



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“EFECTO DEL GRADO DE ACIDIFICACION DEL AGUA
DE BEBIDA SOBRE EL INDICE DE CONVERSION
ALIMENTICIA DE RATONES DE LA CEPA N.I.H.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
SALVADOR GUADALUPE SANCHEZ FABELA**

**ASESORES: M.V.Z. MIGUEL ANGEL MARTINEZ CASTILLO
M.V.Z. CARLOS VILLAGRAN VELEZ
M.V.Z. ANA ESTELA AURO DE OCAMPO**

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

CONTENIDO

| | |
|-------------------------|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCION..... | 3 |
| MATERIAL Y METODOS..... | 8 |
| DESARROLLO..... | 10 |
| RESULTADOS..... | 14 |
| DISCUSION..... | 16 |
| CONCLUSIONES..... | 19 |
| LITERATURA CITADA..... | 20 |
| CUADROS Y GRAFICAS..... | 23 |

RESUMEN

SANCHEZ FABELA SALVADOR GUADALUPE: "Efecto del grado de acidificación del agua de bebida sobre el índice de conversión alimenticia de los ratones de la cepa N.I.H.". Asesores: MVZ Miguel Angel Martínez Castillo, MVZ Carlos Villagrán Vélez, y MVZ Ana Estela Auró de Ocampo.

En el presente trabajo se evaluó la conversión alimenticia manifestada por los ratones de la cepa N.I.H. sometidos experimentalmente al consumo de agua de bebida con valores diferentes de pH; esto con el propósito de dilucidar la discrepancia existente entre los autores en el sentido de identificar el valor del pH más adecuado con base en el índice de conversión alimenticia y en los trastornos que la deficiente acidificación puede ocasionar. El bioensayo se realizó en un Bioterio de la Secretaría de Salud. Se utilizaron 180 ratonas N.I.H. recién destetadas (edad: 21 ± 1 días; peso: 11 ± 1 g): se dividieron en 6 grupos a los cuales se les suministró agua esterilizada y acidificada con valores de pH diferentes durante 32 días: A, pH= 1.5; B, pH= 2.0; C, pH= 2.5; D, pH= 3.0; E, pH= 3.5; F, sin acidificar.

El análisis de varianza mostró diferencia estadísticamente significativas ($P < 0.05$) debidas al tratamiento, por lo que se efectuó una prueba de T de Tukey para contrastar medias,

mostrando que el mejor índice de conversión alimenticia correspondió al grupo D ($P < 0.05$); el grupo C obtuvo un índice menor. Empero, tanto el grupo D como el E y el F, tuvieron un caso de otitis cada uno lo que nos indica que a pesar de que el pH= 2.5 (grupo C) no permitió obtener el mejor índice de conversión, pero es el más adecuado para evitar la presencia de otitis, que de hecho es el objetivo de la acidificación del agua de bebida.

INTRODUCCION

La investigación biomédica requiere de animales de alta calidad que respondan a sus necesidades, ésto demanda un mayor control de parte de los bioterios que los producen. La producción de animales para laboratorio, a lo largo de muchos años ha ido perfeccionando tanto sus programas genéticos de producción, así como las instalaciones para la obtención de mejores animales para la investigación. Para lograrlo, se ha desarrollado una gran cantidad de medidas de control para obtener y mantener la calidad de los animales producidos. Dentro de las medidas más relevantes a ejecutar en el bioterio en este sentido está el control ejercido sobre la calidad de los insumos tales como: el agua, el alimento y el material de cama proporcionados a los animales (4,8,14).

El agua de bebida, es quizá una de las fuentes más importantes de transmisión de enfermedades; ésto debido a que cuando los animales toman agua la contaminan a través de su boca, saliva, manos, pelos, orina y material fecal, además de agregarle partículas de alimento y del material de cama (4). Con el paso del tiempo (+ de 2 días) al contaminarse el agua y con el incremento de la temperatura ambiental, llega a constituirse prácticamente en un cultivo. Cuando se utilizan bebederos automáticos, la alteración de la calidad del agua se suscita por un proceso similar al anterior con lo cual la conti

taminación se propaga progresivamente de válvula a válvula - (2,4,7).

