

135
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**

**EFEECTO DE ONDAS ULTRASONICAS DE 25 A 50
Mhz. SOBRE EL RENDIMIENTO REPRODUCTIVO Y
EL PESO CORPORAL DE RATAS WISTAR.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
EMILIANO TESORO CRUZ



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

**EFFECTO DE ONDAS ULTRASÓNICAS DE 25 A 50 MHZ SOBRE EL
RENDIMIENTO REPRODUCTIVO Y EL PESO CORPORAL DE RATAS WISTAR.**

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la

Universidad Nacional Autónoma de México

Para la obtención del Título de

Médico Veterinario Zootecnista

por

Emiliano Tesoro Cruz

Asesor: MVZ. M. en C. Rafael Hernández González

México D. F.

1996

DEDICATORIAS

Gracias a Dios el esfuerzo realizado llega a su culminación.

A mis padres con mucho orgullo les dedico este humilde trabajo que gracias a su cariño, amor, comprensión y apoyo incondicional que me han brindado llevo a concluir mi formación universitaria para hacer de mi un hombre de bien.

A mis hermanos casados: Chela y Máximo

Toño y Sara

A mis hermanos solteros: Laura y David.

Muy en especial a mis sobrinitos: Chelita e Iván.

A mis profesores que gracias a ellos, influyeron, para mi formación académica.

A alguien especial que me brindó su comprensión, cariño y gran entusiasmo para los momentos difíciles; así como los momentos de felicidad que compartimos juntos, a ti Adriana.

AGRADECIMIENTOS

Hago patente una sincera alusión de gratitud a usted Dr. Hernández por el apoyo que me ha brindado.

Con un gesto de gratitud por la colaboración brindada para la realización de este trabajo a:

Dr. Lomelí, Dr. Martínez, Dr. Tena, Dra. Trujillo y Dra. Tapia.

Con un especial agradecimiento al M. en C. Daniel Ruiz Vega por el apoyo prestado para la medición de las frecuencias de las ondas ultrasónicas con un osciloscopio propiedad de la SEPI - ESIME del IPN, y en la redacción y mecanografía de la tesis en una computadora.

Con un especial gesto de amistad a Susana, Lulú y Omar por los momentos de trabajo y distracción que compartimos.

A mis amigos Daniel, Salvador, Elena, Néstor, Eduardo, Sandra y un par de Hugos.

Con un inmenso agradecimiento a mi querida y nunca mal ponderada

Universidad Nacional Autónoma de México

pero en especial a mi amada

Facultad de Veterinaria

CONTENIDO

	Página
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 Roedores Problema	4
2.2 "Plagas" causantes de pérdidas económicas	5
2.3 Enfermedades transmitidas por roedores	7
2.4 Control de roedores	8
2.5 Métodos de control indirecto	10
2.6 Métodos de control directo	11
2.7 Características del sonido y ultrasonido	16
2.8 Ultrasonido	19
2.9 Importancia del ultrasonido en la biología de los roedores	21
3. HIPOTESIS	23
4. OBJETIVOS	23
5. MATERIAL Y METODOS	24
6. RESULTADOS	27
6.1 Registro del peso corporal de las madres	27
6.2 Registro del peso corporal de los padres	28
6.3 Número de días a parto	28
6.4 Número de crías nacidas	28
6.5 Registro del peso corporal de las crías	29
6.6 Medición de la frecuencia de las ondas ultrasónicas	29
7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	31
8. LITERATURA CITADA	34
9. GRÁFICAS	40
10. CUADROS	48
11. FIGURAS	49

1. RESUMEN

TESORO CRUZ EMILIANO. Efecto de ondas ultrasónicas de 25 a 50 Mhz. sobre el rendimiento reproductivo y el peso corporal de ratas Wistar (Bajo la dirección de: MVZ. M. en C. Rafael Hernández González).

El presente trabajo se realizó con el propósito de conocer el efecto de las ondas ultrasónicas generadas por un dispositivo diseñado para ahuyentar roedores y disminuir su rendimiento reproductivo y su peso corporal. El efecto de este equipo fue estudiado en ratas Wistar mantenidas en condiciones de bioterio. Para lo cual se formaron dos grupos de ratas Wistar uno testigo y el otro experimental en donde se determinó si la acción constante de un dispositivo productor de ondas ultrasónicas, durante 12 semanas interfiere con la capacidad reproductiva de ratas Wistar, evaluada ésta por el número de días a parto, número de crías nacidas y destetadas. También se determinó la influencia de las ondas ultrasónicas en el crecimiento y desarrollo de las crías utilizando como indicador la ganancia de peso semanal desde el destete hasta la doceava semana. Los resultados obtenidos indican que las ondas ultrasónicas no afectan el peso corporal ya que mediante la prueba de mediciones repetidas se comprobó que si

bien existe diferencia aritmética no hay diferencia estadística entre ambos grupos ($p > 0.05$), salvo en la séptima y doceava semana ($p < 0.05$). En la séptima semana se le atribuye a que coincidió con la semana de destetes y, por ende, el estrés causado por la separación de las crías de sus madres fue la causa de esta excepción. En la doceava semana, existe la posibilidad de que el aparato ultrasónico afectó el peso corporal de los animales del grupo tratado. En lo que respecta a las crías el grupo tratado obtuvo 20 crías más que el grupo testigo, sin embargo no existe diferencia estadística entre ambos grupos ya que la diferencia del número de crías se debe a cualquier otra situación (azar) pero no al tratamiento empleado, por lo que las ondas ultrasónicas generadas por el aparato no afectan el tamaño de la camada. Por todo lo anterior no parece recomendable utilizar este tipo de aparatos como un método para el control de roedores.

2. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad el hombre ha implementado una variedad de técnicas para aumentar la producción de los alimentos de origen vegetal y animal; sin embargo dichos sistemas han tropezado con múltiples problemas, como la presencia de plagas. Entre las diversas plagas los roedores constituyen un importante factor que influye negativamente en la conservación de los alimentos (4).

En la actualidad los roedores constituyen un serio problema tanto para la producción como para la conservación de alimentos de origen vegetal o animal, ya que asaltan, destruyen sembradíos, causan daños en las instalaciones pecuarias y en bodegas donde se conservan los alimentos (8). Los roedores se consideran una plaga perjudicial ; al hablar sobre su control se piensa en el uso de métodos que pueden ir desde el simple uso de un artefacto contundente hasta los más sofisticados como son los dispositivos ultrasónicos. Por lo que continuamente se hace investigación sobre el control de plagas con el propósito de no solo mejorar o modificar las técnicas ya existentes sino incluso de inventar otras nuevas (4,8,16,22). Para comprender la magnitud del problema generado por los roedores, así como valorar la efectividad de los métodos de control, es

necesario revisar los principales factores que participan en el problema.

2.1 ROEDORES PROBLEMA

Los roedores constituyen un 40% del total de mamíferos existentes en la actualidad (4). Hay más de 150 especies entre ratas y ratones, la mayoría de las cuales no son domésticas (2,6). Sin embargo, solo hay tres especies que viven en estrecha relación con los asentamientos humanos (2,4):

- a) Rattus norvegicus
- b) Rattus rattus
- c) Mus musculus

Estas provienen de una misma familia y su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Animal

Phylum: Chordata

Subphylum: Tetrapoda

Clase: Mammalia

Infraclasse: Eutheria

Orden: Rodentia

Suborden: Myomorpha

Familia: Muridae

Géneros: Rattus; Mus

Especies: R. rattus

R. norvegicus

M. musculus

Dichas especies aunque no han sido domesticadas, se sienten atraídas en forma natural por los desechos del hombre buscando alimento y albergue en los ámbitos humanos o su inmediata vecindad; debido a su estrecha relación con el hombre guardan gran importancia desde el punto de vista de salud pública (2).

El control de roedores ha sido un problema sanitario y económico, ya que las ratas y otros roedores son los reservorios habituales o los vectores de muchas enfermedades graves que pueden ser transmitidas al hombre; así como ocasionar daños y perjuicios a propiedades, a los alimentos, etc., y esto siempre se traduce en fuertes pérdidas económicas (2,6).

2.2 PLAGAS CAUSANTES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

Según la FAO en 1947, los roedores, insectos y hongos consumieron 33 millones de toneladas de alimentos destinados

al hombre y con los cuales se podrían haber alimentado a 150 millones de personas (1,2).

En 1985 en México se estimó que las pérdidas por acción de las ratas y ratones fluctuaron entre 5000 millones de pesos anualmente (650 mil dólares aproximadamente), sin tomar en cuenta los daños que causen a frutales y programas forestales. Esta cifra puede dar una idea de la magnitud del problema si se toma en cuenta que la producción agrícola nacional, con base en los precios medios rurales es de 100 millones de pesos (13 millones de dólares americanos aproximadamente) (5,6,10).

