

Comunicación
del Académico de Número
Ing. Agr. RAFAEL GARCIA MATA
“INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO
EN LA BIOLOGIA DE LOS MAMIFEROS”



SESION ORDINARIA
del
13 de Junio de 1984

ACADEMIA NACIONAL
DE AGRONOMIA Y VETERINARIA
Fundada el 16 de Octubre de 1909

Avenida Alvear 1711

Buenos Aires

MESA DIRECTIVA

Presidente	Dr. ANTONIO PIRES
Vicepresidente	Ing. Agr. EDUARDO POUS PEÑA
Secretario General	Dr. ENRIQUE GARCIA MATA
Secretario de Actas	Dr. ALFREDO MANZULLO
Tesorero	Ing. Agr. DIEGO J. IBARBIA
Protesorero	Dr. JOSE MARIA QUEVEDO

ACADEMICOS DE NUMERO

Dr. HECTOR G. ARAMBURU
Dr. ALEJANDRO BAUDOU
Ing. Agr. JUAN J. BURGOS
Dr. ANGEL CABRERA
Ing. Agr. EWALD A. FAVRET
Dr. GUILLERMO A. GALLO
Dr. ENRIQUE GARCIA MATA
Ing. Agr. RAFAEL GARCIA MATA
Dr. MAURICIO B. HELMAN
Ing. Agr. JUAN H. HUNZIKER
Ing. Agr. DIEGO J. IBARBIA
Ing. Agr. WALTER F. KUGLER
Dr. ALFREDO MANZULLO
Ing. Agr. ICHIRO MIZUNO
Dr. EMILIO G. MORINI
Dr. ANTONIO PIRES
Ing. Agr. EDUARDO POUS PEÑA
Dr. JOSE MARIA R. QUEVEDO
Ing. Agr. ARTURO E. RAGONESE
Dr. NORBERTO P. RAS
Ing. Agr. MANFREDO A. L. REICHART
Ing. Agr. LUIS DE SANTIS
Ing. Agr. ALBERTO SORIANO
Dr. EZEQUIEL C. TAGLE

ACADEMICO HONORARIO

Ing. Agr. Dr. NORMAN BORLAUG

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES

Dr. TELESFORO BONADONNA (Italia)
Ing. Agr. GUILLERMO COVAS (Argentina)
Dr. CARLOS RUIZ DE CUENCA (España)
Sir WILLIAM M. HENDERSON (Gran Bretaña)
Ing. Agr. ANTONIO KRAPOVICKAS (Argentina)
Ing. Agr. ARMANDO T. HUNZIKER (Argentina)
Dr. OSCAR LOMBARDERO (Argentina)
Ing. Agr. JORGE J. LUQUE (Argentina)
Dr. HORACIO E. MAYER (Argentina)
Ing. Agr. ANTONIO M. NASCA (Argentina)
Ing. Agr. LEON NIJENSOHN (Argentina)
Dr. CHARLES G. POPPENSIEK (Estados Unidos)
Ing. Agr. RUY BARBOSA P. (Chile)

**“Influencia del fotoperíodo
en la biología de los mamíferos”
por el Académico de Número
Ing. Agr. RAFAEL GARCIA MATA**

Los cambios de actitudes y comportamiento de los animales en las distintas estaciones del año intrigaron desde antiguo a los observadores. Generalmente esos cambios se atribuyeron, particularmente los más visibles y evidentes como la reproducción, a la temperatura ambiente, con sus claras variaciones entre verano e invierno o primavera y otoño.

Cambios paralelos se observaban asimismo en las plantas y la explicación que conformaba era la misma.

Según la buena revisión bibliográfica realizada por Bissonette, 1936, la primera mención sobre la influencia de la luz en el ciclo sexual de los animales fue hecha por Martin en 1698 y se refería a la influencia de la luna tanto como a la luz del sol, en la periodicidad reproductiva de las aves salvajes. Muchos años después, a principios de este siglo, otros autores (Shäfer, 1907; Keeble, 1910; Marcovitch, 1923) señalaron la posibilidad de la influencia del largo día como causa de la migración de los pájaros.

Sobre la luna se ha mencionado con buen aporte de cifras estadísticas, la influencia en la buena reproducción de algunos animales con un habitat cercano o superior a los 60° de latitud. El más notable es el caso de la liebre variable del Artico, cuyo período estral dura muy pocos días en el año. La coincidencia con la luna llena determina el éxito en la reproducción y la abundancia de liebres ese año (Shvonen y Koskimies, 1955).

En la misma revisión bibliográfica, Bissonette recuerda que, según sus conocimientos, fue Curtele (1890) quien primero anotó observaciones sobre el fotoperiodismo sexual de las plantas al señalar que la intensidad de la luz era un factor para la floración y fructificación de algunas especies.

