

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES
EN COMPORTAMIENTO**



**ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA GRAN BEBIDA
DE ENDULZANTES EN RATAS (*RATTUS NORVEGICUS*)
Y DEGÚS (*OCTODÓN - DEGUS*)**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO
OPCIÓN EN ANÁLISIS DE LA CONDUCTA**

PRESENTA:

ALMA GABRIELA MARTÍNEZ MORENO

DIRECTOR: DR. ANTONIO LÓPEZ ESPINOZA

**COMITE: DR. OSCAR GARCÍA LEAL
DR. JOSÉ ENRIQUE BURGOS TRIANO**

GUADALAJARA, JALISCO, ENERO DE 2008

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
DR. JOSÉ BURGOS TRIANO
DR. EMILIO RIBES IÑESTA
DR. FELIPE CABRERA GONZÁLEZ

GRUPO DE CONDUCTA ALIMENTARIA

ALMA KARINA GALINDO OCEGUERA
VIRGINIA GABRIELA AGUILERA CERVANTES
CAROLINA DE LA TORRE IBARRA
GEORGINA ALEJANDRA SOSA GÓMEZ
CYNTHIA TORRES
MARINA LILIANA GONZÁLEZ TORRES

UNIVERSIDAD DE MURCIA

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

ÍNDICE

Resumen	6
Introducción	7
1. Estudios experimentales sobre la gran bebida	10
Introducción	10
1.1. Gran bebida y alcohol	11
1.2. Beber inducido por el programa <i>-polidipsia-</i>	14
1.3. Gran bebida post-privación	17
1.4. Gran bebida por endulzantes	19
2. Aspectos biológicos de los endulzantes	25
Introducción	25
2.1. Endulzantes nutritivos	26
2.2. Endulzantes no nutritivos	28
3. Aspectos teóricos para el estudio de la conducta de consumo de endulzantes	31
Introducción	31
3.1. Factores que incrementan el consumo de endulzantes	32
3.1.1. Aprendizaje <i>sabor-sabor</i> vs aprendizaje <i>sabor-consecuencia</i> <i>postingestiva</i>	33
3.1.2. Sabor dulce: placer y palatabilidad	35
3.1.3. Nutrientes de los endulzantes: aprendizaje y regulación alimentaria	38
3.2. Plasticidad de experiencias gustatorias: efectos de la estimulación repetida	41
4. Procedimientos experimentales para el estudio de la conducta de consumo de endulzantes	43
Introducción	43
4.1. Métodos orales	44
4.1.1. Corto y largo plazo	44
4.1.2. Un bebedero vs dos bebederos	45
4.1.3. Condicionamiento simultáneo	46
4.1.4. Condicionamiento demorado	46
4.2. Métodos gástricos	47
4.3. Lesiones cerebrales	49
5. Propuesta experimental	52
6. Experimento 1. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la adición de glucosa en condiciones de libre acceso	58

7. Experimento 2. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la adición de sucralosa en condiciones de libre acceso	72
8. Experimento 3. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la secuencia glucosa-sucralosa bajo condiciones de libre acceso	84
9. Experimento 4. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la secuencia sucralosa-glucosa bajo condiciones de libre acceso	97
10. Experimento 5. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la adición de glucosa y sucralosa bajo condiciones de libre acceso en octodones	109
11. Experimento 6. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la secuencia sabor-endulzante bajo condiciones de libre acceso	123
12. Experimento 7. Patrón de consumo de alimento, agua y calorías con la secuencia endulzante-sabor bajo condiciones de libre acceso	138
13. Discusión general	149
Referencias bibliográficas	169

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron experimentalmente los efectos de los endulzantes sobre la respuesta de beber y comer bajo condiciones de libre acceso en ratas y octodones, con la finalidad de caracterizar la respuesta de la gran bebida de agua con glucosa y determinar si el sabor o el contenido energético del azúcar producen esta respuesta. En la primera parte, se describen los procedimientos experimentales que han producido la respuesta de la gran bebida, los aspectos biológicos de los endulzantes, como lo son sus propiedades nutricias y de sabor. Posteriormente, se señalan las propuestas teóricas para explicar la conducta de consumo de los azúcares así como los procedimientos experimentales más utilizados para su estudio. A continuación se presenta la propuesta experimental y se reportan siete experimentos. Los experimentos presentados expusieron a ratas y octodones a condiciones de acceso libre a endulzantes con calorías (glucosa) y sin calorías (sucralosa) y a soluciones con un sabor aceptado (mantequilla) y un sabor rechazado (quinina). Los resultados obtenidos reportaron que la gran bebida se produce cuando los animales son expuestos a soluciones con glucosa, lo que sugiere que el contenido energético de este endulzante es el elemento que propicia esta respuesta. Se propone que la emisión de grandes bebidas también puede deberse a la historia de sabor y a la combinación de otras propiedades del endulzante.

INTRODUCCIÓN

La obesidad ha alcanzado proporciones epidémicas en Latinoamérica y en la mayor parte del mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en todo el mundo hay mil millones de adultos con sobrepeso y un índice de masa corporal (IMC: kg/m²) mayor de 25. De éstos, unos 300 millones son considerados obesos (IMC > 30). El sobrepeso y la obesidad se asocian con numerosas enfermedades y están relacionados con mayores costos médicos, psicológicos y sociales.

Aunque la obesidad deriva de un desequilibrio de la homeostasis energética, no se conocen cuáles son los verdaderos mecanismos que intervienen en este proceso y cuáles son las estrategias eficaces para su prevención y tratamiento. Uno de los alimentos mayormente consumidos que se relaciona con el desarrollo de sobrepeso y obesidad es el azúcar.

En la actualidad, se calcula que las bebidas endulzadas representan la fuente más importante para la obtención de azúcares, por lo que el uso y consumo de bebidas endulzadas artificialmente ha incrementado. Esta respuesta ha sido atribuida a la asociación errónea de los productos *light* con el decremento del peso. Los endulzantes artificiales contienen más endulzantes que ningún otro producto y sus consumidores, al no tener un efecto postingestivo claro, desarrollan una fuerte preferencia por el sabor dulce que ocasiona que consuman otros productos con el sabor dulce que si contienen calorías.

Varios estudios evaluaron la relación entre la ingesta de bebidas azucaradas y la obesidad y el aumento de peso, pero los resultados son controversiales. Estudios con animales han reportado que el sabor y el contenido energético del azúcar producen diversas respuestas alimentarias como: 1) incremento progresivo de bebidas endulzadas;

2) preferencia por alimentos endulzados sobre otros alimentos no endulzados; y, 3) preferencia de bebidas endulzadas artificialmente sobre agua. Sin embargo, no está claro cuál es la razón por la que los animales eligen y consumen alimentos dulces.

La selección de comida y la ingestión de calorías en humanos y animales están determinadas por las características sensoriales como la palatabilidad, sabor, y gusto por el sabor. Esta afirmación ha sido sustentada por numerosos estudios que han señalado que los humanos ingieren más comida cuando es altamente palatable. Esta situación también ha sido relacionada con el desarrollo de la obesidad. De acuerdo a estos estudios, los individuos obesos son más responsivos a alimentos palatables respecto a individuos delgados. Esta afirmación se ha elaborado en experimentos en los que se utilizan dietas con contenidos altos en grasa o glucosa y procedimientos como las dietas de cafetería (Beatty, 1978).

Por otro lado, otros estudios reportaron que la elección y mantenimiento de patrones alimentarios depende exclusivamente de los nutrientes contenidos en los alimentos. Los sujetos expuestos a alimentos con mismo sabor, pero diferente contenido nutricional prefieren los alimentos con calorías. Estos resultados se han obtenido en estudios que utilizaron procedimientos como el aprendizaje sabor-sabor y sabor-nutriente (Capaldi, 1990).

La mayor parte de la investigación experimental sobre el consumo de azúcares en ratas se ha producido a partir de la atracción extrema de estos animales hacia las propiedades nutricionales y de sabor (que incluye el sabor, olor y textura) de la glucosa. Sin embargo, también se ha demostrado que los endulzantes artificiales tienen un efecto sobre el patrón alimentario y peso corporal (Kanders, 1988; Rogers, 1988). No obstante, el potencial efecto de los endulzantes naturales o artificiales sobre la emisión de respuestas alimentarias no ha sido lo suficientemente estudiado aún.

El interés principal de este trabajo consistió en evaluar experimentalmente los efectos de los endulzantes sobre la respuesta de beber y comer bajo condiciones de libre acceso en ratas y octodones. Con la finalidad de caracterizar el patrón de consumo de soluciones endulzadas con glucosa y sucralosa, especialmente el de la gran bebida de agua con glucosa.

En el primer capítulo se describen los estudios experimentales sobre la gran bebida, que incluyen las investigaciones realizadas con alcohol, programas de refozamiento que producen polidipsia, programas de privación y estudios de laboratorio con endulzantes. En los capítulos dos y tres se señalan los aspectos biológicos de los endulzantes y los aspectos teóricos para el estudio de la conducta de consumo de endulzantes respectivamente. En ellos se hace una revisión exhaustiva de las propiedades nutricionales de los azúcares y de las diversas propuestas teóricas que argumentan la conducta de consumo, entre las que sobresale la teoría del aprendizaje sabor-sabor y sabor-nutriente de Capaldi (1996) y los estudios de Sclafani sobre los procesos de elección y consumo de endulzantes (1983, 1990, 2001, 2005). El capítulo cuatro finaliza el marco teórico de la tesis con una descripción de los principales procedimientos experimentales para el estudio de la conducta de consumo de endulzantes. En el capítulo cinco se presenta la propuesta experimental en la que se incluyen los objetivos y se hace una breve exposición de las preguntas de investigación, sujetos y materiales utilizados. Los capítulos seis, siete, ocho, nueve, diez, once y doce conforman los siete experimentos incluidos en este trabajo de investigación. En cada uno de ellos se presenta una introducción, objetivo, método, resultados y discusión. Finalmente, el capítulo trece conforma la discusión general de los resultados obtenidos del trabajo experimental.

1. ESTUDIOS EXPERIMENTALES SOBRE LA GRAN BEBIDA

Introducción

El consumo de líquidos en grandes cantidades respecto a su línea base es denominado gran bebida (*binge drinking*). Esta conducta ha sido observada experimentalmente en humanos (Faden y Fay, 2004; Wechsler, 2002; White, Ghia, Levin y Swartzwelder, 2000), ratas (López-Espinoza, 2001; Martínez, 2005; Martínez, López-Espinoza y Martínez, 2006), gerbiles (Bouskila, 2001), chimpancés (Bonthius, Bonthius y Napper, 1996), iguanas (Carpenter, 1966) y diversas especies de aves (Cade y Green-Wold, 1966; Fry, 1978; Poulsen, 1953; Wickler, 1985). Hallager (1994) señaló que la gran bebida es resultado de la adaptación conductual de los animales a climas áridos. Sin embargo, otros investigadores afirmaron que la presencia de esta conducta en animales y humanos no depende únicamente de factores geográficos, sino que involucra otros factores relacionados con el horario, disponibilidad y sabor de los alimentos (Bolles, 1983; Capaldi, 1990; Carlson, 1977; López-Espinoza, 2001; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004; Martínez, 2005; Mook, 1974; Woods y Seeley, 2002).

La gran bebida ha sido reportada en cuatro condiciones experimentales: 1) en sujetos expuestos al alcohol (Maier, Stirttmate, Chen y West, 1995; Wechsler, Davenport, Dowdall, Davenport y Rimm, 1995); 2) bajo programas de reforzamiento (beber inducido por el programa o polidipsia); 3) después de aplicar un periodo de privación de agua o comida (Bolles, 1983; López-Espinoza, 2001; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004); y, 4) ante la presencia de endulzantes en el agua (Martínez, 2005; Mook, 1974). En este capítulo se revisarán las propuestas teóricas sobre el fenómeno de la gran bebida en relación con la conducta alimentaria y su control experimental.

1.1. Gran bebida y alcohol

El término “binge” fue utilizado en un sentido clínico para referirse a lapsos periódicos y continuos de beber alcohol durante un número de días determinado. Diversos estudios reportaron que el *binge drinking* de alcohol era la característica principal para definir el perfil de un sujeto con dependencia al alcohol (Wechsler, Davenport, Dowdall, Davenport y Rimm, 1995; Weschler, Dowdall, Maenner, Gledhill-Hoyt y Lee, 1997).

Recientemente, el término amplió su significado para referirse a personas que bebían grandes cantidades de alcohol en una sola ocasión. Para propósitos de investigación, el *binge drinking* es definido como el consumo de una bebida (o varios tipos de bebidas) en grandes cantidades en un breve periodo de tiempo determinado en una sesión, un día, etcétera. Respecto al *binge drinking* de alcohol, se estableció que un hombre que bebe ocho o una mujer que bebe seis porciones de bebidas alcohólicas o más es considerado como *binge drinker* (Wechsler, 2002).

Burnett (1999) señaló que la conducta de beber además de ser una necesidad es una actividad social. Mencionó que el patrón de beber de una persona se conforma de acuerdo a su situación geográfica. Por ejemplo, el patrón de bebida de un sujeto británico se conforma de varias bebidas estimulantes: se bebe un té caliente al inicio del día, a mediodía elige beber una taza de café, mientras que la hora del almuerzo es acompañada con una bebida suave como agua. Por la tarde se bebe una taza de té y finalmente en la noche es común que se beba alcohol (cerveza o vino). Naturalmente, este patrón de consumo está determinado por factores geográficos y culturales, el lugar de nacimiento, la disponibilidad de las bebidas y las tradiciones de consumo. Burnett (1999) advirtió que el establecimiento de un parámetro para determinar si alguien es un *binge drinker* o no, debe contemplar necesariamente estos factores.

Burnett (1999) agregó que el estudio de la conducta de beber también debe contemplar los efectos físicos y psicológicos que ocasionan las bebidas preferidas por los humanos, que usualmente tienen propiedades estimulantes (café, té, refrescos de cola, chocolate, alcohol). Mientras que el alcohol (en cantidades moderadas) es relajante, otras bebidas que contienen cafeína actúan directamente en el sistema nervioso central y estimulan la actividad cerebral y física.

En dosis moderadas, el consumo de alcohol ejerce un efecto estimulante en el funcionamiento corporal. Se incrementa el nivel de actividad, los sujetos experimentan conductas desinhibitorias e incluso pueden mejorar sus procesos de memoria. A pesar de estas expresiones, el alcohol es considerado como una droga depresora, pues afecta el sistema nervioso de tal forma que después de la actividad inicial actúa como sedante y el sujeto manifiesta otras conductas como la sensación de pesadez, falta de concentración y sueño. Sin embargo, el consumo de alcohol en dosis altas puede producir espasmos cerebro-vasculares y ocasionar serios trastornos en hígado, páncreas y tracto gastrointestinal.

A partir de los efectos fisiológicos negativos que se manifiestan después de consumir grandes cantidades de bebidas alcohólicas, numerosos estudios se plantearon el objetivo de especificar la conducta de *binge drinking*. Una primera línea de investigación argumentó la posibilidad de que se presenten grandes bebidas por influencia genética. Los investigadores han intentado identificar los genes específicos que pueden contribuir al desarrollo de esta conducta en ratas, ratones y humanos (Luque, García, Capilla, Senderek y Arias, 2004).

Se estudiaron ratas descendientes de animales utilizados en experimentos con exposición a soluciones de alcohol equivalentes al consumo de ocho bebidas alcohólicas de una persona adulta diariamente. Posteriormente se aplicaron procedimientos de

ingeniería genética para aislar los genes involucrados en el consumo de estimulantes como el alcohol. Encontraron un grupo de genes que parecía influir en la conducta de consumo (Luque, García, Capilla, Senderek y Arias, 2004).

Por otro lado, el estudio de los hábitos alimentarios y la conducta social ha contribuido con un mayor número de evidencias para explicar el *binge drinking* de alcohol en humanos. Logue (2004) señaló que en estos estudios se consideran variables como el horario de beber y la medición de frecuencias del acto de beber cuando el sujeto: 1) está solo; 2) cuando está acompañado de otros sujetos conocidos; y, 3) cuando está acompañado de sujetos desconocidos.

Logue (2004) realizó un experimento en el que demostró que los sujetos humanos adultos beben cantidades de alcohol similares cuando observan a otros sujetos bebiendo. Sin embargo, estos resultados no pudieron ser replicados en sujetos adolescentes pues la conducta de beber se incrementó de forma importante en algunos sujetos, a pesar de que eran observados por otros sujetos que también bebían alcohol.

Burnett (1999) reportó un experimento en el que se cuestiona la participación del contexto sobre la conducta de beber alcohol. Observó la conducta de beber en los pasajeros de un vuelo con tres escalas. Todos los pasajeros fueron instruidos para pedir bebidas alcohólicas en cualquiera de las tres escalas. Por otro lado, los sobrecargos fueron instruidas para presentar la carta de bebidas alcohólicas a los pasajeros hasta la tercera escala, pues el tiempo de los vuelos de la primera y segunda escala era muy corto. Durante la primera y la segunda escala, solo 4 y 1 de 103 pasajeros pidieron bebidas alcohólicas respectivamente. Durante la tercera escala, 42 de los pasajeros ordenaron alcohol.

En otra versión de este experimento se observó la conducta de beber durante tres vuelos distintos (28, 18 y 35 minutos). Los sobrecargos mostraron la carta de bebidas

únicamente durante el vuelo de 35 minutos y los pasajeros de los tres vuelos fueron instruidos en ordenar bebidas en cualquier momento. Los resultados fueron los siguientes: durante el vuelo de 28 minutos solo 4 de 91 pasajeros ordenaron bebidas y solo 1 de 86 pasajeros en el vuelo de 18 minutos; sin embargo, durante el vuelo de 35 minutos, 47 de 97 pasajeros bebieron alcohol. A partir de los resultados obtenidos se subrayó la importancia de la estimulación ambiental sobre la conducta de beber (Burnett, 1999).

A partir de estos estudios ha sido posible observar el comportamiento de individuos que beben alcohol y caracterizar el perfil de un *binge drinker*. Otros estudios han intentado controlar los episodios de grandes bebidas de alcohol en animales de laboratorio, modificando sus consecuencias postingestivas (Ackroff y Sclafani, 2002).

1.2. Beber inducido por el programa *-polidipsia-*

El primer reporte sobre polidipsia fue publicado por Falk (1961). Observó que un grupo de ratas hambrientas expuestas a un programa de reforzamiento intermitente por comida ingerían grandes cantidades de agua. Este fenómeno no pudo replicarse con privación de agua. Tampoco pudo explicarse como una conducta de regulación, pues los animales duplicaban o triplicaban su consumo de agua respecto al consumo habitual.

La característica principal de la polidipsia es que la cantidad de agua ingerida durante las sesiones experimentales es mucho mayor al consumo habitual. Después de algunos estudios, Falk (1961, 1966a, 1966b, 1966c, 1967a, 1967b) afirmó que la polidipsia no era comparable con el estado de sed y llamó a este fenómeno como beber inducido por el programa.

Falk (1961, 1966a, 1966b, 1966c, 1967a, 1967b) identificó algunos factores que caracterizan la conducta de polidipsia. Señaló que ratas que fueron entrenadas para presionar una barra y obtener su ración diaria de alimento desarrollaron polidipsia bajo

diferentes programas de reforzamiento. Esta conducta se caracterizaba por numerosas respuestas de beber consecutivas, seguidas del consumo de pellets en las sesiones experimentales. En sus estudios reportó la ocurrencia de polidipsia al exponer sujetos a programas de intervalo variable (IV 1 minuto). En este programa, una respuesta operante (como presionar una barra con la pata o empujar una tecla con la nariz) era reforzada por la liberación intermitente de pellets de comida. Las ratas que desarrollaron la polidipsia llegaron a beber cerca de la mitad de su peso corporal en mililitros de agua. Falk (1967a) encontró que el tipo de alimento, la cantidad de alimento liberado por el programa de reforzamiento y el promedio de tiempo de entrega de alimento, representaban las tres variables independientes más importantes para regular el grado de polidipsia inducida por un programa de reforzamiento. También mencionó que la polidipsia puede desarrollarse con alimento sólido o acuoso y que las calorías ingeridas no se involucran directamente en la emisión de esta conducta. Sin embargo, también reportó que el contenido calórico del alimento utilizado como reforzador puede alterar el tamaño de las comidas (sólidas o líquidas) y el consumo total de bebida al finalizar las sesiones del experimento. Adicionalmente, el desarrollo de polidipsia también puede producir un decremento en el consumo de alimento sólido. Por su parte, Stein (1964) afirmó que el desarrollo de polidipsia involucra las propiedades del alimento. Determinó que si se utiliza alimento seco es posible observar este fenómeno. De lo contrario, el uso de alimento líquido no tiene efectos a pesar de la manipulación de los parámetros temporales.

En otro estudio, Falk (1966a) señaló que la polidipsia no puede explicarse a partir de los cambios metabólicos producidos por la privación de alimento. La privación produce un decremento, no un incremento en la ingesta de agua durante la condición de

acceso libre. Además, de acuerdo con las funciones del metabolismo, hay un incremento obligatorio en las respuestas operativas, pero no en el beber.

Además de Falk, otros investigadores han propuesto argumentos para explicar la polidipsia. Staddon (2003) señaló que la fuerza de la conducta de beber inducida por el programa está determinada conjuntamente por la comida y por la motivación de beber agua. Agregó que no hay evidencias suficientes para afirmar que la "sed" inducida por la privación y la "sed" inducida por un programa de reforzamiento es idéntica. Otra explicación para el beber inducido se refiere al estado de actividad de un animal. Este estado se refiere a las actividades o movimientos de los sujetos previos a emitir una respuesta terminal o consumatoria (como acercarse al comedero). Clark (1962) observó que los animales consumieron menores cantidades de agua cuando el bebedero de agua era retirado del comedero. Por su parte, Staddon (2001) reportó que bajo programas de reforzamiento que inducen beber excesivo, los animales reducían la conducta de beber en aparatos especiales que permitían separar el comedero del bebedero. Según estos estudios, los animales privados de alimento durante los periodos terminales consumen más agua durante periodos interinos.

Staddon (2001) señaló cuatro hipótesis conductuales para explicar la conducta de beber inducida por el programa: 1) hipótesis posprandial; 2) hipótesis de la oportunidad; 3) hipótesis del reforzamiento; e, 4) hipótesis de la motivación.

La hipótesis posprandial afirma que mientras más respuestas de comer emita la rata, más respuestas de beber emitirá. Se advierte que hay una relación proporcional entre la tasa de beber y la tasa de entrega de comida, pues el animal puede beber todo el tiempo, excepto cuando está comiendo.

La hipótesis de la oportunidad fue propuesta por Falk (1961, 1966b). Sugirió que la conducta de beber inducida por el programa está relacionada con la intermitencia de

la entrega de alimento. La tasa de agua ingerida es más o menos constante y el animal bebe durante una fracción fija del tiempo disponible entre la entrega de pellets.

El beber en exceso como resultado de reforzamiento adventicio representa la tercera propuesta para explicar este fenómeno. No obstante, esta hipótesis ha sido rechazada en innumerables ocasiones, pues se aclara que la conducta de beber inducida por el programa rara vez se presenta contigua a la entrega de alimento y además, se ve poco afectada por la demora en la entrega de alimento contingente a los lenguetazos. Staddon (2003) sugirió que a menos de que se controle la tasa de respuesta de comer, no es posible interpretar que los efectos supresores de una contingencia negativa actúan directamente en la conducta de beber.

Finalmente, la hipótesis sobre la motivación señala que mientras más motivado se encuentre el animal y mientras más motivante resulte la situación (incentivo, frecuencia, cantidad y tipo de comida), mayor será la tendencia a beber. Staddon (2001) propuso que la tasa de la respuesta de beber está relacionada directamente con la cantidad, sabor y frecuencia de la comida.

1.3. Gran bebida post-privación

La privación es un procedimiento experimental que consiste en retirar el alimento y/o el agua durante un periodo de tiempo determinado (Bolles, 1983). Su aplicación involucra el aseguramiento de respuestas operantes en diversas situaciones experimentales. No obstante, el periodo posterior a la privación también ha sido estudiado por diversos investigadores y se han identificado efectos específicos como la gran comilona, la gran bebida y la recuperación del peso corporal perdido durante la privación (Fay, Miller y Harlow, 1953; López-Espinoza y Martínez, 2004; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004; Lowe, 1993; Siegel, 1961).

Polivy y Herman (1985) afirmaron que el proceso de regulación alimentaria es una posible explicación para fenómenos como el *binge eating* y *binge drinking*, pues es un hecho bien documentado que después de un periodo de privación de alimento, los animales consumen grandes cantidades de comida y agua respecto al consumo previo a la restricción (Corwin y Buda-Levin, 2004, Corwin, Wojnicki, Fischer, Dimitrou, Rice, y Young, 1998; López-Espinoza y Martínez, 2004; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004; Polivy y Hermann, 1985).

Por su parte, Young (1961) señaló que la privación de un elemento necesario para el mantenimiento de la homeostasis establece una necesidad específica por tal elemento. Kandell, Schwartz y Jessell (1995); Staddon (2001) y Young (1961) afirmaron que un organismo que es sometido a un estado de privación emite respuestas reguladoras. De este modo, el mantenimiento de la homeostasis se logra mediante la emisión de respuestas específicas que ponen fin al déficit establecido por la privación. La gran comilona y la gran bebida son, desde esta perspectiva, respuestas conductuales provocadas por un estado de necesidad interna (Carlson, 1977)

López-Espinoza (2001), López-Espinoza y Martínez (2004) y López-Espinoza, Ríos y Soto (2004) caracterizaron la gran comilona y la gran bebida post-privación. Señalaron que la presencia de grandes bebidas se debe al fenómeno de la regulación alimentaria y que su emisión es proporcional al periodo de restricción. López-Espinoza (2001) encontró similitudes en la conducta de consumo observada en ratas albinas que son expuestas a programas de privación de comida o agua. Aseveró que la aplicación de periodos de privación produce una alteración del patrón alimentario que es consistente con el desarrollo de obesidad.

La emisión de grandes bebidas también se ha observado bajo condiciones de escasez de agua. Bouskila (2001) estudió a un grupo de gerbos en zonas desérticas y los

expuso a diferentes programas de privación. Concluyó que la privación de agua establece un efecto más debilitante que la privación de alimento y que las grandes bebidas se presentan antes que las grandes comilonas cuando finalizan los periodos de privación, pues el animal recupera su déficit de agua más rápido que su déficit alimentario. Por su parte, Bolles (1990) afirmó que el déficit de 24 horas de agua se puede compensar en una sola sesión de acceso al agua, mientras que el déficit de 24 horas de privación de alimento no se compensa con una sola comida.

Adicionalmente, el patrón alimentario también se modifica cuando el agua o la comida no están disponibles directamente y el animal debe gastar una considerable cantidad de energía para obtenerlas. Bolles (1983) señaló que los animales carnívoros deben perseguir, capturar, matar, y finalmente, comerse a sus presas. Esta secuencia conductual requiere de fuertes gastos energéticos, sobre todo al considerar que el número de presas disponible puede variar durante los cambios climáticos. De igual forma, las presas organizan su distribución espacial para alimentarse o beber agua y pueden pasar largos periodos sin alimentarse si su grupo se encuentra en peligro. La privación de agua o alimento por condiciones ambientales produce alteraciones en la alimentación con la finalidad de optimizar los recursos (Collier, Hirsch y Kanareck, 1983).

1.4. Gran bebida por endulzantes

Desde un enfoque experimental, los endulzantes como la sucrosa, el aspartame, la sacarina y la sucralosa han sido utilizados para evaluar sus efectos en la conducta alimentaria (Hirsh, Duboise y Jacobs, 1982; Mayer, 1955; Rothschild, 1971), ya sea por su sabor (Booth, 1990; Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford, 1987), por su contenido energético (Bolles, Hayward y Crandall, 1981; Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford, 1987; Carper y Polliard, 1953), nutricional (Sclafani, 1990), o bien, para

evaluar sus efectos como reforzador de conductas operantes (Guttman, 1954; Sheffield y Thornton, 1950).

Le-Magnen (1999) afirmó que el sabor dulce activa ciertas funciones sensoriales que elicitán la conducta alimentaria. Señaló que los alimentos dulces son calificados como palatables y preferidos, pues estimulan la respuesta de comer y son percibidos como placenteros. Las sensaciones pueden provocar placer o displacer en el organismo, afectando la conducta de un individuo. Cabanac (1971) mencionó que este proceso puede explicar las conductas de aversión o de preferencia hacia una propiedad específica del estímulo. Por ejemplo, la sucrosa y otros endulzantes son sabores atractivos mientras que la quinina resulta aversiva en cualquier concentración (Ordaz, 2006). Sclafani (1990) señaló que el sabor de la comida, su olor, textura, u otras propiedades, proporciona al animal información importante sobre la comida, mediante la cual determina si puede ser consumida o, por el contrario, evitada. Los animales responden a los sabores de acuerdo a preferencias innatas o aprendidas. Por ejemplo, muchas especies tienen una preferencia innata por el sabor dulce y una aversión por el sabor amargo. Los animales también pueden aprender a preferir o a evitar comidas a partir de experiencias con las mismas comidas o por sus interacciones con otros animales (Barker, Best y Domjan, 1977).

Capaldi (1990) señaló que los mamíferos, incluyendo a los seres humanos, nacen con una preferencia innata por los endulzantes. En el útero, el feto está rodeado por un fluido amniótico dulce. Posteriormente, los niños se alimentan con leche humana o con fórmulas comerciales que contienen lactosa (el azúcar de la leche). Con base en esta evidencia, diversos autores coinciden al afirmar que la preferencia por los sabores dulces es inevitable y que permanece hasta la edad adulta (Sclafani, 1990). Brito (2004) reportó que los animales muestran consumos exagerados de endulzantes. Agregó que la

ingestión crónica de azúcares en animales de laboratorio es semejante a la dependencia moderada por los opioides. Colantuoni, Rada, McCarthy, Patten, Avena, Chadeayne y Hoebel (2003) publicaron datos que sugieren que la ingestión de sabores dulces ocasiona cambios neuroquímicos que alteran las respuestas mediadas por opioides o dopamina. Colantuoni, Schwenker y McCarthy (2001) realizaron estudios con ratas e indicaron la existencia de reacciones neuroquímicas en regiones específicas del cerebro que controlan la ingestión de glucosa. Sugirieron que existe una compleja organización entre la dopamina y los opioides en la respuesta neural al azúcar. Por lo tanto, la ingestión crónica de azúcares en animales de laboratorio parece sostenerse por sus propiedades estimulantes sobre el sistema nervioso.

Con base en estas evidencias, diversos investigadores se han interesado en estudiar la conducta de consumo de endulzantes en animales de laboratorio. Por un lado, se ha reportado que los animales muestran grandes consumos de soluciones endulzadas (Capaldi, 1990; Hamilton, Timmons y Lerner, 1980), y por el otro, también se ha reportado que los grandes consumos dependen de la calidad del endulzante (Sclafani, 1990; Weingarten, 1990).

Mook (1974) reportó que la preferencia de las ratas por las soluciones dulces no está relacionada con la palatabilidad de los azúcares. No encontró evidencias precisas de que las ratas prefirieran ciertas concentraciones de sacarina sobre otras. Realizó manipulaciones con dietas líquidas endulzadas y afirmó que sus grupos experimentales no mostraron una preferencia por el sabor dulce. Clasificó a sus sujetos como “preferidores” y “no preferidores” de acuerdo a la preferencia mostrada hacia el sabor dulce.

Rothschild (1971) señaló que los animales sometidos a condiciones experimentales en las que se rompe su equilibrio homeostático (p. ej. la privación),

corrigen los desequilibrios mediante la ingestión de nutrientes. Puntualizó que la glucosa y el cloruro de sodio representan dos variables ideales para observar este fenómeno. A partir de sus propiedades postingestivas, los animales desarrollan grandes consumos de estas sustancias.

Martínez (2005) evaluó los efectos de la variación energética de la dieta en el periodo post-privación. En un primer experimento, expuso a un grupo de ratas a tres concentraciones de agua con glucosa denominadas alta, media y baja, a partir del contenido calórico de cada una. Después de un periodo de exposición a la dieta especial para ratas de laboratorio (*chow*) y agua, se ofrecieron de manera sucesiva las tres concentraciones de glucosa. Encontró que los animales incrementaron su consumo de agua con glucosa respecto al consumo de agua. Adicionalmente los animales incrementaron su consumo gradualmente cuando se ofreció la secuencia de concentraciones alta-media-baja y decrementaron su consumo gradualmente cuando se les ofreció la secuencia baja-media-alta. Es decir, a mayor concentración de glucosa, menor consumo de agua con glucosa y a menor concentración de glucosa, mayor consumo de agua con glucosa. Martínez (2005) encontró el mismo fenómeno después de aplicar programas de privación de agua o alimento y en sujetos con historia de privación previa.