Puesto que parte del agua de bebida proporcionada a través de botellas (comunmente empleado en los bioterios) (4,9,13) permanecerá en la jaula a disposición del animal de dos a cinco días, dependiendo de múltiples factores, número de animales/jaula, temperatura ambiental, lactación, tamaño de la botella, etc. El suministro de la misma en condiciones higiénicamente aceptables no se puede reducir simplemente a proporcionar agua potable. Para lograr que el agua proporcionada a los animales posea características aceptables y estables existen varios tratamientos satisfactorios, como son: filtración, irradiación, cloración, esterilización por autoclave y acidificación (4,7); algunos autores también recomiendan el tratamiento del agua con antibióticos pero lógicamente esto constituye una variable muy importante a considerar en el rendimiento de los animales que la beban durante la realización de los experimentos o aún en fases previas a éstos (4,9,13).

Todos los tratamientos del agua tienen ventajas y desventajas, sin embargo, estudios realizados afirman que la esterilización por autoclave y acidificación son los tratamientos más recomendables y combinándolos, sus resultados son aún mejores (4,13). La esterilización elimina toda forma de vida pero una vez que el agua es contaminada por el mismo animal,

pierde sus características deseables. La acidificación es un tratamiento que cuando es aplicado adecuadamente y con precaución elimina a las principales bacterias patógenas de los animales de laboratorio que pudieran utilizar como vehículo el agua de bebida; además la acidificación confiere estabilidad a la calidad higiénica del agua tratada y tiene la ventaja sobre la cloración en que su poder bactericida no se pierde al entrar en contacto con materia orgánica (4,5). Estas son las razones por las cuales la combinación de estos dos tratamientos (esterilización y acidificación) al aplicarse sobre el agua permitan que la esterilización sea adecuada y no proliferen bacterias con el paso del tiempo.

Existe discrepancia con respecto a los efectos que sobre los animales, provoca el agua acidificada y sobre el valor de pH más adecuado a utilizar.

McPherson (1963) y Hoag-Meier (1965) suministrando agua de bebida a pH de 2.8 y 2.5, respectivamente, reportan no haber identificado efectos adversos sobre el desarrollo de los animales (3); Edwin P. Les en 1968 (5) no sólo no reporta efectos detrimentales sino que señala efectos favorables sobre el desarrollo de sus animales al identificar incrementos en la cantidad de animales nacidos por camada y también en la cantidad de destetados por camada al suministrar agua acidificada con un pH de 2.5 a sus ratones durante seis meses.

Lane-Petter en 1971 (1) y Tober-Meyer y col, en 1981 (13) señalan que la acidificación es inocua (consideración general de los primeros y experimentando con ratas los segundos). - Tober-Meyer y col fundamentaron lo anterior realizando curvas de crecimiento, estudios hematológicos y determinaciones químicas sanguíneas. Sin embargo, James E. Hall y William - White en 1980 (2) suministrando agua con un pH de 2.0 y experimentando con ratones clínicamente sanos y así como con inmunodeprimidos, reportaron bajos índices de conversión alimenticia en ambos grupos de animales y modificación de la flora bacteriana a nivel de fleum, concluyendo que la acidificación no es inocua y que debe ser considerada una variable importante. Upton, P.K. (15) y Lucas, C. (6) mencionan resultados similares con respecto al bajo índice de conversión alimenticia. También se ha reportado que acidificaciones menores a un pH de 2.0 provocan, en grado variable lesiones tales como: irritación intestinal, corrosión de la dentina y el esmalte de los dientes, trastornos en la secreción de HCl por parte del estómago, etc. (13).

El pH recomendado por la mayoría de los autores que están en pro de la acidificación corresponde a 2.5 mismo que asegura la muerte de pseudomonas sp (el contaminante más común de los bebederos y causante de otitis y dermatitis en los ratones) Bacillus sp, Proteus sp, Staphylococcus sp, etc. (2,4,8,9,10). Sin embargo, es evidente que, dada la discre-

pancia al respecto, es necesario efectuar pruebas experimentales que permitan dilucidar la situación. También es importante señalar que no hay suficiente información con respecto a posibles diferencias en cuanto a la respuesta a la acidificación manifestada en las cepas de ratones.

MATERIAL Y METODOS

Fueron usados ratones de la cepa N.I.H. (National Institute of Health), del Bioterio del Laboratorio Nacional de Salud Pública de la Secretaría de Salud, en un total de 180 animales hembras recién destetadas de 21 ± 1 días de edad, con un peso de 11 ± 1 g; agrupados al azar en 18 lotes de 10 animales cada uno, conformando 6 grupos en forma general:

Grupo A: 3 lotes (A,A,A") a los que se les administró agua esterilizada y acidificada a un pH de 1.5.

Grupo B: 3 lotes (B,B,B") a los que se les administró agua esterilizada y acidificada a un pH de 2.0.

Grupo C: 3 lotes (C,C,C") a los que se les administró agua esterilizada y acidificada en un pH de 2.5.