En Monterrey, N.L., se presentó en mayo de 1985 la contaminación más importante detectada en México por acción de las ratas, ya que se perdieron 2 mil toneladas de leche en polvo almacenadas en bodegas de la CONASUPO, las que fueron desalojadas para enterrarlas sin que se planteara una estrategia de control de roedores antes de la desocupación de tales bodegas, lo que provocó que cientos, quizá miles de animales se desplazaran a otras bodegas que contenían alrededor de 23 mil toneladas de azúcar, la cual también fue contaminada con orina y heces, lo que según la información representó pérdidas por mil millones 907 mil 136 pesos^{1,2}

¹ Del Real José . Contaminadas 23 mil tons. de azúcar. "Diario uno más uno". 11 de mayo de 1985.

² Contaminadas las dos mil toneladas de leche que enterró la CONASUPO, Diario "Uno más Uno" mayo de 1985.

2.3 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ROEDORES

Con relación a las enfermedades transmisibles de tipo zoonótico, una de las que más ha diezclado a la población humana en la historia es la peste bubónica, transmitida por las pulgas de las ratas.

Asimismo, se han reportado el tifus exantémico murino, la triquinosis, la rabia, la disentería amibiana, la salmonelosis, la leptospirosis, el sodoku, la tularemia, la fiebre de las montañas rocosas, la fiebre recurrente, etc., todas ellas enfermedades muy extendidas y graves que tienen su punto de partida en la rata (2,11).

La forma como estos roedores transmiten enfermedades al hombre es diversa : a través de la mordedura, como sucede en el sodoku; por intermedio de las pulgas y piojos, como sucede en la peste bubónica; por intermedio de otros animales infestados como en el caso de la triquinosis; por la contaminación del agua y de los alimentos; a través de la orina y las heces de ratas eliminadoras de diversas salmonelas que producen en el hombre intoxicaciones alimenticias (11,4). La disentería amibiana, a la que el ratón es muy susceptible, se transmite también por este último mecanismo. La enfermedad de Chagas puede incubarse en los roedores y luego ser transmitida por los triatomas (7,9,36). En la transmisión de estas enfermedades intervienen

tanto las ratas de las ciudades como de las zonas rurales (2,23,30).

2.4 CONTROL DE ROEDORES

Los métodos de control que se utilizan se basan en la estructura, hábitos, comportamiento y conocimiento de las poblaciones de roedores más comunes que afectan al medio urbano, así como al agropecuario; de esta manera se establecen las bases para su combate y control (4,8,21,22).

Un factor importante en este tipo de problemas es el manejo inadecuado del medio ambiente, que en este caso es favorable para los roedores (17). Modificando las condiciones sanitarias ambientales, se evita que las ratas encuentren los alimentos o refugios apropiados para su desarrollo. Al igual que el saneamiento general de la vivienda y de la comunidad, la protección adecuada de los alimentos y las construcciones a prueba de ratas, son los mejores procedimientos para controlarlas (2,4,6,18).

La lucha debe ser continua más que intermitente; dado que los muricidas químicos son sólo auxiliares de estas medidas (2).

La dirección que se debe tomar para el control de roedores no se debe enfocar exclusivamente al uso de métodos físicos, químicos y/o biológicos, sino también utilizar uno o varios métodos de control y modificar todos aquellos factores del

medio ambiente, que favorecen el desarrollo de estos animales cuando alcanzan proporciones de plaga (17,19,21,22).

El problema se acentúa en los estratos económicos más bajos ya que es muy conocida la problemática de las áreas rurales en donde los campesinos almacenan sus cosechas alrededor de sus habitaciones e inclusive dentro de ellas mientras las consumen o venden y por lo regular dichos alimentos se encuentran mal protegidos (23).

El manejo de la basura es otro problema cotidiano, por lo que el descuido de este o la acumulación de basura en lugares inapropiados propician la presencia de esta plaga. La basura tiene un alto porcentaje de sustancias alimenticias, mismas que son aprovechadas por los roedores y además facilitan una gran variedad de elementos que se utilizan como anidaje; por ello los basureros o tiraderos son áreas que contribuyen de manera sorprendente a la proliferación de estas especies (17,22,24).

Las campañas de desratización constituyen programas sanitarios encaminados a destruir las ratas y roedores; un raticida o rodenticida es cualquier tóxico o veneno capaz de matar a las ratas (11). Para cualquier campaña de control es necesario conocer las causas por las cuales las especies animales presentan pululaciones de tipo cíclico, o las que ocurren cuando se afecta el equilibrio de un ecosistema.

Asimismo, deberán conocerse los mecanismos que presentan estos fenómenos (24,25).

Para tener éxito en las campañas de control de roedores es necesario llevar a cabo un control integrado, el cual consiste en combinar métodos de control directo (químico, físico o biológico) con otros de tipo indirecto (manejo del medio ambiente y conscientizando a la población sobre el manejo adecuado de la basura a nivel domestico y rural.

2.5 MÉTODOS DE CONTROL INDIRECTO

2.5.1. Manejo del medio ambiente

En este aspecto deben reducirse las posibilidades de refugio y protección, evitando la disponibilidad de los alimentos, factores que deben modificarse de manera contundente.

Otra medida incluye la conscientización de la población sobre el manejo adecuado de la basura y los desechos urbanos o rurales.

Hay algunos lugares que pueden ofrecer refugio y alimento a dicha plaga, estos incluyen restaurantes, mercados, basureros, terrenos baldíos, construcciones abandonadas, ríos, granjas, bodegas de alimento, fábricas, parques de diversión, etc. (17,22,26). Por ello en estos lugares se

deberá tener mucha precaución al respecto. En general se recomiendan prácticas culturales, así como medidas sanitarias que hagan ver a la población la magnitud del problema (4,6).

2.6 MÉTODOS DE CONTROL DIRECTO

Los métodos de control directo se clasifican en Químicos, Biológicos y Físicos. En los métodos químicos hay una gran variedad de venenos, fumigantes y quimioesterilizantes. Entre los venenos existen los de origen natural y los de origen sintético.

Algunos venenos de origen natural son:

- a) Escila roja (8,27)
- b) Estricnina (31,32) que actualmente no se recomienda su uso debido a los riesgos para la población humana que implica el uso de este veneno y el sufrimiento innecesario que produce a los animales.
- c) Colecalciferol (vitamina D3) (34).

Los venenos de origen sintético se subclasifican en inorgánicos y orgánicos. Entre los venenos inorgánicos se consideran:

- a) Fosforo de Zinc (27,28).
- b) Arsénico (8,31).
- c) Sulfato de talio (35).

- d) Carbonato de bario (16,27).
- e) Fósforo (8).

Los venenos orgánicos se subdividen en de "acción aguda" (no anticoagulantes) y de "acción crónica" (anticoagulantes).

Los venenos no anticoagulantes de acción aguda son:

- a) Antu (alfanaftiltiourea) (30,35).
- b) Fluoroacetato de sodio (1080) (8,31).
- c) Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) (10).
- d) Endrín (35).
- e) Norbomida (16,27).

Los venenos anticoagulantes de acción crónica se subclasifican en hidroxycumarinas e indandionas.

Hidroxycumarinas.- warfarina, fumarina y coumaclour.

Indandionas.- pival, difacinona y valone.

Hay dos grupos de rodenticidas anticoagulantes; su clasificación se basa en su estructura química. Los rodenticidas anticoagulantes actúan reduciendo la capacidad de coagulación de la sangre, lo que da lugar a hemorragias internas y externas y finalmente la muerte (4,8).

Se recomienda utilizar los fumigantes en:

- a) Exteriores: basureros, cañerías, madrigueras, etc.
- b) Interiores: almacenes, barcos, furgones, etc.

Los gases deben permanecer como mínimo 3 o 4 horas para su efectividad. Los gases utilizados son:

Cianuro de calcio
 Bromuro de metilo
 Monóxido de carbono
 Bisulfuro de carbono

Los quimioesterilizantes son sustancias químicas que causan esterilidad temporal o permanente en ambos sexos. En hembras actúa sobre la fertilidad disminuyendo el número de crías y afecta en forma directa o indirecta la maduración de los gametos antes de la copula o después de esta, evitando la fecundación, así como el desarrollo del embrión en los diferentes estados de su crecimiento. Algunos de los compuestos quimioesterilizantes son:

Clomifene, Transclomifene
 Mestranol, Quinestrol
 Etileneimine, Metalsulfonato
 Nitrofurazona, Nitrofurantoina
 Colchicina
 DH10113
 4-Vinilguayacol
 Ácido ferúlico
 Vinilfenol
 Ácido P-cumárico

Gosipol

Entre los métodos biológicos existen algunas cepas bacterianas, depredadores y control genético.

