan la actividad reproductiva siempre y cuando previamente el animal haya percibido un número suficiente de días largos, y viceversa, los días largos son inhibitorios

de la actividad reproductiva siempre y cuando haya percibido previamente un número suficiente de días cortos. En el caso de la especie caprina y en cabras mediterráneas, se ha demostrado que la actividad reproductiva, en hembras bien alimentadas, comienza aproximadamente a los 47 días después de que las hembras han sido sometidas a días cortos y esta actividad reproductiva se ve inhibida tras ser sometidas a 28 días largos (Zarazaga *et al.* 2011a).

Por lo tanto, el control de la duración del día puede realizarse de diferentes formas. Mediante la utilización de salas con control fotoperiódico artificial que podrían permitir que la época de cubriciones se ajuste a las necesidades del ganadero, como las ya usadas en los centros de inseminación artificial para mantener la producción de semen a lo largo del año. Si bien, estas instalaciones son muy caras e incrementarían mucho los costes de producción. A nivel de explotación, se podría simplificar y llevar a cabo estos tratamientos fotoperiódicos, por ejemplo, provocando días largos durante los días cortos naturales, aportando luz artificial, y provocando días cortos durante los días largos naturales mediante la utilización de melatonina exógena. Igualmente, la utilización exclusiva de tratamientos fotoperiódicos (con no más de 4 h de luz artificial) tendría una gran utilidad en explotaciones en las que la utilización de sustancias sintéticas (hormonas) está prohibida, como es el caso de las explotaciones de tipo ecológico.

2. Control de la reproducción mediante la utilización de melatonina

Los primeros trabajos para la utilización de la melatonina exógena en el control de la actividad reproductiva fueron realizados en la oveja e intentaban determinar la eficacia de la vía de administración. La administración diaria de la hormona se mostró como un requisito imprescindible para la estimulación de la actividad reproductiva. Así, se investigó la administración por vía oral o mediante dispositivos intravaginales (Nowak and Rodway, 1985), inyecciones diarias (Kumar and Purohit, 2009) e incluso bolos solubles intrarruminales (Poulton *et al.*, 1987), pero la inserción de implantes subcutáneos se mostró como la vía más eficaz para su aplicación en caprino (Chemineau *et al.*, 1988), ya que garantiza una liberación continua y requiere de muy poca intervención sobre el animal. Éstos implantes contienen 18 mg de melatonina y permiten mantener unas concentraciones de esta hormona de 100-300 pg/ml durante al menos unas 10 semanas en caprino (Delgadillo *et al.*, 2001). Esta pauta de liberación hace que la hormona proporcione una información fotoperiódica que la cabra o el macho cabrío interpreta como de días cortos. En nuestro país, en la década de los 90 se trabajó, inicialmente en la especie ovina, en la elaboración de los protocolos que permitieran obtener la máxima productividad. La

abundante información obtenida permitió la autorización del uso comercial de los citados implantes también en la especie caprina en el año 2009.

3. Protocolos de utilización de los implantes de melatonina en caprinos mediterráneos

El protocolo comercial de aplicación de los implantes de melatonina (Melovine®, CEVA Salud Animal S.A., Barcelona) es simple si lo comparamos con los tratamientos que utilizan progestágenos. Este tratamiento conlleva la colocación de tres implantes subcutáneos colocados en la base de la oreja a los machos cabríos y de un solo implante de las mismas características a las cabras, al mismo tiempo que ambos sexos son separados para evitar cualquier contacto visual, olfativo o auditivo. La separación de machos y hembras debe ser de, al menos, 45 días, momento en el que ambos sexos se juntan y comienzan las cubriciones, que tienen un desarrollo similar al de un efecto macho tradicional, de manera que la mayor parte de las cabras se cubren entre el 7º-15º día tras la introducción de los machos (figura 1a).