Grupo D: 3 lotes (D,D,D") a los que se les administró agua esterilizada y acidificada a un pH de 3.0.

Grupo E: 3 lotes (E,E,E") a los que se les administró agua esterilizada y acidificada a un pH de 3.5.

Grupo F: 3 lotes (F,F,F") con agua de bebida esterilizada pero sin acidificar.

La esterilización del agua se realizó en autoclave duran

te 15 minutos, a 121°C, bajo 20 libras de presión por pulgada cuadrada. El agua fue preparada y suministrada cada tres días.

El bioensayo constó de 3 etapas teniendo una duración - de 32 días por etapa (1); durante este tiempo cada tres días fueron medidos los siguientes parámetros;

- a) Consumo de Alimento (C.Al) = alimento suministrado - (-) alimento no consumido (-) alimento desperdiciado.
- b) Consumo de Agua (C. Agua) = agua suministrada (-) - agua no consumida.
- c) Ganancia de peso.
- d) Índice de conversión alimenticia = consumo de alimento ÷ incremento del peso corporal.

La identificación de cada animal se realizó por el número de la jaula, las cuales fueron previamente marcadas.

DESARROLLO

En un cuarto de producción del Bioterio del Laboratorio Nacional de Salud Pública de la Secretaría de Salud, de aproximadamente 25 metros cuadrados, se introdujeron dos anaquelles; en cada uno de ellos se colocaron 30 cajas de policarbonato*, mismas que fueron lavadas, desinfectadas y numeradas; a cada caja se le agregó viruta esterilizada como material de cama, con un grosor aproximado de 3 cm. suficiente para que los animales (recién destetados al inicio del bioensayo) alcanzaran el alimento**, el cual se colocó en una cantidad de 200 gramos para que el animal comiera durante los 32 días de prueba; la cantidad de agua suministrada a cada animal fue de 100 ml/botella, midiendo cada tres días el consumo de ésta y renovando la botella con agua estéril previamente acidificada.

Debido a la enorme carga de trabajo, el bioensayo se desarrolló en tres etapas de 32 días cada una, utilizando 60 cajas en cada período para formar 6 lotes de 10 animales. En cada una de ellas se colocó una hembra con un peso de 11 ± 1 g y de 21 ± 1 días de edad. Así sucesivamente hasta completar

* Hazleton System, modelo 18760.

** Nutricubos para roedor de purina.

18 lotes, colocando 180 ratones respectivos, empezando por -- los lotes C,C",C" (pH de 2.5) y los lotes F.F. F" con agua estéril sin acidificar; el bioensayo continuó con los lotes - - D,D,D" (pH de 3.0) y E,E,E" (pH de 3.5); al final se trabajó con los lotes A,A,A" (pH de 1.5) y B,B,B" (pH de 2.0).

El grado de acidificación del agua de bebida se determinó con un potenciómetro*, para lograr un pH de 3.5 se agregó un total de 1.28 ml de ácido perclórico al 70% de pureza en 8 litros de agua; para un pH de 3.0 se agregó 1.6 ml de ácido - en la misma cantidad de agua; para un pH de 2.5 se agregaron 4 ml. de ácido; para un pH de 2.0 se agregaron 11.2 ml y para un pH de 1.5 se utilizaron 40 ml de ácido.

Al inicio de cada etapa del bioensayo, al introducir los ratones en las cajas se cuantificó el peso inicial de los animales, y cada 3 días se registró su peso, así mismo el consumo de alimento y de agua, ésto con la finalidad de calcular - el índice de conversión alimenticia.

Para calcular el desperdicio de alimento, durante 7 días se colocaron 10 ratones de la cepa N.I.H. en cajas metabóli--cas**, con un peso que osciló entre 13.2 g y 15.5 g. Se proporcionó a cada ratón 80 g de alimentos y 210 ml de agua estél

* Beckman model-4500 digital pH meter

** Tipo nalgene

ril sin acidificar. Al finalizar este período se recogió el alimento desperdiciado de las cajas metabólicas y se procedió a cuantificarlo, para estar en posibilidad de obtener una can tidad promedio de alimento consumido/desperdiciado la cual se aprecia en el cuadro 1.

HIPOTESIS

El pH 2.5 es el grado de acidificación del agua de bebida más adecuado para los ratones de la cepa N.I.H. en el que manifiestan un mayor índice de conversión alimenticia.