Cita Bissonette otros autores que, por esos años —1893 y 1903— confirmaron estos trabajos (Vöchting, 1893; Schimper, 1903). Pero otro autor (Rowan, 1938), de los primeros que se ocuparon de estos temas en animales, indica que la primera referencia bibliográfica, de acuer-

do con una cita de Smith (1933), debe atribuirse a Linneo, en cuanto al largo del día y su influencia en las plantas (Linneo, 1793: **Rön om vaxters plantering grundat på naturem**), pero atribuyendo la reacción a la mayor temperatura de los días más largos.

Según Rowan, la opinión de Linneo fue repetida 40 años más tarde por Schübeler en Inglaterra en 1880, mientras Siemens en 1881 realizaba los primeros intentos de sustituir la luz del sol con luz artificial y examinar los efectos de una continua iluminación artificial en regiones de bajas latitudes.

Se multiplican a fines del siglo pasado y principios del corriente los estudios con luz artificial. Parece esto ya una consecuencia de la difusión de la electricidad en ese período en todo el mundo, la que facilitó notablemente la realización de estos trabajos.

Así —según Rowan— fue Tournois (1912), en Francia, el primero en anotar que se requería un determinado largo del día para lograr que llegaran a la madurez sexual ciertas especies de plantas.

Tanto Bissonette como Rowan citan a Klebs (1918) que es uno de los que primero investigaron este problema en forma experimental. Indujo así —aumentando el período de iluminación diaria— a una planta que normalmente florece en verano —**Sempervivum**— a que floreciera en invierno.

También Bissonette y Rowan citan entre los trabajos de otros autores a Garner y Allard quie-

nes primero usaron el término "fotoperiodismo" para definir las respuestas de los vegetales a los cambios en la longitud relativa del día y de la noche para comenzar a florecer o para hacer su exhibición de fotoperiodicidad sexual. Ellos llegaron a la conclusión que las plantas que florecen, caen dentro de tres clases: 1) Plantas de día corto, que comienzan a florecer cuando los días son más cortos de 12 horas, o cuando, natural o artificialmente, los períodos de iluminación son más cortos que un largo crítico o usual; 2) Plantas de día largo, que florecen cuando los días se alargan o se vuelven más largos que un largo crítico en relación con las noches; 3) Plantas de floración permanente o plantas indiferentes, que completan su reproducción sin una relación definida con respecto a día-noche o dentro de límites muy amplios de largo del día.

Las investigaciones que han seguido desde la publicación de Garner y Allard en 1920 han avanzado en el conocimiento de la acción de la luz sobre los vegetales, habiéndose profundizado en el conocimiento del sistema fotorreceptivo de las plantas, en el que existe un complicado mecanismo protagonizado —como en los otros seres vivos— por enzimas específicas que reaccionan en forma diferente ante los distintos largos de onda de la luz del espectro.

Rowan trabajó desde 1922 en Alberta (Canadá) en experimentos sobre la influencia de la luz en la migración y reproducción de los pájaros, siendo curioso

que Rowan diga que inició sus trabajos sobre el fotoperiodismo sin conocer los trabajos de Garner y Allard, publicados ya en 1920. Universalmente, hasta 1924, se creyó que el ritmo anual de cambios en las glándulas sexuales de los pájaros se debía a los ciclos anuales de variaciones estacionales de la temperatura.

Los experimentos con el uso de luz artificial se multiplicaron después de esos años, siendo Bissonette el primero que registró el resultado de este tipo de investigaciones, para las cuales utilizó el estornino común (***Sturnus vulgaris***).

En Japón se experimentó la práctica del "yogai", que consiste en exponer a pájaros como el ***Zosterops*** (pájaro de anteojos) a la luz artificial por 3 ó 4 horas hacia fin del año, para adelantar su canto normal de primavera. El mismo Rowan consiguió desarrollar las glándulas sexuales de los pájaro-nieve (***Junco hiemalis***) acortando o alargando los días (Rowan, 1938).

Pero los estudios de Bissonette y Rowan, algunas de cuyas conclusiones discutibles han resultado luego desvirtuadas por otros experimentos, fueron los que abrieron el camino para un mejor conocimiento de la influencia de la luz en el comportamiento sexual de los animales y en los cambios fisiológicos correspondientes.

Así, por ejemplo, Bissonette discute las deducciones de Rowan sobre el ejercicio, inducido por la mayor iluminación, como causante de los cambios. Y a

su vez Rowan no está de acuerdo con las consideraciones que Bissonette hacía sobre el color y largo de onda de la luz.

Pero sus estudios sirvieron para comprobar que la luz influía directamente en el desarrollo de las gónadas y que, en general, una disminución de la iluminación diaria influía en la regresión de las glándulas sexuales. Estos experimentos fueron luego confirmados en los estudios de otros muchos investigadores, que trabajaron con el gorrión común (***Passer domesticus***), con la tórtola (***Zenaidura macroura***) y otras aves. Así como que las aves tropicales no responden a los cambios de luz.

