

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

---



**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA E ILUMINACION**  
**SOBRE LA REPRODUCCION DE RATONES**  
(*Mus musculus*)

**TESIS PROFESIONAL**

**MA. ELENA ELIZABETH MATA MORENO**

**ASESORES:**

**M. V. Z. CIRO LOMELI Y FLORES**

**M. V. Z. EDUARDO TELLEZ Y REYES RETANA**

**México, D. F.**

**1979**

8294

24  
123



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

RESUMEN	PAG. 3
INTRODUCCION	5
MATERIAL Y METODOS	8
RESULTADOS Y DISCUSION	11
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFIA	47

## RESUMEN

En el presente trabajo se busca encontrar una relación entre las variables medioambientales como la fotoperiodicidad y la temperatura con la reproducción de ratones (*Mus musculus*) para ver si estas variables afectan y en que forma.

El trabajo fué realizado en el Instituto Miles de Terapéutica Experimental de la Ciudad de México, lugar ubicado geográficamente en el paralelo 19°23', con un clima templado y una altitud de 2242 mts. sobre el nivel del mar.

Como material biológico fué utilizada una colonia de ratones de la Cepa Tac (SW) fBr manejados genéticamente al azar. Se tomaron los registros de su eficiencia reproductiva a partir del 7 de agosto 1975 al 7 de diciembre de 1978 con el fin de evaluarlos y compararlos con las temperaturas medioambientales y la duración del día solar, con la intención de conocer si estos factores modificaban su reproducción y en que forma.

Para ello se consideraron 18463 hembras apareadas y 4608 machos apareados que dieron un total de 69430 crías destetadas. La colonia de hembras varió de 560 a 840 reproductoras divididas en 7 grupos que se apareaban semanalmente. Dicha colonia se encontraba alojada en instalaciones no especializadas por lo que se encontraban expuestos a las variaciones estacionales de temperatura y fotoperiodicidad.

Los índices reproductivos utilizados fueron: Porcentaje de fertilidad, porcentaje de maternidad, número de crías por hembra apareada y número de crías que terminaron de lactar. Estos datos fueron comparados y correlacionados con las temperaturas exterior al abrigo (datos obtenidos del centro meteorológico mas cercano: Desviación alta al pedregal) y la duración del día solar en México, (datos obtenidos del Instituto de Astronomía UNAM)(Crepúsculo astronómico). \* Estos datos fueron analizados estadísticamente, en donde se encontró una correlación no lineal con los índices de: Porcentaje de fertilidad y Número de crías por hembra apareada. Los efectos deletéreos observados en las bajas de temperatura y la reducción de horas luz sobre los 2 índices antes mencionados se observaron uno y dos ciclos después respectivamente, al igual que los efectos en el incremento de los índices reproductivos, correspondientes al aumento de la temperatura y horas luz. Estos desfases de estímulo respuesta fueron posiblemente debidos a que los animales en general tienen un umbral de respuesta a la estimulación, muy variable, dependiendo básicamente de la velocidad de adaptación y el grado de permanencia bajo el estímulo y por otra parte su -

condición genética que contribuye a modificar dicha adaptación.

En el concepto actual de animal de laboratorio, en el que involucra a un animal aislado totalmente del medio ambiente exterior, en condiciones de vida artificiales y controladas, es necesario hacer patente la necesidad de que los animales de laboratorio cuenten con instalaciones y equipo especializados que permitan eliminar las variables que modifican los parámetros reproductivos.

\* Crepúsculo astronómico: Comienza o termina cuando el sol se encuentra hasta  $18^\circ$  por debajo del horizonte.

## INTRODUCCION

El ratón de laboratorio proviene del ratón doméstico común (Mus-musculus).

En el transcurso de su crianza en cautividad, algunas de sus características se han alterado pero su naturaleza básica es similar a la de su ancestro silvestre.

El uso de ratones como animal de laboratorio se desarrollo lentamente en el curso del siglo XIX.

En 1907 Clarence Cook Little, siendo un estudiante de la Universidad de Harvard, empezó a estudiar la herencia del color del pelo en los ratones; dos años después, empezó a cruzar en forma consanguínea (hermano con hermana, 6 progenitores con sus hijos) sus ratones y pronto descubrió que este proceso eliminaba la gran diversidad genética de los animales no relacionados y facilitaba grandemente su trabajo formando líneas o cepas de ratones con características definidas, ya que también se interesó en el estudio de las enfermedades neoplásticas (1).

Durante los siguientes 15 años y a través del trabajo de varias personas se establecieron muchas de las cepas de ratones que se usan actualmente en la investigación científica biomédica.

Sin embargo, el control de las variables medio ambientales que inciden sobre la Biología y respuesta a las manipulaciones experimentales de los animales de laboratorio, no se logra sino hasta después de

la Segunda Guerra Mundial, cuando el avance de las Ciencias Biomédicas exigen un mejor conocimiento y control de variables, entre éstas, los Factores Bioclimáticos, llamados así por modificar las respuestas fisiológicas y metabólicas de los seres vivos, y a su vez, verse modificadas por la presencia de dichos seres (3), de estos nos referimos a - la Temperatura y Humedad relativa.

Actualmente el concepto de animales de laboratorio involucra a - un animal aislado del medio ambiente exterior, en condiciones de vida artificiales y controladas, para poder garantizar dentro de límites más estrechos de confiabilidad que los resultados obtenidos son consecuencia de los procedimientos experimentales y no de los factores no controlados o tal vez no conocidos (9).

La experiencia ha demostrado que cuando los animales están en - contacto con el medio ambiente exterior, directa o indirectamente a - través de ventanas y puertas, los resultados de su reproducción también se ven modificados, observándose lo que podríamos llamar una - "reproducción estacional", siendo en el hemisferio septentrional julio, agosto y septiembre los mejores meses del año para la reproducción y enero, febrero y marzo los peores (5).

En el Instituto Miles de Terapéutica Experimental se mantiene - desde hace varios años una colonia cerrada de ratones híbridos Swiss Webster de la Cepa, Tac: (SW) fBr\* que se ha manejado genéticamente

\*Taconic Fram. Inc.

Germantown. New York. 12526

al azar y durante los últimos 5 años se han registrado sistemáticamente los datos de su eficiencia reproductiva, en forma semanal ya que se trata de una producción continua.

A través del tiempo, se han observado variaciones significativas de naturaleza cíclica en los diferentes índices escogidos para evaluar su rendimiento reproductivo; considerando que dichos animales se encuentran alojados en instalaciones no especializadas y que están indirectamente expuestos a los cambios estacionales, se decidió tomar los datos reproductivos obtenidos del 7 de agosto de 1975 al 7 de diciembre de 1978 con el fin de evaluarlos y compararlos entre sí para tratar de correlacionarlos con la temperatura ambiente exterior al abrigo, considerando las mínimas y máximas diarias (4), así como con la duración del día solar, es decir, el número de horas transcurridas entre la salida y la puesta del sol (2). Con el conocimiento de estos dos factores climáticos: temperatura y fotoperíodo, y de su variación estacional en la ciudad de México se buscó ver su efecto en algunos parámetros reproductivos de los ratones de laboratorio.

## MATERIAL Y METODOS

Una colonia cerrada de ratones híbridos Swiss Webster de la Cepa Tac: (SW) fBr, el tamaño de la colonia varió de 560 (mínimo) a 840 --- (máximo) hembras reproductoras, divididas en siete grupos que se aparearon semanalmente en forma consecutiva, encontrándose que la proporción de hembras por machos fué 9.3 a 1 (proporción obtenida del total de hembras y machos reproductores que participaron durante los 24 ciclos).

Los animales fueron alojados en jaulas tipo "caja de zapatos" de aluminio con piso sólido que ofrece una área de 693 cm<sup>2</sup>, empleándose como cama de contacto viruta de pino, sin ningún tratamiento previo y fueron alimentados con una dieta comercial\*\* balanceada para ratones, que ofrece: Proteína 24% (mín.) E. E. 4% (mín.) ELN 55% (mín.) Cenizas 7% (máx.) Humedad 10% (máx.).

Las jaulas se ubicaron en dos cuartos de 9 m<sup>2</sup> cada uno, en los cuales no existe un control estricto de los factores bioclimáticos. Cada cuarto tiene dos ventanas de 2 m<sup>2</sup> aproximadamente cada una; la ventilación se realizó mediante la extracción forzada del aire evitándose los descensos extremos de temperatura mediante el uso de calentadores de gas controlados en forma manual utilizados cuando se presentaban bajas extremas de temperatura; la iluminación controlándose en forma manual

\*\* Distribuidora Roma, Alimentos para A. de Laboratorio. Av. B.C. - 161-A, Méx. 7 D.F., Tel. - 5842 235.

proporcionando 9 hs. de luz artificial y 15 hs. de obscuridad; cabe observar que los animales estuvieron sujetos a la influencia de luz externa a través de las ventanas durante la mayor parte del año en que la cantidad de luz externa es mayor que la proporcionada artificialmente durante gran parte del año.

Los ratones se aparearon en grupos poligámicos o harems de un macho con cuatro hembras permaneciendo el primero durante dos semanas consecutivas con ellas; el diagnóstico de gestación se realizó una semana después permaneciendo juntas las hembras evidentemente embarazadas. El alumbramiento y la lactación se llevó a cabo en forma comunal dando un lapso de 21 días para este último evento, por lo tanto el período entre partos fué de 7 semanas.

Los datos registrados semanalmente para evaluar los rendimientos reproductivos fueron los siguientes:

1. - Total de machos apareados.
2. - Total de hembras apareadas.
3. - Breve historia de sus rendimientos reproductivos previos.
4. - Total de hembras embarazadas.
5. - Total de hembras con diagnóstico de gestación dudosa.
6. - Total de hembras que parieron.
7. - Total de crías destetadas.
8. - Total de hembras que terminaron la lactación satisfactoriamente.