OBJETIVO

Con base en curvas de crecimiento y en la determinación del consumo diario de agua y alimento, se podrá evidenciar el comportamiento que, ante la acidificación del agua de bebida en cinco diferentes valores de pH, manifestará la cepa de ratones N.I.H. (National Institute of Health).

RESULTADOS

Basándose en los datos del cuadro 2, se efectuó un análisis de varianza (Cuadro 3) en donde, por no haber diferencias estadísticamente significativas ($F.T = 1.5 > F.C. = 0.025$; $p > 0.05$), se comprobó la homogeneidad de los lotes conformados con respecto al peso corporal. Posteriormente al realizar un análisis de varianza que incluyó el efecto de la regre^sión (Cuadro 4) tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F.T = 10.04 > F.C. = 0.0999$; $P > 0.01$) lo que nos indica que los resultados obtenidos y representados por Indices de Conversión Alimenticia (Cuadro 5) fueron exclusivamente debidos a las condiciones experimentales.

El análisis de varianza al cual fueron sometidos los seis grupos del bioensayo (A,A',A"; B,B',B"; C,C',C"; D,D',D"; E,E',E"; F,F',F"), utilizaron los valores de la suma de las réplicas, como se observa en el cuadro 6, y su resultado mostró diferencias estadísticamente significativas debidas al tratamiento (Acidificación del agua de bebida) ($F.T. = 2.24 < F.C. = 9.75$; $p < 0.05$), por lo que hubo necesidad de realizar pruebas de T de Tukey para contrastar medias (valores promedio de conversión alimenticia/grupo); como se puede constatar en el cuadro 7, la media de conversión alimenticia del grupo A (pH= 1.5) mostró diferencia estadísticamente significativa con la del grupo D (pH 3.0) con la del grupo E (pH= 3.5) y con la del gru

po F (agua esterilizada, sin acidificar) (17.357 > D.M.S.R.* = 13.57; 15.501 > D.M.S.R.* 13.57; 14.14 > D.M.S.R.* = 13.57, respectivamente). Con estos resultados se demuestra que el mejor índice de conversión alimenticia corresponde al grupo D.

Los pesos promedio de animales lotificados sometidos a los diferentes grados de acidificación obtenidos durante los días de evaluación (cada 3 días) a lo largo de la duración del bioensayo (32 días) se muestran en el cuadro 8 también registra la mortalidad y algunos transtornos observados en los animales.

* D.M.S.R. Diferencia Mínima Significativa Real.

DISCUSION

Los resultados muestran que el grupo de animales que recibió agua esterilizada y acidificada a un pH de 3.0 (lotes - D, D', D'') obtuvo el mejor índice de conversión alimenticia, empero, aparentemente el grado de acidificación no fue suficiente para impedir que uno de los ratones en el día 13 manifiestará problemas de equilibrio y ejecutara desplazamientos en círculo, comportamiento característico de la otitis padecida por los ratones, causado generalmente por la proliferación de Pseudomonas aureoginosa. El grupo E (lotes E, E', E'' con pH de 3.5) fue el que obtuvo una segunda mejor conversión alimenticia pero a partir del día 22 del bioensayo uno de sus ratones también presentó presumiblemente otitis. El grupo F (lotes - F, F', F'' con agua de bebida sin acidificar), tercer mejor con respecto a la conversión alimenticia, se comportó de manera similar al grupo E pues también manifestó un caso presumible de otitis a partir del día 28.

Debe mencionarse sin embargo que, el grupo C (lotes C, C', C'') que correspondió al conjunto de animales que recibió agua esterilizada y acidificada a un pH de 2.5, obtuvo un índice de conversión alimenticia que no difirió estadísticamente al compararlo con el del grupo D (Cuadro 7; $C \text{ \& } D = 19.57 - 12.143 = 7.527 < 13.57$) y además tiene la ventaja que ninguno de sus ratones presentó las alteraciones características de la otitis.

Esta ventaja puede parecer mínima, pero, debe considerarse que el bioensayo solo duró 32 días y que por lo tanto, bajo condiciones de producción, y en un lapso de tiempo más prolongado la diferencia podría ser más grande al ir apareciendo mayor número de casos con otitis. Esta aseveración se ve reforzada con el hecho de que también los grupos E y F presentaron 1 caso de otitis, respectivamente, y en forma contraria, cuando se proporcionó a los animales agua de bebida con pH de 2.5 o menos, no se presentó ningún caso con características típicas de la otitis padecida por los ratones.