Otro aspecto importante en cuanto a la utilización de este tratamiento, en nuestro país y con nuestras razas caprinas, es el momento óptimo para iniciarlo, en principio la máxima efectividad se logra cuando son colocados los implantes entorno al equinoccio de primavera (Zarazaga *et al.*, 2009; Chemineau *et al.*, 1996; Forcada *et al.*, 1999). No obstante, en ovejas, se ha demostrado que la colocación de implantes de melatonina, inmediatamente después del solsticio de invierno, puede avanzar el periodo de actividad reproductiva, en ausencia de machos y mejorar los resultados reproductivos (Forcada *et al.*, 2002). Igualmente, también se ha observado una elevada efectividad de la colocación de implantes de melatonina en cabras en el solsticio de invierno, independientemente de que fueran sometidas o no a efecto macho (Zarazaga *et al.*, resultados no publicados).

Continuando con un aspecto que se acaba de mencionar, utilización o no de efecto macho, y con el fin de simplificar o mejorar el protocolo de utilización de implantes de melatonina se han realizado algunas pruebas en los últimos años con el fin de dilucidar los principales puntos críticos de este tratamiento en caprino.

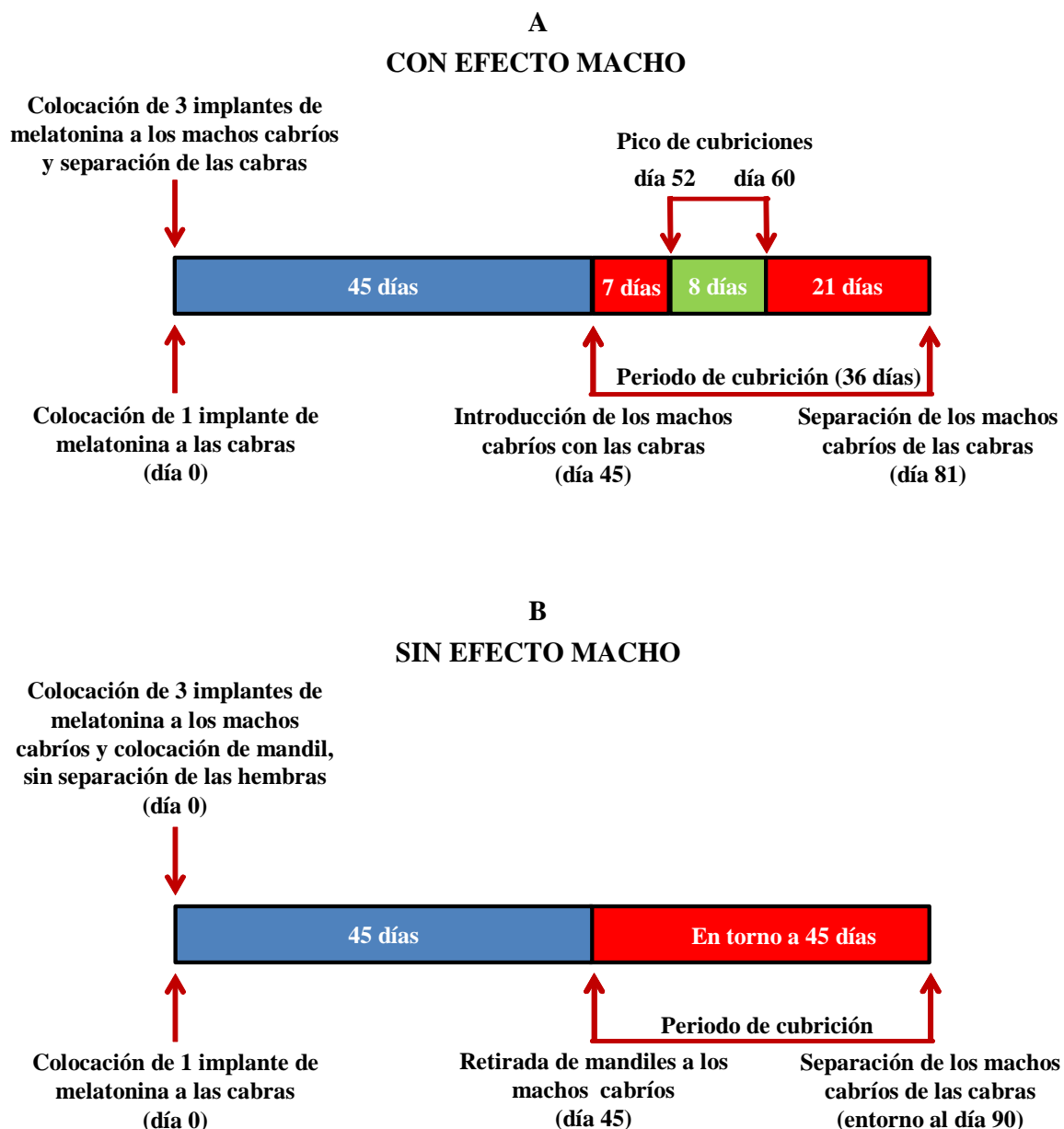


Figura 1. Protocolo de utilización de implantes de melatonina exógena, en caprinos Mediterráneos, asociado con efecto macho (A) o sin efecto macho (B).

En primer lugar, ¿Es necesaria o no la separación de machos y hembras y en consecuencia llevar a cabo el efecto macho?. Es bien conocido que hay explotaciones, principalmente de caprino lechero de tipo intensivo, que tienen dificultades en el manejo para llevar a cabo una adecuada separación de los machos y las hembras, puesto que se recomienda que esa separación sea de entre 200-500 m, debido al importante olor sexual que tiene el macho cabrío. En este aspecto, se ha observado que la colocación de implantes de melatonina, entorno al equinoccio de primavera y sin contacto con machos, era capaz de activar la secreción de LH durante el anestro estacionario y en cabras que estaban en contacto con machos eran capaz de desencadenar un

incremento en la secreción de progesterona con un elevado porcentaje de cabras que salían en celo (figura 1b). Sin embargo, las cabras que no fueron implantadas con melatonina no salieron a celo al contacto con machos a los que sí se les había colocado implantes de melatonina. Estos hechos indicarían que, a diferencia de la oveja, el implante de melatonina, cuando es colocado entorno al equinoccio de primavera, es capaz por sí mismo de desencadenar actividad reproductiva