

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN COMPORTAMIENTO



EFFECTOS DEL SABOR Y DEL CONTENIDO ENERGÉTICO SOBRE LA CONDUCTA ALIMENTARIA EN RATAS ALBINAS (*RATTUS NORVEGICUS*)

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO
OPCIÓN EN ANÁLISIS DE LA CONDUCTA

PRESENTA:

ALMA KARINA GALINDO OCEGUERA

Director: Dr. Antonio López Espinoza

Comité: Dr. Oscar García Leal y Dra. Rosalva Cabrera Castañón

Guadalajara, Jalisco

Enero de 2010

FINANCIAMIENTO

PROYECTO 46083-H C O N A C Y T

AGRADECIMIENTOS

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN
COMPORTAMIENTO

DR. ANTONIO LÓPEZ ESPINOZA

DR. ÓSCAR GARCÍA LEAL
DRA. ROSALVA CABRERA CASTAÑÓN
DR. EMILIO RIBES IÑESTA

GRUPO DE CONDUCTA ALIMENTARIA

ALMA GABRIELA MARTÍNEZ MORENO
CAROLINA DE LA TORRE IBARRA
VIRGINIA GABRIELA AGUILERA CERVANTES
MARINA LILIANA GONZÁLEZ TORRES
GEORGINA ALEJANDRA SOSA GÓMEZ
CYNTHIA TORRES

UNIVERSIDAD DE MURCIA

DR. JUAN ANTONIO MADRID PÉREZ
DR. JOSÉ MARÍA MARTÍNEZ SELVA

*El hombre es el único animal que come
sin tener hambre,
bebe sin tener sed,
y habla sin tener nada que decir.*

Mark Twain

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Capítulo I. El sentido del gusto en el estudio de la conducta alimentaria.....	7
1.1. Bioquímica del sabor y el olfato.....	8
1.1.1. Otras propiedades orosensoriales de los alimentos.....	11
1.2. El gusto desde una perspectiva evolutiva.....	12
1.3. Preferencias y aversiones alimentarias: una perspectiva ontogenética.....	14
Capítulo II. Estudio experimental de la conducta alimentaria en ratas.....	21
2.1. Privación alimentaria.....	22
2.1.1. Programas de privación.....	24
2.2. Estudios paramétricos.....	26
2.3. Los endulzantes como herramienta metodológica: sabor y fuente de calorías.....	29
2.3.1 Uso de la sucrosa: sabor y fuente de calorías.....	32
2.3.2 Uso de la sucralosa: sabor sin calorías.....	34
Capítulo III. Serie Experimental.....	35
1.1. Experimento 1.....	38
Método	
Sujetos	
Aparatos y materiales	
Procedimiento	
Diseño experimental	
Resultados	
Discusión	

1.2. Experimento 2.....	55
Método	
Sujetos	
Aparatos y materiales	
Procedimiento	
Diseño experimental	
Resultados	
Discusión	
1.3. Experimento 3.....	80
Método	
Sujetos	
Aparatos y materiales	
Procedimiento	
Diseño experimental	
Resultados	
Discusión	
Capítulo IV. Discusión general.....	102
Referencias.....	114

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron los efectos del sabor ácido, considerado no aceptado, sobre el peso corporal, el consumo de alimento y el consumo de una sustancia con o sin calorías durante un periodo de privación alimentaria. Los objetivos de esta tesis consisten en determinar: 1) si el sabor es un factor de importancia en el consumo de una sustancia; 2) si los sujetos son capaces de consumir, bajo condiciones de privación alimentaria, una sustancia con sabor no aceptado pero con contenido calórico; 3) si existe una relación entre la cantidad de saborizante empleado y el consumo de una sustancia; y, 4) si la secuencia de exposición a una sustancia con un sabor no aceptado es una variable determinante para el consumo/rechazo de un alimento. En un primer experimento se expuso a las ratas a doce diferentes concentraciones de ácido cítrico o cloruro de sodio, de manera ascendente o descendente. En el segundo experimento los sujetos fueron expuestos a una mezcla de ácido cítrico/sucrosa o sucralosa, o a una mezcla de cloruro de sodio/sucrosa o sucralosa, durante periodos de privación alimentaria de tres días. En un tercer experimento se expuso a los sujetos a una solución de sucrosa con distintas cantidades de ácido cítrico, presentadas de manera ascendente o descendente, durante un periodo de privación alimentaria. Los resultados obtenidos sugieren que la presencia del sabor no aceptado en una sustancia con o sin calorías modifica su consumo, a pesar de que los sujetos se encontraban bajo un estado de privación alimentaria. Adicionalmente, se observó que la cantidad de saborizante empleado es determinante en el consumo o rechazo de una sustancia. Estos resultados se relacionan con los resultados obtenidos por Galindo y López-Espinoza (2006) y sugieren que el sabor es un factor de mayor importancia, incluso que el contenido energético, para la aceptación de los alimentos.

INTRODUCCIÓN

Existe controversia sobre el atributo de la comida que produce como resultado que un alimento sea consumido o rechazado. Por un lado, se ha señalado que son las características orosensoriales, que incluyen aspectos de la comida como el olor, el color, el sabor y la consistencia, los que determinan el consumo o rechazo de los alimentos (Delwiche, 2004; Galindo y López-Espinoza, 2006; Le Magnen, 1999; Mennella, Pepino y Reed, 2005).

Otros autores han señalado que los efectos post-ingestivos de los alimentos, tales como las características nutricionales y calóricas de la comida son de mayor importancia para un organismo en la elección de la comida (Ackroff y Sclafani, 2004; Capaldi, Owens y Palmer, 1994; Harris, Shand, Carroll y Westbrook, 2004; Mason y Safford, 1965; Schafe y Bernstein, 1996; Sclafani, 1990; Sclafani, 2001; Turner, Frieman y Mehiel, 2004).

Por otra parte, se ha indicado que, tanto las características orosensoriales de los alimentos, como el contenido nutricional o energético, interactúan de modo que ambos factores se encuentran relacionados y son determinantes del tipo y cantidad de alimento que será consumido (Davis y Levine, 1977).

Se han realizado diversas preparaciones experimentales, la mayoría utilizando roedores como sujetos, con el fin de determinar bajo qué circunstancias un alimento puede ser consumido o rechazado y si esto es debido al sabor o a los efectos post-ingestivos de la comida. Algunos autores han utilizado mezclas de sustancias con distintos sabores y diferente contenido calórico (Forestell y LoLordo, 2000; Harris, Shand, Carroll y Westbrook, 2004; Sclafani, 2002).

Otros autores han utilizado cánulas intragástricas, para introducir ciertos nutrientes directamente al estómago y evitar que los sujetos experimentales tengan contacto con el sabor de la sustancia entregada (Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani, 2001; Myers y Hall, 1998; Myers y Sclafani, 2003).

En algunos de estos estudios se ha demostrado que es posible establecer una preferencia por un sabor neutro o ligeramente inaceptable (como uva, almendra, fresa o incluso un sabor ligeramente amargo) asociado a un efecto post-ingestivo benéfico para el organismo (Harris, Shand, Carroll y Westbrook, 2004). Sin embargo, se ha indicado que es difícil establecer preferencias por sabores muy inaceptables (Galindo y López-Espinoza, 2006). En estos estudios se ha considerado a un sabor como *inaceptable* cuando los sujetos consumen una cantidad de agua o alimento menor, en relación a las cantidades de agua o alimento consumidas habitualmente por los sujetos. Por el contrario, se considera que una sustancia o alimento es *aceptado* cuando es consumido en las mismas o mayores cantidades que el alimento habitual.

El principal interés de este trabajo consistió en explorar los efectos del sabor no aceptado y del contenido energético sobre el peso corporal y el consumo de alimento y agua durante un programa de privación alimentaria. En estudios previos (Galindo y López-Espinoza, 2006) se ha utilizado la quinina como sustancia con sabor no aceptado, para evaluar el consumo de líquidos con sabor desagradable, pero con contenido calórico, durante un estado de privación alimentaria. El fin de la presente tesis consiste en contribuir a la línea de investigación de la conducta alimentaria, específicamente a la de los efectos del sabor sobre el consumo y rechazo de los alimentos, empleando el ácido cítrico como saborizante para descartar efectos post-ingestivos negativos de saborizantes como la quinina. Adicionalmente, se pretende contribuir a las investigaciones sobre *aprendizaje sabor-nutriente*, pero tomando en cuenta que los sabores de los alimentos se presentan en mezclas, y no en estado puro.

En el primer capítulo se realiza una revisión de los mecanismos bioquímicos que participan en el proceso de percepción del sabor y del olor, que conforman, junto con otras

características orosensoriales de los alimentos, el sentido del *gusto* (Beets, 1978; Brand, 1997; Delwiche, 2004; Halpern, 1997). Por otra parte se abordan, desde una perspectiva filogenética, los mecanismos de aceptación y rechazo de los alimentos entre los mamíferos, principalmente (Pfaffmann, 1978). Posteriormente, se describen los mecanismos por los cuales los organismos establecen preferencias o aversiones condicionadas por los alimentos (Bernstein y Meachum, 1990; Capaldi, 1996; Schafe y Bernstein, 1996; asimismo, se describe la importancia de la concentración de un sabor en estos mecanismos (Capaldi, Owens y Palmer, 1994; McCleary, 1953; Randall, Schurg y Church, 1978).

En el segundo capítulo se abordan los principales procedimientos empleados en el estudio experimental de la aceptación o rechazo del sabor en ratas: privación alimentaria y programas de privación (Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani, 2001; Cannon y Washburn, 1912; López-Espinoza, 2001, 2004; López-Espinoza y Martínez, 2001; Myers y Hall, 1998; Scalera, 2000; Young, 1941), estudios paramétricos (Brasser; 2005; McCleary, 1953; Randall, Schurg y Church, 1978; Richter y Campbell, 1940; Rothschild, 1971), el empleo de endulzantes calóricos (Capaldi, Owens y Palmer, 1994; Forestell y LoLordo, 2000; Harris, Shand, Carroll y Westbrook, 2004; Myers y Sclafani, 2003; Sclafani, 2002; Tarnier, Frieman y Mehiel, 2004) y no calóricos, específicamente la sucralosa (Martínez, 2008).

En el tercer capítulo se describen los tres experimentos realizados. En el Experimento 1 se evalúan los efectos de doce diferentes concentraciones de los sabores ácido y salado, empleando ácido cítrico y cloruro de sodio, sobre el peso corporal y el consumo de alimento y agua de los sujetos. Con base en los resultados del Experimento 1, en el Experimento 2 se planteó como objetivo determinar si los sujetos eran capaces de consumir una sustancia no aceptada cuando contiene calorías, durante un estado de privación alimentaria, empleando mezclas de sucrosa o sucralosa y/o ácido cítrico y cloruro

de sodio. En el Experimento 3 se evalúan los efectos de cinco diferentes concentraciones de ácido cítrico disueltas en sucrosa, durante un programa de privación alimentaria, sobre el peso corporal y el consumo de alimento y agua de los sujetos. Por último, en el cuarto capítulo se presenta la discusión general.

CAPÍTULO I

EL SENTIDO DEL GUSTO EN EL ESTUDIO DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA

Tradicionalmente, el sentido del gusto ha hecho referencia a la percepción del sabor de la comida y la bebida. Sin embargo, la percepción de los alimentos, es decir, “el gusto”, puede estar determinada por muchos otros factores, además del sabor. Algunos ejemplos son el olor o las características físicas del alimento, como la viscosidad o la dureza. Estas propiedades de la comida pueden determinar la sensación del “gusto” por un alimento determinado. El sabor, junto con el olor, el color, aspecto y consistencia de los alimentos proporciona al sujeto una serie de señales que determinan su palatabilidad y contenido calórico (Aubert y Dantzer, 2005; Capaldi, 1996; Halpern, 1997; Sclafani, 1990). Los organismos son capaces de responder a estas señales de acuerdo a las preferencias determinadas por la especie y las preferencias aprendidas a lo largo de la vida de cada sujeto (Sclafani, 1990).

1.1. Bioquímica del sabor y el olor

No es el objetivo de esta tesis revisar de forma exhaustiva los mecanismos por los que se percibe el sabor y el olor. Sin embargo, para efectos de claridad, consideramos de importancia abordar de manera sucinta los procesos neurofisiológicos de la percepción del sabor y del olor.

La percepción del sabor y del olor tiene su base en procesos neurofisiológicos. La percepción del sabor inicia cuando las sustancias contenidas en el alimento interactúan con las células receptoras del sabor. Éstas se encuentran agrupadas en conjuntos multicelulares denominados “capullos o racimos del sabor” (*taste buds*). En los mamíferos, estos racimos se encuentran situados en papilas especiales de la cavidad oral, principalmente en la lengua. En ésta, las tres principales áreas donde se pueden encontrar los “capullos del sabor” son: el foliato, el circunvalato y las papilas fungiformes. Cada “capullo” está repleto de numerosas

fibras nerviosas que hacen contacto con las células receptoras del sabor. Una vez que los compuestos químicos entran en contacto con éstas áreas, las células receptoras del sabor se activan y se produce un fenómeno denominado “transducción”. En éste, se inicia la secreción de neurotransmisores y se produce excitación de las fibras nerviosas que hacen contacto con las células receptoras del sabor (Brand, 1997).

Aunque los compuestos químicos que activan las células receptoras del sabor son innumerables e incluyen alcoholes, alcaloides, aminoácidos, carbohidratos, flavonoides, metales, péptidos, proteínas y una amplia gama de compuestos orgánicos e inorgánicos, como ácidos y sales, sólo cinco sabores son percibidos. De acuerdo con la “teoría de los sabores básicos” los mamíferos poseen una serie limitada de procesos receptores del sabor, que son únicos. Las percepciones correlacionadas de estos procesos son: dulce, amargo, salado y umami. Estas categorías se relacionan directamente con estímulos químicos definidos. Como regla general, los azúcares saben dulce, las sales alcalinas saben salado, los ácidos saben ácido, y los alcaloides saben amargo (Halpern, 1997).

El sabor umami se encuentra en el glutamato-L-monosódico. El término “umami” es una palabra japonesa que significa “sabroso” o “delicioso”. Aún no se ha establecido si el sabor umami es un sabor independiente de los otros cuatro sabores, o si es una mezcla de ellos. Sin embargo, se ha indicado que la secuencia de la percepción del sabor umami es diferente a las de los otros sabores (Bartoshuk, 1990; Brand, 1997; Delwiche, 2004; Halpern, 1997; Menella y Beauchamp, 1996).

Adicionalmente a la percepción del sabor, la percepción del olor juega un papel importante en el sentido del gusto. El olor de la comida es una de las señales que determinarán la ingesta o rechazo de ciertos alimentos (Duffy y Bartoshuk, 1996). La percepción del olor en los mamíferos tiene lugar en la cavidad nasal, donde se encuentra el

sistema olfatorio, que consiste en una secuencia de tres partes funcionales: a) el sistema receptor periférico, o epitelio olfatorio, compuesto por las células receptoras y las células de soporte, b) el nervio olfatorio, en el que cada célula receptora está representada por su propio axón; y, c) el bulbo olfatorio, en el que cada axón del nervio olfatorio se encuentra unido a un glomérulo, que a su vez está conectado a las células mitrales. Finalmente, el bulbo olfatorio está conectado con el sistema nervioso central a través de fibras nerviosas (Beets, 1978; Takagi, 1978).

El proceso olfatorio inicia con el contacto de las moléculas denominadas olorosas con el epitelio olfatorio, a través de la mucosa nasal. Parte de esas moléculas son absorbidas por las membranas periféricas de las células receptoras. Se realiza una interacción entre las moléculas olorosas y las células receptoras, durante la cual se producen cambios en el potencial eléctrico de las células receptoras. La información producida por la célula receptora durante esta interacción es enviada a través del nervio olfatorio hacia el bulbo olfatorio y es interpretada en el cerebro (Beets, 1978).

Dependiendo del tipo de molécula olfatoria que entre en contacto con el epitelio olfatorio será la intensidad de la información producida. Algunas moléculas olfatorias producen información de un solo tipo y otras de diferentes tipos e intensidades. Esto obedece al tipo de sustancia: en general, las sustancias olorosas que producen información de un solo tipo son denominadas *primarias* (Beets, 1978). Las sustancias olorosas pueden provenir de casi cualquier agente químico dispuesto en el ambiente: alimentos, hormonas, secreciones, sustancias químicas. El mecanismo de la olfacción sirve a los organismos para detectar sustancias comestibles, rechazar o huir de las sustancias potencialmente dañinas y aparearse y proteger el territorio y las crías (Cain, 1978; Duffy y Bartoshuk, 1996).

Junto con el sabor, el olor puede ser un indicador de la calidad de los alimentos. Antes del consumo de una sustancia, el organismo olfatea. Si el olor es *desagradable* el sujeto no la consumirá. Es probable que un olor *desagradable* sugiera la presencia de toxinas en el alimento. Éste mecanismo impide el consumo de alimentos en descomposición o venenosos, asegurando la supervivencia del organismo (Duffy y Bartoshuk, 1996).

1.1.1. Otras propiedades orosensoriales de los alimentos

Cuando un organismo consume un alimento, no consume cada compuesto por separado, sino que consume mezclas con innumerables compuestos químicos y características físicas muy diferentes (Delwiche, 2004; Halpern, 1997). De acuerdo con esto, no es del todo correcto decir que el sentido del gusto es un sentido solamente químico. Halpern (1997) indicó que los eventos térmicos, mecánicos, y químicos asociados con comer y beber y con otros usos de la lengua y la boca, pueden modular la actividad de las células receptoras del sabor y las neuronas que conectan esas células con el cerebro. Esto significa que los cambios de temperatura, las deformaciones mecánicas y las químicas influyen en las células receptoras del sabor (los capullos o *taste buds*) durante la ingestión, masticación y al tragar la comida y la bebida (Moskowitz, 1978).

De acuerdo con lo anterior, es posible afirmar que no sólo el sabor y el olor juegan un papel importante en el proceso de la percepción de las características de los alimentos, sino que las interacciones sensoriales que pueden ocurrir entre los efectos de las propiedades térmicas y mecánicas de la comida también son características importantes (Halpern, 1997). Duffy y Bartoshuk (1996) indicaron que se ha denominado *mouthsense* a la integración de todas las sensaciones orales producidas durante la ingesta de un alimento.

Otros autores han denominado como “palatabilidad” o “características orosensoriales” de los alimentos a estas propiedades de la comida (Davis y Levine, 1977).

Sin embargo, a pesar de que la percepción de la comida incluye aspectos como el color, el olor o la consistencia, el sabor es la característica orosensorial más estudiada en el análisis de los mecanismos subyacentes a la aceptación y rechazo de los alimentos. Esto debido a que el sabor es una señal que puede indicar que un alimento es potencialmente venenoso o que puede aportar nutrientes necesarios para el organismo, con base en las preferencias innatas o propias de la especie y en aquéllas aprendidas a lo largo de su vida (Sclafani, 1990).

1.2. El gusto desde una perspectiva evolutiva

Se ha afirmado que la aceptación o el rechazo de los alimentos depende de muchas variables, entre las que se encuentra el sabor, el olor, el color o el aspecto de la comida. Estas preferencias o aversiones pueden ser innatas o aprendidas. Se ha indicado que entre los mamíferos, las preferencias innatas incluyen los alimentos con sabor dulce o salado, mientras que las aversiones innatas comprenden los alimentos con sabor amargo o ácido (Pfaffmann, 1978; Rozin, 2002).

A partir de lo anterior, cabe formularse la siguiente pregunta: ¿cómo es que se desarrollaron estas preferencias y aversiones innatas? Pfaffmann (1978) describió la filogenia del sabor en los vertebrados. Indicó que debido a que la vida se originó en un medio líquido, los organismos muestran gran sensibilidad por los químicos. Esta capacidad se manifiesta en numerosas funciones, como la obtención de comida y la nutrición, la reproducción y la evitación de compuestos tóxicos. Sin embargo, los mecanismos empleados para realizar estas funciones son distintos en cada una de las especies de

vertebrados, debido, principalmente, al medio en el que los organismos se desenvuelven. El sentido del gusto se ha modificado para adaptarse a las condiciones ambientales en las que se encuentra presente el alimento.

En el caso de los peces, por ejemplo, la recepción de los compuestos químicos difiere con la de las aves o la de los mamíferos. Los peces están rodeados de un medio líquido, en el cual se encuentran disueltas numerosas sustancias químicas. Por otro lado, los primeros mamíferos, descendientes de los reptiles, eran de talla pequeña, como ratas o ratones, y habían dejado el agua para vivir en madrigueras, tierra adentro. La especialización de los receptores de los compuestos químicos se modificó cuando los mamíferos se adaptaron a estas nuevas condiciones del medio. La forma de recepción de los compuestos químicos cambió, de manera que se pudieran evitar las sustancias tóxicas y se procuraran las sustancias con mayor y mejor contenido nutricional y calórico (Pfaffmann, 1978).

Sin embargo, a pesar de que dentro de la categoría de los mamíferos, los roedores y los carnívoros siguieron cursos evolutivos distintos, se conservaron características comunes en las funciones biológicas y neurales. La percepción del sabor es una de ellas. Sin embargo, aún entre mamíferos, e incluso entre miembros de una misma especie pero de distinto sexo, es posible encontrar diferencias que determinan la percepción del sabor y el gusto o aversión por ciertos alimentos (Clarke y Ossenkop, 1998).

Pfaffmann (1978) afirmó que las respuestas de diferentes especies de animales a sabores como el dulce y el amargo son reflejas. Indicó que ante un estímulo dulce (como el azúcar), ratas y niños recién nacidos, descerebrados, presentaban un patrón conductual de aceptación. Por otro lado, ante un estímulo amargo, estos mismos sujetos mostraron un patrón conductual diferente. Las ratas presentaron conductas que incluían el acicalamiento

y limpieza de las patas, como una manera de eliminar el estímulo amargo, mientras que los recién nacidos presentaban reflejos de rechazo, como escupir o vomitar.

Las reacciones reflejas ante los sabores permiten a los sujetos rechazar de manera inmediata alimentos potencialmente dañinos para el organismo, y aceptar rápidamente alimentos con alto contenido calórico y nutricional. Sin embargo, el sentido del gusto incluye la percepción no solamente del sabor, sino también del olor y de las características físicas de los alimentos, como la temperatura o la consistencia. En cada especie, a lo largo de cientos de años, se ha ido modificando el sentido del gusto de acuerdo a las necesidades de los organismos y a la disponibilidad de los alimentos en el medio ambiente en el que se encuentran. De esta manera, algunas especies de animales evitan consumir alimentos que tienen un olor característico o alimentos cuya dureza les impide la masticación (Pfaffmann, 1978).

1.3. Preferencias y aversiones alimentarias: una perspectiva ontogenética

De manera general, los mamíferos muestran la tendencia a preferir los alimentos con sabor dulce y tienden a evitar los alimentos con sabor ácido o amargo. Sin embargo, los sabores no se encuentran en su estado puro en los alimentos. La comida posee mezclas de sabores, algunas veces predominantemente saladas, dulces, ácidas o amargas. Adicionalmente a esto, otras características orosensoriales de los alimentos, como la dureza o la temperatura, influirán en la percepción del sabor y en la palatabilidad de la comida. La experiencia obtenida por cada sujeto con los diferentes tipos de alimentos determinará muchas de las preferencias y aversiones alimentarias (Bailey, 2005; Forestell y LoLordo, 2000; Mennella y Beauchamp, 1996; Schafe y Bernstein, 1996).

Capaldi (1996) afirmó que los organismos establecen preferencias por determinados sabores a través de cuatro mecanismos: por mera exposición, por efecto medicina, por aprendizaje sabor-nutriente y por aprendizaje sabor-sabor.

En el caso de la *mera exposición*, un sabor será preferido sobre otro por su sola presencia, este fenómeno es similar al “efecto novedad”. Sin embargo, a diferencia del “efecto novedad”, en el que un sujeto expuesto a un alimento novedoso lo consumirá en mayor proporción que el alimento que había estado consumiendo, en el mecanismo de la *mera exposición*, un sujeto preferirá un alimento, sin importar sus características orosensoriales o nutritivas, debido exclusivamente a que anteriormente ha estado expuesto a él. La exposición temprana a ciertas sustancias con determinados olores y sabores puede contribuir a la formación de las preferencias alimentarias en etapas posteriores del desarrollo. Mennella y Beauchamp (1996) indicaron que los sentidos del gusto y del olfato se encuentran bien desarrollados en el feto mucho antes del nacimiento. El líquido amniótico posee numerosas sustancias que contienen los sabores y olores de la comida que la madre ingiere. El sujeto, al nacer, preferirá aquellos alimentos con los sabores y olores presentes en el líquido amniótico de su madre. Esta preferencia está determinada por el mecanismo de la *mera exposición*.

Por otra parte, en el *efecto medicina*, un sabor será preferido sobre otro cuando se encuentre asociado al proceso de recuperación de un malestar. Huffman (1997) afirmó que en algunas poblaciones de monos y chimpancés africanos se ha observado que los animales consumen hojas y tallos de plantas medicinales para curarse de infecciones virales o provocadas por parásitos. Las plantas o las partes de las plantas (como la corteza o la madera de algunos árboles) que poseen estas propiedades medicinales por lo general son pobres en nutrientes, y a menudo pueden ser tóxicas y poseer un sabor amargo. Sin

embargo, los animales han aprendido a seleccionar y consumir determinadas plantas cuando se encuentran enfermos, utilizándolas como purgantes, laxantes, o para aliviar dolores de muelas.

En un estudio experimental, Green y García (1971) ofrecieron a ratas jugo de uva o leche durante la recuperación de una inyección de una droga que causaba malestar. Como resultado se obtuvo que los sujetos consumieron grandes cantidades de la sustancia asociada al periodo de recuperación del malestar ocasionado por la droga. Este resultado apoya el denominado *efecto medicina*.

Al igual que en el *efecto medicina* en el *aprendizaje sabor-nutriente*, un sabor será preferido cuando se encuentra asociado a un alimento con efectos post-ingestivos benéficos para el organismo. Sin embargo, en el *aprendizaje sabor-nutriente*, los efectos post-ingestivos consisten en la obtención de nutrientes o calorías necesarias para el organismo (Capaldi, 1996).

Son numerosos los estudios que se han realizado para producir el *aprendizaje sabor-nutriente*. Por lo general, se ha empleado la canulación intragástrica en roedores para separar los factores orales de las consecuencias post-ingestivas. Éste procedimiento consiste en introducir una cánula directamente al estómago. A continuación, se presentan a los sujetos dos o más sustancias, cada una de las cuales es asociada con la entrega, a través de la cánula, de un alimento con o sin nutrientes. Se habla de *aprendizaje sabor-nutriente* cuando los sujetos consumen, en mayor proporción, la sustancia que ha sido asociada con la entrega, vía cánula, de alimentos nutritivos o densamente calóricos (Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani, 2001; Ackroff y Sclafani, 2004; Forestell y LoLordo, 2000; Myers y Sclafani, 2003; Pérez, Fanizza y Sclafani, 1999; Sclafani, 2002).

Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani (2001) realizaron un estudio en ratas, en el que evaluaron los efectos de dos fuentes de calorías sobre el consumo de dos sustancias con diferente sabor. En un primer experimento, aparearon un sabor A con infusiones intragástricas de fructosa y un sabor B con infusiones intragástricas de agua. Posteriormente se realizó una prueba en la que presentaron a los sujetos ambos sabores. Las ratas mostraron un consumo mucho mayor de la sustancia con el sabor A, que había sido apareado con las infusiones intragástricas de fructosa. En un segundo experimento, se aparearon infusiones intragástricas de fructosa con un sabor A e infusiones intragástricas de glucosa con un sabor B. Como resultado se obtuvo que, durante la prueba en la que se les presentaron ambos sabores, los sujetos prefirieron la sustancia con el sabor B, asociado a la glucosa. Este resultado indicó que los sujetos fueron sensibles al hecho de que la fructosa aportaba más calorías que el agua y que la glucosa aportaba una cantidad mayor de energía que la fructosa.

En el *aprendizaje sabor-sabor*, un sabor será preferido sobre otro cuando éste se encuentra asociado con un sabor que ha sido aceptado previamente. Un ejemplo de éste tipo de aprendizaje puede ser el de la preferencia por algunas sustancias con un sabor que no sería aceptado de manera innata, como el café. Cuando un sujeto comienza a beber café, por lo general agrega azúcar (que posee un sabor que es aceptado de manera innata), pero posteriormente preferirá consumir el café solo. Es posible que la asociación entre un sabor y otro produzca esta preferencia (Capaldi, 1996).

Díaz, De la Casa, Ruiz y Baeyens (2004) realizaron un experimento en ratas en el que se mantuvo a disposición de los sujetos una solución de ácido cítrico y sacarina. Posteriormente se presentaba a las ratas una botella de agua con ácido cítrico y una botella con agua sola. Como resultado se obtuvo que los sujetos consumieron una cantidad mayor

de agua con ácido cítrico que de agua sola. Este resultado apoya la idea de que los sujetos asociaron el sabor del ácido con el sabor dulce de la sacarina, produciéndose el *aprendizaje sabor-sabor*.

Por otro lado, es probable que los organismos establezcan preferencias alimentarias a través de un quinto mecanismo, que consiste en la asociación de un sabor con los efectos de una sustancia que no aporta calorías ni nutrientes, pero que produce un estado de bienestar en el organismo. Fedorchak, Mesita, Plater y Brougham (2002) realizaron un experimento en el que expusieron a ratas a dos sustancias con sabores diferentes, una con cafeína y la otra sin cafeína. Posteriormente presentaron a los sujetos las dos sustancias, ambas sin cafeína. Como resultado se obtuvo que los sujetos consumieron una mayor cantidad de la sustancia que había sido mezclada con cafeína. Sin embargo, este resultado puede ser debido a los efectos adictivos que la cafeína produce, a través de un mecanismo de asociación, por lo que hace falta mayor evidencia experimental que confirme la existencia de un quinto mecanismo de adquisición de preferencias alimentarias.

Al igual que las preferencias alimentarias, las aversiones son producidas por asociación entre dos estímulos. Sin embargo, las aversiones alimentarias ocurren cuando un sujeto ha asociado un alimento y su sabor con un estado de malestar, como puede ser náusea o incomodidad gastrointestinal (Bernstein y Meachum, 1990; Schafe y Bernstein, 1996). Halpern, (1997) afirmó que los sujetos evitan sabores asociados con alimentos que les han provocado enfermedad después de haber sido ingeridos. En general, el sabor amargo está relacionado con la presencia de sustancias venenosas en los alimentos que lo contienen (Aubert y Dantzer, 2005). Por otro lado, el sabor ácido se encuentra asociado a sustancias en estado de putrefacción (Kim, Breslin, Reed y Drayna, 2004).

Es posible establecer aversiones condicionadas de manera experimental. Son numerosos los estudios que se han realizado en esta área. Por lo general, el establecimiento de aversiones condicionadas se realiza a través de la asociación entre los efectos de la inyección de una sustancia que produce náusea y malestar (p. ej. cloruro de litio) y el consumo de un alimento o bebida con un sabor determinado (Bárdos, 2001; Fouquet, Oberling y Sandner, 2001; Misanin, Collins, Rushanan, Anderson, Goodhart, Hinderliter, 2002; Nolan, McCaughey, Giza, Rhinehart-Doty, Smith y Scott, 1997; Yamamoto, Fresquet y Sandner, 2002).

La aceptación o rechazo de un sabor no solamente depende de los procesos que se mencionaron previamente. La concentración de un sabor puede determinar el consumo o la evitación de una sustancia. Se han realizado estudios con el objetivo de determinar los umbrales de percepción de los sabores, utilizando diferentes sabores diluidos en agua en distintas concentraciones (Capaldi, Owens y Palmer, 1994; McCleary, 1953; Randall, Schurg y Church, 1978).

Randall, Schurg y Church (1978) realizaron un experimento en el que evaluaron los umbrales de percepción, en caballos jóvenes, de cuatro sabores (dulce, salado, ácido y amargo) en diferentes concentraciones. Los resultados indicaron que las concentraciones bajas de las soluciones fueron consumidas en mayor proporción que las concentraciones altas. En el caso de los sabores salado, ácido y amargo, las concentraciones más altas no fueron consumidas por los sujetos experimentales. Estos resultados sugieren que el sabor de una sustancia que a bajas concentraciones es aceptada, puede ser rechazada si se presenta en altas concentraciones. Ese es el caso de los sabores dulce y salado, que si se administran en bajas concentraciones son preferidos sobre el agua; por el contrario, si se presentan en altas concentraciones son rechazados o consumidos en cantidades mínimas por los sujetos

experimentales (Pfaffmann, 1978; Ralphs, Provenza, Wiedmeier y Bunderson, 1995; Rothschild, 1971).