Martínez (2005) expuso a un grupo de ratas a una dieta especial para laboratorio (*chow+agua*) durante la línea base, posteriormente se aplicaron programas de privación de alimento o agua seguido de una fase con exposición a una alternativa calórica en el agua (*chow+agua con glucosa*) durante cinco días consecutivos, denominada *libre acceso con glucosa*. Finalmente, se retornaba a las condiciones dietarias iniciales (*chow+agua*) sin glucosa (*libre acceso sin glucosa*). Este ciclo se repitió en dos ocasiones más durante el experimento. Un grupo control fue expuesto a las mismas

condiciones experimentales pero nunca tuvo acceso a la glucosa. Martínez (2005) reportó que después de aplicar un programa de privación de comida o de agua durante tres días se observó que el peso corporal de los sujetos experimentales: 1) disminuyó durante el periodo de privación y posteriormente fue recuperado durante las fases de libre acceso con glucosa; 2) a pesar de que el consumo de calorías fue mayor, no se modificó la curva de crecimiento cuando se adicionó la glucosa al agua; 3) registró el mismo patrón ascendente en su curva de crecimiento en las fases de libre acceso con glucosa que en las fases de libre acceso sin glucosa; y, 4) no se observaron diferencias en el peso corporal entre los sujetos experimentales y los controles. Respecto al consumo de alimento (*chow*) y de agua con glucosa se observó que en los sujetos experimentales: a) el consumo de alimento disminuyó gradualmente con la adición de la glucosa, b) el consumo de agua con glucosa aumentó gradualmente, c) el promedio de consumo de alimento y agua durante las fases sin glucosa se mantuvo estable, y, d) no se presentaron grandes comilonas, pero sí grandes bebidas. Por el contrario, el grupo control mantuvo constante su consumo de agua durante todo el experimento y mostró grandes comilonas después de los periodos de privación.

López-Espinoza (2001) señaló que en el periodo posterior a la privación de alimento se observa un incremento en el consumo de alimento identificado como gran comilona (*binge eating*). Martínez (2005) reportó que sus sujetos experimentales no mostraron grandes comilonas, esto sugiere que la disponibilidad de otra fuente de energía más palatable permitió a la rata distribuir su consumo de calorías de tal forma que no se observen grandes consumos de alimento.

Del Prete, Balkowski y Scharrer (1994) señalaron que las ratas incrementan su ingesta de comida voluntariamente durante la primera semana después de la privación. Mencionaron que se incrementa el tamaño de la comida, pero no el número de comidas.

Martínez (2005) señaló que el número de calorías consumidas también se modifica, pues sus resultados sugieren que la ausencia de grandes comilonas se sustituyeron por la presencia de grandes bebidas a partir de la distribución en el consumo de calorías. Los sujetos experimentales duplicaron, triplicaron y cuadruplicaron su consumo de agua con glucosa gradualmente, alcanzando consumos de hasta 190ml (en el grupo que recibió la concentración baja) en 24 horas. Estos resultados mostraron que los animales pueden emitir grandes bebidas de soluciones endulzadas y que la cantidad consumida no es parecida a otras grandes bebidas reportadas, tales como la gran bebida post-privación y la polidipsia.

2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LOS ENDULZANTES

Introducción

En este apartado se revisará la literatura experimental que refiere el efecto de los carbohidratos sobre la conducta alimentaria. De manera específica se describirán las características de los endulzantes nutritivos y no nutritivos.

Los hidratos de carbono representan la principal fuente de energía para quienes los consumen, es decir, la energía aportada por los carbohidratos es aprovechada antes que la energía aportada por las grasas o las proteínas. Carlson (1977) señaló que la glucosa es el principal suministro de energía para las funciones celulares, pues permite a los sistemas internos activar sus funciones. Bolles (1983) consideró que los carbohidratos, como el azúcar, actúan como intermediarios entre las necesidades celulares y los suministros de energía. Adicionalmente, Sclafani (1983) y Sclafani y Vigorito (1987) estudiaron la respuesta alimentaria de la rata ante los carbohidratos y demostraron que además de la preferencia por el sabor dulce o el azúcar, las ratas muestran preferencias por el sabor del almidón, la fécula de maíz y por el sabor de la grasa.

Debido a su importancia en los procesos biológicos internos, los endulzantes han sido estudiados desde un enfoque experimental. Adicionalmente, el análisis experimental de la conducta también se ha interesado por evaluar los efectos de los endulzantes sobre los patrones alimentarios como lo demuestran los estudios de: 1) preferencias y aversiones (Booth, 1990; Capaldi, 1996; Rozin, 1995); 2) los aspectos nutricionales y energéticos (Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford, 1987; Capaldi, Owens y Palmer, 1994; Davis y Levine, 1977, Janowitz, Hanson y Grossman, 1949;

Weingarten, 1990); y, 3) sobre el efecto de los endulzantes como reforzadores en la conducta operante (Guttman, 1954; Young y Shuford, 1955).

Los animales prefieren del sabor dulce del azúcar sobre otros sabores. Algunos autores han señalado que la predilección humana y animal por los sabores dulces es una adaptación de supervivencia básica. Capaldi (1990) señaló que esta preferencia representa un medio evolutivo para asegurar que las crías acepten la leche, alimento básico para el mantenimiento de la vida, pues este alimento tiene un sabor ligeramente dulce que viene del azúcar de leche (la lactosa). Sin embargo, el contenido nutricional y energético de los endulzantes representa otra variable que puede fortalecer la preferencia por los alimentos que contienen azúcares. A pesar de que el sabor dulce es uno de los elementos principales de los azúcares, también pueden contener calorías (como es el caso de la glucosa y sucrosa) o no tenerlas (sacarina, neotame, sucralosa), lo que permite utilizar el contenido energético como una variable experimental.

2.1. Endulzantes nutritivos

Los nutrientes son sustancias básicas para el crecimiento de un organismo y para el mantenimiento de diversas funciones corporales. En este contexto, el término “básico” significa que si un determinado nutriente es eliminado de la dieta, la salud del organismo será afectada (Wardlaw e Insel, 1993).

Todos los carbohidratos están formados por unidades estructurales de azúcares, que se pueden clasificar según el número de unidades que se combinen en una molécula. Desde el punto de vista químico, el término *azúcares* se refiere a un grupo de compuestos constituidos por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno; se clasifican en cinco grupos: 1) monosacáridos (glucosa, fructosa, galactosa); 2) disacáridos (sucrosa, maltosa, lactosa); 3) polioles (isomaltosa, sorbitol, maltitol); 4) oligosacáridos (Maltodextrina, fructo-oligosacáridos); y, 5) polisacáridos (con almidón –amilosa,

amilopectina- o sin almidón –celulosa, pectinas, hidrocoloides-) (Salminen y Hallikainen, 2002). Todos ellos se consideran endulzantes nutritivos porque contienen un valor relativo que se traduce en forma de energía.

El azúcar más conocido es la sucrosa. Está formada por dos azúcares simples: la fructosa y la glucosa. Las frutas y las verduras contienen fructosa y glucosa en forma natural. Otros azúcares que se utilizan en los alimentos son el azúcar invertido, el jarabe de maíz, el jarabe de maíz de alta fructosa, la miel y la lactosa (el azúcar de la leche). Durante la digestión, todos estos azúcares, con excepción de la lactosa, se descomponen en fructosa y glucosa (la lactosa se descompone en glucosa y galactosa). A pesar de que la función principal de los carbohidratos es aportar energía, también tienen un papel importante en la formación de los órganos del cuerpo y las neuronas en la definición de la identidad biológica del grupo sanguíneo de las personas. Cuando son metabolizados por el organismo, la sucrosa aporta 4 kilocalorías por gramo, al igual que los otros azúcares como la glucosa, levulosa, jarabe de maíz de alta fructosa, entre otros (Salminen y Hallikainen, 2002). Es por ello que se afirma que no existen diferencias nutricionales entre los azúcares, pues el organismo utiliza todos los tipos de azúcares de la misma manera. Durante la digestión, los azúcares como por ejemplo, la sucrosa y la lactosa, y otros hidratos de carbono tales como los almidones, se descomponen en azúcares simples (o sencillos). Los azúcares simples viajan a través de la corriente sanguínea hasta llegar a las células del cuerpo. Allí proporcionan energía o son almacenados para su posterior uso. El cerebro y las células de la sangre sólo pueden extraer la energía de la glucosa. Durante el embarazo, la glucosa también ayuda a la formación de las células y produce la leche, por lo que el cuerpo puede generar su propia glucosa u obtenerla de los alimentos. A diferencia de otros nutrientes, los azúcares no tienen un nivel de consumo recomendado o porcentaje de valor diario. No

existen evidencias que prueben que una determinada cantidad de azúcar en la dieta resulta apropiada o inapropiada. Por otro lado, otros investigadores sostienen que aunque el azúcar es un nutriente, su contenido energético debe determinar en qué cantidades puede ingerirse diariamente (Salminen y Hallikainen, 2002).

Hamilton, Timmons y Lerner (1983) señalaron que las calorías y la presión osmótica que proporcionan las soluciones con glucosa usualmente son propiedades confundidas con aspectos nutricionales. Advirtieron que las calorías que contienen las soluciones representan la propiedad saliente para la emisión de señales de saciedad internas. Sus hallazgos se convirtieron en la base de la teoría de la saciedad postingestional de los endulzantes. En esta teoría se señala que el organismo contiene receptores químicos sensibles a la presencia de glucosa, denominados *glucorreceptores*, que informan que hay una entrada de energía a partir de la ingesta de carbohidratos (Russek, 1971).

2.2. Endulzantes no nutritivos

Los edulcorantes bajos en calorías, también denominados endulzantes artificiales, tratan de imitar el sabor dulce del azúcar, pero sin aportar una mínima o nula cantidad de calorías. Diversos investigadores y fabricantes de endulzantes no nutritivos han señalado que estos productos ofrecen ventajas en el mantenimiento del peso, disminución del mismo, tratamiento de la diabetes, reducción de caries dentales y reducción del riesgo de padecer obesidad (Salminen y Hallikainen, 2002).

Batzinger, Ou y Bueding (1977) describieron algunas propiedades de los edulcorantes artificiales. Se caracterizan por su sabor intensamente dulce y en este grupo se incluyen: 1) la sacarina y sus sales sódica y cálcica (300-400 veces más dulce que el azúcar); 2) el aspartame (180-200 veces más dulce que el azúcar); 3) el acesulfame K o potasio acesulfame (200 veces más dulce que el azúcar); 4) la sucralosa

(600 veces más dulce que el azúcar); y, 5) el neotame (2000 veces más dulce que el azúcar). Anteriormente, el ciclamato (30-60 veces más dulce) también formaba parte de este grupo de endulzantes no nutritivos pero fue prohibido en 1970 en Estados Unidos pues se encontraron efectos secundarios relacionados con la aparición de cáncer en la vejiga y vías urinarias.

La sacarina fue incluida en la lista de endulzantes no nutritivos aprobados para su consumo por la FDA (Food and Drug Administration) desde 1977. Sin embargo, su uso estuvo restringido durante dos décadas pues se consideraba un agente cancerígeno debido a una serie de estudios con ratas que reportaron que producía cáncer de vejiga. Los productos comercializados que contenían sacarina debían portar la leyenda "el uso de este producto puede perjudicar su salud". En el año 2000, el Instituto Nacional de Estudios Toxicológicos de Estados Unidos concluyó que la sacarina no representaba ningún peligro para la salud y que su nombre debía removerse de la lista de alimentos cancerígenos. A partir de entonces, la FDA aprobó el uso de sacarina en porciones que no excedieran 20mg.

Por su parte, el aspartame fue aprobado en 1981 como endulzante artificial permitido en el uso de tabletas, galletas, cereales, gelatinas, pudines y gomas de mascar. En 1983 se empezó a utilizar en bebidas carbonatadas. Actualmente se utiliza en varios productos, incluso en medicamentos. No obstante, si es expuesto a altas temperaturas pierde sus efectos endulzantes y puede resultar tóxico.

Respecto a estudios experimentales, desde 1933 los endulzantes artificiales han sido utilizados en ratas para determinar sus efectos secundarios (Hausmann, 1933). Se ha señalado que los suplementos del azúcar no alteran el control de la glucemia ni los niveles de lípidos y aunque su sabor es dulce, cuando son expuestos a altas temperaturas pierden su propiedad edulcorante y modifican su sabor de dulce a amargo.

Es por ello que algunas compañías productoras mezclan los edulcorantes con otras sustancias que mejoran la calidad del sabor o textura, como la polidextrosa, maltodextrina o polioles polisacáridos.

No obstante, la sucralosa fue considerada por la FDA como el mejor endulzante de mesa y la mejor opción para ser utilizado en productos para hornear, bebidas no alcohólicas, gomas de mascar, postres congelados, jugos de fruta y gelatina. La sucralosa tiene un sabor idéntico al azúcar, porque se obtiene precisamente del azúcar de mesa. No puede ser digerida, lo que evita la incorporación de calorías, tiene gran estabilidad y no se degrada cuando se expone al calor. Algunos estudios han demostrado que no afecta los niveles de glucosa en sangre, siendo una opción ideal para la alimentación de diabéticos (Salminen y Hallikainen, 2002).

3. ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ESTUDIO DE LA CONDUCTA DE CONSUMO DE ENDULZANTES

Introducción

Durante muchos años de investigación experimental, la respuesta de consumo de un alimento fue explicada desde la perspectiva del modelo homeostático (Keesey, 1986). A partir de 1960, diversas investigaciones reportaron objeciones a este modelo. La primera de ellas era la falta de reconocimiento del rol del aprendizaje en la conducta de consumo. El modelo homeostático se basaba únicamente en las señales internas de "hambre" que experimentaba un organismo y que elicita su conducta de búsqueda y consumo de alimento. Posteriormente se reconoció que los animales no necesariamente esperan sus señales internas para comer y que desarrollan patrones alimentarios basados en experiencias involucradas con procesos de aprendizaje.

Pavlov (1927) fue el primero en reportar que las respuestas digestivas se combinaban con respuestas conductuales externas para establecer hábitos alimentarios bien definidos. Actualmente, el estudio de la conducta alimentaria se basa principalmente en los procesos de aprendizaje, experiencia y en cómo éstos interactúan con las predisposiciones biológicas que producen determinadas respuestas alimentarias.

Una de las líneas de investigación que ha causado gran interés se dirige al estudio de la selección de determinado alimento o dieta. Para algunos investigadores, el sabor, asociado a otras características, es el elemento primordial para que un animal prefiera o consuma determinado alimento. Para otros, es la consecuencia postingestiva del alimento lo que ocasiona esta conducta. De este modo, se han elaborado construcciones teóricas que defienden ambos puntos de vista, como la propuesta por Capaldi (1996) quien propuso que el *aprendizaje sabor-sabor* y el *aprendizaje sabor-nutriente*, según la preparación experimental, puede incrementar el consumo de un

animal por un alimento. Por otro lado, la teoría de Cabanac (1971) propuso que los sabores de los alimentos, especialmente el sabor dulce, son determinantes para la elección de dietas. Esta teoría presentó las bases para el desarrollo de otras líneas de investigación, como la de la palatabilidad de los alimentos. No obstante, la mayoría de los investigadores que han trabajado con endulzantes han reportado que, de no ser por su consecuencia postingestiva, los animales no los elegirían por encima de otros alimentos (Mook, 1974; Sclafani, 1990, 2001, 2002). Otros investigadores han obtenido resultados contradictorios con esta propuesta (Sclafani y Clare, 2004). Finalmente, otra propuesta se relaciona con la teoría de la exposición repetida, en la que la diversidad de estímulos alimentarios en diferentes momentos determina su elección, ocasionando una plasticidad de experiencias gustatorias (Scott, 1990). A continuación se revisarán algunos aspectos teóricos, con la finalidad de establecer una propuesta que permita argumentar los resultados obtenidos en la discusión general de este trabajo de tesis doctoral.

3.1. Factores que incrementan el consumo de endulzantes

El aprendizaje y la experiencia juegan un importante papel en el control del consumo de alimentos (Weingarten, 1990). El aprendizaje representa un potente mecanismo para elicitar preferencias, horarios y tasas de consumo de alimentos. Adicionalmente, la habilidad de los animales para seleccionar alimentos que nutricionalmente les convienen es producto de la experiencia (Bolles, 1990; Capaldi, 1996). Sin embargo, los procesos de aprendizaje y experiencias que experimentan los organismos en su alimentación se inician a partir del reconocimiento de señales específicas que se encuentran en los alimentos que consumen. Dos de las señales más importantes son el sabor y la consecuencia post-ingestiva.

Young (1957) señaló que cuando los organismos emiten la conducta de comer, forman asociaciones entre una propiedad sensorial del alimento y su posterior consecuencia postingestiva. Por su parte, Berridge (1996) mencionó que algunos alimentos no necesariamente son consumidos por su consecuencia postingestiva, pues su sabor es suficiente para que el animal lo consuma, es decir, la asociación se conforma por el sabor y una consecuencia placentera o no placentera, que no tiene que ver con sus propiedades nutricias.

Diversos investigadores coinciden en señalar que en el caso específico del sabor dulce, los animales lo prefieren porque tiene señales externas indicativas de su alto contenido energético (Rozin, 1995). No obstante, Capaldi (1996) agregó que la preferencia de los animales por el sabor dulce es innata y que difícilmente puede determinarse si su elección se basa en el sabor o en su contenido nutricional. Weingarten (1990) mencionó que el consumo de un alimento está determinado por los efectos hedónicos del nutriente (sabor) y por sus efectos post-ingestivos.

3.1.1. Aprendizaje *sabor-sabor* vs aprendizaje *sabor-nutriente*

Capaldi (1996) propuso que el consumo de determinado alimento se puede establecer a partir de un condicionamiento, independiente de su sabor o de su contenido nutricional. Agregó que a través de la experiencia pueden modificarse los patrones alimentarios, incluso aquellos que son considerados como innatos. La simple exposición a un alimento puede ocasionar la respuesta de consumo, pero el que esta respuesta se mantenga depende de su consecuencia posterior: si el animal se enferma dejará de consumir el alimento, si el animal "se siente bien" puede ocasionar una preferencia por ese alimento.

¿Cómo se determina que un animal "se sienta bien"? Capaldi (1996) argumentó que el sabor y el contenido nutricional en conjunto proporcionan al animal señales de

bienestar, es decir, señales positivas. Propuso cuatro formas de establecer la respuesta de consumo hacia un determinado alimento: 1) *mera exposición*; 2) *efecto medicina*; 3) *aprendizaje sabor-sabor*; y, 4) *aprendizaje sabor-nutriente*.

Exponer repetidamente a un sujeto a cierto alimento puede determinar su preferencia. Galef (1990) señaló que los bebés recién nacidos prefieren el olor y sabor de alimentos consumidos por sus madres y que este proceso continúa si el alimento sigue proporcionándose a largo de su vida. Como el alimento resulta familiar, es preferido sobre alimentos novedosos de los que no se puede determinar cuál será su efecto posterior. No obstante, la repetición constante de un mismo alimento también puede ocasionar que se disminuya su preferencia, y que en un momento dado, aumente las respuestas de selección de otros alimentos que permitan variar su patrón alimentario y establecer nuevas preferencias.

Por otra parte, todos los animales evitan consumir alimentos que los enfermen como un proceso de supervivencia. Schafe y Bernstein (1996) mencionaron que los alimentos que estén asociados con la disminución de los síntomas de enfermedad serán consumidos, o inclusive, preferidos por encima de otros alimentos. A esta asociación, Capaldi (1996) la denominó como el *efecto medicina*.

En el *aprendizaje sabor-sabor*, Capaldi (1996) señaló que cuando un alimento es apareado con otro que ya es agradable al sujeto, se formará una fuerte y rápida asociación entre ambos y aumentará su consumo y preferencia respecto a otros que no han sido apareados. En el caso del *aprendizaje sabor-nutriente*, un sabor específico es apareado con el nutriente de otro alimento, lo que ocasiona que el animal prefiera el sabor que tenga consecuencias postingestivas, contra otros sabores que no contengan nutrientes. Capaldi (1996) mencionó que aunque los dos procedimientos muestran fuertes asociaciones, el procedimiento de *aprendizaje sabor-nutriente* tiene efectos más

duraderos que el del *aprendizaje sabor-sabor*, debido precisamente a las consecuencias posteriores a la ingestión que involucran las características nutricias del alimento. Algunos estudios han demostrado esta afirmación.

Holman (1975) señaló que las personas y las ratas prefieren los alimentos que contienen azúcares por cuestiones genéticas. De modo que, cualquier sabor que es asociado con el sabor dulce llega a ser aceptado o preferido por los sujetos. Esta asociación llega a concretarse a pesar de que el sabor dulce que produce la preferencia no contenga calorías, como ocurre en estudios en los que se aparean diversos sabores con endulzantes artificiales como la sacarina, aspartame y sucralosa. Sin embargo, los estudios en los que se aparean sabores con endulzantes nutritivos, como la glucosa, sucrosa y fructosa, tienen el mismo efecto sobre el patrón alimentario, a diferencia que su efecto a largo plazo son más efectivos que el logrado por el *aprendizaje sabor-sabor*.

Adicionalmente, se ha demostrado que en el *aprendizaje sabor-nutriente*, la concentración del nutriente utilizado es determinante. Capaldi (1996) reportó un experimento en el que apareó un sabor con 8% de sucrosa y otro sabor con 1% de sucrosa. Encontró que el sabor apareado con el 8% fue preferido sobre el otro. Concluyó que la primera asociación era más fuerte porque contenía más calorías que la otra.

3.1.2. Sabor dulce: placer y palatabilidad

El sabor de un alimento puede determinar su consumo o su rechazo (Ordaz, 2006). A pesar de las dificultades experimentales para estudiar cómo se percibe un sabor y qué consecuencias tiene para la conducta alimentaria, se ha especificado que sus cualidades gustatorias influyen determinantemente en la preferencia y consumo de determinado alimento.

Una de las cualidades más importantes del sabor es su reactividad. Se conforma de dos variantes: 1) como respuesta ingestiva de aceptación; y, 2) como respuesta de

rechazo inmediato ante determinado sabor. Galindo y López-Espinoza (2006), Ordaz (2006) y Young (1948) mencionaron que el sabor, y sobre todo, su intensidad juegan un importante papel para la organización del patrón alimentario.

Ordaz (2006) reportó que el sabor por si solo es una característica suficiente para determinar respuestas de aceptación o rechazo, al menos al manipular el sabor de la bebida sin modificar las características del alimento sólido. Expuso a grupos de ratas a diferentes condiciones experimentales en las que agregó al agua diferentes sabores después de periodos de privación de agua y comida. Las soluciones ofrecidas solamente contenían sabor y estaban libres de contenido calórico. Encontró que después de cuatro experimentos, los animales mostraron grandes consumos de soluciones palatables (sabor crema y mantequilla) que no representaron modificaciones en el consumo de alimento y peso corporal. Ordaz (2006) concluyó que el consumo de soluciones sabor crema y mantequilla sugieren un proceso de excitación positiva relacionado con procesos afectivos. Sugirió que el sabor del alimento es determinante en la conducta de consumo y elección del alimento, aún bajo un estado de necesidad.

Por su parte, Galindo y López-Espinoza (2006) reportaron un experimento en el que manipularon el sabor y el contenido energético del alimento. Expusieron a dos grupos de ratas a una mezcla compuesta de agua, quinina y glucosa para evaluar los efectos de un sabor rechazado y del contenido energético de un alimento nutritivo sobre la conducta alimentaria de la rata durante un periodo de privación. Un primer grupo fue expuesto a condiciones de libre acceso a alimento y una solución con glucosa, posteriormente recibió alimento y una solución con quinina. El segundo grupo fue expuesto a las mismas condiciones experimentales, solo que primero recibió la quinina y después la glucosa. En la siguiente fase, los dos grupos fueron expuestos al alimento y a una mezcla de glucosa y quinina diluida en agua durante cinco días, seguidos de diez

días de libre acceso a alimento y agua. Finalmente, fueron sometidos a un programa de privación de alimento y únicamente tuvieron acceso a la mezcla (agua, glucosa y quinina) durante ocho días. Los resultados mostraron que los sujetos consumieron altas cantidades de la solución compuesta por glucosa y agua, mientras que decrementaron su consumo de la solución compuesta por agua y quinina. Adicionalmente, disminuyó el peso corporal, el consumo de alimento y bebida cuando fueron expuestos a la mezcla con y sin condiciones de privación. Galindo y López-Espinoza sugirieron que el sabor de la quinina no fue aceptado aún cuando contenía calorías al ser mezclado con la glucosa. Al parecer, el elemento “facilitador” de la glucosa para establecer respuestas de consumo no tuvo efecto al ser mezclado con un sabor desagradable como el de la quinina. Los autores concluyeron que en este experimento, el sabor fue un factor determinante para el consumo de alimento y bebida, incluso, de mayor peso que el contenido nutricional. A pesar de que los animales estaban bajo condiciones severas de privación y tenían la opción de nutrirse mediante el consumo de la mezcla, prefirieron no hacerlo.

Sclafani y Clare (2004) señalaron que las ratas prefieren las soluciones endulzadas con sacarina sobre el agua, a pesar de la falta de contenido nutricional. Sin embargo, también señalaron que la sacarina y otros endulzantes artificiales tienen una fuerte limitación pues resultan un estímulo motivacional deficiente debido a que no resulta tan atractivos para las ratas a pesar de su sabor dulce. Por su parte, Smith y Sclafani (2002) señalaron que se prefieren soluciones de sacarina (2-4g) sobre soluciones de sucrosa (20-40g), y que esto es posible debido a la utilización de procedimientos que limitan el efecto de los efectos postingestivos, es decir, mediante la utilización de diversas dosis de sabor similar.

Finalmente, los investigadores que argumentan que el sabor es un factor determinante para establecer la respuesta de consumo coinciden con los argumentos de Cabanac (1971) y Beridot-Therond, Arts y Fantino; 1998). El primero concluyó que los sujetos tienden a consumir en mayor cantidad un alimento que está asociado con un sabor placentero y a evitar un alimento asociado con un sabor displacentero. Por su parte, Beridot-Therond, Arts y Fantino (1998) resolvieron la controversia al señalar que los humanos ingieren lo que a ellos les gusta, no necesariamente lo que a ellos les nutre.

3.1.3. Nutrientes de los endulzantes: aprendizaje y regulación alimentaria

Un organismo hambriento busca alimento y lo consume hasta sentirse saciado, sin embargo, después de un periodo de tiempo vuelve a sentirse hambriento de nuevo. La secuencia hambre - conducta de comer - saciedad involucra respuestas conductuales motivacionales, experiencia y aprendizaje.

Recientemente, Staddon (2003) señaló que la respuesta de comer puede explicarse conductualmente desde dos puntos de vista: la selección de comida y el balance de energía. Afirmó que los animales pueden aprender acerca de los valores nutricionales de las comidas. Staddon (2003) reportó que los animales muestran preferencia por aquellos alimentos que contienen los nutrientes necesarios para su función y rechazan aquellos que tienen un déficit de tales nutrientes. Sin embargo, Galef (1996) demostró que los sujetos que son expuestos a diversos tipos de dietas no siempre eligen aquellas que contienen los alimentos más nutritivos. Por su parte, el balance de energía se refiere al estado de equilibrio que se mantiene a pesar de la variación en la disponibilidad del alimento, situación que no determina cambios significativos en el peso corporal o en los consumos de alimento de las ratas (Staddon, 2003).

Los estudios de condicionamiento pavloviano han demostrado que se puede afectar la conducta de comer. Los animales pueden aprender acerca de los valores

nutricionales de las comidas a partir de un sabor, no obstante, es el contenido energético lo que los animales aprenden a detectar a partir de las señales externas de los alimentos (Booth, 1990). Parece que los animales muestran preferencia por aquellos alimentos que contienen los nutrientes que necesitan, y rechazan aquellos que tienen un déficit de tales nutrientes. La palatabilidad de algunas comidas (el sabor dulce del azúcar, el sabor de la carne, y otros) tienden a reflejar el valor nutricional que contienen. La asociación entre el sabor y la preferencia pueden depender de la experiencia o de factores hereditarios. Se ha documentado que el hambre específica por la sal es innata, sin embargo, el gusto por la comida picante parece ser aprendido. Todas las preferencias adquiridas son efecto del aprendizaje y la motivación (Staddon, 2001). Weingarten (1990) señaló que una vez que se adquiere este aprendizaje, el sujeto es capaz de seleccionar adecuadamente su dieta, a mostrar preferencias por alimentos ricos en nutrientes y a regular su consumo de calorías ante situaciones de disponibilidad de alimento. No obstante, la evidencia al respecto resulta contradictoria.

Algunos resultados experimentales indican que las ratas ajustan su ingesta de calorías cuando se les ofrecen diferentes alimentos y comidas con distintos valores calóricos (Collier, Hirsh y Kanareck, 1983; Dimitrou, Rice y Corwin, 2000). Sin embargo, otros estudios reportan lo contrario: que las ratas aumentan de peso fácilmente cuando son expuestas a dietas altas en grasas o bien, más palatables.

Beatty (1978) realizó un experimento con ratas en el que modificó la dieta de laboratorio habitual a una altamente palatable. Los sujetos fueron mantenidos al 85% de su peso corporal antes de iniciar el experimento. Un grupo recibió chocolate, mantequilla de maní, queso, galletas, papas y manzanas una vez cada 4-7 días. Otro grupo solo recibió la comida especial para laboratorio. Después de 45 días volvieron a mantenerlas al 85% de su peso y con una hora de actividad presionando una barra. Los

sujetos experimentales desarrollaron obesidad dietaria. Beatty (1978) concluyó que las ratas desarrollan obesidad cuando son expuestas a una dieta variable.

Por su parte, Galef (1986) reportó un experimento donde proporcionó a las ratas cuatro tipos de dietas: dos altamente palatables (5% de azúcar y 5% de caseína) y dos no palatables (0% de azúcar y 20% de caseína). Sus resultados mostraron que catorce de los dieciocho sujetos utilizados fallaron al elegir las dietas palatables. Sugirió que el sabor no necesariamente es el estímulo predominante para mostrar ciertas preferencias.

Otras evidencias mencionan que las ratas expuestas a dietas de *cafetería* crecen tan rápido como las ratas que son mantenidas en dietas de laboratorio, donde se les proporciona una comida nutricionalmente completa, a pesar de que los animales alimentados con dietas de *cafetería* consumen en promedio 18.7 calorías de más (Galef, 1996).

Por otro lado, se han descrito dos tipos de señales que regulan la alimentación: las señales a corto plazo (regulan la ración de cada comida) y las señales a largo plazo (que regulan el peso corporal). Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford (1987) y Capaldi, Owens y Palmer (1994) demostraron que un animal aprende a preferir un sabor específico si es apareado con una consecuencia postingestiva positiva a largo plazo. El procedimiento consiste en exponer a la rata a dos sabores, uno con sucrosa y otro con sacarina. Después de varios ensayos se realiza una prueba de preferencia en la que se observa una ingesta mayor del sabor apareado con la sucrosa respecto a la ingesta del sabor apareado con la sacarina. Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford (1987) concluyeron que las ratas prefieren un sabor asociado a una consecuencia sólo si esta consecuencia contiene calorías. Los animales pueden asociar los sabores de las comidas con sus consecuencias postingestivas. También se ha demostrado que las ratas exhiben cambios adaptativos en sus respuestas incondicionadas a comidas novedosas, como

ocurre cuando son envenenadas o cuando se alimentan de comidas deficientes en vitaminas (Rozin y Kalat, 1971). Por su parte, Weingarten (1990) señaló que cuando los animales comen, forman asociaciones entre las propiedades sensoriales de la comida y su consecuencia postingestiva.

3.2. Plasticidad de experiencias gustatorias: efectos de la estimulación repetida

La experiencia gustatoria de un animal va incrementando su efecto sobre las respuestas conductuales frente a determinado estímulo alimentario (Scott, 1990). Las experiencias gustatorias que las ratas establecen cuando son recién nacidas persisten en su etapa adulta, lo que influye en la preferencia de alimentos.

Se ha demostrado que los animales recién nacidos expuestos a una sobreestimulación de sabores muestran mayor plasticidad que otros cuando llegan a su etapa adulta. Sin embargo, la mayoría de los estudios referentes a esta línea de investigación se enfocan a la observación de respuestas fisiológicas internas, como cambios en la actividad de núcleos cerebrales y registro de actividad de quimiorreceptores ante diversos sabores (Chang y Scott, 1984). Por su parte, Grill y Norgren (1978) observaron que las ratas expuestas a sobreestimulación de sabores muestran un mayor repertorio gestual facial que otras ratas con menor estimulación. Propusieron que ante sabores agradables o desagradables, el repertorio facial se incrementa.