LOS ESTUDIOS EN OTROS ANIMALES

Diversos autores se han ocupado de realizar el mismo tipo de estudios con otros animales, como reptiles (Clausen y Poris, 1937) en los cuales se ha verificado, asimismo, la influencia de la temperatura (Vivien-Roels y Arendt, 1981), y peces, señalando que mientras en algunos los cambios de iluminación no tienen importancia, en otros (por ejemplo, la trucha de los arroyos) los cambios son evidentes (Hoover, 1937 y Hubbard, 1937).

También se han realizado importantes estudios sobre insectos siendo clásicos los trabajos japoneses sobre la complicada influencia del fotoperíodo en los gusanos de seda (***Serixia mori*** L.), particularmente en la sucesión de generaciones, si

los días son cortos pero experimentando una diapausa o hibernación si los días son largos; estudios similares se han efectuado sobre áfidos y otros insectos.

El estudio de la influencia del fotoperíodo en los insectos ha llevado a un mejor conocimiento sobre el mecanismo de la sensibilidad para responder a los cambios en la iluminación diaria, que se encuentra en distintas células del cuerpo y sobre la secreción de hormonas especiales en glándulas o ganglios nerviosos, ubicados en la cabeza (hormona de la diapausa del gusano de seda) o en otras partes del cuerpo (ecdisona) en glándulas del tejido torácico (Beck, 1968).

EL FOTOPERIODO Y LOS MAMIFEROS

Desde las primeras investigaciones que examinaron los efectos de la luz sobre la reproducción de los mamíferos, y comenzaron con experimentos con el ratón de campo (*Microtus agrestis*) para seguir, ya a comienzo de los años 1930, con el hurón europeo, el puerco espín, las ardillas de tierra y los hamster, quedó demostrado que el largo del día y, por consiguiente, la latitud tenía influencia en el ciclo sexual de algunos mamíferos. Al mismo tiempo se comprobó que otros animales no mostraban modificaciones en su ciclo sexual a causa de diferencias en iluminación.

Las investigaciones realizadas en estos cincuenta años

muestran grandes diferencias de sensibilidad al fotoperíodo entre los mamíferos. Como ha sucedido con las plantas, también se ha podido separar a los animales entre los que reaccionan en su ciclo sexual a los días cortos y los que se clasifican como de días largos en cuanto al desarrollo de sus órganos sexuales y su comportamiento en la reproducción.

Las más notables diferencias se encuentran, sin embargo, entre los animales que son monoéstricos, con una sola época de reproducción anual, y los poliéstricos, que se reproducen o pueden hacerlo en cualquiera de las estaciones del año.

El tema de la influencia del fotoperíodo no ha preocupado mayormente a la industria ganadera mundial, que tiene por base la cría de los grandes mamíferos domésticos: bovinos, porcinos, ovinos, caprinos y equinos. Entre estas grandes familias de animales, las especies correspondientes a los bovinos y suidos tienen un ciclo continuo de fertilidad durante el año y las especies que pertenecen a las otras tres nombradas presentan actividad sexual estacional o, por lo menos en la mayoría de las variedades que las componen, una tendencia definida en ese sentido.

Existen numerosos estudios sobre la influencia del fotoperíodo en los ovinos, caprinos y equinos. Se ha avanzado también mucho en los últimos veinte años en el mejor conocimiento de los factores que influyen.

En los caprinos, como en los ovinos, existe una tendencia ha-

cia un ritmo cíclico en el cual el período estral se hace bien definido al comienzo del otoño y se interrumpe hacia el comienzo del invierno.

En los equinos la mayoría de las yeguas está en condiciones de inactividad ovárica en invierno. La actividad se renueva hacia el comienzo de la primavera y alcanza el máximo hacia fines de esa estación existiendo diferencias según las razas.

La Figura 1 muestra las variaciones anuales de la actividad sexual de los carneros, toros, machos cabríos y verracos. Referidos los datos al hemisferio norte puede verse el aumento de la actividad en otoño en machos cabríos y carneros y la relativa indiferencia al fotoperíodo en los toros y verracos (Signoret, 1980).

La sensibilidad de los ovinos a los cambios en la duración del día ha sido bien determinada en diversos experimentos con luz artificial. Si se somete

a los carneros a ciclos inversos de iluminación con respecto a la normal estacional, se obtiene un desarrollo testicular variable en el mismo sentido (Ortavant y Loir, 1980).

Con las ovejas se pueden obtener dos estaciones sexuales por año mediante el manejo de la luz. Lo curioso es que varía, entonces, el momento del estro, que ocurre en estos casos en los períodos de luz creciente, contrariamente a lo que es normal (estro en los períodos de luz decreciente (Mauleón y Rougeot, 1962).