Las bacterias que se han utilizado son cultivos de ciertas cepas de *Salmonella enteritidis* con el objeto de producir una enfermedad fatal en las ratas. En la actualidad no se recomienda utilizar este tipo de control, ya que se ha comprobado que las ratas desarrollan inmunidad contra estas bacterias y resulta contraproducente porque puede constituirse en una zoonosis de graves proporciones (29,35,37).

Los depredadores han sido utilizados desde hace mucho tiempo para controlar a los roedores. A continuación se mencionan en orden decreciente de importancia:

- a) Hurones (*Putorius putorius*)
- b) Lagartos monitor (*Varanus indicus*)
- c) Mangostas (*Herpestes auropunctatus*)
- d) Comadreja (*Mustella sibirica itasti*)
- e) Gatos domésticos y salvajes (*Felis catus* y *Lynx rufus*)
- f) Perro ratonero (Terriers) (4,37).

El control genético consiste en líneas genéticas de ratas y ratones portadores de una serie de síndromes que afectan la

reproducción. Estas líneas genéticas fueron desarrolladas y se mantienen por la Internacional Foundation for the Study of Rat Genetics and Rodent Pest Control (INTROGENE) y la Universidad de Oklahoma (30,38).

En los métodos físicos hay una diversidad de trampas y aparatos ultrasónicos. Las trampas existentes en el mercado son:

Trampa de muelle: conocida también como "rompelomos", "quebrantahuesos"; tienen una base de metal o de madera y su funcionamiento se basa en un alambre grueso el cual acciona a un resorte que a su vez es activado por un gatillo. Son muy comunes y usuales, las hay de 9 por 18 cm para ratas y de 5 por 10 cm para ratones.

Trampa de acero: está hecha de dos quijadas de acero que se cierran juntas por medio de un solo resorte plano, que es accionado por un gatillo de plataforma y está en medio de las dos quijadas. Tiene una cadena que se fija al piso y con esto se evita que el roedor la acarree a su guarida.

Trampa de jaula o caja: está fabricada con diferentes materiales como tela metálica, plástico, madera, etc; hay de forma ovaladas, rectangulares y tipo japonesa; cuenta con una abertura por donde la rata puede entrar pero no salir, así como una cámara de entrada y una de cebo.

Recientemente se ha difundido el uso de aparatos generadores de ultrasonido para ahuyentar a los roedores y otras plagas de ciertos lugares (4,17,39). Algunos equipos ultrasónicos sugieren que el dispositivo produce "ondas de vibración ultrasónicas pulsantes" que motivan a los roedores a huir, y por ende ayudan al control de los mismos. También se argumenta que las "ondas de vibración ultrasónicas atacan a los sistemas auditivo y nervioso de la gran mayoría de las plagas causándoles dolor y malestares"¹. Teóricamente, según los fabricantes, la funcionalidad de estos equipos es buena. Sin embargo, existen reportes que cuestionan la utilidad de estos aparatos (39). Una desventaja reportada es que el dispositivo ultrasónico tiene un alto costo (4,17).

2.7 CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO Y EL ULTRASONIDO

Todos los fenómenos acústicos se verifican en el seno del aire, al producirse el sonido no hay un movimiento neto del aire como un todo, sino que se turban las moléculas que están en equilibrio y cuando dicha perturbación se extingue (ha pasado la onda), las moléculas recobran su posición inicial. La propagación del movimiento se produce por un acercamiento o compresión de las moléculas, que avanza seguido a continuación por un alejamiento o expansión de las mismas (14,15). La energía de la fuente del sonido se comunica al medio y se propaga en este (14).

¹ Manual de operación "RIPELTRONIC" de electrónica STERENSA de CV.

Para producir una onda sonora se necesita que un objeto vibre, de esta manera se forma una onda longitudinal de compresión y expansión alternadas, este proceso se repite y se repite mientras el objeto esté vibrando. Al formarse dos zonas de compresión con una de expansión entre las mismas, al conjunto se le denomina onda longitudinal (pues las oscilaciones se desarrollan longitudinalmente) (14). La longitud de onda es el espacio necesario para que se verifique un ciclo de la perturbación en su totalidad (15). La curva que se obtiene es una senoide que se compone de puntos de amplitud máxima y mínima que constituyen las crestas y los valles (ver figura No. 1).

Esta manera de representar las oscilaciones moleculares facilita el estudio y la comprensión del movimiento ondulatorio que es la forma como normalmente se representa. Por su construcción, esta curva es cualitativa y cuantitativa; esto es, la parte de curva por debajo o por arriba de la horizontal nos indica si las moléculas están a la izquierda o a la derecha de su punto de equilibrio (13).

2.7.1 Velocidad del sonido

La velocidad del sonido, como la de todas las ondas, depende de diversas propiedades físicas del medio en el cual se propaga. Estas incluyen la temperatura, la densidad y la elasticidad o bien el estado físico de este (sólido, líquido

o gaseoso). En general, la velocidad aumenta con la temperatura y con la densidad (14).

2.7.2 Intensidad del sonido

Conceptualizando lo fuerte o débil de un sonido, que tenga un significado claro y que sea medible; se ha utilizado el concepto de intensidad de onda sonora, o simplemente intensidad del sonido. La intensidad del sonido (I) se define como la cantidad de energía (E) que llega a la unidad de área (A) en la unidad de tiempo (t) .

$$I = \frac{E}{At} \quad [1]$$

Dicho de otra forma, es la cantidad de energía que por segundo atraviesa la unidad de superficie (1 cm².) colocada perpendicularmente con relación a la dirección de propagación (13,14,15).

2.7.3 Frecuencia del sonido

Es el número de ciclos que pasan por unidad de tiempo. La unidad está dada por ciclos por segundo (cps) y un ciclo por segundo equivale a un hertz (Hz) (14). La frecuencia se mide en Hz y es el número de oscilaciones completas, o ciclos que se realizan por un segundo. La frecuencia de una onda se

puede encontrar también en función del tiempo en el que se produce un ciclo completo. Este tiempo es conocido como el período de la onda (T) y está dado en segundos. La relación entre la frecuencia y el período de una onda está dada por :

$$f = \frac{1}{T} \quad [2]$$

donde f es la frecuencia en Hz y T es el período en segundos. Un ciclo por segundo equivale a un hertz por lo que 1000 cps equivalen a un kilohertz (kHz) y 1000 000 de Hz equivalen a un megahertz (MHz) (12).

2.8 ULTRASONIDO

El oído humano es capaz de percibir las frecuencias comprendidas entre 16 Hz y 20 000 Hz (13,15). Los sonidos con frecuencias inferiores a los 16 Hz son conocidas como presonidos o infrasonidos, y los que tienen frecuencias superiores a los 20 000 Hz son llamados ultrasonidos. Para definir a estos ultrasonidos, se parte del límite superior de la audibilidad humana. Físicamente no existe más diferencia entre sonidos y ultrasonidos que la mayor frecuencia de éstos (14).

Los ultrasonidos se clasifican como de alta, media y baja frecuencia. Los de baja frecuencia comprenden la banda de 20,000 a 100,000 Hz; los de media de 100,000 Hz a 1,000,000 de Hz. Los valores superiores a un millón de Hz corresponden a ultrasonidos de alta frecuencia (15).

El valor diminuto de la longitud de onda de los ultrasonidos es el factor que ha hecho posible en muchos casos la aplicación de estas ondas. El aire absorbe fuertemente las frecuencias altas. Su compresibilidad y viscosidad lo convierten en un medio opaco a los ultrasonidos, que por muy intensos que sean quedan anulados a una distancia muy corta.

La humedad relativa del mismo influye notablemente sobre su grado de viscosidad, disminuyendo con el aumento de la humedad, por lo que la atenuación debida a la viscosidad disminuye con el aumento de la humedad relativa (14).

Para efectos de reverberación en un local, esta atenuación supone un elemento más a tener en cuenta. La humedad relativa deseable depende en parte de la temperatura, y puede considerarse un valor aproximado de un 50 % (15).

En cuanto a la aplicación de los ultrasonidos, las ondas ultrasónicas han adquirido gran importancia en los últimos años. Sus propiedades específicas han sido aplicadas a la industria, a la señalización, a la Medicina y a muchos otros

campos (15), como en la agricultura para el control de plagas (insectos) (39).

2.9 IMPORTANCIA DEL ULTRASONIDO EN LA BIOLOGÍA DE LOS ROEDORES.

En algunos estudios hechos en la década de los 80's y parte de los 90's se demostró que las ratas mantienen un rango de comunicación entre 20 y 70 KHz. (4,40,41). Muchos roedores tienen su pico de audición sensitiva en el rango de 30 a 60 KHz. y van en aumento las evidencias de que los ultrasonidos son usados para comunicación en pequeños primates, roedores y posiblemente en gatos (43).