9. - Bajas de los reproductores durante cualquier etapa de proceso.

10. - Total de crías dadas de baja al destete.

11. - Hembras que estando embarazadas o lactando requirieron - más de siete semanas para el proceso reproductivo.

Los datos antes mencionados se computaron en grupos de siete - apareos consecutivos que corresponde al total de hembras en la colonia, las cuales en un período que comprende 13 semanas, tuvieron un apareo, una gestación, un parto y una lactación; a este período se le denominará "ciclo". Se analiza un total de 24 ciclos que comprenden 168 semanas - consecutivas.

Para evaluar las características reproductivas se obtuvieron los siguientes índices:

1. - % de Fertilidad =  $\frac{\text{Hembras embarazadas}}{\text{Hembras apareadas}} \times 100$

2. - % de Maternidad =  $\frac{\text{Hembras que finalizaron la lactación}}{\text{Hembras apareadas}} \times 100$

3. - Número de crías por hembras apareadas =  $\frac{\text{Crías destetadas}}{\text{Hembras apareadas}}$

4. - Número de crías por hembra que finalizó la lactación =  $\frac{\text{Crías destetadas}}{\text{Hembras que finalizaron la lactación}}$

Estos datos y los correspondientes a la temperatura ambiental exterior al abrigo tanto mínima como máxima así como la duración del día solar serán analizados estadísticamente (11).

## RESULTADOS Y DISCUSION.

Existen muchas diferencias anatómicas y fisiológicas entre los animales, las cuales afectan sus funciones en un medio ambiente siempre cambiante. De hecho, no existen dos animales que sean exactamente iguales o dos animales que tengan exactamente el mismo ambiente en su microclima (6). Las diferencias de las respuestas entre ellos a un estímulo dado se clasifican bajo el término "variación biológica ó variación normal" lo cual significa simplemente que una porción de la variación en la respuesta entre los animales no puede explicarse lógicamente con base en hechos conocidos, ya que se observó que en el método reproductivo utilizado, los ciclos se iban traslapando parcialmente, cada uno con el siguiente por lo que se decidió tomar 2 muestras de la variable dependiente (biológica) por cada período climático de aproximadamente 45 días como se aprecia en el esquema 1.

Además, se debe considerar que los animales estaban expuestos en forma indirecta a los factores estacionales y que para poder observar sus efectos era necesario considerar períodos de permanencia largos bajo determinado estímulo, por esto se consideraron ciclos biológicos de 13 semanas (91 días).

En la figura 1 también se pueden apreciar algunas dificultades que ofrece el calendario vigente es decir el calendario Solar Juliano, modificado por el Papa Gregorio XIII, para el manejo estadístico de los datos con base cronológica ya que es desigual la duración de los meses,



trimestres o semestres, además de que cada año se inicia con un día diferente de la semana; tal vez la aplicación de un calendario regular -- como los utilizados en algunas compañías comerciales (13 meses 28 días y un día adicional al final de diciembre, el llamado "Calendario Mundial) en el manejo de las poblaciones de animales de laboratorio, -- simplificaría los cálculos para el análisis estadístico.

En la tabla 1 se incluyen los resultados registrados para evaluar los rendimientos reproductivos de la colonia en cuestión, que representan la suma aritmética de los datos semanales correspondientes a cada uno de los grupos en que se dividió a las hembras reproductoras durante 7 apareamientos consecutivos, que denominamos cruza y que están numeradas progresivamente en orden cronológico a partir del 7 de agosto de 1975 al 7 de diciembre de 1978 (cruza 168).

El lapso considerado para la evaluación, que hemos denominado "ciclo", incluye 13 semanas (91 días) ya que es el período comprendido entre la primera cruce y el último destete de cada uno de los 7 grupos de hembras. Como se mencionó, la proporción de machos a hembras en la colonia fué de 1 a 9.3.

Considerando que estos animales están destinados a la investigación farmacológica preclínica, particularmente al cernimiento de drogas, se sugiere el uso de animales que mantengan su variación biológica constante, lo cual se puede lograr mediante un sistema adecuado de cruces que mantenga una condición genética heterocigótica y que al --

TABLA 1

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE LA COLONIA

C	Fe	Cu	Map	Hap	Mh	Nh	Hg	Hd	Hpar	H	MhL	Cr	da	Mb	Mb
1	7 sep/70	01	100	010	3	04	010	163	063	296	13	1000	3	153	
2	28 sep/70	02	210	040	10	06	036	273	213	350	30	700	7	187	
3	12 oct/70	03	210	040	11	24	061	300	300	300	30	2370	27	04	
4	1 oct/70	03	210	040	20	177	030	267	006	303	13	2320	27	01	
5	10 oct/70	03	210	040	17	212	002	321	006	365	0	2017	03	70	
6	0 oct/70	03	210	040	13	030	001	047	010	300	19	2707	19	070	
7	27 sep/70	03	210	040	10	227	000	237	493	343	22	2727	13	00	
8	14 oct/70	03	210	040	19	223	001	233	075	417	27	3370	19	07	
9	1 oct/70	03	210	040	12	252	001	304	006	426	13	3276	10	000	
10	21 oct/70	03	210	040	21	230	004	216	001	423	30	3352	7	120	
11	9 oct/70	03	210	040	11	170	007	236	000	445	22	3405	16	000	
12	27 sep/70	04	210	040	22	242	040	200	032	375	14	2430	20	04	
13	17 oct/70	04	210	040	17	227	000	255	070	430	10	2702	14	77	
14	16 oct/70	04	210	040	17	227	000	255	070	430	10	2702	14	77	
14	1 oct/70	04	210	040	17	226	004	223	436	000	49	3079	19	51	
15	21 oct/70	04	210	040	12	226	035	107	000	526	43	4610	9	50	
16	11 oct/70	04	195	700	14	162	097	160	021	447	40	4007	30	09	
17	29 oct/70	04	100	040	11	190	001	194	007	353	23	3194	10	100	
18	17 oct/70	04	100	040	14	170	017	107	434	326	11	2509	10	110	
19	1 oct/70	04	100	040	0	100	005	140	013	275	0	1051	16	140	
20	22 oct/70	04	145	000	20	290	176	197	301	290	1	2100	0	69	
21	13 oct/70	04	103	072	19	260	464	211	463	364	1	2811	15	41	
22	10 oct/70	04	175	700	11	239	491	185	497	361	7	2965	9	140	
23	20 oct/70	04	175	700	16	240	515	164	572	306	5	2079	10	171	
24	7 oct/70	04	175	701	10	238	484	193	476	353	-	2500	12	164	
Totales			4000	18463	403	4816	12760	5160	12413	9217	401	69440	184	2041	

C ciclo  
 Fe fecha que comprende cada cruce  
 Cu cruce  
 Map machos apareados.  
 Hap hembras apareadas  
 Mh machos nuevos  
 Nh hembras nuevas  
 Hg hembras gestantes  
 Hd hembras dadas en el diagnostico de gestación.  
 Hpar hembras que parieron  
 H hembras o hembras lactantes  
 MhL machos en lactación que se resaquearon.  
 Crda crías destetadas  
 Mb machos de baja o muertos  
 Mb hembras de baja o muertas

mismo tiempo sean uniformes.

Siendo el aporte de los machos sobre la descendencia tan desproporcionado, aunado al hecho de que estos tuvieron una vida reproductiva promedio de 79.65 semanas en comparación con una vida reproductiva promedio de 26.16 semanas de las hembras, resulta prácticamente imposible obtener animales con las características mencionadas en el párrafo anterior por el corto número de genes aportados a las siguientes generaciones por los machos, por la alta probabilidad de que estos se aparearán con sus descendientes y por que no se siguió un esquema o sistema de cruce definido que redujera a un mínimo el incremento de consanguinidad por generación y lo mantuviera constante de generación en generación (6).

Como se aprecia en la gráfica 1 y tabla 2, los valores promedio de fertilidad tienen una tendencia ascendente a través del tiempo que podría ser el resultado de otros factores (sanidad, selección, etc.) que no son objeto de este estudio. Sin embargo, las variaciones (máximo de 15%) siguen un patrón cíclico y las variaciones dentro de cada grupo aumentan cuando los valores promedio se alejan del promedio de todos los grupos. Este índice se consideró para análisis posteriores.