Por su parte, McCleary (1953) intentó determinar en qué concentración de saborizante era rechazada una sustancia. Denominó “punto de aversión” a la concentración de endulzante que era rechazado por ratas en un estudio paramétrico. Cabe señalar la importancia de determinar los “puntos de aversión” de las soluciones empleadas en el estudio del sabor en la conducta alimentaria. Sin embargo, consideramos necesario indicar que el término “aversión”, a nuestro juicio, no es el más indicado, debido a que la conducta aversiva es la evitación de los alimentos debido a su sabor o a sus efectos post-ingestivos negativos. Proponemos emplear el término “punto de rechazo”, definido como el punto en el que un sujeto no acepta el tipo de comida o bebida que había estado consumiendo.

Consideramos que, tanto los “umbrales de percepción” como los “puntos de rechazo” de una sustancia saborizante, son determinantes en el estudio de la conducta alimentaria. En la presente tesis se toma en consideración la cantidad de saborizante empleado, dado que esto determinará la aceptación o rechazo de una sustancia dada.

CAPÍTULO II

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA EN RATAS

Es probable que los sujetos que se utilizan con mayor frecuencia en el estudio de la conducta alimentaria sean las ratas debido a su capacidad de regular su peso corporal. Numerosos estudios se han desarrollado, empleando ratas como sujetos y utilizando diferentes técnicas experimentales. Específicamente, en el estudio de la aceptación y rechazo del sabor, se han empleado los programas de privación alimentaria y los programas de exposición a diferentes sustancias con sabor en distintas concentraciones (Brasser, 2005; Galindo y López-Espinoza, 2006; McCleary, 1953; Richter y Campbell, 1940; Rothschild, 1971; Scalera, 2000). Otras técnicas, como las pruebas de dos botellas y la canulación intraoral e intragástrica han sido empleadas con frecuencia (Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani, 2001; Fouquet, Oberling y Sandner, 2001; Myers y Hall, 1998; Myers y Sclafani, 2003; Sclafani, 2002).

Sin embargo, en este capítulo nos centraremos en los estudios que han utilizado la exposición a distintas concentraciones de saborizantes y los programas de privación como herramienta metodológica. Adicionalmente, abordaremos el empleo de los endulzantes como variable experimental dentro del estudio de la aceptación y rechazo de los alimentos.

2.1. Privación alimentaria

Mook (1996) afirmó que el *hambre* es un estado motivacional del organismo, que puede ser expresado por un sinnúmero de respuestas, tales como la búsqueda de comida o el mismo acto de comer. El término *hambre* ha sido definido como un estado indicativo de la necesidad de alimento. López-Espinoza y Martínez (2001) definieron el hambre como un estado de necesidad de elementos nutricios, producto de la privación alimentaria presente en un tiempo determinado. Esto sugiere que el hambre es un estado de necesidad fisiológica.

Es de importancia mencionar que el término *hambre* ha sido empleado de manera indiscriminada para designar fenómenos tales como el *apetito* o las *hambres específicas*. Algunos autores no hacen una diferenciación entre *apetito* y *hambre específica*. De acuerdo con ellos, ambos consisten en una *preferencia* por un alimento determinado, con base en el *gusto*, esto es, en las características orosensoriales, como el olor, el sabor, la consistencia o la apariencia de la comida (Cannon y Washburn, 1912; Young, 1941, 1966).

Sin embargo, el término *hambre específica* ha sido empleado para denominar las preferencias por alimentos específicos que contienen nutrientes de los que carece el organismo. De acuerdo con Rozin y Kalat (1971), el consumo de alimentos con contenido en nutrientes específicos, necesarios para el adecuado funcionamiento del organismo, es producto de un aprendizaje por parte del sujeto. Las *hambres específicas*, entonces, son un producto del aprendizaje, en el que intervienen variables como los efectos post-ingestivos. Los efectos post-ingestivos son los efectos producidos por el alimento ingerido. Pueden ser benéficos o aversivos para el organismo. Las *hambres específicas* podrían considerarse como el resultado de la asociación realizada por un organismo entre un alimento determinado (con ciertas cualidades orosensoriales, como sabor y olor) y sus efectos postingestivos benéficos.

Por otra parte, el *apetito* es un reflejo de consumo estimulado oralmente, controlado por las características de la comida, como el sabor y el olor. En otras palabras, el apetito es una preferencia determinada exclusivamente por las características orosensoriales de los alimentos, en la que no intervienen los efectos post-ingestivos de la comida (LeMagnen, 1999).

Uno de los principales problemas en el estudio experimental de la conducta alimentaria ha sido el de determinar el nivel de *hambre* (entendida como el estado

indicativo de la necesidad de alimento) que un organismo presenta en determinado momento del día. Debido a que es imposible determinar el nivel o la cantidad de *hambre* que un organismo presenta, se ha relacionado el número de horas de privación alimentaria con el grado de motivación presentada por el organismo para realizar determinada actividad. De esta forma, la privación alimentaria (al igual que la privación de agua, entendida también como un estado de motivación) ha sido empleada en condicionamiento operante como un método para mantener a los sujetos con un nivel de motivación suficiente para responder a la tarea que se les presenta (Mook, 1996).

Por otra parte, la privación de agua o alimento ha sido empleada en la evaluación de los efectos de la privación en la conducta alimentaria. La privación de agua o comida se realiza de manera sistemática, atendiendo a las necesidades experimentales y al objetivo perseguido por el experimentador. De esta manera, se han creado numerosos sistemas de privación de agua o alimento, que han sido denominados *programas de privación*.

2.1.1. Programas de privación

Los programas de privación consisten en retirar el alimento o el agua disponible, de manera total o parcial, en forma sistemática. Éstos pueden variar de acuerdo con el objetivo perseguido por el experimento. Los programas de privación total consisten en el retiro de todos los alimentos o bebidas disponibles. Por otra parte, los programas de privación parcial consisten en retirar algunos de los alimentos o bebidas disponibles. Se han empleado programas de privación que abarcan unas horas (Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani, 2001; Myers y Hall, 1998; Scalera, 2000) o días (Galindo y López-Espinoza, 2006; Ordaz, 2006). Específicamente, en el estudio de las preferencias y aversiones alimentarias, los programas de privación han sido utilizados para determinar los efectos de

la privación de comida sobre la aceptación y el rechazo de sabores y alimentos (Galindo y López-Espinoza, 2006; Ordaz, 2006; Scalera, 2000).

Empleando diferentes programas de privación de agua durante períodos que abarcaban sólo unas horas, Scalera y Tarozzi (2001) realizaron un experimento en ratas, que tenía como objetivo determinar los efectos de la privación de agua sobre el consumo de alimento y la capacidad de discriminar sabores. Expusieron a los sujetos experimentales a cuatro soluciones con diferentes sabores: sal, hidróxido de cloro, quinina y sucrosa. Posteriormente privaron de agua a las ratas, durante períodos de 12, 24, 36 y 48 horas. Al final del período de privación los sujetos fueron expuestos a libre acceso de agua y a una de las cuatro soluciones. Los resultados obtenidos mostraron que las ratas bebieron en promedio las mismas cantidades de agua, quinina, hidróxido de cloro, sucrosa y sal, lo que indicó que el sabor no tuvo efecto sobre el consumo de líquido durante un estado de privación de agua.

En otro experimento similar, Scalera y Tarozzi (2001) mantuvieron a disposición de las ratas, posteriormente a un periodo de privación de agua, una sola concentración de quinina, sucrosa, hidróxido de cloro o sal. Los sujetos mostraron preferencia por las soluciones que contenían sucrosa y sal, posteriormente al período de privación. Es probable que esta preferencia sea debida a los efectos postingestivos osmóticos y energéticos de la sal y la sucrosa, respectivamente. Estos resultados indicaron que mediante el consumo de la solución salina, las ratas deshidratadas recuperaron el equilibrio de las sales en el organismo, mientras que a través del consumo de sucrosa los sujetos compensaron la energía perdida durante el período de deshidratación.

Por otra parte, López-Espinoza (2001, 2004) y López-Espinoza y Martínez (2001) estudiaron los efectos de la privación alimentaria en ratas durante el período posterior a la

privación de alimento o agua y los denominó efectos post-privación. Estos efectos consisten en la recuperación del peso corporal, el aumento del consumo de alimento (gran comilona) y el aumento del consumo de agua después de un período de privación de agua o alimento (gran bebida).

Posteriormente, Ordaz (2006) realizó un experimento que tenía como objetivo evaluar los efectos de la exposición a los sabores quinina y esencia sabor mantequilla disueltos en agua, sobre la conducta alimentaria durante el período post-privación de agua o comida. El programa de privación empleado tuvo una duración de tres días. Los resultados indicaron que los típicos efectos post-privación se modificaron como consecuencia de la exposición al sabor durante los días que siguieron al período de privación.

Las evidencias reportadas por Scalera y Tarozzi (2001) y Ordaz (2006) sugieren que los períodos de privación de comida y agua modifican los patrones alimentarios de la rata y son un factor importante en la aceptación o rechazo de sabores. Adicionalmente, los resultados de Ordaz (2006) indicaron que la presencia de sabor en el agua altera los patrones de consumo alimentario, sugiriendo que los efectos del sabor ocurren de manera independiente de los efectos post-privación e incluso los modifican.

2.2. Estudios paramétricos

En el estudio experimental de los efectos del sabor sobre la conducta alimentaria en ratas, se han empleado los estudios paramétricos como una forma de determinar los umbrales de aceptación y rechazo de los sabores. Adicionalmente, éste método es útil para comparar los consumos de dos o más sustancias en diferentes concentraciones. Por lo general, se pone a disposición de los sujetos una serie de concentraciones del saborizante diluido en agua, contabilizando la cantidad de lengüetadas dadas al bebedero o midiendo la cantidad de agua ingerida.

Se han realizado estudios que evalúan los efectos de diferentes sabores en distintas concentraciones (Randall, Schurg y Church, 1978). Sin embargo, se reporta mayor evidencia experimental de los efectos de los sabores amargo, dulce y salado en varias concentraciones, a diferencia del resto de los sabores (Brasser; 2005; McCleary, 1953; Richter y Campbell, 1940; Rothschild, 1971).

Brasser, Mozhui y Smith (2005) realizaron un estudio que tenía como objetivo determinar cuáles eran las respuestas individuales de un grupo de ratas a tres sustancias con sabor amargo: quinina, benzoato de denatonio y cicloheximida. Empleando un *licómetro*, que es un aparato que mide la cantidad de lengüetadas dadas a una pipeta dispensadora de líquido, se les presentaron a los sujetos seis diferentes concentraciones de cada una de las sustancias. Durante tres sesiones diarias consecutivas las ratas fueron expuestas a uno de tres diferentes pares de las sustancias: a) quinina/denatonio; b) quinina/cicloheximida; ó, c) denatonio/cicloheximida. Como resultado, se obtuvo que la cantidad de lengüetadas dadas a las concentraciones altas de cada una de las sustancias fue menor que la cantidad de lengüetadas dadas cuando las concentraciones presentadas eran las bajas. Adicionalmente, se observó que la tasa de lengüetadas varió de una sustancia a otra, a pesar de que los tres estímulos eran amargos, lo que indicó que el sabor amargo no era igual en las tres sustancias, dado que la respuesta entre una y otra sustancia fue diferente.

Por otra parte, Richter (citado en Rowland, 1990) evaluó los efectos de diferentes concentraciones de sal en ratas. Expuso a los sujetos experimentales a las soluciones de cloruro de sodio de manera secuencial o simultáneamente. Los sujetos presentaron un patrón de consumo similar al de una 'U' invertida, en el que las concentraciones altas eran rechazadas y las bajas eran consumidas en cantidades similares a las del agua sin cloruro de sodio.

Por otro lado, Rothschild (1971) estudió los patrones de preferencia por diferentes concentraciones de cloruro de sodio y glucosa en ratas bajo dos programas de privación alimentaria. Empleando un aparato especial en el que era posible colocar cilindros adaptados con pipetas, expuso a las ratas a 18 concentraciones de cloruro de sodio y glucosa, bajo dos programas de privación de 6 y 24 horas. El aparato dispensador de líquido permitía a los animales estar en contacto con la sustancia durante un determinado período, posteriormente rotaba y presentaba la siguiente concentración. Como resultado se obtuvo que los sujetos consumieron mayores cantidades de las sustancias con bajas concentraciones de glucosa y cloruro de sodio. Sin embargo, se observó que esta preferencia varió con respecto al programa de privación empleado.

Richter y Campbell (1940) estudiaron los umbrales de percepción del sabor de cinco tipos de azúcares. Mantuvieron dos botellas con líquido a disposición de los sujetos: una con agua y la otra con una pequeña concentración de azúcar disuelta en el agua. Esta concentración fue incrementada diariamente en dosis mínimas, hasta que las ratas fueron capaces de distinguir entre el agua y la solución azucarada. Como resultado, se obtuvo que los sujetos presentaron un patrón de consumo de las soluciones con azúcar similar al de una 'U' invertida. En general, los consumos de agua endulzada en pequeñas y grandes concentraciones fueron parecidos a los consumos de agua simple. Sin embargo, se presentaron grandes consumos de agua endulzada cuando las concentraciones de azúcar eran *medias*. Estos resultados aportaron evidencia de que el consumo de una sustancia se relaciona directamente con la concentración de saborizante que ésta contiene.

McCleary (1953) realizó un experimento en el que expuso a ratas a diferentes concentraciones de glucosa y fructuosa, que comprendían entre el 0.1% y el 40%. Como resultado obtuvo que las ratas consumieron menores cantidades de líquido cuando las

concentraciones eran mayores. Denominó “punto de aversión” a la concentración de fructuosa o glucosa en la que el agua era preferida a la solución que contenía el endulzante

Recientemente, Bello y Hajnal (2005) realizaron un experimento en el que expusieron a ratas macho a diferentes concentraciones de sucralosa diluida en agua. Cada concentración era entregada al mismo tiempo que los sujetos tenían disponible una botella con agua sola. Adicionalmente, la concentración de sucralosa entregada era aumentada día con día. Como resultado obtuvieron que las ratas consumieron las concentraciones bajas de sucralosa, pero no las concentraciones altas.

Es posible mencionar que, dada la concentración de sabor en una sustancia, ésta será consumida o rechazada. Adicionalmente, puede considerarse necesario integrar la concentración de saborizante contenida en una sustancia como una variable en el estudio de la aceptación y rechazo de los alimentos. No solamente el sabor o la aportación calórica o nutrimental de un alimento es determinante en el análisis de la conducta alimentaria, sino también la concentración de sabor.

2.3. Los endulzantes como herramienta metodológica: sabor y fuente de calorías

Booth (1990) indicó que la preferencia por el sabor dulce es congénita en seres humanos, ratas, otros mamíferos y en muchos vertebrados. Esta preferencia pudo ser aprendida durante la filogénesis de las especies, por lo que es posible asumir que la mayoría de los mamíferos y vertebrados compartían ciertas necesidades nutrimentales. La preferencia por los endulzantes, de manera específica por los azúcares, puede tener su base en el desarrollo de la capacidad para identificar rápidamente aquellas sustancias ricas en carbohidratos, necesarios para cubrir las necesidades calóricas de los sujetos (Cabanac, 1971; Mook, 1974; Ruprecht, 2005).

Todos los endulzantes poseen un sabor dulce. Sin embargo, es posible clasificarlos en aquéllos que contienen calorías y en aquéllos que endulzan sin aportar energía al organismo. Por un lado se encuentran los azúcares, que son carbohidratos, aportan calorías y se clasifican en monosacáridos y disacáridos. Los monosacáridos son la forma absorbible de los azúcares, como la glucosa, la fructosa y la galactosa. Los disacáridos son dos monosacáridos unidos, como la sucrosa y la lactosa. La sucrosa es conocida como el azúcar común, que al ser ingerida por el organismo se descompone en glucosa y fructosa (Brito, 2004).

Por otro lado, los endulzantes no calóricos aportan un sabor dulce pero sin calorías. En la actualidad son producidos diversos tipos de endulzantes, denominados *endulzantes de alta intensidad*, que comparten el sabor dulce de la sucrosa, pero sin aportar las calorías que ésta contiene. Algunos de los endulzantes más comunes, empleados en la preparación de alimentos y bebidas con bajo contenido calórico son la sacarina, el aspartame y la sucralosa (Ruprecht, 2005).

La sacarina es el endulzante artificial no calórico que endulza entre 200 y 300 veces más que la sucrosa, pero posee un regusto amargo (Sclafani y Clare, 2004). El aspartame es una sustancia compuesta por dos aminoácidos: L-fenilalanina y ácido aspártico. Tiene un poder endulzante 200 veces mayor que la sucrosa (Gayol, 2003). Por otra parte, la sucralosa es un endulzante no calórico y no nutritivo, elaborado a partir de la sucrosa. Posee una capacidad endulzante 600 veces mayor que la de la sucrosa, con un sabor dulce muy similar. La sucralosa es el endulzante con bajo contenido calórico que tiene un sabor dulce más parecido al de la sucrosa (Grice y Goldsmith, 2000).

Específicamente en el estudio de la preferencia y el rechazo por los alimentos, se ha hecho un uso extenso de los endulzantes. De manera experimental, los endulzantes se han

empleado en el estudio de la conducta alimentaria, por su sabor (Booth, 1990; Duizer, Bloom y Findlay, 1995; Myers y Hall, 1998; Ramírez, 1996) o por el contenido energético que poseen o al cual se encuentran asociados (Ackroff, Touzani, Peets y Sclafani, 2001; Capaldi, Campbell, Scheffer y Bradford, 1987; Capaldi, Owens y Palmer, 1994; McCleary, 1953; Myers y Hall, 1998; Sclafani, 2002; Valenstein, 1967).

Algunos autores han separado los efectos orales de los efectos postingestivos de los azúcares empleando la entrega de estos a través de una cánula intragástrica o intraoral (Ackroff y Sclafani, 2004; Myers y Hall, 1998; Sclafani, 2001; Sclafani, 2002). Otros han estudiado las preferencias por sabores, empleando endulzantes de alta intensidad como la sacarina y la sucralosa (Sclafani y Clare, 2004)

Sin embargo, otros autores estudiaron los efectos orales y post-ingestivos en interacción, presentando a los sujetos experimentales mezclas en las que se combinan el sabor y los efectos post-ingestivos de los endulzantes. Booth, Lovett y McSherry (1972) realizaron un estudio en el que se presentaba a ratas la opción de elegir entre dos concentraciones de azúcar o dos tipos de azúcares diferentes bajo estados de libre acceso o de privación alimentaria. Adicionalmente, realizaron mezclas entre diversos azúcares (principalmente glucosa y sucrosa) para determinar si el sabor o el contenido energético de las sustancias determinaban su consumo o rechazo. En general, los principales hallazgos consistieron en que los sujetos rechazaban una solución azucarada rica en calorías, aún durante un estado de necesidad energética, cuando la concentración era demasiado alta, y mostraban un cambio en la preferencia por concentraciones más bajas. Los autores llegaron a la conclusión de que los cambios de preferencia de una sustancia a otra pueden ser debidos a dos factores: a) un factor oral (el sabor); y, b) el factor postingestivo de los carbohidratos.

2.3.1. Uso de la sucrosa: sabor y fuente de calorías

Dentro del estudio de la conducta alimentaria, se ha empleado la sucrosa como variable experimental debido a su sabor dulce y su contenido calórico. Específicamente en el estudio experimental de las preferencias y aversiones alimentarias, la sucrosa se ha empleado como reforzador durante el establecimiento de preferencias por sabores, principalmente en experimentos que evalúan el *aprendizaje sabor-nutriente* (Capaldi, Owens y Palmer, 1994; Forestell y LoLordo, 2000; Harris, Shand, Carroll y Westbrook, 2004; Myers y Sclafani, 2003; Sclafani, 2002; Tarnier, Frieman y Mehiel, 2004).

Myers y Hall (1998) realizaron un experimento en ratas que tenía por objetivo describir los efectos del condicionamiento sobre las conductas apetitivas y consumatorias, consideradas como dos componentes separados de la ingestión. Implantaron cánulas intraorales e intragástricas a los sujetos y les presentaron un sabor apareado con o sin sucrosa, para determinar si el sabor dulce y la densidad calórica funcionaban como reforzadores en cada uno de los componentes conductuales de la ingestión. Los resultados indicaron que el reforzamiento oral, es decir, el sabor dulce, producía un condicionamiento de la conducta apetitiva al sabor, mientras que el reforzamiento postingestivo (las calorías del endulzante) producía un condicionamiento en la respuesta consumatoria.

Por otro lado, Sclafani (2002) realizó un estudio en el que expuso a ratas a dos sabores (uva y cereza) apareados con infusiones intragástricas de agua y sucrosa al 5% y 30%. El objetivo consistía en determinar si era posible que las ratas demostraran una preferencia por el sabor asociado a la concentración alta de sucrosa, durante pruebas de una y dos botellas, presentando ambos sabores asociados a infusiones intragástricas de agua y sucrosa en una concentración intermedia (17.5%). Como resultado se obtuvo que los sujetos consumieron una cantidad mayor de la sustancia con sabor asociado a la entrega

intragástrica de sucrosa al 30%, durante las pruebas de una y dos botellas asociadas a la solución intermedia de sucrosa (17.5%). Estos resultados indicaron que los sujetos fueron sensibles a los efectos post-ingestivos de la sucrosa al 30%, hallazgo que se confirmó durante la presentación de la sustancia con una concentración intermedia de sucrosa.

Harris, Shand, Carroll y Westbrook (2004) realizaron una serie de experimentos que tenían como objetivo determinar si los organismos prefieren un sabor que ha sido asociado con sucrosa. Expusieron a ratas a sustancias con sabores neutros, es decir, sabores que no eran preferidos ni rechazados. Posteriormente, un grupo de sujetos era expuesto a soluciones de sucrosa y el otro a agua sin sabor. Como resultado, obtuvieron que los sujetos que recibieron soluciones de sucrosa, posteriormente a la presentación del sabor neutro, presentaron una preferencia por ese sabor en pruebas subsiguientes.

Por su parte, Harris y Thein (2005) llevaron a cabo un estudio en el que evaluaron las preferencias condicionadas por olores apareados con sucrosa. En un experimento expusieron a ratas a dos concentraciones de sucrosa diluida en agua (una concentración alta, mayormente preferida, y una concentración baja) cada una asociada a un olor diferente. Posteriormente, las ratas eran expuestas a cada uno de los olores mientras tenían acceso a una sola concentración de sucrosa (la alta o la baja). Posteriormente se realizaron pruebas de preferencia entre ambos olores. Como resultado se obtuvo que los sujetos prefirieron el olor asociado a la concentración alta de sucrosa. Estos resultados indicaron que los sujetos fueron sensibles a la relación entre el olor y el contenido de sucralosa presentado en la solución disponible.

No obstante el amplio uso de la sucrosa como herramienta en el análisis de las preferencias y aversiones alimentarias, en el estudio del *aprendizaje sabor-nutriente* se ha considerado de importancia separar el sabor de los efectos post-ingestivos, con el fin de

determinar cuál de éstos factores es de mayor relevancia en el desarrollo de las preferencias o aversiones alimentarias. Para ello, se han empleado los *endulzantes de alta intensidad*, particularmente el aspartame, la sacarina y la sucralosa.

2.3.2. Uso de la sucralosa: sabor sin calorías

En el debate acerca de la importancia del sabor y del contenido calórico o nutricional de los alimentos como principal característica para su consumo o rechazo, se ha empleado la sucralosa como variable experimental, con la finalidad de separar los factores orales (en este caso, el sabor) de los factores postingestivos. A diferencia de la sacarina y el aspartame, la sucralosa posee un sabor casi idéntico al de la sucrosa, por lo que recientemente ha sido posible emplearla como variable experimental, principalmente en el estudio del *aprendizaje sabor-nutriente*.

Martínez (2008) realizó experimentos en ratas y octodones que tenían como objetivo determinar el patrón de consumo de agua y alimento durante la exposición a una solución de glucosa y sucrosa. Adicionalmente, evaluó el patrón alimentario empleando una secuencia de exposición que consistía en la presentación de un sabor aceptado (mantequilla) o uno no aceptado (quinina) y la presentación de sucrosa o glucosa. Los resultados indicaron que los sujetos consumieron la solución de glucosa en grandes cantidades, a diferencia de la solución de sucralosa, que era consumida en cantidades similares a las del agua sin ningún sabor. Es probable que esta diferencia fuera debida al contenido energético de la glucosa. Sin embargo, cuando fueron previamente expuestos a un sabor, los sujetos consumieron grandes cantidades de sucralosa. Esta variación en el patrón alimentario puede ser debida a la historia de exposición y a un aprendizaje de tipo *sabor-nutriente*.

CAPÍTULO III
SERIE EXPERIMENTAL

La evidencia obtenida por Galindo y López-Espinoza (2006) sugiere que el sabor es un factor determinante para el consumo de un alimento, aún cuando los sujetos se encuentren sometidos a condiciones de privación alimentaria. En un estudio realizado en ratas utilizaron una solución de quinina (de sabor muy amargo, no aceptado) y sucrosa como único alimento disponible durante ocho días. Los sujetos consumieron la solución en cantidades pequeñas, insuficientes para cubrir las necesidades calóricas diarias. Este resultado pudo ser debido a dos factores: 1) el sabor amargo de la solución como característica suficiente para que el alimento fuera rechazado, ó, 2) los efectos post-ingestivos aversivos de la quinina.

Además del sabor amargo, se han empleado otros sabores no aceptados en el estudio de las preferencias alimentarias. Los sabores ácido y salado han sido empleados en experimentos que tenían como objetivo establecer preferencias condicionadas por sabores no aceptados, mediante condicionamiento clásico (Díaz, De la Casa, Ruiz y Baeyens, 2004; Forestell y LoLordo, 2000; Harris, Shand, Carroll y Westbrook, 2004) u operante (Weatherly, Nurnberger, Austin y Wright, 2006).

Con el fin de valorar los efectos de dos sabores no aceptados sobre la conducta alimentaria de las ratas, empleando sustancias en concentraciones que no produjeran efectos post-ingestivos aversivos, se realizó el Experimento I. Su objetivo fue evaluar el efecto de doce concentraciones de ácido cítrico y cloruro de sodio en agua sobre el peso corporal y los consumos de agua y alimento. Una vez determinados los efectos de las diferentes dosis de estas sustancias sobre la conducta alimentaria, se comprobó que las dosis más altas de saborizante eran rechazadas o consumidas en una menor cantidad que las dosis bajas. A partir de éste hallazgo se realizó el Experimento II.

El Experimento II tuvo como objetivo determinar si era posible que los sujetos consumieran una sustancia no aceptada a pesar de ser la única fuente de calorías durante un estado de privación del alimento habitual. Conforme a los resultados obtenidos, se planeó el Experimento III. El objetivo consistió en determinar los efectos de diferentes dosis de saborizante sobre el consumo de una sustancia que se ha comprobado que es consumida en grandes cantidades, como la sucrosa.

De manera general, el interés de esta tesis se dirige a resolver las siguientes preguntas: ¿el sabor es un factor de importancia en el consumo de una sustancia determinada? ¿los sujetos son capaces de consumir, bajo condiciones de privación alimentaria, una sustancia con sabor no aceptado pero con contenido calórico? ¿existe una relación entre la cantidad de saborizante empleado y el consumo de una sustancia? y ¿la secuencia de exposición a una sustancia con un sabor no aceptado es una variable determinante para el consumo/rechazo de un alimento determinado?

Los resultados serán discutidos, principalmente, conforme a la ocurrencia de uno de dos posibles resultados: 1) que los sujetos consuman la sustancia a pesar del sabor inaceptable, ó, 2) que no la consuman a pesar de la privación alimentaria. Finalmente, se pretende contribuir al estudio de la influencia del sabor sobre el patrón alimentario de la rata, para, con base en la evidencia experimental previa, manipular nuevas variables de interés para el estudio de la conducta alimentaria.

1.1. Experimento I

La concentración del sabor es un factor importante para la aceptación o rechazo de un alimento. Por ejemplo, se ha documentado que las ratas consumen grandes cantidades de agua con sucrosa a bajas concentraciones, mientras que las concentraciones altas son rechazadas o consumidas en cantidades mínimas (Ralphs, Provenza, Wiedmeier y Bunderson, 1995; Rothschild, 1971). En el presente estudio se analizan los efectos de diferentes concentraciones de los sabores ácido y salado, utilizando dos sustancias: ácido cítrico y cloruro de sodio.

Método

Sujetos

Dieciséis ratas de la cepa Wistar, ocho machos (MA1, MA2, MA3, MA4, MS1, MS2, MS3 y MS4) y ocho hembras (HA1, HA2, HA3, HA4, HS1, HS2, HS3 y HS4), con 4 meses de edad al inicio del estudio, ingenuas experimentalmente.

Aparatos y Materiales

Se utilizaron dieciséis cajas-habitación individuales, con medidas de 13cm de altura por 27cm de ancho y 38cm de largo, con una reja metálica en la parte superior, con división para comedero y bebedero. El fondo de la caja se mantuvo cubierto con una cama para roedores de laboratorio, que fue removida y sustituida por otra cada 10 días. Para el registro del consumo de alimento y peso corporal se utilizó una báscula electrónica de precisión. Croquetas de la marca comercial Nutri-cubos, especial para animales de laboratorio, fue el alimento proporcionado. Su fórmula nutricional es la siguiente: 3% de grasas, 7% de cenizas, 1 % de calcio, 23% de proteína, 6% de fibra, 49% de E.L.N. (extracto libre de nitrógeno), 0.6% de fósforo y 12% de humedad. Como bebida se utilizó agua y durante la

manipulación experimental se proporcionaron soluciones compuestas de ácido cítrico monohidratado y cloruro de sodio diluidos en agua en doce diferentes concentraciones (Tabla 1). Las bebidas se proporcionaron en bebederos graduados de 100ml y 200ml.

Procedimiento

Las ratas se manipularon una vez al día: se registró su peso corporal y su consumo de bebida y alimento. El registro se llevó a cabo todos los días a las 10:00 AM. Para el pesaje se trasladaba la caja habitación a una mesa de trabajo en la que se encontraba la báscula utilizada para el registro. Para obtener el peso corporal, se tomaba a la rata y se introducía en el recipiente de la báscula. Por otra parte, para obtener el consumo de la bebida, se restaba la cantidad dispuesta el día anterior, de la cantidad restante en el bebedero. Al finalizar los registros los sujetos retornaban a su caja habitación y permanecían en el bioterio. Los días de exposición al sabor se proporcionaron soluciones de ácido cítrico ó cloruro de sodio. Las soluciones eran preparadas en el laboratorio, empleando agua purificada, ácido cítrico ó cloruro de sodio de marca comercial. La dilución de las sustancias fue realizada en cada bebedero, de manera individual. Los bebederos eran entregados a todos los sujetos posteriormente al registro del peso corporal y del consumo de alimento.

Diseño experimental

Se formaron dos grupos de sujetos experimentales, Grupo Ácido y Grupo Salado, que a su vez fueron divididos en dos subgrupos. Cada grupo se conformó de cuatro hembras y cuatro machos. Los sujetos HA1, HA2, HA3, HA4, MA1, MA2, MA3 y MA4 fueron asignados al Grupo Ácido, que fue dividido en dos subgrupos: HA1, HA2, MA1 y MA2 fueron asignados al primer subgrupo (1A) y HA3, HA4, MA3 y MA4 al segundo subgrupo

(2A). Los sujetos HS1, HS2, HS3, HS4, MS1, MS2, MS3 y MS4 fueron asignados al Grupo Salado, que a su vez fue dividido en dos subgrupos: HS1, HS2, MS1 y MS2 fueron asignados al primer subgrupo (1S) y HS3, HS4, MS3 y MS4 al segundo subgrupo (2S). La asignación de todos los sujetos a los grupos experimentales se realizó de forma aleatoria.

El experimento se dividió en veinticinco fases. Todas las fases tuvieron una duración de un día cada una. Durante las fases 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 y 25 se proporcionaron 50g de nutricubos y 200ml de agua a todos los sujetos. Durante las fases 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 y 24 se proporcionaron 50g de nutricubos y 100ml agua con diferentes concentraciones de ácido cítrico monohidratado ó cloruro de sodio.