La influencia de la glándula pineal en la aparición o mantenimiento de los ritmos endócrinos, circadianos o circanuales, ha sido demostrada por muchos autores y con distintos animales. La eliminación de la influencia de la glándula pineal, mediante gangliectomía cervical superior, convierte a los carneros en no fotosensibles, lo queda en evidencia por la desaparición del ciclo bianual de aumento y la regresión del diámetro testicular como respuesta a los períodos de días cortos y días largos (Ortavant y Loir, 1980).

En los últimos años, las investigaciones se han orientado no tanto a la simple comprobación de la influencia de la luz—obvia ya para todos los animales, aunque con diferencias de sensibilidad y del ritmo— sino a la búsqueda de la explicación fisiológica o bioquímica de las respuestas de los animales a la exposición de la luz. La hipótesis de Bünning (1936) so-

Figura 1

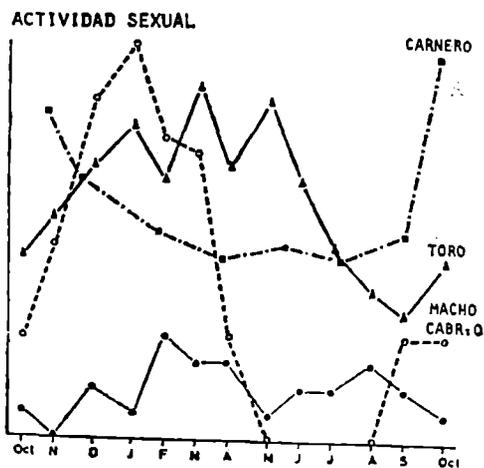


Fig. 1. Variaciones circanuales de actividad sexual en ungulados domésticos. (Signoret, 1980).

bre la existencia en los animales de un mecanismo circadiano neuroendócrino que mide el tiempo, ha estimulado una nueva línea de estudios, experimentos e investigaciones.

Se han utilizado en primer lugar los animales de laboratorio —ratones, hamster, hurones, cobayos— y es natural que estas investigaciones tuvieran un valor puramente teórico para la gran industria ganadera, cuya dependencia del fotoperíodo no es estrecha, con alguna variación según las razas, o de no difícil modificación mediante el suministro de gonadotropinas u otro tipo de preparados de tipo hormonal. No es extraño, por ejemplo, que en las revistas argentinas especializadas en producción animal, poco sea el espacio dedicado a estos temas, frente a lo mucho que se publica sobre manejo, nutrición o inseminación artificial.

La investigación en pequeños animales, tuvo, asimismo, sólo la importancia de un mejor conocimiento científico de los efectos del fotoperíodo, hasta que la industria de la producción de algunos de ellos alcanzó importancia económica. El uso de la luz adicional para las ponedoras es un caso especial y simple de la industria avícola. Pero el interés por un conocimiento mejor tiene cada día más incentivo cuando se trata del visón, los zorros azules del Artico, los zorros plateados y los hurones, especies todas monoéstricas estacionales, de muy corto período estral.

Por otra parte, las investiga-

ciones en este sentido pudieron avanzar mucho en los últimos años, debido al mejoramiento de los métodos de análisis y de obtención de muestras (sangre) las que deben ser suficientemente frecuentes y en adecuada cantidad. También se ha progresado en sistemas de anestesia sin stress que perturbe la normalidad y en los sistemas de inyección o implantación de cápsulas para el suministro de dosis extras de los diferentes compuestos hormonales o sintéticos químicos análogos o antagónicos.

Vinculados a la industria de la cría del visón durante los últimos casi 50 años, hemos debido seguir la evolución de los conocimientos sobre los aspectos que se relacionan con una mayor eficiencia en la finalidad de la actividad, que es la producción económica de pieles de calidad.

EL VISON, MAMIFERO DE GRAN FOTOSENSIBILIDAD

El visón es un mamífero monoéstrico —con características propias en este sentido— de un corto período estral anual, con ovulación no espontánea y cuya gestación tiene una duración indefinida debido al fenómeno de la implantación demorada, característica de varias especies de mustélidos, con una elevada sensibilidad al fotoperíodo, ya que éste fija no sólo el breve período anual de reproducción, sino también los momentos de la muda bianual del pelaje.

Las investigaciones sobre la influencia del fotoperíodo en el visón son valiosas para orientar los estudios sobre el muy complejo sistema de las secreciones endócrinas en los mamíferos. La circunstancia de que la producción de estos animales haya pasado de solamente unos pocos cientos de miles en 1930 a más de 32 millones de ejemplares en 1983 extendió el interés por estos estudios a muchos centros de investigación y universidades de Europa, Estados Unidos y Canadá, siendo la causa del gran número de trabajos científicos que se publican en la mayoría de las revistas especializadas de esos países.