En humanos, se ha observado que los sujetos con mayor exposición a diversos alimentos desarrollan patrones alimentarios más elaborados, en los que incluyen un mayor número de alimentos novedosos. Esta conducta se ha observado específicamente en catadores de vino, aunque también se observado en personas degustadoras de carnes, quienes discriminan a detalle ciertas propiedades de este alimento como el color, terneza, sabor y jugosidad (Scott, 1990). Rolls, Word y Stevens (1978) argumentaron

que los niños a quienes se les ofrecen una amplia variedad de alimentos tenderán a seleccionar una dieta bien equilibrada. Señalaron que no importa la región geográfica a la que se pertenezca, pues en cada una de ellas pueden encontrarse alimentos nutricionalmente adecuados. Un patrón alimentario variado y equilibrado no solo contempla las propiedades externas de la comida, como la textura, olor y sabor, sino también las internas como el contenido nutricional.

Igarine (1995) mencionó que la adecuada estimulación bucal, gustativa y olfativa, así como también la estimulación visual, forman diversas combinaciones que enriquecen el repertorio conductual alimentario. Agregó que las culturas que utilizan lenguajes más elaborados para describir las sensaciones que les produce el comer posibilita en mayor medida la plasticidad de las experiencias gustatorias. Finalmente, Igarine (1995) señaló que los patrones alimentarios de una sociedad se desarrollan a partir de las interacciones entre diversos estímulos y que se adquieren a edades tempranas.

4. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES PARA EL ESTUDIO DE LA CONDUCTA DE CONSUMO DE ENDULZANTES

Introducción

La experimentación involucra un conjunto de actividades enfocadas a la evaluación de ciertos fenómenos. El conjunto de actividades generalmente es considerado como una serie de procedimientos ordenados, que en base a un objetivo específico, dan como resultado la obtención de nueva evidencia científica.

Los procedimientos experimentales varían de acuerdo a la disciplina científica y al objetivo planteado. El estudio de la conducta implica conocimiento y habilidades de varias técnicas experimentales. Frecuentemente se obtienen resultados controversiales a partir de la utilización de diferentes procedimientos, por lo que es importante conocerlos y dominarlos. Es deseable que el investigador esté familiarizado con las ventajas y desventajas de cada uno de ellos para que manipule adecuadamente las variables de estudio elegidas.

La investigación sobre conducta alimentaria en animales y humanos, y específicamente, el estudio de la conducta de consumo de alimento o agua involucra dos tipos de métodos: orales y gástricos. Cada uno de ellos se caracteriza por una serie de procedimientos definidos en espacio, tiempo, disponibilidad y condiciones físicas del sujeto.

Adicionalmente, la literatura científica sobre el estudio de la conducta de consumo de carbohidratos, como los endulzantes, ha reportado algunos procedimientos básicos que incluyen procesos de condicionamiento, manipulación del tiempo y disponibilidad de los alimentos e intervenciones quirúrgicas. A continuación se describirán algunos de ellos.

4.1. Métodos orales

En este procedimiento los animales se alimentan periódicamente. Consumen alimentos durante periodos de tiempo ordenados durante el día. Los métodos orales se caracterizan por exponer a un sujeto a condiciones de alimentación libres o restringidas para registrar el consumo total, la tasa de alimentación, tiempo total, intervalo entre comidas, y otras mediciones que incluyen el nivel actividad, sueño y vigilia. No obstante, los procedimientos que caracterizan a los métodos orales no incluyen ningún tipo de intervención quirúrgica en el sujeto y se dirigen únicamente a la observación y registro de respuestas emitidas por un animales físicamente capaces de alimentarse por si solos mediante su tracto digestivo.

4.1.1. Corto y largo plazo

Los estudios más simples para determinar si una animal consume o prefiere un alimento consisten en exponer al sujeto a alimentos durante periodos de tiempo específicos. Las pruebas pueden ser a corto plazo (que incluye segundos, minutos, o incluso, hasta horas) o a largo plazo (cuando la prueba dura 23 horas en adelante). El investigador registra el consumo del alimento o bebida durante el periodo de tiempo especificado.

Bajo estos procedimientos se ha reportado que en pruebas a corto plazo, los sujetos consumen una mayor cantidad de soluciones con altas dosis de azúcares respecto al consumo de soluciones con bajas dosis (Mook, 1974; Rostchild, 1971). Por el contrario, en pruebas a largo plazo, de ha demostrado que los sujetos prefieren y consumen mayores cantidades de soluciones endulzadas a bajas dosis respecto al consumo registrado de soluciones con altas dosis (Martínez, 2005; Martínez, López-Espinoza y Martínez, 2006).

En estudios sobre condicionamiento y preferencias alimentarias se ha observado el mismo fenómeno. Nissebaum y Sclafani (1988) reportaron que animales expuestos a

un procedimiento de condicionamiento sabor-nutriente utilizando dos concentraciones de policosa (8% y 32%) prefirieron el sabor apareado con la concentración más alta. La prueba consistía en ensayos de diez minutos. Por otro lado, Martínez, López-Espinoza y Martínez (2006) expusieron a un grupo de ratas a tres soluciones de agua con glucosa por periodos de 24 horas diarias cada una. Las soluciones fueron denominadas como alta, media y baja. Todos los sujetos consumieron mayor cantidad de la solución baja que de la solución media o alta.

Rotshchild (1971) sugirió que los animales prefieren las soluciones altas cuando son sometidos a pruebas a corto plazo porque tiene poco tiempo para aprovechar los nutrientes que les ofrecen estas soluciones. Agregó que prefieren las soluciones bajas cuando son sometidas a periodos de largo plazo porque el sabor de estas concentraciones es más atractivo y palatable. No obstante, Mook (1974) reportó que utilizando endulzantes sin calorías se obtienen resultados similares.

4.1.2. Un bebedero vs dos bebederos

La medición del consumo de un alimento diluido o de una bebida puede llevarse a cabo a través de la exposición a pruebas con uno o dos bebederos. Cuando el sujeto tiene disponible solo una botella se dice que está forzado a consumir únicamente el líquido disponible ahí. Cuando es expuesto a dos botellas, el animal tiene disponibles dos tipos de alimento simultáneamente.

En los estudios de preferencias alimentarias pueden utilizarse los dos tipos de pruebas. El sujeto es expuesto a una solución durante un periodo de tiempo y en una siguiente sesión se le ofrece la otra solución (una botella), o bien, se le ofrecen las dos soluciones simultáneamente (dos botellas). El investigador compara el consumo ambas soluciones en cada prueba.

4.1.3. Condicionamiento simultáneo

Se ha señalado que las ratas aprenden rápidamente a preferir sabores que anteriormente han sido adicionados a sustancias como la glucosa, sucrosa o soluciones hidrolizadas de maíz (Bolles, Hayward y Crandell, 1981; Capaldi, 1990; Elizalde y Sclafani, 1988). Uno de los procedimientos que explican esta respuesta es denominado condicionamiento simultáneo y consiste en adicionar un sabor arbitrario a una sustancia nutritiva (estímulo condicionado positivo EC+) y adicionar otro sabor a una sustancia no nutritiva (estímulo condicionado negativo EC-). Posteriormente, el sujeto es expuesto a una prueba con los dos estímulos y mostrará una preferencia por el EC+.

Capaldi (1990) señaló que el condicionamiento simultáneo es uno de los procedimientos más simples para producir un condicionamiento por carbohidratos. La mayoría de estudios sobre preferencias alimentarias por carbohidratos concluyen que el condicionamiento se debe a las propiedades postingestivas de la sustancia nutritiva utilizada, no a las propiedades del sabor por si solo (Bolles, Hayward y Crandell, 1981; Capaldi, Sheffer y Bradford, 1987; Capaldi, Owens y Palmer, 1994). Sin embargo, Sclafani (1987) y Holman (1975) reportaron que el sabor de la fécula de maíz y de diversos endulzantes actúa como reforzador y que la fuerza del condicionamiento no ocurriría sin la palatabilidad del sabor dulce.

4.1.4. Condicionamiento demorado

En este procedimiento, se presenta un sabor arbitrario en agua (EC+) por un breve periodo de tiempo, después de una demora, se presenta una solución que contiene un nutriente. Los sujetos aprenderán a consumir el EC+ a pesar de la demora entre la presentación del estímulo y la solución nutritiva. Holman (1975) reportó que las ratas aprenden a preferir un sabor aunque sea reforzado treinta minutos después mediante la presentación de la solución nutritiva, solo si esta solución es de glucosa. No obstante,

otros estudios demostraron que la preferencia obtenida es débil, y que en algunos casos, el sabor de la solución nutritiva llega a enmascarar el sabor del EC+ lo que dificulta el éxito del procedimiento (Boakes y Lubart, 1988).

4.2. Métodos gástricos

La respuesta alimentaria al aspecto, olor, sabor y textura de un alimento puede observarse con la deglución oral de determinado alimento. Sin embargo, existen preparaciones experimentales que permiten estudiar estas respuestas alterando el proceso de ingestión. Estas preparaciones representan los métodos gástricos, los cuales involucran intervenciones quirúrgicas y el uso de aparatos específicos que modifican la forma de alimentarse y nutrirse de los animales. Cuando un animal es sometido a estos métodos se dice que es alimentado intragástricamente.

Los dos procedimientos gástricos más conocidos se denominan *real feeding* (hambre real) y *sham feeding* (hambre falsa). Estas preparaciones experimentales consisten en intervenir quirúrgicamente a un animal para implantarle una cánula. La cual puede ser implantada en el estómago, esófago, cuello, etcétera. Cuando la cánula se abre, el alimento o bebida ingerida por el animal sale de su cuerpo (*sham feeding*), impidiendo que el alimento sea digerido. Cuando la cánula es cerrada, el alimento o bebida es digerido y absorbido de forma normal (*real feeding*).

Los métodos gástricos se han utilizado para determinar si los efectos postingestivos de los nutrientes son suficientes para establecer preferencias alimentarias. Se esperaría que un sabor A en un nutriente debe ser preferido sobre un sabor B en el mismo nutriente si y solo si el sabor A fue expuesto con *real feeding* y el sabor B con *sham feeding*. Sin embargo, Van Vort (1983) reportó que al utilizar leche saborizada en los dos procedimientos, no obtuvo preferencia por alguna de las dos sustancias expuestas.

Otra utilidad de estos procedimientos consiste en demostrar que las ratas pueden aumentar el tamaño de su comida cuando el alimento disponible es diluido, Snowden (1969) elaboró fistulas que implantó en las ratas. Los aparatos consistían en tubos a través de los cuales se inyectaban líquidos dentro de la boca (fistulas intraorales) o dentro del estómago (fistulas intragástricas). Las ratas fueron entrenadas para presionar una palanca que operaba mediante una válvula, la cual entregaba una pequeña cantidad de líquido a través de la fistula. Las ratas incrementaron su respuesta de ingestión con los dos tipos de fistulas. Es decir, se incrementó el tamaño de la comida, pero no el número de comidas durante el día.

Por otro lado, la esofagotomización es una de las preparaciones experimentales más antiguas y es considerado un método gástrico. Esta técnica consiste en el corte del esófago. Sus extremos se fistulisan a la piel. Cuando el animal come, el alimento que traga se sale y es recogido por un tubo colocado dentro del extremo abierto del esófago. Janowitz, Hanson y Grossman (1949) reportaron que los animales sometidos a esta técnica ingieren comidas más abundantes que los animales no manipulados quirúrgicamente y también vuelven a emitir la conducta de consumo más rápido, es decir, su intervalo entre comidas se reduce. Por su parte, LeMagnen (1956) reportó que los animales esofagotomizados bajo procedimiento de *sham feeding* llegan a comer 270% más de su ingestión respecto al consumo registrado en condiciones normales.

Finalmente, otro procedimiento consiste en la inyección directa al estómago de alimento diluido. Se ha reportado que cuando se inyectan dietas líquidas o soluciones salinas dentro del estómago de las ratas, los animales comen menos respecto a su tasa de alimentación normal. Carlson (1977) demostró que las inyecciones de alimento producen mayor saciedad que las soluciones salinas. Sugirieron que el estómago contiene detectores de nutrientes específicos. Estas investigaciones sugieren que la

manipulación del área estomacal puede proporcionar información sobre el efecto de las características de los alimentos, tales como su sabor, textura, contenido nutricional, volumen y forma.

4.3. Lesiones cerebrales

Los métodos experimentales utilizados por los psicólogos y fisiólogos que incluyen lesiones cerebrales requieren del dominio de técnicas neuroanatómicas, ablación, registros eléctricos, estimulación eléctrica y técnicas químicas. Algunas de estas técnicas pueden combinarse. Por ejemplo, pueden utilizarse al mismo tiempo la estimulación eléctrica y técnicas de registro para obtener datos sobre la tasa de consumo y su efecto a nivel anatómico-cerebral.

Las lesiones cerebrales son producidas por los investigadores para identificar la función de determinada región cerebral involucrada con la alimentación. La fundamentación para este tipo de estudios consiste en que la función de un área del encéfalo se infiere en base a los cambios conductuales observados en el repertorio de respuestas del animal posterior a la lesión de tal área. Es decir, si un animal deja de comer, es posible que el área lesionada participara en esta importante función.

No obstante, en procesos complejos como el ciclo hambre-saciedad o sueño-vigilia, la interacción entre áreas cerebrales y receptores es compleja, por lo que la intervención quirúrgica debe estar determinada por una pregunta de investigación lo suficientemente específica para obtener la información deseada.

Se ha comprobado que después de lesionar a los animales, los niveles de insulina y el número de adipositos se incrementan considerablemente, lo que influye considerablemente en su tasa de alimentación (Mayer, 1955; Nisbett, 1972; Woods, Decke y Vasselli; 1974). La lesión del *núcleo ventromedial hipotalámico* es el procedimiento experimental más utilizado para producir obesidad. Diversos autores han

descrito detalladamente que esta lesión provoca hiperfagia en los animales (Kandell, Schwartz y Jessell, 1995; Nisbett, 1972; Schwartz, 1978; Staddon, 2003).

Nisbett (1972) describió el patrón alimentario de las ratas cuando son lesionadas en el núcleo ventromedial hipotalámico. Agregó que las ratas lesionadas aumentan su consumo diario de alimento, comen más rápido y buscan comida en ambientes nuevos hasta encontrarla y consumirla. Adicionalmente su nivel de actividad decrementa considerablemente y responden selectivamente a nuevos sabores.

Por otra parte, Schwartz (1978) señaló que la ablación del *área lateral del hipotálamo* produce una severa abstención del animal a consumir alimentos y puede morir si no se le obliga a comer. Los animales lesionados pueden presentar otras respuestas alimentarias como la adipsia, anorexia y afasia.

Otros estudios combinan las técnicas de ablación con la estimulación eléctrica. Este procedimiento consiste en la práctica de cirugía a cráneo abierto. El animal es sometido a una incisión después de aplicarle anestesia. Se retira la bóveda del cráneo y se procede a estimular el cerebro con un electrodo metálico. Mediante estas técnicas pueden observarse cambios conductuales en procesos de alimentación. Se ha reportado que las lesiones cerebrales y su posterior estimulación artificial produce comportamientos espontáneos, como ocurre con la lesión de áreas encefálicas y la activación cerebral posterior cuando los animales son sometidos a programas de privación de agua. Al parecer, ciertas áreas encefálicas pueden activarse con estimulación eléctrica y están estrechamente relacionadas con los mecanismos neurales de la sed de la rata (Carlson, 1977).

Respecto al uso de técnicas químicas, se ha reportado que la identificación de sustancias transmisoras en el encéfalo resulta una tarea compleja. Los principales métodos para identificar neurotransmisores que participan en los procesos alimentarios

son las técnicas de tinción. Este procedimiento hace posible reacciones químicas que tiñen de amarillo o verde las zonas que participan en eventos alimentarios cuando el animal se encuentra en situaciones experimentales diversas. Esto es posible mediante la utilización de microscopios especiales para estas tareas (Carlson, 1977).

5. PROPUESTA EXPERIMENTAL

Los animales muestran una preferencia innata por los sabores dulces. El estudio de los patrones de consumo de alimentos compuestos de endulzantes ha demostrado que el consumo de azúcar en cantidades excesivas puede desajustar los mecanismos de regulación que permiten almacenar y metabolizar los azúcares simples. Este desajuste favorece la aparición de enfermedades como la obesidad, la diabetes y el desgaste de las células del páncreas (Brito, 2004; Carlson, 1977; Wardlaw e Insel, 1993).

A partir de estas evidencias, numerosos investigadores se han interesado por estudiar la respuesta del consumo de azúcares desde diversas perspectivas (Appleton y Conner, 2001; Beridot-Therond, Arts y Fantino, 1998; Goodson, Halford, Jackson y Blundell, 2001; Le Magnen, 1972; Prat-Larquemin, Oppert, Bellisle y Guy-Grand, 2000; Sclafani y Clare, 2004; Stevenson, 2001).

La mayoría de los estudios experimentales en psicología que utilizaron azúcares para evaluar su efecto en la conducta alimentaria concluyeron que el sabor y la consecuencia postingestiva son los elementos principales que determinan la emisión de conductas como: 1) consumo de endulzantes desde la primera presentación (Zajonc, 2001); 2) aumento en el consumo de endulzantes respecto a otros alimentos (Geiselman, Smith, Williamson, Champagne, Bray y Ryan, 1998; Sclafani, 1990); 3) grandes consumos de endulzantes (Martínez, 2005; Sclafani y Clare, 2004); 4) preferencia de alimentos endulzados sobre otros alimentos no endulzados (Beridot-Therond, Arts y Fantino, 1998; Capaldi, 1990); y, 5) mejoramiento en ejecuciones operantes que son reforzadas con endulzantes (Gutman, 1954; Young y Shuford, 1955).

Nuestro interés se dirige al análisis de respuestas consumatorias que involucran grandes consumos de endulzantes, como la gran bebida. Este fenómeno se observado previamente en diversas especies (Cade y Green-Wold, 1966; Carpenter, 1966; Faden y

Fay, 2004; Wechsler, 2002; Wechsler y Austin, 1998; White, Ghia, Levin y Swartzwelder, 2000; Wickler, 1985) y bajo distintos procedimientos experimentales (Bolles, 1983; Falk, 1961, 1966a, 1966b, 1967; López-Espinoza, 2001; López-Espinoza, Ríos y Soto, 2004; Maier, Stirttmate, Chen y West, 1995; Wechsler, Davenport, Dowdall, Moeykens y Castillo, 1994).

Martínez (2005) señaló que las ratas consumen grandes cantidades de agua endulzada después de un periodo de privación. Las ratas fueron expuestas a la dieta especial para laboratorio (alimento+agua) durante la línea base, posteriormente se aplicaron programas de privación de alimento y agua seguidas de la exposición a una dieta con una alternativa calórica en el agua (alimento+agua con glucosa) durante cinco días consecutivos, finalmente se retornaba a las condiciones dietarias iniciales (alimento+agua). Martínez (2005) reportó que los animales perdieron peso durante la privación y que fue recuperado gradualmente cuando se adicionó la glucosa al agua. Sin embargo, el consumo de alimento disminuyó y el consumo de agua aumentó considerablemente bajo esta condición. Es decir, no se presentaron grandes comilonas, pero si se presentaron grandes bebidas en presencia de un endulzante con calorías. Esta fue una de las características más relevantes que se observaron en el patrón de consumo: la presencia de grandes bebidas de hasta 190ml. Martínez (2005) señaló que las grandes bebidas de agua con glucosa pueden explicarse desde dos perspectivas: 1) la preferencia innata por el sabor dulce (Sclafani, 1990); y, 2) la consecuencia postingestiva (Capaldi, 1990; Mook, 1974; Staddon, 2001). Estos resultados podrían sugerir que las ratas presentaron grandes bebidas en las fases en las que se adicionó la glucosa, a partir del sabor de la glucosa o de su contenido energético, pero ¿cuál fue el estímulo predominante para que las ratas presentaran los grandes consumos?

Una de las propiedades más importantes de los alimentos es su sabor. Una dieta dulce puede estimular el inicio de una comida y una ingesta elevada de calorías que no ocurriría ante la ausencia del sabor dulce. En este sentido se involucran factores hedónicos y evolutivos que participan en las elecciones de alimento de los animales. Le-Magnen (1972) señaló que los azúcares son calificados como sustancias preferidas por su palatabilidad, ya que estimulan la respuesta de comer y su sabor es percibido como placentero. No obstante, Mook (1974) reportó que la preferencia de las ratas por las soluciones dulces no está relacionada con la palatabilidad de los azúcares.

Por otra parte, los estudios sobre las consecuencias postingestivas indican que los animales aprenden a preferir aquellos alimentos que tengan un valor energético y nutricional adecuado (Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford; 1987; Capaldi, Owens y Palmer 1994; Weingarten, 1990). Se ha señalado que los animales modifican el tamaño y número de sus comidas ante variaciones en el contenido calórico de sus dietas. Si el gasto de energía de un animal se mantiene constante, aumentar o disminuir la ingestión de alimento provocará la ganancia o pérdida de peso respectivamente. A partir de esta condición, algunos endulzantes como la glucosa se han utilizado para evaluar la conducta de comer pues además de su sabor contiene calorías (Bolles, Hyward y Crandall, 1981; Booth, 1990; Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford, 1987). Sclafani (1990) reportó que las ratas aprenden a preferir sabores asociados con carbohidratos. Argumentó que probablemente sus propiedades (sabor y contenido nutricional) están involucradas para que diversas especies muestren preferencias hacia comidas ricas en hidratos de carbono como la glucosa, que se absorbe rápidamente y activa la sensación de saciedad, efecto que otras sustancias no presentan.

Estas evidencias demuestran que la adición de azúcares a la dieta de los animales puede modificar su patrón alimentario, ya sea por su sabor o por su consecuencia

postingestiva. Sin embargo, no está claro cuál de estos elementos es determinante para que los animales consuman grandes cantidades de glucosa en diferentes condiciones experimentales. Con base en esta información, es nuestro interés analizar el efecto de los endulzantes bajo condiciones de libre acceso partiendo de los siguientes cuestionamientos: ¿cuál sería el patrón de consumo de alimento y agua ante la presencia de un endulzante con calorías y un endulzante sin calorías?, ¿se presentarán grandes bebidas con la presencia de un endulzante sin calorías?, ¿qué distribución en el consumo de alimento, agua y calorías se observaría?. A partir de estas interrogantes se propusieron siete experimentos. El objetivo general fue evaluar experimentalmente los efectos de los endulzantes sobre la respuesta de beber y comer bajo condiciones de libre acceso. Los objetivos específicos fueron los siguientes: 1) Determinar si el sabor o el contenido energético de los endulzantes es el factor principal para que los animales emitan grandes bebidas; 2) Caracterizar la respuesta de consumo de un endulzante con calorías (glucosa) bajo condiciones de libre acceso; 3) Caracterizar la respuesta de consumo de un endulzante sin calorías (sucralosa) bajo condiciones de libre acceso; 4) Establecer la distribución del consumo de calorías cuando se adiciona un endulzante a la dieta; 5) Determinar si hay modificaciones en el peso corporal de los sujetos durante la manipulación experimental; 6) Determinar si la historia de sabor previa influye en la aparición o ausencia de grandes bebidas; y, 7) Determinar si la gran bebida de endulzantes se presenta en otra especie de roedores. Para concretar estos objetivos se utilizaron dos endulzantes (la glucosa y la sucralosa) y dos especies de roedores (ratas albinas y degús).

Se denomina coloquialmente azúcar a la sucrosa, también llamado azúcar común o azúcar de mesa. La sucrosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa. La glucosa es el compuesto orgánico más abundante de la naturaleza. Es la

fuelle principal de energía de las células y el componente más importante de los polímeros (celulosa y almidón). El azúcar es una de las fuentes más importantes de energía, pues la glucosa está presente en las frutas y en la miel. Cada gramo de azúcar aporta 4 calorías al organismo que la consume. Por su parte, la sucralosa es el único endulzante sin calorías que se fabrica a partir del azúcar, por lo que su sabor se parece mucho al del azúcar de mesa. Se utiliza como ingrediente en alimentos procesados y bebidas bajas en calorías. Como la sucralosa se elabora a partir del azúcar, el cuerpo no la reconoce como tal ni tampoco como otro hidrato de carbono. La molécula de sucralosa pasa por el cuerpo sin alterarse, no se metaboliza, y se elimina después de ser consumida. Se eligieron estos endulzantes por sus características energéticas y de sabor.

Por otra parte, las ratas y los degús son mamíferos del orden de los roedores. El nombre científico de la rata blanca o albina es *rattus norvegicus*. Suele medir entre 17,2 y 27cm y su peso se sitúa entre los 180 y 580 gramos. Su alimentación es omnívora, puede consumir diariamente lo equivalente a 1/3 de su peso. Prefiere los alimentos ricos en proteínas y carbohidratos. Es una especie nocturna, aumenta su actividad al amanecer y al atardecer. Por su parte los degús son roedores emparentados con las cobayas, su nombre científico es *octodón-degú*. Estos animales proceden de América del sur, específicamente de las montañas andinas de Perú y Chile. Son utilizados como animales de laboratorio en estudios relacionados con la diabetes debido a su incapacidad para digerir y metabolizar adecuadamente el azúcar. Tienen la peculiaridad de digerir los carbohidratos de forma inadecuada, así como vegetales y frutas que contienen una elevada proporción de azúcares. Otra característica importante respecto a su alimentación es que el octodón no bebe o bebe muy poca cantidad de agua. Se eligieron estas especies por sus características alimentarias.

Finalmente, el método utilizado se describirá detalladamente en cada uno de los experimentos reportados, así como la descripción de resultados y discusión correspondiente. En la discusión general se presentarán los argumentos e interpretaciones de los resultados a partir de otras investigaciones relacionadas con el tema de investigación. Se discutirán los resultados a partir de la propuesta teórica de Capaldi (1996) en la que se establece un argumento para explicar las preferencias de los sujetos por determinado alimento dependiendo de su sabor o de su contenido energético. Cabe aclarar que este trabajo de tesis no se trata de un estudio sobre preferencias alimentarias. Sin embargo, la propuesta teórica de Capaldi (1996) comprende interesantes discusiones respecto a nuestro problema de investigación. Adicionalmente, se discutirán los resultados obtenidos conforme a los experimentos reportados por Sclafani (1987, 1990, 2001, 2002, 2005), quien ha investigado la respuesta alimentaria de las ratas a la sucralosa desde que fue aprobada para sus estudios con animales por la FDA.

6. EXPERIMENTO 1. PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA ADICIÓN DE GLUCOSA EN CONDICIONES DE LIBRE ACCESO.

Martínez (2005) reportó que un grupo de ratas a las que se les adicionó glucosa en el agua después de un periodo de privación de agua o comida: 1) no modificaron la curva de crecimiento del peso corporal; 2) no presentaron grandes comilonas; 3) presentaron el fenómeno de auto-privación (de alimento o agua, dependiendo del elemento privado); 4) presentaron grandes bebidas de agua con glucosa de hasta 190ml; 5) se presentaron grandes bebidas de agua con glucosa con o sin privación de alimento ó agua; y, 6) el promedio de consumo de calorías aumentó cuando se adicionó la glucosa al agua. A partir de estas evidencias, nuestro interés se dirige a caracterizar el patrón de consumo de agua con glucosa en condiciones de libre acceso. En este experimento se propone aumentar el número de días de exposición al agua con glucosa y determinar si el incremento gradual en el consumo de agua endulzada continúa hasta llegar a un nivel asintótico, o bien, si se muestra otro patrón de consumo ante la saturación de glucosa.

Método

Sujetos

Ocho ratas de la cepa *Wistar*, cuatro hembras (HG1, HG2, HG3 y HG4) y cuatro machos (MG1, MG2, MG3 y MG4), ingenuos y con tres meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y Materiales

Se utilizaron ocho 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 y una división para comederos y bebederos. Para el registro del consumo de alimento y peso corporal se utilizó una báscula electrónica de precisión. Alimento de la marca comercial *Nutricubos*, 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), 6% de fósforo y 12% de humedad. Como bebida se utilizó agua y durante la manipulación experimental se proporcionó una solución compuesta de glucosa diluida en agua al 8% (15g de glucosa por cada 200ml). El líquido se proporcionó en bebederos graduados de 200ml.

Procedimiento

Los sujetos fueron identificados con un número de registro, fecha de nacimiento y peso corporal al inicio del experimento y fueron colocados en cajas-habitación individuales. El peso corporal, el consumo de líquido y comida se registró diariamente a las 9:00 de la mañana. Para el pesaje se tomaba la caja habitación y se trasladaba a la mesa de trabajo en la que se encontraba la báscula utilizada para el registro. Se tomaba a la rata y se introducía en el recipiente de la báscula con lo que se obtenía el peso corporal. Al finalizar este procedimiento los sujetos retornaban a su caja habitación y permanecían en el bioterio. Para calcular las calorías consumidas en el alimento se determinó el número de calorías que aporta el alimento (*Nutricubos*) por gramo (3.4 calorías). Esta cantidad se multiplicó por el número de gramos consumidos diariamente para obtener el consumo de calorías diario. El número de calorías por gramo que aporta el alimento es conveniente según la media estandarizada en nutrición animal que determina el *Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition, Committee of Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Council* (1995). El agua proporcionó 0 calorías. Cuando se adicionó glucosa al agua, cada mililitro consumido proporcionó 0.9 calorías. Esta cantidad se obtuvo a partir de establecer la cantidad de glucosa disponible en el agua y del número de calorías que aporta un gramo de carbohidratos (4 calorías).

Diseño experimental

El experimento se dividió en siete fases. Todos los sujetos recibieron 50g de alimento

especial para ratas de laboratorio y 200ml de bebida disponible diariamente en condiciones de libre acceso. La primera fase consistió en alimento y agua durante 10 días consecutivos. En la segunda fase, los animales recibieron alimento y una solución compuesta de agua+glucosa durante ocho días. Este ciclo se repitió dos ocasiones más, finalizando con una fase igual a la de línea base. El experimento tuvo una duración de 64 días (Tabla 1)

Tabla 1. Diseño del Experimento 1

	FASES						
	1	2	3	4	5	6	7
SUJETOS	alimento+ agua	alimento+ agua+glucosa	alimento+ agua	alimento+ agua+glucosa	alimento+ agua	alimento+ agua+glucosa	alimento+ agua
DÍAS	1-10	11-18	19-28	29-36	37-46	47-54	55-64

Resultados

Las Figuras 1 y 2 muestran los datos individuales del registro diario del consumo de líquido y alimento respectivamente. Las líneas continuas representan las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua). Las fases 2, 4 y 6 (alimento+glucosa) están representadas por los círculos negros. El eje de las abscisas muestra el consumo de alimento o líquido y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. La columna derecha representa los registros de hembras y la derecha a los machos.

La Figura 1 muestra el consumo de líquido. Todos los sujetos presentaron diferencias entre el consumo de agua y el consumo de agua+glucosa. Las hembras mostraron un consumo estable durante las fases 1, 3, 5 y 7 (agua), mientras que durante las fases 2, 4 y 6 (agua+glucosa) presentaron grandes bebidas de 200 a 250ml en los últimos días de acceso a la glucosa. Durante la manipulación del endulzante, el patrón de consumo se caracterizó por un incremento gradual de agua+glucosa, seguido de un decremento en el cuarto y quinto día de acceso (un promedio de 80 a 100ml). Durante los días seis y siete se observó un nuevo incremento en el consumo, superior al

consumo máximo registrado previamente. Adicionalmente, se observó que durante cada fase de acceso a la glucosa, se fue registrando un mayor consumo de agua endulzada, hasta un máximo de 250ml. De forma particular, el sujeto HE4 no mostró decrementos mayores a 25ml en su patrón de consumo de agua+glucosa. Los machos mostraron un patrón similar de incrementos y decrementos alternados, no obstante, su consumo máximo fue de 200ml (ME3 en la fase 4 y ME4 en la fase 6). De igual forma, los sujetos ME1 y ME2 decrementaron e incrementaron su consumo de agua endulzada, mientras que el sujeto ME4 decrementó e incrementó su respuesta de consumo con 55ml de diferencia como promedio entre cada día de acceso. El sujeto ME3 mostró incrementos seguidos de decrementos en un promedio de 25 ml en las fases 2 y 6, durante la fase 4, el patrón incremento-decremento subió a 60ml.