Las ratas distinguen sonidos y poseen un agudo sentido del oído. Los ruidos habituales no les incomodan, pero el más ligero ruido basta para ponerlos en fuga (4,11). Brudzynski y col. analizaron vocalizaciones ultrasónicas de ratas a 22 KHz. dentro de un rango de 20 a 29 KHz. y concluyeron que este nivel de frecuencia es utilizado por las ratas en una variedad de situaciones de comportamiento como son: comportamiento sexual, encuentros agonísticos, en la defensa contra predadores y en respuesta a estímulos aversivos (40). Esto lo demostró también Sales Gillian D. en un estudio donde examinó los efectos de llamados de 22 a 38 KHz. sobre el comportamiento de los individuos; todas las ratas fueron

expuestas a ruidos grabados antes y después del signo de prueba. Ambos signos ultrasónicos, y particularmente los llamados de 22 KHz, disminuyen la actividad locomotora en ratas (42).

Portavella M. y col. apoyan la hipótesis de que las vocalizaciones de 22 a 28 KHz. durante interacciones entre machos están asociadas con posturas de defensa y no son consecuencia de un estado de miedo o antipatía (45). H. Takeuchi también concluye que los ultrasonidos (vocalizaciones de 22 a 28 KHz.) emitidos durante encuentros agresivos tienen poco efecto en la comunicación de las ratas macho (44).

El hecho de que frecuencias de ultrasonido mayores a 20 000 Hz. son audibles para la rata y de que responden con diferentes formas de comportamiento ante este tipo de estímulos incluyendo la huida ha llevado a algunas compañías a fabricar dispositivos generadores de ultrasonido para uso doméstico e industrial para el control de roedores. Sin embargo se ha cuestionado el uso de estos dispositivos ya que las ondas ultrasónicas viajan en línea recta, no se reflejan y además no pueden atravesar objetos que se les interpongan (13,20). Otro aspecto descrito en contra de estos artefactos es que los roedores se pueden acostumbrar al sonido emitido, por lo que el aparato funciona solo por algún tiempo (4). Sin

embargo, no hay pruebas experimentales que apoyen las suposiciones mencionadas.

3. HIPOTESIS

Las vibraciones de las ondas ultrasónicas pulsantes producidas por un dispositivo comercial para control de plagas atacan a los sistemas auditivo y nervioso de las ratas causandoles dolor y malestar que interfieren y afectan con los procesos reproductivos y el crecimiento de las ratas.

4. OBJETIVO

1.- Determinar la acción constante durante 12 semanas de un dispositivo productor de ondas ultrasónicas sobre ratas Wistar maduras sexualmente sobre su capacidad reproductiva evaluada por el número de días a parto, número de crías nacidas y destetadas.

2.- Determinar bajo las mismas circunstancias el crecimiento y desarrollo de las crías de la séptima a la doceava semana del experimento.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el bioterio de la Unidad de Investigación Experimental del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán".

Se utilizaron 30 ratas Wistar jóvenes, de 9 a 10 semanas de edad con un peso corporal aproximado de 190 a 220 gr, primerizas, clínicamente sanas y que no fueron sometidas a ningún procedimiento experimental previo. Dichos animales se desparasitaron con Ivermectinas (Ivomec, 10 mg/ml, Merck and Co. Rahway, N.J.) con una dosis de 0.1 ml por animal por vía subcutánea (28).

Los animales se dividieron en 2 grupos, uno experimental y el otro testigo de 10 hembras y 5 machos cada uno, y a su vez en cada grupo se formaron 5 subgrupos llamados "unidad reproductiva", la cual se constituyó por 2 hembras y 1 macho; cada grupo se alojó en cuartos distintos bajo un ambiente controlado de 20 a 22 grados centígrados de temperatura y humedad relativa de 50 a 60 % \pm 5 . Además al cuarto del grupo experimental se le anexó el dispositivo ultrasónico activado en todo momento desde el inicio hasta la finalización del experimento. El artefacto ultrasónico se ubicó 1 metro y medio en frente del anaquel y a una altura de 1.70 m.

Cada unidad reproductiva se alojó en jaulas de policarbonato con cama esterilizada de viruta de madera y se acomodaron en anaqueles de acero inoxidable; el cuarto consta de 5 por 3.5 metros y 2.40 de altura, tiene un sistema de inyección y extracción de aire, además de tener controlador de tiempo de iluminación a 12 horas de luz y 12 horas de obscuridad; también se cuenta con termohigrómetros los cuales registran la temperatura y humedad del cuarto.

El experimento tuvo una duración de 12 semanas en ambos grupos, y una semana antes de comenzar el experimento se organizaron los grupos en su respectivo cuarto con el objeto primordial de que se aclimataran a las condiciones ambientales controladas.

Al iniciarse el experimento se formaron las unidades reproductivas y se registraron pesos de cada una de las ratas y así sucesivamente cada semana, pero en los machos se finalizó su registro de pesaje a la octava semana y en las hembras se continuó hasta la doceava semana.

Después de constatar que las hembras habían quedado preñadas, se mudaron a jaulas individuales dentro del mismo ambiente experimental donde nacieron y se desarrollaron las crías. Posteriormente se registró el peso de las crías desde el

destete hasta que concluyó el experimento que coincidió con la doceava semana.

Para corroborar si efectivamente el aparato ultrasónico emitía en el rango deseado, se contó con el apoyo de un osciloscopio. Con este equipo se realizaron mediciones y se obtuvieron las características de voltaje y frecuencia de las señales emitidas por el aparato ultrasónico. Las señales medidas se muestran en las gráficas 5,6,7 y 8.

Para evaluar el experimento, se hizo un análisis estadístico con el programa "SAS", llevándose a cabo una prueba de mediciones repetidas.

6. RESULTADOS

6.1 REGISTRO DEL PESO CORPORAL DE LAS MADRES

El peso corporal de las madres, registrado durante doce semanas (gráfica 1) demostró que el grupo testigo se comportó con pesos ligeramente más altos que el grupo experimental a lo largo del experimento, salvo en la quinta semana en la que al grupo experimental se le encontró pesando un poco más que el grupo testigo, seguramente debido a que estaban en la semana de partos y el grupo experimental tuvo un mayor número de crías. La mayor parte de los partos se repartió entre la cuarta y quinta semana del experimento. De acuerdo al análisis estadístico aplicando la prueba de mediciones repetidas, se hizo evidente que aunque hubo diferencia aritmética en el registro del pesaje semanal, no existió diferencia estadística entre ambos grupos a excepción de la séptima y la doceava semana. En la séptima semana se le atribuye a que coincidió con la semana de destetes y por ende el estrés que causó la separación de las crías de sus madres fue la causa de esta excepción. En la doceava semana, existió la posibilidad de que el aparato ultrasónico afectó el peso corporal de los animales del grupo tratado.

6.2 REGISTRO DEL PESO CORPORAL DE LOS PADRES

En cuanto al peso de los padres, muestreado durante 8 semanas (gráfica 2), se observó de manera similar al inciso anterior, mediante la prueba de mediciones repetidas, que aunque hubo diferencia aritmética entre ambos grupos, no existió una diferencia estadística, por lo que el aparato ultrasónico no afectó el peso corporal de los animales tratados.

6.3 NÚMERO DE DÍAS A PARTO

Se obtuvo que en el grupo testigo el promedio fue de 31.5 días y en el grupo experimental el promedio fue de 29.7 días a parto (cuadro No. 1). Aunque la diferencia fue de 1.8 días a favor del grupo tratado, no tuvo significancia estadística apoyándose en el estudio estadístico de mediciones repetidas.

6.4 NÚMERO DE CRÍAS NACIDAS

El grupo experimental obtuvo 107 crías (55 hembras y 52 machos), y el grupo testigo obtuvo 87 crías (44 hembras y 43 machos) (cuadro No. 2), por lo que existió una diferencia de 20 crías a favor del grupo tratado. Sin embargo, al hacer el análisis estadístico mediante la prueba de mediciones

repetidas, esa diferencia en el número de crías se debió a cualquier otra causa (azar) y no al tratamiento empleado. Por ende, el aparato ultrasónico no afecta el tamaño de la camada.

6.5 REGISTRO DEL PESO CORPORAL DE LAS CRÍAS

Se registró el peso de las crías machos (gráfica 3) y hembras (gráfica 4) desde la séptima semana hasta la doceava semana. En ambos grupos, de acuerdo al estudio estadístico de mediciones repetidas, no existió diferencia. Se demostró con esto que el desarrollo del grupo experimental no fue afectado por el tratamiento empleado, por lo que se hace evidente que las emisiones ultrasónicas de 33 a 50 kHz no afectan el peso corporal de las crías.