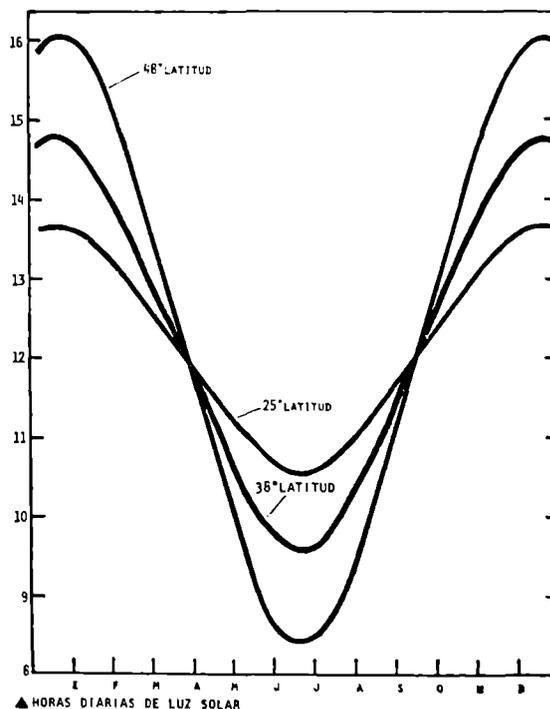
En esta comunicación me concretaré a mencionar algunos de los diversos experimentos realizados en la Argentina con respecto al fotoperíodo, todos los cuales se relacionan en forma directa con la obtención de una mejor eficiencia en la producción.

En primer lugar, quiero recordar que por ser el visón un animal originario del hemisferio norte —de las regiones templado-frías de los Estados Unidos y Canadá— no fue fácil en los primeros años desde 1935 en que importamos los primeros ejemplares, determinar con exactitud la ubicación de la época de cría en nuestro hemisferio. Por otra parte, en esos años, no era mucho lo que se sabía —o eran muchas las diferencias de opinión— en los países de origen. Las pruebas realizadas durante varios años indican que la cría del visón

es prácticamente imposible en latitudes más hacia el trópico que los 30° , siendo de dudosos resultados económicos la producción en regiones situadas al norte de 33° de latitud (García Mata, 1982). Ensayos efectuados en Salta, a 23° de latitud dieron por resultado un fracaso total en la época de las cubriciones, indicando ausencia total de estro. En la latitud de la ciudad de Córdoba, a 31° , la receptividad de las hembras fue siempre mala en las estaciones de cría, alcanzándose a cubrir con serias dificultades un máximo de 35 % de las hembras del plantel. En la Figura 2, pueden verse las horas de luz solar diaria que corresponden a latitudes de 25° , 38° (latitud de Mar del Plata: $38,5^\circ$) y 48° (latitud de Paris y de la región de los gran-

Figura 2

Fig. 2. HORAS DIARIAS DE LUZ EN DIFERENTES LATITUDES



des lagos limítrofes de Estados Unidos y Canadá).

En nuestro hemisferio el desarrollo estacional de los ovarios de las hembras iniciando el proestro comienza ya a manifestarse lentamente desde fines de junio, pero el estro tiene una corta duración (entre 3 y 4 semanas), a partir de los últimos días de agosto. Al no ser espontánea la ovulación, se requiere el estímulo del macho; con la cubrición se provoca la rotura de los folículos que en el ovario han alcanzado la madurez o tamaño preinseminial (Enders, 1952), iniciándose una nueva etapa u onda de desarrollo de folículos, que dura un lapso no menor de 6 días. En ese intervalo las hembras no son receptivas y las cubriciones que puedan conseguirse a pesar de ello serán estériles (Hansson, 1947). En cambio, si luego de los 6 días se produce una nueva cubrición se provocará otra ovulación, con la rotura de los folículos de la segunda onda que hayan alcanzado en ese momento el tamaño preinseminial, práctica que podría repetirse tres y hasta cuatro veces durante el corto período estral. Las ovulaciones de las distintas ondas no son todas igualmente fecundas y no existe, sino en una proporción muy reducida (8 a 15 %) superfecundación o superfecundación. Las cubriciones que producen camadas más numerosas son las que se realizan en los días más cercanos a la terminación del estro; dan lugar, además, a gestaciones de duración más reducida. La experiencia mues-

tra claramente que a las gestaciones de menor duración corresponden las pariciones más fecundas. Existe un mínimo normal de unos 37-39 días para la duración de la preñez: 48 horas, aproximadamente, que transcurren desde el momento de la copulación hasta la rotura de los folículos y liberación de los óvulos; más unos 5-7 días que tardan los óvulos fertilizados —convertidos en blastocitos— en llegar hasta los cuernos del útero; más 30 días que dura la continuación de la embriogénesis desde el momento de la implantación hasta el parto.