durante este periodo de anestro estacionario. Por otro lado, que la separación de machos y hembras no sería necesaria, siempre y cuando los machos se encuentren activos sexualmente, de ahí que se recomiende implantar también a éstos con el objetivo de mejorar la libido y los parámetros seminales durante este periodo. Y finalmente, este tratamiento tiene un efecto muy limitado (celos por simpatía) sobre aquellas hembras que no han sido sometidas al tratamiento con melatonina y que han estado en contacto con las tratadas (Zarazaga *et al.*, 2009). Eso sí, este tratamiento conllevaría un ligero retraso de unos 20 días en el inicio de la siguiente época de actividad reproductiva de aquellas hembras que no se hubieran quedado preñadas en la cubrición desencadenada por el tratamiento. En consecuencia y en determinadas circunstancias la separación de machos y hembras no sería necesaria.

En segundo lugar, ¿Es necesaria la asociación de tratamientos fotoperiódicos y melatonina exógena?. En latitudes superiores a las nuestras el implante de melatonina es necesario colocarlo más próximo al solsticio de verano (Chemineau *et al.*, 1996). El fracaso de la melatonina para inducir actividad reproductiva en primavera en latitudes altas se debe a un estado de fotorrefractoriedad a los días cortos que impide que los animales respondan al tratamiento con melatonina. Por esta razón, en estas latitudes superiores se recomienda el tratamiento con días largos previo a la colocación del implante de melatonina cuando se intenta adelantar la época de cubrición. En condiciones de campo, el tratamiento de días largos se puede llevar a cabo mediante un encendido de luces tanto al anochecer como antes del amanecer para desencadenar un día de unas 16 horas de luz o bien mediante el método del flash luminoso nocturno (Chemineau *et al.*, 1986). Este último método consiste en dar a los animales, durante unos 2,5-3 meses, todos los días antes del amanecer un flash luminoso (encendido de las luces) de 1-2 h de duración y a las 14 h del inicio del flash (momento de la noche en la que el animal es fotosensible) se da otro flash luminoso de otras 2 horas de duración. Por tanto, sólo con unas 3-4 horas de luz artificial estaríamos simulando un día largo de 16 horas de luz. De este modo, en latitudes altas, se ha demostrado que el tratamiento con días largos y melatonina es más efectivo que la melatonina sola y a su vez es más efectivo que ningún otro tratamiento (Chemineau *et al.*, 1992b). En nuestro caso, en caprinos mediterráneos, se ha demostrado que el tratamiento con días largos, entre mediados del