En la Figura 2 se presenta el consumo de alimento. Todos los sujetos mostraron diferencias entre las fases que recibieron glucosa respecto a las fases en las que no la recibieron. Durante las fases 2, 4 y 6 hembras y machos consumieron menor cantidad de alimento respecto al consumo registrado durante las fases 1, 3, 5 y 7. En las fases sin acceso a la glucosa el consumo de las hembras no superó los 20g de consumo, mientras que en las fases de acceso al endulzante, el consumo de alimento no superó los 10g, a excepción del sujeto HE1 en la fase 6 y el sujeto HE4, que consumieron 10g durante los primeros días de estas fases. Por su parte, los machos consumieron entre 15 y 25 g y entre 5 y 15 g durante las fases sin glucosa y con glucosa respectivamente. Es decir, el consumo de alimento decrementó 10g cuando los animales tuvieron disponible glucosa en el agua.

El consumo de calorías en el alimento y el líquido se presenta en la Figura 3. Cada barra representa el promedio de consumo de calorías por fase. El color negro representa el promedio de calorías consumidas del alimento (fases 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) y

el blanco el promedio de calorías consumidas del líquido (fases 2, 4 y 6). Durante las fases 1, 3, 5 y 7 los animales tuvieron disponible como bebida, agua que no aportó ninguna caloría, por ello solo se presenta el consumo de calorías en el alimento en esas fases. Cada gráfica representa los datos individuales de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las hembras consumieron más calorías durante la fases 2, 4 y 6 (alimento+agua+glucosa) respecto a las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua). Los machos consumieron en promedio la misma cantidad de calorías durante todo el experimento. Otra diferencia observada en los resultados de hembras y machos es la distribución en el consumo de calorías durante las fases 2, 4 y 6 (alimento+agua+glucosa). Las hembras consumieron más calorías de la glucosa que del alimento, mientras que los machos consumieron una mayor cantidad de calorías del alimento que de la glucosa.

La Figura 4 muestra el promedio de consumo de líquido, alimento y calorías en el panel superior, central e inferior respectivamente. Cada gráfico representa el promedio grupal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha. El promedio de consumo de cada fase está representado por una barra: el color negro representa las fases 1, 3, 5 y 7 y el blanco las fases 2, 4 y 6. El promedio de consumo de líquido muestra diferencias entre las fases de consumo de agua respecto a las fases de consumo de agua+glucosa en hembras y machos. Adicionalmente, se observa un patrón ascendente en las fases 2, 4 y 6 del consumo de agua+glucosa. Las hembras consumieron en promedio 40 ml de agua y 140 ml de agua+glucosa, es decir, su consumo aumentó en un 100%. Los machos consumieron 40 ml de agua y 100ml de agua+ glucosa, aumentando 60% su consumo durante las fases con acceso al endulzante. El promedio de consumo de alimento mostrado en la panel central también muestra diferencias, pues el consumo de alimento decreció durante las fases 2, 4 y 6

respecto al promedio de consumo observado durante las fases 1, 3, 5 y 7. Las hembras consumieron un promedio de 15g cuando no había glucosa disponible y 8g cuando el endulzante estuvo presente. Los machos mostraron un promedio de consumo de 20g sin la glucosa y 12g con la glucosa. Finalmente, el panel inferior muestra el promedio de consumo de calorías. Como se observó en la Figura 3, las hembras aumentaron el consumo de calorías cuando estuvo disponible la glucosa, mientras que los machos mantuvieron estable el promedio de consumo de calorías durante todo el experimento. La distribución de calorías de las fases 2, 4 y 6 de las hembras en la Figura 4 es diferente a la mostrada por los machos. Es decir, las hembras consumieron un promedio de 20 y 40 calorías en alimento y glucosa respectivamente y los machos de 40 y 20.

El peso corporal de cada sujeto se muestra en la Figura 5. Las líneas continuas representan las fases 1, 3, 5 y 7 (nutricubos+agua) y los círculos negros las fases 2, 4 y 6 (nutricubos+agua+glucosa). El eje de las abscisas muestra el peso corporal en gramos y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Cada gráfica muestra los registros individuales de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Se observa que en la curva de crecimiento de peso corporal, las hembras aumentaron un promedio de 40g durante todo el experimento (excepto el sujeto HE4 que solo aumentó 20g) y los machos aumentaron un promedio de 75g. Durante las fases en las que se adicionó la glucosa al agua, fases 2, 4 y 6; los machos no mostraron diferencias en el peso corporal respecto a las fases 1, 3, 5 y 7; mientras que las hembras presentaron aumentos con la adición de la glucosa.

Discusión

Los resultados obtenidos mostraron que se presentó la gran bebida de endulzantes en todos los sujetos. El patrón de consumo de agua y agua+glucosa se caracterizó por: 1) un consumo estable de agua; 2) grandes bebidas de agua+glucosa de hasta 250ml en

hembras; 3) grandes bebidas de agua+glucosa de hasta 200ml en machos; 4) patrón ascendente de consumo de agua+glucosa (aumentos y decrementos, seguidos de nuevos aumentos) en cada fase de acceso a la glucosa; y; 5) patrón ascendente de consumo de agua+glucosa entre fases con acceso al endulzante.

Estos resultados confirman que la gran bebida puede observarse experimentalmente sin utilizar programas de privación. Numerosos autores han señalado que la gran comilona y la gran bebida son respuestas conductuales provocadas por un estado de necesidad (Carlson, 1977; Staddon, 2001; Young, 1961). No obstante, otros autores han complementado esta afirmación agregando que la respuesta de comer y beber corresponde a un estado motivacional (Bindra, 1947, 1948, 1974; Bolles, 1983, 1990; Booth, 1990; Kandell, Schwartz y Jessell, 1995; McFarland, 1973; Staddon, 2001; Young y Shuford, 1955). La motivación puede variar en función de: a) la privación de alimento o agua (Bolles, 1983); b) las propiedades específicas del alimento (Cabanac, 1971; Rozin, 1995); c) el contexto en el que se emite la respuesta de comer y beber (Anderson, 1941); y, d) el estado de salud del sujeto (Kandell, Schwartz y Jessell, 1995).

La presencia de la gran bebida en el Experimento 1 puede estar relacionada con las características del líquido disponible. Los animales no estuvieron sometidos a ningún programa de privación, no se encontraban enfermos y el contexto en el que presentó la gran bebida fue el mismo durante todo el experimento. Sin embargo, no es posible precisar cuál de las características del estímulo (sabor o contenido energético) fue determinante para que los sujetos bebieran grandes cantidades de agua endulzada.

Respecto al patrón de consumo de líquidos, no fue posible detectar un nivel asintótico en el consumo de agua+glucosa, pues los animales alcanzaron un nivel de consumo más alto conforme aumentaron los días de acceso a la glucosa y entre las fases

en las que la glucosa estuvo disponible. Este patrón de consumo parece no concordar con el argumento de la teoría de la “mera exposición” que señala que los animales muestran grandes consumos cuando son expuestos a un nuevo alimento palatable, pero que este consumo decrementa conforme aumenta el número de días de exposición debido a la saturación del sabor (Zajonc, 2001). Los registros de las grandes bebidas progresivas parecen tener otra posible explicación. Bello, Sweigart, Lakoski, Norgren y Hajnal (2003) señalaron que una respuesta alimentaria repetitiva puede deberse a un proceso de adaptación al sabor y a las consecuencias postingestivas del alimento. Sin embargo, esta conducta puede ocasionar un estado de dependencia al alimento y el posterior desarrollo de enfermedades, como la diabetes (Colantuoni, Rada, Mc-Carthy, Patten, Avena, Chadeayne y Hoebel, 2002). Este argumento parece concordar con los datos obtenidos, pues mientras el consumo de agua endulzada incrementaba cada vez mas, el consumo de alimento decrementaba.

Por otro lado, los resultados del consumo de calorías y del peso corporal no son generalizables a hembras y machos. Mientras los machos mantuvieron estable el consumo de calorías durante todo el experimento sin tener consecuencias sobre el peso corporal, las hembras aumentaron su ingesta calórica y el peso corporal durante las fases en las que tuvieron disponible la glucosa.

La respuesta de regulación se observa en los machos, sin embargo, para las hembras no parece observarse el mismo patrón. Este último grupo consumió más agua endulzada respecto al grupo de los machos. De igual forma, las hembras prefirieron consumir más calorías de la glucosa que del alimento. Estos resultados podrían sugerir una conducta adictiva. Aunque no es posible comprobarlo con este experimento (se observaron decrementos repentinos en el consumo y solo se utilizó una dosis de

glucosa) es importante profundizar en el estudio de los patrones alimentarios como método para caracterizar repertorios conductuales adictivos.

CONSUMO DE AGUA Y GLUCOSA

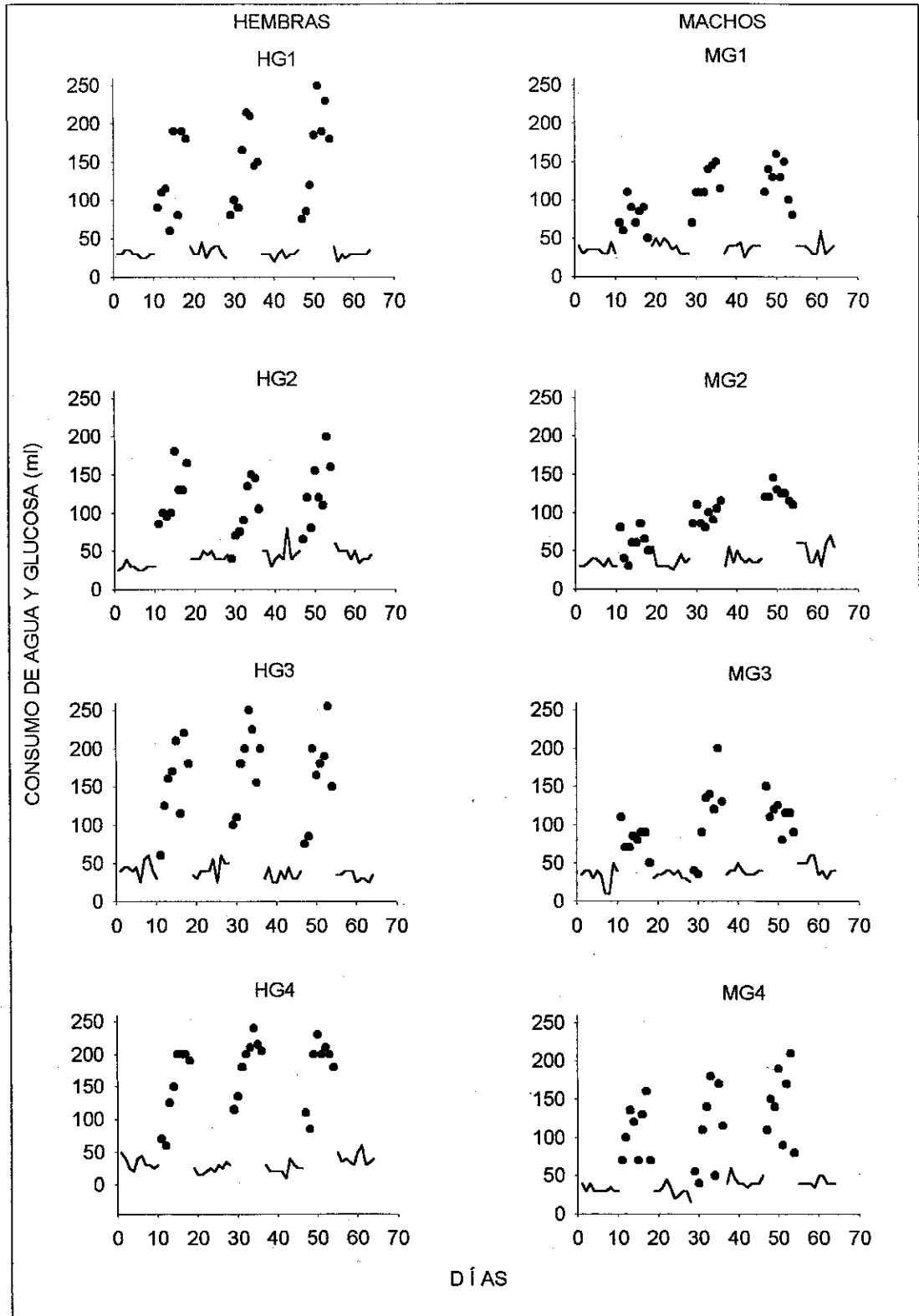


FIGURA 1. Consumo de agua y glucosa. Se muestra el consumo de bebida de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y los círculos negros las fases 2, 4 y 6 (alimento+glucosa).

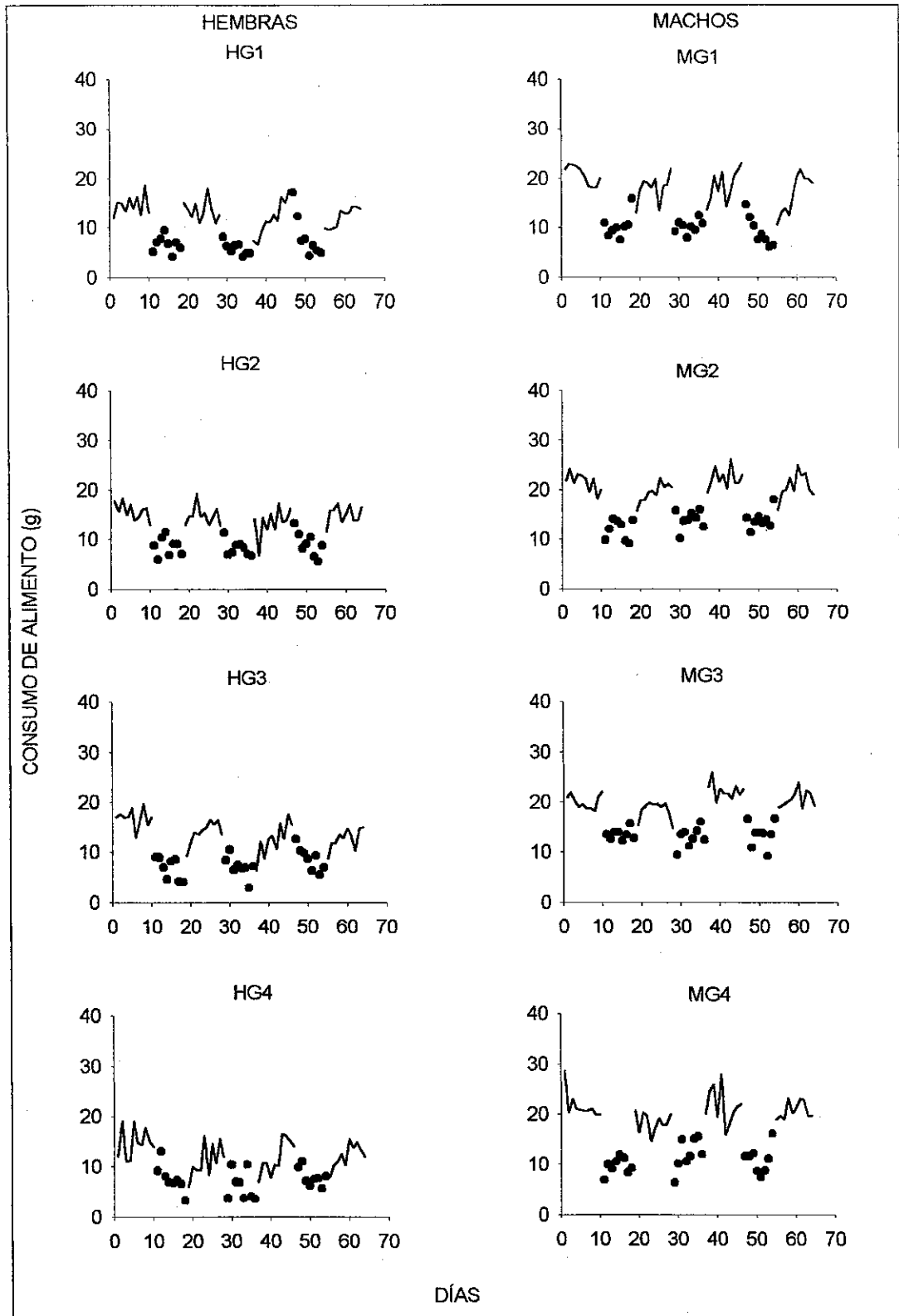


FIGURA 2. Consumo de alimento. Se muestra el consumo de alimento de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y los círculos negros las fases 2, 4 y 6 (alimento+glucosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

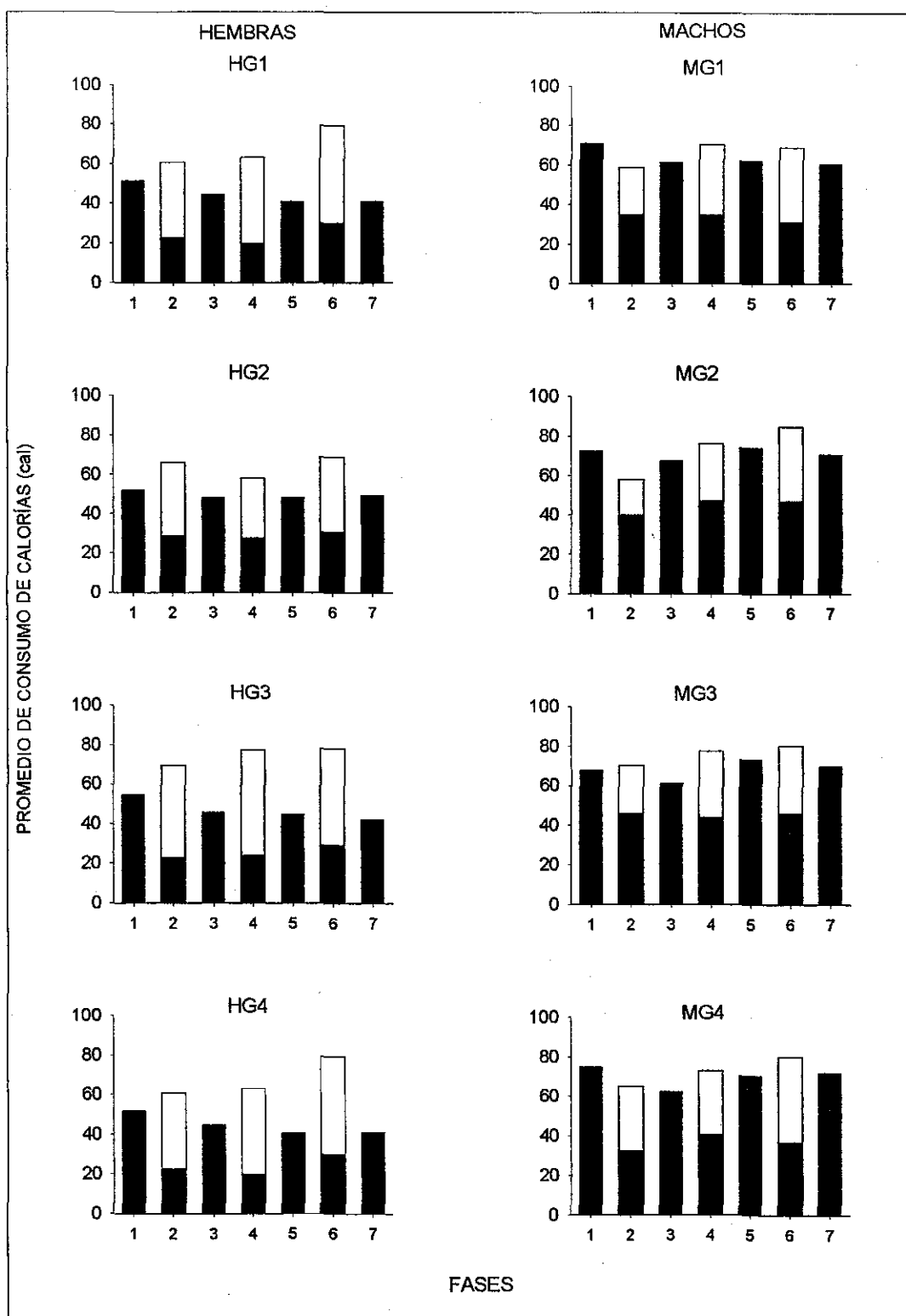


FIGURA 3. Promedio de consumo de calorías. Se muestra el promedio de consumo de calorías de cada fase experimental de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La barra de color negro representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y la barra color negro/blanco las fases 2, 4 y 6 (negro=alimento, blanco=glucosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA Y GLUCOSA, ALIMENTO Y CALORÍAS

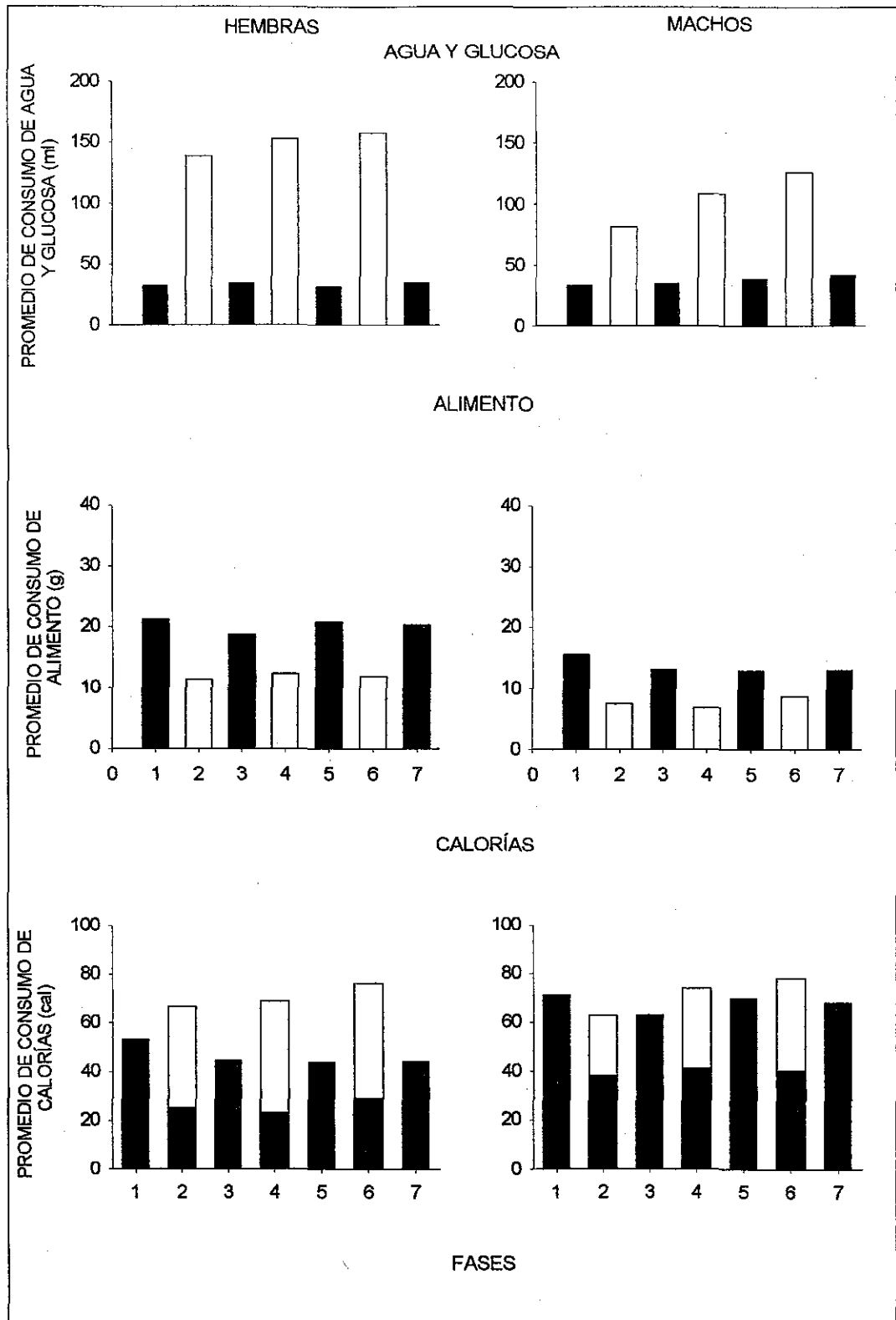


FIGURA 4. Promedio de consumo de agua y glucosa, alimento y calorías en el panel superior, central e inferior respectivamente. El promedio de consumo de cada fase es representado por una barra. La barra color negro representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y la barra negro/blanco las fases 2, 4 y 6 (negro=alimento, blanco=glucosa).

PESO CORPORAL

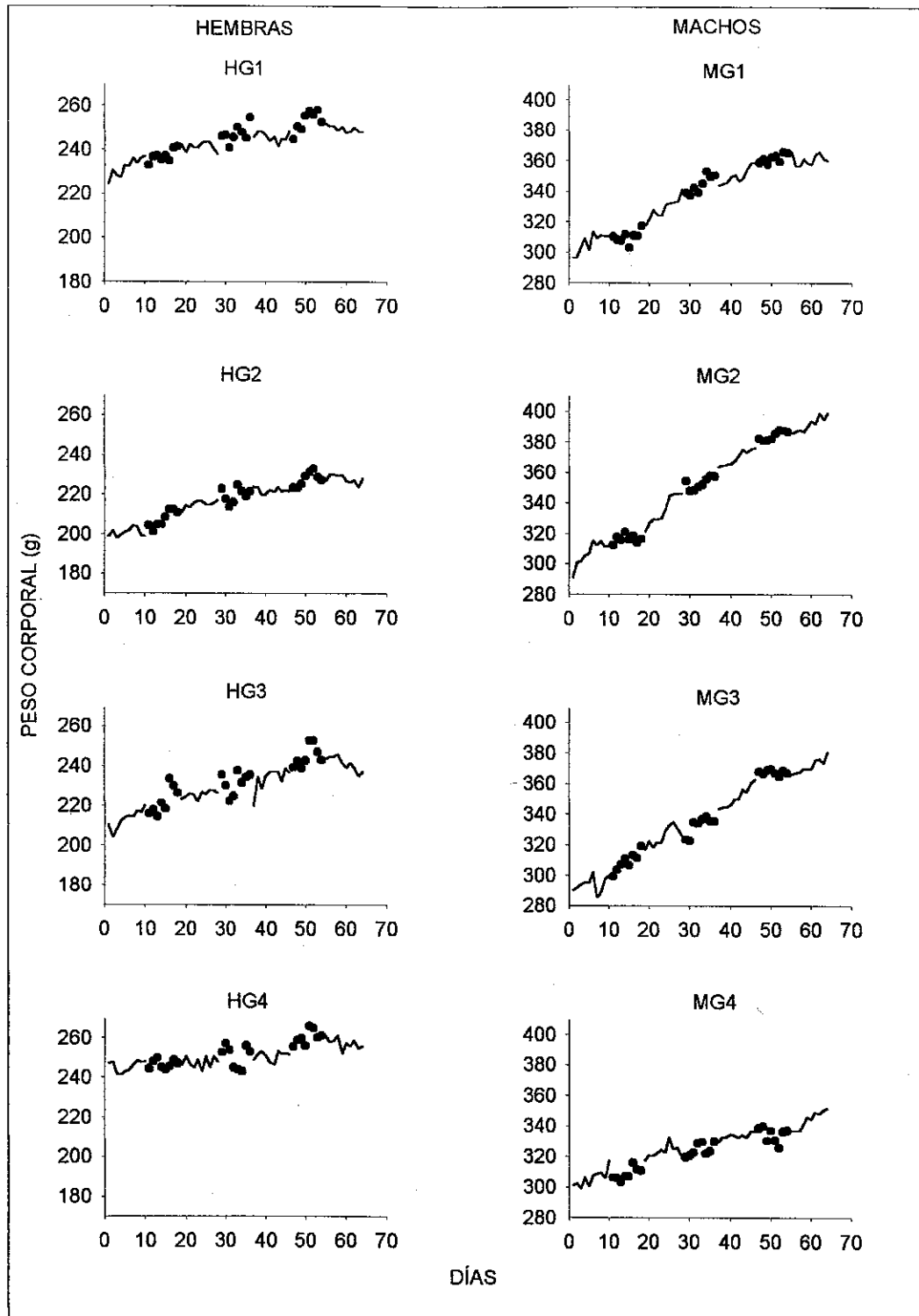


FIGURA 5. Peso corporal. Se muestra el peso corporal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y los círculos negros las fases 2, 4 y 6 (alimento+glucosa).

7. EXPERIMENTO 2. PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA ADICIÓN DE SUCRALOSA EN CONDICIONES DE LIBRE ACCESO

El registro de consumo de agua con glucosa del Experimento 1 mostró que las ratas bebieron grandes cantidades de agua endulzada. El patrón de consumo se caracterizó por incrementos y decrementos seguidos de nuevos incrementos en el consumo de bebida. No se encontró una asíntota de consumo ya que los animales continuaron el incremento en el consumo del endulzante durante los días finales de acceso a la glucosa, por lo que, incrementar el número de días de acceso al endulzante con calorías no redujo su consumo ni controló la respuesta de la gran bebida. Estos resultados sugieren que la gran bebida de endulzantes puede deberse a las calorías o al sabor de la solución proporcionada. El objetivo del Experimento 2 es replicar los resultados del Experimento 1 pero utilizando un endulzante sin calorías: la sucralosa.

Hausman (1933) inició el estudio experimental de los endulzantes sin calorías para determinar sus propiedades y posibles efectos secundarios, como el desarrollo de ulceraciones y células cancerígenas en animales. No obstante, la sucralosa fue descubierta en 1976 y fue hasta una década después cuando empezaron a estudiarse sus efectos en animales y humanos. En 1990, la sucralosa fue aprobada por la Administración de Alimentos y Fármacos de los Estados Unidos (FDA) y por el Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimenticios de la FAO/WHO. A partir de este hecho, la sucralosa empezó a comercializarse y a consumirse desde 1991.

Estudios científicos señalan que la sucralosa se extrae del azúcar a través de un proceso patentado de varios pasos que sustituye selectivamente tres átomos de grupos hidroxilo por tres átomos de cloro en la molécula de sacarosa. Los átomos de cloro crean una estructura molecular estable y 600 veces más dulce que el azúcar (McClean, Shephard, Merritt, Hildick-Smith, 2000). Adicionalmente, diversos investigadores se

han interesado por estudiar los efectos de adicionar sucralosa a la dieta de los animales y humanos, debido a sus propiedades de sabor (es el edulcorante que más se parece al azúcar de mesa por su sabor) y su contenido energético (no aporta calorías). Sclafani y Clare (2004) fueron de los primeros autores en conducta alimentaria que se interesaron por estudiar la preferencia de soluciones de sacarina y sucralosa sobre agua en ratas. Posteriormente, Sclafani y Glendinning (2006) reportaron resultados preliminares sobre el condicionamiento de sabor a partir de respuestas orales y post-orales a la sucrosa y sucralosa en ratones. De este modo, la respuesta conductual de las ratas por la sucralosa en condiciones alimentarias empieza a documentarse desde hace muy poco tiempo.

A partir de estas evidencias, nuestro interés se dirige al estudio del consumo de la sucralosa en condiciones de libre acceso. La finalidad es caracterizar el patrón de consumo de una solución de agua con sucralosa y comparar estos resultados con los obtenidos en el Experimento 1, de este modo se determinará si la sucralosa produce la emisión de grandes bebidas como la glucosa. Si el sabor es el estímulo determinante para que se emitan las grandes bebidas, los animales beberán grandes cantidades de agua con sucralosa; por el contrario, si el estímulo determinante es el contenido energético, los animales no emitirán grandes bebidas de agua con sucralosa.

Método

Sujetos

Ocho ratas de la cepa Wistar, cuatro hembras (HS1, HS2, HS3 y HS4) y cuatro machos (MS1, MS2, MS3 y MS4), ingenuos y con tres meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Los mismos que se utilizaron en el Experimento 1, excepto que se utilizó una solución de agua con sucralosa durante la manipulación experimental en lugar de la solución de

agua con glucosa. La solución se conformó de sucralosa diluida en agua al 2% (4g de sucralosa por cada 200ml).

Procedimiento

El mismo que se utilizó en el Experimento 1

Diseño experimental

El mismo que se utilizó en el Experimento 1, a excepción de que los animales tuvieron disponible una solución de agua con sucralosa durante las fases 2, 4 y 6 (Tabla 2).

Tabla 2. Diseño del Experimento 2

	FASES						
	1	2	3	4	5	6	7
SUJETOS	alimento+ agua	alimento+ agua+sucralosa	alimento+ agua	alimento+ agua+sucralosa	alimento+ agua	alimento+ agua+sucralosa	alimento+ agua
DÍAS	1-10	11-18	19-28	29-36	37-46	47-54	55-64

Resultados

Las Figuras 6 y 7 muestran los datos individuales del registro diario del consumo de bebida y alimento respectivamente. Las líneas continuas representan las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua). Las fases 2, 4 y 6 (alimento+glucosa) están representadas por los círculos blancos. El eje de las abscisas muestra el consumo de alimento o bebida y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Cada gráfica representa los registros individuales de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha.