En condiciones de luz natural existen grandes diferencias en la duración de la gestación; posiblemente las más amplias que se observan entre mamíferos (Enders, 1952). Pueden variar entre un mínimo de 37 días y superar, en un reducido número de casos, los 70-75 días y aún más, en forma excepcional. Esto significa que en el visón, en condiciones naturales, existe un período de demora, o diapausa, en la implantación. Durante ese tiempo, que puede llegar a máximos de 30-35 días o más, los blastocitos permanecen libres en la zona de los extremos del útero. La duración del día hacia el momento del equinoccio de primavera, motiva los cambios endócrinos que determinan la migración de los blastocitos y su implantación. Por ello, son las cubriciones de los últimos días del estro las que muestran duraciones más breves de la gestación; contrariamente, las cubriciones con

fechas más próximas al comienzo del estro presentan gestaciones más prolongadas. Otro factor incide en el tamaño de las camadas: son más fecundas las pariciones que corresponden a hembras cuya cubrición se ha repetido en dos ondas diferentes de ovulación.

tó nuestros estudios para lograr, mediante el manejo de la luz artificial, una reducción significativa en la duración de la gestación del total de las hembras del criadero. En las cifras del Cuadro 1 se resumen los resultados de los últimos 17 años. En algunos de los años

CUADRO 1

**REDUCCION DE LA DIAPAUSA
EN LA EMBRIOGENESIS DEL VISON**

	Fecha de adición de luz artificial	Fecha media de las cubriciones	Duración media de la gestación	Días de diapausa) (estimación)	Fecha media de la implantación
1967	No	14,9	46,2	7,2	1,1/10
1968	No	14,3	47,1	8,1	1,4/10
1969	No	13,7	48,6	9,6	2,3/10
1970	25/8	8,9	43,7	4,7	22,6/9
1971	No	9,7	51,4	12,4	1,1/10
1972	No	12,3	47,1	8,1	29,4/9
1973	9/9	9,7	46,9	7,9	26,6/9
1974	13/9	12,5	46,0	7,0	28,5/9
1975	15/9	14,4	45,4	6,4	29,8/9
1976	16/9	15,6	45,1	6,1	30,7/9
1977	15/9	15,1	44,6	6,6	29,7/9
1978	12/9	13,6	44,7	5,7	29,3/9
1979	11/9	13,6	44,9	5,9	28,5/9
1980	12/9	13,3	44,7	5,7	28,0/9
1981	12/9	13,4	44,5	5,5	27,9/9
1982	12/9	13,2	44,8	5,8	28,0/9
1983	11/9	12,9	44,5	5,5	27,4/9

* Cálculo aproximado con un supuesto mínimo de 39 días para el total de la gestación.

**USO DE LA
LUZ ARTIFICIAL**

El conocimiento de estas características fisiológicas, orien-

incluidos en el cuadro no se usó luz adicional. Puede verse en la cuarta columna la reducción consistente en la duración de la gestación que se ha obte-

nido en los últimos seis años hasta un promedio de alrededor de 4,5 días. La luz adicional se suministró 90 minutos cada día al caer la tarde, mediante lámparas de luz eléctrica incandescente, de 75 W colocadas a lo largo de los tinglados, cada 2,40 m. Tiene importancia la decisión sobre el día en que ha de comenzarse la adición diaria de luz. Debe estar relacionada con la fecha en que se efectúan las cubriciones, las que a su vez corresponden al momento que se considera de mayor fecundidad (una segunda onda folicular ovárica).

En el mismo cuadro puede comprobarse que la diapausa de los blastocitos se ha reducido, en el promedio de los últimos seis años, a poco menos de 5,7 días. Este resultado se ha logrado con un aumento sostenido de la fecundidad, ya que el promedio de las camadas alcanza en 1983 a 4,9 crías por hembra cubierta y a 5,3 por hembra parida, lo que representa un buen resultado al nivel de la mejor eficiencia internacional.

INFLUENCIA EN LOS ANIMALES JOVENES

Las crías —machos y hembras— que nacen en la primavera —fines de octubre y comienzos de noviembre en el hemisferio sur— tienen su primera época de cría en el siguiente mes de setiembre, a los diez meses de edad. Ha sido una observación corriente en la producción industrial del visón, que estos animales púbe-

res muestran en su aptitud reproductiva una diferencia apreciable con respecto a los reproductores adultos, que ya cuentan con una experiencia de uno o más años en la reproducción.

RESULTADO CON HEMBRAS JOVENES

Hemos utilizado con éxito la luz artificial para lograr un mejor desempeño de estos animales jóvenes. El encendido de luz eléctrica, prolongando la luz natural del día en 90 minutos, para todas las hembras aplicada, ha contribuido, aparentemente, para un anticipo suficiente de la maduración de las hembras púberes. Según las cifras de nuestras comprobaciones, los resultados de estas hembras en la cría son similares a los de las hembras adultas, como puede verse en los cuadros 2 y 3.