Tabla 1. Concentraciones de Ácido Cítrico y Cloruro de Sodio

No. De Concentración	Ácido Cítrico (g) en 100ml de agua	Cloruro de Sodio (g) en 100ml de agua
1	1	6
2	0.9	5
3	0.8	4
4	0.7	3
5	0.6	2
6	0.5	1
7	0.4	0.8
8	0.3	0.6
9	0.2	0.4
10	0.1	0.2
11	0.05	0.05
12	0.025	0.025

El Grupo Ácido recibió las concentraciones de ácido cítrico: el primer subgrupo (1A) comenzó recibiendo la concentración más alta y terminó recibiendo la concentración más baja, mientras que el segundo subgrupo (2A) recibió la secuencia de manera baja-alta. El Grupo Salado recibió las concentraciones de cloruro de sodio: el primer subgrupo (1S) recibió la secuencia de manera alta-baja, mientras que el segundo subgrupo (2S) recibió la secuencia de manera baja-alta (Tabla 2).

Fases		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Grupo Ácido	1A		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	2A		12		11		10		9		8		7		6		5		4		3		2		1	
Grupo Salado	1S		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	2S		12		11		10		9		8		7		6		5		4		3		2		1	
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Tabla 2. Diseño del Experimento I. Se representan las 25 fases que conformaron el experimento. Los recuadros en gris representan los días de libre acceso sin solución.

Resultados

Las figuras 1 y 2 muestran el peso corporal, las figuras 3 y 4 el consumo de alimento y las Figuras 5 y 6 el consumo de agua, de hembras y machos de los grupos ácido y salado. Los paneles superiores muestran los datos del Subgrupo 1A en las figuras 1, 3 y 5, y del Subgrupo 1S en las figuras 2, 4 y 6. En los paneles inferiores de las figuras 1, 3 y 5 se presentan los datos del Subgrupo 2A, y en las figuras 2, 4 y 6 el Subgrupo 2S. Las columnas de la izquierda muestran los datos de las hembras y las columnas de la derecha los datos de los machos. Los puntos negros representan los días de libre acceso al alimento y agua sin sabor. Por otro lado, los triángulos blancos indican los días en que se presentó el agua con sabor.

Las gráficas de las Figura 1 muestran el peso corporal de los sujetos del Grupo Ácido. Todos los sujetos presentaron un patrón de crecimiento ascendente. En general, los sujetos presentaron ligeros cambios en el peso corporal durante los días de exposición a las soluciones con respecto a los días de libre acceso y agua sin sabor. De manera particular, el sujeto HA1 presentó disminuciones en el peso corporal durante las fases 2 y 10. Los sujetos MA2 y MA3 presentaron un peso inferior con respecto a las demás fases, durante las fases 2 y 4, y 18 y 20, respectivamente.

Las gráficas de la Figura 2 representan el peso corporal de los sujetos del Grupo Salado. Todos los sujetos del Subgrupo 1S mostraron un patrón de crecimiento ascendente, sin embargo, presentaron disminuciones de peso durante las fases 2, 4, 6 y 8. Por otro lado, los sujetos del Subgrupo 2S presentaron un patrón de crecimiento ascendente durante la primera parte del estudio y una tendencia a disminuir el peso corporal en la segunda parte del experimento, sobre todo durante las fases 18, 20, 22 y 24, correspondientes a los días en que fueron expuestos a las soluciones de cloruro de sodio.

Las gráficas de la Figura 3 muestran el consumo de alimento de los sujetos del Grupo Ácido. Todos los sujetos muestran variaciones en los consumos de alimento durante los días de libre acceso con y sin sabor. De manera particular, los sujetos del Subgrupo 1A presentaron disminuciones en el consumo de alimento durante las fases de exposición al sabor, con respecto a los días de libre acceso. Específicamente, el sujeto HA1 presentó bajos consumos de alimento durante las fases 2 y 10, el sujeto MA1 disminuyó su consumo de alimento durante la fase 6 y los sujetos HA2 y MA2 presentaron consumos de alimento más bajos en la primera parte del experimento, durante los días de exposición al sabor. Por otro lado, los sujetos del Subgrupo 2A presentaron patrones de consumo irregulares. Sin embargo, los sujetos HA3 y MA3 presentaron bajos consumos de alimento, con variaciones de hasta -10g con respecto a los días de libre acceso, durante las fases de exposición al sabor.

La Figura 4 muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo Salado. Los sujetos del Subgrupo 1S mostraron la tendencia a disminuir el consumo de alimento, con variaciones de hasta -10g durante la exposición a las concentraciones altas, con respecto a los días de libre acceso sin sabor. Sin embargo, durante la exposición a las concentraciones bajas mostraron un patrón de consumo de alimento con pocas variaciones, tanto los días de

exposición al sabor, como los días de libre acceso sin sabor. Por otra parte, los sujetos del Subgrupo 2S mostraron patrones de consumo relativamente estables durante la primera mitad del experimento, tanto en las fases de libre acceso, como en las de exposición al sabor. Sin embargo, en la segunda parte del experimento los sujetos mostraron disminuciones en el consumo de alimento de hasta -15g durante los días de exposición al sabor, con excepción del sujeto HS4, que disminuyó su consumo de alimento solamente durante la Fase 22.

La Figura 5 muestra el consumo de agua de los sujetos del Grupo Ácido. Todos los sujetos mostraron consumos de agua con sabor más bajos que los del agua. Particularmente, los sujetos del Subgrupo 1A presentaron diferencias entre los consumos de agua y agua con sabor de hasta 50ml. Con excepción del sujeto HA1, que presentó consumos de agua con sabor bajos durante todo el experimento, los sujetos mostraron los consumos de agua más bajos durante las fases 2, 4, 6, 8, 10 y 12. Por otro lado, los sujetos del Subgrupo 2A mostraron diferencias en los consumos de agua y agua con sabor de hasta 60ml. De manera particular, el sujeto HA3 presentó los consumos de agua más bajos de agua con sabor durante las fases 8, 10, 12, 16, 18, 20, 22 y 24. Adicionalmente, presentó un alto consumo de agua en la fase 14. El sujeto MA3 presentó los consumos más bajos de agua con sabor en las fases 16 y 18, mientras que el sujeto HA4 presentó sus consumos más bajos de agua con sabor durante las fases 2 y 10. El sujeto MA4 presentó el consumo más bajo de agua con sabor en la Fase 20.

Las gráficas de la Figura 6 representan el consumo de agua de los sujetos del Grupo Salado. Los sujetos del Subgrupo 1S presentaron la tendencia a consumir poca o ninguna cantidad de agua con sabor durante las fases 2, 4 y 6. Particularmente, el sujeto HS1 presentó un bajo consumo de agua durante la fase 22, además de consumos iguales a 0

durante las fases 2, 4 y 6. El sujeto HS2 presentó consumos mínimos de agua durante las fases 2, 4 y 6, y consumos de hasta 55ml durante las fases 10, 14, 16 y 18. Por otro lado, el sujeto MS2, además de presentar bajos consumos durante las fases 2, 4 y 6, presentó una disminución del consumo de agua en la Fase 24, en comparación con los consumos de las demás fases.

Por otro lado, los sujetos del Subgrupo 2S presentaron bajos consumos de agua durante las últimas fases del experimento en las que se les exponía al sabor. De manera particular, el sujeto HS3 mostró los consumos de agua con sabor más bajos durante las fases 22 y 24, y los consumos más altos en las fases 5 y 10, con una diferencia de hasta 50ml. El sujeto MS3 presentó los consumos de agua más bajos durante las fases 18, 20, 22 y 24. El sujeto HS4 presentó los consumos de agua más bajos en las fases 22 y 24, y los más altos durante las fases 4, 6, 8, 12 y 14, con diferencias de hasta 55ml. Por otro lado, el sujeto MS4 presentó los consumos de agua más bajos durante las fases 18, 20, 22 y 24.

Finalmente, en la Figura 7 se muestran las desviaciones estándar del consumo de líquido durante las fases de exposición al sabor. Los paneles superiores presentan los datos del Grupo Ácido (Subgrupos 1A y 2A) y los paneles inferiores los datos del Grupo Salado (Subgrupos 1S y 2S). Las columnas de la izquierda muestran los datos de las hembras y las columnas de la derecha los datos de los machos. Tanto las hembras como los machos del Subgrupo 1A presentaron un patrón de consumo ascendente: a menor cantidad de ácido cítrico contenida en la solución ofrecida, mayor consumo de líquido. Los sujetos del Subgrupo 2A no presentaron un patrón de consumo estable a lo largo de todo el experimento. De manera particular, las hembras presentaron grandes bebidas durante la Fase 14.

Por otro lado, hembras y machos del Subgrupo 1S presentaron un patrón de consumo semejante: consumos muy cercanos a cero durante las fases 2, 4, 6, y 8, y un incremento súbito en el consumo durante la fase 10. Sin embargo, las hembras mantuvieron un consumo relativamente estable durante las fases 12, 14, 16, 18 y 20, y un decremento gradual durante las fases restantes. Los machos presentaron un patrón de consumo gradual descendente a partir de la Fase 10.

Por otra parte, las hembras del Subgrupo 2S presentaron grandes consumos de líquido durante las fases 4, 6, 8, 10, 14 y 16, y consumos cercanos a cero durante las fases 22 y 24. Los machos del Subgrupo 2S mostraron un patrón de consumo relativamente estable durante las fases 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16. Sin embargo, durante la Fase 18 presentaron un abrupto descenso en el consumo de líquido, el cual se mantuvo cercano a cero durante las fases restantes del experimento.

PESO CORPORAL

Grupo Acido

Subgrupo 1A

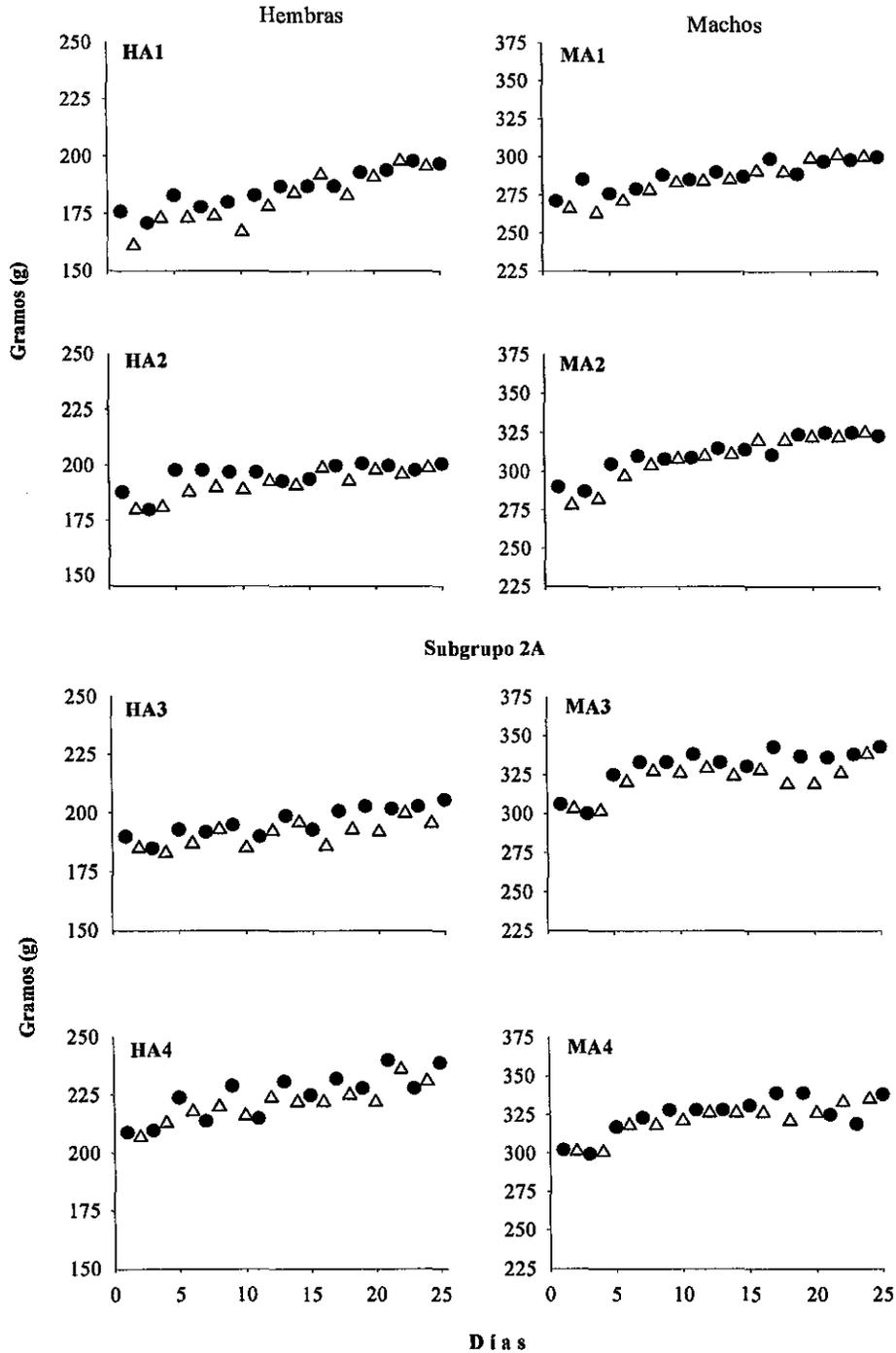


Figura 1. Muestra el peso corporal del Grupo Ácido. El panel superior muestra los datos del Subgrupo 1A y el inferior los datos del Subgrupo 2A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los puntos negros indican las fases de libre acceso sin sabor y los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

PESO CORPORAL

Grupo Salado

Subgrupo 1S

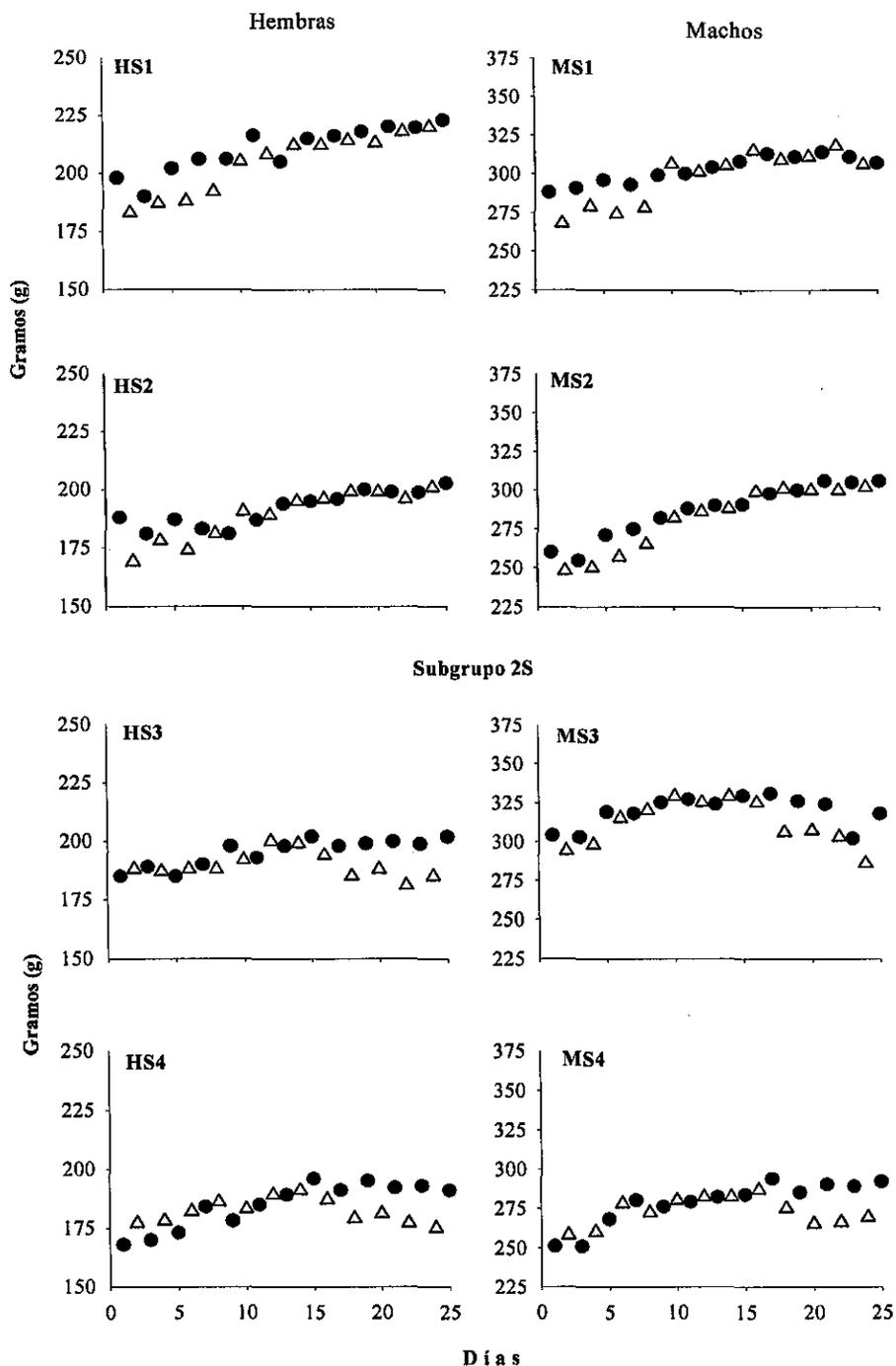


Figura 2. Muestra el peso corporal del Grupo Salado. El panel superior muestra los datos del Subgrupo 1S y el inferior los datos del Subgrupo 2S. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los puntos negros indican las fases de libre acceso sin sabor y los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

CONSUMO DE ALIMENTO

Grupo Ácido

Subgrupo 1A

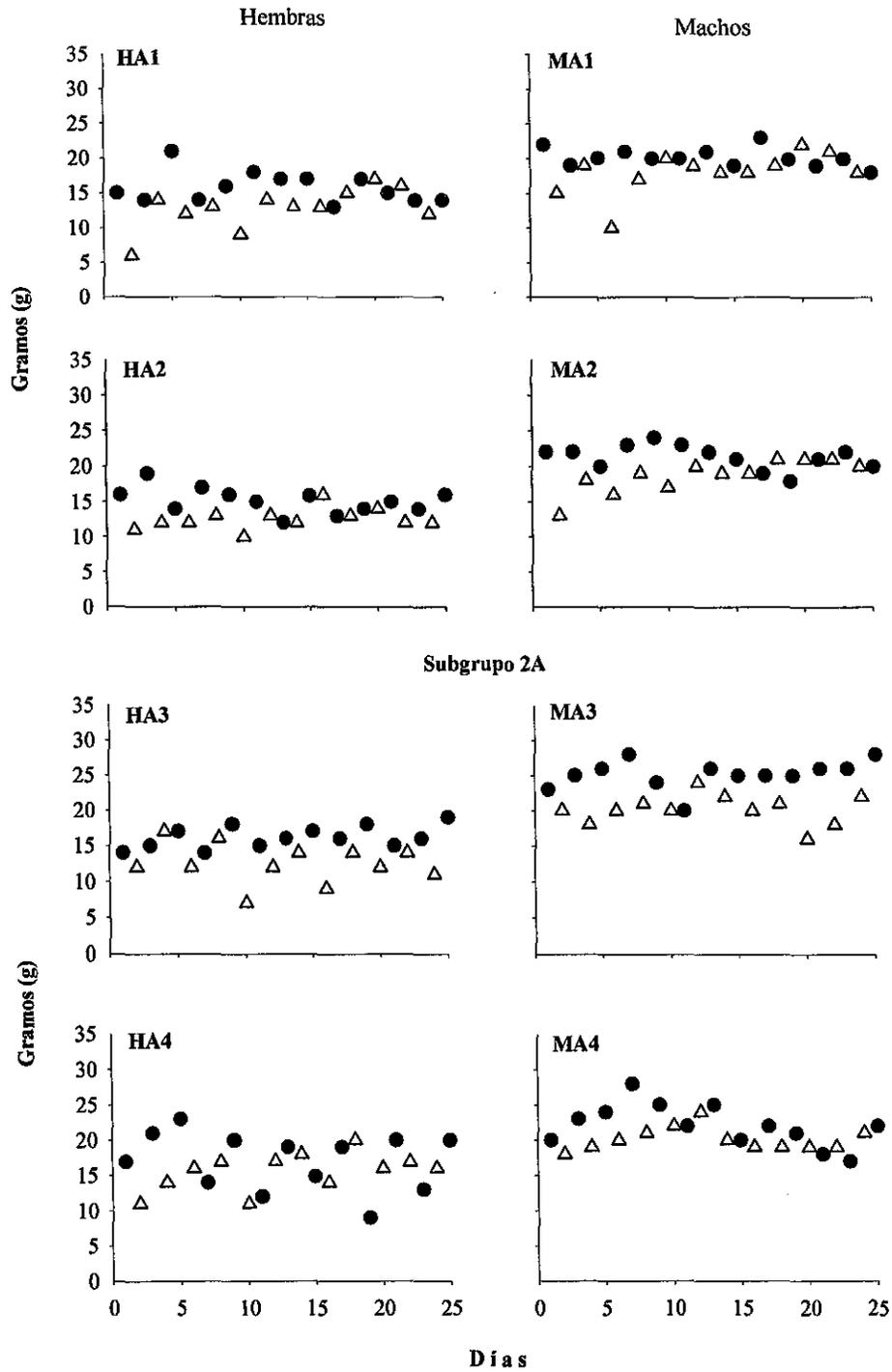


Figura 3. Muestra el consumo de comida del Grupo Ácido. El panel superior muestra los datos del Subgrupo 1A y el inferior los datos del Subgrupo 2A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los puntos negros indican las fases de libre acceso sin sabor y los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

CONSUMO DE ALIMENTO

Grupo Salado

Subgrupo 1S

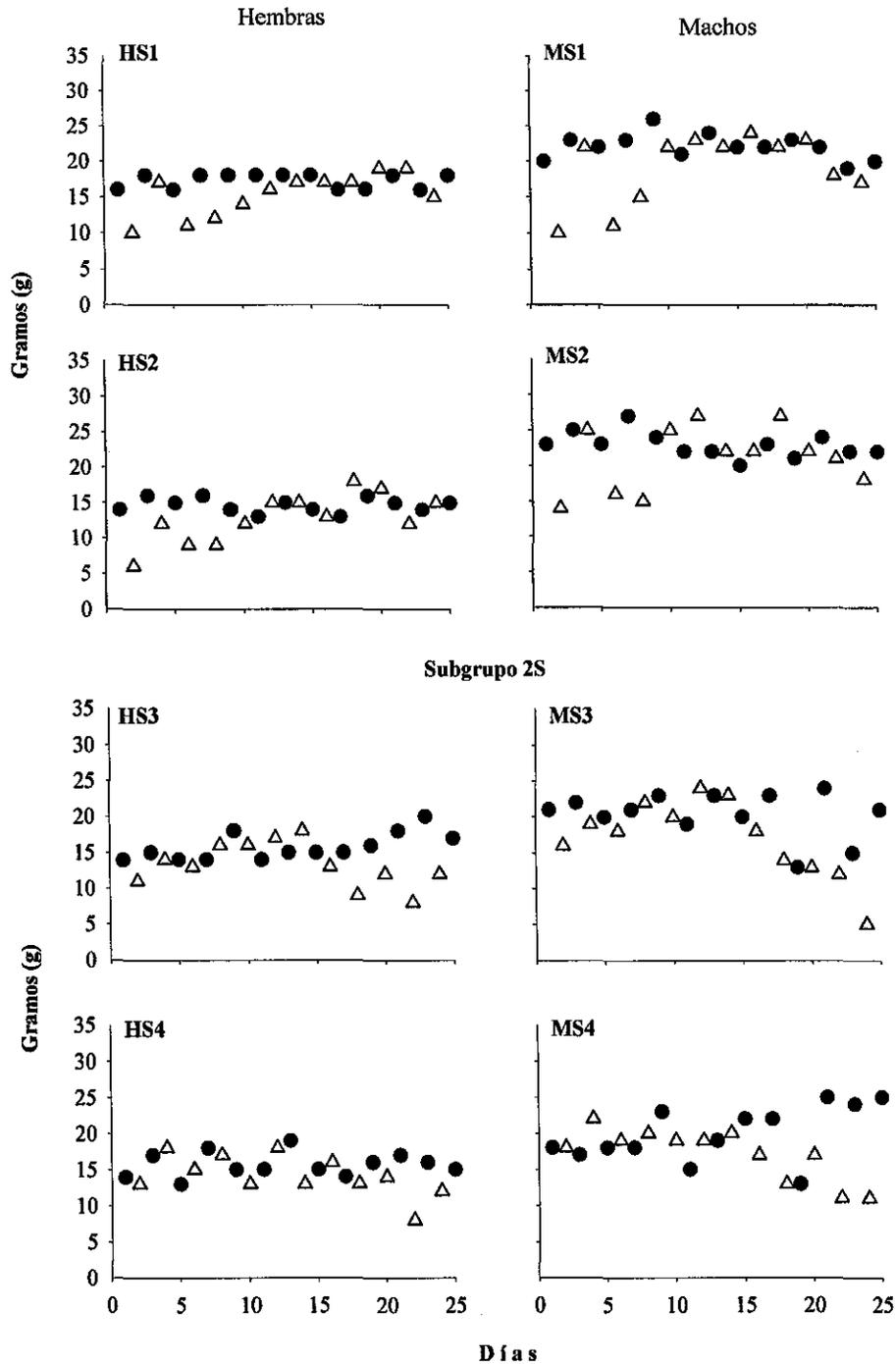


Figura 4. Muestra el consumo de comida del Grupo Salado. El panel superior muestra los datos del Subgrupo 1S y el inferior los datos del Subgrupo 2S. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los puntos negros indican las fases de libre acceso sin sabor y los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

CONSUMO DE AGUA

Grupo Acido

Subgrupo 1A

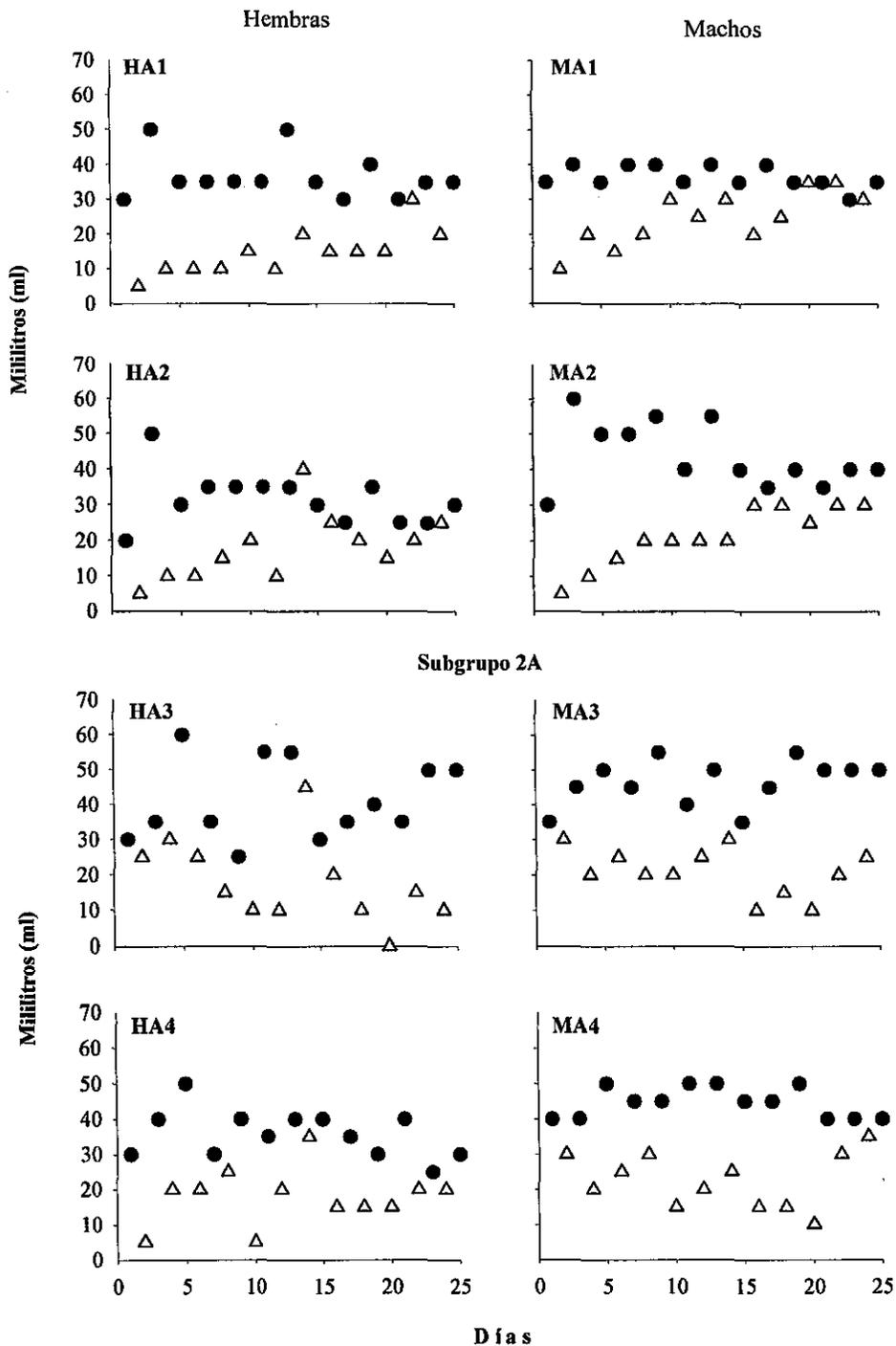


Figura 5. Muestra el consumo de agua del Grupo Ácido. El panel superior muestra los datos del Subgrupo 1A y el inferior los datos del Subgrupo 2A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los puntos negros indican las fases de libre acceso sin sabor y los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

CONSUMO DE AGUA

Grupo Salado

Subgrupo 1S

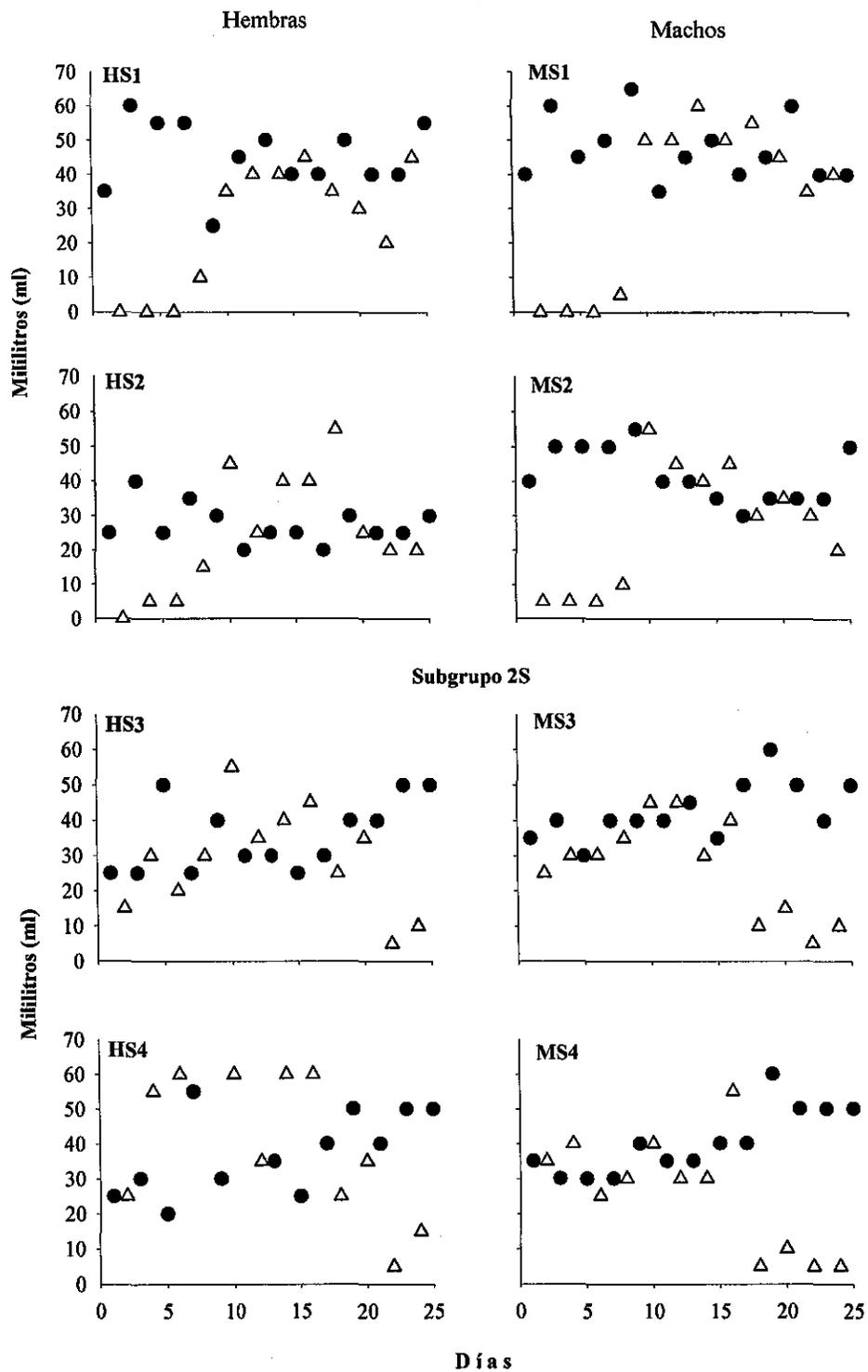


Figura 6. Muestra el consumo de agua del Grupo Salado. El panel superior muestra los datos del Subgrupo 1S y el inferior los datos del Subgrupo 2S. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los puntos negros indican las fases de libre acceso sin sabor y los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