6.6 MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE LAS ONDAS ULTRASÓNICAS

Para la medición de la frecuencia de las ondas ultrasónicas, se empleó, como se mencionó en la sección de materiales y métodos, un osciloscopio. Se grabaron las formas de onda de las señales ultrasónicas y se presentan las mediciones obtenidas en las gráficas 5 a 8. En la gráfica 5 se muestra la medición de la señal ultrasónica para un intervalo de

tiempo de 0 a 10 ms. Se puede observar en esta gráfica que la frecuencia de la señal no es constante sino que varía con el tiempo, ya que las distancias entre las crestas de la ondas no son constantes. Para encontrar los rangos en los que varía la frecuencia, se analizó la señal en tres intervalos distintos. El primero, mostrado en la gráfica 6, va desde 0.1 a 0.28 ms. La frecuencia de la señal en este intervalo es de 50 kHz aprox. El segundo intervalo se consideró desde 4.8 a 5.2 como se presenta en la gráfica 7. La frecuencia de la señal para este intervalo es de 33.33 kHz aprox. El último intervalo de tiempo considerado va de 9.2 a 9.6 ms. La señal medida se muestra en la gráfica 8 y tiene una frecuencia aproximada de 40 kHz.

En cada uno de los intervalos mencionados, se obtuvo el período de la onda ultrasónica como el tiempo entre dos crestas (período T) y se calculó la frecuencia utilizando la ecuación [2].

En general, por las mediciones obtenidas se puede establecer que la frecuencia de la señal ultrasónica emitida por el aparato varía continuamente en un rango de frecuencias dado. El rango de variación de frecuencia medido del aparato fue de 33 kHz a 50 kHz

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo al resultado obtenido del peso de los padres durante 8 semanas se infiere que el aparato ultrasónico no influye en la disminución del peso corporal.

En el pesaje de las madres del grupo tratado se observó una diferencia estadística a la doceava semana, que existe cierta influencia en la disminución de peso corporal provocada por el ultrasonido, por lo que para futuros trabajos sería conveniente diseñarlos con una prolongación más de tiempo.

Las vibraciones ultrasónicas de 33 a 50 KHz emitidas por el aparato ultrasónico y de acuerdo a los resultados obtenidos en número de crías nacidas y destetadas demuestran que estas vibraciones ultrasónicas no tienen influencia en las ratas gestantes para que procreen un menor número de crías, aunque los resultados refieran 20 crías más a favor del grupo tratado, esto, no se debió al efecto del ultrasonido sino al azar o cualquier otra causa.

Tampoco existió evidencia de que el aparato ultrasónico afectara el peso de las crías experimentales. Las crías tratadas tanto en hembras como en machos tuvieron una curva de crecimiento muy semejante a las de su homólogo del grupo testigo. Por lo que nuevamente se pudo comprobar que en

ningún momento a lo largo del desarrollo de las crías, las tratadas resultaran con dolor o malestares reflejándose en estrés y por ende en disminución de peso corporal.

Sería importante y de sumo interés hacer otros trabajos similares en condiciones controladas, ajustando e investigando el rango de frecuencia idóneo que los roedores realmente relacionen con situaciones de miedo o molestia para posteriormente los resultados que se obtengan llevarlos a la práctica en espacios amplios y cerrados como bodegas.

A partir de este trabajo concluimos que el uso de emisiones ultrasónicas de 33 a 50 kHz no es una buena alternativa para el control de roedores, ya que si el ultrasonido emitido ataca los sistemas auditivo y nervioso de las ratas causándoles dolor y malestares, como lo refiere el manual de operación del aparato ultrasónico, al evaluar aspectos reproductivos se hubieran manifestado resultados negativos hacia la reproducción. Por lo anterior se hace incapié en que deberían preocuparse los fabricantes de aparatos ultrasónicos en afinar más sus productos antes de lanzarlos al mercado y respaldarlos con referencias bibliográfica o con investigación propia, ya que no se han reportado investigaciones que utilicen este tipo de equipos en condiciones controladas. El estudio del efecto del ultrasonido en los roedores es por lo tanto un área

interesante a explorar para ayudar a hacer más efectivos este tipo de aparatos en el control de plagas.

8 LITERATURA CITADA

1. - Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Vándalos de granos almacenados. Roma, 1947.
2. - San Martín, H.: Salud y Enfermedad , La Prensa Médica Mexicana; 4a. ed.; México , 1988.
3. - Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO). Manejo de conservación de granos y semillas. Manual Centro Conasupo de capacitación , S.C. (sin fecha).
4. - Velasco S.A. y Nava N.R.: Ratas y Ratones Domésticos Métodos y alternativas para su control. ; Limusa ; 1a. ed.; México , 1988.
5. - Gonzáles, R. A.: Roedores plaga en las zonas agrícolas del Distrito Federal. Instituto de Ecología. Publicación No. 7 Nuevo Bosque de Chapultepec. México, 1985.
6. - Inzúa, C. V.: ¿Por qué la rata? La reflexión del trabajo social ante la fauna nociva. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Trabajo Social, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1985.
7. - Voge, M.: Parasitología, diagnóstico, frecuencia y tratamiento; Manual moderno, México, D.F. 1984.
8. - Ituarte, S. R.: Medidas de control de roedores en las instalaciones pecuarias y sus repercusiones

- socioeconómicas. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1978.
9. - Kudo, R. R.: Protozoología, Compañía editorial continental, 6a ed. México, D.F., 1980
 10. - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Rata de campo. Manual de operación. Dirección General de Sanidad Vegetal. Campaña Nacional contra Roedores. Fitófilo No. 74. México, 1983.
 11. - Dykstra, R. R.: Higiene animal y prevención de enfermedades; Labor S.A.; 1a ed.. Barcelona. España , 1970.
 12. - Kenneth, J.W. and Taylor, A.: Manual de ultrasonografía; UTEA. 3a. ed. 1988.
 13. - Carlin B. : Ultrasonica, URMO 1a. ed. España, 1969.
 14. - Miñana, P. J.: Compendio Práctico de acústica; Labor 2a ed.. Barcelona. España , 1972.
 15. - Cetto, K. A. M.; Domínguez, A. H.; Lozano, M.; Tambutti R. R. y Valladares, C.A.: El mundo de la Física "Ondas, Luz y Sonido". Trillas; 1a. ed. ; México, 1983.
 16. - National Academy of Sciences: Control de plagas de plantas y animales. Problemas y Control de Plagas . Vol. 5. Limusa , México . 1978.
 17. - World Health Organization: Vector Control in International Health. Biology and Control of Domestic Rodents. Geneve, 1972.

18. - López Portillo y Ramos, M.: El medio ambiente en México: Temas, Problemas y Alternativas. Fondo de Cultura Económica. México , 1982
19. - Camby, T. Y.: The Rat Lapdog of the devil Nacional Geographic Society. Official Journal . Vol. 152 No. 1 Washington D.C. 1975
20. - Howard, W. E.: Methods and Approach to Rodent control in Tropic Countries. Seminar an Workshop on Pest and Pesticide Management in the Caribbean, Barbados. Consortium for Crop Protection. November 1980
21. - Howard, H. E. And Marsh, R. E.: Improvements Needed in Rodent Control Research. Reprinted from: University of California, EUA. , September, 1975
22. - Shnaas, H. G.: La Lucha contra las Ratas y Ratones Domestico; Lab. Helios , 1969
23. - Barnes, A. M.: Problems of Radent Control in Rural Tropical Areas. World Health Organization. Bulletin , Vol. 52, Washington D. C. , 1975
24. - Organización Mundial de la Salud.: Ecología y lucha Contra los Roedores de Importancia Sanitaria. Informe de un Grupo Científico de la OMS. Serie de Informes Técnicos 553. OMS. Ginebra 1974
25. - Acot, P.: Introducción a la Ecología; Nueva Imagen, 1a ed., México , 1978
26. - Urbalejo, V.: Divulgación necesaria en la organización de una campaña general contra la rata de campo (Sigmund