Esta deducción nos permite apoyar la práctica de acidificar el agua de bebida a un pH de 2.5 para ser consumida por los ratones, ya que aparentemente este nivel de acidez es suficiente para disminuir la posibilidad de aparición de trastornos en los animales con características de otitis, presumiblemente debido a la presencia y proliferación de pseudomonas aureoginosa en medios acuosos o con elevada humedad aún con valores de pH bajos. Según Lane-Petter (4) así como Tober-Meyer y col (12,13) y MacPherson (10), el pH 2.5 es suficiente para impedir la proliferación de esta bacteria.

Con respecto a los animales que murieron durante el bioensayo puede observarse que aquellos que fallecieron durante los días de prueba manifestaron los siguientes signos: pelo irsuto, actitud pasiva y somnolencia, lo que podría deberse a su no adaptación a las nuevas condiciones ambientales, dado -

que eran animales recién destetados y que fueron separados y aislados en cajas en forma individual. Tampoco las muertes - pueden ser imputadas al grado de acidificación del agua puesto que hubo muertos tanto en los grupos que recibieron el agua más acidificada como en aquellos que la recibieron menos acidificada, e incluso en los grupos testigo (F,F',F").

Con los resultados obtenidos nuestra hipótesis solo es comprobada en forma parcial, ya que aparentemente el agua de bebida acidificada a un pH de 2.5 es la mejor para impedir la presentación de otitis en ratones, pero sin embargo, no permite que estos animales de laboratorio obtengan la mejor conversión alimenticia. Esta disyuntiva es discutible ya que en un momento dado podría pensarse si en verdad vale la pena acidificar el agua: debe considerarse que todo animal afectado con otitis tendrá que ser eliminado y por lo tanto se pierden tanto reproductores como animales en crecimiento, lo que irremediablemente traerá consecuencia en la reproducción. Por otro lado, siempre debe prevalecer la premisa que hay que producir animales con calidad.

CONCLUSIONES

1.- El agua de bebida de los ratones criados para su -- utilización en el laboratorio deseablemente deberá ser acidificada a un pH de 2.5 para evitar los trastornos característicos de otitis.

2.- El agua de bebida acidificada a un valor de pH= 2.5 no permite que los animales manifiesten su mejor índice de - conversión alimenticia, acorde a los resultados obtenidos.

3.- Es asombrosa la capacidad que tienen los ratones -- para adaptarse a consumir agua de bebida con valores de pH - tan bajos.

4.- Para hacer más confiable el resultado de estudios - posteriores al respecto se recomienda no utilizar animales re ción destetados sino animales que ya hayan superado esta si- tuación de manejo y que además posean mayor peso.

LITERATURA CITADA

- 1.- Falconer, D.S.: Replicated Selection for body weight in mice. Genetic, Res., 22: 291-321 (1973).
- 2.- Hall, J.E. and White, W.J.: Acidification of drinking water it is effects in selected biologic phonomona in male mice. Lab. Anim. Sci., 13: 643-651 (1980).
- 3.- Hoag, W. G., Strout, J. and Meier, H.: Epidemiological aspects of the control of Pseudomonas infection in mouse colonies. Lab. Anim. Care., 15: 217-225 (1965).
- 4.- Lane-Petter, W & Pearson, A.E.: The laboratory animals - principles and practice. Academic Press, London and New York. 1971.
- 5.- Les, E.P.: Effect of acid-chlorinated water on the reproduction in C3H HJ and C57B1 6J mice. Lab. Anim. Care., 18: 210-213 (1968).
- 6.- Lucas, C.: The influence of acidified water on body weights of AKR 6rf male mice. Preprinted abstract of paper given at the 26th annual meeting of The American Association for Laboratory Animal Science, Boston. USA. (1976).

- 7.- Martínez, C., M.A.: Manual para el cuidado y utilización de los animales de laboratorio; ratas, ratones y conejos. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 1984.
- 8.- Martínez, C., M.A.; Control de la calidad de los animales de laboratorio. Boletín del Laboratorio Nacional de Salud Pública. Vol. II, N^o 7. México, D.F. (1988).
- 9.- McDougall, P.T., Wolf, N.S. and Stenback, W.A.: Control of Pseudomonas aeruginosa in an experimental mouse colony. Lab. Anim. Care., 17: 204-214 (1967).
- 10.- McPherson, C.W.: Reduction of Pseudomona Aeruginosa and coliform bacteria in mouse drinking water following treatment with hydrochloric acid or chlorine. Lab. Anim. Care., 13: 737-744 (1968).
- 11.- Morrison, D.F.; Multivalente statistical methods. 2Th ed. Mc Graw Hill, Co., USA. 1971.
- 12.- Tober-Meyer, B. K. and Bienieks, H. J.: Studies on the hygiene of drinking water for laboratory animals. 1. The effect of various treatments on bacterial contamination. Lab. Anim., 15: 107-110 (1981).