DST DEL CONSUMO DE AGUA CON SABOR

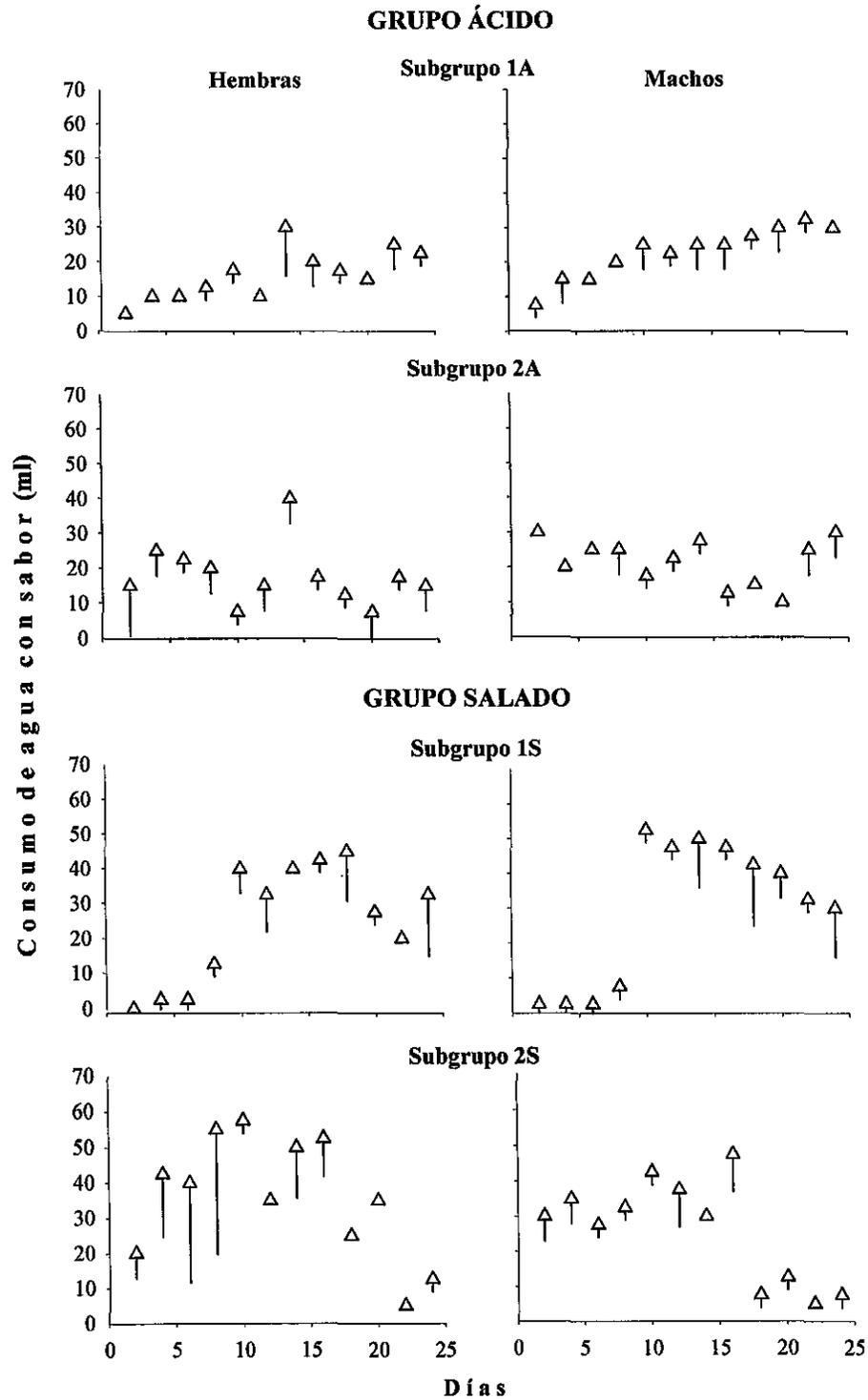


Figura 7. Muestra las desviaciones estándar del consumo de bebida de los Grupos Salado y Ácido, durante las fases de exposición al sabor. El panel superior muestra los datos del Grupo Ácido (subgrupos 1A y 2A) y el inferior los datos del Grupo Salado (Subgrupos 1S y 2S). La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Los triángulos blancos representan las fases de exposición al sabor.

Discusión

Los resultados obtenidos en este experimento indicaron que: 1) los sujetos no modificaron su peso corporal a lo largo del experimento, con excepción de los sujetos del Subgrupo 2S, que disminuyeron su peso corporal durante las últimas fases del experimento; 2) los sujetos del Grupo Ácido mantuvieron un patrón variable en los consumos de alimento durante los días de exposición al sabor, en relación con los días de libre acceso sin sabor; mientras que los sujetos del Grupo Salado mostraron la tendencia a disminuir el consumo de alimento durante las fases en que se expusieron a las concentraciones altas, en ambos subgrupos, y, 3) los sujetos modificaron su consumo de agua durante las fases experimentales.

El patrón de consumo de agua de los sujetos se modificó en función de la secuencia de exposición a las concentraciones, así como la concentración de sabor a la que fueron expuestos. Los sujetos del Subgrupo 1A, a los que se les presentaron las soluciones de ácido cítrico, mayor a menor concentración, presentaron un patrón de consumo ascendente durante las fases de exposición al sabor, mientras que los sujetos del Subgrupo 2A, que recibieron las soluciones de ácido cítrico, de menor a mayor concentración, no mostraron un patrón de consumo estable. Podría haberse esperado, en el caso del Subgrupo 2A, un patrón similar al del Subgrupo 1A, pero de orden inverso. Es probable que este resultado pueda ser atribuido a la historia de exposición de cada subgrupo a las diferentes concentraciones de cada sustancia.

En el caso de los sujetos del Grupo Salado, los patrones de ambos subgrupos fueron similares pero de orden inverso. En ambos subgrupos, los sujetos consumieron cantidades mínimas de agua con sabor durante las fases en las que se les presentaron las

concentraciones altas y presentaron grandes consumos durante las fases en las que se les presentaron las concentraciones medias.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Randall, Schurg y Church (1978), que expusieron a los sujetos experimentales a los sabores dulce, salado, ácido y amargo, en diferentes concentraciones. Sus resultados indicaron que las concentraciones bajas de las soluciones fueron consumidas en una mayor proporción que las concentraciones más altas. Esto puede sugerir que el sabor de una sustancia puede ser aceptado y consumido en grandes cantidades a bajas concentraciones y ser rechazado cuando las concentraciones son altas (Pfaffmann, 1978; Ralphs, Provenza, Wiedmeier y Bunderson, 1995; Rothschild, 1971). Los sujetos fueron sensibles a las soluciones de saborizante en altas concentraciones, rechazándolas al presentar éstas un sabor inaceptable. Con este dato fue posible determinar la utilidad de las concentraciones altas de los sabores ácido y salado en el uso que se les dará en el Experimento II.

1.2. Experimento II

Se ha indicado que es posible que un animal consuma sabores no aceptados previamente, siempre y cuando el sabor se encuentre relacionado con una fuente de calorías o nutrientes, en animales con un estado de necesidad o restricción alimentaria. A este procedimiento se le ha denominado *aprendizaje sabor-nutriente* (Capaldi, 1996). La evidencia experimental es, hasta el momento, contradictoria, debido a que algunos autores han logrado establecer o incrementar el consumo de sabores no aceptados (Myers y Sclafani, 2003), mientras que otros no lo han logrado a pesar del estado de necesidad de los sujetos experimentales (Forestell y LoLordo, 2000; Galindo y López-Espinoza, 2006).

Una vez determinadas las características de la conducta alimentaria frente a las diferentes concentraciones de ácido cítrico y cloruro de sodio de las bebidas dispuestas en el Experimento I, en el Experimento II se evaluaron los efectos de las concentraciones más altas de ácido cítrico y cloruro de sodio sobre el consumo de agua adicionada con sucralosa o con sucrosa como única fuente de contenido energético. Las concentraciones más altas de los saborizantes corresponden a la concentración No. 1 de ácido cítrico y cloruro de sodio de la Tabla 2. El objetivo consiste en determinar si los sujetos son capaces de consumir una sustancia no aceptada (las soluciones de cloruro de sodio y ácido cítrico) cuando contiene calorías provenientes de la sucrosa, durante un estado de privación alimentaria. El empleo de la sucralosa se justifica por la necesidad de igualar el sabor de las soluciones que contendrán sucrosa, independientemente del contenido calórico. Adicionalmente, se evalúan los efectos de la historia de exposición a las soluciones, con el fin de determinar su importancia en la aceptación y rechazo de los alimentos.

Por otra parte, se evaluará la ocurrencia de *grandes bebidas y grandes comilonas* como efectos de la exposición a las fases experimentales. La *gran bebida* consiste en la ingesta de grandes cantidades de líquido, en comparación con el consumo realizado durante un período de línea base. Puede presentarse bajo alguna de las siguientes condiciones: 1) posteriormente la privación de líquido o alimento (López-Espinoza, 2001; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004); 2) la aplicación de un programa de reforzamiento (Pellón, 1992); 3) debido a la presencia de endulzantes en el agua (Martínez, 2005); ó, 4) la exposición al alcohol (Wechsler, Davenport, Dowdall, Davenport y Rimm, 1995).

Por otro lado, la *gran comilona* ha sido definida como un evento conductual caracterizado por un consumo excesivo de alimento durante el período posterior a la privación de alimento (López-Espinoza, 2001; López-Espinoza y Martínez, 2004; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004). Sin embargo, se ha indicado que la gran comilona también ocurre cuando un sujeto es expuesto a: 1) una variedad de alimentos (Naim, Brand, Kare y Carpenter, 1985, Rolls, 1990); 2) alimentos altamente palatables (Pliner, Herman y Polivy, 1990); 3) alimentos con nutrientes de los cuales carece el organismo (White, Porter y Martin, 2000); 4) situaciones estresantes (Hagan, Wauford, Chandler, Jarett, Rybak y Blackburn, 2002).

Método

Sujetos

Treinta y dos ratas de la cepa Wistar, dieciséis machos (MAZ1, MAZ2, MAZ3, MAZ4, MAS5, MAS6, MAS7, MAS8, MSZ9, MSZ10, MSZ11, MSZ12, MSS13, MSS14, MSS15 y MSS16) y dieciséis hembras (HAZ1, HAZ2, HAZ3, HAZ4, HAS5, HAS6, HAS7, HAS8,

HSZ9, HSZ10, HSZ11, HSZ12, HSS13, HSS14, HSS15 y HSS16), con 4 meses de edad al inicio del estudio y experimentalmente ingenuas.

Aparatos y Materiales

Se utilizaron treinta y dos cajas-habitación individuales, iguales a las utilizadas en el Experimento I. El fondo de la caja se mantuvo cubierto con una cama para roedores de laboratorio, que fue removida y sustituida por otra cada 7 días. Para el registro del consumo de alimento y peso corporal se utilizó una báscula electrónica de precisión.

Se proporcionó el mismo alimento que en el Experimento I. Como bebida se utilizó agua y durante la manipulación experimental se proporcionaron 4 soluciones compuestas por: 1) ácido cítrico, sucrosa y agua; 2) ácido cítrico, sucralosa y agua; 3) cloruro de sodio, sucrosa y agua; y, 4) cloruro de sodio, sucralosa y agua (Tabla 3). Las bebidas se proporcionaron en bebederos graduados de 200ml.

Tabla 3. Soluciones proporcionadas en el Experimento II

Solución	Concentraciones en 100ml de agua
1	1 g de ácido cítrico 15g sucrosa
2	1g de ácido cítrico 2g sucralosa
3	6g de cloruro de sodio 15g sucrosa
4	6g de cloruro de sodio 2g sucralosa

Procedimiento

Las ratas se manipularon una vez al día: se registró su peso corporal y su consumo de bebida y alimento. El registro se llevó a cabo todos los días a las 10:00 AM. Para el pesaje

se trasladaba la caja habitación a una mesa de trabajo en la que se encontraba la báscula utilizada para el registro. Para obtener el peso corporal, se tomaba a la rata y se introducía en el recipiente de la báscula. Por otra parte, para obtener el consumo de la bebida, se restaba la cantidad dispuesta el día anterior, de la cantidad restante en el bebedero. Al finalizar los registros los sujetos retornaban a su caja habitación y permanecían en el bioterio. Los días correspondientes a las fases experimentales se proporcionaron las soluciones indicadas en la Tabla 3. Las soluciones eran preparadas en el laboratorio, empleando agua purificada, ácido cítrico ó cloruro de sodio de marca comercial y sucrosa ó sucralosa (Splenda®). La dilución de las sustancias fue realizada en cada bebedero, de manera individual. Los bebederos eran entregados a todos los sujetos posteriormente al registro del peso corporal y del consumo de alimento.

Diseño experimental

Se formaron cuatro grupos, compuestos por cuatro hembras y cuatro machos cada uno. La asignación de los sujetos se realizó de forma aleatoria. El experimento contó con nueve fases. En las fases 1, 3, 5, 7 y 9, que tuvieron una duración de diez días cada una, se proporcionaron 50g de nutricubos y 200ml de agua (libre acceso). En las fases 2, 4, 6 y 8, con una duración de tres días cada una, se privó de alimento a todos los sujetos. Durante las fases 2 y 6 se proporcionó una solución de ácido cítrico, sucrosa y agua al Grupo 1, una solución de ácido cítrico, sucralosa y agua al Grupo 2, una solución de cloruro de sodio, sucrosa y agua al Grupo 3 y una solución de cloruro de sodio, sucralosa y agua al Grupo 4. Durante las fases 4 y 8 se proporcionó la solución ácido-sucralosa-agua al Grupo 1, la solución ácido-sucrosa-agua al Grupo 2, la solución cloruro de sodio-sucralosa-agua al Grupo 3 y la solución cloruro de sodio-sucrosa-agua al Grupo 4 (Tabla 4).

Grupo	Fases								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	LA	P Ácido y sucrosa	LA	P Ácido y sucralosa	LA	P Ácido y sucrosa	LA	P Ácido y sucralosa	LA
2	LA	P Ácido y sucralosa	LA	P Ácido y sucrosa	LA	P Ácido y sucralosa	LA	P Ácido y sucrosa	LA
3	LA	P NaCl y sucrosa	LA	P NaCl y sucralosa	LA	P NaCl y sucrosa	LA	P NaCl y sucralosa	LA
4	LA	P NaCl y sucralosa	LA	P NaCl y sucrosa	LA	P NaCl y sucralosa	LA	P NaCl y sucrosa	LA
Días	10	3	10	3	10	3	10	3	10

Tabla 4. Diseño del Experimento II. Se presentan las 9 fases que conformarán el Experimento II. Las letras LA representan las fases de libre acceso al agua y al alimento. La letra P representa las fases de privación de alimento. El experimento tuvo una duración de 62 días.

Resultados

Las figuras 8, 9, 10 y 11 muestran el peso corporal, las figuras 12, 13, 14 y 15 el consumo de alimento y las figuras 16, 17, 18 y 19 el consumo de agua de hembras y machos de los grupos 1, 2, 3 y 4. La columna de la izquierda muestra los datos de las hembras y la columna de la derecha los datos de los machos. La línea continua representa los días de libre acceso. Tanto los puntos como los triángulos representan los días de privación alimentaria, sin embargo, los puntos negros indican los días de exposición a la solución ácido-sucrosa-agua, los puntos blancos los días de exposición a la solución ácido-sucralosa-agua, los triángulos negros los días de exposición a la solución cloruro de sodio-sucrosa-agua y los triángulos blancos los días de exposición a la solución cloruro de sodio-sucralosa-agua.

La Figura 8 muestra el peso corporal de hembras y machos del Grupo 1. De manera general, todos los sujetos mostraron ligeras disminuciones en su peso corporal durante los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución ácido-sucrosa-agua. Por otro

lado, durante los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución ácido-sucralosa-agua, los sujetos presentaron notables disminuciones en su peso corporal. Tanto las hembras como los machos mostraron disminuciones de +/- 25g durante estos períodos, en comparación con los días de libre acceso al alimento. De manera particular, el sujeto HAZ4 presentó disminuciones de +/- 20g en el peso corporal durante los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución ácido-sucrosa-agua y durante los períodos de privación con acceso a la solución ácido-sucralosa-agua, esto en comparación con los registros obtenidos durante los períodos de libre acceso al alimento.

La Figura 9 muestra el peso corporal de hembras y machos del Grupo 2. Todos los sujetos presentaron disminuciones en el peso corporal durante las fases de privación alimentaria con acceso a la solución ácido-sucralosa-agua y durante los períodos de privación con acceso a la solución ácido-sucrosa-agua. Las hembras presentaron disminuciones de peso de +/- 30g y los machos de +/- 50g. De manera particular, el sujeto MAS7 presentó una disminución de 70g durante el día 51, que correspondía al período de privación alimentaria con acceso a la solución ácido-sucralosa-agua.

Las gráficas de la Figura 10 muestran el peso corporal de hembras y machos del Grupo 3. Todos los sujetos mostraron una disminución en el peso corporal durante las fases de privación alimentaria con acceso a la solución cloruro de sodio-sucrosa-agua y durante los períodos de privación con acceso a la solución cloruro de sodio-sucralosa-agua. Durante ambos periodos, las hembras presentaron disminuciones de peso de +/- 40g con respecto a los períodos de libre acceso al alimento, y los machos presentaron disminuciones de peso de +/- 90g.

La Figura 11 representa el peso corporal de hembras y machos del Grupo 4. Todos los sujetos presentaron disminuciones en el peso corporal durante las fases de privación

alimentaria con acceso a la solución cloruro de sodio-sucralosa-agua y durante los períodos de privación con acceso a la solución cloruro de sodio-sucrosa-agua. Las hembras presentaron disminuciones de peso de +/- 50g con respecto a los días de libre acceso, mientras que los machos disminuyeron su peso corporal +/- 80g.

La Figura 12 muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo 1. Tanto las hembras como los machos presentaron un patrón ordenado en el consumo de alimento, con un rango de diferencia de +/- 20 g durante los periodos de libre acceso al alimento. De manera particular, el sujeto HAZ1 presentó una gran comilona el primer día de la Fase 9, el sujeto HAZ2 presentó grandes comilonas el primer día de las fases 5, 7 y 9; el sujeto HAZ3 presentó una gran comilona el primer día de la Fase 9 y el sujeto HAZ4 el segundo día de esta misma fase. Por otro lado, el sujeto MAZ1 presentó una gran comilona los días primero y tercero de la Fase 5 y el sujeto MAZ4 presentó una gran comilona el primer día de la Fase 5.

La Figura 13 presenta el consumo de alimento de hembras y machos del Grupo 2. Todos los sujetos presentaron un rango de consumo de alimento de +/- 15g durante los periodos de libre acceso al alimento. De manera particular, el sujeto HAS5 presentó una gran comilona el primer día de la Fase 3; el sujeto MAS5 presentó una gran comilona el primer día de la Fase 3 y el sujeto MAS7 presentó una gran comilona el primer día de la Fase 7.

La Figura 14 muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo 3. Tanto las hembras como los machos mostraron un rango de diferencia en el consumo de alimento de +/- 10g durante los periodos de libre acceso al alimento. Por otra parte, la Figura 15 muestra el consumo de alimento de hembras y machos del Grupo 4. Todos los sujetos presentaron un rango de diferencia en el consumo de alimento de +/- 10g durante los

periodos de libre acceso al alimento. De manera particular, el sujeto HSS15 presentó grandes comilonas el tercer día de la Fase 3 y el primer día de las fases 5 y 9.

En la Figura 16 se presentan los datos del consumo de agua del Grupo 1. De manera general, las hembras presentaron un rango de diferencia en el consumo de agua durante los periodos de libre acceso de +/- 20ml. Por su parte, los machos presentaron un rango de diferencia en el consumo de agua de +/-40ml. Todos los sujetos presentaron grandes consumos de líquido durante los periodos de acceso a la solución ácido-sucralosa-agua y presentaron grandes bebidas durante el primer día de libre acceso posterior a cada fase experimental.

De manera particular, el sujeto HAZ1 presentó un consumo de 75ml de líquido durante el tercer día de la Fase 2 y presentó una gran bebida el primer día de la Fase 9. El sujeto HAZ2 presentó grandes bebidas el primer día de las fases 5, 7 y 9, y altos consumos de líquido durante las fases 2 y 7. El sujeto HAZ3 presentó grandes bebidas los primeros días de las fases 3, 7 y 9 y consumió hasta 30ml más de líquido, en comparación con los días de línea base, durante el tercer día de la Fase 2 y durante el tercer día de la Fase 6. El sujeto MAZ1 presentó grandes consumos de líquido durante los días segundo y tercero de la Fase 2, durante el segundo día de la Fase 6 y durante el tercer día de la Fase 8; adicionalmente presentó grandes bebidas el primer día de las fases 3 y 9. El sujeto MAZ2 presentó grandes consumos de líquido durante las fases 2 y 6; adicionalmente presentó grandes bebidas durante el primer día de las fases 3 y 9. Por otro lado, el sujeto MAZ3 mostró grandes consumos (+/-90ml) durante las fases 2 y 6, y presentó una gran bebida el primer día de la Fase 7. Por último, el sujeto MAZ4 presentó grandes bebidas durante el primer día de las fases 3 y 5, así como altos consumos de líquido (+/- 90ml) durante las fases 2 y 6.

Por otro lado, de manera general, los sujetos disminuyeron su consumo de líquido durante los períodos de acceso a la solución ácido-sucrosa-agua. De manera particular, el sujeto HAZ4 presentó consumos de líquido de aproximadamente -10ml con respecto al período de línea base, durante la Fase 2. El sujeto MAZ2 presentó bajos consumos durante los días de exposición a la solución ácido-sucralosa-agua (fases 4 y 8) y un bajo consumo de líquido durante el tercer día de la Fase 6. El sujeto MAZ3 presentó consumos muy bajos de líquido durante la Fase 8, correspondiente al período de acceso a la solución ácido-sucralosa-agua.

En la Figura 17 se muestran los datos del consumo de agua de hembras y machos del Grupo 2. De manera general, las hembras presentaron un rango de diferencia en el consumo de agua durante los periodos de libre acceso de +/- 50ml y los machos de +/- 40ml. Tanto las hembras como los machos mostraron la tendencia a presentar grandes bebidas durante el primer día de los períodos de libre acceso, posterior a las fases en las que eran expuestos a las soluciones. Por otra parte, todos los sujetos presentaron grandes consumos de líquido durante la exposición a la solución ácido-sucrosa-agua: +/- 40ml más con respecto al periodo de línea base en las hembras y +/- 50ml más en los machos. De manera particular el sujeto HAS6 presentó grandes consumos de líquido durante las fases de exposición a la solución ácido-sucrosa-agua, sin presentar grandes consumos de agua durante los períodos de libre acceso. Por otro lado, de manera general los sujetos presentaron bajos consumos de líquido durante la exposición a la solución ácido-sucralosa-agua: +/- 40ml menos con respecto al período de línea base en las hembras y +/- 30ml menos en los machos.

La Figura 18 representa los datos del consumo de agua de los sujetos del Grupo 3. De manera general, los sujetos presentaron grandes bebidas durante el primer día de cada

periodo de libre acceso, posterior a las fases experimentales. Las hembras presentaron +/- 40ml más, con respecto al resto de los días de libre acceso, mientras que los machos presentaron grandes bebidas de hasta +/- 30ml más, con respecto al resto de los días de libre acceso. Por otro lado, tanto las hembras como los machos presentaron bajos consumos de líquido durante las fases en que fueron expuestos a las soluciones de cloruro de sodio-sucrosa-agua y cloruro de sodio-sucralosa-agua. De manera particular, los sujetos HSZ10, HSZ12, MSZ10, MSZ11 y MSZ12 presentaron consumos decrecientes durante la Fase 2, correspondiente al período de exposición a la solución de cloruro de sodio-sucrosa-agua.

Por último, en la Figura 19 se muestran los consumos de agua de los sujetos del Grupo 4. De manera general, los sujetos presentaron grandes bebidas durante el primer día de cada periodo de libre acceso, posterior a las fases experimentales. Durante estos días, las hembras presentaron grandes bebidas de hasta +/- 80ml y los machos de hasta +/- 90ml, mostrando una tendencia creciente en el consumo de agua a lo largo de todo el experimento.

Por otro lado, todos los sujetos presentaron bajos consumos de líquido durante las fases en que fueron expuestos a las soluciones de cloruro de sodio-sucrosa-agua y cloruro de sodio-sucralosa-agua. De manera particular, el sujeto MSS3 presentó un patrón de consumo decreciente durante la Fase 2, correspondiente al período de exposición a la solución de cloruro de sodio-sucralosa-agua. Por otra parte, los sujetos MSS14 y MSS15 presentaron este mismo patrón durante las Fases 4 y 8, correspondientes a los períodos de exposición a la solución de cloruro de sodio-sucrosa-agua. Finalmente, el sujeto MSS16 presentó un patrón de consumo decreciente durante las Fases 2 y 4, correspondientes a los períodos de exposición a la solución de cloruro de sodio-sucralosa-agua y cloruro de sodio-sucrosa-agua, respectivamente.

PESO CORPORAL

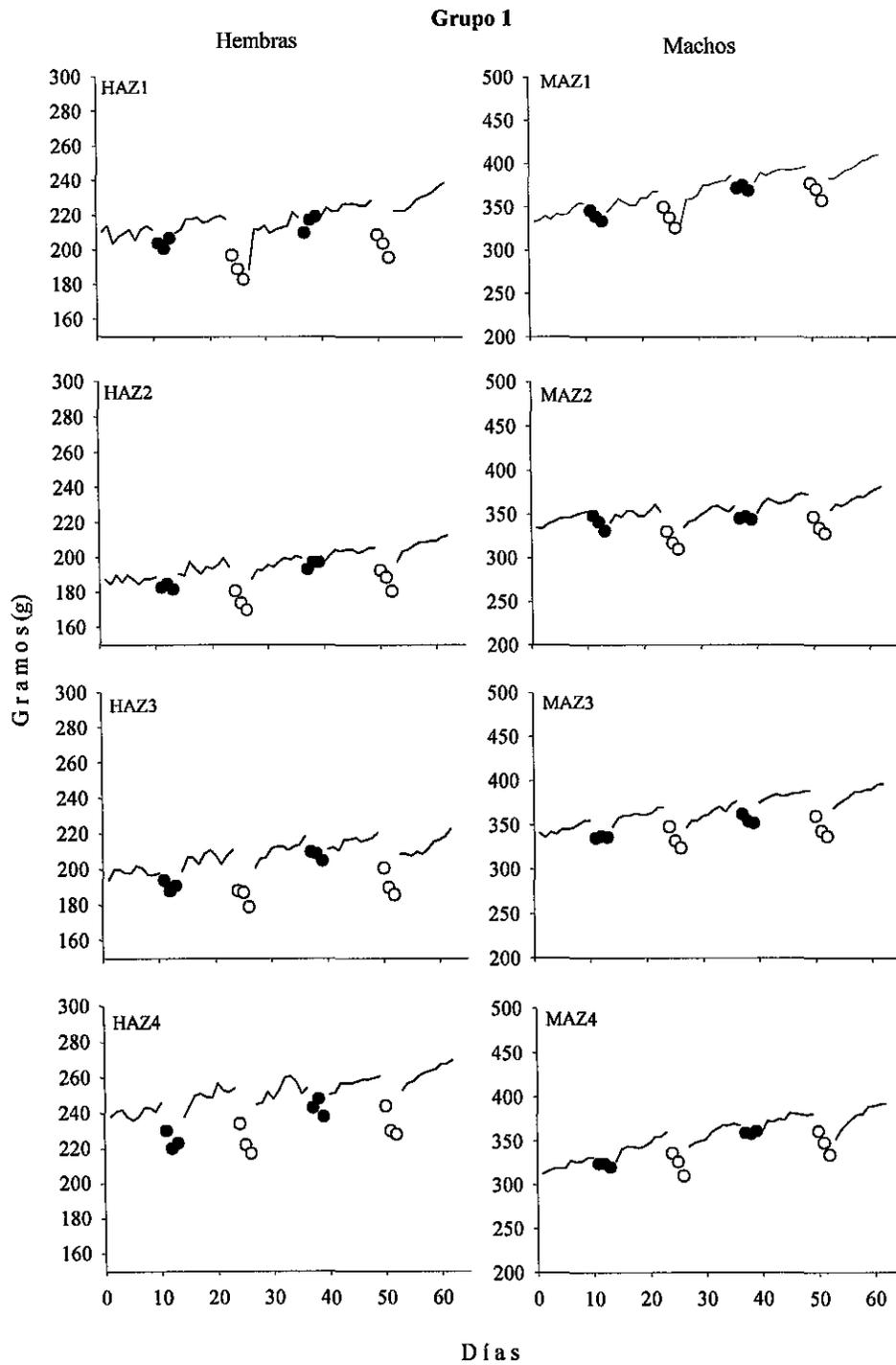


Figura 8. Muestra el peso corporal del Grupo 1. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los puntos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucrosa. Los puntos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucralosa.

PESO CORPORAL

Grupo 2

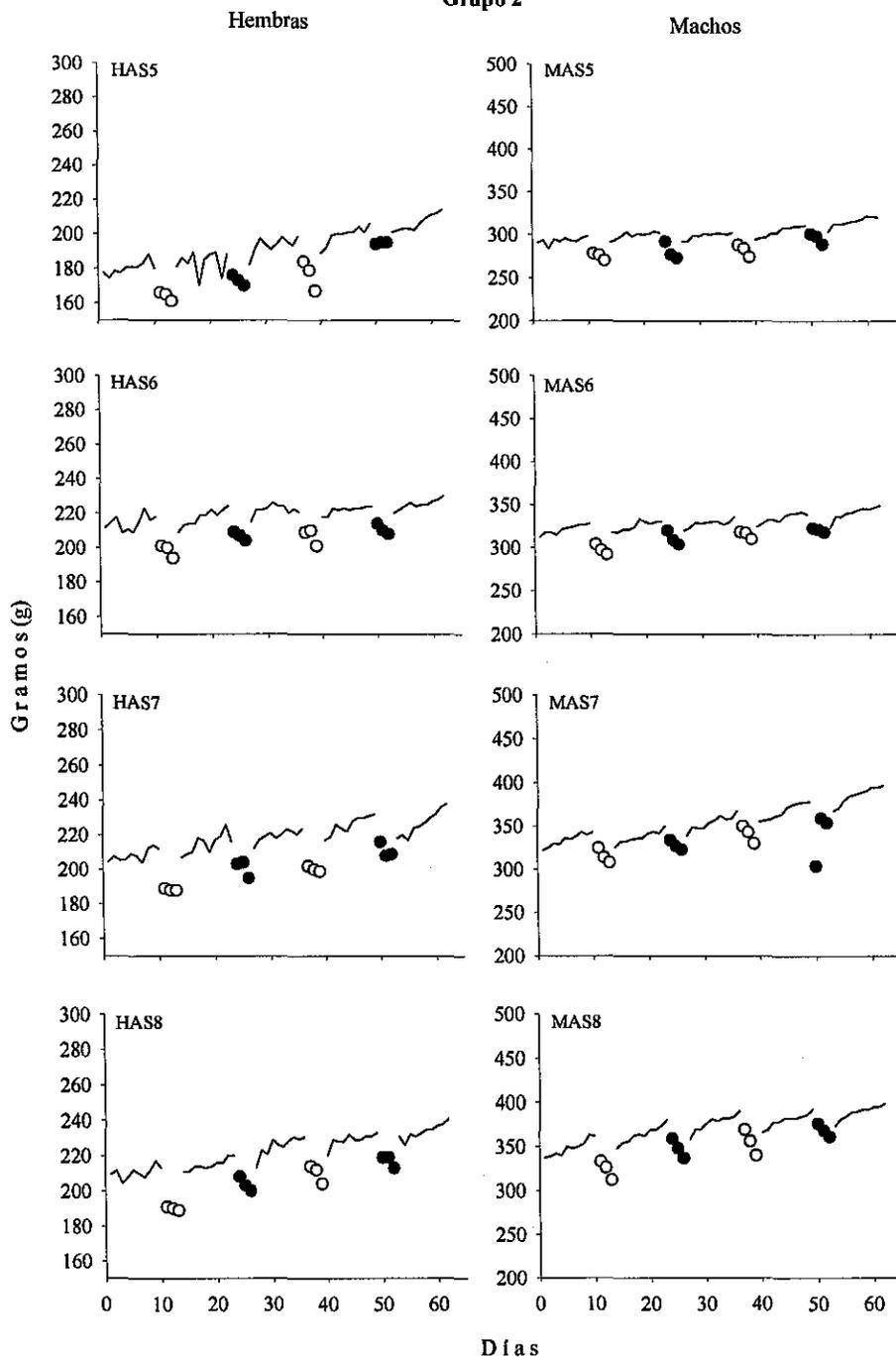


Figura 9. Muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo 2. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los puntos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucralosa. Los puntos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucrosa.