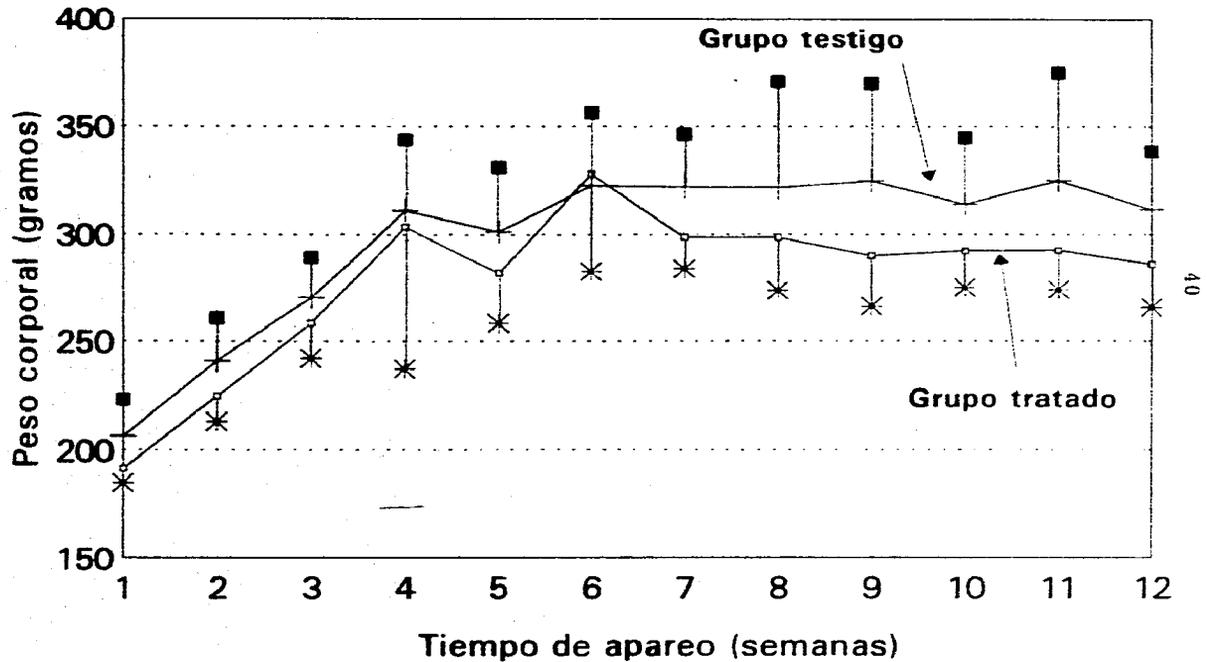
- Hispidus Say; Rattus norvegicus).Tercer Simposio Nacional Nacional de Parasitología Agrícola. México ; 1975
27. - Gratz, N.G.: A critical review of currently used single dose rodenticides. World Health Organization. Bulletin 1973
28. - Gregory, P. K.; Darrell, E. H. and Daniel, H. R.: Eradication of Pinworms from Rats by Using Ivermectin in the Drinking Water; Vol. 34 . No. 2 March ; 1995 Contemporary Topics.
29. - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.: Primeros auxilios y tratamientos de envenenamientos por plaguicidas ; Dirección General de Sanidad Vegetal. Fitófilo No. 72; México, 1972
30. - Sánchez, A.; Navarrete, F. S.: Roedores y Lagomorfos. Colegio de Ingenieros Agrónomos de México, México, 1981
31. - Lisella, F. S.; Long, K. R. and Scott, H.G.: Toxicology of radenticides and their relation to human health. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Nov.-Dec. , 1970
32. - Greaves H. J. : Rodent Pests and their control in the near éast, FAO; Rome, 1989
33. - N. R. H. Burgess: Public Health Pests. Chapman and Hall ; 1a. ed. ; USA. 1990
34. - Flores, R. P. G. de la L. : Evaluación de la eficacia del colecalciferol (vitamina D3) como rodenticida en

- ratas cepa Wistar y ratones CD1. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. , 1993
35. - Cremlyn, R.: Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Limusa, 1a ed., México 1982
36. - Quiroz, R.H.: Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. LIMUSA, 1a ed. , México D.F., 1984
37. -Kazimierz, W.: Prospects for biological control of rodents as basis for control. World Health Organization. Bul.Wld.Hlth.Org. Switzerland,1973
38. - Marsh, R.E. and Howard, W. E.: Prospects of chemosterilant and genetic control of rodents. Bull. Org. Mon. Santé. Bull. Wld. Hlth. Org. Switzerland, 1973
39. - OE Reviw of Agricultural Entomology 1993: Ultrasonic and subsonic devices for controlling rodent and insect pest in dwellings and agriculture are described crytically.
40. - Brudzynski, S. M.: Analysis of 22 Khz. Ultrasonic Vocalization in laboratory rats : Long and short calls Physiology and Behaviour Vol. 54 pp. 215 -221, 1993
41. - Barfield, R. J. ; Averbach, P.; Geyer, L.A. and Mc Intosh, T.K.: Ultrasonic vocalizations in rat sexual behaviour. Am. Zool., 19: 469-480; 1979

42. - Sales, G. D.: The effects of 22 Khz. calls and artificial 38 Khz. signals on activity in rats
Behavioural Processes 24 pp. 83-93; 1991
43. - Milligan, S.R.: Sound Levels in Rooms Housing Laboratory Animals : An uncontrolled Daily Variable Physiology and behaviour ; Vol. 53 , pp. 1067- 1076. 1993
44. - Hiroaki, T. and Sellchiro, K.: Ultrasonic Vocalizations and Aggressive Behaviour in male rats ; Physiology and Behaviour , Vol. 38 pp. 545-550 , USA. , 1986
45. - Portavella, M.; Depaulis, A. and Vergnes, M.: 22-28 Khz ultrasonic vocalizations associated with defensive reactions in male rats do not result from fear or aversion. Psychopharmacology