Los índices denominados Porcentaje de maternidad y Número de crías que terminaron de lactar que se presentan en la gráfica 2 y 3 en las tablas 3 y 4 respectivamente no se consideraron para análisis posteriores, por considerar que los criterios escogidos están sujetos al

GRAFICA 1  
PORCENTO DE FERTILIDAD POR CICLO

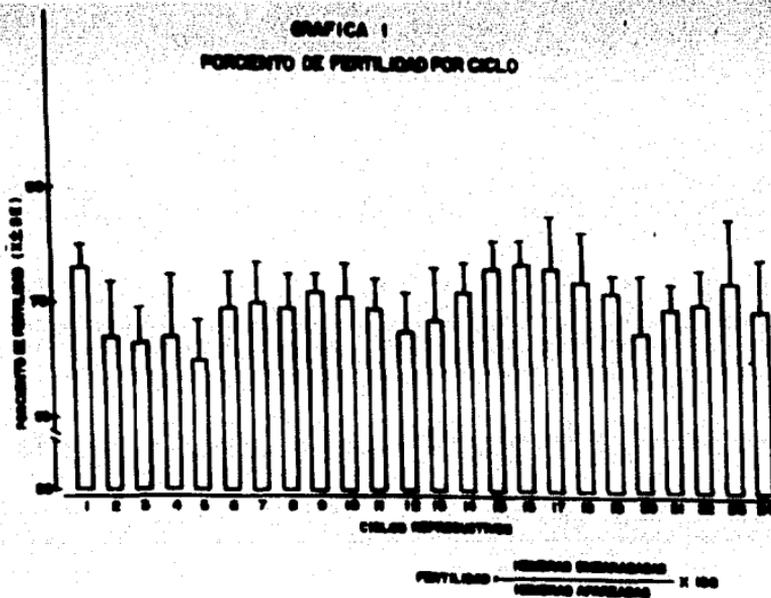


TABLA 2 (grafica 1)

ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DE	3.6	9.5	5.9	11.0	6.8	5.9	6.7	6.0	2.7	6.4	5.4	6.4
Σ	75.9	53.8	63.2	64.1	59.7	69.1	70.1	59.2	72.0	70.9	69.3	64.8
V	13.1	20.5	35.1	21.6	45.7	35.4	44.8	36.4	7.1	41.5	29.1	42.1
ciclos	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DE	9.2	4.8	5.3	4.0	8.7	8.5	3.0	9.9	4.5	5.7	10.8	9.0
Σ	66.4	72.1	75.6	76.7	75.6	74.4	72.3	64.9	69.3	70.1	73.6	69.0
V	85.3	22.7	28.9	15.9	75.5	73.1	9.1	97.3	20.7	32.5	117.3	81.3

N = 7 ( para todos los ciclos.)

GRAFICA 2  
PORCENTO DE MATERNIDAD POR CICLO

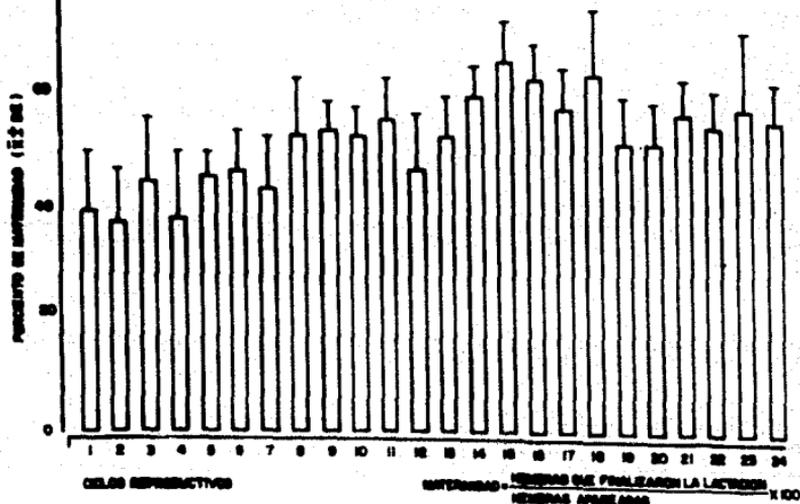


TABLA 3 (grafica 2)

ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17
X	36.6	35.4	41.6	35.0	47.5	47.7	40.7	40.6	50.7	50.3	52.0	44.6
V	98.5	86.0	122.8	112.7	19.1	55.1	19.6	92.7	21.8	27.8	14.6	97.1
D	9.9	9.3	11.1	10.6	4.4	7.4	9.4	9.6	4.9	5.1	6.7	9.6
ciclos	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	22	23
X	49.7	57.1	62.6	59.7	55.5	60.9	49.1	48.7	54.3	51.6	55.1	50.7
V	53.0	25.1	47.4	38.5	42.9	118.8	60.0	53.9	71.4	33.3	177.8	49.4
D	7.3	5.0	6.9	6.2	6.6	10.9	7.7	7.7	6.4	5.8	11.1	6.5

N = 7 (para todos los ciclos)

GRAFICA 3  
 OMS QUE TERMINAN DE LACTAR POR CICLO

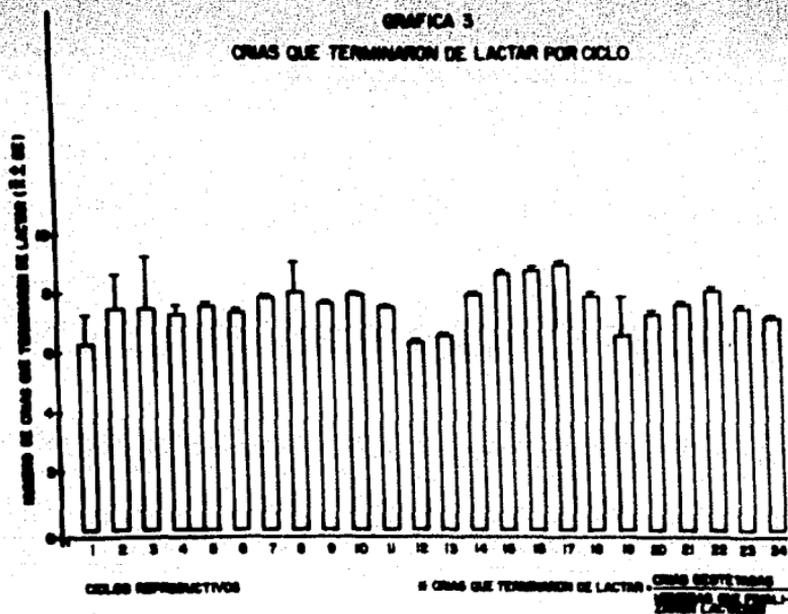


TABLA 4 (grafica 3)

ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	6.3	7.5	7.5	7.3	7.6	7.4	7.9	8.1	7.7	7.9	7.6	6.4
V	1.0	1.4	1.2	0.1	0.7	0.8	0.4	1.1	0.2	0.1	0.2	0.1
DE	1.0	1.2	1.8	0.3	0.8	0.9	0.7	1.1	0.5	0.3	0.4	0.3
ciclos	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
X	6.6	8.0	8.7	8.8	9.0	7.9	6.6	7.3	7.6	8.1	7.5	7.2
V	0.0	0.2	0.4	0.3	0.5	0.4	1.8	0.6	0.1	0.5	0.6	0.4
DE	0.2	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	1.4	0.8	0.5	0.7	0.8	0.6

N = 7 (para todos los ciclos.)

error humano de interpretación (diagnóstico) y modificados por una amplia variedad de factores, además de que los resultados no muestran un patrón similar a los obtenidos en la fertilidad por lo menos en los 12 - primeros ciclos y de que la tendencia ascendente es muy marcada en el índice de maternidad.

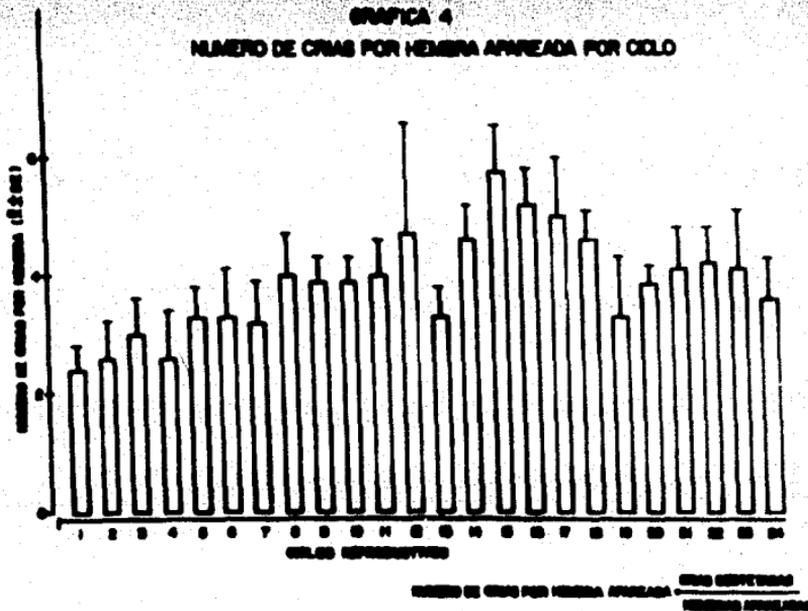
Si consideramos que el proceso reproductivo es una serie complicada de eventos, resultado del estímulo de una amplia gama de factores un análisis integral resulta imposible. Por esto, lo hemos simplificado considerando: una primera etapa desde el apareo hasta el diagnóstico de gestación por considerar que los factores de los cuales depende (cantidad y calidad del espermatozoides, número y fertilidad de los óvulos, etc) son diferentes a los que influyen en la segunda etapa, desde el diagnóstico de gestación hasta el destete (producción de leche, habilidad materna, sobrevivencia de las crías, etc).

Para evaluar esta segunda etapa se considera el índice "Número de crías por hembra apareada" gráfica 4 y tabla 5, ya que los valores son absolutos aún cuando influenciados por la fertilidad.

Los cambios observados a través del tiempo, aún cuando tienen una tendencia general ascendente resultado probablemente de otros factores, muestran una variación cíclica que se hace más evidente en la segunda mitad de la gráfica.