- 13.- Tober-Meyer, B. K., Bieniek, H.J. and Kupke, I.R.: Studies on the hygiene of drinking water for laboratory animals. 2. Clinical and biochemical studies in rats and rabbits during long-term provision of acidified drinking water. Lab. Anim., 15: 111-117 (1981).

- 14.- Toya, R.E., Clapp, N. K.: Estimation of water consumption by individual mice caged in groups. Lab. Anim. Sci., 5: 709-711 (1972).

- 15.- Upton, P. K.: Effects of dietary hydrochloric acid on voluntary food intake of rats. Proc. Nutr. Soc., 35: 18A-19A (1976).

CUADRO 1: Ganancia de peso, consumo de alimento, alimento desperdiciado e índice de conversión de ratones de la cepa N.I.H. mantenidos en cajas metabólicas tipo Nalgene durante 7 días.

| Ratón | Peso/g | Peso/g/7días | Ganancia de peso/g | | Alimento consumido | Alimento desperdiciado | I. C. |
|-------|--------|------------------|--------------------|-----------|--|--|----------------------------|
| 1 | 15.5 | 17.0 | 1.5/7 días | 0.214/día | 23.7 g | 3.3 g | 15.8 |
| 2 | 14 | 18.0 | 4.0 | 0.571 | 22.0 g | 3.5 g | 5.5 |
| 3 | 13.4 | 16.3 | 2.9 | 0.414 | 18.5 g | 3.5 g | 6.3 |
| 4 | 14 | 19.5 | 5.5 | 0.785 | 36.4 g | 3.9 g | 6.6 |
| 5 | 15.2 | 16.5 | 1.3 | 0.185 | 22.0 g | 3.0 g | 16.9 |
| 6 | 14.9 | 16.6 | 1.7 | 0.242 | 22.0 g | 3.2 g | 12.9 |
| 7 | 13.9 | 16.1 | 2.2 | 0.314 | 25.0 g | 4.2 g | 11.3 |
| 8 | 14.9 | 16.0 | 1.1 | 0.157 | 26.2 g | 3.2 g | 23.8 |
| 9 | 14.5 | 19.0 | 4.5 | 0.642 | 32.6 g | 2.8 g | 7.2 |
| 10 | 13.2 | 18.0 | 4.8 | 0.685 | 26.0 g | 2.8 g | 4.3 |
| | | $\bar{x} = 2.95$ | $\bar{x} = 0.420$ | | $\bar{x} = 23.3 \text{ g}$ $\bar{x} = 3.32\text{g/día}$ | $\bar{x} = 3.34\text{g}$ $\bar{x} = 0.47\text{g/día}$ | $\bar{x} = 11.2\text{g}^*$ |

* 11.2 g de alimento para que un ratón aumente un gramo (1g) de peso corporal.

CUADRO 2: Pesos individuales y promedios por lote de los animales al inicio del bioensayo.*

| Lote No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | \bar{x} |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| A | 11 | 11 | 12.2 | 10.9 | 11 | 11 | 11 | 11.3 | 11 | 11 | 11.14 |
| A' | 11.5 | 11 | 10.9 | 11.5 | 11 | 11 | 11.5 | 11.5 | 11.2 | 11.5 | 11.26 |
| A'' | 11.6 | 11.6 | 11.3 | 11 | 11.4 | 11 | 11.6 | 11.5 | 11.3 | 11.3 | 11.36 |
| B | 11.3 | 11.7 | 11 | 10.7 | 10.9 | 11.7 | 10.8 | 11.8 | 10.6 | 11.6 | 11.21 |
| B' | 11 | 11.5 | 11.3 | 10.8 | 11.4 | 11.6 | 11.9 | 11.4 | 11 | 11.2 | 11.31 |
| B'' | 10.9 | 11.5 | 11.4 | 11.2 | 12 | 11.3 | 11.9 | 11.5 | 11 | 11.8 | 11.45 |
| C | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 11.5 | 11 | 11.5 | 11.8 | 11.68 |
| C' | 11.5 | 11.5 | 11 | 11 | 12 | 11.6 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11.36 |
| C'' | 12 | 11.7 | 11.5 | 11.7 | 12 | 11 | 11 | 12 | 11.5 | 12 | 11.64 |
| D | 11.2 | 11.7 | 10.5 | 11 | 11 | 11 | 12 | 11.8 | 10.8 | 11.5 | 11.25 |
| D' | 12 | 10.7 | 12 | 11 | 10.7 | 11 | 12 | 11 | 11.8 | 11.5 | 11.41 |
| D'' | 12 | 10.7 | 11.5 | 10.7 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10.8 | 11.17 |
| E | 11.5 | 11 | 11.5 | 11.7 | 12 | 11.4 | 10.7 | 12 | 11.8 | 11.4 | 11.50 |
| E' | 11.7 | 10.8 | 11.7 | 11.5 | 10.8 | 12 | 11.5 | 10.7 | 12 | 11.2 | 11.39 |
| E'' | 12 | 11.5 | 11 | 11.8 | 11.2 | 11.6 | 11.3 | 12 | 11.7 | 12 | 11.61 |
| F | 11 | 11 | 11.5 | 11 | 12 | 12 | 11 | 12 | 11 | 11.5 | 11.40 |
| F' | 11.5 | 11 | 11 | 11 | 12 | 11 | 11.4 | 11.5 | 10 | 11.6 | 11.20 |
| F'' | 10 | 11.1 | 11 | 10.3 | 11.5 | 11 | 10.5 | 10.5 | 12 | 11 | 10.89 |