PESO CORPORAL

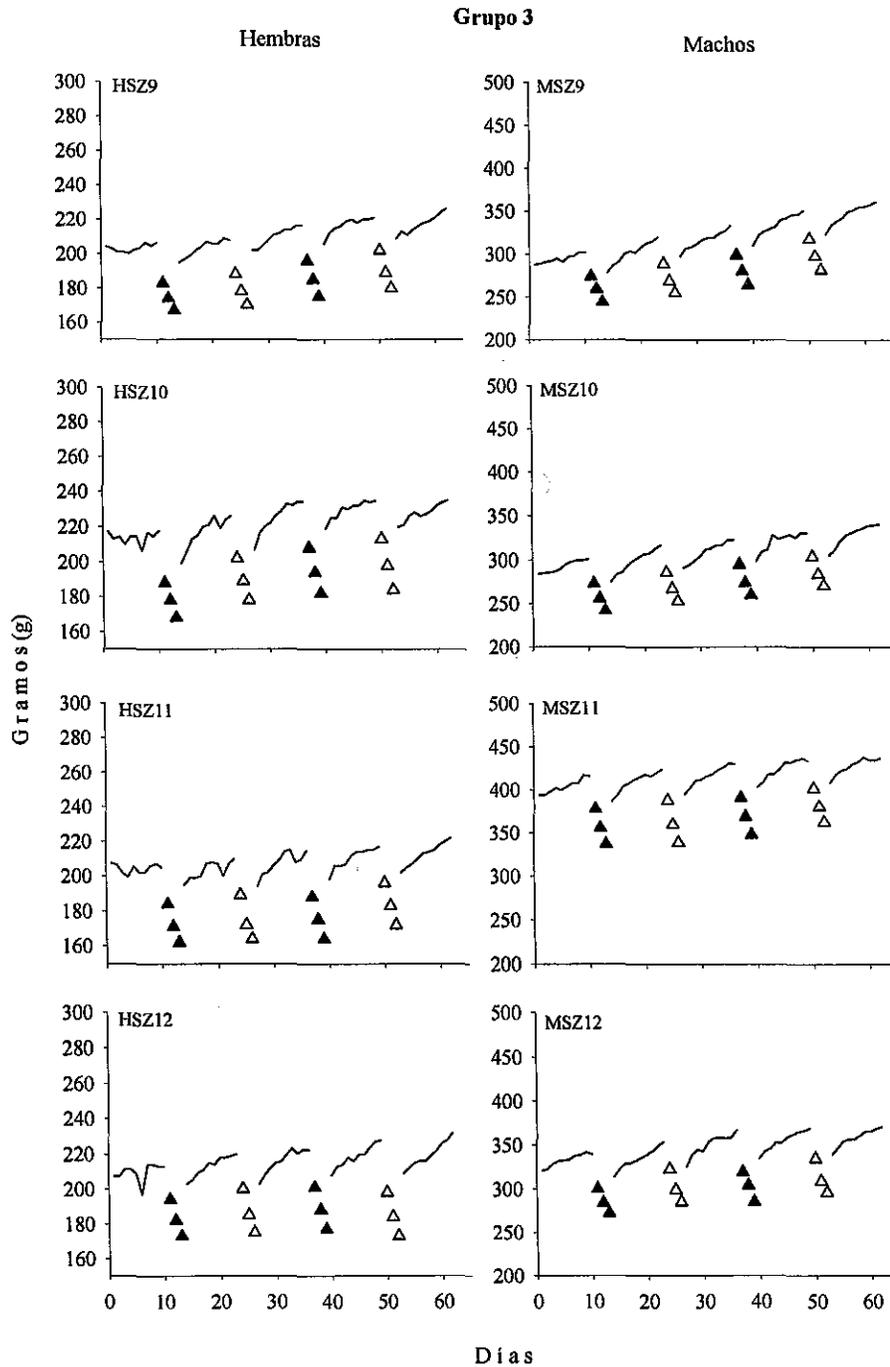


Figura 10. Muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo 3. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucrosa. Los triángulos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucralosa.

PESO CORPORAL

Grupo 4

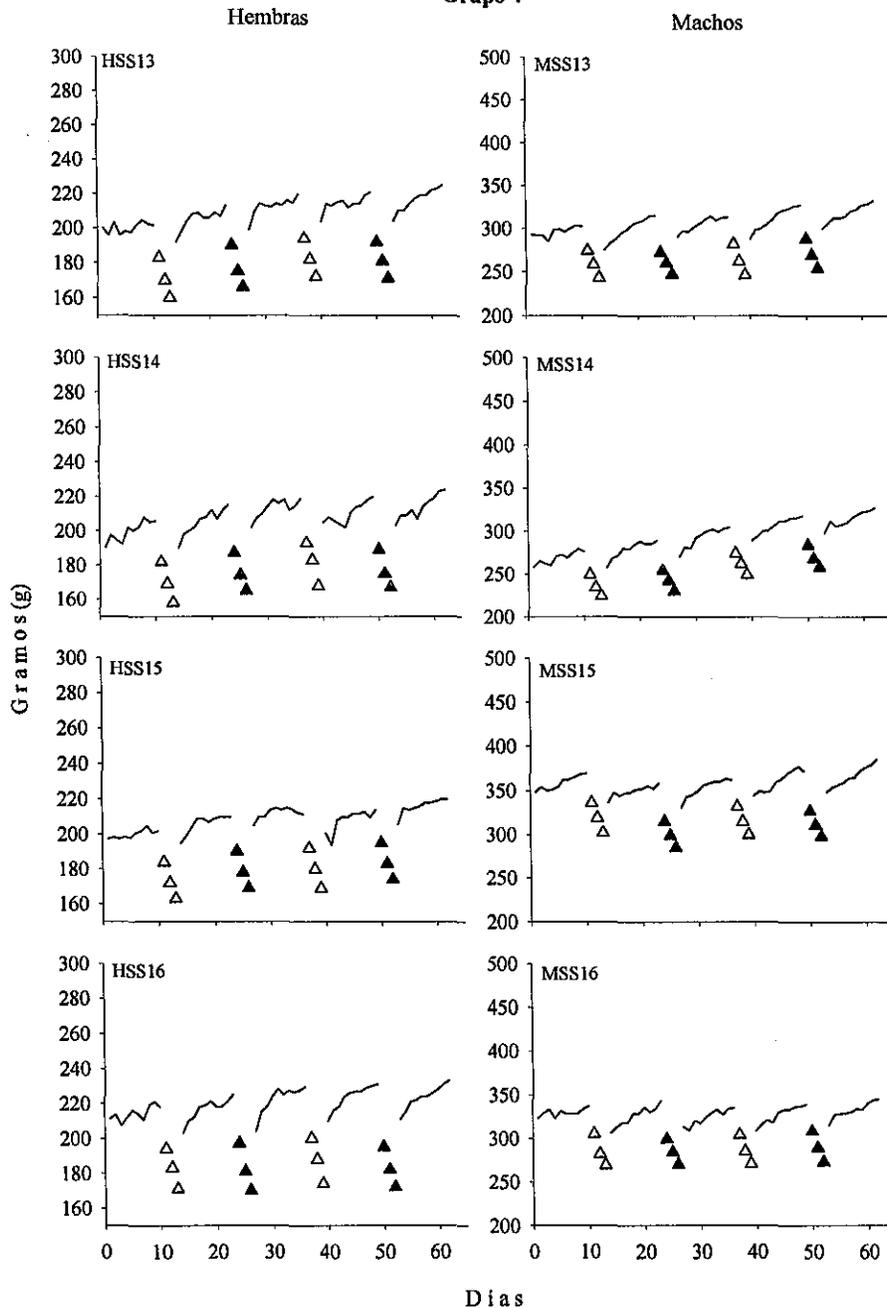


Figura 11. Muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo 4. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los periodos de libre acceso. Los triángulos blancos representan los periodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucralosa. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucrosa.

CONSUMO DE ALIMENTO

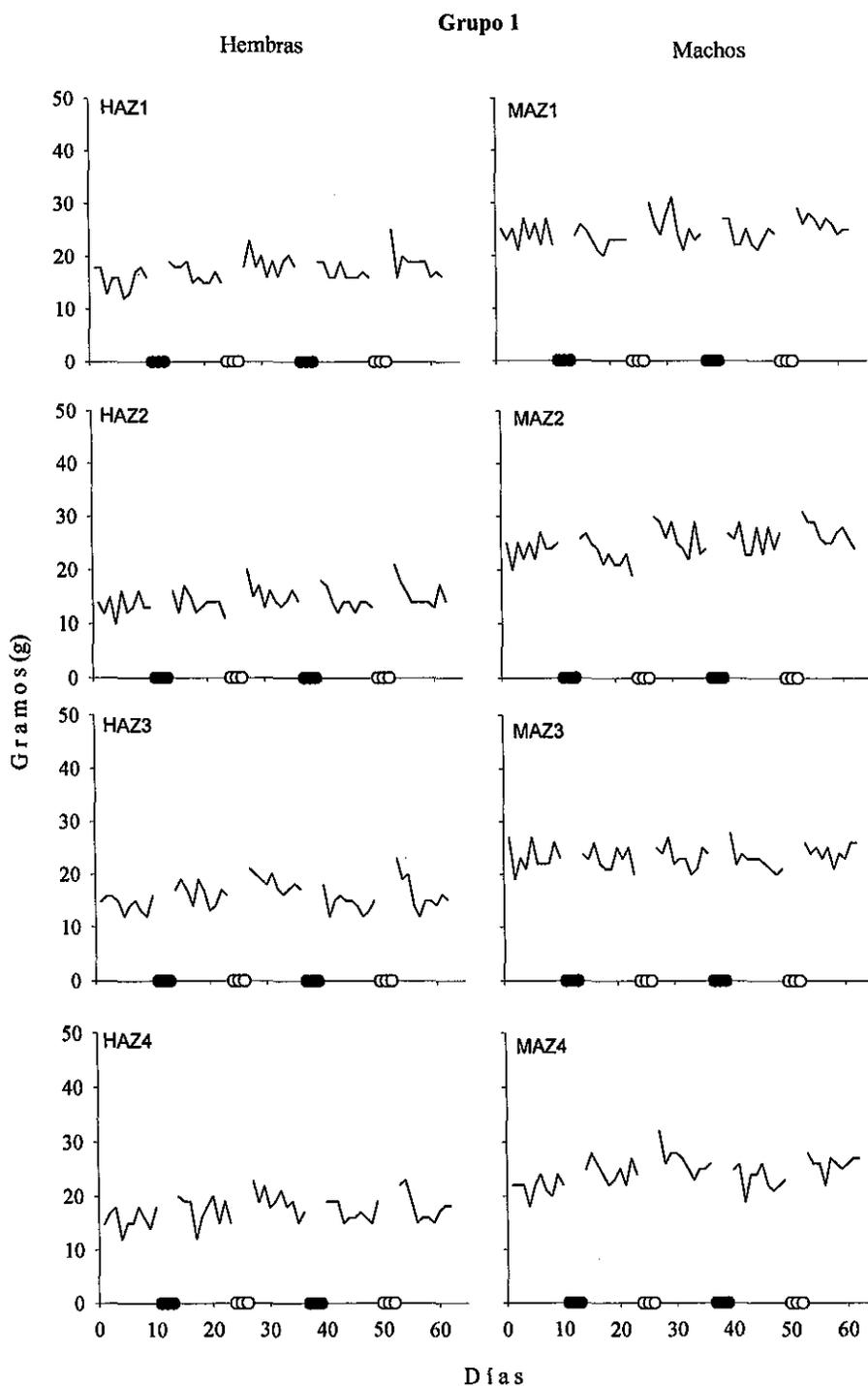


Figura 12. Muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo 1. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los puntos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucrosa. Los puntos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucralosa

CONSUMO DE ALIMENTO

Grupo 2

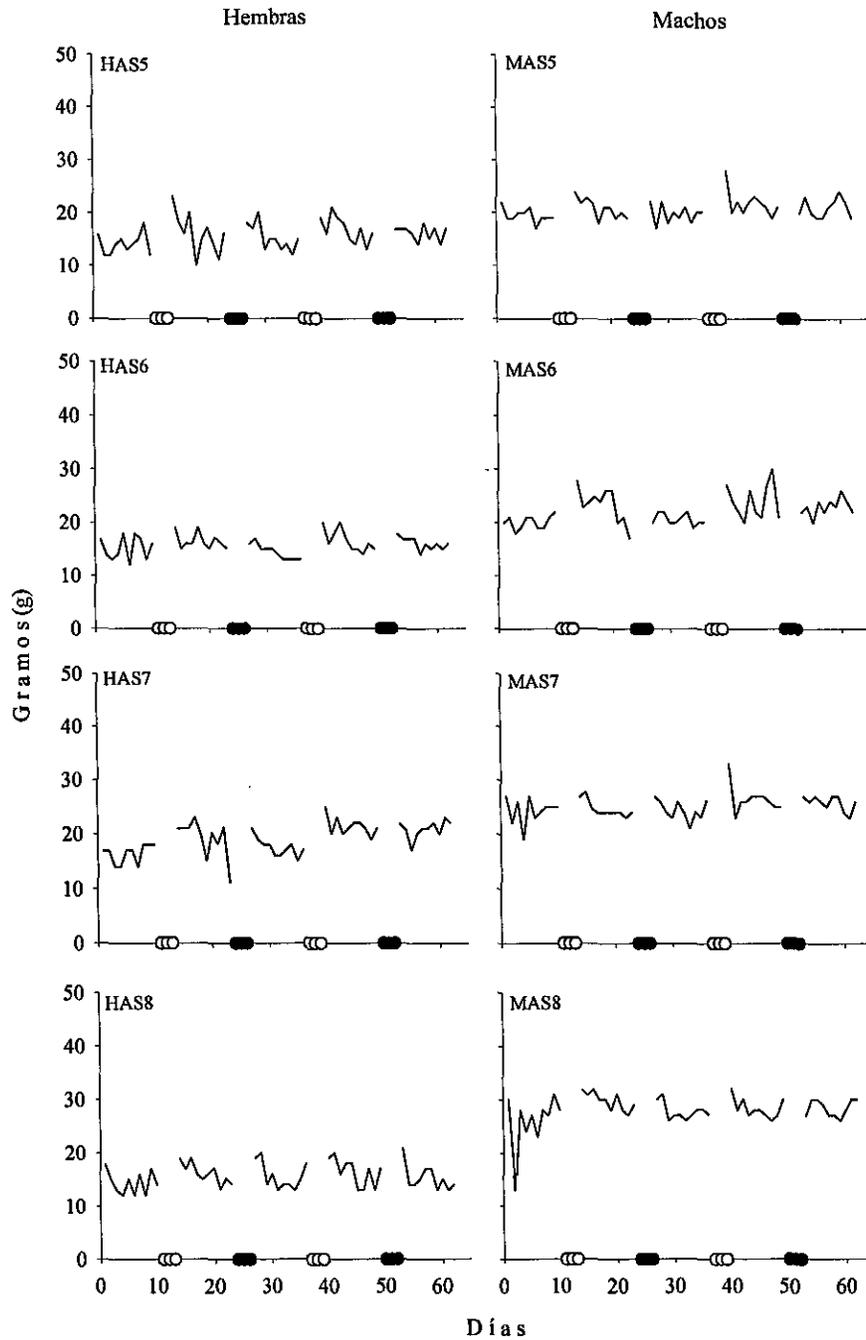


Figura 13. Muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo 2. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los puntos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sacarosa. Los puntos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucrosa.

CONSUMO DE ALIMENTO

Grupo 3

Hembras

Machos

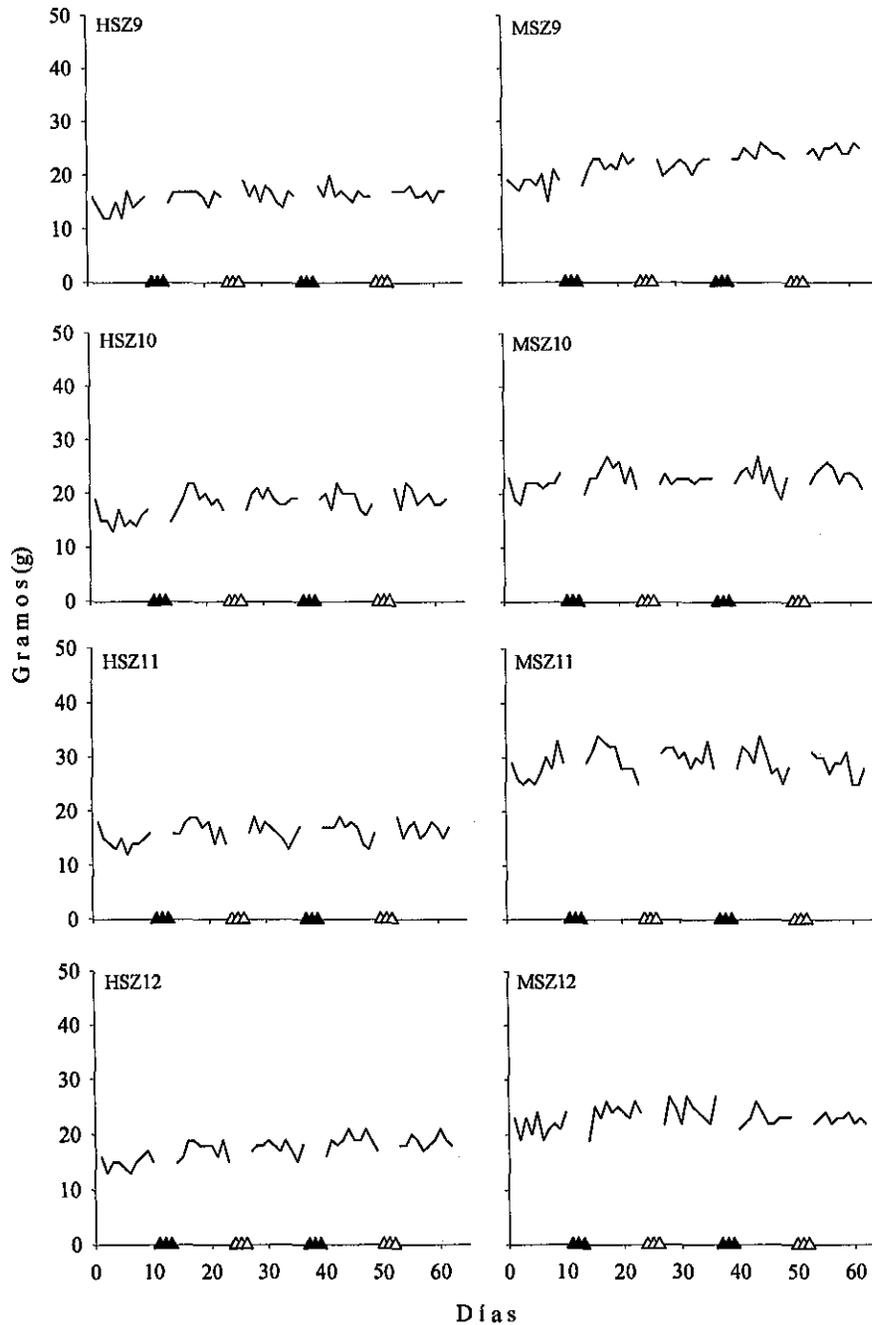


Figura 14. Muestra el consumo de comida de los sujetos del Grupo 3. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucrosa. Los triángulos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucralosa.

CONSUMO DE AGUA

Grupo 1

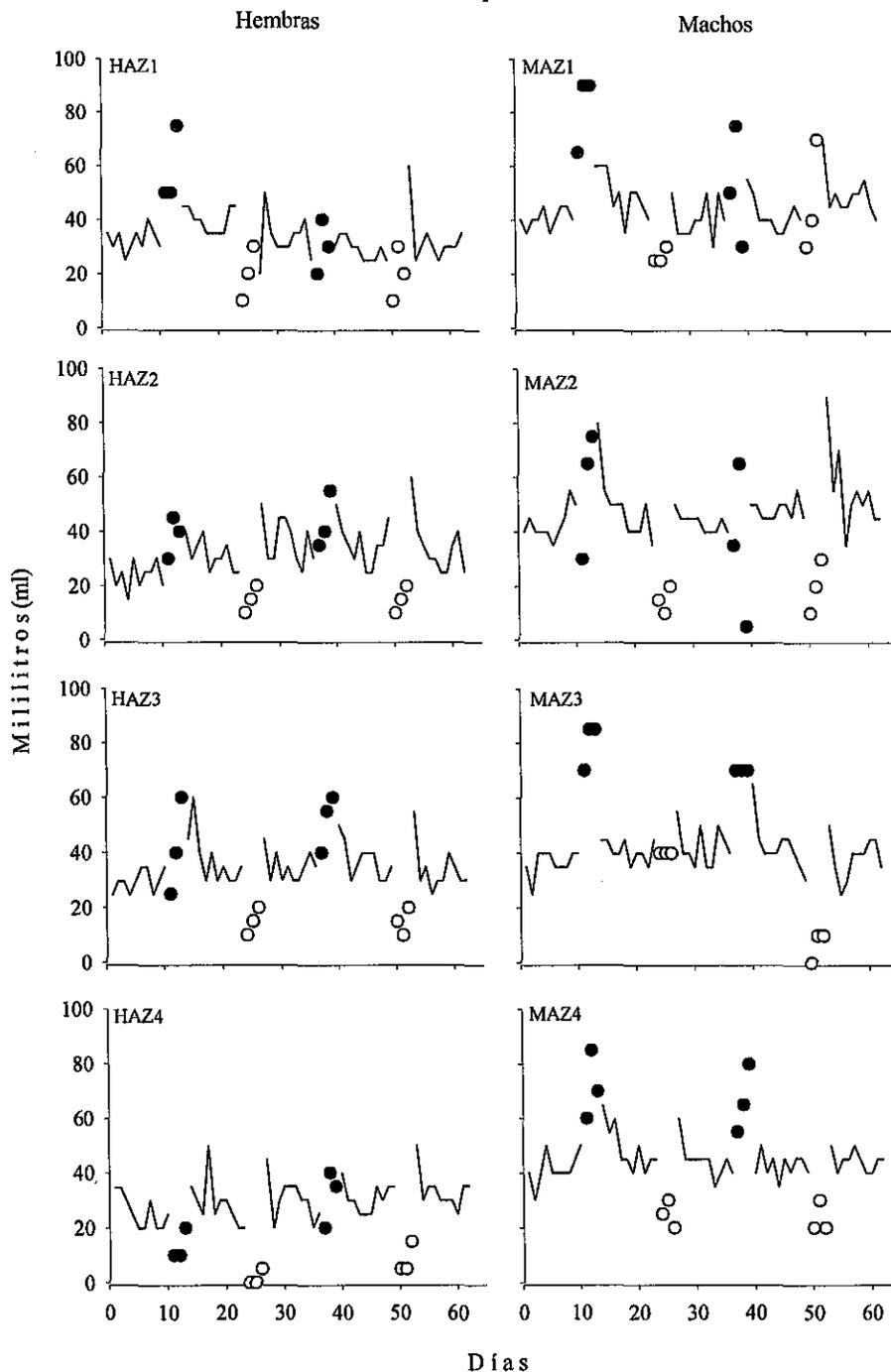


Figura 16. Muestra el consumo de agua de los sujetos del Grupo 1. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los periodos de libre acceso. Los puntos negros indican los periodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucrosa. Los puntos blancos representan los periodos de privación alimentaria con acceso a la solución de ácido cítrico y sucralosa.

CONSUMO DE AGUA

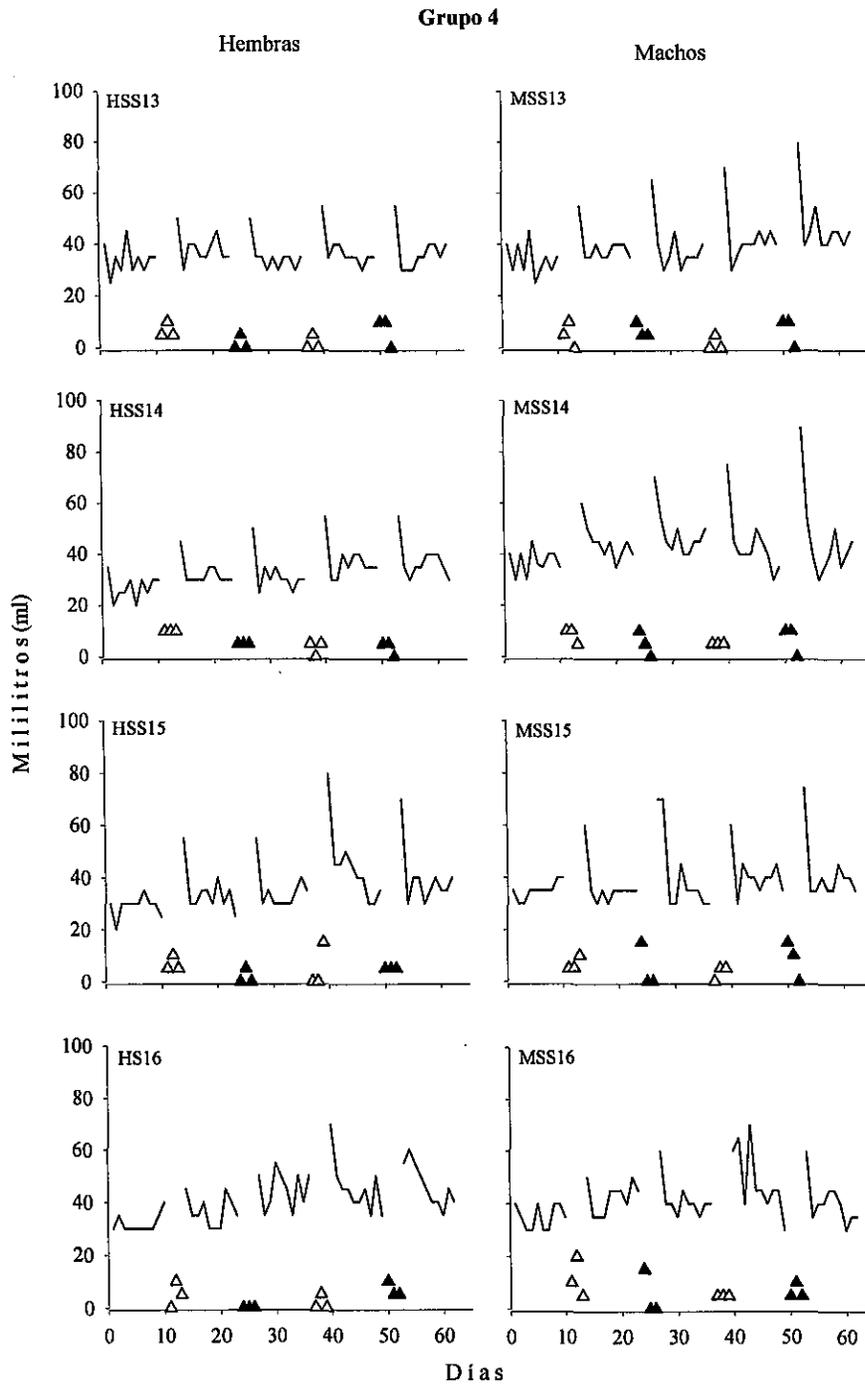


Figura 19. Muestra el consumo de agua de los sujetos del Grupo 4. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos blancos representan los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucralosa. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a la solución de cloruro de sodio y sucrosa.

Discusión

Los datos mostraron que, tanto el consumo de agua como el registro del peso corporal de los sujetos de los Grupos 1 y 2, presentaron diferencias notables entre sí. Los sujetos expuestos a las soluciones que contenían ácido cítrico (Grupos 1 y 2) presentaron menores disminuciones de peso durante las fases de exposición a las soluciones, en comparación con los sujetos expuestos a las soluciones que contenían cloruro de sodio (Grupos 3 y 4). Adicionalmente, los sujetos de los Grupos 1 y 2 presentaron grandes bebidas durante los días de exposición a las soluciones, a diferencia de los Grupos 3 y 4. Por otro lado, se observó que los sujetos de todos los grupos presentaron grandes bebidas y grandes comilonas durante el primer o segundo día posterior a las fases experimentales.

Algunos autores han indicado que el sabor ácido tiende a ser rechazado, mientras que el sabor salado por lo general es preferido por los sujetos que han estado privados de sodio. Sin embargo, sujetos que no han sido privados de sodio muestran indiferencia o rechazo a las soluciones salinas (Dietz, Curtis y Contreras, 2006; Pfaffmann, 1978; Rozin, 2002; Stouffer y White, 2005; Yeomans, Blundell y Leshem, 2004).

De manera experimental, se ha logrado producir preferencias por las soluciones salinas a través de tratamientos que activan la necesidad de consumir sales en el organismo. Algunos de estos tratamientos consisten en: la eliminación de sodio de la dieta, el empleo de diuréticos (que eliminan rápidamente las sales ingeridas por el organismo) o el daño o extirpación de las glándulas suprarrenales, encargadas de regular la concentración de sodio en la sangre (Rowland, 1990).

En el presente experimento los sujetos se encontraban privados de alimento, y por lo tanto, se encontraban privados de sodio. Durante los días de exposición a la mezcla se

empleó la concentración de cloruro de sodio que fue rechazada por los sujetos empleados en el Experimento I. Por otra parte, al añadir sucralosa o sucrosa los sujetos consumieron cantidades mínimas o nulas de la mezcla, lo que indicó que probablemente el sabor de la sustancia era inaceptable para los sujetos, a pesar de ser la única fuente de calorías disponible cuando se le agregaba sucrosa.

Sin embargo, se ha demostrado que las cantidades de saborizante influyen en el consumo o rechazo de una sustancia (Pfaffmann, 1978; Ralphs, Provenza, Wiedmeier y Bunderson, 1995; Randall, Schurg y Church, 1978; Rothschild, 1971). Richter (citado en Rowland, 1990) describió el patrón de consumo de diferentes concentraciones de sal en ratas como una 'U' invertida. Las concentraciones altas eran rechazadas y las bajas eran consumidas. Este patrón se repitió tanto en ratas con y sin adrenalectomía. Krause y Sakai (2007) indicaron que la falta de apetito por sodio era debido a la saciedad producida en el organismo debido a los efectos post-ingestivos de la sal. De acuerdo con esto, es probable que en el presente experimento los sujetos que recibieron las soluciones con cloruro de sodio (Grupos 3 y 4) hayan dejado de consumir la mezcla debido a dos factores: 1) que la sustancia poseía un sabor inaceptable; ó, 2) que la alta concentración de sal originaba efectos post-ingestivos de saciedad.

Por otra parte, los sujetos que fueron expuestos a las soluciones con ácido cítrico presentaron grandes bebidas cuando la solución contenía sucrosa. Es probable que este resultado haya sido debido a que la cantidad de ácido cítrico empleada no fue suficiente para "volver inaceptable" el sabor de la sustancia entregada. La diferencia en los consumos de líquido durante los períodos de exposición a las soluciones con sucralosa y sucrosa pueden ser debidas a que los sujetos fueron sensibles al contenido calórico de la sucrosa, pero no al sabor ácido. De acuerdo con esto, los resultados pudieron ser debidos a

cualquiera de dos condiciones: 1) que el contenido calórico de la sustancia con sucrosa fue un factor de mayor peso que el sabor del ácido cítrico; ó, 2) que la cantidad de ácido cítrico empleada no fue suficiente para que la sustancia fuera inaceptable.