mes de noviembre y mediados de febrero, y a continuación la colocación de un implante de melatonina en las hembras, sin llevar a cabo efecto macho, es decir, con contacto permanente entre los machos y las hembras (figura 2b), desencadena una elevada actividad ovárica (las concentraciones de progesterona se incrementan), y un elevado porcentaje de salida en celo de las hembras. De nuevo, las hembras que no habían sido tratadas no respondían al contacto con machos activos sexualmente (habían recibido el mismo tratamiento de días largos y melatonina que las hembras) y también se retrasó ligeramente el inicio de la siguiente época de actividad reproductiva (Zarazaga *et al.*, 2011c). De todos modos, se observó que el momento de salida en celo no difería en gran medida con respecto a la colocación exclusiva del implante de melatonina.

Finalmente, ¿Es necesario colocar los implantes de melatonina a las hembras, a los machos o a ambos sexos?. En este aspecto, está claro que los machos muestran una importante bajada de su líbido y actividad reproductiva durante el periodo de anestro estacionario (Zarazaga *et al.*, 2009); por tanto, es necesario preparar a los machos para que se encuentren activos sexualmente en el momento en que las hembras salgan en celo durante este periodo de anestro estacionario (Delgadillo *et al.*, 2009). Por ello, en general, los mejores resultados de fertilidad y prolificidad se obtienen cuando ambos sexos han sido tratados con melatonina (Chemineau *et al.*, 1991). En este sentido, recientemente hemos demostrado (Zarazaga *et al.*, 2012b) que trabajando con la raza Murciano-Granadina los mayores resultados de productividad se obtenían, primero, cuando ambos sexos eran implantados con melatonina (el implante se les colocó a ambos sexos en el mismo momento, lo que también simplificaba el protocolo de utilización); en segundo lugar, cuando sólo las hembras eran implantadas con melatonina; en tercer lugar, cuando los machos eran implantados, y finalmente, los peores resultados se obtenían cuando ninguno de los dos eran implantados con melatonina. En el caso de la raza Payoya, los mejores resultados se obtuvieron cuando al menos las hembras fueron implantadas con melatonina. El tratamiento con melatonina exógena se ha mostrado que es capaz de incrementar, además, la fecundidad aunque varía ampliamente dependiendo de la raza y el momento del tratamiento, de forma que el número extra de crías que se obtiene por cada 100 hembras tratadas varía entre un 15 y un 40% (McMillan and Sealey, 1989; Staples *et al.*, 1991; Moore *et al.*, 1988; Maqueda *et al.*, 2001; Puntas *et al.*, 2001).