*El peso está medido en gramos

Cuadro 3

Análisis de varianza de los pesos basales de los ratones para comprobar homogeneidad.

| Fuente de varianza | S.C... | Grados de Libertad | C.M. | F.C. |
|---|----------|--------------------|------|-------|
| Dentro de grupos (debido al error) | 315.3 | 163 | 1.93 | 0.025 |
| Entre grupos (debido al tra tamiento) | 1.0008 | 17 | 0.05 | |
| Suma total de cuadrados | 316.3008 | 180 | | |

$F.T. = 1.5 > 0.025$

($\alpha = 0.05$)

CUADRO 4: Resultados de los análisis de varianza corregidos con regresión.

| Grupo | F.C. | F.T. | $\alpha =$ |
|----------|--------|-------|-----------------|
| A,A',A'' | 0.0999 | 10.04 | $\alpha = 0.01$ |
| B,B',B'' | 0.0999 | 10.04 | $\alpha = 0.01$ |
| C,C',C'' | 0.0999 | 10.04 | $\alpha = 0.01$ |
| D,D',D'' | 0.0999 | 10.04 | $\alpha = 0.01$ |
| E,E',E'' | 0.0999 | 10.04 | $\alpha = 0.01$ |
| F,F',F'' | 0.0999 | 10.04 | $\alpha = 0.01$ |

F.T. = 10.04 > 0.0999

CUADRO 5: Promedios de conversión alimenticia en los 18 lotes tratados con diferentes pH del agua de bebida, durante los 32 días del bioensayo.

| Grupo | pH del agua de bebida | Índice promedio de conversión alimenticia |
|----------|-------------------------|---|
| Lote A | 1.5 | 26.72 g * |
| Lote A' | 1.5 | 29.84 g * |
| Lote A'' | 1.5 | 29.83 g * |
| Lote B | 2.0 | 14.89 g * |
| Lote B' | 2.0 | 20.93 g * |
| Lote B'' | 2.0 | 14.02 g * |
| Lote C | 2.5 | 21.72 g * |
| Lote C' | 2.5 | 16.49 g * |
| Lote C'' | 2.5 | 20.79 g * |
| Lote D | 3.0 | 10.48 g * |
| Lote D' | 3.0 | 11.82 g * |
| Lote D'' | 3.0 | 14.12 g * |
| Lote E | 3.5 | 12.98 g * |
| Lote E' | 3.5 | 12.67 g * |
| Lote E'' | 3.5 | 16.96 g * |
| Lote F | solo estéril sin tratar | 14.61 g * |
| Lote F' | solo estéril sin tratar | 17.97 g * |
| Lote F'' | solo estéril sin tratar | 13.50 g * |

*Cantidad de alimento que se necesita para que un ratón aumente (1 g) de peso corporal.

Cuadro 6

Análisis de varianza de los índices de conversión alimenticia de los seis grupos.