Se muestra el consumo de bebida en la Figura 6. Las hembras consumieron un promedio de 40ml de agua y de agua con sucralosa durante todo el experimento. Los machos consumieron un promedio de 50ml. No se observaron diferencias importantes entre el consumo de agua y el consumo de agua con sucralosa en hembras y machos. De forma particular, el sujeto HS3 aumentó el consumo de bebida durante las fases 2, 4 y 6,

es decir, cuando tuvo disponible la solución de agua con sucralosa. Este sujeto consumió un promedio de 70ml durante estas fases. De igual forma, el sujeto MS3 incrementó su consumo de sucralosa en la fase 2 respecto al consumo que registró durante la fase 1. Este incremento en el consumo de bebida se mantuvo por el resto del experimento. En la fase 2 presentó tres grandes bebidas de 90ml y al inicio de la fase 3 también presentó una gran bebida de agua de 90ml. En las fases posteriores, su consumo de bebida de agua y sucralosa fue similar, a excepción del sexto día de acceso a la sucralosa en la fase 4, en el que presentó una gran bebida de 95ml. El sujeto MS4 también presentó incrementos en su consumo de sucralosa, pero el patrón de consumo observado durante las fases 2, 4 y 6 es similar al que registró en las fases 1, 3, 5 y 7, cuando recibió agua.

La Figura 7 representa los datos obtenidos del consumo de alimento. Hembras y machos presentaron un patrón de consumo de alimento similar. En general, el consumo de alimento no tuvo variaciones entre las fases de agua y sucralosa. Las hembras consumieron un promedio de 17g con un rango de variación de +/-10g. los machos consumieron un promedio de 23g con un rango de variación de +/-15g. No obstante, el sujeto MS4 mostró un patrón de consumo caracterizado por decrementos seguidos de incrementos. El rango de consumo que presentó fue de 10 a 30g, a excepción de la fase 1, en la que se observó un consumo de alimento estable.

El promedio de consumo de calorías se muestra en la Figura 8. Cada gráfica representa los datos individuales de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las barras representan el promedio de consumo de calorías por fase. El color negro representa el promedio de calorías consumidas en las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y el blanco a rayas el promedio de calorías consumidas en las

fases 2, 4 y 6 (alimento+sucralosa). Como la sucralosa no aporta calorías, los sujetos consumieron calorías del alimento únicamente.

Hembras y machos no presentaron diferencias en el consumo de calorías entre las fases con sucralosa y sin sucralosa. Las hembras consumieron un promedio de 50 calorías y los machos un promedio de 80 calorías durante todo el experimento.

La Figura 9 representa el promedio de consumo de hembras y machos en la bebida, alimento y calorías en los paneles superior, central e inferior respectivamente. Cada barra representa el promedio de consumo de las fases experimentales. El consumo registrado durante las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) está representado por el color negro. El consumo de las fases 2, 4 y 6 (agua+sucralosa) se representa con el color blanco a rayas.

El promedio de consumo de bebida de hembras y machos no mostró diferencias entre las fases experimentales. El mismo resultado se observó en el promedio de consumo de alimento y calorías. Las hembras consumieron en promedio 40ml de bebida y 17g de alimento, que les aportó 50 calorías. Los machos consumieron 50ml de bebida y 23g de alimento, que les aportó 80 calorías en promedio durante cada fase experimental.

Finalmente, se presenta el registro del peso corporal en la Figura 10. Las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) están representadas por la línea continua y las fases 2, 4 y 6 (alimento+sucralosa) por los círculos blancos. El eje de las abscisas muestra el peso corporal en gramos y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Cada gráfica muestra los registros individuales de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha.

Se aprecia la curva de crecimiento de hembras y machos. No se observaron decrementos o incrementos importantes en el peso corporal a excepción del sujeto HS2 durante la fase 5 y del sujeto MS2 durante la fase 7.

Discusión

Los resultados mostraron que los sujetos no presentaron grandes bebidas cuando se adicionó la sucralosa al agua durante las fases 2, 4 y 6. El consumo de bebida de agua y agua con sucralosa fue similar, por lo que el contenido energético y nutricional del endulzante parece ser el estímulo predominante para que se presente la respuesta de la gran bebida, como ocurrió en el Experimento 1, cuando se adicionó glucosa al agua.

Mclean, Shepard, Merrit y Hildick (2000) estudiaron los efectos digestivos de la sucralosa en humanos y concluyó que su consumo exhibe una limitada absorción, rápida excreción urinaria y fecal y una mínima metabolización de la materia absorbida sin bioacumulación. Adicionalmente señalaron que sus sujetos reportaron que el sabor de la sucralosa era muy parecido al del azúcar de mesa. Este reporte indica que la diferencia más importante entre la sucralosa y la glucosa es su consecuencia postingestiva.

Por su parte, Bello y Hajnal (2005) mencionaron que los humanos y animales muestran preferencias débiles por la sucralosa sobre el agua u otros enduzantes naturales como la glucosa y fructosa y que esta respuesta podría obedecer a su falta de nutrientes. Realizaron un experimento con un grupo de ratas machos *Sprague Dewley*. Las ratas fueron expuestas a pruebas de 23 horas de dos botellas de sucralosa y agua diariamente. Se utilizó un rango de concentraciones de 0.0003 a 10g de sucralosa sobre litro de agua. Sus resultados mostraron que los animales preferían el agua sobre la sucralosa, aunque no hubo diferencias significativas.

A pesar de que las dosis utilizadas por Bello y Hajnal (2005) son más bajas que la utilizada en este experimento, los resultados fueron similares: los animales muestran

un consumo de agua y de agua con sucralosa similar. No hay grandes bebidas ni preferencias importantes de este endulzante sobre el agua.

Por su parte, otros estudios sobre preferencias de endulzantes sobre el agua han reportado que la preferencia es fuerte si el enduzante utilizado contiene calorías, como es el caso de la sucrosa (Ackroff, Manza y Sclafani, 1993; Prat-Larquemin, Oppert, Bellisle y Guy-Grand, 2000), glucosa (Agmo y Marroquin, 1997) o fructosa (Ramírez, 2000).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Experimento 1 y 2, las calorías que contiene la glucosa facilitan la presencia de respuestas como la gran bebida, en cambio, la presencia de la sucralosa no produce modificaciones en el patrón de consumo. No obstante, los sujetos de estos experimentos fueron expuestos a uno de estos dos endulzantes. Probablemente, la exposición a los dos endulzantes en diferentes momentos puede producir resultados diferentes. De ser así, la historia previa de acceso a endulzantes también podría facilitar la presencia de grandes bebidas. Estas posibilidades se explorarán en los Experimentos 3 y 4.

CONSUMO DE AGUA Y SUCRALOSA

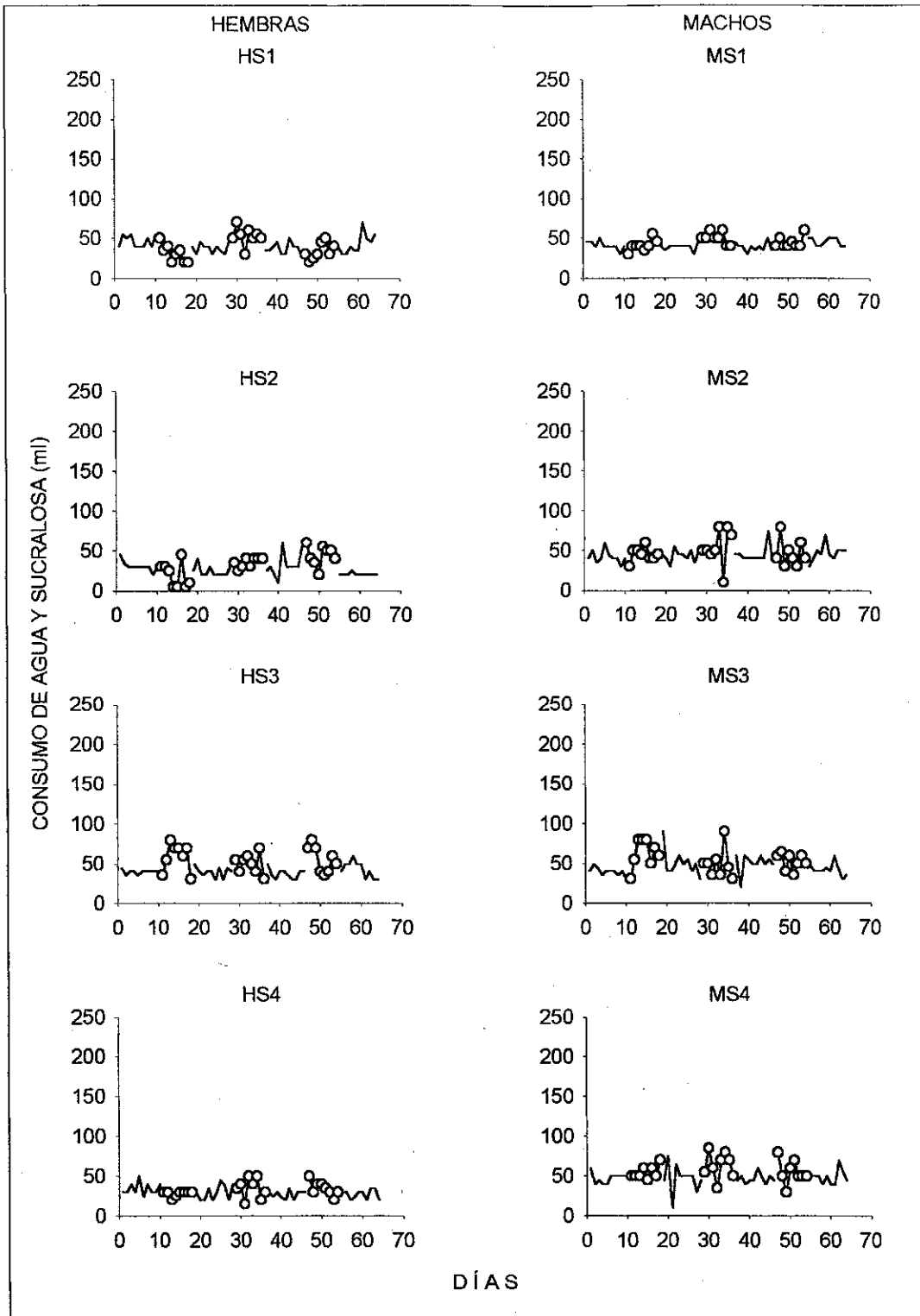


FIGURA 6. Consumo de agua y sucralosa. Se muestra el consumo de bebida de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y los círculos blancos las fases 2, 4 y 6 (alimento+sucralosa).

CONSUMO DE ALIMENTO

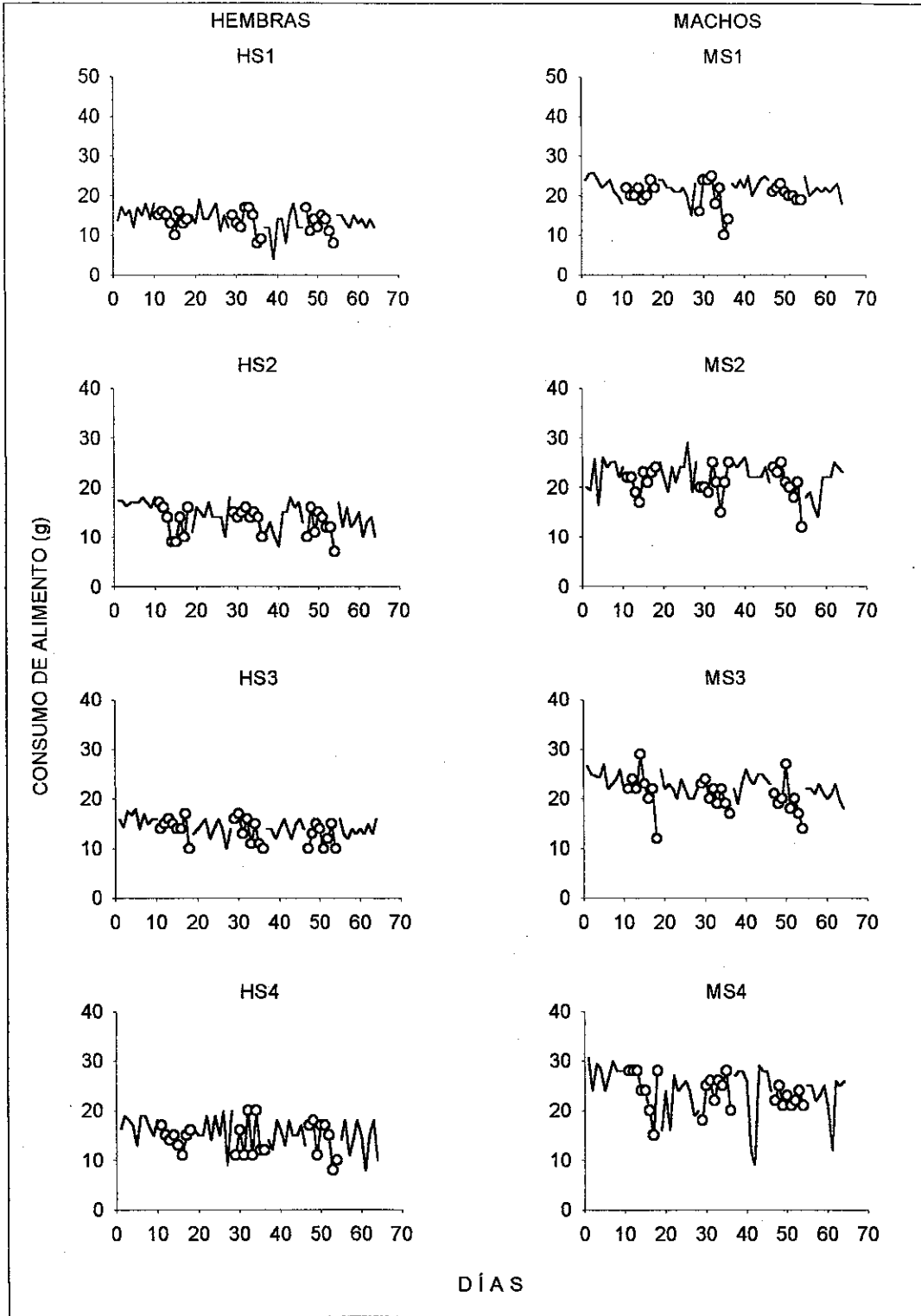


FIGURA 7. Consumo de alimento. Se muestra el consumo de alimento de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y los círculos blancos las fases 2, 4 y 6 (alimento+sucralosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

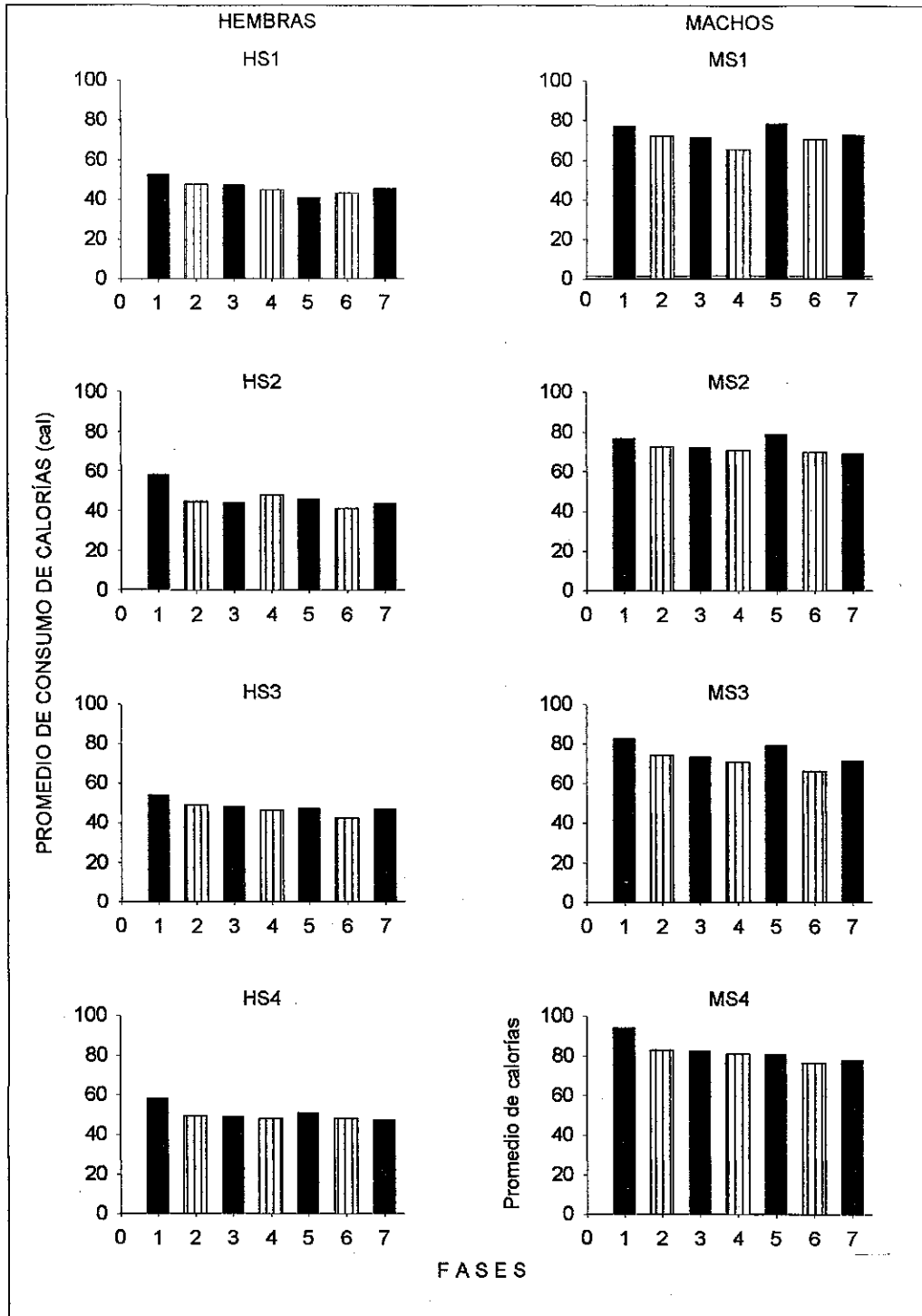


FIGURA 8. Promedio de consumo de calorías. Se muestra el promedio de consumo de calorías de cada fase experimental de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha. La barra de color negro representa el consumo de calorías en las fases 1, 3, 5 y 7 y la barra color blanco a rayas el consumo de calorías en las fases 2, 4 y 6.

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA Y SUCRALOSA, ALIMENTO Y CALORÍAS

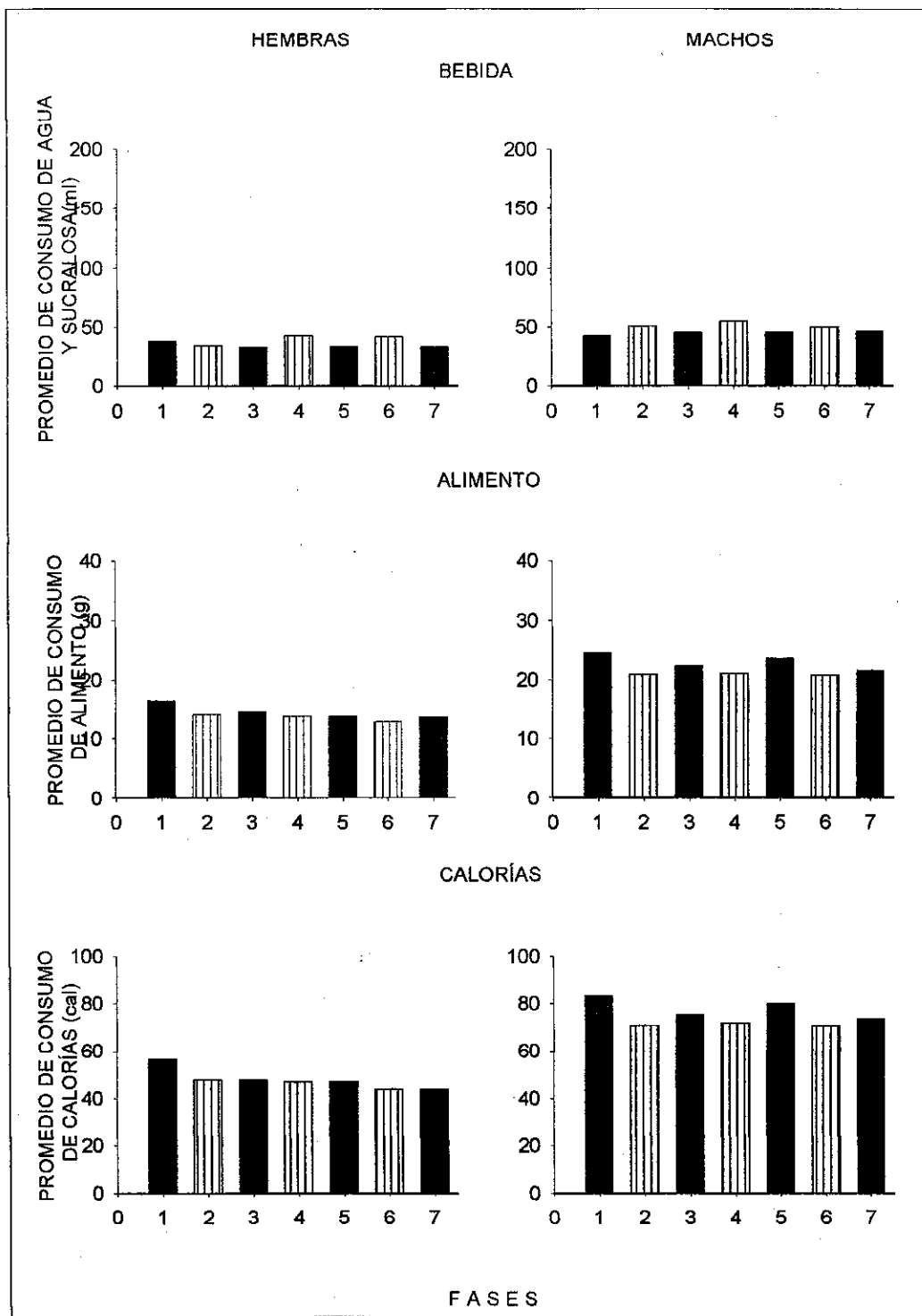


FIGURA 9. Promedio de consumo de agua y sucralosa, alimento y calorías en el panel superior, central e inferior. El promedio de consumo de cada fase es representado por una barra. El color negro representa las fases 1, 3, 5 y 7 y el blanco con rayas las fases, 2, 4 y 6.

PESO CORPORAL

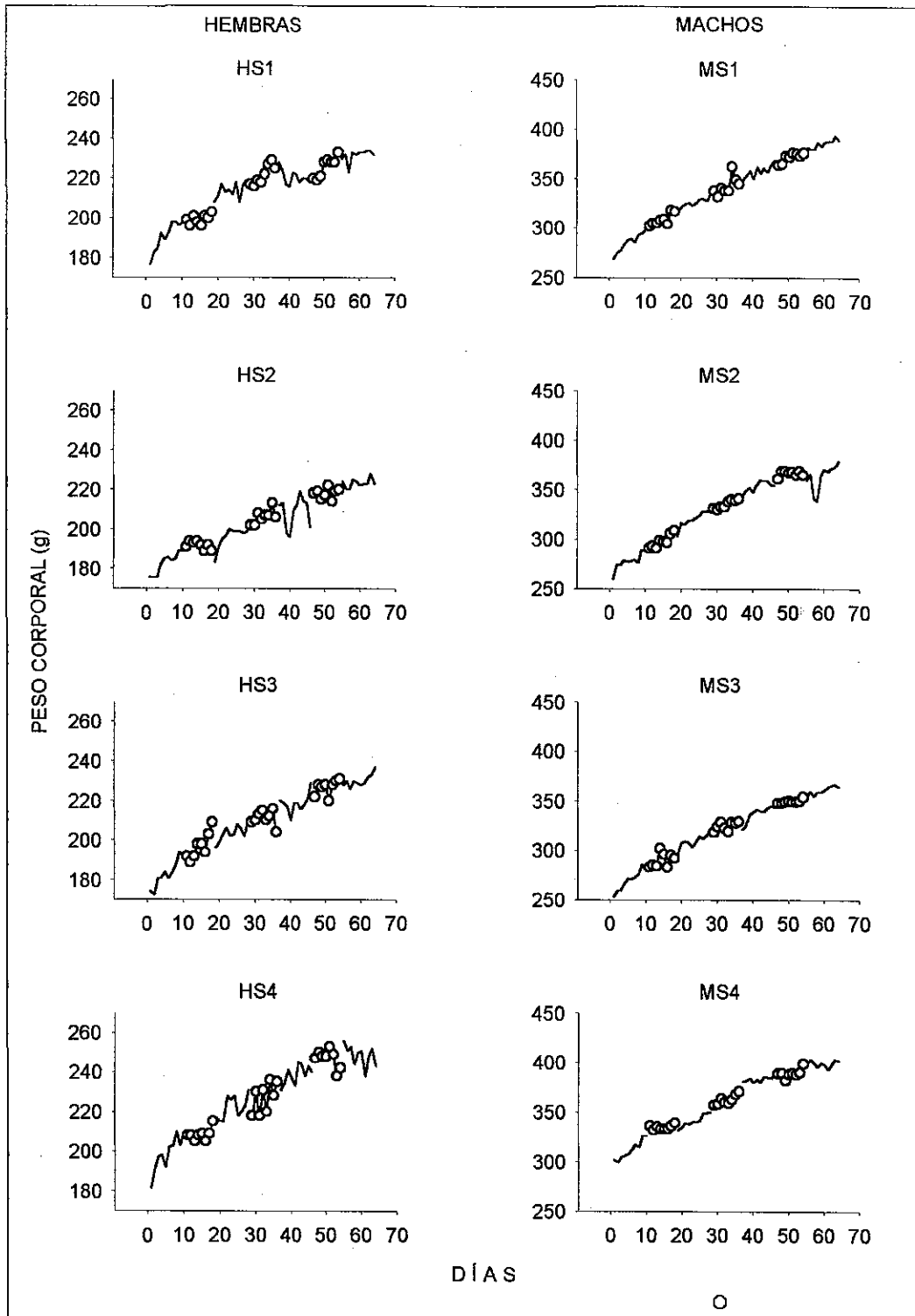


FIGURA 10. Peso corporal. Se muestra el peso corporal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3, 5 y 7 (alimento+agua) y los círculos blancos las fases 2, 4 y 6 (alimento+sucralosa).

8. EXPERIMENTO 3. PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA SECUENCIA GLUCOSA-SUCRALOSA BAJO CONDICIONES DE LIBRE ACCESO

La evidencia obtenida en la tesis de maestría sugiere que la rata modificó su patrón de consumo de alimento y agua ante la presencia de tres concentraciones de glucosa en agua en el periodo post-privación. Los resultados del Experimento 1 mostraron que las ratas no alcanzaron un nivel asintótico de consumo de agua con glucosa luego de ocho días continuos de exposición. El patrón de consumo durante este periodo se caracterizó por incrementos graduales seguidos de decrementos e incrementos mayores a los alcanzados previamente, llegando a registrarse grandes bebidas de hasta 250ml. Adicionalmente, los resultados del Experimento 2 evidenciaron la ausencia de grandes bebidas cuando se adicionó un endulzante sin calorías a la bebida. Estas evidencias demuestran que la consecuencia postingestiva del contenido energético de la glucosa representa un estímulo más poderoso que el sabor para la presentación de grandes consumos. Para fortalecer esta hipótesis, el Experimento 3 tiene como objetivo analizar el patrón de consumo de alimento, agua y calorías en condiciones de libre acceso, cuando los animales reciben en su dieta un endulzante con calorías y un endulzante sin calorías. De este modo será posible determinar si se ocasionan grandes bebidas con endulzantes artificiales cuando son ofrecidos después de un periodo de acceso a endulzantes con calorías. Previamente, otros estudios han evaluado el patrón alimentario de la rata a partir de la disponibilidad de endulzantes (Ackroff y Sclafani, 2004; Ackroff, Manza y Sclafani, 1993; Bello y Hajnal, 2005). No obstante, no se ha especificado cuáles son los efectos de introducir endulzantes (con y sin calorías) sobre el peso corporal y los consumos de alimento, agua y calorías.

Método

Sujetos

Ocho ratas de la cepa Wistar, cuatro hembras (HGS1, HGS2, HGS3 y HGS4) y cuatro machos (MGS1, MGS2, MGS3 y MGS4), ingenuos y con tres meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Los mismos que se utilizaron en el Experimento 1 y 2. Se utilizó agua y durante la manipulación experimental se proporcionó una solución compuesta de glucosa diluida en agua al 8% (15g de glucosa por cada 200ml) y una solución compuesta de sucralosa diluida en agua al 2% (4g de sucralosa por cada 200ml).

Procedimiento

El mismo que se utilizó en el Experimento 1 y 2.

Diseño experimental

El experimento se dividió en cinco fases. Todos los sujetos recibieron la misma manipulación experimental: 50g de alimento y 200 ml de bebida disponible diariamente bajo condiciones de libre acceso. En la primera fase, los animales recibieron alimento y agua durante diez días consecutivos. En la segunda fase, se proporcionó alimento y una solución compuesta de agua+glucosa durante cinco días. Retornaron a condiciones de línea base durante diez días en la tercera fase. En la cuarta fase recibieron alimento y una solución compuesta de agua+sucralosa durante cinco días. Finalmente, recibieron alimento y agua en la última fase. El Experimento 3 tuvo una duración de 40 días (Tabla 3).

Tabla 3. Diseño del Experimento 3

	FASES				
	1	2	3	4	5
SUJETOS	alimento+ agua	alimento+ agua+glucosa	alimento+ agua	alimento+ agua+sucralosa	alimento+ agua
DÍAS	1-10	11-15	16-25	26-30	31-40

Resultados

Las Figuras 11 y 12 muestran el consumo de líquido y alimento respectivamente. Las líneas continuas representan las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua). Los círculos negros representan las fases 2 y 4 (alimento+glucosa). El eje de las abscisas muestra el consumo de alimento o líquido y el eje de las ordenas el número de días de duración del experimento. Los datos individuales de hembras y machos se presentan en las columnas izquierda y derecha respectivamente.

El consumo de líquido se muestra en la Figura 11. Se observó un patrón de consumo similar entre hembras y machos. El consumo de agua+glucosa (fase 2) fue mayor que el consumo de agua (fases 1, 3 y 5) y el consumo de agua+sucralosa (fase 4) en todos los sujetos. También se presentaron grandes bebidas de agua+glucosa en todos los sujetos. El consumo de agua+sucralosa fue similar al consumo de agua, excepto en los sujetos HGS1 y HSG2 quienes presentaron un patrón de consumo ascendente de agua+sucralosa. No obstante, el nivel máximo de consumo de estos sujetos llegó a 100ml, mientras que su nivel de consumo máximo de agua+glucosa fue de 220ml. De forma particular, el sujeto HGS2 inició su consumo de agua (fase 5) con la misma cantidad consumida de agua+sucralosa del día previo, posteriormente su consumo de agua decreció gradualmente hasta volver a su consumo promedio observado en las fases anteriores (1 y 3). Respecto al consumo de agua+glucosa (fase 2), los sujetos presentaron diversos patrones de consumo: los sujetos MGS2, HGS3 y MGS3 mostraron un patrón de consumo descendente. Los sujetos MGS2 y HGS4 mostraron un patrón ascendente. Finalmente, los sujetos HGS1, HGS2 y MGS4 no mostraron un patrón de consumo ordenado.

La Figura 12 contiene los resultados obtenidos del consumo de alimento. Hembras y machos consumieron una cantidad de alimento similar durante todo el

experimento: 15 y 25g respectivamente. De forma particular, los sujetos MGS1, HGS2, MGS2 y MGS3 disminuyeron su consumo de alimento cuando fueron expuestos a las condiciones experimentales de la fase 2 (agua+glucosa). De igual forma, los machos (a excepción del sujeto MGS3) presentaron un patrón de consumo irregular durante la última fase del experimento. Por su parte, el sujeto HGS4 presentó una gran comilona el tercer día de acceso a la solución de agua+glucosa en la Fase 2.

La Figura 13 muestra el promedio de consumo de calorías en alimento y el líquido. Las barras representan cada una de las fases experimentales. La barra color negro representa el consumo de calorías de las fases 1, 3 y 5, la barra color blanco y negro la fase 2 (negro representa las calorías obtenidas del alimento y blanco las calorías obtenidas de la solución de agua+glucosa) y la barra a rayas representa las calorías obtenidas en la fase 3 (alimento+sucralosa).