RESULTADO CON MACHOS JOVENES

Otra cuestión que ha preocupado en la cría industrial del visón es la diferencia de rendimiento que, por lo general, se observa, en condiciones naturales de ambiente, entre los machos adultos y los machos jóvenes que llegan a su primera época reproductiva (Enders, 1952). Esto se atribuyó a una mayor lentitud de maduración sexual de los machos con respecto a las hembras. Ya he mencionado la directa relación del desarrollo de las gónadas de este animal con el fotoperíodo. Los testículos, como los

CUADRO 2

PORCENTAJES DE PARICION DE HEMBRAS ADULTAS Y PUBERES

Año	Adultas %	Púberes %
1981	98,3	95,1
1982	95,7	95,3
1983	95,4	95,7

CUADRO 3

NUMERO PROMEDIO DE CRIAS POR HEMBRA CUBIERTA

Año	Adultas	Púberes
1978	5,55	5,64
1979	5,63	5,57
1982	5,06	5,09
1983	5,62	5,32

ovarios, luego de un período de regresión (o inmadurez en los animales jóvenes) pasan gradualmente a un período de desarrollo, que se acelera con el correr de los 60 días que preceden al comienzo de la estación de cría. Pero este desarrollo no suele ser paralelo con exactitud entre hembras y machos, particularmente en el caso de los machos jóvenes.

En nuestro estudio con el uso de luz artificial tuvimos en cuenta la práctica observada durante muchos años por criadores de los Estados Unidos, quienes sostenían haber obtenido mejores resultados cuando, un mes antes del comienzo de los apareamientos sacaban

los machos fuera de la sombra de los tinglados exponiéndolos a la máxima incidencia de la luz solar. Otros productores opinaban favorablemente sobre el uso de luz artificial para el mismo fin (Wright, 1974). Iniciamos así, en 1977, el experimento de modificación del fotoperíodo con los machos. Durante 35 días anteriores al comienzo de la época de cría agregamos con luz artificial dos horas de luz por día (desde el 25 de julio hasta el 31 de agosto). La intensidad de la luz y la disposición de las lámparas fue similar a la empleada con las hembras. Las cifras del Cuadro 4 prueban el buen resultado de esta alteración del fotoperíodo

para acelerar la maduración sexual de los machos.

Este cuadro fue presentado en el último Congreso Científico Internacional sobre Producción de Animales de Piel, reunido en Versailles (Francia) en abril de 1984, por cuanto algunas observaciones hechas en un trabajo sobre las fases fotosensitivas circadianas y el control fotoperiódico de la activi-

tores endócrinos que influyen para la completa maduración del esperma y para la regresión testicular.

INFLUENCIA EN LAS MUDAS DEL PELAJE

Por último, otro proceso fisiológico que tiene estrecha relación con el fotoperíodo es la

CUADRO 4
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE ESPERMA

Grados (*)	Sin luz adicional 1976 y 1977		Con luz adicional 1982 y 1988	
	Número de machos	%	Número de machos	%
0	84	11,7	94	5,5
*	123	17,1	118	6,9
**	337	46,9	1.159	67,8
***	91	12,6	304	17,8
Rehusan servicio	84	11,7	34	2,0
Total	719	100,0	1.709	100,0

dad testicular (Boissin-Agasse et al., 1982), habían llevado a algunos investigadores a sostener la inconveniencia del uso de luz artificial adicional en los días anteriores al comienzo de las cubriciones (Murphy, 1982). El error ha radicado, según nuestro juicio, en vincular exactamente la regresión de los testículos, que se observa anualmente al terminar la estación de cría con el momento de la caída del tenor de testosterona en el sistema. Con varios los fac-

muda del pelaje que, en el visón, se observa dos veces al año (Bassett y Llewellyn, 1949).

La muda de otoño, cuando los días decrecen, da origen al pelaje de invierno, que es de mayor densidad y calidad que el pelaje que resulta de la muda que se inicia en primavera y que da origen al pelaje de verano, mucho menos denso que el de invierno.

La muda de otoño (pelaje de invierno) responde muy estrechamente, de acuerdo con ex-

perimentos hechos en muchos centros de investigación, al aumento del tenor de melatonina que, en el visón, se produce cuando se acortan los días. No se conoce aún claramente cuál es el proceso endócrino mediante el cual la melatonina —que se produce en la glándula pineal— influye para determinar el comienzo de la muda. Posiblemente por medio de la tiroxina, ya que los animales tiroidectomizados no desarrollan el pelo. Es aún más oscuro el mecanismo determinante de la muda de primavera. Podría ser que existiera una doble acción de la melatonina al influir sobre el hipotálamo y la hipófisis para la secreción de tiotropina y prolactina. La hormona de la tiroides es, indudablemente,