Todos los sujetos consumieron cantidades considerables de líquido durante las fases en las que se les entregó la solución con sucrosa y ácido cítrico. Si la cantidad de ácido cítrico empleada hubiera sido suficiente para volver a la sustancia inaceptable, los sujetos no habrían consumido la solución con sucralosa, dado que ésta no contenía calorías. Es probable que el sabor dulce de la sucrosa y la sucralosa no fue “ocultado” completamente.

A partir de la evidencia obtenida se considera de importancia emplear una sustancia que no posea los efectos post-ingestivos de saciedad del cloruro de sodio. Por otra parte, es probable que mayores concentraciones de ácido cítrico mezcladas con sucrosa o sucralosa produzcan un sabor no aceptable para los sujetos experimentales. De acuerdo con esto, se consideró relevante evaluar, en el Experimento III, el efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico y sucrosa o sucralosa sobre el consumo de agua de las ratas.

1.3. Experimento III

Como ya se ha mencionado anteriormente, algunos autores han indicado que la cantidad de saborizante contenido en una sustancia influye en el consumo o rechazo de un alimento (Pfaffmann, 1978; Ralphs, Provenza, Wiedmeier y Bunderson, 1995; Randall, Schurg y Church, 1978; Rothschild, 1971). Sin embargo, los efectos de distintas dosis de un saborizante no aceptado sobre un alimento que se ha probado es altamente consumido, como la sucrosa, no han sido suficientemente estudiados.

McBurney (1978) afirmó que la mezcla de dos sustancias con diferente sabor produce efectos de interacción. Generalmente, el sabor de cada uno de los componentes de la mezcla es suprimido, dado que la intensidad del sabor de la mezcla es menor que cada uno de los sabores por separado. La supresión es definida como la *debilitación* de la percepción de un sabor en relación con su interacción con otro sabor. Por otra parte, en algunas mezclas, uno de los sabores se intensifica debido a la presencia del otro sabor.

Sin embargo, en el caso de una sustancia, que, además de mezclar dos sabores, uno aceptado y otro rechazado, contiene calorías, los resultados pueden variar en función del sabor resultante, considerado no aceptado, o del contenido calórico. El presente experimento se planteó como objetivo determinar si una sustancia con sabor no aceptado es consumida durante un periodo de privación de comida. Adicionalmente, se pretende determinar cuáles son los efectos de supresión del sabor no aceptado (el del ácido cítrico) sobre el sabor aceptado (el dulce de la sucrosa) a partir de las distintas concentraciones empleadas.

Método

Sujetos

Veinticuatro ratas de la cepa Wistar, doce machos (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12) y doce hembras (H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12), con 3 meses de edad al inicio del estudio y experimentalmente ingenuas.

Aparatos y Materiales

Se utilizaron veinticuatro cajas-habitación individuales, iguales a las utilizadas en los Experimentos I y II. El fondo de la caja se mantuvo cubierto por una alfombra de aserrín, que fue removida y sustituida por otra cada 10 días. Para el registro del consumo de alimento y peso corporal se utilizó una báscula electrónica de precisión.

Se proporcionó el mismo alimento que en los Experimentos I y II. Como bebida se utilizó agua y durante la manipulación experimental se proporcionó: 1) una solución de 15g de sucrosa diluida en 100ml de agua, y, 2) cinco soluciones compuestas de ácido cítrico monohidratado y sucrosa diluidos en agua en cinco diferentes concentraciones de ácido cítrico (Tabla 5). Las bebidas fueron entregadas en bebederos graduados de 100ml y 200ml.

Tabla 5. Soluciones proporcionadas en el Experimento III

Solución	Concentraciones en 100ml de agua
1	1 g de ácido cítrico 15g sucrosa
2	2g de ácido cítrico 15g sucrosa
3	4g de ácido cítrico 15g sucrosa
4	8g de ácido cítrico 15g sucrosa
5	12g de ácido cítrico 15g sucrosa

Procedimiento

El mismo que en los Experimentos I y II.

Diseño experimental

Se formaron tres grupos: los Grupos A, B y Control, compuestos por cuatro hembras y cuatro machos cada uno. La asignación de los sujetos se realizó de forma aleatoria. El experimento se dividió en once fases. La fase 1 tuvo una duración de 10 días. Las fases 3, 5, 7, 9 y 11 tuvieron una duración de cinco días cada una, en las que se proporcionaron 50g de nutricubos y 200ml de agua (libre acceso). En las fases 2, 4, 6 y 8, con una duración de tres días cada una, se privó de alimento y agua a todos los sujetos. Durante estas fases, los Grupos A y B fueron expuestos a soluciones de 15g de sucrosa, agua y diferentes concentraciones de ácido cítrico (Tabla 5). El Grupo A comenzó recibiendo la solución con la concentración más alta de ácido cítrico y terminó recibiendo la solución con la concentración más baja de ácido cítrico, mientras que el Grupo B recibió la secuencia de manera contraria. El Grupo Control fue expuesto a una solución de 15g de sucrosa diluida en 100ml de agua.

Grupo	Fases										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	LA	P 1g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 2g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 4g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 8g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 12g de ácido y 15g de sucrosa	LA
B	LA	P 12g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 8g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 4g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 2g de ácido y 15g de sucrosa	LA	P 1g de ácido y 15g de sucrosa	LA
Control	LA	P 15g de sucrosa	LA	P 15g de sucrosa	LA	P 15g de sucrosa	LA	P 15g de sucrosa	LA	P 15g de sucrosa	LA
Días	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10

Tabla 6. Diseño del experimento III. Las letras LA representan las fases de libre acceso al agua y al alimento. La letra P representa las fases de privación de alimento. El experimento tuvo una duración de 75 días.

Resultados

La figuras 20, 21 y 22 muestran el peso corporal, las figuras 23, 24 y 25 el consumo de alimento y las figuras 26, 27 y 28 el consumo de agua. La columna de la izquierda representa los datos de las hembras y la columna de la derecha los datos de los machos. La línea continua representa los días de libre acceso. Tanto los puntos como los triángulos representan los días de privación alimentaria. Sin embargo, los triángulos invertidos negros indican la presentación de las soluciones ácido-sucrosa de manera ascendente (Grupo A), los triángulos negros los días de exposición a la solución ácido-sucrosa de manera descendente (Grupo B), y los puntos negros los días de exposición a la solución de sucrosa (Grupo Control).

Por otro lado, las figuras 29, 30 y 31 representan los promedios de calorías consumidas por fase. La columna de la izquierda representa a las hembras y la de la derecha a los machos. Las barras grises muestran las calorías aportadas por la comida (fases 1, 3, 5, 7, 9 y 11) y las barras blancas las calorías aportadas por las soluciones con sucrosa y ácido cítrico en los Grupos A y B (fases 2, 4, 6, 8 10) y por las soluciones con sucrosa en el Grupo Control (fases 2, 4, 6, 8 10).

La Figura 20 representa los datos del peso corporal del Grupo A. Todos los sujetos presentaron disminuciones en el peso corporal durante las fases de exposición a las soluciones. Durante estos períodos, la disminución del peso de las hembras fue en promedio de +/-30g, mientras que la de los machos fue de +/-50g. Todos los sujetos presentaron la mayor disminución de peso durante las fases en que eran presentadas las soluciones con una mayor concentración de ácido cítrico (fases 8 y 10). Tanto en hembras

como en machos, el peso corporal era recuperado durante los días de libre acceso, presentándose un patrón de crecimiento propio de la especie durante estas fases.

La Figura 21 muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo B. Tanto hembras como machos presentaron disminuciones en el peso corporal durante las fases de exposición a las soluciones. En comparación con los períodos de libre acceso, la disminución fue, en las hembras, de un promedio de +/-40g, mientras que en los machos fue de +/-50g. Todos los sujetos presentaron la mayor disminución de peso durante las fases en que tenían disponibles las soluciones con una mayor concentración de ácido cítrico (fases 2 y 4). Adicionalmente, todos los sujetos recuperaron el peso corporal perdido durante las fases experimentales, mostrándose un patrón de crecimiento corporal durante las fases de libre acceso.

La Figura 22 representa el peso corporal de hembras y machos del Grupo Control. Tanto en las hembras como en los machos puede observarse una tendencia al crecimiento corporal, sin embargo, durante los días en que era presentada la solución de sucrosa, todos los sujetos disminuyeron su peso en un promedio de +/-15g en las hembras y +/-25g en los machos, esto en comparación con los días de libre acceso.

La Figura 23 representa el consumo de alimento de los sujetos del Grupo A. Todos los sujetos presentaron un patrón relativamente estable en el consumo de alimento durante las fases de libre acceso. Sin embargo, los machos mostraron la tendencia a consumir grandes cantidades de comida durante el primer día posterior a los períodos de privación de alimento, mientras que las hembras consumían cantidades de comida cercanas a las consumidas durante el primer período de libre acceso (Fase 1). De manera particular, el sujeto H3 presentó grandes consumos de comida (de hasta 29g), durante las fases 3 y 5.

En la Figura 24 se presenta el consumo de alimento de los sujetos del Grupo B. El patrón de consumo de alimento durante las fases de libre acceso fue relativamente estable en todos los sujetos. La Figura 25 muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo Control, que presentaron un patrón similar al del Grupo B.

La Figura 26 representa el consumo de agua de hembras y machos del Grupo A. Todos los sujetos presentaron un patrón de consumo descendente durante las fases en las que fueron expuestos a las soluciones de sucralosa-ácido cítrico: disminuyeron su consumo de líquido en relación con la concentración de ácido presente en la solución disponible. En comparación con los días de libre acceso, tanto las hembras como los machos presentaron grandes bebidas durante las fases 2 y 4, correspondientes a los días de exposición a las soluciones con bajo contenido de ácido cítrico (soluciones 1 y 2). Adicionalmente, durante las fases 8 y 10, correspondientes a los días de entrega de las soluciones con alto contenido de ácido cítrico (soluciones 4 y 5), los sujetos consumieron bajas cantidades de líquido. Por otra parte, la mayoría de los sujetos presentaron grandes bebidas durante el primer día de libre acceso posterior a los períodos de presentación de las soluciones.

En la Figura 27 se muestra el consumo de agua de los sujetos del Grupo B. Tanto las hembras como los machos presentaron un patrón de consumo ascendente durante las fases en las que fueron expuestos a las soluciones de sucralosa-ácido cítrico: aumentaron su consumo de líquido en relación con la concentración de ácido presente en la solución disponible. Todos los sujetos presentaron bajos consumos de líquido durante las fases 2 y 4, correspondientes a los días de exposición a las soluciones con alto contenido en ácido cítrico (soluciones 4 y 5).

Por otro lado, durante las fases 8 y 10, correspondientes a los días de exposición a las soluciones con bajo contenido de ácido cítrico (soluciones 1 y 2) los sujetos

consumieron grandes consumos de líquido. Adicionalmente, la mayoría de los sujetos consumieron grandes cantidades de agua durante el primer día de libre acceso, posteriormente a los períodos de entrega de las soluciones.

La Figura 28 indica el consumo de agua de los sujetos del Grupo Control. Todos los sujetos consumieron grandes cantidades de líquido durante las fases de entrega de la solución de sucrosa, con respecto a las fases de libre acceso. Las hembras presentaron, en promedio, consumos de hasta 130ml, mientras que los machos presentaron consumos de hasta 158ml. Por otra parte, todos los sujetos presentaron un patrón de consumo estable durante las fases de libre acceso, con excepción del sujeto H12, que presentó grandes consumos de agua durante el primer día de las fases 5, 7, 9 y 11, correspondientes a los períodos de libre acceso.

En la Figura 29 se muestra el consumo de calorías del Grupo A. Durante las fases de libre acceso (fases 1, 3, 5, 7, 9 y 11) las hembras consumieron en promedio ± 70 cal y los machos ± 95 cal en promedio. Durante las fases de exposición a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico (fases 2, 4, 6, 8 y 10) los sujetos mostraron un patrón de consumo de calorías descendente. El consumo de calorías durante estas fases fue menor que el consumo de calorías durante las fases de libre acceso, disminuyendo en relación al aumento de la cantidad de ácido cítrico contenido en cada solución. El consumo máximo de las hembras fue de ± 30 cal en promedio (Fase 2), mientras que el consumo mínimo fue de ± 10 cal en promedio (Fase 10). El consumo máximo de los machos fue de ± 38 cal en promedio (Fase 2) y el consumo mínimo fue de ± 10 cal en promedio (Fase 10).

La Figura 30 representa el consumo de calorías del Grupo B. En las fases de libre acceso las hembras consumieron ± 60 cal y los machos ± 90 cal. Durante las fases de exposición a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico se observó, en todos los sujetos, un

patrón de consumo de calorías ascendente. La cantidad de calorías consumidas durante estas fases fue menor que la cantidad de calorías consumidas durante las fases de libre acceso. El consumo de calorías aumentó progresivamente en relación a la disminución de la cantidad de ácido cítrico contenido en cada solución durante las fases 2, 4, 6, 8 y 10. En las hembras, el consumo máximo fue de +/-40 cal en promedio (Fase 10), mientras que el consumo mínimo fue de +/-10 cal en promedio (Fase 2). En los machos, el consumo máximo fue de +/-40 cal en promedio (Fase 10) y el consumo mínimo fue de +/-10 cal en promedio (Fase 2).

Por último, en la Figura 31 se muestra el consumo de calorías del Grupo Control. Durante las fases de libre acceso las hembras consumieron +/-55 cal y los machos +/-85 cal. En las fases de exposición a las soluciones de sucrosa los sujetos consumieron aproximadamente la misma cantidad de calorías consumidas durante las fases de libre acceso. Las hembras consumieron +/-55 cal y los machos +/-70, disminuyendo el consumo en 15 cal, con respecto a las fases de libre acceso.

PESO CORPORAL

Grupo A

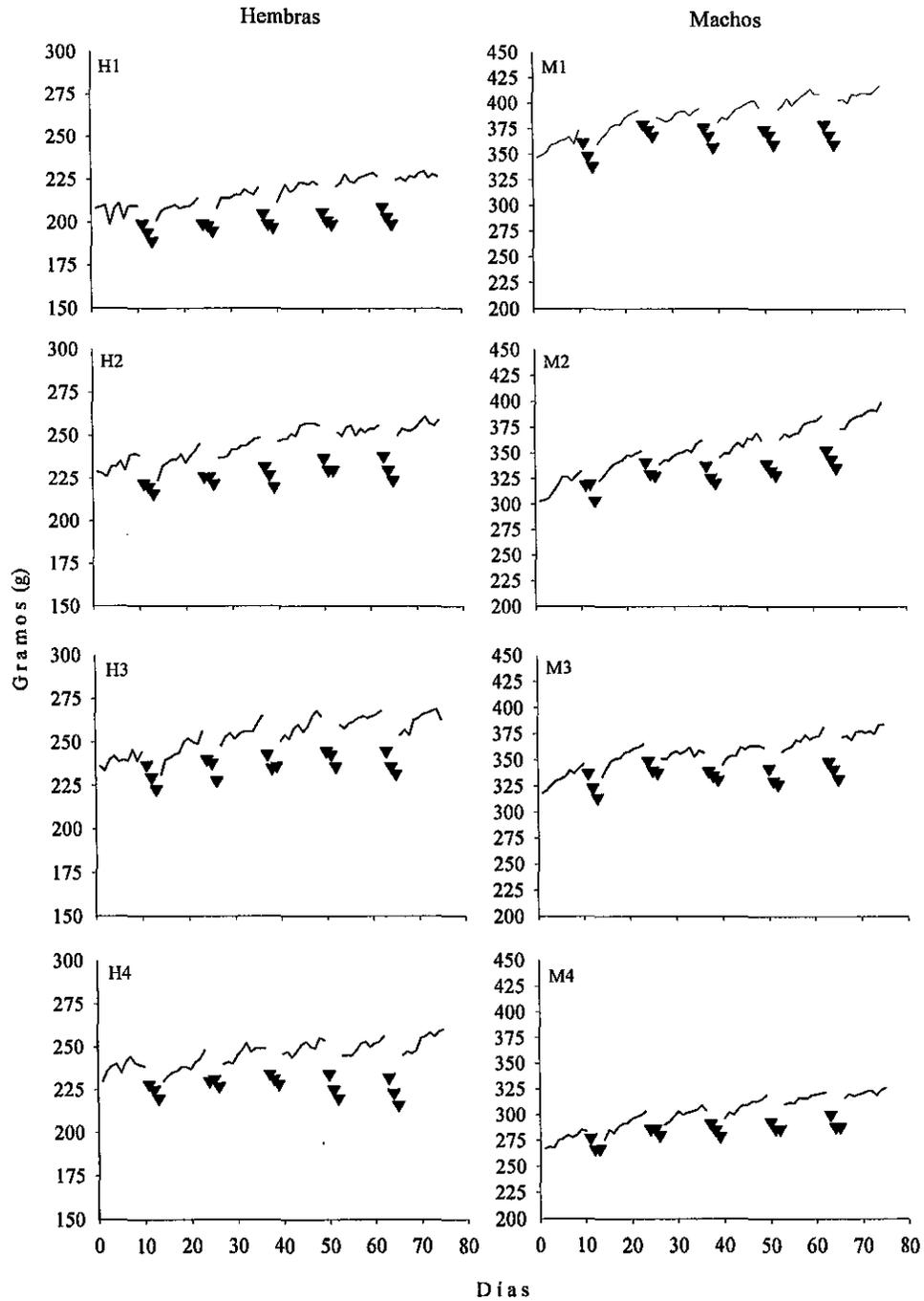


Figura 20. Muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos invertidos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico, presentadas las concentraciones en orden ascendente.

PESO CORPORAL

Grupo B

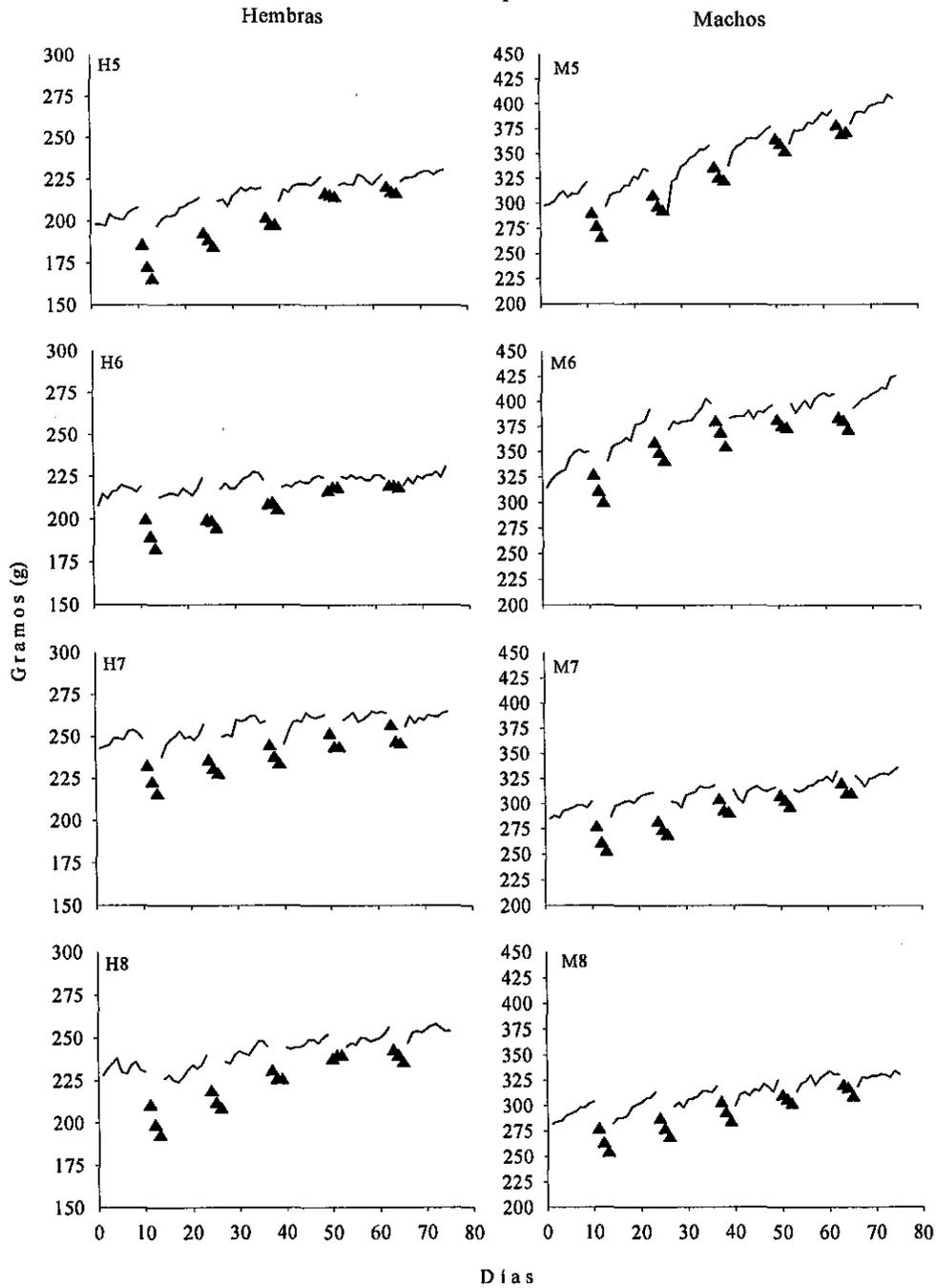


Figura 21. Muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo B. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico, presentadas las concentraciones en orden descendente.

PESO CORPORAL

Grupo Control

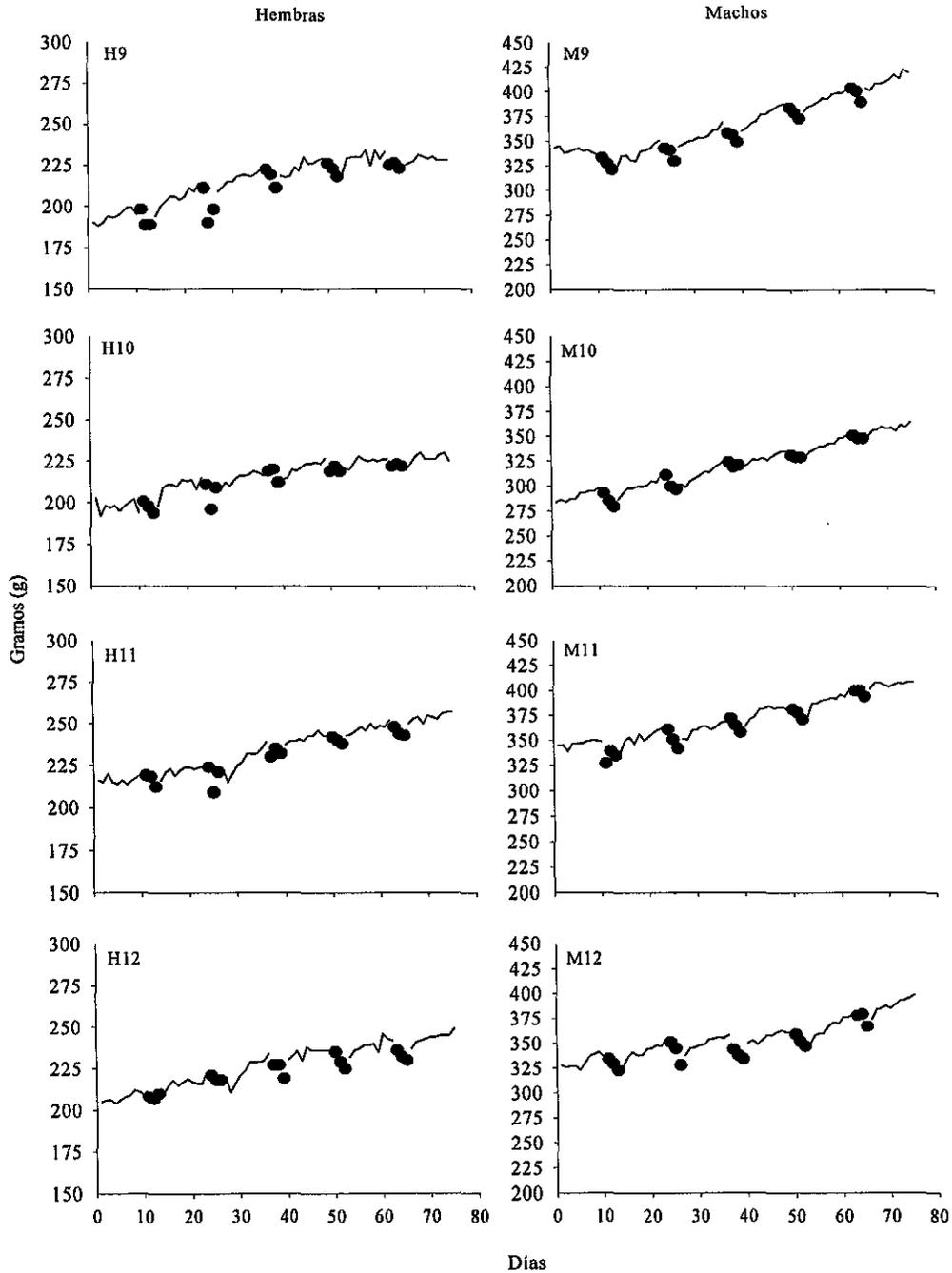


Figura 22. Muestra el peso corporal de los sujetos del Grupo Control. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los periodos de libre acceso. Los puntos negros indican los periodos de privación alimentaria con acceso a la solución de sucrosa.

CONSUMO DE ALIMENTO
Grupo A

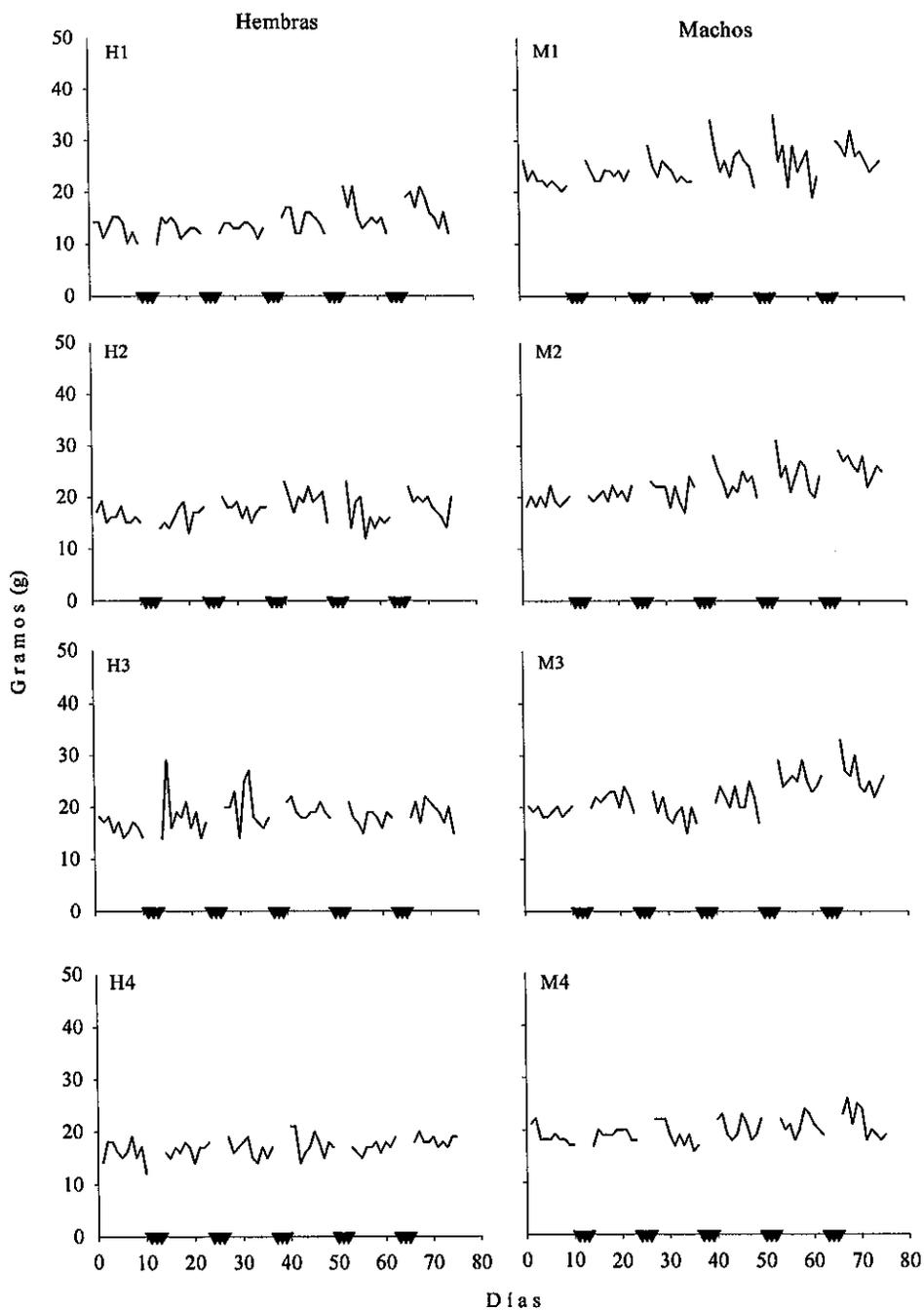


Figura 23. Muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros invertidos indican los períodos de privación alimentaria con acceso a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico, presentadas las concentraciones en orden ascendente.

CONSUMO DE ALIMENTO

Grupo B

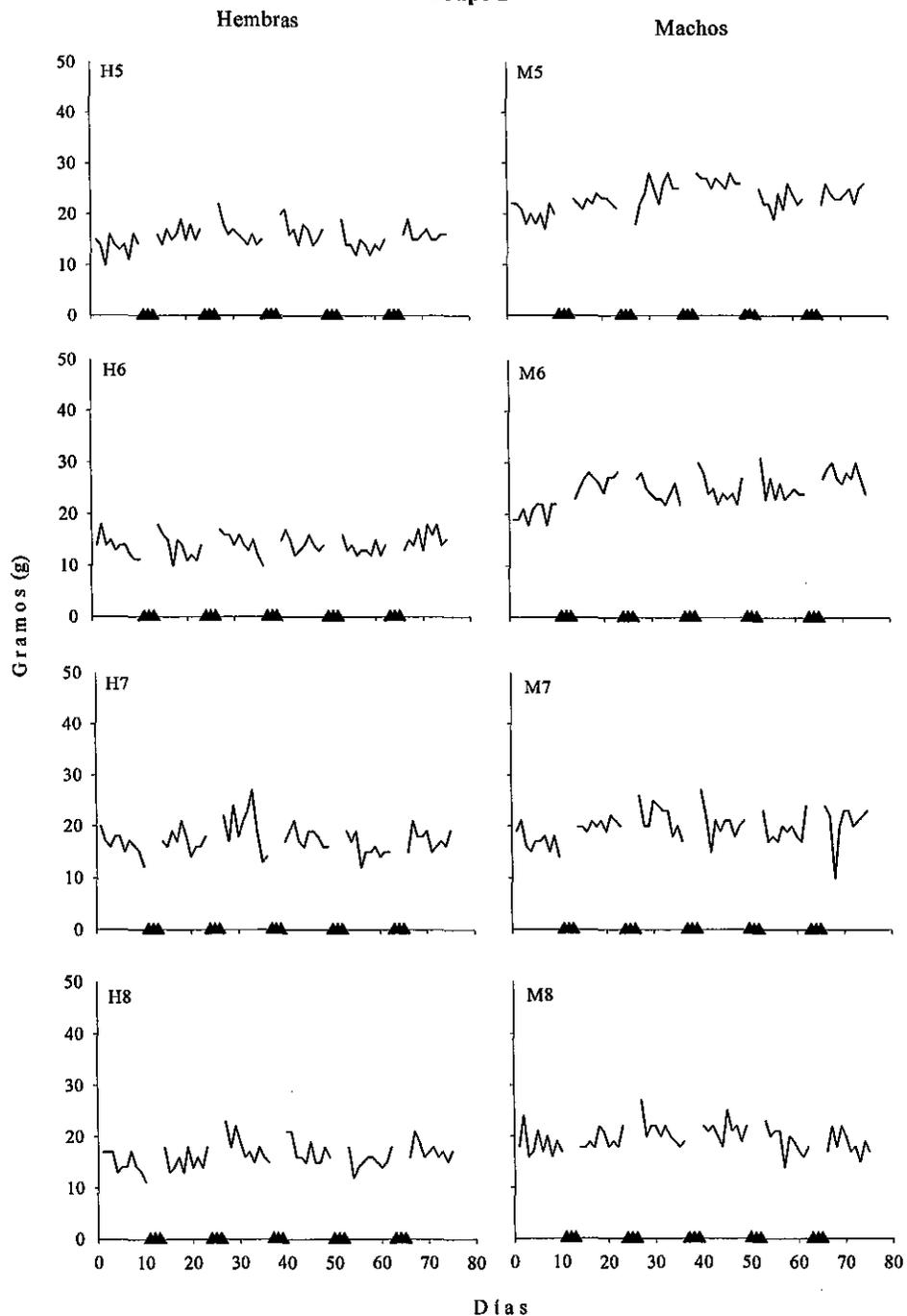


Figura 24. Muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo B. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico, presentadas las concentraciones en orden descendente.