Se observaron diferencias entre hembras y machos. Las hembras consumieron un promedio de calorías similar durante las fases 1, 3, 4 y 5, mientras que en la fase 2, su consumo de calorías aumentó el doble respecto al consumo observado en las otras fases experimentales. Por su parte, los machos consumieron mayor cantidad de calorías durante la fase 2, pero su consumo aumentó solo un 20%. El sujeto MGS1 mantuvo su consumo de calorías estable durante todas las fases experimentales. El promedio de consumo de calorías en las hembras fue de 50 en las fases sin glucosa y de 80 con la glucosa disponible. El promedio de consumo en los machos fue de 80 calorías en las fases sin glucosa y de 100 calorías con la glucosa disponible.

El promedio de consumo de líquido, alimento y calorías se representa en la Figura 14 en los paneles superior, central e inferior respectivamente. Se muestra el promedio de consumo de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha. Cada

barra representa una fase experimental: el color negro representa las fases 1,3 y 5, el blanco la fase 2 y rayado la fase 4.

En el panel superior se observaron diferencias entre hembras y machos. Durante las fases 1, 3 y 5 las hembras consumieron 40ml, mientras que durante la fase 2 cuadruplicaron su consumo de bebida respecto a las otras fases experimentales; durante la fase 4 bebieron un promedio de 60ml. Los machos bebieron un promedio de 45ml durante las fases 1, 3, 4 y 5, mientras que en la fase 2 incrementaron su consumo a 60ml. Las hembras también consumieron mayor cantidad de líquido durante la fase 4 (agua+sucralosa) respecto al promedio de consumo registrado durante las fases 1, 3 y 5 (agua). En los machos el consumo de líquido de la fase 4 es casi idéntico al observado en las fases 1, 3 y 5.

El promedio de consumo de alimento no muestra diferencias importantes entre hembras y machos. Sus consumos de alimento se mantuvieron estables durante el experimento (12g las hembras y 20g los machos). Adicionalmente, se observó un leve decremento durante la fase 2 en todos los sujetos. De forma particular, los machos también decrementaron su promedio de consumo durante la última fase.

Finalmente, se observaron diferencias en el promedio de consumo de calorías que se muestra en el panel inferior. Durante las fases 1, 3, 4 y 5 hembras y machos mantuvieron un promedio de consumo de 40 y 80 calorías respectivamente. En la fase 2, el promedio de consumo incrementó a 80 y 100 calorías. Adicionalmente, la distribución del consumo de calorías durante esta fase mostró que las hembras consumieron una mayor cantidad de calorías de agua+glucosa que del alimento, pues consumieron un promedio de 30 calorías del alimento y 50 de la bebida. Por su parte, los machos consumieron 70 calorías del alimento y 30 de la bebida.

La Figura 15 muestra el registro del peso corporal. Las líneas continuas representan las fases 1, 3 y 5, los círculos negros la 2 y los círculos blancos la 4. No se observaron cambios en el peso corporal durante las fases experimentales. Todos los sujetos mantuvieron una curva de crecimiento sin decrementos o incrementos importantes.

Discusión

Se observó que todos los sujetos: 1) presentaron grandes bebidas cuando tuvieron acceso a la solución agua+glucosa; 2) no presentaron grandes bebidas cuando tuvieron acceso a agua; 3) no se presentaron grandes bebidas cuando tuvieron acceso a la solución agua+sucralosa; 4) mantuvieron estable su consumo de alimento; 5) incrementaron su promedio de consumo de calorías cuando tuvieron disponible la glucosa; y, 6) no presentaron modificaciones en el peso corporal.

Estos resultados confirman lo obtenido en los Experimentos 1 y 2. Los sujetos no presentan grandes bebidas de agua+sucralosa a pesar de tener un historia de acceso a otro endulzante (agua+glucosa). Al parecer, la historia de acceso a otro endulzante no representa un estímulo lo suficientemente fuerte para establecer la respuesta de la gran bebida con la sucralosa. Esto confirmaría que el contenido calórico de la glucosa es el elemento que propicia las grandes bebidas.

Agmo y Marroquín (1997) señalaron que hay al menos tres razones por las que un endulzante sin calorías resulta inefectivo para condicionar ciertas respuestas en los animales: 1) no hace posible establecer una asociación entre el ambiente y un estado de afecto positivo en el sujeto; 2) al parecer, la estimulación gustatoria no induce a un estado afectivo capaz de inducir una conducta consumatoria; y, 3) los endulzantes artificiales como la sacarina o la sucralosa son más débiles que la glucosa para producir respuestas a largo plazo. Los autores sugirieron que el impacto del endulzantes

artificiales se reduce gradualmente a partir de la ausencia de efectos postingestivos. Agregaron que aunque contengan un sabor agradable para el sujeto, éste no es suficiente para establecer respuestas definitivas.

Parece que los efectos postingestivos de los endulzantes, combinados con la estimulación gustatoria que produce el sabor dulce conducen a un afecto positivo que determina una respuesta consumatoria. Según lo obtenido en nuestro experimento, el sabor por sí solo no produce tal efecto. Probablemente el sabor puede facilitar el aprendizaje de ciertas conductas e incrementar la motivación de los animales para terminar con un tarea específica, pero en nuestro caso particular, es el efecto postingestivo lo que determinó los grandes consumos de bebida.

Respecto al consumo de alimento, se observó que los sujetos consumieron prácticamente la misma cantidad de alimento durante todas las fases experimentales, aunque hubo una pequeña disminución cuando la glucosa estuvo disponible. Durante el Experimento 1, el decremento en el consumo de alimento cuando había glucosa disponible fue mayor. Al parecer, el número de días de acceso a la glucosa pudo afectar este patrón de consumo: en el Experimento 1 los animales tuvieron acceso al endulzante con calorías durante ocho días, mientras que en el Experimento 3 solamente fueron 5 los días de acceso. Estudios en humanos y animales han demostrado que el consumo de endulzantes tiene un efecto en el patrón de consumo de otros alimentos y también sobre el peso corporal (Kanders, 1988; Rogers, 1988). No obstante, en este estudio no se observaron efectos en el peso corporal de los sujetos.

Por su parte, Prat-Larquemin, Oppert, Bellisle y Guy-Grand (2000) realizaron un experimento en el que expusieron a un grupo de sujetos humanos a tres tipos de quesos. Cada queso estaba endulzado con maltodextrina, aspartame o sucrosa. Encontraron que los sujetos consumieron más cantidad de queso endulzado con maltodextrina o

aspartame (los dos son edulcorantes artificiales) que de queso endulzado con sucrosa. Los autores concluyeron que el contenido energético de la sucrosa permitió que el sujeto se saciara más rápido, por lo que se consumió menor cantidad.

Finalmente, otra dato de interés encontrado en este experimento fueron las diferencias en los patrones de consumo y distribución de calorías entre hembras y machos. Las hembras consumieron mayor cantidad de glucosa que los machos, de igual forma, consumieron más calorías de la glucosa que del alimento, situación que no ocurrió con los machos. Drewnowski y Greenwood (1983) señalaron que el desarrollo de preferencias por alimentos dulces es extensivo en animales y humanos por igual. Sin embargo, las mujeres y hembras parecen ser más sensibles a las comidas dulces en comparación con su contraparte masculina. Dalvit (1981) reportó que este comportamiento se debe a que las mujeres incrementan significativamente su ingesta calórica durante la fase luteínica de su ciclo menstrual, cuando se presentan picos de producción de progesterona. Lo que indica que las mujeres aumentan un 10% su consumo de alimentos durante la fase postovulatoria, sobre todo de alimentos dulces. Este estado biológico podría ser responsable de estos patrones de consumo.

CONSUMO DE AGUA, GLUCOSA Y SUCRALOSA

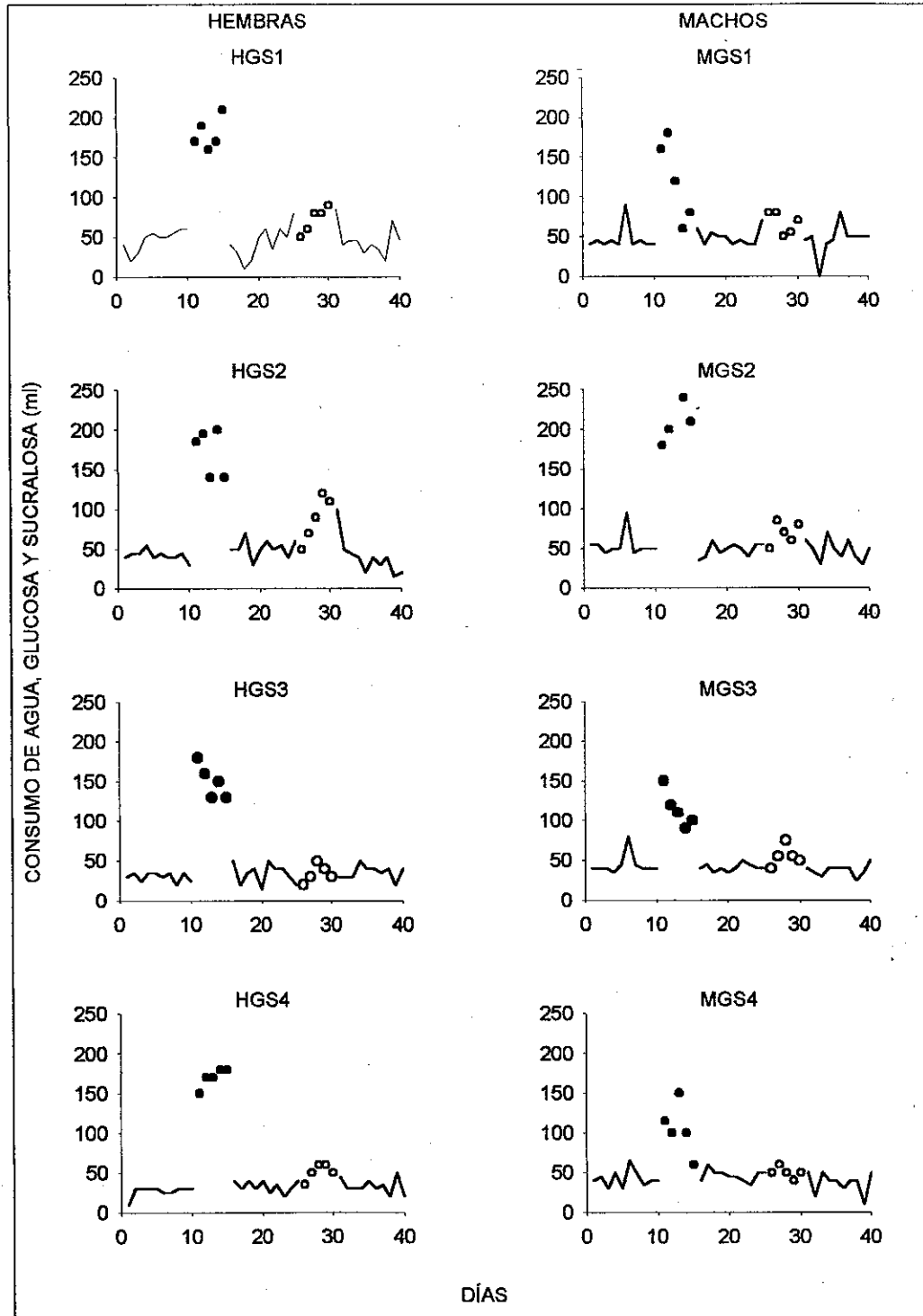


FIGURA 11. Consumo de agua, glucosa y sucralosa. Se muestra el consumo de líquido de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua); los círculos negros la Fase 2 (alimento+glucosa) y los círculos blancos la Fase 4 (alimento+sucralosa).

CONSUMO DE ALIMENTO

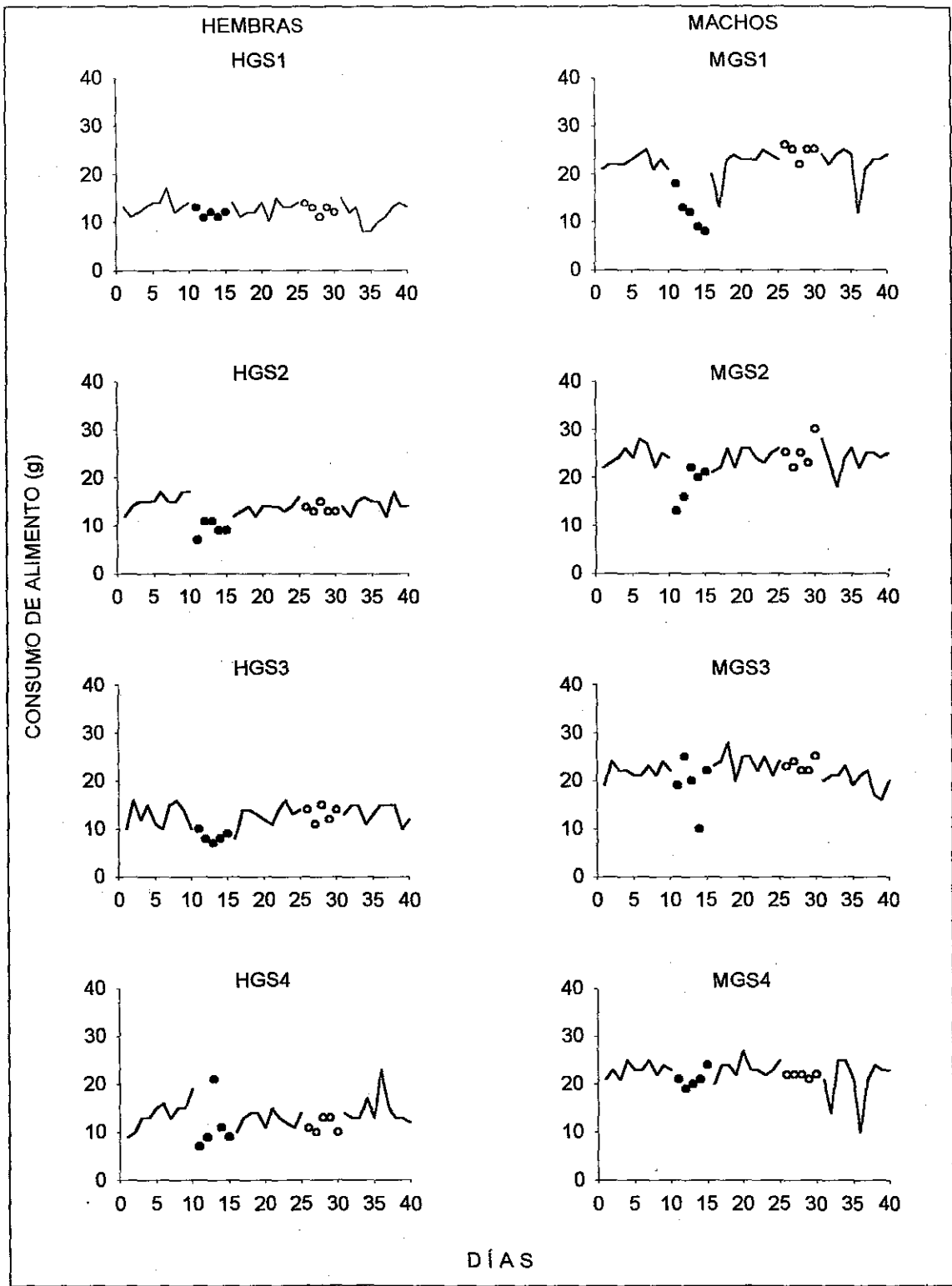


FIGURA 12. Consumo de alimento. Se muestra el consumo de alimento de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua), los círculos negros la Fase 2 (alimento+glucosa) y los círculos blancos la Fase 4 (alimento+sucralosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

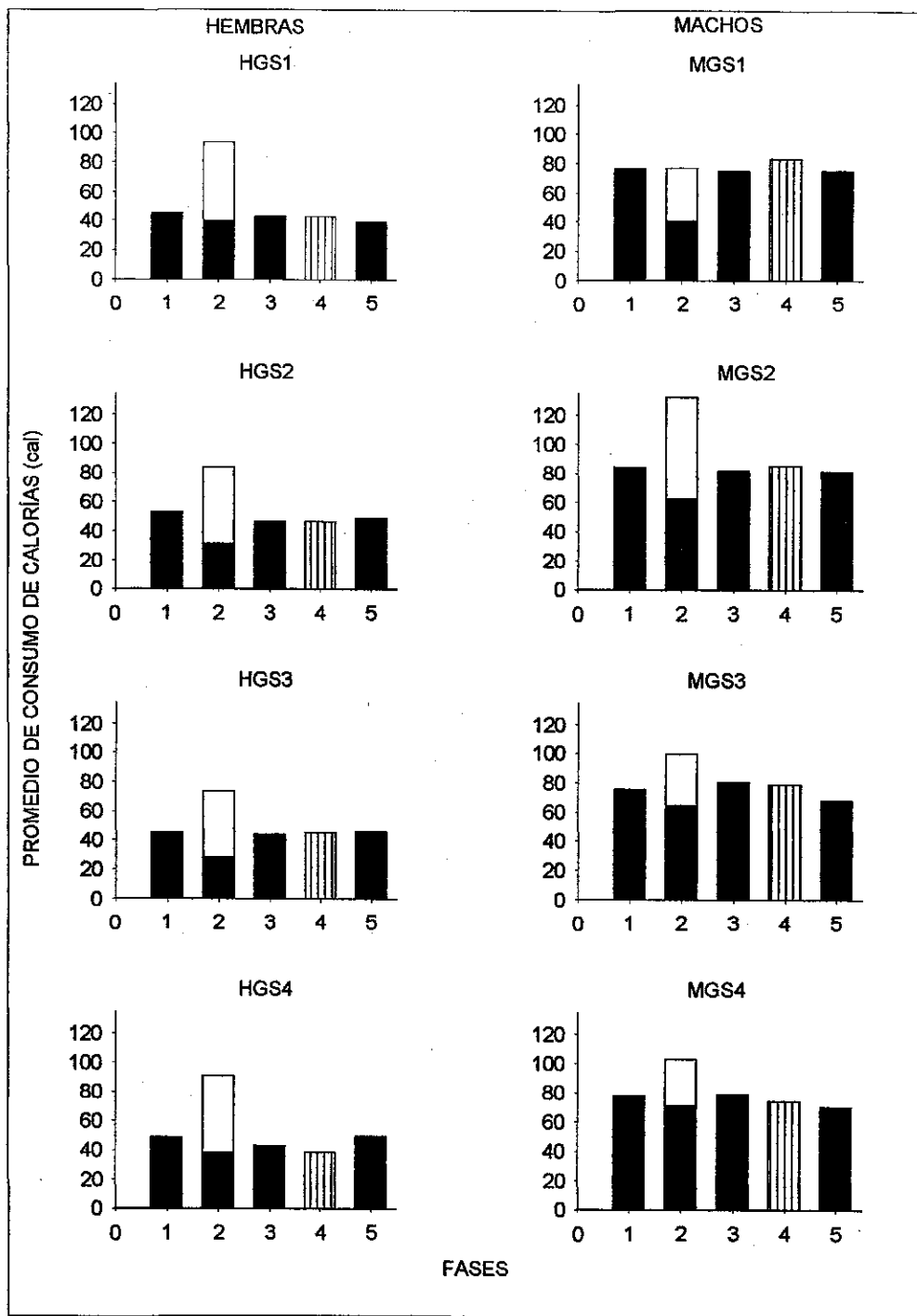


FIGURA13. Promedio de consumo de calorías. Se muestra el promedio de consumo de calorías de cada fase experimental de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La barra color negro representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua), la barra negro/blanco la Fase 2 (negro=alimento, blanco=glucosa) y la barra a rayas la Fase 4 (alimento+sucralosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA, GLUCOSA Y SUCRALOSA;
ALIMENTO Y CALORÍAS

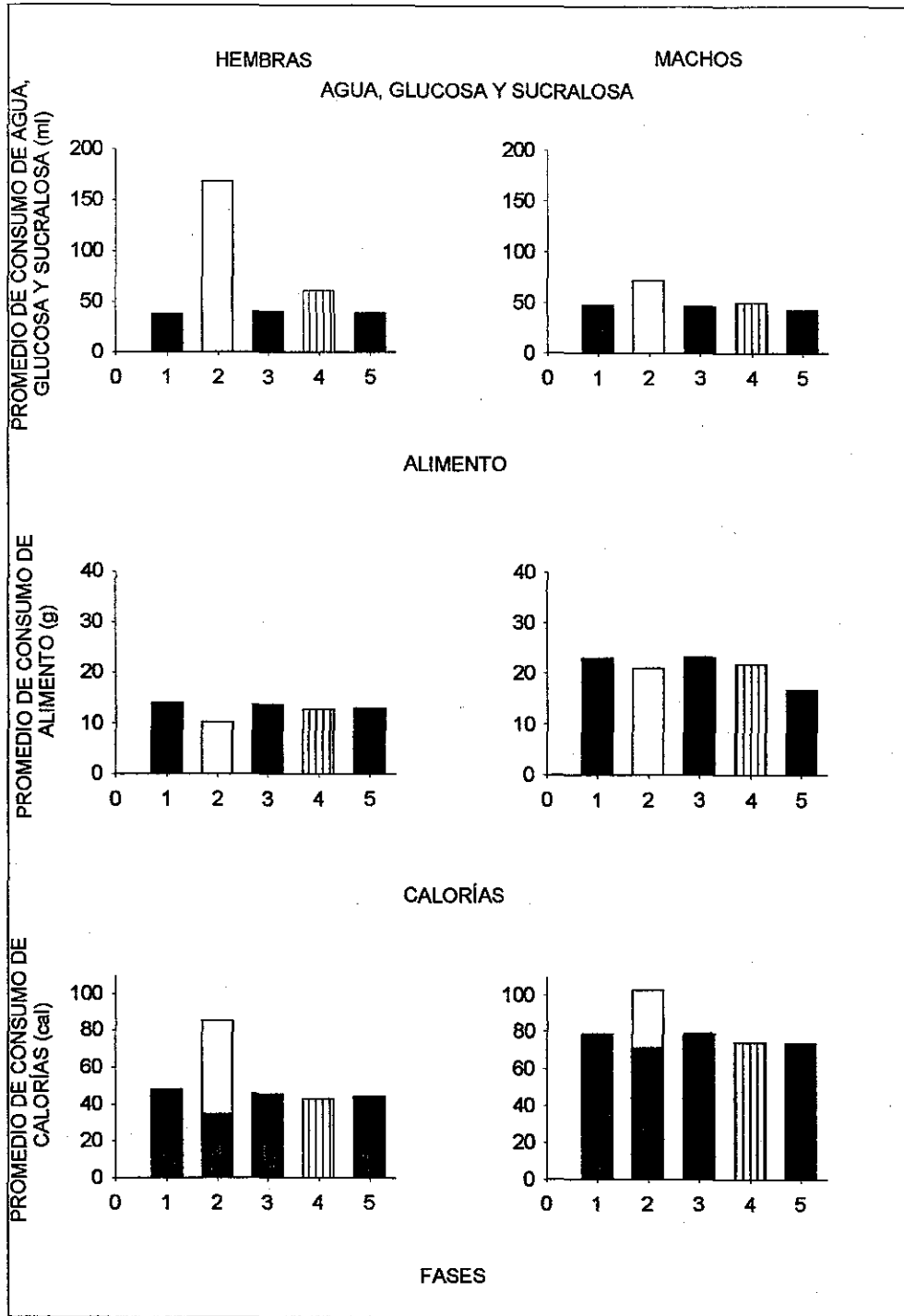


FIGURA 14. Promedio de consumo de agua, glucosa y sucralosa; alimento y calorías en el panel superior, central inferior respectivamente. El promedio de consumo de cada fase se representado por una barra. La barra color negro representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua), la barra color negro/blanco la Fase 2 (negro=alimento, blanco=glucosa) y la barra a rayas la Fase 4 (alimento+sucralosa).

PESO CORPORAL

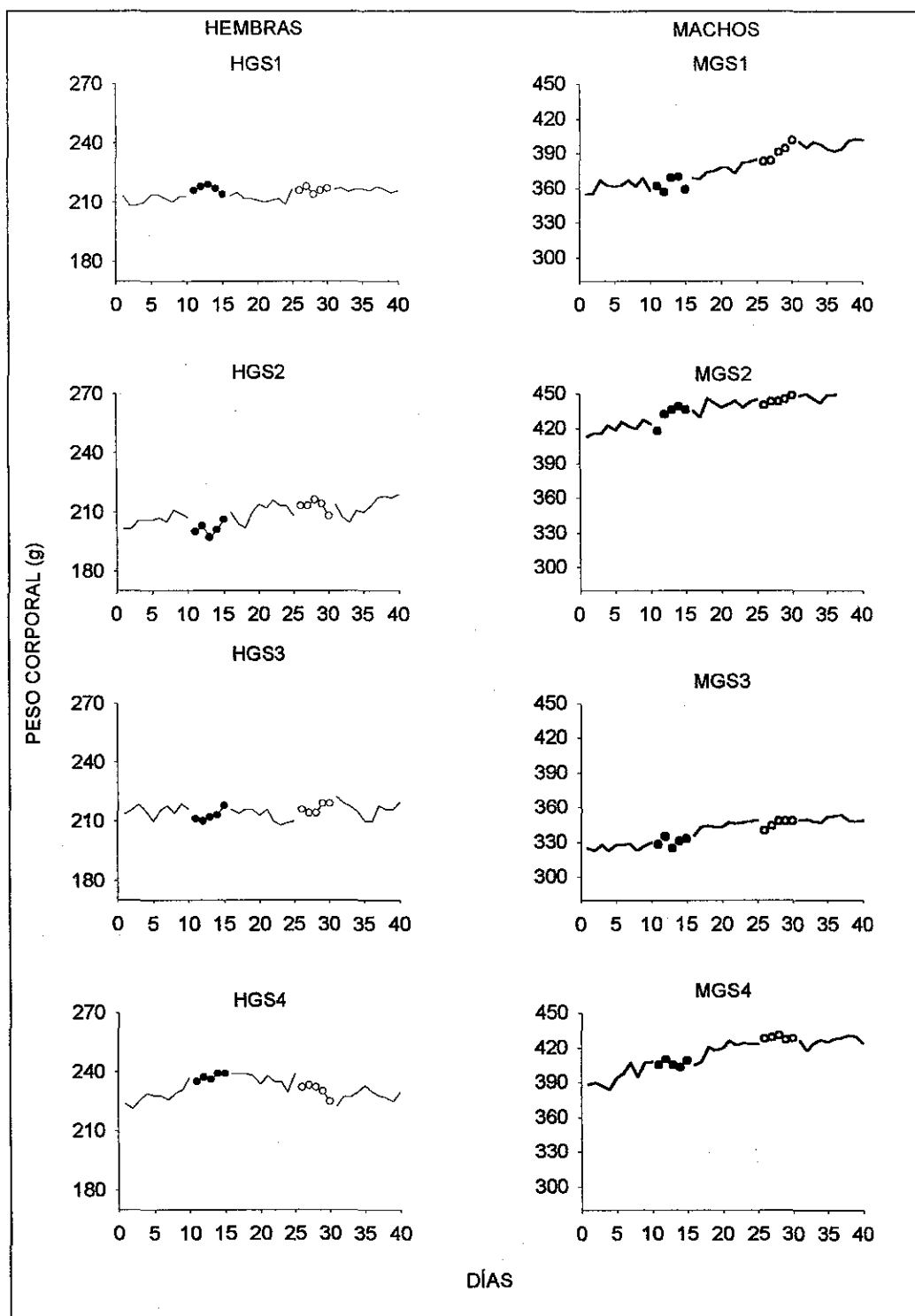


FIGURA15. Peso corporal. Se muestra el peso corporal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua); los círculos negros la Fase 2 (alimento+glucosa) y los círculos blancos la Fase 4 (alimento+sucralosa).

9. EXPERIMENTO 4. PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA SECUENCIA SUCRALOSA-GLUCOSA BAJO CONDICIONES DE LIBRE ACCESO

En el Experimento 2 se observó que los animales: 1) mostraron grandes bebidas cuando fueron expuestos a una solución compuesta de agua y glucosa; y, 2) no mostraron grandes bebidas cuando fueron expuestos a una solución compuesta de agua y sucralosa. Estos resultados sugieren que los animales muestran grandes consumos de agua endulzada mientras la solución disponible contenga calorías. Sin embargo, la secuencia en la que los animales recibieron los endulzantes podría intervenir para que se obtuvieran estos resultados. Holman (1975) y Rozin (1995) reportaron que la historia previa de sabores puede alterar el consumo de nuevos alimentos.

Otros estudios han enfatizado la importancia de la adaptación a sabores que muestran los animales en diversos procedimientos experimentales. Theunissen, Polet, Cróese y Schifferstein (2000) señalaron que una exposición prolongada al estímulo tiene como resultado un decremento gradual de la percepción de la intensidad del sabor. En base a estas evidencias, se propone modificar la secuencia en la que los animales reciben los endulzantes. Si la historia experimental previa de consumo de un endulzante tiene como resultado un decremento, es posible que los animales que recibieron la sucralosa después de consumir grandes cantidades de agua con glucosa no mostraron grandes bebidas a partir de la adaptación al sabor dulce. Por esta razón, el objetivo del Experimento 4 es replicar los resultados del Experimento 3 alterando la secuencia en la que los animales reciben los endulzantes.

Método

Sujetos

Ocho ratas de la cepa Wistar, cuatro hembras (HSG1, HSG2, HSG3 y HSG4) y cuatro machos (MSG1, MSG2, MSG3 y MSG4), ingenuos y con tres meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Los mismos que se utilizaron en el Experimento 3.

Procedimiento

El mismo que se utilizó en el Experimento 1, 2 y 3.

Diseño experimental

El mismo diseño experimental que se utilizó en el Experimento 3. Excepto que los animales recibieron la solución *agua+sucralosa* durante la fase 2 y la solución *agua+glucosa* durante la fase 4 (Tabla 4).

Tabla 4. Diseño del Experimento 4

	FASES				
	1	2	3	4	5
SUJETOS N=8	alimento+ agua	alimento+ agua+sucralosa	alimento+ agua	alimento+ agua+glucosa	alimento+ agua
DÍAS	1-10	11-15	16-25	26-30	31-40

Resultados

El consumo de líquido y alimento se muestra en las Figuras 16 y 17 respectivamente. Las líneas continuas representan las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua). Los círculos blancos representan la fase 2 (alimento+sucralosa) y los negros la fase 4 (alimento+glucosa). El eje de las abscisas muestra el consumo de alimento o líquido y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Los datos individuales de hembras y machos se presentan en las columnas izquierda y derecha respectivamente.

Los datos obtenidos del consumo de líquido que se muestran en la Figura 16 exhiben diferencias de los patrones de consumo de agua, agua+sucralosa y

agua+glucosa. Se observó que los sujetos presentaron grandes bebidas de agua+glucosa de hasta 150ml en las hembras y 200ml en los machos durante la fase 4. Estas grandes bebidas fueron incrementándose gradualmente. Durante el resto de las fases experimentales no se observaron diferencias importantes.

El consumo de agua durante las fases 1, 3 y 5 y de agua+sucralosa durante la fase 2 fue similar. Las hembras consumieron un promedio de 40ml y los machos de 50ml, a excepción del sujeto HSG3 quien consumió una mayor cantidad de agua+sucralosa los tres primeros días de acceso a esta solución. No se observaron diferencias entre los patrones de consumo de hembras y machos.

En la Figura 17 se muestra el consumo de alimento. Se observó que los sujetos decrementaron su consumo de alimento durante la fase 4, es decir, cuando tuvieron disponible la solución de agua+glucosa, mientras que durante las otras fases el consumo de alimento fue similar. Las hembras consumieron un promedio de 12g y los machos 23g cuando no había glucosa disponible. Cuando la glucosa estuvo presente, las hembras decrementaron su consumo de alimento a 6g y los machos a 10g.

Durante la última fase del experimento se observó que los machos presentaron una gran comilona en el primer día de acceso, mientras que las hembras no presentaron esta respuesta. Esta última fase es subsecuente a la fase en la que tuvieron disponible la solución de agua+glucosa. Esta respuesta no se observó en fase 3 (subsecuente a la fase 2 en la que estuvo disponible la solución de agua+sucralosa).

La Figura 18 muestra el promedio de consumo de calorías en alimento y líquido. Las barras representan cada una de las fases experimentales. La barra color negro representa el consumo de calorías de las fases 1, 3 y 5, la barra a rayas representa las calorías obtenidas durante la fase 2 y la barra de color blanco y negro la fase 4 (negro

representa las calorías obtenidas del alimento y blanco las calorías obtenidas de la bebida).