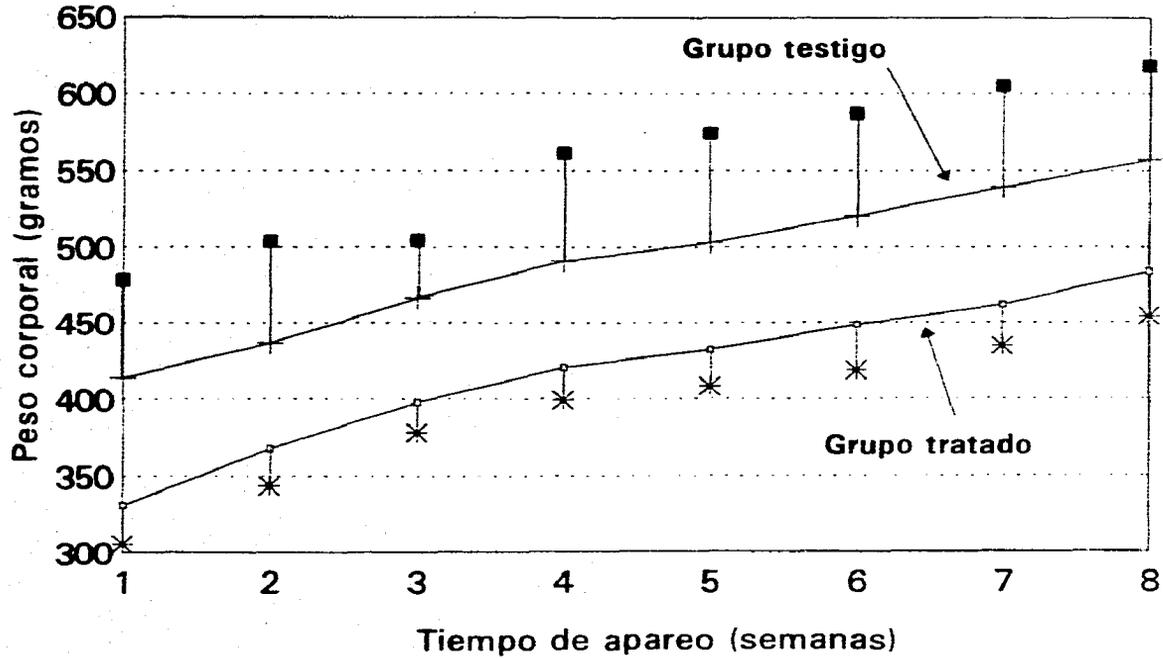
GRAFICA No. 1

PESO CORPORAL DE LAS MADRES

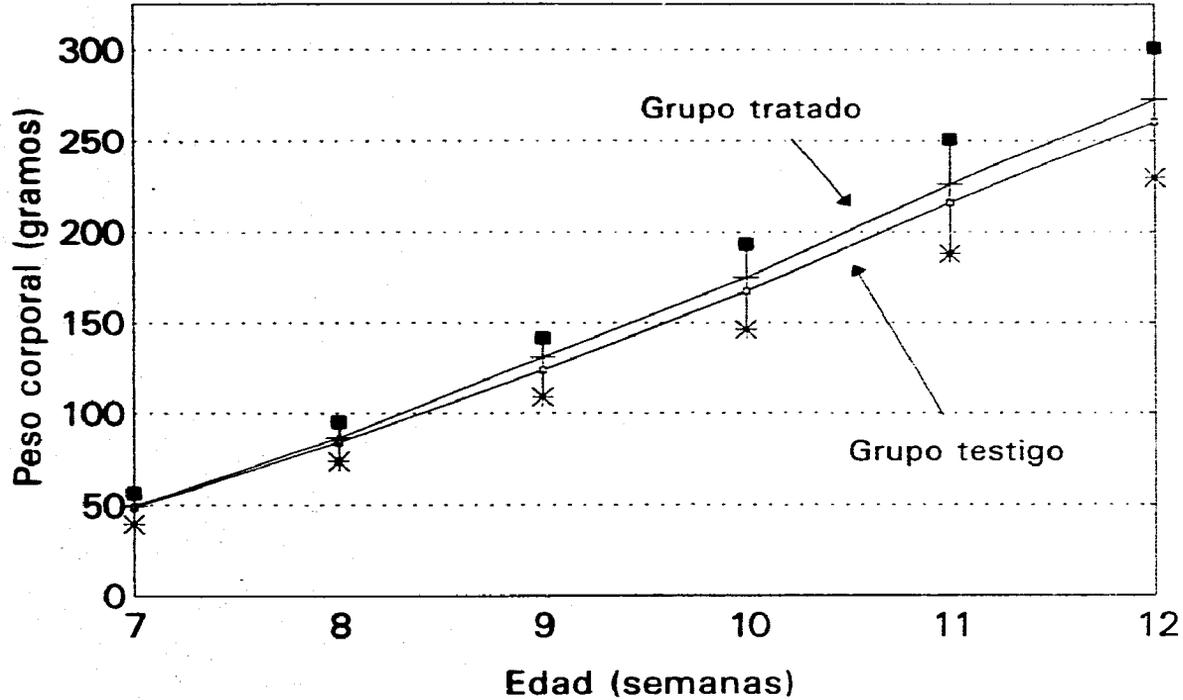


GRAFICA No. 2

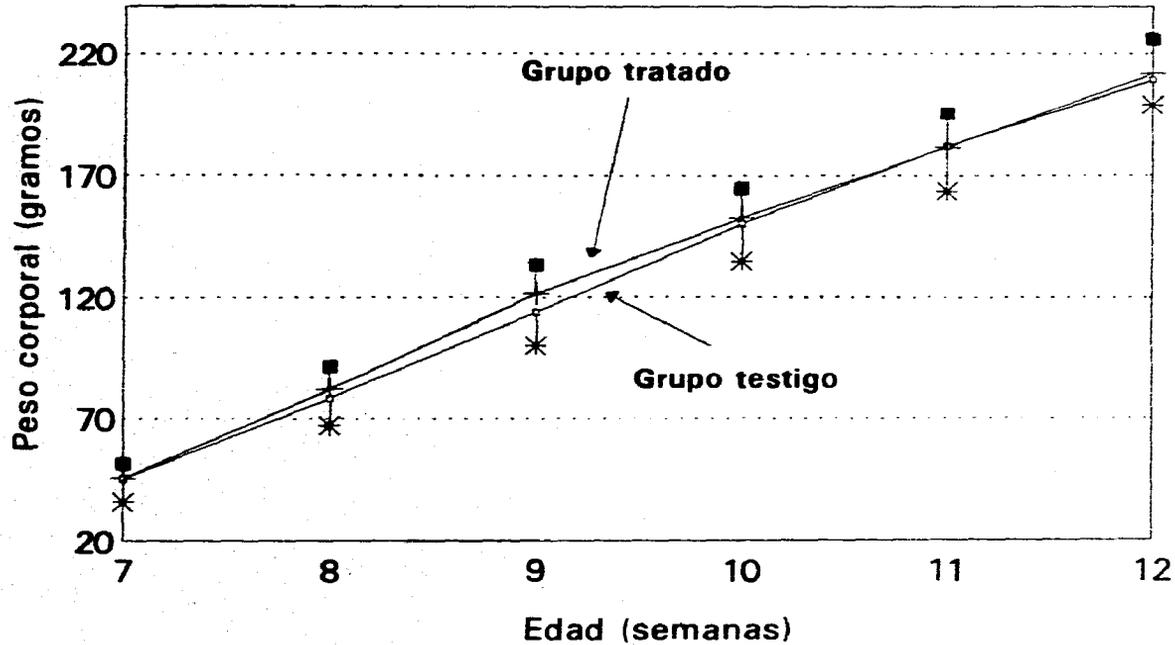
PESO CORPORAL DE LOS PADRES



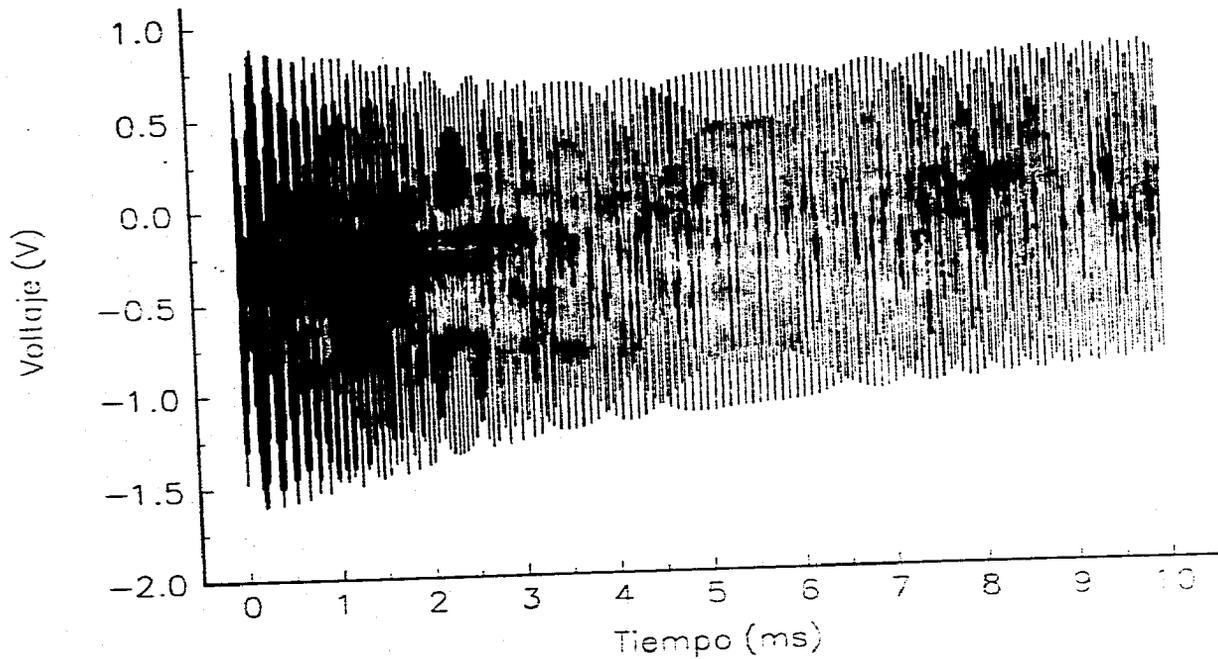
PESO PROMEDIO DE CRIAS MACHOS



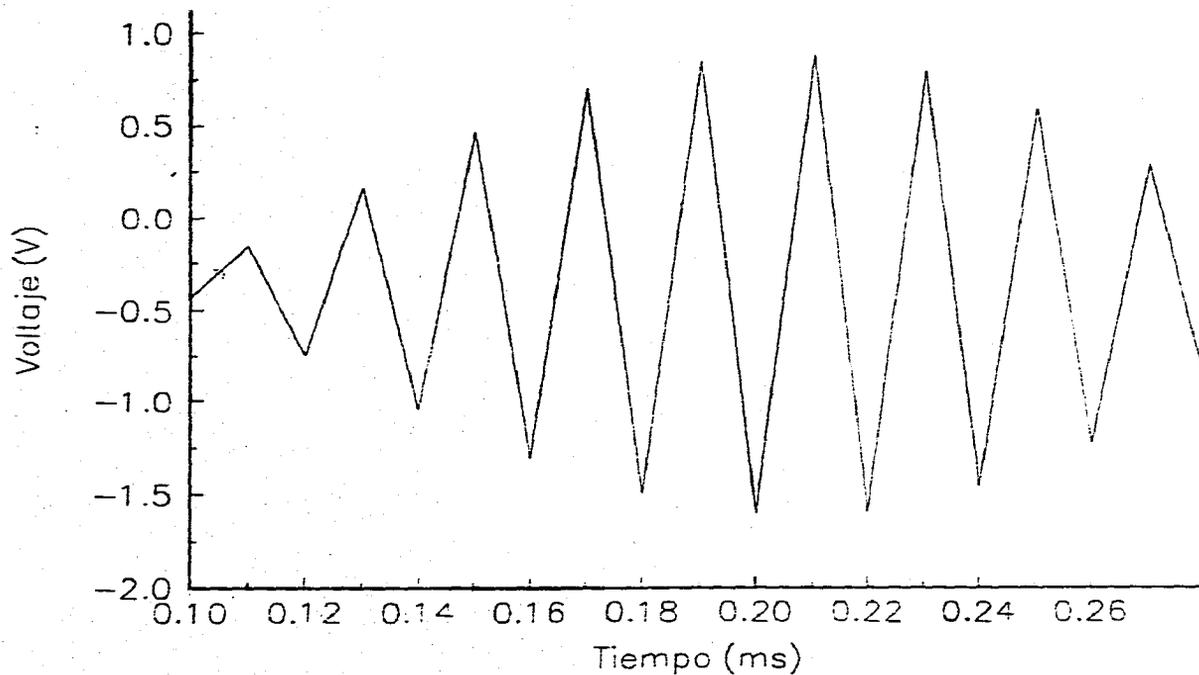
PESO PROMEDIO DE CRIAS HEMBRAS



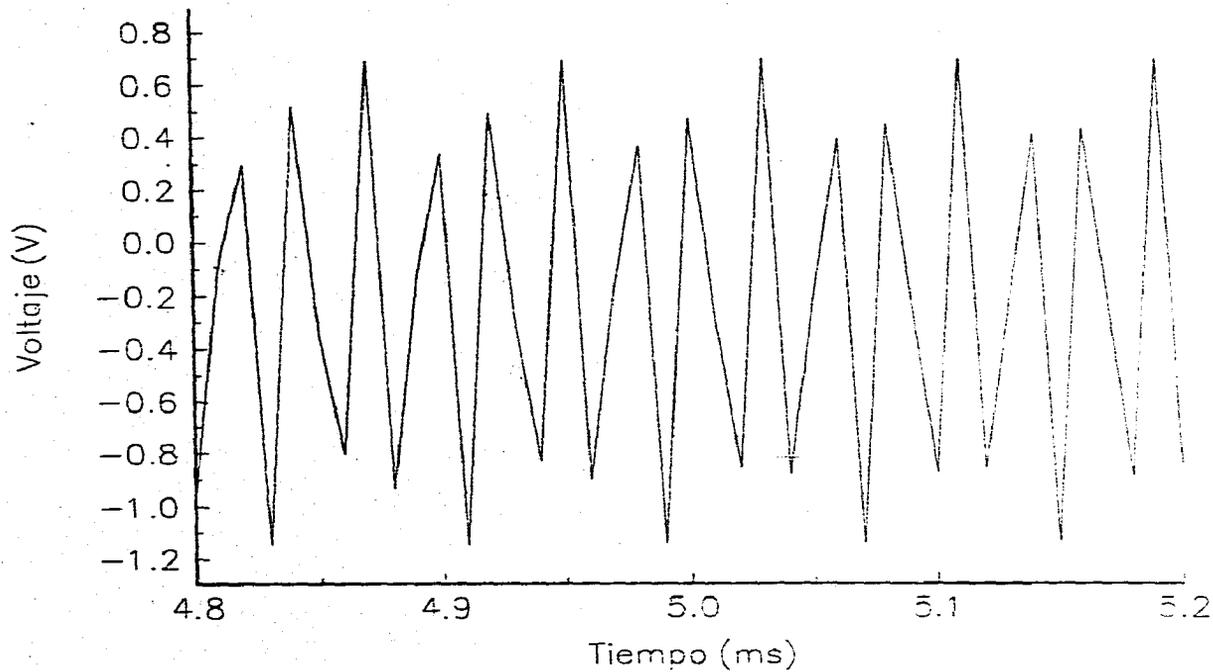
Grafica No.5
Ultrasonido emitido por el aparato ultrasonico



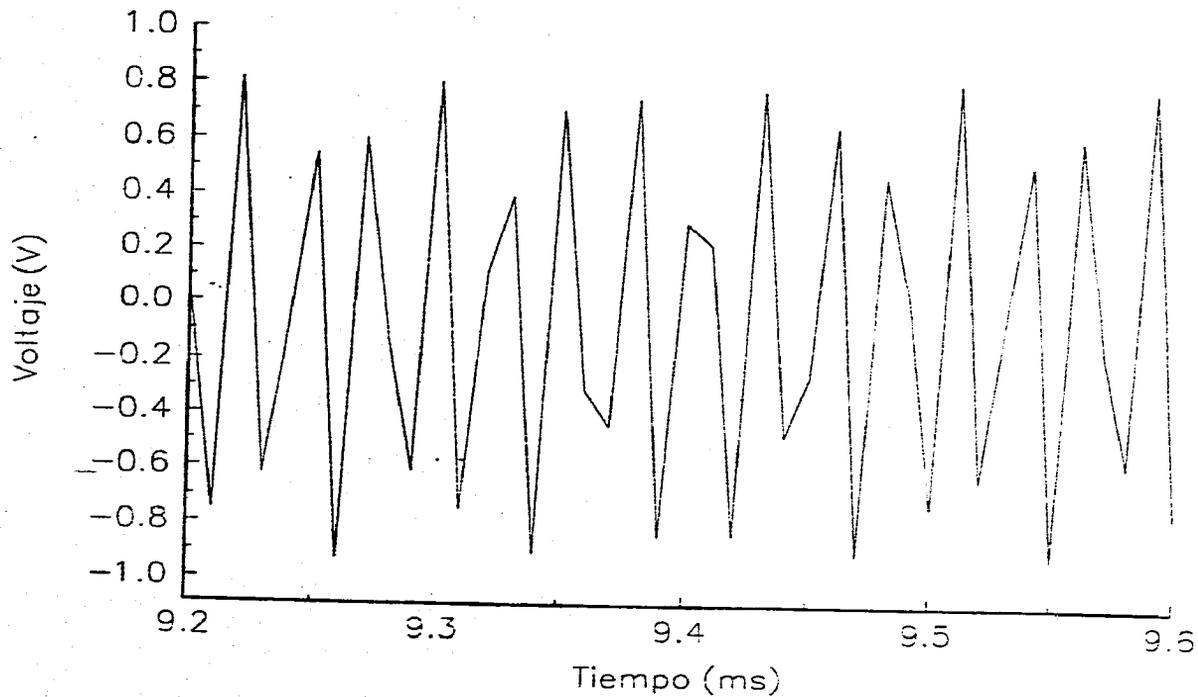
Grafica No.6
Ultrasonido emitido por el aparato ultrasonico, 50 kHz



Grafica No.7
Ultrasonido emitido por el aparato ultrasonico, 33.33 kHz



Grafica No.8
Ultrasonido emitido por el aparato ultrasonico, 40 kHz



10. CUADROS

Cuadro 1: Número de días a parto.