CONSUMO DE ALIMENTO

Grupo Control

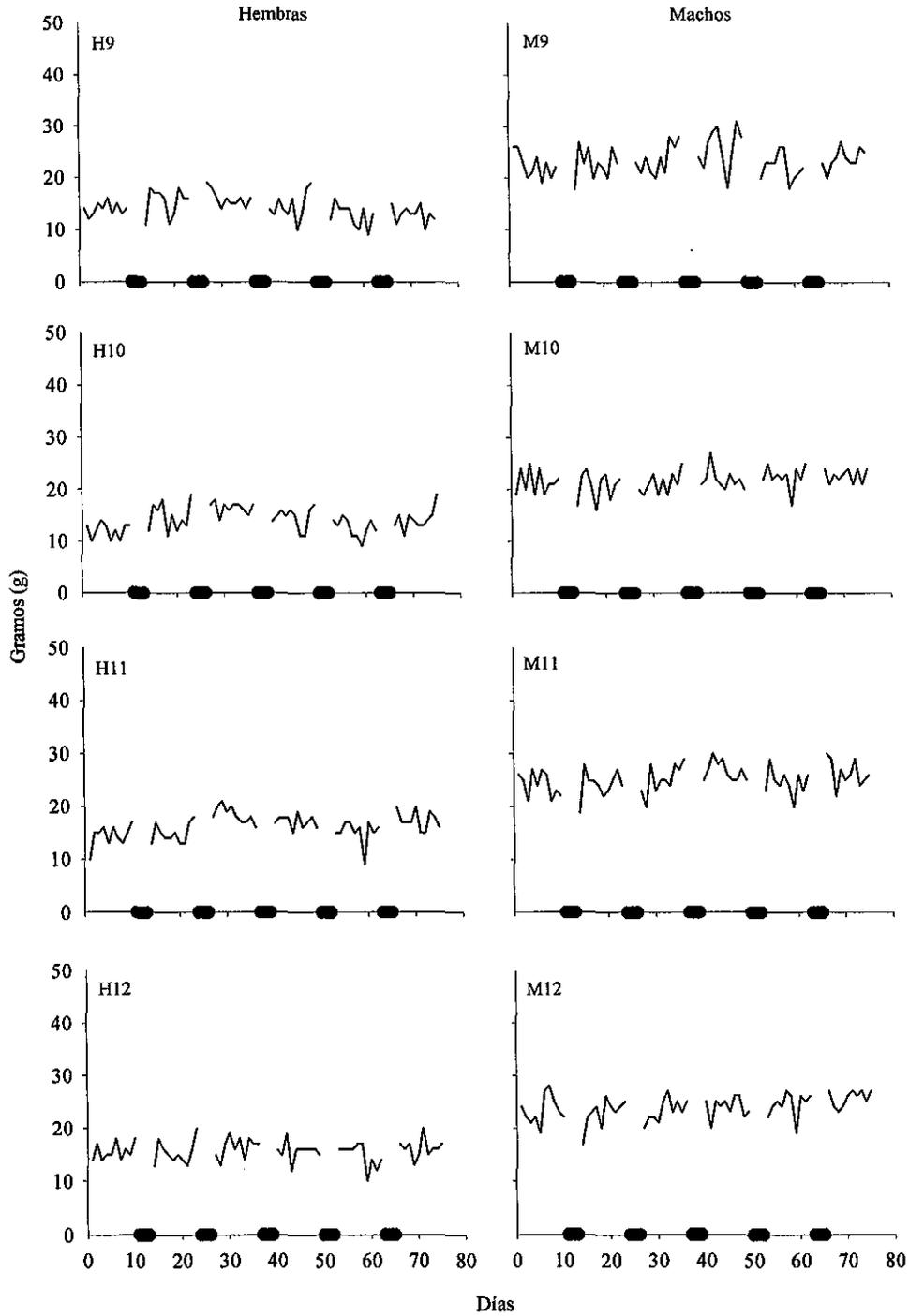


Figura 25. Muestra el consumo de alimento de los sujetos del Grupo Control. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los puntos negros indican los períodos de privación alimentaria con concentración ascendente en la solución de sucrosa.

CONSUMO DE AGUA

Grupo A

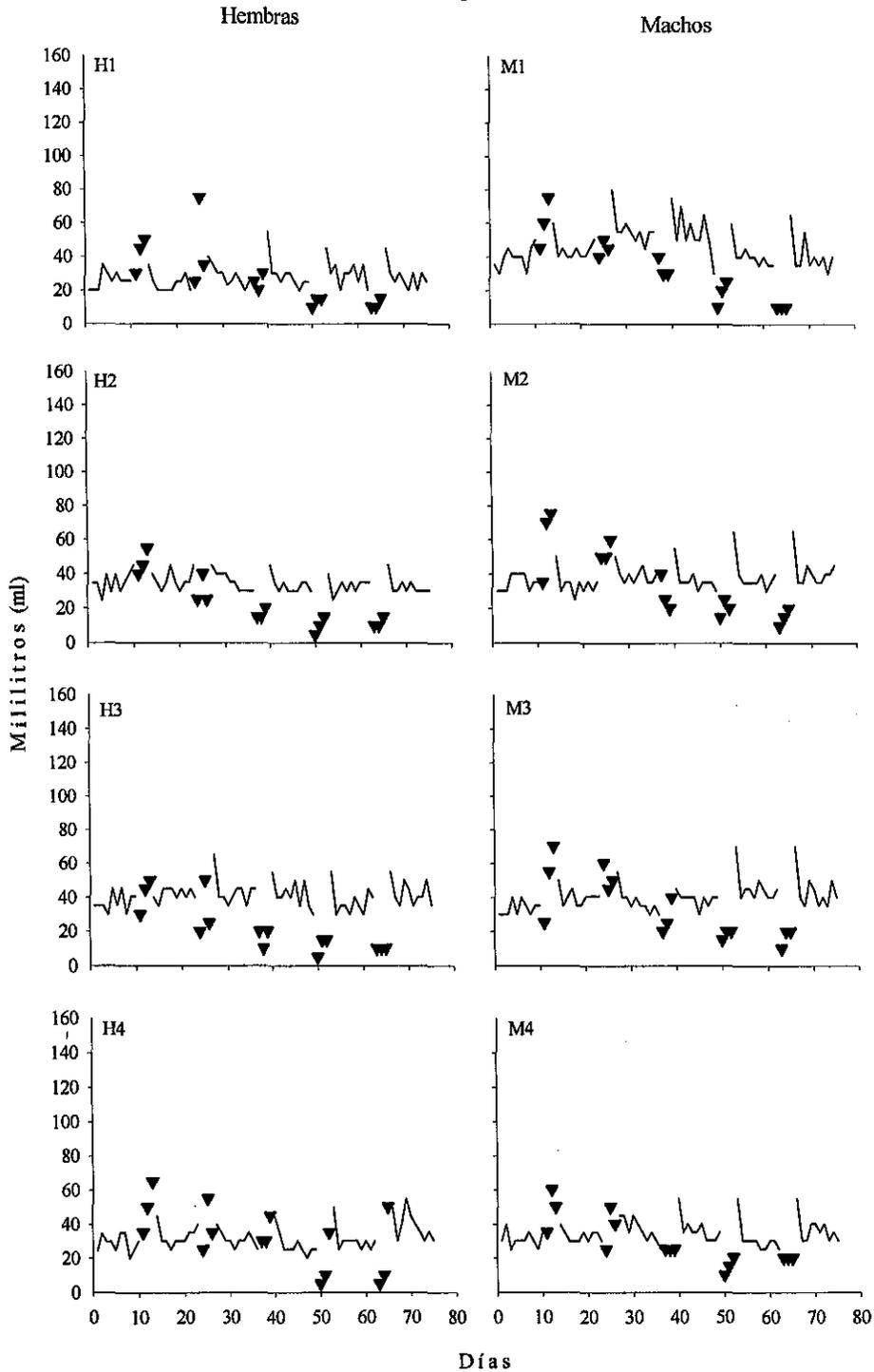


Figura 26. Muestra el consumo de agua de los sujetos del Grupo A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros invertidos indican los períodos de privación alimentaria con acceso a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico, presentada la concentración en orden ascendente.

CONSUMO DE AGUA

Grupo B

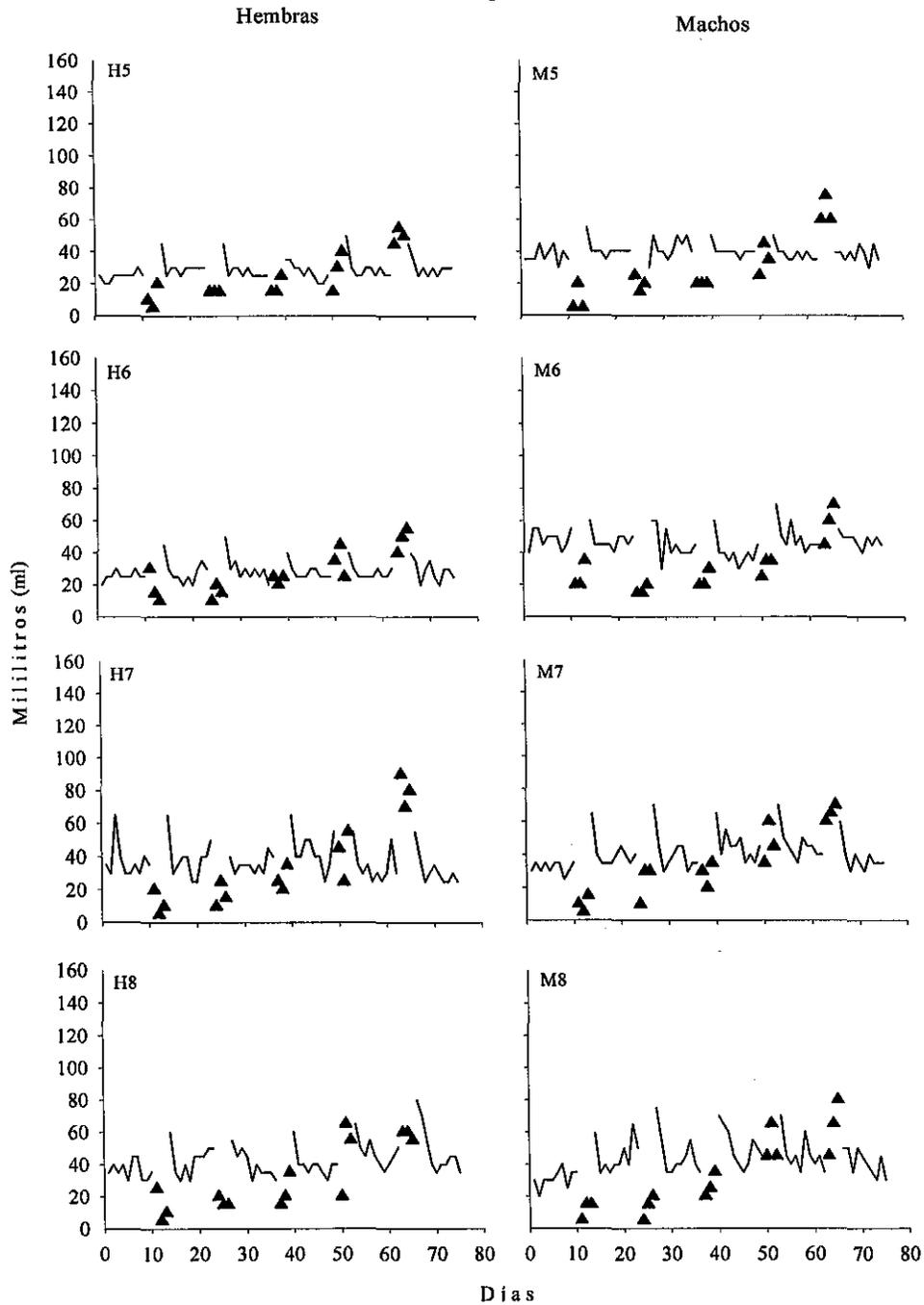


Figura 27. Muestra el consumo de agua de los sujetos del Grupo B. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. La línea continua representa los períodos de libre acceso. Los triángulos negros indican los períodos de privación alimentaria con acceso a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico, presentada la concentración en orden descendente.

CONSUMO DE CALORÍAS

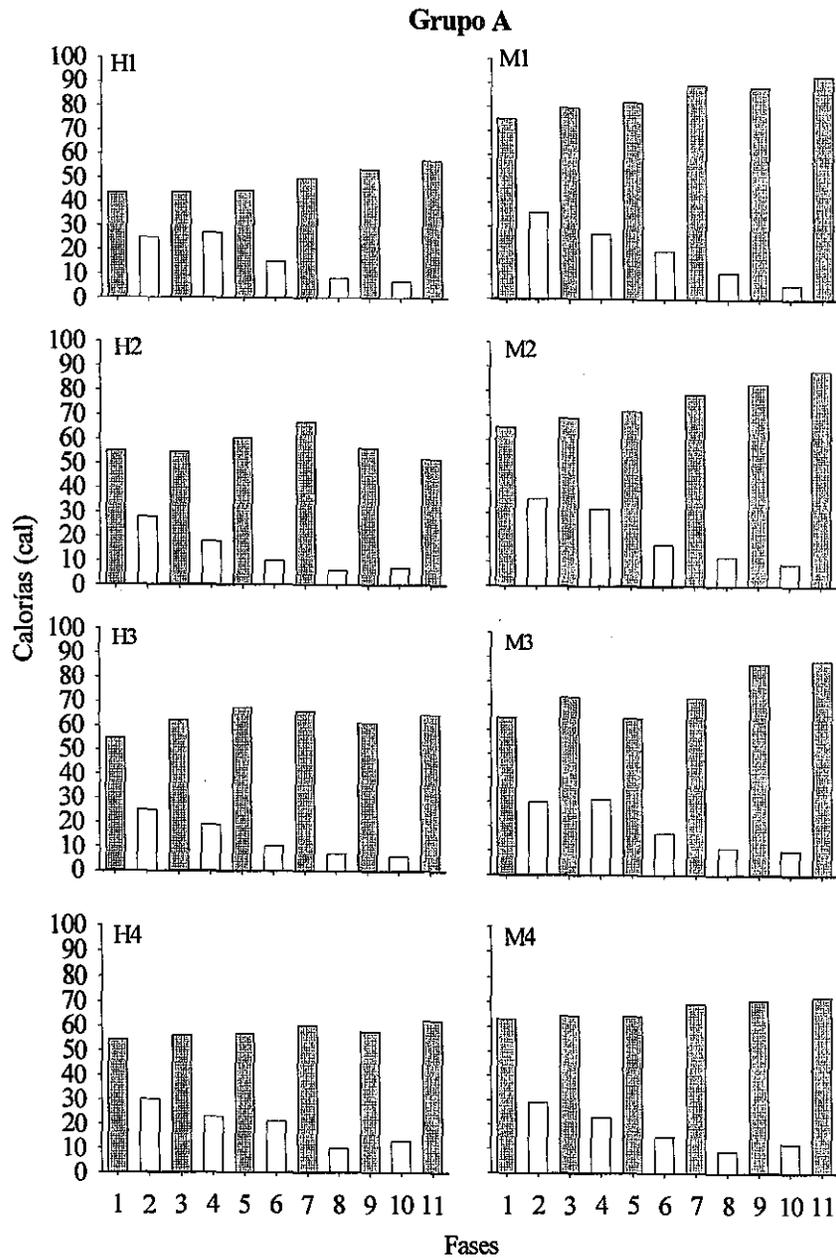


Figura 29. Muestra el promedio de consumo de calorías del Grupo A. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Las barras grises representan las calorías obtenidas durante las fases de libre acceso al agua y al alimento. Las barras blancas representan las calorías obtenidas durante las fases de privación y exposición a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico.

CONSUMO DE CALORÍAS

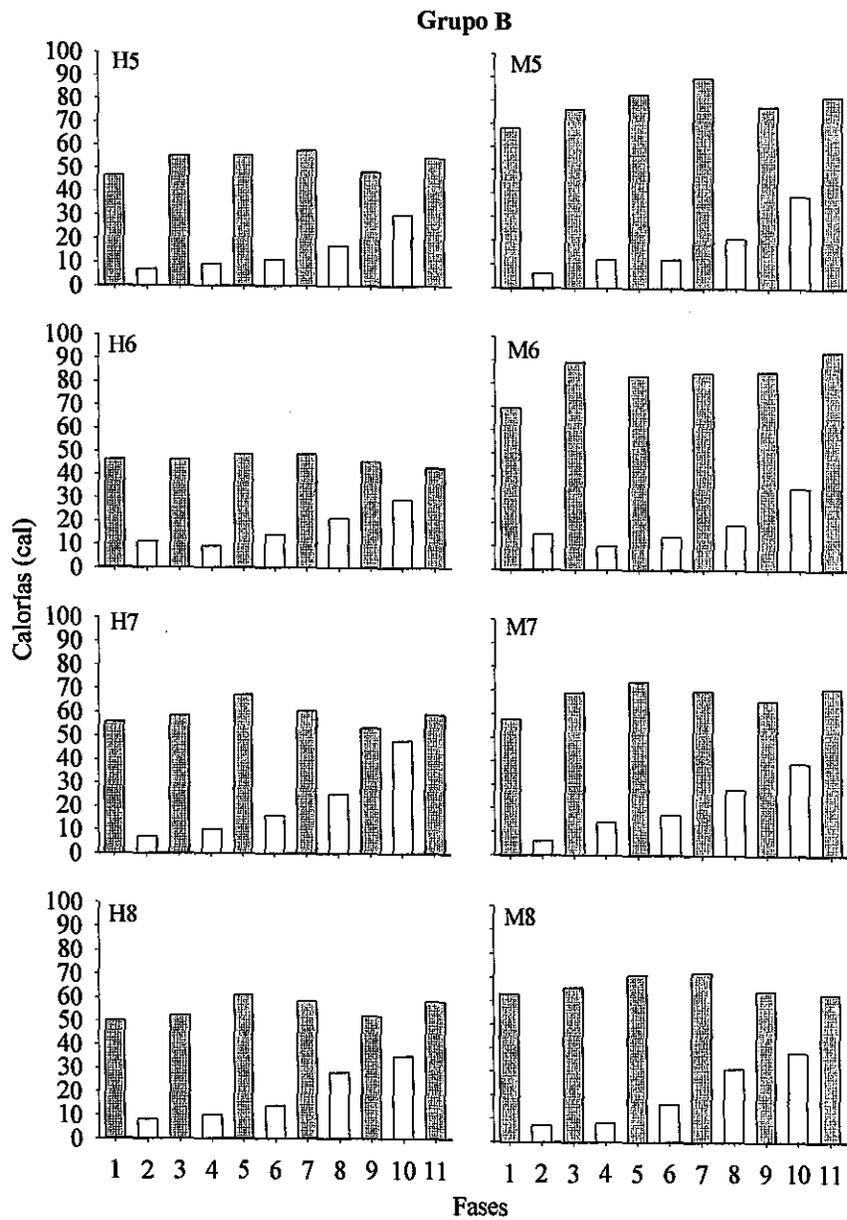


Figura 30. Muestra el promedio de consumo de calorías del Grupo B. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Las barras grises representan las calorías obtenidas durante las fases de libre acceso al agua y al alimento. Las barras blancas representan las calorías obtenidas durante las fases de privación y exposición a las soluciones de sucrosa y ácido cítrico.

CONSUMO DE CALORÍAS

Grupo Control

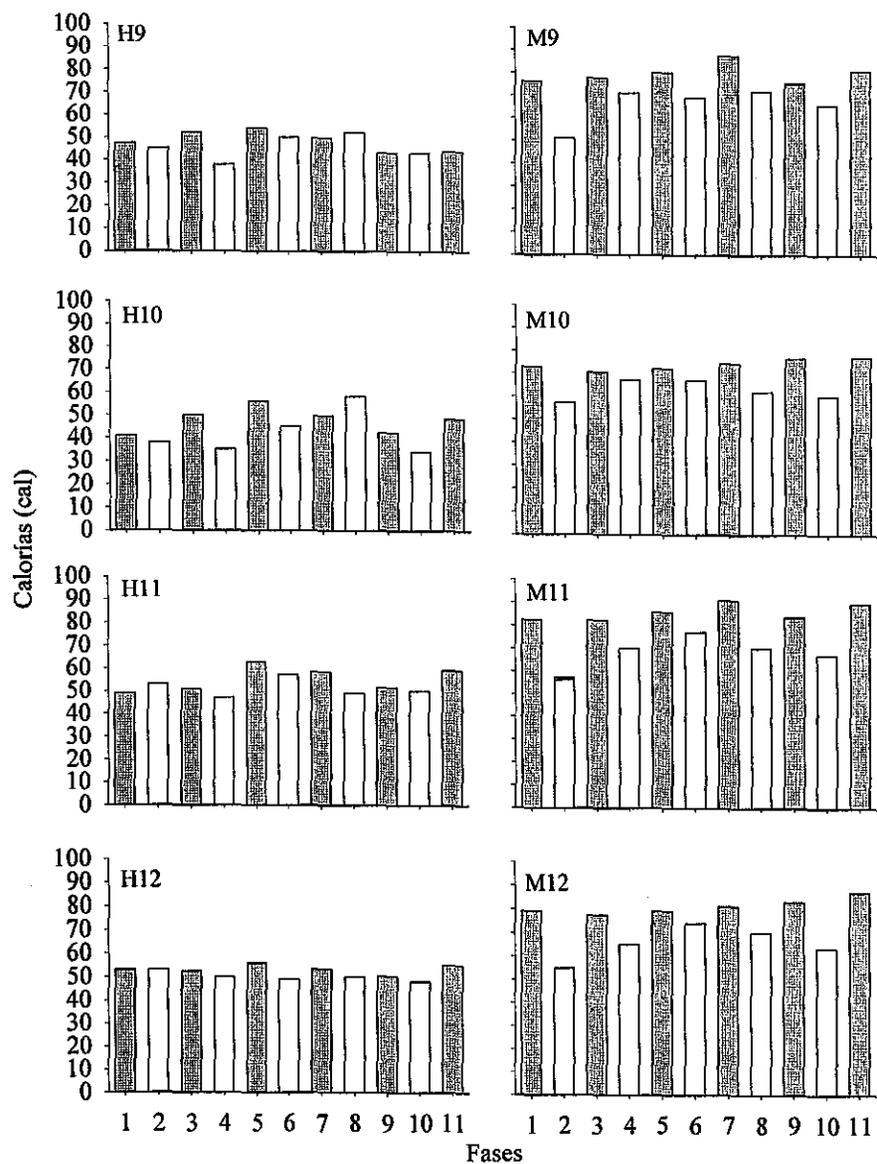


Figura 31. Muestra el promedio de consumo de calorías del Grupo Control. La columna izquierda representa a las hembras y la columna derecha a los machos. Las barras grises representan las calorías obtenidas durante las fases de libre acceso al agua y al alimento. Las barras blancas representan las calorías obtenidas durante las fases de privación y exposición a las soluciones de sucrosa.

Discusión

Los resultados obtenidos en este experimento mostraron que: 1) los sujetos disminuyeron su peso corporal durante las fases de exposición a las soluciones; 2) los sujetos de los Grupos A y B consumieron mayor cantidad de líquido durante las fases de exposición a las soluciones con concentraciones bajas de ácido cítrico; 3) los sujetos de los Grupos A y B mostraron la tendencia a disminuir su consumo de líquido durante las fases de exposición a las soluciones con concentraciones altas de ácido cítrico; 4) los sujetos del Grupo Control presentaron grandes bebidas durante las fases de exposición a las sucrosa; 5) los sujetos de los Grupos A y B consumieron una cantidad de calorías inferior durante los días de exposición a las concentraciones, con respecto a los consumos de las fases de libre acceso; y, 6) la cantidad de calorías consumidas fue inversamente proporcional a la cantidad de ácido cítrico contenida en cada una de las soluciones ofrecidas.

Las soluciones ofrecidas en este experimento poseían tres características de importancia para su consumo o rechazo: 1) el sabor ácido, en diferentes concentraciones; 2) el sabor dulce de la sucrosa; y, 3) las calorías aportadas por la sucrosa. Las grandes bebidas registradas durante los días de exposición a las soluciones con menor contenido de ácido cítrico pueden indicar que los sujetos encontraron aceptable la sustancia, dado que el sabor dulce prevalecía sobre el ácido, o debido a un proceso de *aprendizaje sabor-sabor*.

En los estudios sobre *aprendizaje sabor-sabor*, generalmente dos sabores son mezclados en una sola solución (Capaldi, 1996; Díaz, De la Casa, Ruiz y Baeyens, 2004). De acuerdo con Capaldi (1996), el *aprendizaje sabor-sabor* es posible cuando dos sabores interactúan en una misma sustancia. Un sabor no aceptado podría volverse aceptable para el organismo cuando se encuentra relacionado con un sabor aceptable, como el dulce. En el

presente experimento, los sujetos presentaron grandes consumos, que se incrementaron gradualmente, de una sustancia que contenía dos sabores, uno aceptado (el dulce de la sucrosa) y otro no aceptado (el ácido cítrico), cuando el sabor no aceptado se encontraba en concentraciones mínimas.

Por otra parte, la sustancia aportaba, además de sabor, calorías. De acuerdo con esto, es posible indicar que, más que debido a un *aprendizaje sabor-sabor*, el consumo de la sustancia fue debida a un *aprendizaje sabor-nutriente*. Capaldi (1996) afirmó que los sujetos tienden a establecer preferencias por sabores que han estado asociados a una fuente de calorías. Adicionalmente, Capaldi (1990) indicó que, bajo un estado de privación, el valor de la comida aumenta, lo que puede sugerir que los sujetos consumirían la sustancia por ser la única fuente de calorías disponible.

Sin embargo, cuando la concentración de ácido cítrico fue mayor, los sujetos consumieron menores cantidades de la mezcla, insuficientes para cubrir sus necesidades calóricas a pesar de ser el único alimento disponible. Esto sugiere que el sabor de la sustancia era *inaceptable* para los sujetos. Adicionalmente, se observó que, a mayor cantidad de ácido cítrico presente en la solución disponible, menor era el consumo de líquido durante las fases de exposición a las soluciones. De acuerdo con McBurney (1978) es probable que se haya dado un efecto de supresión del sabor dulce, al interactuar con el sabor ácido. El efecto fue mas notable conforme la cantidad de ácido cítrico presente en cada solución disponible era mayor.

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados obtenidos en los experimentos realizados indicaron que el sabor presente en el agua modifica el consumo de alimento y agua en la rata. En el Experimento 1 los sujetos fueron expuestos a soluciones de diferentes concentraciones de cloruro de sodio ó ácido cítrico. Los resultados mostraron que el consumo de líquido se modificó en relación a la concentración de saborizante en la solución ofrecida. Adicionalmente, el consumo de alimento se modificó los días de exposición a las soluciones de agua con sabor.

A partir del Experimento 1 se determinó la cantidad de saborizante a emplear en el Experimento 2. En este, los sujetos fueron privados de alimento, recibiendo soluciones con una cantidad equivalente de sucrosa o sucralosa y cloruro de sodio o ácido cítrico. En el grupo que recibió ácido cítrico se observó que las ratas fueron sensibles a la presencia de sucralosa o sucrosa: presentaron grandes bebidas cuando la sustancia contenía sucrosa. Por otra parte, los sujetos que recibieron cloruro de sodio presentaron bajos consumos cuando la sustancia contenía sucralosa y sucrosa.

En el Experimento 3 se expuso a los animales a una solución de sucrosa con distintas cantidades de ácido cítrico. Los sujetos presentaron un patrón de consumo de la sustancia inversamente proporcional a la cantidad de ácido cítrico contenido en la solución ofrecida. A mayor cantidad de ácido cítrico, menor fue el consumo de líquido y viceversa.

En los tres experimentos se observaron grandes comilonas y grandes bebidas en los días posteriores a las fases experimentales. En el Experimento 1 los sujetos no fueron privados de alimento, sin embargo, redujeron su consumo durante los días experimentales y realizaron grandes comilonas los días posteriores a la presentación de la sustancia con sabor. Esto indica que el sabor presente en el agua produjo la disminución de la ingesta de líquido, y por consiguiente, el consumo de alimento también se redujo (Ordaz, 2006).

López-Espinoza (2001, 2004) afirmó que, durante los períodos de privación de agua o alimento se produce un fenómeno denominado *auto-privación del elemento no privado*, en el cual, el sujeto que ha sido privado de alimento reducirá o dejará de consumir líquido. Asimismo, cuando ha sido privado de agua, el sujeto disminuirá o dejará de consumir alimento. La auto-privación se ha observado en estudios que emplean la privación de agua o alimento en el estudio experimental de la conducta alimentaria. Adicionalmente, el fenómeno se ha observado cuando los sujetos tienen disponible alimentos o líquidos con un sabor no aceptado, o con propiedades postingestivas desagradables. El sujeto, al reducir su consumo de agua o alimento debido al sabor o a sus efectos post-ingestivos negativos, limitará a su vez el consumo del agua o del alimento que no posee un sabor o efecto post-ingestivo desagradable (Galindo y López-Espinoza, 2006; Ordaz, 2006).

Sin embargo, en el Experimento 2 el fenómeno de la auto-privación pareció modificarse en función del tipo de sustancia líquida disponible. Al parecer los sujetos consumieron o no consumieron la sustancia líquida disponible con base en las propiedades de la sustancia ofrecida, y no debido al fenómeno de auto-privación. Martínez (2005, 2008) demostró que los efectos de la privación de agua o alimento pueden ser modificados si una sustancia con contenido calórico y/o sabor altamente aceptado, como la sucrosa o la sucralosa, es ofrecida a los sujetos experimentales posteriormente a un período de privación de agua o alimento. En el presente experimento, los sujetos presentaron auto-privación del elemento no privado cuando tenían disponible una sustancia líquida que a) no contenía calorías (la sustancia que contenía sucralosa) o, b) poseía un sabor completamente desagradable o efectos post-ingestivos no favorables (la sustancia que contenía cloruro de sodio).

En el Experimento 3 también se observó que la composición de la sustancia líquida influyó sobre la presentación del fenómeno de auto-privación. Los sujetos fueron privados de alimento, recibiendo en cada fase experimental una sustancia líquida que contenía ácido cítrico y sucralosa. Los sujetos variaron su consumo de líquido en función de la cantidad de ácido cítrico presente en el agua.

Ordaz (2006) indicó que la disponibilidad en el agua de un sabor no aceptado por los sujetos produce características similares a la aplicación de un período de privación en ratas no privadas de alimento. Los resultados de nuestros tres experimentos indicaron que la variación en el sabor y contenido energético de una sustancia líquida, disponible durante períodos de privación alimentaria produce modificaciones en la emisión del fenómeno de auto-privación.

Por otro lado, se observó que los efectos post-privación típicos de un período de privación de alimento (es decir, grandes comilonas y grandes bebidas) se modificaron en función de las características (sabor y contenido energético) del agua disponible. En el Experimento 2, los sujetos presentaron una mayor cantidad de grandes comilonas en las fases posteriores a los períodos en los que se les expuso a un periodo de privación alimentaria con acceso a una sustancia sin contenido calórico. Estos resultados complementan los obtenidos por Ordaz (2006), que expuso a ratas a periodos de privación de agua o alimento seguidos de la exposición a diferentes sabores. Los datos indicaron que los sujetos presentaron modificaciones en los efectos post-privación, como la supresión de las grandes bebidas, cuando se introdujeron sabores no aceptados por los sujetos experimentales.

La modificación del patrón alimentario al variar las propiedades de los alimentos disponibles, como el sabor o el contenido calórico se ha estudiado extensamente (Armitage,

Hervey, Rolls, Rowe y Tobin, 1983; Delwiche, 2004; Ishii, Blundell, Halford y Rodgers, 2003; Johnson y Collier, 2001; Johnson y Vickers, 1993; Martínez, López-Espinoza y Martínez, 2006; Naim, Brand, Kare y Carpenter, 1985). Adicionalmente, las consecuencias de modificar las propiedades de los alimentos posteriormente a un período de privación de alimento o agua no han sido estudiadas lo suficiente (Martínez, 2005; Martínez y López-Espinoza, 2007; Ordaz, 2006; Scalera y Tarozzi, 2001).