El clima es el complejo de condiciones atmosféricas tomadas en su serie promedio, que prevalecen en una zona dada durante un lapso

**GRAFICA 4**  
**NUMERO DE CRAS POR HEMERA AFREADA POR CICLO**



**TABLA 5 (grafica 4)**

ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\bar{x}$	2.4	2.6	3.0	2.6	3.3	3.3	3.2	4.0	3.9	3.9	4.0	2.8
V	0.2	0.4	0.4	0.7	0.3	0.6	0.5	0.5	0.2	0.2	0.4	0.4
DE	0.4	0.6	0.6	0.8	0.5	0.8	0.7	0.7	0.4	0.4	0.6	0.6
ciclos	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\bar{x}$	3.3	4.6	5.5	5.2	5.0	4.6	3.3	3.6	4.1	4.2	4.1	3.6
V	0.2	0.3	0.7	0.4	0.9	0.2	1.0	0.1	0.5	0.4	1.1	0.5
DE	0.5	0.6	0.8	0.6	1.0	0.5	1.0	0.3	0.7	0.6	1.1	0.7

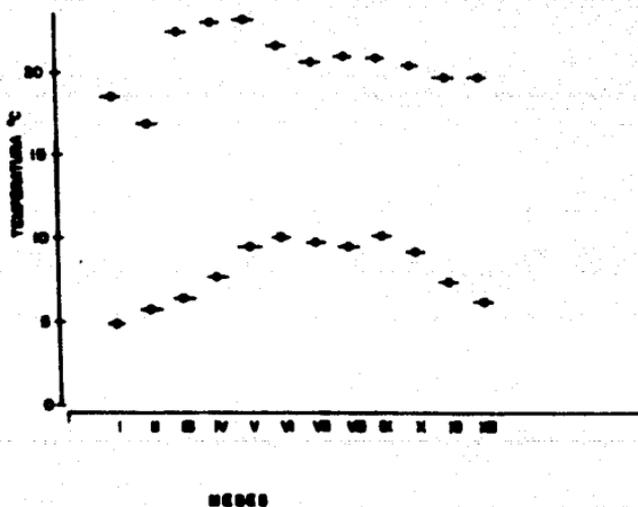
más o menos prolongado (10). Del número de factores que los determinan el más importante es la latitud, la cual está dada por el ángulo que forman el radio de la tierra que pasa por un punto con otro radio que pase por el punto del ecuador, situado en el mismo meridiano que el punto dado (8).

La ciudad de México se encuentra localizada en el paralelo  $19^{\circ}$  (latitud norte), dentro de la zona tórrida septentrional, cuyo límite es el Trópico de Cancer (paralelo  $23^{\circ} 1/2$ ), que marcada la latitud máxima alcanzada por los rayos verticales del sol.

Sin embargo, el clima en la ciudad de México no es cálido sino moderado, con una temperatura mínima promedio anual de  $8.5^{\circ}\text{C}$  y una temperatura máxima promedio anual de  $21.1^{\circ}\text{C}$  como se muestra en la gráfica 5 y tabla 6. Esto se debe a que un factor importante que influye en el clima es la altitud o altura de la zona sobre el nivel del mar; --- mientras más elevado sea un sitio más baja será la temperatura que en él prevalezca descendiendo ésta a razón de  $1/2^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, - por cada 100 mts de elevación siendo la altitud en la ciudad de México de 2240 m. sobre el nivel del mar (7).

Al mencionar la altitud como una variable que afecta el clima podemos decir que grandes alturas producen otros efectos sobre todos los animales y que están generalmente relacionados con los requerimientos de oxígeno. Los animales difieren en sus respuestas a los cambios de altitud. Este efecto se puede estudiar a través de la observación de --

**GRAFICA 5**  
**TEMPERATURAS MINIMAS Y MAXIMAS AL ABRIGO PROMEDIOS DE 1975-1978**



parámetros fisiológicos tales como: sistema cardiovascular, constituyentes sanguíneos, respiración, función endócrina, metabolismo, etc. pero siempre se debe considerar al interpretar los resultados experimentales obtenidos con animales de laboratorio bajo estas condiciones(3).

El eje terrestre conserva la misma dirección durante todo su recorrido anual. El Ecuador que es un plano perpendicular a éste eje, forma con el plano de la eclíptica un ángulo de  $23^{\circ} 27'$ .

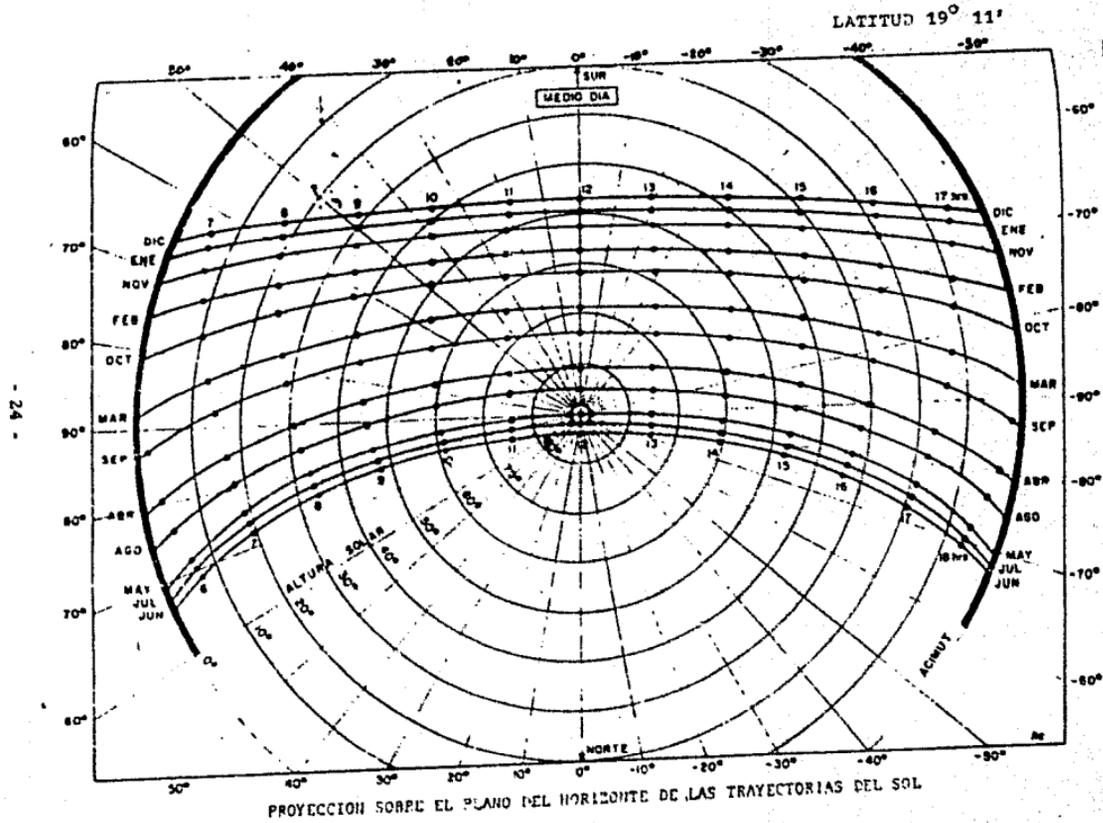
El plano del Ecuador corta el plano de la eclíptica según una recta que la toca en dos puntos llamados equinoccios de primavera y equinoccio de verano y la tierra pasa por ellos el 21 de marzo y el 21 de septiembre, respectivamente.

En la ciudad de México a partir del equinoccio de primavera, los días solares, es decir, la permanencia del sol sobre el horizonte se va haciendo más larga; hacia el 21 de junio, (solsticio de verano) de esta fecha al 21 de septiembre los días solares se acortan y continuamente acortándose hasta el solsticio de invierno, para alargarse nuevamente hacia el equinoccio de primavera, como se observa en el esquema 2.

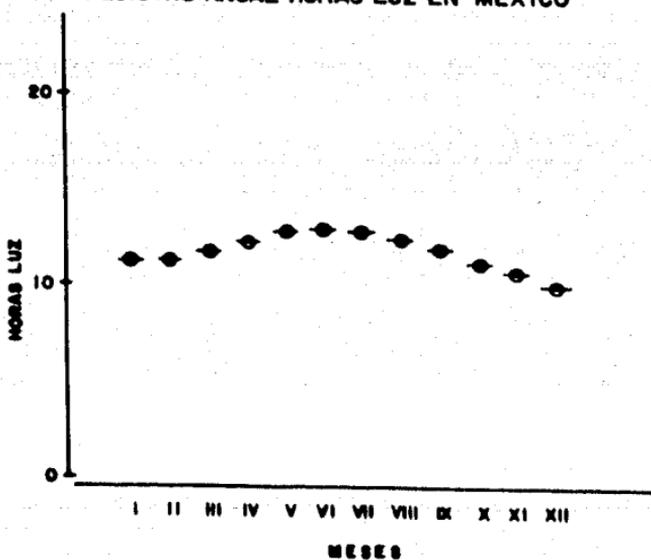
La duración promedio del día solar tomada durante 3 años (agosto de 1975 a diciembre de 1978) en la ciudad de México fué de 11:00 hs. con una variación máxima entre el equinoccio y el solsticio de invierno de 3 hs. como se indica en la gráfica 8. (Tabla 8).

Las observaciones entre las salidas y puestas del sol fueron realizadas cada 5 días para hacer más sustancial la diferencia en tiempo.