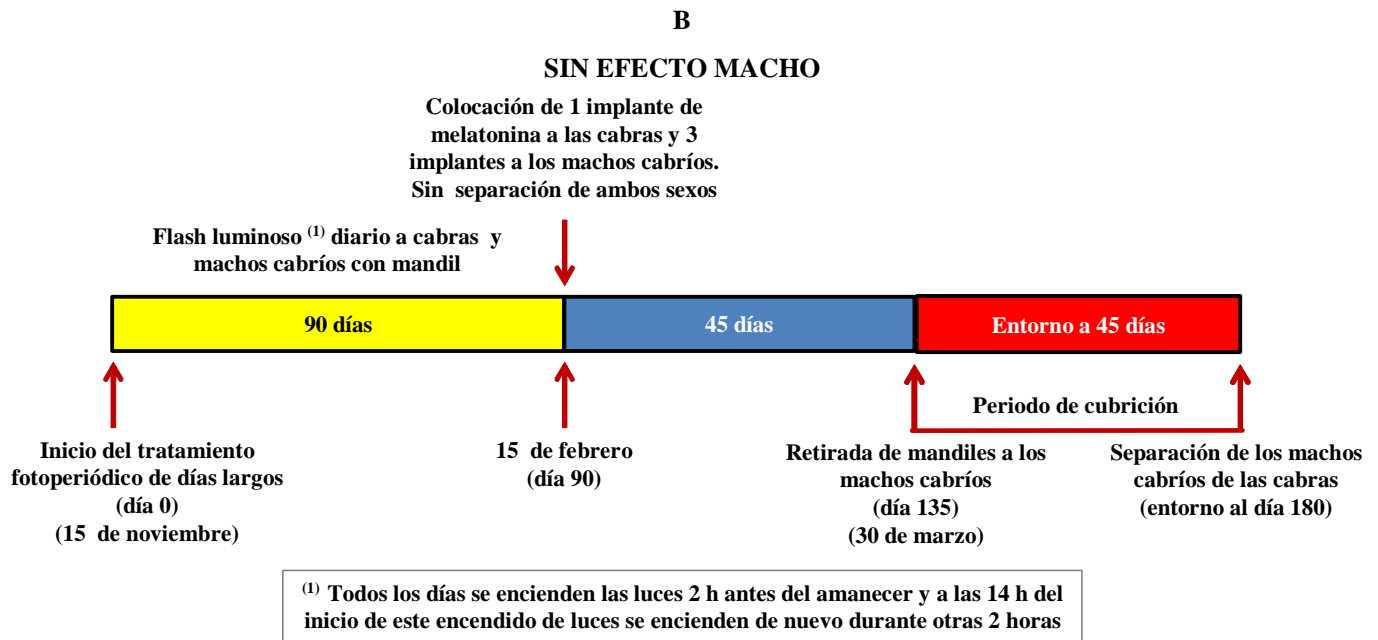


Figura 2. Protocolo de utilización de fotoperiodo artificial e implantes de melatonina exógena, en caprinos Mediterráneos, asociado con efecto macho (A) o sin efecto macho (B).