Por otra parte, las consecuencias de modificar las propiedades de los alimentos durante un periodo de privación de alimento han sido relativamente poco estudiadas. Galindo y López-Espinoza (2006) obtuvieron datos que indicaron que los sujetos experimentales modificaron su patrón alimentario, durante y posteriormente a un periodo de privación alimentaria, cuando tuvieron a su disposición una sustancia con sabor no aceptado pero con contenido nutricional. Ese estudio tuvo como finalidad determinar qué característica de la sustancia ofrecida durante la privación era de mayor peso para el sujeto: el sabor o las calorías. Otros autores han realizado estudios que abordan esta cuestión: a) no empleando períodos de privación alimentaria (Díaz, De la Casa, Ruiz y Baeyens, 2004), b) utilizando periodos de privación muy breves (Forestell y LoLordo, 2000), ó, c) usando cánulas intraorales o intragástricas (Sclafani, 1990), sin haber obtenido datos concluyentes.

En esta tesis se pretendía continuar con las aportaciones hechas por Galindo y López-Espinoza. Sin embargo, en vez de utilizar el sabor amargo de la quinina, se determinó emplear otros sabores que se ha indicado que son inaceptables para los roedores, como el ácido, y el sabor salado en altas concentraciones (Dietz, Curtis y Contreras, 2006; Kim, Breslin, Reed y Drayna, 2004; Liem y Mennella, 2003; Pfaffmann, 1978; Rozin, 2002; Stouffer y White, 2005; Yeomans, Blundell y Leshem, 2004).

En el Experimento 1 se observó que los sujetos consumieron una menor cantidad de agua con sabor cuando las concentraciones de saborizante eran mayores. Adicionalmente, consumieron una mayor cantidad de líquido cuando las concentraciones eran menores. Ralphs, Provenza, Wiedmeier y Bunderson (1995) demostraron que la concentración de un saborizante presente en el agua tiene efectos proporcionales sobre el consumo de líquido. Por otro lado, Nelson, Munger y Boughter Jr (2003) reportaron que, ante la presencia de diferentes concentraciones de saborizante amargo, los sujetos consumieron mayores cantidades cuando la concentración de saborizante era menor e ingirieron menores cantidades de líquido cuando la sustancia ofrecida tenía una concentración mayor de saborizante.

Cabanac (1990) afirmó que los efectos de las distintas concentraciones del sabor son debidas al *placer* o *displacer* que estas producen. El placer y el displacer se encuentran relacionados con los estados fisiológicos del organismo. Para el organismo es *placentero* el consumo de una sustancia cuyo sabor ha sido asociado a un estado de bienestar posterior al consumo, como el contenido calórico durante estados de necesidad, como la privación alimentaria. Por el contrario, un sabor que ha sido asociado a una sustancia que produce efectos negativos en el organismo es *displacentera*, y por lo tanto, es rechazada.

Sin embargo, los sujetos del Experimento 1, que no fueron privados de alimento, consumieron una sustancia (aunque en mínimas cantidades) que poseía un sabor no aceptado y sin ningún contenido nutricional. Algunos autores han indicado que hay alimentos que contienen nutrientes específicos (como los fitonutrientes), necesarios para el funcionamiento adecuado del organismo, que poseen sabores amargos o ácidos. Estos nutrientes, que, si bien son necesarios en cantidades mínimas para el organismo, en grandes cantidades pueden llegar a ser tóxicos. Es posible que los organismos consuman alimentos

o líquidos con sabor no aceptado, debido a la necesidad de cubrir la carencia de los nutrientes proporcionados, pero siempre en pequeñas cantidades (DeSimone y Lyall, 2006; Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000; Glaser y Hobi, 1985; Laska, Scheuber, Hernández y Rodríguez, 2003).

Si bien esto explica que los sujetos del Experimento 1 consumieron las sustancias disponibles, en pequeñas cantidades a pesar de su sabor, no explica los consumos realizados en los experimentos 2 y 3. En el Experimento 2, las ratas fueron sensibles a la presencia o ausencia de calorías y a la presencia de cloruro de sodio a pesar de estar asociado o no a una cantidad de calorías. Capaldi (1996) afirmó que, a pesar de que el rechazo a ciertos sabores como el ácido y el amargo sea de origen genético, es posible que la reacción hacia y el consumo de estos sabores sean modificados a través de la experiencia. Indicó que en el condicionamiento *sabor-nutriente* los sujetos asocian un sabor con los efectos post-ingestivos producidos por una sustancia.

En el Experimento 2, los sujetos que recibieron ácido cítrico mezclado con sucrosa realizaron grandes bebidas, mientras que los sujetos que recibieron ácido cítrico mezclado con sucralosa presentaron consumos de líquido inferiores a los presentados durante los períodos de libre acceso. Estos resultados sugieren que los animales *detectaron* el contenido calórico de la sustancia con sucrosa y lo consumieron a pesar del sabor ácido que poseía, mientras que la sustancia que no contenía calorías fue consumida en cantidades muy inferiores, a pesar de poseer un sabor idéntico. Martínez, López-Espinoza, Díaz y Valdés (2009) reportaron datos que indican que el consumo de la sucrosa y la sucralosa difiere en ratas, a pesar de poseer un sabor muy semejante. Bajo condiciones de libre acceso al alimento, estos autores expusieron a ratas a una concentración de agua con sucrosa o de agua con sucralosa. Como resultado obtuvieron que los sujetos que recibieron sucralosa

consumieron cantidades de líquido semejantes a las consumidas durante la línea base, mientras que los sujetos que tuvieron disponible la solución con sucrosa presentaron grandes bebidas.

Sin embargo, en nuestro experimento, los sujetos que recibieron la mezcla de ácido y sucralosa consumieron cantidades inferiores a las reportadas por Martínez, López-Espinoza, Díaz y Valdés. Esto indica que el ácido cítrico contenido en la sustancia ofrecida a nuestros sujetos, además de la falta de calorías, produjo el rechazo por parte de los animales.

Un dato que llamó nuestra atención fue el hecho de que los sujetos del Experimento 2, que estuvieron expuestos a las mezclas de sucrosa/sucralosa y cloruro de sodio, no fueron sensibles, como los sujetos que recibieron ácido cítrico, a la ausencia ó presencia de calorías en el agua. Si bien, durante la exposición a la sustancia con sucrosa y cloruro de sodio consumieron el líquido en mayor cantidad que durante los periodos de exposición a la sustancia con sucralosa/cloruro de sodio, es posible observar que las cantidades consumidas fueron mínimas y con una tendencia a disminuir con el paso de los días de las fases experimentales.

Ya hemos discutido las posibles explicaciones relacionadas con el rechazo de nuestros sujetos a las mezclas que contenían cloruro de sodio. Sin embargo, consideramos relevante que posteriormente se realicen estudios paramétricos de mezclas de cloruro de sodio y sucrosa ó sucralosa, con el fin de determinar en qué momento una sustancia con cloruro de sodio y calorías se vuelve inaceptable y si esto es debido al sabor, a la concentración de sabor, o a los efectos de las sales en el organismo (Dietz, Curtis y Contreras, 2006; Rowland, 1990; Yeomans, Blundell y Leshem, 2004).

En el Experimento 3 se observó que los sujetos fueron sensibles a las diferentes concentraciones de ácido disponibles. La cantidad de ácido cítrico influyó de manera proporcional sobre la cantidad de líquido ingerido por los sujetos. Esto indica que el sabor contenido en la sustancia fue un factor relevante para los sujetos, ya que, cuando las mezclas con mayor contenido de ácido cítrico estuvieron disponibles, las ratas las rechazaron a pesar de estar sometidos a un período de privación alimentaria, o las consumieron en cantidades insuficientes para cubrir sus necesidades calóricas diarias.

Un dato que se debe tomar en cuenta es que el sabor de las sustancias disponibles en los Experimentos 2 y 3 no era ácido puro. El sabor del ácido cítrico y el sabor de la sucrosa o la sucralosa interactuaron, produciendo una mezcla. Los efectos de interacción entre ambos sabores dependen de la concentración de ambas sustancias: en algunas concentraciones, el sabor ácido puede ser suprimido por el dulce, mientras que en algunas otras, el sabor dulce puede ser suprimido por el ácido (Laska, Scheuber, Hernández y Rodríguez, 2003; McBurney, 1978; Pelletier, Lawless y Horne, 2004).

En nuestro experimento 3 se buscaba la supresión del sabor dulce de la sucralosa y la sucrosa. Los sujetos consumieron pequeñas cantidades de la sustancia con ácido cítrico, a pesar de contener calorías y del estado de necesidad de las ratas, indicando que el sabor era *inacceptable*.

Sin embargo, en una mezcla en la que uno de los sabores sea *suprimido* por el otro, aún quedan “rastros” del sabor suprimido. Es decir, el sabor es suprimido, mas no eliminado. El sabor resultante puede ser desagradable y, sin embargo, poseer un regusto dulce, o viceversa (Pelletier, Lawless y Horne, 2004). Es necesario tomar en cuenta esta interacción, dado que los alimentos no contienen sabores *puros*. Los organismos consumen alimentos en los que se mezclan incontables sustancias químicas que no son

específicamente dulces, ácidas, amargas o ácidas. Los sabores interactúan y se combinan con las sensaciones químicas y físicas producidas en el interior de la cavidad oral de los organismos (Delwiche, 2004; Halpern, 1997).

Laska, Scheuber, Hernández y Rodríguez (2003) afirmaron que la mezcla de los sabores ácido y dulce es característica de la mayoría de las frutas. Indicaron que algunas especies de animales son capaces de aceptar estas mezclas de sabores, dado que los nutrientes que necesita su organismo se encuentran en las frutas. Estos autores realizaron un estudio en el que evaluaron el consumo y la preferencia por mezclas, en diferentes concentraciones, de sabores ácido y dulce en cuatro diferentes especies de monos. Sus resultados indicaron que cada especie difirió marcadamente en la aceptación y consumo de las mezclas. Algunos sujetos presentaron una mayor tolerancia a las mezclas con alta concentración en ácido, mientras que otros prefirieron las concentraciones con mayor cantidad de sabor dulce.

Estos datos nos sugieren que la percepción del sabor y su consecuente aceptación o rechazo se encuentra determinada, en cada especie, por cuestiones genéticas. Adicionalmente, se ha indicado que factores como la edad o el sexo son también determinantes en la elección, consumo o rechazo de los alimentos (Clarke y Ossenkopp, 1998; Laska, Scheuber, Hernández y Rodríguez, 2003; Liem y Mennella, 2002).

Algunos autores han indicado que las hembras son más o menos sensibles a los sabores dependiendo del momento de su ciclo reproductivo en el que se encuentren (Clarke y Ossenkopp, 1998; Eckel, 1999; Pelkman, Heinbach y Rolls, 2000). Sin embargo, aunque en nuestros experimentos no medimos los niveles hormonales de las ratas hembras, ni se determinó en qué momento de su ciclo reproductivo se encontraban al momento de ser

expuestas a las fases experimentales, no se observaron diferencias, salvo las proporcionales al peso de los sujetos, entre los consumos de las hembras y los de los machos.

Por otra parte, algunos autores han mencionado que la edad de los sujetos es un factor importante en relación al consumo o rechazo de los sabores. Liem y Mennella (2003) indicaron que los niños tienen preferencias más marcadas hacia los sabores dulces y salados, en comparación con los adultos. Además, demostraron que los niños tienden a preferir el sabor ácido, en concentraciones mucho mayores que lo que un adulto consideraría como “aceptable”. Esto sugiere que con la edad se producen cambios en el organismo y en la capacidad de percepción de los sabores. Consideramos de importancia, con base en esta evidencia, realizar estudios posteriores que involucren la exposición al sabor ácido en sujetos de distintas edades, con la finalidad de determinar el patrón de aceptación y rechazo ante diferentes concentraciones del saborizante.

Finalmente, al igual que los resultados obtenidos por Ordaz (2006), nuestros resultados sugieren que el sabor es una característica suficiente para determinar respuestas de rechazo o aceptación, aún a pesar del estado de privación de calorías en que se encontraban los sujetos de los experimentos 2 y 3. Adicionalmente, los resultados obtenidos en los experimentos 1 y 3 coinciden con los obtenidos por los investigadores que han realizado estudios paramétricos con distintos sabores, con la diferencia de que en nuestro Experimento 3 los sujetos recibieron una mezcla de dos sabores (el del ácido cítrico y el de la sucralosa) y estuvieron bajo condiciones de privación alimentaria. Esto sugiere que el sabor influyó directamente sobre la cantidad de líquido ingerido (y por tanto, de calorías consumidas) en el Experimento 3, a pesar del estado de necesidad del organismo. Capaldi y Privitera (2008) indicaron la relevancia de realizar mayores estudios en ésta área, dado que, de encontrar una forma de reducir el rechazo por sabores no aceptados en los

sujetos sería posible un mayor consumo de alimentos con importantes aportaciones nutricionales (como las verduras y los vegetales) que generalmente disgustan a los niños y a los adultos.

Referencias

- Ackroff, K. y Sclafani, A. (2004). Fructose-conditioned flavor preferences in male and female rats: effects of sweet taste and sugar concentration. *Appetite*, 42, 287-297.
- Ackroff, K., Touzani, K., Peets, T. K. y Sclafani, A. (2001). Flavor preferences conditioned by intragastric fructose and glucose differences in reinforcement potency. *Physiology & Behavior*, 72, 691-703.
- Armitage, G., Hervey, G. R., Rolls, B. J., Rowe, E. A. y Tobin, G. (1983). The effects of supplementation of the diet with highly palatable foods upon energy balance in the rat. *Journal of Physiology*, 342, 229-251.
- Aubert, A. y Dantzer R. (2005). The taste of sickness: lipopolysaccharide-induced finickiness in rats. *Physiology & Behavior*, 84, 437-444.
- Bailey, S. A. (2005). Taste. En S. F. Davis (ed.). *Handbook of research metods in experimental psychology*. U.K: Blackwell Publishing, 285-298.
- Bárdos, G. (2001). Conditioned taste aversion to gut distension in rats. *Physiology & Behavior*, 74, 407-413.
- Bartoshuk, L. (1990). Distinctions between taste and smell relevant to the role of experience. En E. Capaldi y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: Development and learning*. USA: American Psychological Association, 62-72.
- Bello, N. T. y Hajnal, A. (2005). Male rats show an indifference-avoidance response for increasing concentrations of the artificial sweetener sucralose. *Nutrition Research*, 25, 693-699.

- Bernstein, I. L. y Meachum, C. L. (1990). Food aversion learning: its impact on appetite. En E. Capaldi y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association, 170-178.
- Beets, M. G. J. (1978). Odor and stimulant structure. En: E. C. Carterette y M. P. Friedman (eds.). *Handbook of perception, Volume VIA, Tasting and Smelling*. USA: Academic Press Inc., 245-255.
- Brand, J. G. (1997). Biophysics of taste. En G. K. Beauchamp y L. Bartoshuk (eds.). *Tasting and smelling*. USA: Academic Press, 1-24.
- Booth, D. A., Lovett, D. y McSherry, G. M. (1972). Postingestive modulation of the sweetness preference gradient in the rat. *Journal of comparative and physiological psychology monograph*, 78, 3, 485-512.
- Booth, D. (1990). Learned role of tastes in eating motivation. En E. D. Capaldi, y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: Development and learning*. USA: American Psychological Association, 179-194.
- Brasser, S. M., Mozhui, K. y Smith, D. V. (2005). Differential covariation in taste responsiveness to bitter stimuli in rats. *Chemical Senses*, 30, 793-799.
- Brito, G. X. (2004). Los azúcares y sus repercusiones en el metabolismo de la glucosa y los lípidos. *Nutrición Clínica*, 7, 3, 185-190.
- Cabanac, M. (1971). Physiological role of pleasure. *Science*, 173, 1103-1107.
- Cabanac, M. (1990). Taste: the maximization of multidimensional pleasure. En E. Capaldi y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association, 28-42.

- Cain, W. S. (1978). History of research on smell. En: E. C. Carterette y M. P. Friedman (eds). *Handbook of perception, Volume VIA, Tasting and Smelling*. USA: Academic Press Inc., 197-229.
- Cannon, W. B. y Washburn, A. L. (1912). An explanation of hunger. *American Journal of Physiology*, 29, 441-454.
- Capaldi, E. D. (1990). Hunger and conditioned flavor preferences. En E. Capaldi y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association, 157-169.
- Capaldi, E. D. (1996). Conditioned Food preferences. En E. D. Capaldi (ed). *Why we eat, What we eat*. USA: American Psychological Association, 53-80.
- Capaldi, E. D., Owens, J. y Palmer, K. (1994). Effects of food deprivation on learning and expression of flavor preferences conditioned by saccharin or sucrose. *Animal Learning & Behavior*, 22, 2, 173-180.
- Capaldi, E. D. y Privitera, G. J. (2008). Decreasing dislike for sour and bitter in children and adults. *Appetite*, 50, 139-145.
- Clarke, S. N. D. A. y Ossenkopp, K. P. (1998). Taste reactivity responses in rats: influence of sex and the estrous cycle. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 274, R718-R724.
- Davis, J.D. y Levine, M. W. (1977). A model for the control of ingestion. *Psychological Review*, 84, 379-412.
- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, 15, 137-146.

- DeSimone, J. A. y Lyall, V. (2006). Taste receptors in the gastrointestinal tract. III. Salty and sour taste: sensing of sodium and protons by the tongue. *AJP-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 291, 1005-1010.
- Díaz, E. De la Casa, L. G., Ruiz, G. y Baeyens, F. (2004). Aprendizaje sabor-sabor en la adquisición de preferencias gustativas. *Psicológica*, 25, 135-146.
- Dietz, D. M., Curtis, K. S. y Contreras, R. J. (2006). Taste, salience, and increased NaCl ingestion after repeated sodium depletions. *Chemical Senses*, 31, 33-41.
- Drewnowski, A. y Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1424-1435.
- Duffy, V. B. y Bartoshuk, L. M. (1996). Sensory factors in feeding. En E. D. Capaldi (ed). *Why we eat, What we eat*. USA: American Psychological Association, 145-171.
- Eckel, L. A. (1999). Ingestive behaviour in female rats: influence of the ovarian cycle. *Appetite*, 32, 274.
- Fedorchak, P. M., Mesita, J., Plater, S. A. y Brougham, K. (2002). Caffeine-reinforced conditioned flavor preferences in rats. *Behavioral Neuroscience*, 116, 2, 334-346.
- Forestell, C. A. y LoLordo, V. M. (2000). Can orally consumed calories condition preferences for relatively unacceptable tastes? *Learning and Motivation*, 31, 153-179.
- Fouquet, N., Oberling, P. y Sandner, G. (2001). Differential effect of free intake versus oral perfusion of sucrose in conditioned taste aversion in rats. *Physiology & Behavior*, 74, 465-474.
- Galindo, A. y López-Espinoza, A. (2006). Efectos del sabor y del contenido calórico del agua sobre la conducta alimentaria durante un periodo de privación de comida en ratas albinas. *Revista mexicana de análisis de la conducta*, 32, 2, 95-109.

- Gayol, M. F. (2003). Un análisis del consumo de aspartamo desde la perspectiva de programas de investigación. En: L. A. Godoy (ed). *Problemas del conocimiento en ingeniería y geología, Vol. I*. Córdoba: Editorial Universitas, 99-113.
- Glaser, D. y Hobi, G. (1985). Taste responses in primates to citric and acetic acid. *International Journal of Primatology*, 6, 4, 395-398.
- Green, K. F. y García, J. (1971). Recuperation from illness: flavor enhancement for rats. *Science*, 173, 3998, 749-751.
- Grice, H. C. y Goldsmith, L. A. (2000). Sucralose – An overview of the toxicity data. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 2, S1-S6.
- Hagan, M. M., Wauford, P. K., Chandler, P. C., Jarrett, L. A., Rybak, R. J. y Blackburn, K. (2002). A new animal model of binge eating: key synergistic role of past restriction and stress. *Physiology and Behavior*, 77, 45-54.
- Halpern, B. P. (1997). Psychophysics of taste. En G. K. Beauchamp y L. Bartoshuk (eds.). *Tasting and smelling*. USA: Academic Press, 77-123.
- Harris, J. A., Shand, F. L., Carroll, L. Q. y Westbrook, R. F. (2004). Persistence of preference for a flavor presented in simultaneous compound with sucrose. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 3, 177-189.
- Harris, J. A. y Thein, T. (2005). Interactions between conditioned and unconditioned flavor preferences. *Journal of Experimental Psychology*, 31, 4, 407-417.
- Huffman, M. A. (1997). Current evidence for self-medication in primates: a multidisciplinary perspective. *Yearbook of Physical Anthropology*, 40, 171-200.
- Ishii, Y., Blundel, J. E., Halford, J. C. G. y Rodgers, R. J. (2003). Palatability, food intake and the behavioural satiety sequence in male rats. *Physiology & Behavior*, 80, 37-47.

- Johnson, D. F. y Collier, G. (2001). Taste, intake, rate, and food choice in rats. *Physiology & Behavior*, 72, 37-44.
- Johnson, J. y Vickers, Z. (1993). Effects of flavor and macronutrient composition of food servings on liking, hunger and subsequent intake. *Appetite*, 21, 25-39.
- Kim, U. K., Breslin, P. A. S., Reed, D. y Drayna, D. (2004). Genetics of human taste perception. *J Dent Res*, 83, 6, 448-453.
- Krause, E. G. y Sakai, R. R. (2007). Richter and sodium appetite: from adrenalectomy to molecular biology. *Appetite*, 49, 353-367.
- Laska, M., Scheuber, H. P., Hernández, L. T. y Rodríguez, E. (2003). Sour-taste tolerance in four species of nonhuman primates. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 12, 2637-2649.
- Le Magnen, J. (1999). Efficacy of olfactory, tactile and other food stimuli in the acquisition and manifestation of appetite in rats. *Appetite*, 33, 43-51.
- Liem, D. G. y Mennella, J. A. (2003). Heightened sour preferences during childhood. *Chemical Senses*, 28, 173-180
- Liem, D. G. y Mennella, J. A. (2002). Sweet and sour preferences during childhood: role of early experiences. *Developmental Psychobiology*, 41, 388-395.
- López-Espinoza, A. (2001). *Efectos de la privación de agua y comida sobre el peso corporal y el consumo de alimento y agua en ratas albinas (Rattus norvegicus)*. Tesis de maestría inédita, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- López-Espinoza, A. (2004). *Análisis experimental de los efectos post-privación. Una propuesta para el control de la gran comilona en ratas albinas (Rattus norvegicus)*. Tesis doctoral inédita, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

- López-Espinoza, A. y Martínez, H. (2001). Efectos de dos programas de privación parcial sobre el peso corporal y el consumo total de agua y comida en ratas. *Acta Comportamentalia*, 9, 5-17.
- López-Espinoza, A., Ríos, A., y Soto, M.A. (2004). Efectos de la privación de agua en un programa de reforzamiento IV5' sobre el peso corporal consumo de agua y alimento en ratas. *Acta Comportamentalia*, 12, 157-170.
- Martínez, A. G. (2005). *Efectos diferenciales de la glucosa sobre el peso corporal, consumo de alimento, agua y calorías durante el período post-privación en ratas albinas (Rattus norvegicus)*. Tesis de maestría inédita, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Martínez, A. G. (2008). *Análisis experimental de la gran bebida de endulzantes en ratas (Rattus norvegicus) y degús (Octodón-degus)*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Martínez, A. G. y López-Espinoza, A. (2007). Efectos post-privación con dos alternativas energéticas en ratas. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 33, 1, 43-60.
- Martínez, A. G., López-Espinoza, A., Díaz, F. J. y Valdés, E. (2009). Consumo de soluciones endulzadas en ratas albinas: sabor vs calorías. *Psicothema*, 21, 2, 196-203.
- Martínez, A. G., López-Espinoza, A. y Martínez, H. (2006). Efectos de modificar el contenido energético del agua sobre el peso corporal, consumo de agua, alimento y calorías en ratas. *Universitas Psychologica*, 5, 2, 361-370.
- Mason, D. J. y Safford, H. R. (1965). Palatability of sugar of lead. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 59, 1, 94-97.

- McBurney, D. H. (1978). Psychological dimensions and perceptual analyses of taste. En: E. C. Carterette y M. P. Friedman (eds). *Handbook of perception, Volume VIA, Tasting and Smelling*. USA: Academic Press Inc., 125-155.
- McCleary, R. A. (1953). Taste and post-ingestion factors in specific-hunger behavior. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 46, 411-421.
- Mennella, J. A. y Beauchamp, G. K. (1996). The early development of human flavor preferences. En E. D. Capaldi (ed). *Why we eat, What we eat*. USA: American Psychological Association, 83-112.
- Mennella, J. A., Pepino, M. Y. y Reed, D. R. (2005). Genetic and environmental determinants of bitter perception and sweet preferences. *Pediatrics*, 115, 216-222.
- Misanin, J. R., Collins, M., Rushanan, S. Anderson, M. J., Goodhart, M., Hinderliter, C. F. (2002). Aging facilitates long-trace taste-aversion conditioning in rats. *Physiology & Behavior*, 75, 759-764.
- Mook, D. G. (1996). *Motivation: the organization of action*. Nueva York: Norton & Company.
- Moskowitz, H. R. (1978). Taste and food technology: acceptability, aesthetics and preference. En: E. C. Carterette y M. P. Friedman (eds). *Handbook of perception, Volume VIA, Tasting and Smelling*. USA: Academic Press Inc., 157-194.
- Myers, K. P. y Hall, W. G. (1998). Evidence that oral and nutrient reinforcers differentially condition appetitive and consummatory responses to flavors. *Physiology & Behavior*, 64, 4, 493-500.
- Myers, K. P. y Sclafani, A., (2003). Conditioned acceptance and preference but not altered taste reactivity responses to bitter and sour flavors paired with intragastric glucose infusion. *Physiology & Behavior*, 78, 173-183.

- Naim, M., Brand, J. G., Kare, M. R. y Carpenter, R. G. (1985). Energy intake, weight gain and fat deposition in rats fed flavored, nutritionally controlled diets in a multichoice ("Cafetería") design. *Journal of Nutrition*, 115, 1447-1458.
- Nelson, T. M., Munger, S. D. y Boughter Jr, J. D. (2003). Taste sensitivities to PROP and PTV vary independently in mice. *Chemical Senses*, 28, 695-704.
- Nolan, L. J., McCaughey, S. A., Giza, B. K., Rhinehart-Doty, J. A., Smith, J. C. y Scott, T. R. (1997). Extinction of a conditioned taste aversion in rats: I. Behavioral effects. *Physiology & Behavior*, 61, 2, 319-323.
- Ordaz, N. (2006). Análisis de la conducta alimentaria en ratas albinas (*Rattus norvegicus*): efectos del sabor sobre el consumo de comida, agua y peso corporal después de un período de privación. Tesis de maestría inédita, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Pelkman, C. L., Heinbach, R. A. y Rolls, B. J. (2000). Reproductive hormones and eating behavior in young women. *Appetite*, 34, 217-218.
- Pelletier, C. A., Lawless, H. T. y Horne, J. (2004). Sweet-sour mixture suppression in older and young adults. *Food Quality and Preference*, 15, 105-116.
- Pellón, R. (1992). Polodipsia inducida por programa: II. Variables motivacionales, *Revista de Psicología General y Aplicada*, 45, 3, 251-265.
- Pérez, C. Fanizza, L. J. y Sclafani, A. (1999). Flavor preferences conditioned by intragastric nutrient infusions in rats feed chow or a cafeteria diet. *Appetite*, 32, 155-170.
- Pfaffmann, C. (1978). The vertebrate phylogeny of taste. En: E. C. Carterette y M. P. Friedman (eds). *Handbook of perception, Volume VIA, Tasting and Smelling*. USA: Academic Press Inc., 51-123.

- Pliner, P., Herman C. P. y Polivy, J. (1990). Palatability as a determinant of eating: finickiness as a function of taste, hunger, and the prospect of good food. En E. D. Capaldi, y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: Development and learning*. USA: American Psychological Association, 210-226.
- Ralphs, M. H., Provenza, F. D., Wiedmeier, R. D. y Bunderson, F. B. (1995). Effects of energy source and food flavour on conditioned preferences in sheep. *Journal Animal Science*, 73, 1651-1657.
- Randall, R. P., Schurg, W. A. y Church, D. C. (1978). Response of horses to sweet, salty, sour and bitter solutions. *Journal of Animal Science*, 47, 1, 51-55.
- Richter, C. P. y Campbell, K. H. (1940). Taste thresholds and taste preferences of rats for five common sugars. *Journal of Nutrition*, 20, 31-46.
- Rolls (1990). The role of sensory-specific satiety in food intake and food selection. En E. D. Capaldi, y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: Development and learning*. USA: American Psychological Association, 197-209.
- Rothschild, G. H. (1971). Patterns of concentration preference for glucose and sodium chloride in rats. *The Psychological Record*, 21, 487-496.
- Rozin, P. (2002). Perspectivas psicobiológicas sobre las preferencias y aversiones alimentarias. En: J. Contreras (comp). *Alimentación y cultura*. España: Publicacions Universitat de Barcelona, 85-109.
- Rozin, P. y Kalat, J. W. (1971). Specific hungers and poison avoidance as adaptive specializations of learning. *Psychological Review*, 78, 6, 459-486.
- Rowland, N. E. (1990). Sodium appetite. En E. D. Capaldi, y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association, 94-104.

- Ruprecht, W. (2005). The historical development of the consumption of sweeteners – a learning approach. *Journal of Evolutionary Economics*, 15, 247-272.
- Schafe, G. E. y Bernstein, I. L. (1996). Taste aversion learning. En E. D. Capaldi (ed). *Why we eat, What we eat*. USA: American Psychological Association, 31-51.
- Scalera, G. (2000). Taste preference and acceptance in thirsty and dehydrated rats *Physiology & Behavior*, 71, 457-468.
- Scalera, G. y Tarozzi, G. (2001). Sapid solutions and food intake in repeated dehydration and rehydration periods in rats. *Experimental Physiology*, 86, 4, 489-498.
- Sclafani, A. (1990). Nutritionally based learned flavor preferences in rats. En E. D. Capaldi y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association, 139-156.
- Sclafani, A. (2001). Post-ingestive positive controls of ingestive behavior. *Appetite*, 36, 79-83.
- Sclafani, A. (2002). Flavor preferences conditioned by sucrose depend upon training and testing methods: two-bottle test revisited. *Physiology & Behavior*, 76, 633-644.
- Sclafani, A. y Clare, R. A. (2004). Female rats show a bimodal preference response to the artificial sweetener sucralosa. *Chemical Senses*, 29, 523-528.
- Stouffer, E. M. y White, N. M. (2005). A latent cue preference based on sodium depletion in rats. *Learning & Memory*, 12, 549-552.
- Turner, N. L., Frieman, J. y Mehiel, R. (2004). Extinction and spontaneous recovery of a conditioned flavor preference based on calories. *Learning and Motivation*, 35, 83-101.

- Takagi, S. F. (1978). Biophysics of smell. En: E. C. Carterette y M. P. Friedman (eds). *Handbook of perception, Volume VIA, Tasting and Smelling*. USA: Academic Press Inc., 233-243.
- Weatherly, J. N., Nurnberger, J. T., Austin, D. P. y Wright, C. L. (2006). Making the sour sweet? Upcoming food-pellet reinforcement produces positive induction when rats press a lever for unsweetened lemon juice. *Learning and motivation*, 37, 379-390.
- Wechsler, H., Davenport, A., Dowdall, G., Davenport, B. y Rimm, S. (1995). Health and behavioral consequences of binge drinking in College. *Journal of American Medical Association*, 272, 1672-1677.
- White, B. D., Porter, M. H. y Martin, R. J. (2000). Protein selection, food intake, and body composition in response to the amount of dietary protein. *Physiology and Behavior*, 69, 383-389.
- Yamamoto, J., Fresquet, N. y Sandner, G. (2002). Conditioned taste aversion using four different means to deliver sucrose to rats. *Physiology & Behavior*, 75, 387-396.
- Yeomans, M. R., Blundell, J. E. y Leshem, M. (2004). Palatability: response to nutritional need or need-free stimulation of appetite? *British Journal of Nutrition*, 92, 1, S3-S14.
- Young, P. T. (1941). The experimental analysis of appetite. *Psychological Bulletin*, 38, 3, 129- 164.
- Young, P. (1966). Hedonic organization and regulation of behavior. *Psychological Review*, 73, 1, 59-86.