# Esquema 2



**GRAFICA 8**  
**REGISTRO ANUAL HORAS LUZ EN MEXICO**



**TABLA 8**

**BAJERA Y PUNTA DEL SOL EN LA CIUDAD DE MEXICO 1978**

Fecha	Sole	So punto	Fecha	Sole	So punto		
<b>ENE</b>	8	7 11.6	10 12.5	<b>JUL</b>	4	6 2.6	19 19.8
	10	7 12.6	10 13.5		9	6 4.6	19 19.8
	15	7 13.6	10 14.5		14	6 6.3	19 19.8
	20	7 13.6	10 22.4		19	6 7.3	19 17.6
	25	7 12.7	10 25.3		24	6 9.4	19 15.7
	30	7 11.0	10 20.1		29	6 11.4	19 14.7
<b>FEB</b>	4	7 10.0	10 31.2	<b>AGO</b>	3	6 13.3	19 11.7
	9	7 8.9	10 33.2		8	6 15.2	19 8.9
	14	7 6.0	10 34.0		13	6 16.2	19 8.9
	19	7 3.1	10 30.0		18	6 18.1	19 3.0
	24	7 0.1	10 39.9		23	6 19.0	10 39.0
					28	6 20.0	10 35.1
<b>MAR</b>	1	6 56.3	10 41.9	<b>SEP</b>	2	6 21.9	10 51.2
	6	6 52.3	10 43.8		7	6 22.8	10 46.3
	11	6 48.4	10 44.7		12	6 23.7	10 42.4
	16	6 44.5	10 46.6		17	6 24.6	10 37.4
	21	6 40.5	10 47.5		22	6 25.5	10 33.5
	26	6 36.6	10 49.4		27	6 26.5	10 28.6
	31	6 31.7	10 50.4				
<b>ABR</b>	8	6 28.8	10 51.3	<b>OCT</b>	2	6 27.4	10 24.6
	10	6 22.9	10 53.2		7	6 28.3	10 19.8
	15	6 19.0	10 54.1		12	6 30.2	10 15.9
	20	6 15.0	10 56.1		17	6 31.2	10 11.9
	25	6 12.1	10 57.0		22	6 33.1	10 9.0
	30	6 9.2	10 58.9		27	6 35.0	10 6.0
<b>MAY</b>	5	6 6.2	19 0.8	<b>NOV</b>	1	6 36.9	10 3.2
	10	6 3.3	19 2.7		6	6 39.9	10 0.3
	15	6 1.4	19 4.7		11	6 41.8	17 59.3
	20	5 59.4	19 6.6		16	6 44.7	17 57.4
	25	5 50.5	19 8.6		21	6 47.7	17 56.4
	30	5 57.6	19 10.5		26	6 50.6	17 56.5
<b>JUN</b>	4	5 57.6	19 12.5	<b>ENE</b>	1	6 54.5	17 56.6
	9	5 57.6	19 14.5		6	6 57.5	17 57.6
	14	5 57.6	19 15.5		11	7 0.5	17 59.6
	19	5 58.6	19 17.4		16	7 3.5	10 1.6
	24	5 59.6	19 18.5		21	7 5.5	10 3.6
	29	6 0.6	19 18.5		26	7 8.5	10 5.6

Para evaluar el posible efecto de la fotoperiodicidad sobre los índices reproductivos se hizo la suma aritmética del número de horas registradas en cada lectura durante cada ciclo, resultando que el ciclo No. 14 había recibido el mayor número de horas registradas (250.2 hs). Con fines comparativos, en la gráfica 9 los datos anteriores se presentan en porcentajes (250.2 hs luz registradas por ciclo = 100%), tabuladas de acuerdo a los ciclos reproductivos y como se aprecia, los cambios cíclicos son evidentes y muy similares a los de las temperaturas promedio (gráfica 7).

La temperatura es probablemente el factor bioclimático más importante en el medio ambiente físico de los animales de laboratorio ya que un cambio en la temperatura obliga a algunos ajustes en la respiración, pulso, temperatura corporal, temperatura de la superficie corporal y algunas otras funciones fisiológicas.

En el sur de la ciudad de México los meses más calidos son abril, mayo y junio porque los rayos del sol caen perpendicularmente. En cambio los meses de diciembre, enero y febrero son los más frios.

Las variaciones de la temperatura mínima y máxima (gráfica 6 y 7), fueron analizadas y tabuladas en relación a los ciclos reproductivos, observándose que las variaciones dentro de cada grupo (Porcentaje de fertilidad y No. de crías por hembra apareada) mantenían una relación cíclica muy semejante a las observadas en las temperaturas registradas en el tiempo comprendido por los 24 ciclos (gráfica 6-7 y 1-4) cabe

GRAFICA 6

TEMPERATURAS MINIMAS Y MAXIMAS EXTERIORES AL ASPERO PROMEDIO POR CICLO

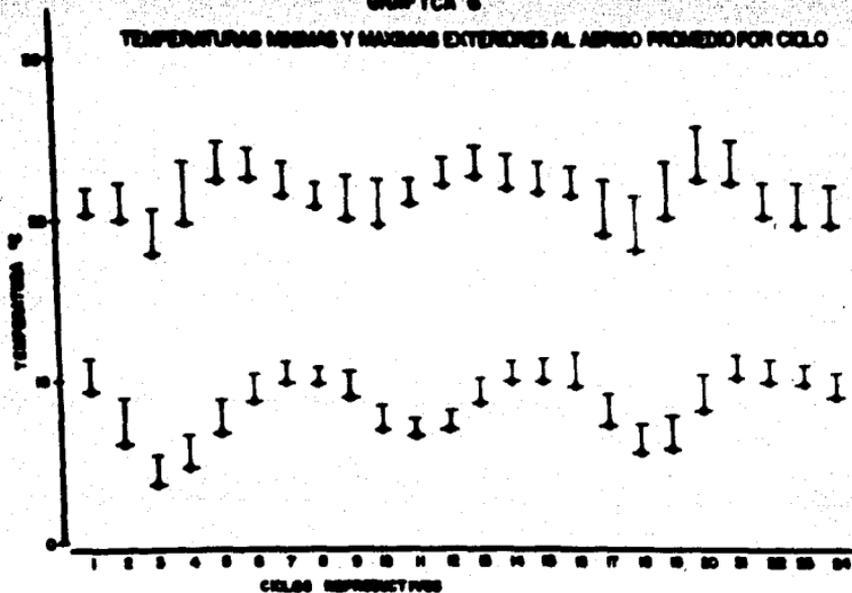
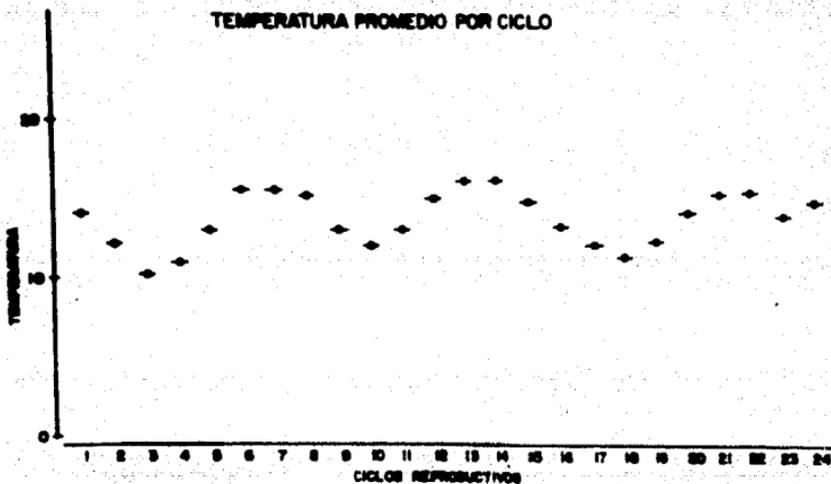


TABLA 6 (grafica 6)

CICLO	Temperatura minima.			Temperatura maxima.		
	R	V	DE	R	V	DE
1	9.4	4.4	2.1	20.4	8.6	1.9
2	8.2	10.4	3.3	20.1	5.4	2.3
3	3.7	3.2	1.8	18.0	8.6	2.9
4	4.7	3.9	2.0	19.9	16.5	4.1
5	6.8	3.7	1.9	22.4	6.2	2.5
6	8.9	3.4	1.8	22.7	3.9	2.0
7	10.0	1.7	1.3	21.7	3.4	1.9
8	9.9	1.2	1.1	21.0	7.0	1.4
9	9.0	2.9	1.7	20.2	7.5	2.7
10	7.1	2.5	1.6	19.9	7.6	2.8
11	6.5	1.2	1.1	21.1	2.6	1.6
12	7.1	1.4	1.2	22.3	3.0	1.7
13	8.7	2.7	1.6	22.8	3.9	1.9
14	9.9	1.7	1.3	22.1	5.1	2.2
15	10.0	1.7	1.3	21.9	3.2	1.6
16	9.5	2.0	1.4	21.7	3.1	1.8
17	7.3	3.9	2.0	19.1	12.2	3.5
18	5.6	3.7	1.9	18.5	11.8	3.4
19	5.8	4.1	2.0	20.2	12.5	3.5
20	8.2	4.6	2.2	22.6	11.3	3.4
21	10.2	2.1	1.4	22.5	7.5	2.7
22	10.0	2.0	1.4	20.2	5.3	2.3
23	9.8	1.5	1.2	19.8	7.7	2.7
24	9.0	7.4	1.6	19.9	5.1	2.3

**GRAFICA 7**  
**TEMPERATURA PROMEDIO POR CICLO**



P = PROMEDIO DE TEMPERATURA  
Y = TEMPERATURA MÁXIMA  
I = TEMPERATURA MÍNIMA  
M = MÁXIMA REPRODUCIDA  
m = MÍNIMA REPRODUCIDA

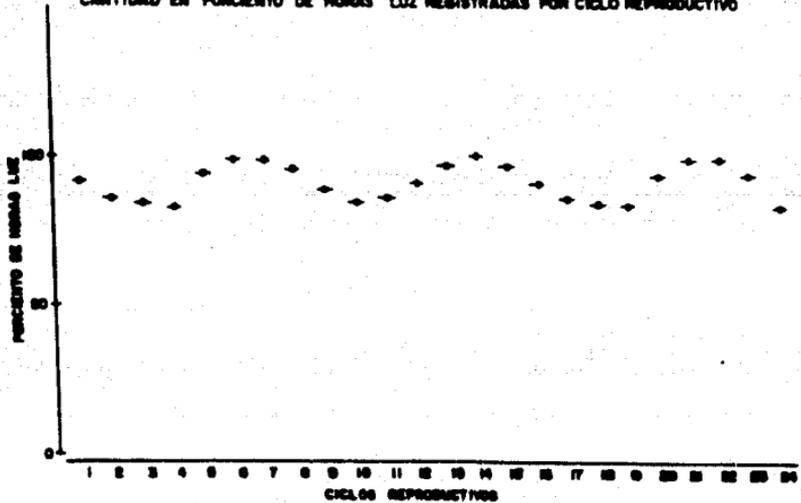
$$p = \frac{(Y+I)+m}{2} + \frac{(Y+I)+M}{2} \times 0.5$$