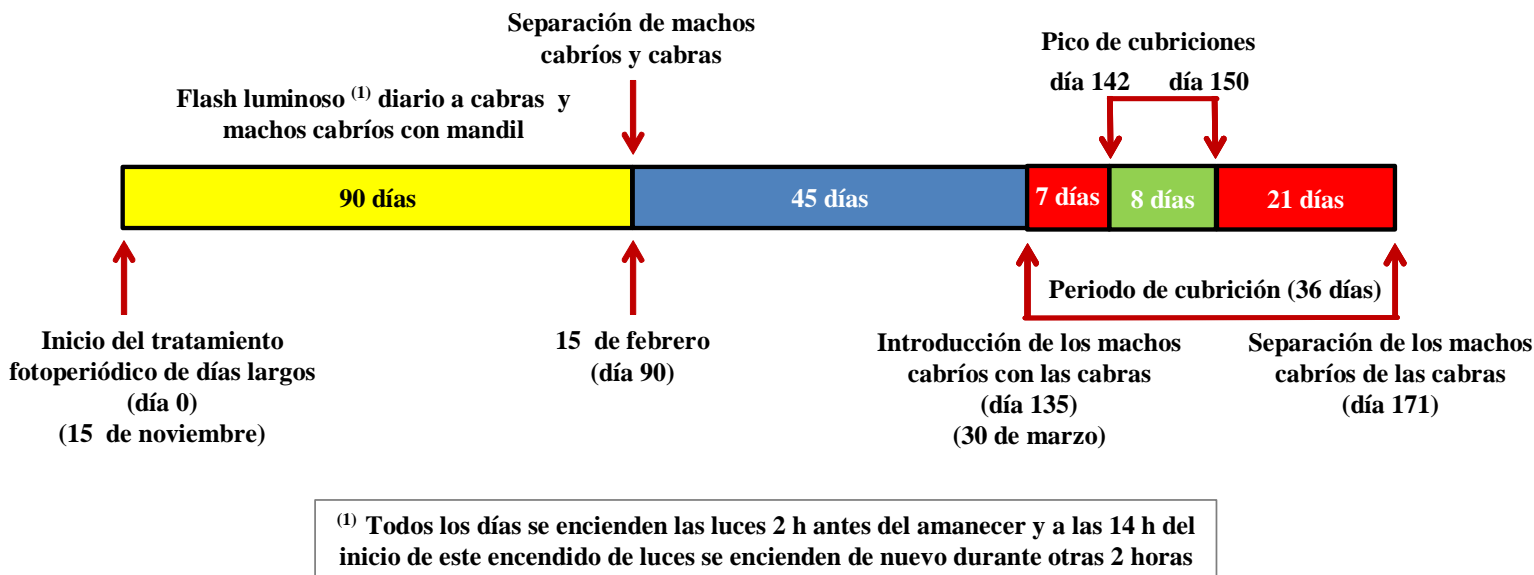


Figura 3. Protocolo de utilización de fotoperiodo artificial, en caprinos Mediterráneos, asociado a efecto macho.

4. Utilización de fotoperiodo artificial en caprinos mediterráneos

Respecto a la utilización exclusiva de fotoperiodo, ya se ha indicado que para estimular la actividad reproductiva se tiene que dar una alternancia entre días largos y cortos y es durante este último periodo cuando la actividad reproductiva es estimulada. Por ello, para que el fotoperiodo artificial pueda ser utilizado en la práctica y no depender de grandes instalaciones, lo más sencillo, a nivel de explotación, es la aplicación de días largos durante el periodo del año en el que los días naturales son cortos para que cuando éstos días largos artificiales finalicen los días naturales, que percibirán a continuación los animales, sean lo suficientemente cortos como para que estimulen la actividad reproductiva. De este modo, se ha observado que cuando se aplica un tratamiento fotoperiódico de días largos, entre mediados de noviembre y mediados de febrero, sin acompañarlo de efecto macho al final (figura 2a), ese tratamiento tiene una baja efectividad en cuanto a desencadenar celos durante el periodo de anestro estacionario (Zarazaga *et al.*, 2011d). Sin embargo, si dicho tratamiento se acompaña con efecto macho, práctica muy habitual en nuestras explotaciones, sí que se estimula la actividad reproductiva en las cabras. De este modo, cuando el tratamiento de días largos fue acompañado de efecto macho, realizado a los 45 días de la finalización este tratamiento (figura 3), los resultados de fertilidad obtenidos fueron similares a los que se obtuvieron cuando sólo se utilizaba melatonina o cuando se combinaba fotoperiodo y melatonina, en ambos casos, asociados al efecto macho (Zarazaga *et al.*, 2012a). Este hecho haría que el tratamiento de días largos (solo 4 h de luz adicionales) y efecto macho, sea muy recomendable en explotaciones de tipo ecológico donde la aplicación de sustancias sintéticas no es posible (Reglamento (CE) Nº 834/2007).

En cuanto a la aplicación de fotoperiodo artificial de 16 horas de luz a machos cabríos, entre el mes de noviembre y el mes de febrero, percibiendo a continuación los días cortos pero crecientes naturales, se ha observado que dicho tratamiento provoca un claro incremento de las concentraciones de testosterona durante la primavera. Además, estos machos tuvieron una mayor concentración espermática y producción seminal durante ese periodo que los machos no tratados que estuvieron en fotoperiodo natural (Zarazaga *et al.*, 2010b). Estos resultados indicarían que este tratamiento también podría ser útil para incrementar los parámetros reproductivos de los machos que vayan a ser utilizados para realizar un efecto macho durante la primavera sin la necesidad de utilizar tratamientos hormonales.

5. Conclusiones

El tratamiento con melatonina exógena es una herramienta de elevada efectividad para incrementar los resultados reproductivos en caprinos mediterráneos. Si bien, la mayor efectividad se logra cuando se aplica entorno al equinoccio de primavera también se ha demostrado una elevada efectividad cuando son utilizados en otros momentos anteriores del año. La utilización de efecto macho puede ser una práctica que en determinadas situaciones, sobre todo cuando es difícil hacer una adecuada separación de machos y hembras, se puede eliminar siempre y cuando los machos estén sexualmente activos en el momento de llevar a cabo la cubrición. El tratamiento con fotoperiodo artificial y efecto macho es una práctica que puede ser de gran interés en explotaciones de tipo ecológico.