Los datos mostraron que las hembras (columna izquierda) consumieron un promedio de 40 calorías durante las fases 1, 2, 3 y 5, mientras que en la fase 4 aumentaron su promedio de consumo a 48 calorías. Por su parte, los machos (columna derecha) consumieron un promedio de 80 calorías por fase durante todo el experimento, es decir, no se observaron diferencias de consumo entre las cinco fases experimentales. Respecto a la distribución de calorías en la fase 4 (barra blanco y negro) se observó que las hembras y los machos obtuvieron 50% de calorías del alimento y 50% de la solución de agua+glucosa.

La Figura 19 muestra el promedio de consumo de líquido, alimento y calorías en los paneles superior, central e inferior respectivamente. Se muestra el promedio de consumo de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha. Cada barra representa una fase experimental: el color negro representa las fases 1,3 y 5 (agua), el rayado la fase 2 (agua+sucralosa) y el blanco la fase 4 (agua+glucosa).

Los datos mostraron que los animales incrementaron su promedio de consumo de bebida durante la fase 4 (agua+glucosa) respecto al resto de las fases experimentales. Las hembras consumieron un promedio de 30ml en las fases 1,2, 3 y 5 y un promedio de 100ml durante la fase 2. Los machos consumieron un promedio de 50ml en las fases 1, 2, 3 y 5 y un promedio de 130ml durante la fase 2.

En el panel central se observa el promedio de consumo de alimento. Las hembras consumieron un promedio de 12g de alimento durante las fases 1, 2, 3 y 5. en la fase 4 disminuyeron su consumo a 5g. En los machos se observó la misma respuesta, mantuvieron su consumo de comida en un promedio de 20g en las fases 1, 2, 3 y 5, mientras que en la fase 4 disminuyeron su promedio de ingesta a 10g.

El promedio de consumo de calorías que se observa en el panel inferior mostró que mientras los machos mantuvieron el mismo promedio de consumo durante todo el experimento (80 calorías), las hembras aumentaron su promedio de consumo en la fase 4 (50 calorías) respecto a las otras fases experimentales (40 calorías). La distribución de calorías de la fase 4 mostró que los machos obtuvieron 40 calorías del alimento y 40 calorías de la solución de agua+glucosa. Por su parte, las hembras obtuvieron un promedio de 20 calorías del alimento y 30 calorías de la solución de agua+glucosa.

La Figura 20 contiene los datos obtenidos del registro diario del peso corporal. Las líneas continuas representan las fases 1, 3 y 5, los círculos blancos la fase 2 y los círculos negros la fase 4. No se observaron cambios en el peso corporal durante las fases experimentales en todos los sujetos. Hembras y machos mantuvieron constante su curva de crecimiento natural.

Discusión

Los datos mostraron que los sujetos: 1) no presentaron grandes bebidas de agua+sucralosa; 2) presentaron grandes bebidas de agua+glucosa a pesar de tener una historia de consumo de una solución de agua+sucralosa; 3) disminuyeron su consumo de alimento cuando tuvieron disponible la solución agua+glucosa; 4) las hembras incrementaron su consumo de calorías cuando la glucosa estuvo disponible; 5) los machos mantuvieron estable su consumo calórico durante todo el experimento; y, 6) no se observaron modificaciones en la curva de crecimiento del peso corporal.

Estos resultados confirman que la historia de consumo de un endulzante no propicia las grandes bebidas. En el Experimento 3, los animales fueron expuestos a periodos de libre acceso a agua y alimento seguidos de periodos de acceso a una solución de agua+glucosa y de agua+ sucralosa. Se presentaron grandes bebidas de agua+glucosa. En el presente experimento se invirtió la fase de acceso a los

endulzantes, es decir, primero se expuso a la solución de agua+sucralosa y después a la solución de agua+glucosa. El objetivo fue determinar si la historia de consumo intervenía como factor para la emisión de la respuesta de la gran bebida.

Los datos de de los experimentos reportados en este trabajo señalan que la gran bebida se presenta solamente con la presencia de glucosa, sin importar: 1) el sabor dulce de la sucralosa; 2) los días de acceso a los endulzantes; 3) la historia de consumo de endulzantes con calorías; y, 4) la historia de consumo de endulzantes sin calorías.

Theunissen, Polet, Króese y Schifferstein (2000) señalaron que a través de una prolongada exposición al estímulo, se obtiene un decremento gradual de la percepción de la intensidad del sabor. Realizaron experimentos en los que se investigó si la adaptación a un sabor ocurre mientras se come un yogurt. Concluyeron que la adaptación un sabor puede ser moderada, fuerte o completa. Durante la conducta de comer, la presencia de saliva, las interacciones entre sabores y olores, y los movimientos de la boca puede influir en tiempo que se tarda un organismo en adaptarse a un sabor.

Sin embargo, en el caso particular del Experimento 4, la adaptación al sabor podría haber ocasionado que los sujetos, al ser expuestos en primer lugar al endulzante sin calorías (sucralosa) mostrarán el fenómeno de adaptación al sabor y que, cuando estuvieron expuestos al endulzante con calorías (glucosa) ya no presentaran las grandes bebidas. Como se observó en los resultados, los sujetos siguieron mostrando la respuesta de la gran bebida, por lo que, no es posible afirmar que se experimentó una adaptación al sabor.

Por su parte, Halpern (1985) describió un experimento en el cual el fenómeno de adaptación al sabor fue medido durante la conducta de beber de un grupo de personas. Los sujetos tomaban un sorbo de una mezcla de sucrosa y ácidos cítricos durante

intervalos de tiempo específicos y se estimó el total de la intensidad de la mezcla después de cada sorbo. Después de ocho sorbos los sujetos redujeron su conducta inicial hasta 17%. El autor encontró que dependiendo de la dosis de sucrosa utilizada, el nivel de la adaptación a sabor era determinado. Probablemente la variación de la dosis o la utilización de otros sabores podría llegar a afectar la presencia de la gran bebida de agua+glucosa. Lo que representa otras líneas de investigación que pueden ayudar a profundizar en el estudio de esta conducta.

CONSUMO DE AGUA, SUCRALOSA Y GLUCOSA

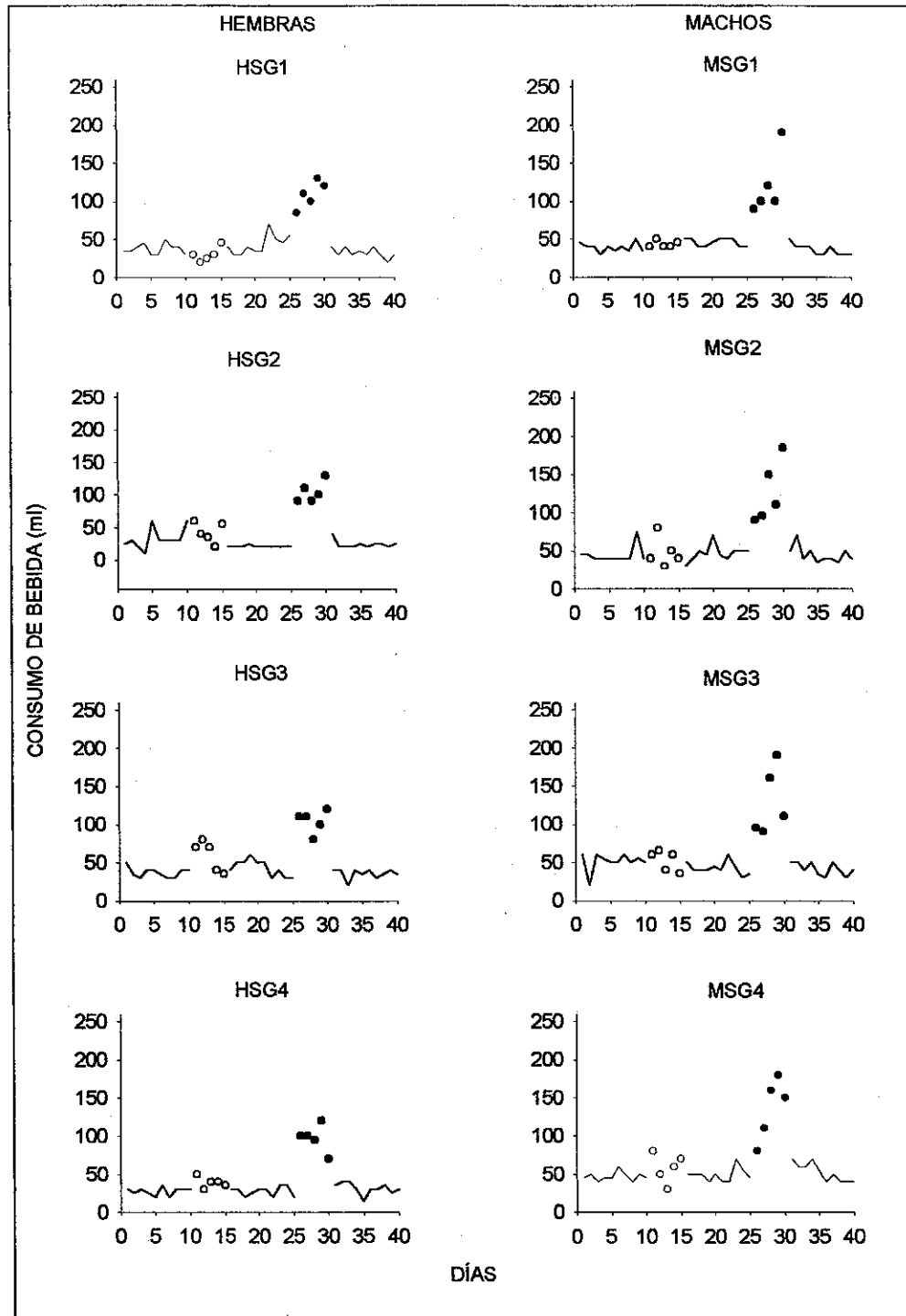


FIGURA 16. Consumo de agua, sucralosa y glucosa. Se muestra el consumo de bebida de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua), los círculos blancos la Fase 2 (alimento+sucralosa) y los círculos negros la Fase 4 (alimento+glucosa).

CONSUMO DE ALIMENTO

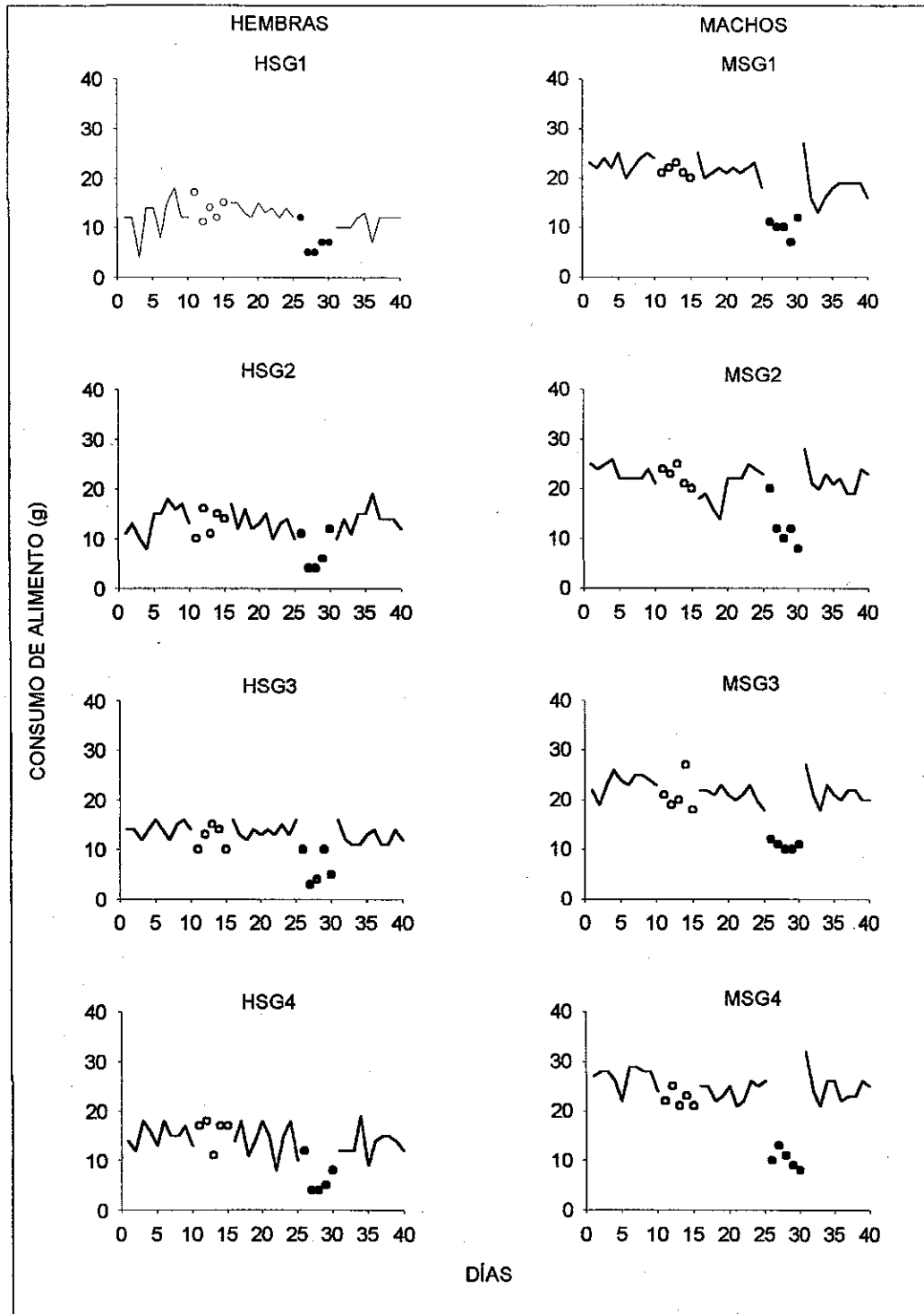


FIGURA 17. Consumo de alimento. Se muestra el consumo de alimento en hembras y machos respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua), los círculos blancos la Fase 2 (alimento+sucralosa) y los círculos negros la Fase 4 (alimento+glucosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

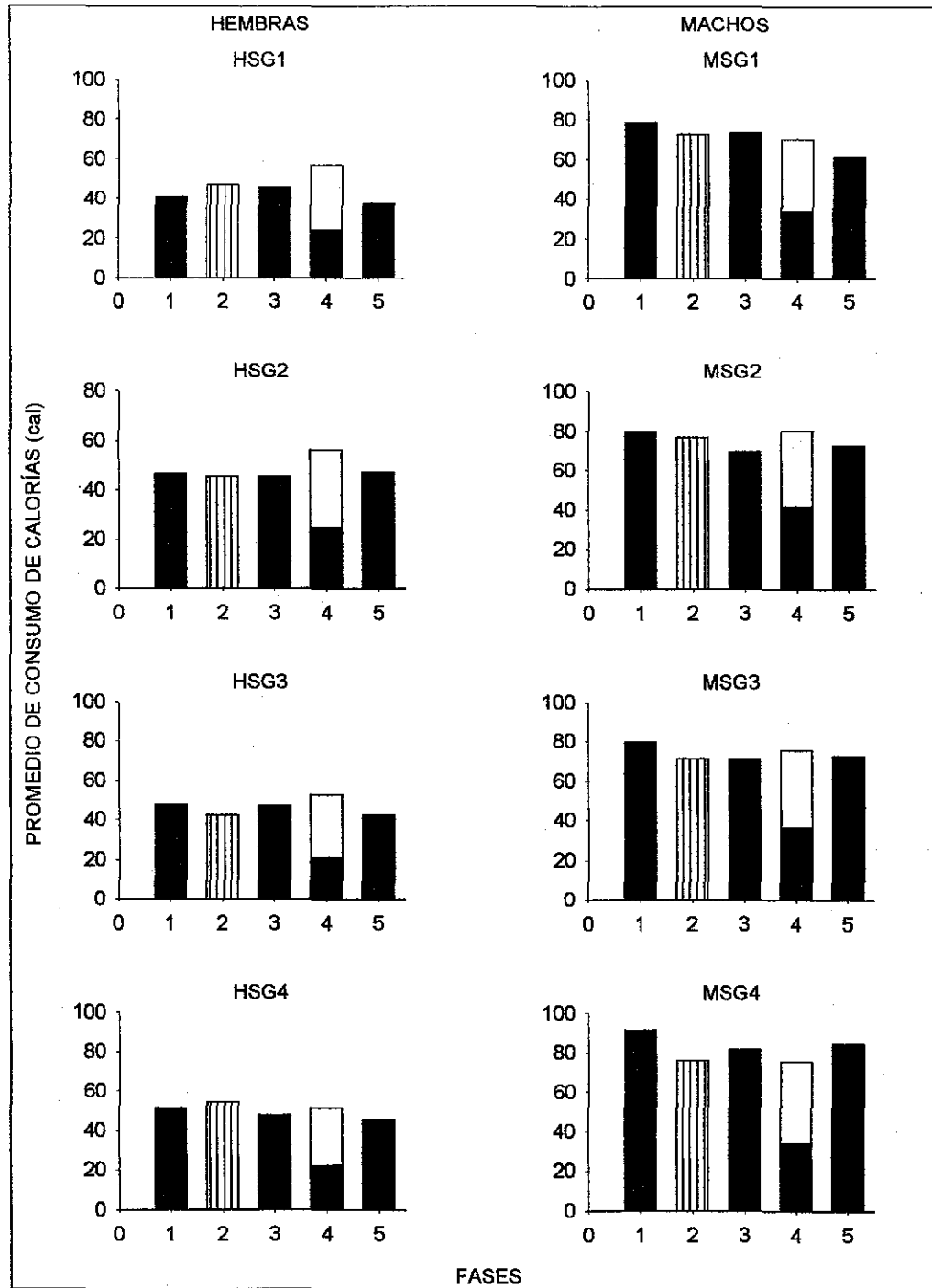


FIGURA 18. Promedio de consumo de calorías. Se muestra el promedio de consumo de calorías de cada Fase experimental de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La barra color negro representa el consumo de calorías de las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua); la barra a rayas la Fase 2 (alimento+ sucralosa) y la barra negro/blanco la Fase 4 (negro=alimento, blanco=glucosa).

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA, SUCRALOSA Y GLUCOSA;
ALIMENTO Y CALORÍAS

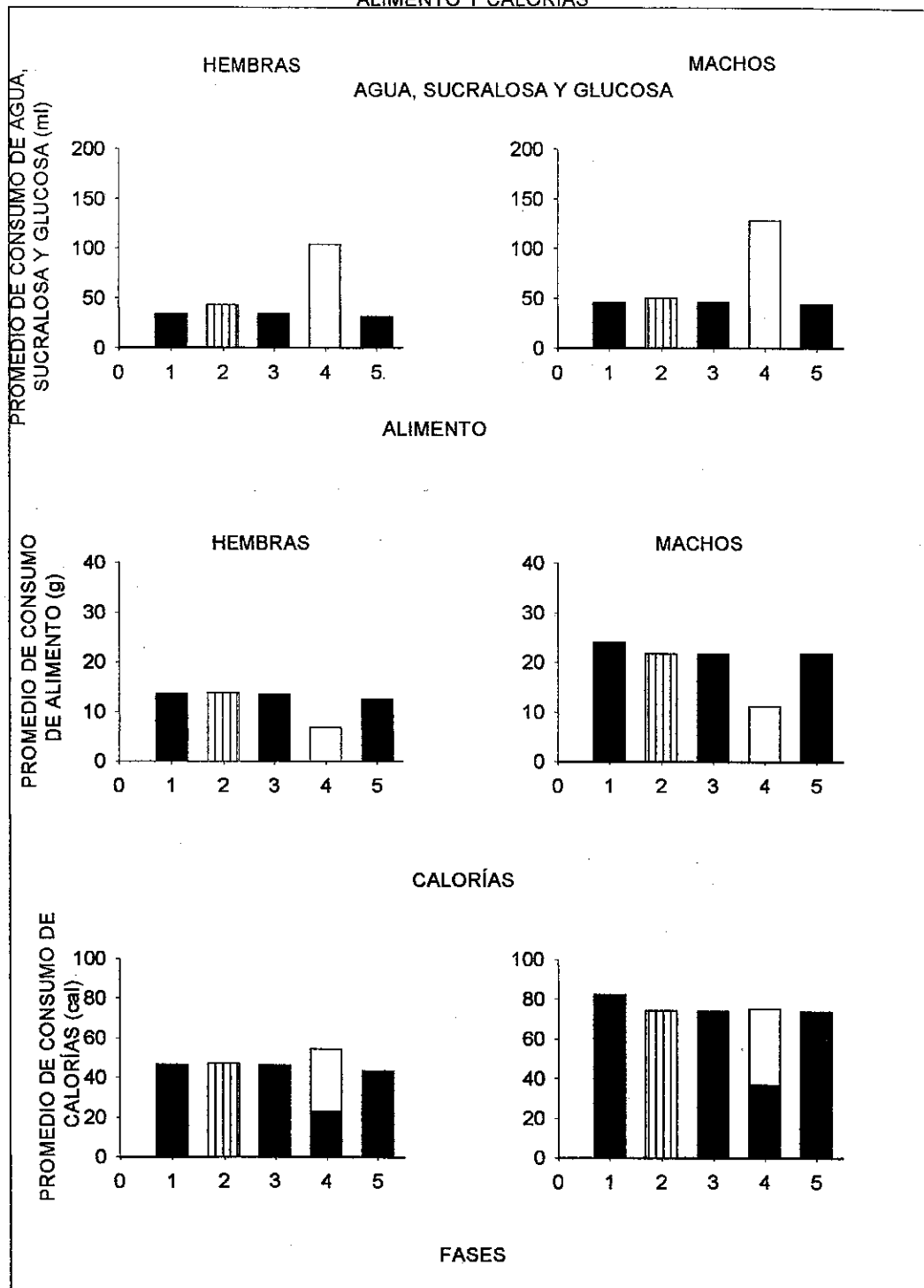


FIGURA 19. Promedio de consumo de agua, sucralosa y glucosa; alimento y calorías en el panel superior, central e inferior respectivamente. El promedio de consumo de cada Fase es representado por una barra. La barra color negro representa las fases 1, 3 y 5 (agua+alimento); la barra a rayas la Fase 2 (alimento+sucralosa) y la barra negro/blanco la Fase 4 (negro=alimento, blanco=glucosa).

PESO CORPORAL

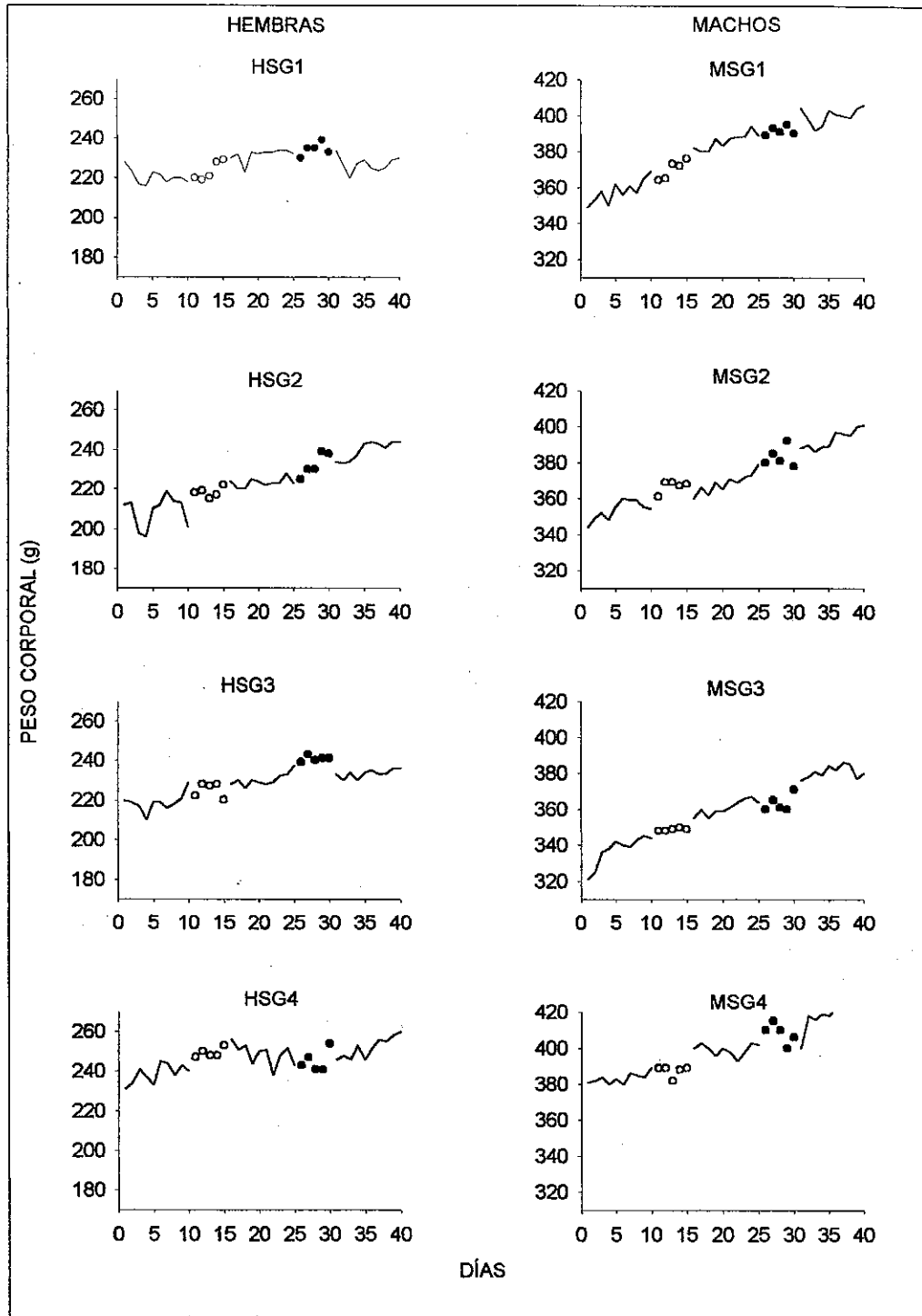


FIGURA 20. Peso corporal. Se muestra el peso corporal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5 (alimento+agua), los círculos blancos la Fase 2 (alimento+sucralosa) y los círculos negros la Fase 4 (alimento+glucosa).

10. EXPERIMENTO 5. CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA ADICIÓN DE GLUCOSA Y SUCRALOSA BAJO CONDICIONES DE LIBRE ACCESO EN *OCTODONES*.

Se observó previamente que las ratas consumieron grandes cantidades de agua endulzada con glucosa bajo condiciones de libre acceso. No obstante, cuando tuvieron disponible agua endulzada con sucralosa no se presentaron las grandes bebidas. El resultado fue similar a pesar de modificar la secuencia de presentación del endulzante. A partir de estas evidencias, el objetivo del Experimento 5 es replicar los resultados obtenidos en ratas con otra especie de roedor: el *Octodón-degú*.

Los *octodones* (o degús) son roedores herbívoros. Pertenecen al grupo de los *octodóntidos*, caracterizados porque sus muelas presentan pliegues en forma de un número ocho. De allí su nombre de *octodón*. Estos animales proceden de América del sur, específicamente de Perú y Chile (Saavedra y Simonetti, 2003). Se han utilizado como animales de laboratorio para diversos estudios (Ebensperguer, Hurtado, Soto-Gamboa, Lacey y Chang, 2004; Bozinovic y Gallardo, 2006; Veloso y Bozinovic, 2000).

Una de sus características de mayor interés científico es su dificultad para metabolizar los azúcares. Los degús pueden consumir algunas frutas y vegetales, pero si tienen alto contenido de azúcares pueden sufrir alteraciones en su aparato digestivo. Otra de sus características alimentarias consiste en la limitada respuesta para beber agua. Generalmente, los degús salvajes obtienen el agua de los vegetales que comen. Por el contrario, los degús de laboratorio beben pocas cantidades de agua cuando son alimentados con comida especial para animales de laboratorio y dejan de beber agua cuando son alimentados con vegetales (Cortés, Rosenmann y Bozinovic, 2000).

A partir de estas características, el octodón resulta un sujeto experimental de especial interés para evaluar la conducta de la gran bebida de endulzantes. Cortés,

Rosenmann y Bozinovic (2000) reportaron que los octodones representan una especie propensa a desarrollar diabetes. Por su parte, Bozinovic y Gallardo (2006) observaron que dentro y fuera del laboratorio, los octodones son incapaces de mostrar grandes consumos de agua. Es por ello que el interés en replicar los resultados previamente obtenidos en ratas con otra especie de roedor. Si el octodón muestra grandes consumos de agua endulzada podría indicar que ante fuertes estímulos ambientales (sabor, contenido energético) puede modificar conductualmente su patrón de consumo; o bien, si no se presentan las grandes bebidas, podría indicar que esta especie no modifica su respuesta de consumo ni siquiera ante estímulos poderosos como el sabor o el contenido energético de los endulzantes. Adicionalmente, será posible comparar los patrones alimentarios de bebida de endulzantes entre ratas y octodones, por lo que, en el presente experimento solo se midió el patrón de consumo del octodón de alimento y bebida. La finalidad es la de profundizar en el conocimiento de la respuesta de ingestión de bebidas endulzadas en roedores.

Método

Sujetos.

Ocho octodones: cuatro hembras (OCH1, OCH2, OCH3 y OCH4) y cuatro machos (OCM1, OCM2, OCM3 y OCM4). Ingenuos y con un año y cuatro meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Se utilizaron ocho cajas-habitación individuales con una reja metálica en la parte superior y una división para comederos y bebederos. Para el registro del consumo de alimento y peso corporal se utilizó una báscula electrónica de precisión. Pienso especial para roedores de laboratorio de la marca *Harlan global diet* fue el alimento proporcionado. Su fórmula nutricional es la siguiente: agua 12%, proteínas 14.6%,

grasas 4%, fibra 4.5% y cenizas 4.7%. Como bebida se utilizó agua y durante la manipulación experimental se proporcionó una solución compuesta de glucosa diluida en agua al 8% (15g de glucosa por cada 200ml) y una solución de agua con sucralosa al 2% (4g de sucralosa por cada 200ml). El líquido se proporcionó en bebederos graduados de 200ml.

Procedimiento

Los sujetos fueron identificados con un número de registro, fecha de nacimiento y peso corporal al inicio del experimento y fueron colocados en cajas-habitación individuales. El consumo de agua y comida se registró diariamente a las 9:00 de la mañana. Para el pesaje se tomaba la caja habitación y se trasladaba a la mesa de trabajo en la que se encontraba la báscula utilizada para el registro. Se registró el consumo de alimento por gramo consumido y el consumo de agua por mililitro consumido. Para calcular las calorías consumidas en el alimento se determinó el número de calorías que aporta el alimento (*Harlan global diet*) por gramo (3.3 calorías). Esta cantidad se multiplicó por el número de gramos consumidos diariamente para obtener el consumo de calorías diario.

Diseño experimental

El experimento se dividió en cinco fases. Todos los sujetos recibieron 50g de alimento y 200ml de bebida disponible diariamente bajo condiciones de libre acceso. Se formaron dos grupos conformados por cuatro sujetos (dos hembras y dos machos). En la primera fase, el grupo glucosa-sucralosa recibió alimento y agua durante cinco días consecutivos. En la segunda fase fueron expuestos alimento y una solución compuesta de agua + glucosa durante tres días. Retornaron a condiciones de línea base durante cinco días en la tercera fase. En la cuarta fase recibieron alimento y una solución compuesta de agua + sucralosa durante tres días. Finalmente recibieron alimento y agua

en la última fase. El grupo sucralosa-glucosa recibió el mismo tratamiento, excepto que durante la segunda fase fueron expuestos a la solución de agua + sucralosa y durante la cuarta fase a la solución agua + glucosa. El Experimento 5 tuvo una duración de 21 días (Tabla 5). El número de días de acceso a los endulzantes fue más breve que el utilizado en las ratas albinas debido a las características alimentarias del octodón. De igual forma, las condiciones del animalario de la Universidad de Murcia (lugar en el que se llevó a cabo este experimento) no permitieron obtener mediciones sobre el peso corporal de los octodones, debido a la falta de una pesa especial para esta tarea. Únicamente se cuenta con los datos del peso inicial y peso final de cada sujeto.