TABLA 7 (grafica 7)  
Temperaturas promedio re-istradas por ciclo.

ciclo	Promedio mínima	Promedio máxima	Promedio min/max.
1	7.75	21.00	14.30
2	6.25	18.50	12.37
3	4.00	16.50	10.25
4	4.50	18.50	11.50
5	6.00	21.00	13.50
6	8.20	23.00	15.60
7	9.50	21.70	15.60
8	10.20	20.50	13.30
9	8.50	17.75	13.12
10	7.00	17.25	12.12
11	4.25	20.75	12.50
12	7.00	23.00	15.00
13	9.50	23.00	16.30
14	10.00	22.50	16.30
15	9.50	21.75	14.80
16	9.50	21.25	15.30
17	6.25	17.75	12.00
18	5.00	17.50	11.25
19	5.50	18.70	12.10
20	7.25	21.00	14.10
21	10.00	20.50	15.20
22	11.25	19.50	15.30
23	9.50	18.50	13.80
24	9.25	20.25	14.75

GRAFICA 9

CANTIDAD EN PORCIENTO DE HORAS LUZ REGISTRADAS POR CICLO REPRODUCTIVO



100% = 8888 HRS., CICLO DE 8888 HORAS DE HORAS LUZ. (BASE ARITMETICA DE LAS LECTURAS TOMADAS CADA 8 DIAS DURANTE EL LAPSO QUE COMPRENDE UN CICLO REPRODUCTIVO)

TABLA 9 (Grafica 9)

PORCENTAJE DE HORAS LUZ REGISTRADAS DE AGOSTO  
DE 1975 A DICIEMBRE DE 1978.

CICLO	No. de Hrs. LUZ	PORCENTAJE DE Hrs. LUZ
1	234.4 =	92.00 %
2	216.3 ==	86.4
3	211.9 =	84.6
4	209.0 =	83.8
5	235.2 =	94.0
6	247.9 =	99.0
7	248.6 =	99.3
8	238.3 =	95.9
9	222.5 =	88.9
10	212.1 =	84.7
11	214.7 =	85.8
12	228.1 =	91.1
13	242.7 =	97.0
14	250.2 =	100.0 •
15	243.8 =	97.4
16	228.8 =	91.4
17	215.8 =	86.2
18	212.0 =	84.7
19	209.9 =	83.8
20	236.8 =	94.6
21	248.7 =	99.4
22	248.6 =	99.3
23	236.8 =	94.6
24	221.0 =	88.3

• Ciclo de mayor numero de horas Luz.

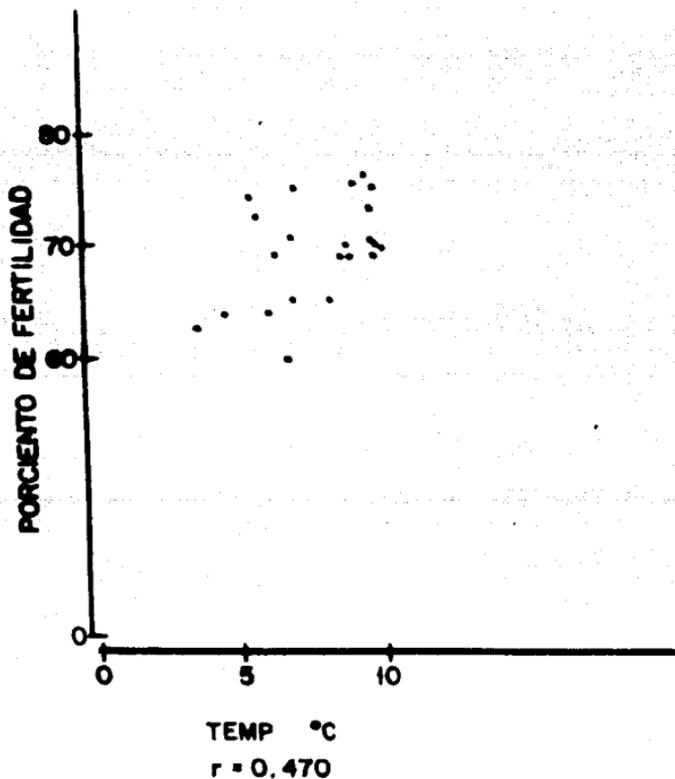
considerar en este punto que las variaciones de temperatura en cada ciclo fue constante y equivalente en sus valores mínimos y máximos, -- siendo la diferencia promedio de ambas de 12.2 °C.

Por otra parte los valores relativos al porcentaje de horas luz registradas por ciclo también fueron analizadas y tabuladas de la misma manera observándose al igual que la temperatura, que mantenían una - variación cíclica muy semejante con los índices reproductivos.

Después de hacer algunas pruebas de ensayo y error en las que no se encontró una correlación significativa (gráfica 10, 11, 12 y 13) a pesar de haberse observado una periodicidad cíclica clara y semejante entre las variaciones climáticas y los índices reproductivos (gráfica 1-4 y -- 7-9), se decidió realizar una correlación lineal de 2 variables con los índices reproductivos (Promedio en por ciento de fertilidad por ciclo y número de crías por hembra apareada por ciclo) y éstas con las variables climáticas (Porcentaje de horas luz registrada por ciclo y temperatura mínima al abrigo registrada también por ciclo) (gráfica 14, 15, 16 y 17). En los primeros análisis realizados se observó una correlación poco significativa como puede observarse en las gráficas 10, 11, 12 y 13 lo que hace suponer que los fenómenos biológicos tienen un umbral de - respuesta con respecto a los estímulos climáticos, el cual depende de una parte de los factores intrínsecos al animal tales como su condición genética, estado físico, nutricional, edad, etc. y de la otra, de la naturaleza de las variaciones ya que si estas son muy grandes, los estímulos

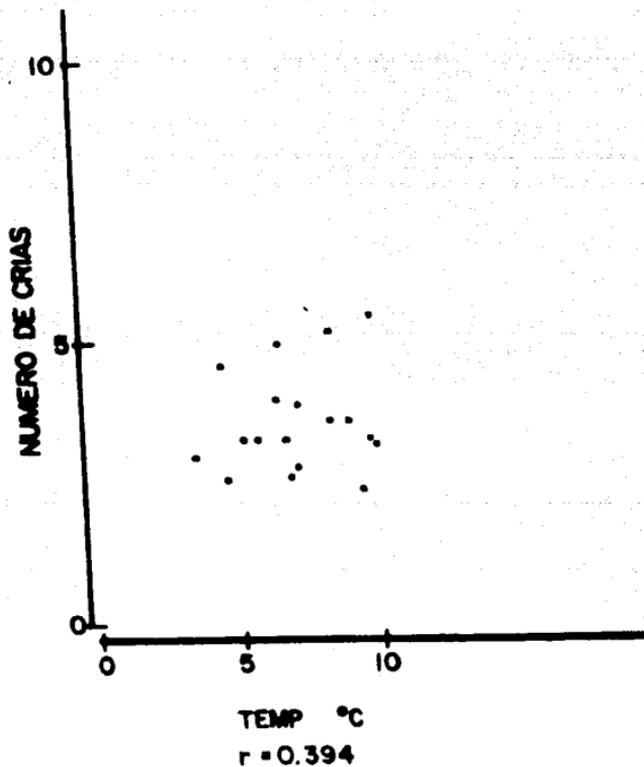
GRAFICA 10  
CORRELACION X' Y'

PORCIENTO DE FERTILIDAD / TEMPERATURA MINIMA  
PROMEDIO



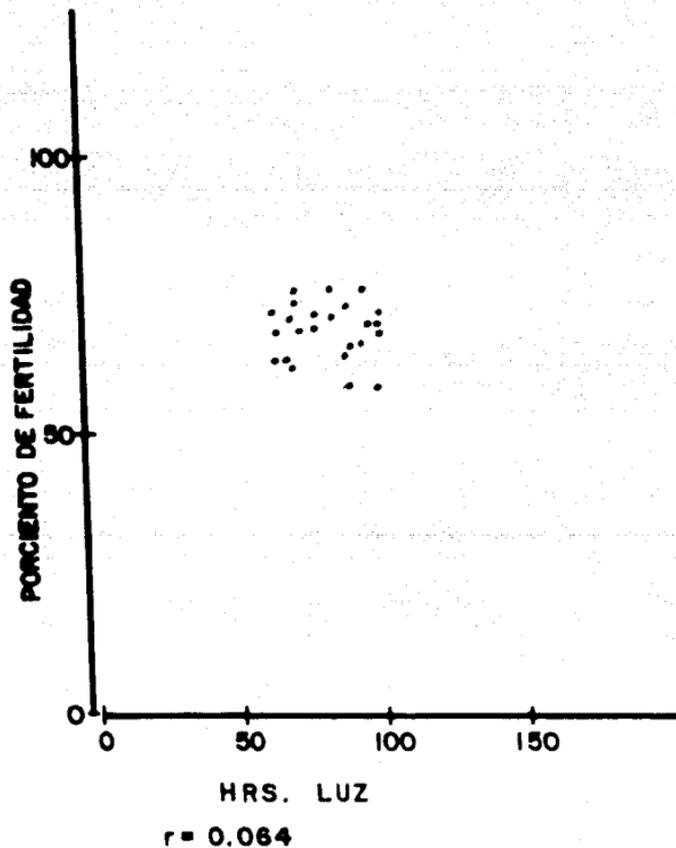
GRAFICA II  
CORRELACION X' Y'