Bibliografía

- Arendt, J., Symons, A.M., Laud, C.A., Pryde, S.J. 1983. Melatonin can induce early onset of the breeding season in ewes. *Journal of Endocrinology*, 97: 395-400.
- Bittman, E.L., Dempsey, R.J., Karsch, F.J. 1983. Pineal melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology*, 113: 2276-2283.
- Chemineau, P., Normant, E., Ravault, J.P., Thimonier, J., 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. *Journal of Reproduction and Fertility*, 78: 497-504.
- Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J.p., Touré, G., Almeida, G., Thimonier, J., Ortavant, R., 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction Nutrition Development*, 28: 409-422.
- Chemineau, P., Vandaele, E., Brice, G., Jardon, C. 1991. Utilisation des implants de mélatonine pour l'amélioration des performances de reproduction chez la brebis. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 167: 227-239.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guérin, Y., Ravault, J. P., Thimonier, J., Pelletier, J., 1992a. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 30: 157-184.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J.A., 1992b. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*, 8: 299-312.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Pelletier, J., Leboeuf, B., Delgadillo, J.A., Deletang, F., Pobel., T., Brice, G., 1996. Use of melatonin implants and photoperiodic treatments to control

- seasonal reproduction in sheep and goats. (In French, with English abstract). INRA Productions Animales, 9: 45-60.
- Delgadillo, J.A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal of Animal Science*, 79: 2245-2252.
 - Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martín G.B., 2009. The "male effect" in sheep and goats-revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*, 200: 304-314.
 - Forcada, F., Abecia, J.A., 2000. Control de la actividad reproductiva del ovino. *Mundo Ganadero*, nº122.
 - Forcada, F., Abecia, J.A., Lozano, J.M., Ferrer, L.M., Lacasta, D. 1999. The effects on reproductive performance in the short and medium term of the combined use of exogenous melatonin and progestagen pessaries in ewes with a short seasonal anoestrous period. *Veterinary Research Communications*, 23: 257-263.
 - Forcada, F., Abecia, J.A., Zúñiga, O., Lozano, J.M. 2002. Variation in the ability of melatonin implants inserted at two different times after the winter solstice to restore reproductive activity in reduced seasonality ewes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53: 167-173.
 - Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Toledano-Díaz, A., López-Sebastián, A., 2010. Evidence that refractoriness to long and short daylengths regulates seasonal reproductive transitions in mediterranean goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 45: 338-343.
 - Kumar, S. and Purohit, G.N. 2009. Effect of a single subcutaneous injection of melatonin on estrous response and conception rate in goats. *Small Ruminant Research*, 82: 152-155.
 - Lincoln, G.A., Johnston, J.D., Andersson, H., Wagner, G., Hazlerigg, D.G., 2005. Photorefractoriness in mammals: Dissociating a seasonal timer from the circadian-based photoperiod response. *Endocrinology*, 146: 3782-3790.
 - Malpaux, B., Robinson, J.E., Wayne, N.L., Karsch, F.J., 1989. Regulation of the onset of the breeding season of the ewe: Importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm. *Journal of Endocrinology*, 122: 269-278.
 - Malpaux, B., Chemineau, P., Pelletier, J., 1992. Melatonin and reproduction in sheep and goats. In: Hing-Sing Yu and Reiter, R. J. (ed.). *CRC Press, Boca Raton, USA. Melatonin Biosynthesis, physiological effects, and clinical applications*. pp 253–289.
 - Maqueda, A., Portero, F., Deletang, F., Martino. 2001. Utilización de implantes de melatonina en corderas merinas durante el anoestro estacional. Comparación de su uso en la Sierra Norte de Sevilla en dos rebaños distintos. XXVI Jornadas