- A (agua de bebida con pH de 1.5)
- B (agua de bebida con pH de 2.0)
- C (agua de bebida con pH de 2.5)
- D (agua de bebida con pH de 3.0)
- E (agua de bebida con pH de 3.5)
- F (agua de bebida estéril sin acidificar).

| Fuente de varianza | S.C. | Grados de Libertad | C.M. | F.C. |
|--|----------|--------------------|---------|------|
| Dentro de grupos (debido al error) | 54227,17 | 161 | 33681 | 9.75 |
| Entre grupos (debi do al tratamiento) | 16426,83 | 5 | 3285.36 | |
| Suma total de cuadrados | 70654 | 166 | | |

F.T- $2,24 < 9,75$

($\alpha = 0,05$)

CUADRO 7: Análisis de T. de Tukey para contraste de medias entre todos los grupos.

| | diferencia de medias > D.M.S.M. |
|----------------------------------|---------------------------------|
| A & B = 20.50 - 16.6 = 12.9 | |
| A & C = 29.50 - 19.67 = 9.83 | |
| A & D = 29.50 - 12.143 = 17.357* | 17.357 > 13.57 |
| A & E = 29.50 - 13.999 = 15.501* | 15.501 > 13.57 |
| A & F = 29.50 - 15.36 = 14.14* | 14.14 > 13.57 |
| B & C = 16.6 - 19.67 = 3.07 | |
| B & D = 16.6 - 12.143 = 4.457 | |
| B & E = 16.6 - 13.999 = 2.601 | |
| B & F = 16.6 - 15.36 = 1.24 | |
| C & D = 19.57 - 12.143 = 7.527 | |
| C & E = 19.57 - 13.999 = 5.671 | |
| C & F = 19.67 - 15.36 = 4.31 | |
| D & E = 12.143 - 13.999 = 1.856 | |
| D & F = 12.143 - 15.36 = 3.217 | |
| E & F = 13.999 - 15.36 = 1.361 | |

*Diferencia de medias > D.M.S.R.** (α = 0.05)

$$D.M.S.R. = \sqrt{\frac{C.M. ERROR}{n}} = D.M.S.R. = 4.05 \sqrt{\frac{336.81}{30}}$$

$$D.M.S.R. = 13.57$$

**D.M.S.R. = Diferencia Mínima Significativa Real.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

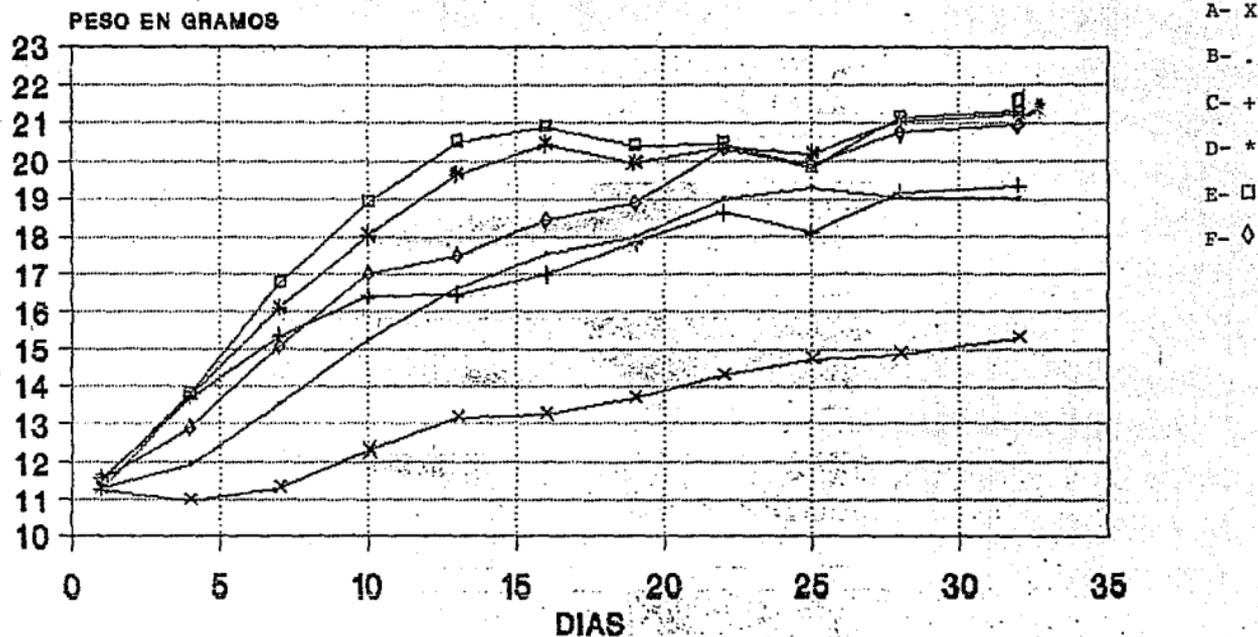


Fig. 1 Relación de curvas de crecimiento en los diferentes grados de acidificación de los grupos: A,B,C,D,E, y E.