NUMERO DE CRIAS POR HEMBRA APAREADA /  
TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO



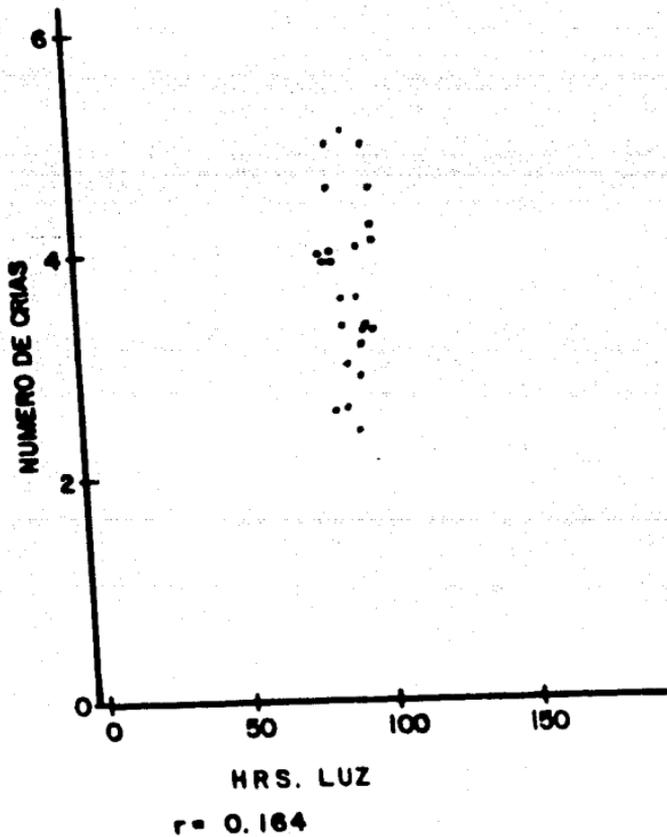
**GRAFICA 12**  
**CORRELACION  $x^1$   $y^1$**

**PORCIENTO DE FERTILIDAD /**  
**PORCIENTO DE HRS. LUZ**

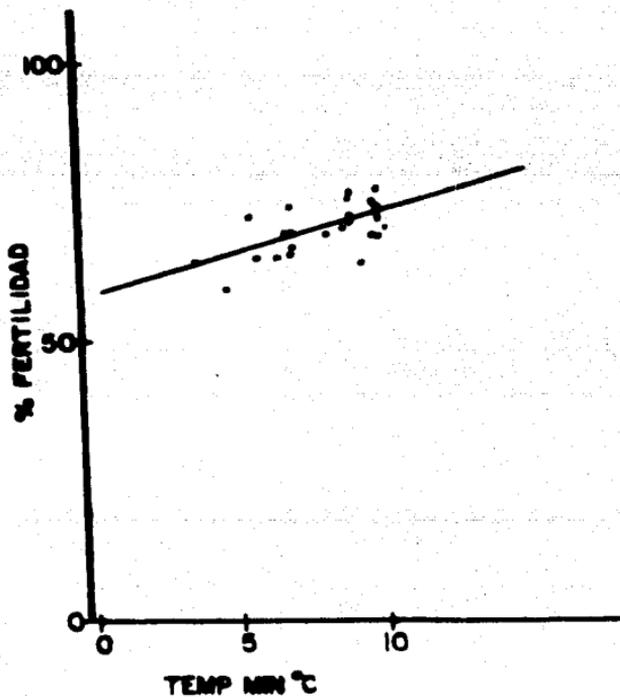


GRAFICA 13  
CORRELACION  $X^1$   $Y^1$

NUMERO DE CRIAS POR HEMBRA APAREADA /  
PORCIENTO DE HRS. LUZ

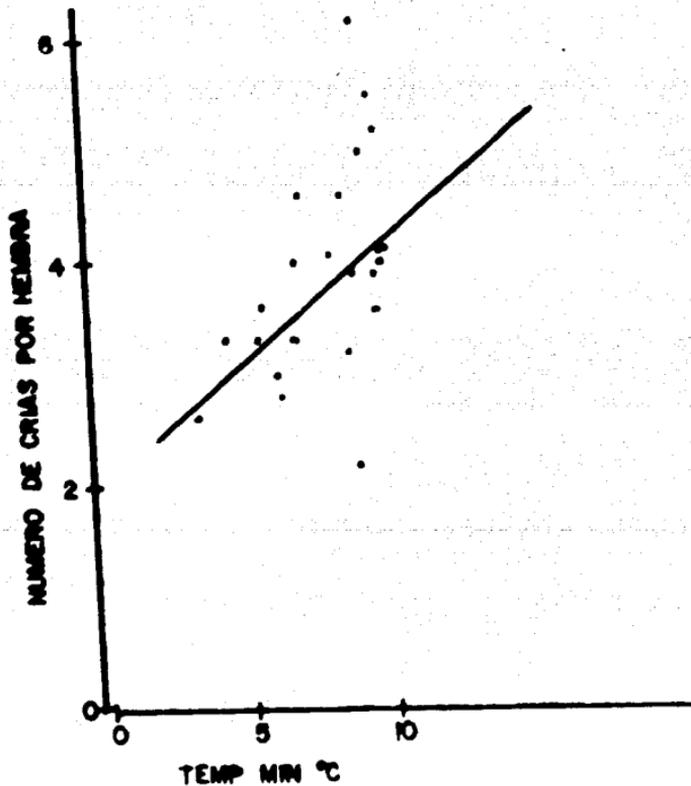


**GRAFICA 14**  
**CORRELACION  $x^2$  y  $y^1$**   
**PORCIENTO DE FERTILIDAD / TEMPERATURA-**  
**MINIMA PROMEDIO**



$r = 0.633$   
 $P < 0.05$

GRAFICA 18  
CORRELACION  $X^2 Y^1$   
NUMERO DE CRIAS POR HEMBRA APAREADA /  
TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO



r.. 504  
P < 0.05

climáticos deberán ser muy grandes para que puedan ser observables - las respuestas biológicas en los parámetros reproductivos. Por lo tanto, si el umbral diferencial de la respuesta es variable da lugar a una respuesta no lineal en los fenómenos biológicos reproductivos con los climáticos.

Desde los trabajos clásicos de Darwin es un hecho conocido los cambios evolutivos que se transmiten a las sucesivas generaciones resultado de la tendencia de los animales a ajustarse a los cambios en el medio ambiente en un proceso que se ha llamado adaptación.

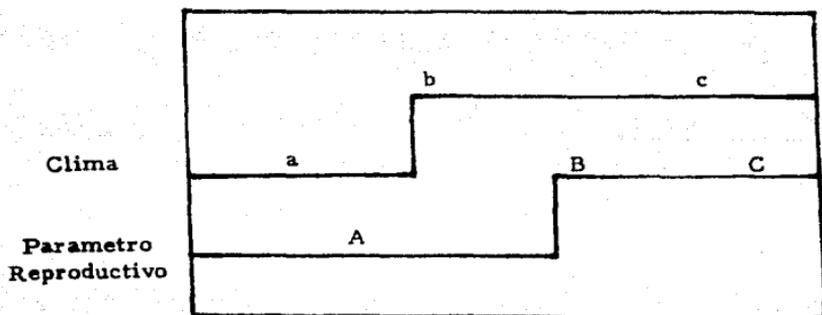
Se considera que el fenómeno bajo estudio es de la misma naturaleza que el mencionado anteriormente pero en menor grado y con una respuesta de corta duración y al cual se le ha llamado aclimatación. Esto no es un fenómeno instantáneo sino un proceso biológico cuyo resultado dependerá principalmente del grado de permanencia bajo el estímulo y de la velocidad de respuesta del animal.

Para comprobar esto, se hicieron varias correlaciones lineales de 2 variables, desfasando en tiempo las variables climáticas y las variables biológicas y se encontró una correlación positiva significativa, entre la temperatura mínima promedio por ciclo y los índices de fertilidad ( $P < 0.05$ ) y número de crías por hembras apareadas ( $P < 0.05$ ) -- cuando se desfasaron un ciclo, como se muestra en la gráfica 14 y 15 respectivamente y una correlación positiva entre los valores relativos de horas luz registrados por ciclo y los índices reproductivos mencio-

nados: Fertilidad ( $P < 0.05$ ) y número de Crías por Hembra Apareada -- ( $P < 0.05$ ) cuando el desfasamiento correspondió a dos ciclos, como se muestra en la gráfica 16 y 17 respectivamente.