- Científicas y V Internaciones de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, (SEOC), pp. 1046-1051.
- McMillan, W.H. and Sealey, R.C. 1989. Do melatonin implants influence the breeding season in Coopworth ewes? Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, 49: 43-46.
 - Moore, R.W., Miller, C.M., Dow, B.W., Staples, L.D. 1988. Effects of melatonin on early breeding of F+ and ++ Booroola x Perendale and Romney ewes. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, 48: 109-111.
 - Nowak, R. and Rodway, R.G. 1985. Effect of intravaginal implants of melatonin on the onset of ovarian activity in adult and prepubertal ewes. Journal of Reproduction and Fertility, 74: 287-293.
 - Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J., Voland-Nail, P. 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. In: Clarke, J.R. (Ed.), Oxford Reviews of Reproductive Biology. Oxford University Press, Oxford, pp. 305-345.
 - Poulton, A.L., Symons, A.M., Kelly, M.I., Arendt, J. 1987. Intraruminal soluble glass boluses containing melatonin can induce early onset of ovarian activity in ewes. Journal of Reproduction and Fertility, 80: 235-239.
 - Puntas, J., Rodríguez, B., Azor, M^aD., Martínez, J.P., García, G., Deletang, F., Martino, A., 2001. Melatonina en ovino Segureño. XXVI Jornadas Científicas y V Internaciones de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, (SEOC), pp. 1085-1090.
 - Reglamento (CE) Nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/91). DO L 189, 20-7-2007.
 - Shelton, M. 1978. Reproduction and breeding of goats. Journal of Dairy Science, 61: 994-1010.
 - Staples, L., McPhee, S., Reeve, J., Williams, A. H. 1991. Practical applications for controlled release melatonin implants in sheep. In: Foldes, A. and Reiter, R. J. (ed.). John Libbey & Co., London. Advances in Pineal Research. 6th ed. pp 199-208.
 - Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. Animal Reproduction Science, 87: 253-267.
 - Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpoux, B., 2009. Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females without separation from males. Theriogenology, 72: 910-918.
 - Zarazaga, L.A., Celi, C., Guzmán, J.L., Malpoux, B. 2010a. Melatonin concentrations in the two jugular veins, and

relationship with the seasonal reproductive activity in goats. *Theriogenology*, 74: 221-228.

- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B., 2010b. Effect of artificial long days and/or melatonin treatment on the sexual activity of Mediterranean bucks. *Small Ruminant Research*, 93: 110-118.
- Zarazaga, L.A., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B., 2011a. The role of nutrition in the regulation of LH secretion by the opioidergic, dopaminergic and serotonergic systems in female Mediterranean goats. *Biology of Reproduction*, 84: 447-454.
- Zarazaga, L.A., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B., 2011b. The effect of nutrition on the neural mechanisms potentially involved in melatonin-stimulated LH secretion in female Mediterranean goats. *Journal of Endocrinology*, 211:263-272.
- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B., 2011c. Artificial long days in addition to exogenous melatonin and daily contact with bucks stimulate the ovarian and oestrous activity in Mediterranean goat females. *Animal*, 9: 1414-1419.
- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B., 2011d. Artificial long days and daily contact with bucks induce ovarian but not oestrous activity during the non-breeding season in Mediterranean goat females. *Animal Reproduction Science*, 125: 81-87.
- Zarazaga, L.A., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B., 2012a. Enhancement of the male effect on reproductive performance in female Mediterranean goats with long day and/or melatonin treatment. *The Veterinary Journal* 10.1016/j.tvjl.2011.09.012.
- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L., 2012b. Reproductive performance is improved during seasonal anoestrus in Murciano-Granadina and Payoya goats when the females, but not always the males, receive melatonin implants. *Reproduction in Domestic Animals* doi: 10.1111/j.1439-0531.2011.01899.x

REDVET: 2012, Vol. 13 Nº 10

Recibido 14.04.2012 / Ref. prov. ABR1210B_RED VET / Revisado 09.01.2012
Aceptado 21.09.2012 / Ref. def. 021206_RED VET / Publicado: 01.10.2012

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012/101206.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org) <http://www.veterinaria.org> y con REDVET®-
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>