GRUPO EXPERIMENTAL		GRUPO CONTROL	
ID	DÍAS A PARTO	ID	DÍAS A PARTO
1	26	2	26
3	24	4	36
5	26	6	24
7	41	8	25
9	24	10	37
11	26	12	26
13	24	14	36
15	41	16	52
17	37	18	24
19	28	20	29
Σ	297	Σ	315
\bar{X}	29.7	\bar{X}	31.5
σ	7.07	σ	8.89

Cuadro 2: Número de crías nacidas.

GRUPO EXPERIMENTAL					GRUPO CONTROL				
ID	H	M	N.C.N.	N.C.D.	ID	H	M	N.C.N.	N.C.D.
1	3	8	11	11	2	1	1	2	2
3	5	4	9	9	4	2	2	4	4
5	7	6	13	13	6	3	2	5	5
7	8	5	13	13	8	7	2	9	9
9	1	6	7	7	10	4	7	11	11
11	7	2	9	9	12	4	4	8	8
13	6	5	11	11	14	6	5	11	11
15	6	4	10	10	16	4	5	9	9
17	7	8	15	15	18	8	5	13	13
19	5	4	9	9	20	5	10	15	15
Σ	55	52	107	107	Σ	44	43	87	87
\bar{X}	5.5	5.2	10.7	10.7	\bar{X}	4.4	4.3	8.7	8.7
σ	-	-	2.4	-	σ	-	-	4.08	-

11. FIGURAS

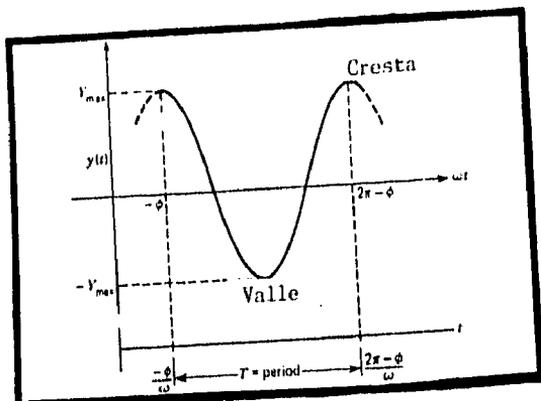


Figura 1: Representación de una onda de sonido.