uno de los factores necesarios para el funcionamiento normal de los folículos pilosos. El hecho de producirse las dos mudas en dos períodos inversos del fotoperíodo podría explicarse por una acción de retroalimentación (feed back). Pero faltaría aclarar la razón por la cual una muda da origen a un pelaje denso y la otra a un pelaje menos denso. Indudablemente en la segunda (de primavera) hay una reactivación de los folículos pilosos —que estaban en descanso (telogen)— pero esta reactivación no es suficientemente activa, por lo que sólo se restablece una parte de los folículos. Es posible que en este caso exista una presencia insuficiente de tiroxina.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, ., 1923. Ann. Bot., 37:75-94.
- Bassett, C. F. y L. M., Llewellyn, 1949. The molting and fur growth pattern in the adult mink. Am. Midl. Nat., 42(3):751-756.
- Beck, S. D., 1968. Insects and the length of the day. Scient. Am., 220:109-118.
- Bisonette, T. T., 1936. Sexual Photoperiodicity. Quart. Rev. Biol., 11(4):371-386.
- Boissin-Agasse, L., J. Boissin y R. Ortavant, 1982. Circadian photosensitive phase and photoperiodic control of testis activity in the mink (**Mustela vison** Peale and Beauvois), a short day mammal. Biol. Rep., 26:110-119.
- Bünning, E., 1936. Die endogene Tagesrhythmik als Grundlage der photoperiodischen Reaktion. Ber. Dtsch. Bot. Ges., 54:590-607.
- Clausen, H., J. y E. G. Poris, 1937. The effect of light upon sexual activity in the lizard, **Anolis carolinensis**, with special reference to the pineal body. Exp. Biol., 69:39-50.
- Curtele, G., 1890. Rev. Gen. d. Bot., tomo II. Citado por Adams, 1923.
- Enders, R. K., 1952. Reproduction in the mink (**Mustela vison**). Proc. Am. Phil. Soc., 96(6):691-755.
- García-Mata, R., 1982. El Visón. Su cría en cautividad. Ed. Hemisferio Sur, 226 p.
- Garner, W. W. y H. A. Allard, 1920. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. J. Agric. Res., 18:553-606.
- Hansson, A., 1947. The physiology of reproduction in mink (**Mustela vison** Schreb.) with special reference to delayed implantation. Bonniers, ed. Stockholm.
- Hoover, E. E., 1937. Experimental modification of the sexual cycle in trout by control of light. Copeia, 1937:206-210.
- Keeble, F., 1910. Plants Animals, a study in symbiosis. Camb. Pres.. Ch. VIII.
- Klebs, G., 1918. Über die Blütenbildung von Sempervivum. Flora, 11-12:128-151.
- Marcovitch, S., 1923. Plant lice and light exposure. Science, 58:527-528.
- Martin, M., 1698. Voyage to St. Kilda (1694). London, p. 35.
- Mouléon, P. y J. Rougeot, 1962. Regulation des saisons sexuelles chez les Brebis de races différentes au moyen de divers rythmes lumineux. Ann. Biol. Bioch. Bioph., 2:209-222.
- Murphy, B. D., 1982. Update on light & reproduction in mink. Fur Rancher, 62(7):10, 12-13.
- Ortavant, R. y M. Loir, 1980. Photopériodisme et reproduction, en Rythmes et Reproduction. Ed. Masson, Paris, p. 157-169.
- Rowan, W., 1938. Light and seasonal reproduction in animals. Biol. Rev. Camb. Phil. Soc. 13(4):374-402.
- Schimper, A. F. W., 1903. Plant Geography upon a Physiological Basis. English translation. Oxford.
- Schübeler, F. C., 1880. The effect of uninterrupted sunlight on plants. Nature, London, 21:311-312.
- Schäfer, E. A., 1907. On the incidence of daylight as a determining factor in bird migration. Nature, London, 77:159-163.
- Shvonen, L. y J. Koskimies, 1955. Population fluctuations and the lunar cycle. Papers on game research. Finn. Game Found. Helsinki, 14:1-22.
- Siemens, C. W., 1881. On some applications of electric energy to agricultural and horticultural purposes. Rep. Brit. Ass., p. 474-480.
- Signoret, . P., 1980. Rythmes et Reproduction. Ed. Masson, Paris, p. 51-58.
- Smith, F., 1933. Researches on the influence of natural and artificial light on plants. I. On influence of the length of day. Meld. Norg. LandbrHoisk., 13:1-228.
- Tournois, J., 1912. Influence de la lumière sur la floraison du houblon japonais et du chanvre. C. R. Acad. Sci., Paris, 155:297-300.

- Vivien-Roels, B. y Arendt, J., 1981. Environmental control of pineal and gonadal function in reptiles: preliminary results on the relative roles of photoperiod and temperature, en Photoperiodism and Reproduction. Colloques de l'INRA, 6:273-285.
- Vöchting, H., 1893. Jahrb. f. wiss. Bot., 25:149 (Citado en Adams, 1923).
- Wright, C. G., 1974. Mink Rancher Almanac. U. S. Fur Rancher, 54(2).