El desfasamiento observado comprueba la hipótesis propuesta y - para tratar de explicar éste fenómeno se presenta el siguiente esquema

ESQUEMA 3

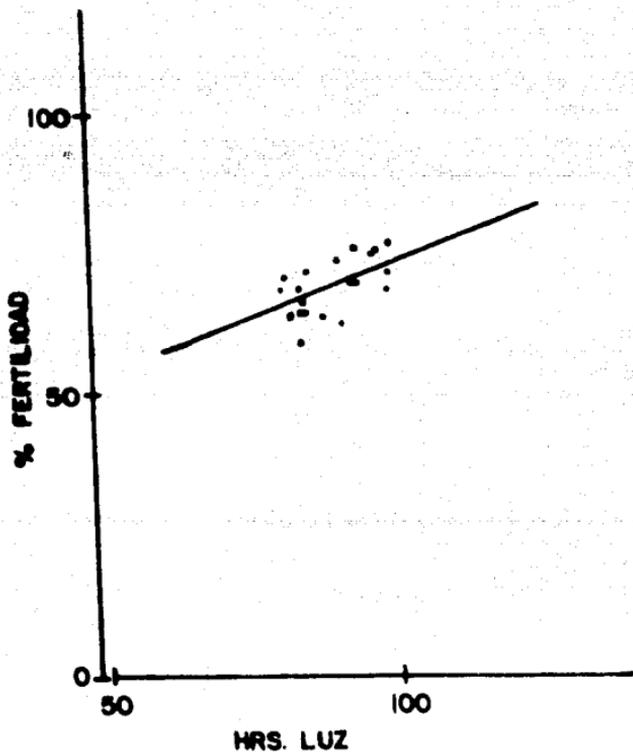


en donde "a" es la permanencia de determinadas condiciones climáticas, "b" es el estímulo o cambio y "c" es la permanencia de las nuevas condiciones climáticas y "A" es la aclimatación, "B" es la respuesta adaptativa y "C" es la permanencia de las nuevas condiciones fisiológicas.

Sin embargo, esta representación esquemática aún cuando explica la hipótesis, no corresponde a la forma en la cual ocurren los eventos en la realidad, ya que de una parte los fenómenos climáticos ocurren en una forma gradual y sus valores están considerados en una -

GRAFICA 16

CORRELACION  $x^3$  Y<sup>1</sup>  
PORCIENTO DE FERTILIDAD / HORAS LUZ

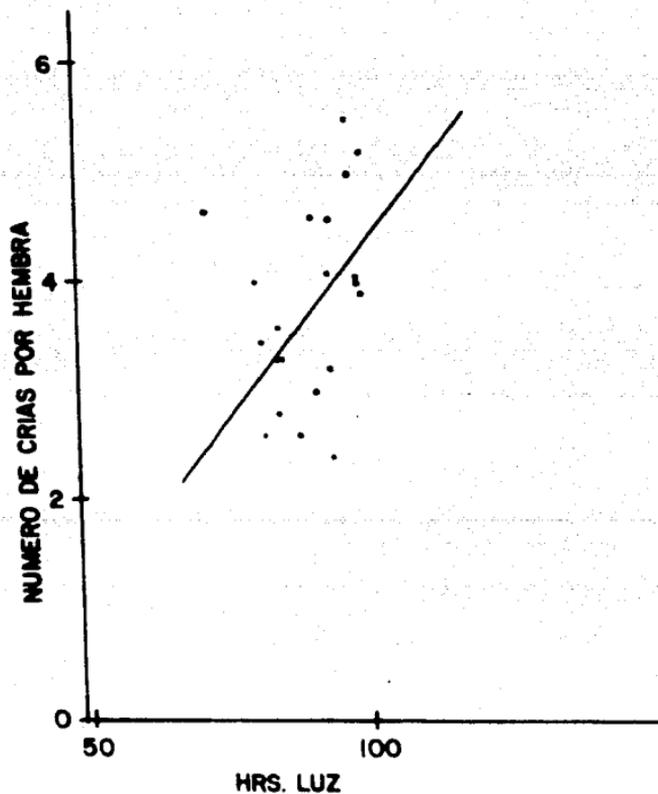


$r = 0.586$   
 $P < 0.05$

GRAFICA 17

CORRELACION  $x^3$  y  $l$

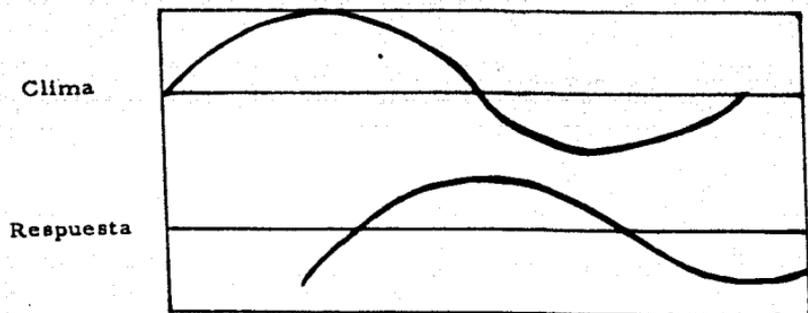
NUMERO DE CRIAS POR HEMBRA APAREADA /  
HORAS LUZ



$r = 0.496$   
 $P < 0.05$

serie promedio que comprende un lapso considerablemente largo, y de la otra no se puede hablar de un umbral de estimulación sino de un proceso dinámico estímulo-efecto en el cual el umbral diferencial de respuesta se ve afectado por la variación climática y la variación biológica normal (esquema 4).

ESQUEMA 4



No se establece la velocidad de respuesta; los efectos de la temperatura mínima promedio sobre la fertilidad y el número de crías por hembra apareada se observan antes que los efectos de la cantidad de luz recibida sobre los mismos parámetros.

La condición genética es uno de los factores individuales que influyen en la velocidad de respuesta, ya que la homocigosis reduce la aptitud y por lo tanto la capacidad de adaptación a un medio ambiente cambiante debido probablemente a la reducción en la versatilidad bioquímica en el animal (6).

No se puede definir la condición genética de éstos animales; sin embargo, un determinado grado de consanguineidad contribuye a desfasar los eventos en discusión.

Los efectos deletereos que las variaciones de los factores bioclimáticos puedan tener sobre la productividad de los animales de laboratorio carecen de importancia si se compara con los efectos prácticos y económicos que resultan de emplear dichos animales sin control o tal vez sin conocimiento de las variables mediatas e inmediatas al procedimiento experimental que están incidiendo sobre los resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES.

La temperatura mínima exterior al abrigo y el número de horas luz -- mostraron una correlación no lineal con los parámetros reproductivos analizados: Fertilidad y Número de crías por hembra apareada.

Los efectos deletéreos de las temperaturas bajas y de la reduc -- ción de las horas luz sobre los índices mencionados se observó uno y -- dos ciclos después respectivamente al igual que los efectos en el incre -- mento de los índices reproductivos correspondientes al incremento de la temperatura mínima y de las horas luz.

Los animales tienden a ajustarse a los cambios en su medio am -- biente. Esta tendencia está ampliamente identificada como adaptación al medio ambiente. La adaptación varía de acuerdo a la velocidad de -- respuesta del animal y al grado de permanencia bajo el estímulo.

La estimulación climática ocurre en forma gradual y sus valores se consideraron en una serie promedio que comprende un lapso consi -- derablemente largo; esto, aunado a una variación individual en la velo -- cidad de respuesta incrementada entre otros factores por la condición genética de los animales, resulta en un desplazamiento entre la ocu -- rrencia del estímulo y la observación del fenómeno, siendo observado el efecto de la temperatura con anterioridad al de las horas luz.

Para que los animales mantengan su variación normal en una co -- lonia cerrada a través de una condición genética heterocigótica se re -- quieren que el número de genes aportados provengan del mayor número

de animales posible, que éstos no sean de ancestros comunes y que se apareen de acuerdo a un esquema o sistema que evite la cruce de animales con ancestros comunes, mantenido el incremento de consanguineidad por generación constante y siendo también constante el porcentaje de consanguineidad en cada generación.

Esto se logra con un método de cruce intensivo poligámico de dos hembras con un macho que permanecen juntos durante toda su vida reproductiva y un sistema de cruce de mínima consanguineidad como los propuestos por el Dr. Poiley o el llamado Sistema Numérico de Robertson. (12)

La temperatura ambiente exterior y la cantidad y ciclicidad de luz natural afectan a los animales aún cuando se encuentren expuestos en forma indirecta a éstos factores. Los animales de laboratorio deben alojarse aislados del medio ambiente exterior, en condiciones de vida artificiales y controladas para lograr que los resultados obtenidos de ellos sean confiablemente atribuidos al procedimiento experimental y no a otros factores.

## BIBLIOGRAFIA

1. A. T. SERIES HEALTH AND SCIENCE CENTER THE MOUSE.  
Univ. of Washington Seattle Wash. U.S.A. 230-233/1974.
2. ANUARIO DEL OBSERVATORIO ASTRONOMICO NACIONAL.  
Salidas y puestas del sol. 28/1979.
3. A GUIDE TO ENVIRONMENT RESEARCH ON ANIMALS.  
National Academy of Science. Washington, D.C. 28/1971.
4. DATOS REGISTRADOS POR LA ESTACION METEOROLOGICA.  
Desviación alta al Pedregal. (SARH) México, D.F.  
Agosto 7 de 1975 a Diciembre 7 de 1978.
5. HAFES E.S.E.  
Reproduction and Breeding Techniques for laboratory Animals.  
Lea Febiger, Philadelphia 110, 111, 117/1970.
6. M.L. SIMMONS /J.O. BRICK  
The laboratory Mouse  
Selección and Management  
Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 9,27/1970
7. PONS HERNANDEZ M.  
Lecciones gráficas de geografía de México  
La Patria S. A.  
México 138-139/1974
8. SANCHEZ, M.A.; ANDRADE DE H. V.; GARCIA, D.N.  
Síntesis de Geografía Física y Humana  
Trillas  
México 88-89/1969.
9. IV Symposium International Committee in Laboratory Animals  
Defining the Laboratory Animal  
National Academy of Sciences Washington, D.C. 8-10/1971.
10. Vivo a Jorge  
Geografía Física  
Herrero, S.A. 174-184/1974.
11. WAUGH ALBERT EDMUND  
Elements of Estatistical Method  
Mc. Graw Hill New York, 1952.
12. COMUNICACION VERBAL  
Dr. Ciro Lomelf Flores.