TABLA 5. Diseño del Experimento 5

SUJETOS	GRUPOS	FASES				
		1	2	3	4	5
N=8	glucosa-sucralosa	alimento+ agua	alimento+ agua+glucosa	alimento+ agua	alimento+ agua+sucralosa	alimento+ agua
	sucralosa-glucosa		alimento+ agua+sucralosa		alimento+ agua+glucosa	
DÍAS		1-5	6-8	9-13	14-16	17-21

Resultados

Las Figuras 21, 22, 23 y 24 muestran los datos individuales del registro diario del consumo de líquido y alimento de los grupos glucosa-sucralosa y sucralosa-glucosa. Las líneas continuas representan las fases 1, 3 y 5 (alimento + agua). Las fases 2 y 4 (alimento + agua + glucosa/sucralosa) están representadas por los círculos. Los círculos negros representan la glucosa y los blancos la sucralosa. El eje de las abscisas muestra el consumo de bebida o alimento y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Cada gráfica representa los registros individuales de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente.

La Figura 21 muestra el consumo de líquido del grupo que recibió la secuencia glucosa-sucralosa. Los sujetos mantuvieron estable el consumo de agua durante las fases 1, 3 y 5, consumiendo un promedio de 20ml. No se observaron variaciones en el consumo de agua antes o después de adicionar glucosa o sucralosa. Durante la fase 2 en la que se adicionó glucosa al agua, los sujetos incrementaron su consumo de líquido respecto al consumo registrado en las fases sin el endulzante. El patrón de consumo de agua+glucosa fue variable en los cuatro sujetos. Para los sujetos OCH1 y OCM2 inició con un incremento seguido de un decremento y un nuevo incremento en el consumo. Para los sujetos OCH2 y OCM1 el consumo de agua+glucosa se incrementó gradualmente los primeros dos días de acceso, finalizando con un leve decremento. No obstante la reducción en el consumo de agua+glucosa no disminuyó hasta alcanzar el promedio de consumo de agua de las fases 1, 3 y 5. Durante la fase 4 los sujetos recibieron la sucralosa en el agua. Se observó que durante el primer día de acceso, todos los sujetos incrementaron su consumo de bebida que disminuyó gradualmente hasta alcanzar el promedio de consumo de agua de las fases 1, 3 y 5 en las hembras, mientras que en los machos alcanzó este promedio de consumo desde el segundo día de acceso.

El consumo de líquido del grupo sucralosa-glucosa se muestra en la Figura 22. Los sujetos consumieron un promedio de 20ml de agua durante las fases 1, 3 y 5. Cuando recibieron la sucralosa en la fase 2, las hembras consumieron 50ml en el primer día de acceso, es decir, duplicaron su consumo de bebida. Posteriormente disminuyeron su consumo gradualmente llegando a consumir cantidades inferiores a las registradas durante las fases 1, 3 y 5, en las que solo tenía disponible agua. Por su parte los machos no incrementaron su consumo de agua+sucralosa respecto a su consumo de agua. De forma particular, el sujeto OCM1 redujo su consumo de agua+sucralosa respecto a su consumo de agua durante la fase 1. Cuando los sujetos tuvieron disponible la glucosa en

la fase 4, incrementaron su consumo de bebida gradualmente durante los tres días. El sujeto OCH3 rebasó los 100ml de consumo el último día de acceso, mientras que los sujetos OCH4 y OCM4 registraron 100ml de consumo máximo durante el último día de acceso.

La Figura 23 se muestra el consumo de alimento del grupo que recibió la secuencia glucosa-sucralosa. Durante las fases 1, 3 y 5 los sujetos consumieron un promedio de 10g de alimento diariamente. Durante la manipulación experimental no se observaron variaciones en el consumo. Cuando tuvieron disponible la glucosa en la fase 2, los sujetos OCM1 y OCH2 disminuyeron su consumo por debajo del promedio mencionado en el segundo día de acceso. Por su parte, cuando recibieron la sucralosa en la fase 4, el sujeto OCH1 disminuyó su consumo de alimento durante el tercer día de acceso, mientras que el sujeto OCH2 lo hizo en el primer día de acceso.

El consumo de alimento del grupo sucralosa-glucosa se representa en la figura 24. Los sujetos consumieron un promedio de 10g de alimento durante las fases 1, 3 y 5. El promedio de consumo se mantuvo igual durante la fase 2 en la que se adicionó la sucralosa al agua. Específicamente el sujeto OCM3 disminuyó su consumo de alimento el primer día de acceso a la sucralosa. Durante la fase 4, los sujetos mostraron variabilidad en su patrón de consumo. De forma particular, el sujeto OCH3 mantuvo estable su consumo de alimento de 10g, el sujeto OCH4 disminuyó su consumo durante el último día de acceso, el sujeto OCM3 incrementó gradualmente su consumo durante los tres días de acceso hasta llegar a los 15g; finalmente el sujeto OCH4 disminuyó gradualmente su consumo durante los tres días de acceso a la glucosa hasta alcanzar 1g de consumo de alimento.

La Figura 25 representa los datos obtenidos del promedio de consumo de calorías. Los datos de hembras y machos se representan en las columnas izquierda y

derecha respectivamente. En el panel superior se muestra el promedio de consumo registrado por el grupo que recibió la secuencia glucosa-sucralosa y el inferior el mostrado por el grupo que recibió la secuencia sucralosa-glucosa. Las cinco fases experimentales están representadas por una barra. Las barras color negro representan las fases en las que se expuso a los animales a condiciones de agua y alimento (fases 1, 3 y 5), la barra color negro y blanco la fase en la que se expuso a alimento+agua+glucosa (fase 2 para el grupo glucosa-sucralosa y fase 4 para el grupo sucralosa-glucosa), el color negro representa las calorías obtenidas del alimento y el blanco de la glucosa; finalmente, la barra a rayas representa las condiciones de acceso a alimento+agua+sucralosa (fase 2 para el grupo glucosa-sucralosa y fase 4 para el grupo sucralosa-glucosa).

La Figura 25 no muestra diferencias en el promedio de consumo de calorías de todos los grupos experimentales. Se observó que todos los grupos incrementaron su consumo de calorías durante la fase en la que recibieron la glucosa. Las hembras del grupo glucosa-sucralosa consumieron 28 calorías en promedio durante la fase en la que recibieron la glucosa, mientras que las hembras del grupo sucralosa-glucosa consumieron un promedio de 30 calorías. Los machos de ambos grupos consumieron un promedio de 25 calorías durante esta fase. En las fases experimentales en las que los sujetos fueron expuestos a condiciones de alimento+agua y alimento+agua+sucralosa, el promedio de consumo fue el mismo en hembras y machos de ambos grupos (9 y 10 calorías respectivamente).

En la Figura 26 se muestra la tabla del peso corporal inicial y final de cada sujeto. Se observó que todos los sujetos no mostraron aumentos o decrementos importantes de su peso corporal final respecto al peso corporal inicial registrado al inicio del experimento.

El promedio de consumo de líquido y alimento se muestra en las Figuras 27 y 28 respectivamente. Los datos de hembras y machos se muestran en las columnas izquierda y derecha. Los datos del grupo glucosa-sucralosa se muestran en el panel superior de cada figura, mientras que los del grupo sucralosa-glucosa en el panel inferior. Las barras representan cada una de las cinco fases experimentales. Las barras de color negro representan las fases de acceso a alimento+agua, la barra color blanco alimento+agua+glucosa (fase 2 para el grupo glucosa-sucralosa o fase 4 para el grupo sucralosa glucosa) y la barra a rayas alimento+agua+sucralosa (fase 4 para el grupo glucosa-sucralosa o fase 2 para el grupo sucralosa glucosa).

Se observó que entre las fases de acceso al agua y alimento (1,3 y 5) no hubo diferencias en todos los grupos experimentales. Durante las fases de acceso a la glucosa, las hembras de cada grupo triplicaron su consumo respecto a las fases de acceso a alimento+agua. Cuando fueron expuestas a la sucralosa, las hembras del grupo glucosa-sucralosa duplicaron su consumo respecto a las fases de alimento+agua. Las hembras del grupo sucralosa-glucosa mantuvieron casi igual su promedio de consumo respecto a las fases 1, 3 y 5. Los machos también incrementaron su consumo de agua+glucosa respecto a su consumo de agua. Cuando fueron expuestos a la sucralosa, los machos del grupo glucosa-sucralosa duplicaron su consumo de sucralosa respecto a su consumo de agua, mientras que los machos del grupo sucralosa-glucosa decrementaron su consumo respecto a estas fases experimentales.

Finalmente, en la Figura 28 se observa el promedio de consumo de alimento. No se observaron cambios en el promedio de consumo de todos los grupos durante todo el experimento. Hembras y machos de cada grupo consumieron un promedio de 7 y 8 gramos de alimento respectivamente.

Discusión

Los resultados obtenidos mostraron: 1) grandes bebidas de agua endulzada con glucosa en los dos grupos experimentales; 2) incremento gradual en el consumo de agua con glucosa; 3) gran bebida de agua con sucralosa el primer día de acceso al endulzante en el grupo que recibió la secuencia glucosa-sucralosa; 4) decremento gradual en el consumo de agua endulzada con sucralosa en hembras del grupo glucosa-sucralosa; 5) decremento abrupto en el consumo de agua endulzada con sucralosa a partir del segundo día de acceso al endulzante en machos del grupo glucosa-sucralosa; 6) consumo de alimento estable durante todo el experimento; y 7), ninguna modificación en el peso corporal registrado al inicio y final del experimento.

Estos resultados confirman que la gran bebida puede observarse experimentalmente en otra especie de roedor. Bozinovic y Gallardo (2006) señalaron que la modificación de los estímulos ambientales puede alterar el patrón alimentario de diversos animales, y particularmente, del octodón. En este experimento, la adición de un sabor dulce y un efecto postingestivo en la dieta recibida por el sujeto determinó su modificación de respuestas ingestivas.

Los sujetos experimentales mostraron grandes bebidas de agua endulzada con glucosa. Esta conducta suele presentarse cuando los animales reciben un alimento nuevo y palatable. Numerosos autores coinciden en afirmar que los animales prefieren alimentos dulces o palatables por las propiedades hedónicas y postingestivas que contienen (Bolles, Hyward y Crandall, 1981; Booth, 1990; Capaldi, Campell, Sheffer y Bradford, 1987; Sclafani, 1990; Weingarten, 1990). No obstante, los resultados obtenidos mostraron que el sabor dulce no es suficiente para que los animales mantengan las grandes bebidas.

Cuando se adicionó la sucralosa a la dieta, los animales mostraron grandes bebidas solo el primer día de acceso y posteriormente se observó un decremento en el consumo de bebida gradual (en las hembras) o abrupto (en los machos). Es decir, los animales no obtuvieron una consecuencia postingestiva de la solución endulzada con sucralosa y dejaron de beber grandes cantidades. Este registro fortalece el argumento de que el contenido energético del alimento es un estímulo más fuerte que el sabor para observar y mantener respuestas de consumo.

Mook (1974) señaló que la palatabilidad de soluciones o comidas dulces no garantiza que los animales muestren consumos o preferencias sólidas. Señaló que las ratas no consumen grandes cantidades de agua con sacarina no modifican su ingesta diaria de alimento. Cuestionó el papel del sabor dulce en las preferencias alimentarias y argumentó que las ratas no consumen grandes cantidades de agua con sacarina por ausencia de efectos calóricos. Adicionalmente, Weingarten (1990) señaló que cuando los animales comen, forman asociaciones entre las propiedades sensoriales de la comida y su consecuencia postingestiva. Llamó a este fenómeno *aprendizaje sabor-consecuencia postingestiva* y mencionó que se relaciona directamente con la selección y tamaño de las comidas.

Por otro lado, parece que la presentación del endulzante puede modificar también la respuesta ingestiva. La historia previa de sabor dulce pudo establecer la presencia de grandes bebidas de agua con sucralosa en los sujetos que recibieron la secuencia glucosa-sucralosa., respuesta que no se presentó en el grupo que recibió la secuencia sucralosa-glucosa. Sin embargo, es necesario establecer nuevas manipulaciones experimentales para determinar si la historia de alimentación previa puede intervenir en el consumo, selección, preferencias o aversiones de bebidas endulzadas.

CONSUMO DE AGUA, GLUCOSA Y SUCRALOSA

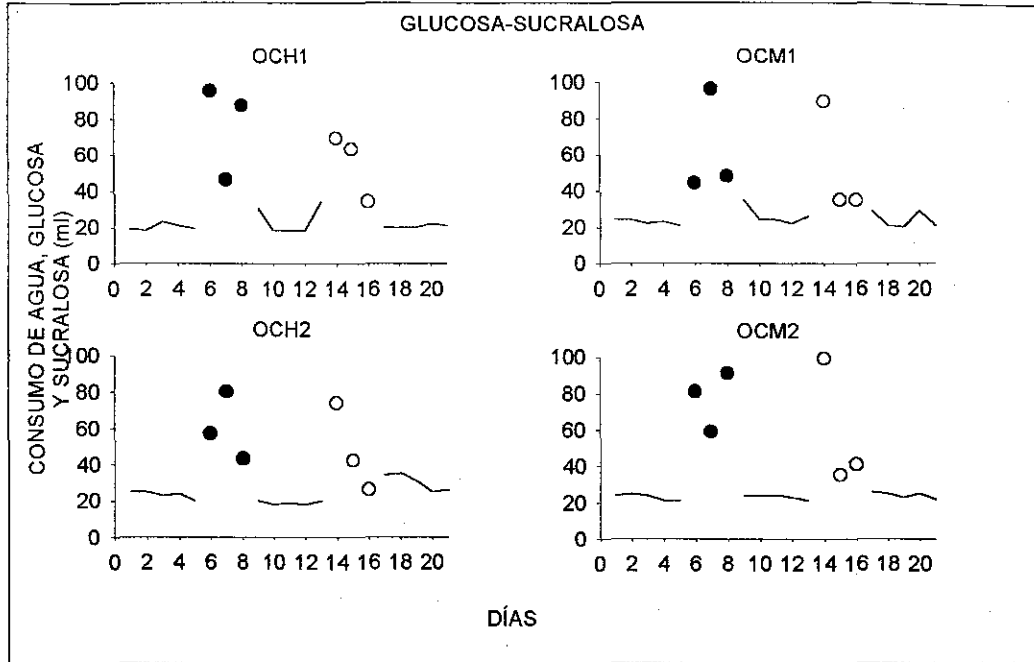


FIGURA 21. Consumo de bebida del grupo que recibió la secuencia glucosa-sucralosa. La columna de la izquierda y derecha muestra el consumo de hembras y machos respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5; los círculos negros (glucosa) la Fase 2 y los blancos (sucralosa) la Fase 4.

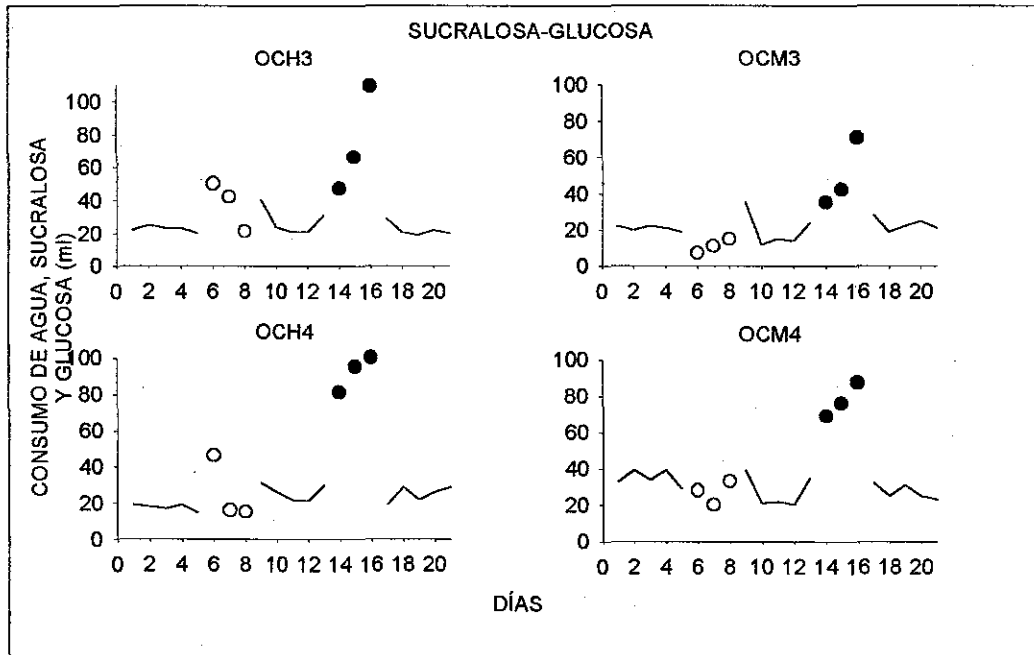


FIGURA 22. Consumo de bebida del grupo que recibió la secuencia sucralosa-glucosa. La columna de la izquierda y derecha muestra el consumo de hembras y machos respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5; los círculos blancos (sucralosa) la Fase 2 y los negros (glucosa) la Fase 4.

CONSUMO DE ALIMENTO

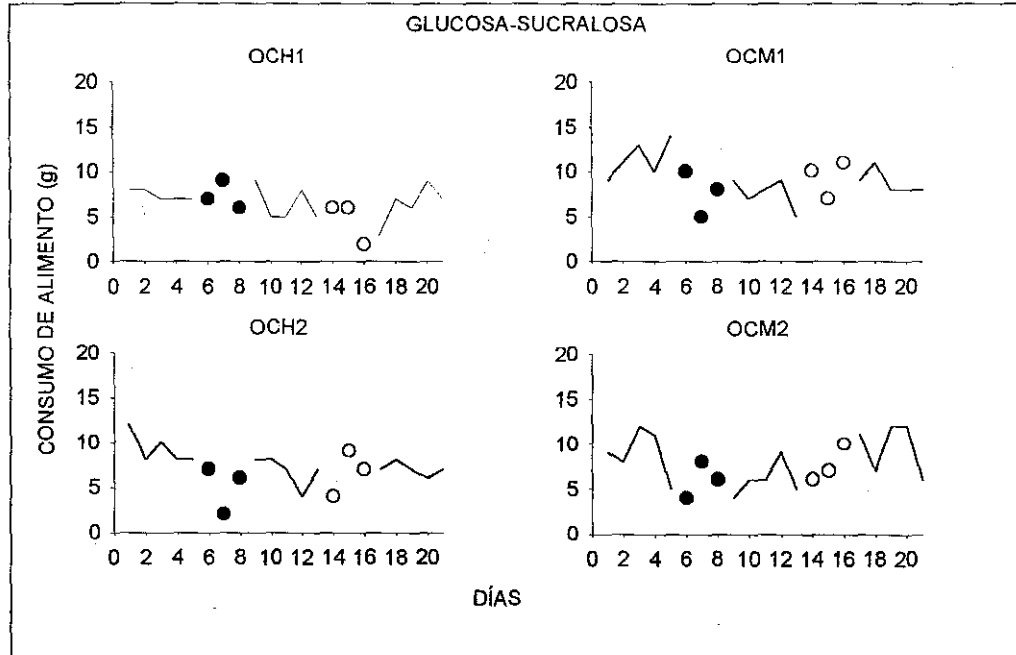


FIGURA 23. Consumo de alimento del grupo que recibió la secuencia glucosa-sucralosa. La columna de la izquierda y derecha muestra el consumo de hembras y machos respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5; los círculos negros (glucosa) la Fase 2 y los blancos (sucralosa) la Fase 4.

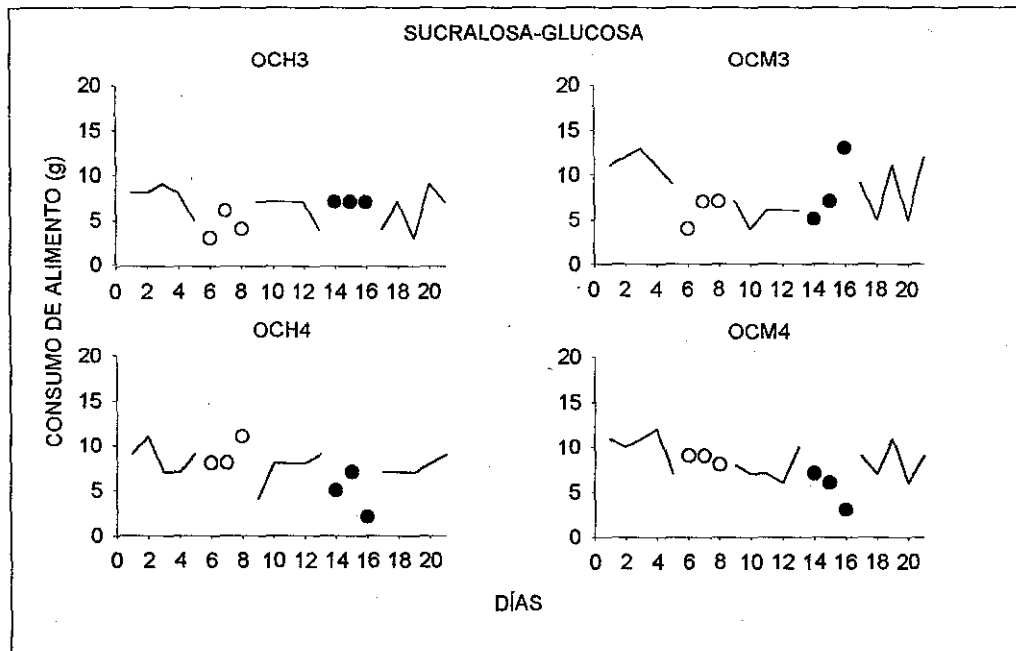


FIGURA 24. Consumo de alimento del grupo que recibió la secuencia sucralosa-glucosa. La columna de la izquierda y derecha muestra el consumo de hembras y machos respectivamente. La línea continua representa las fases 1, 3 y 5; los círculos negros (glucosa) la Fase 2 y los blancos (sucralosa) la Fase 4.

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

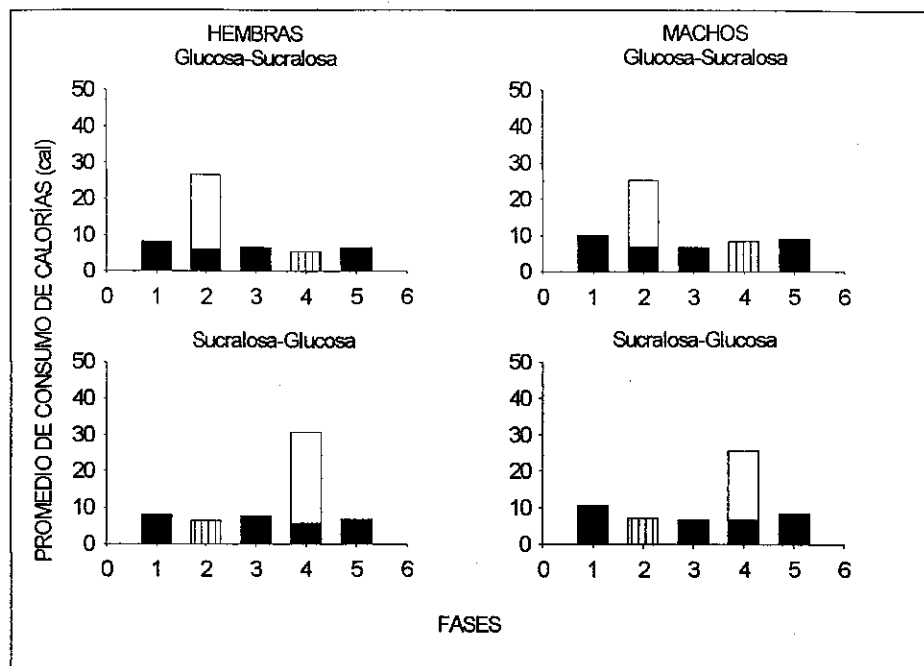


FIGURA 25. Promedio de consumo de calorías del grupo glucosa-sucralosa y sucralosa-glucosa en el panel superior e inferior respectivamente. Cada barra representa una Fase experimental. El color negro representa las fases alimento+agua, el negro/blanco la Fase alimento+agua+glucosa y a rayas la Fase alimento+agua+sucralosa.

PESO CORPORAL

SUJETO	PESO INICIAL	PESO FINAL
OCH1	179.9	178.0
OCH2	186.9	186.1
OCH3	189.0	188.8
OCH4	196.6	195.9
OCM1	203.3	205.1
OCM2	220.5	221.7
OCM3	216.3	214.6
OCM4	234.0	230.9

FIGURA 26. Peso Corporal. Se muestra el peso corporal inicial y final de cada sujeto.

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA, GLUCOSA Y SUCRALOSA

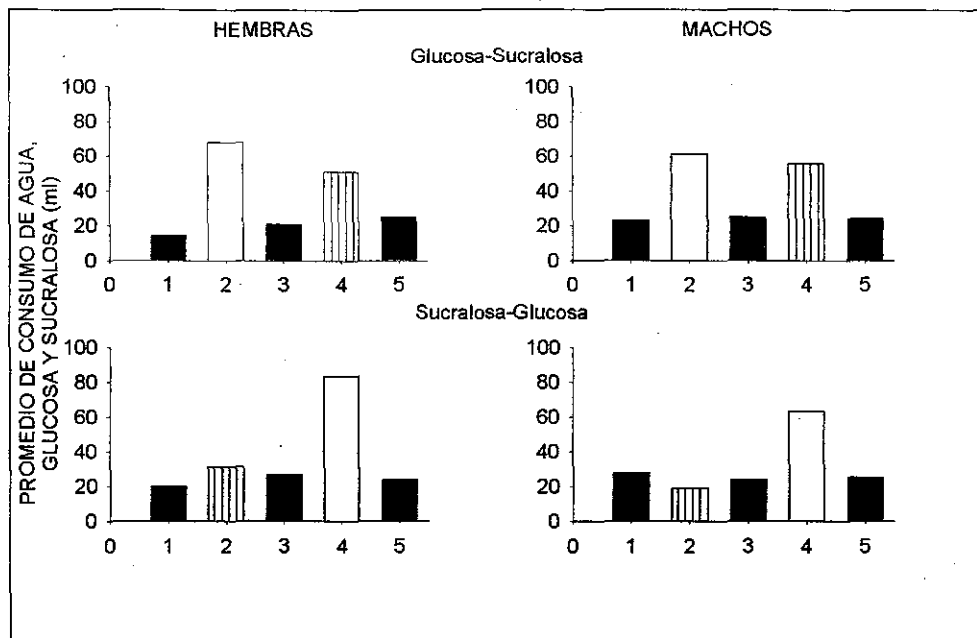


FIGURA 27. Promedio de consumo de agua, glucosa y sucralosa. Cada barra representa una fase experimental. El color negro representa las fases alimento+agua, el negro/blanco la Fase alimento+agua+glucosa y a rayas la Fase alimento+agua+sucralosa.

PROMEDIO DE CONSUMO DE ALIMENTO

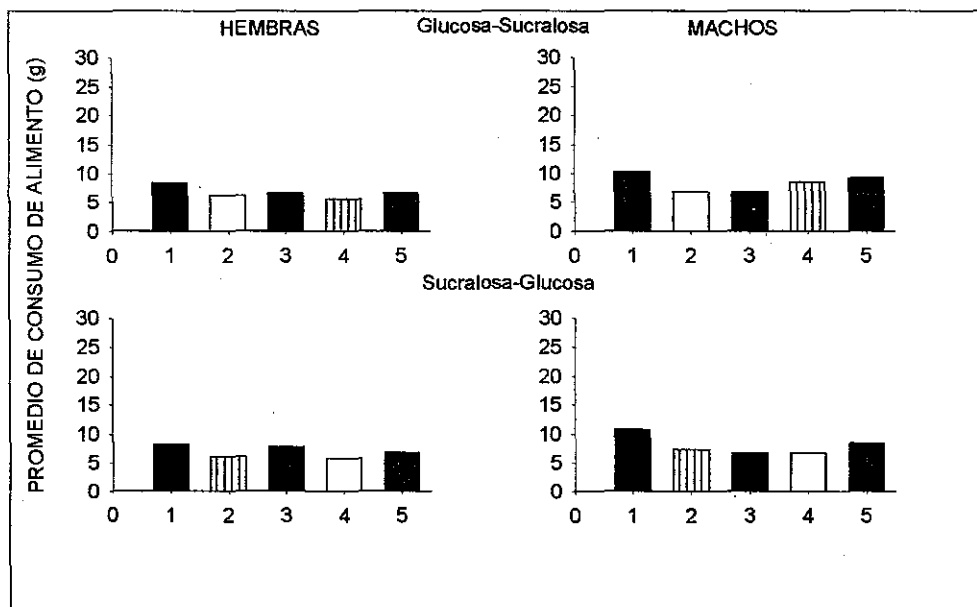


FIGURA 28. Promedio de consumo de alimento de los grupos glucosa-sucralosa y sucralosa-glucosa en los paneles superior e inferior respectivamente. Cada barra representa una fase experimental. El color negro representa las fases alimento+agua, el negro/blanco la Fase alimento+agua+glucosa y a rayas la Fase alimento+agua+sucralosa.

11. EXPERIMENTO 6. PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA SECUENCIA ENDULZANTE-SABOR BAJO CONDICIONES DE LIBRE ACCESO

Los datos obtenidos en los experimentos anteriores demostraron que los animales presentan grandes bebidas solo si hay glucosa disponible. La presencia de la sucralosa no ha ocasionado esta respuesta a pesar del número de días de acceso al endulzante o de la historia de consumo. Estos resultados confirman hasta ahora que el contenido energético de la glucosa es el factor principal para la presencia de grandes bebidas, pues aunque la sucralosa tiene el mismo sabor de la glucosa, no tiene contenido calórico. No obstante, no se ha evaluado si la presencia de la gran bebida puede verse afectada cuando los sujetos han sido expuestos a soluciones con sabor previamente. Es decir, si una historia de consumo de otros sabores puede afectar la presencia de la gran bebida de agua+glucosa, o bien, ocasionar la presencia de grandes bebidas de agua+sucralosa.

Ordaz (2005) señaló que el sabor de un alimento puede ser suficiente para que un animal consuma o rechace un alimento. Rozin (1995) argumentó que una sola exposición a un sabor agradable puede afectar el consumo de alimentos con otros sabores y que, por el contrario, una sola exposición a un sabor desagradable es suficiente para modificar el patrón de consumo de esa sustancia y de otras que hayan sido consumidas durante ese mismo lapso de tiempo.

En base a esta evidencia, el presente experimento evaluó el consumo de agua, alimento y calorías de un grupo de ratas albinas que fueron expuestas a condiciones de libre acceso a soluciones de sabor mantequilla o quinina, y posteriormente, a soluciones con glucosa o sucralosa. El objetivo fue determinar si la historia de consumo de un sabor aceptado o rechazado puede modificar el patrón de consumo de soluciones de agua+glucosa o agua+sucralosa.

Se eligieron las soluciones sabor mantequilla y quinina en base un estudio reportado por Ordaz (2006). Utilizó diversos sabores para determinar cuáles eran aceptados o rechazados por las ratas. Encontró que la esencia sabor mantequilla diluida en agua fue aceptada por todos sus sujetos experimentales, mientras que el sabor quinina fue rechazado. Las esencias sabor mantequilla y quinina no contienen calorías.

Método

Sujetos

Ocho ratas de la cepa Wistar, cuatro hembras (HSE1, HSE2, HSE3 y HSE4) y cuatro machos (MSE1, MSE2, MSE3 y MSE4), ingenuos y con tres meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Los mismos que se utilizaron en el Experimento 3, 4 y 5. Adicionalmente se utilizaron dos soluciones de agua con sabor mantequilla y quinina.

Procedimiento

El mismo que se utilizó en el Experimento 1, 2, 3, 4 y 5.

Diseño experimental

El experimento se dividió en cinco fases. Todos los sujetos recibieron la misma manipulación experimental: 50g de alimento y 200 ml de bebida disponible diariamente bajo condiciones de libre acceso. Los animales fueron divididos en cuatro grupos experimentales: 1) mantequilla-glucosa; 2) quinina-glucosa; 3) mantequilla-sucralosa; y, 4) quinina-sucralosa. En la primera fase todos los grupos recibieron alimento y agua durante diez días consecutivos. En la segunda fase, los animales fueron expuestos a alimento y una solución compuesta de agua+sabor durante cinco días. Retornaron a condiciones de línea base durante diez días en la tercera fase. En la cuarta fase recibieron alimento y una solución compuesta de agua+endulzante durante cinco días.

Finalmente recibieron alimento y agua en la última fase. El Experimento 6 tuvo una duración de 40 días (Tabla 6).

Tabla 6. Diseño del Experimento 6

SUJETOS	GRUPOS	FASES				
		1	2	3	4	5
N=8	mantequilla-glucosa		alimento+ agua+mantequilla		alimento+ agua+glucosa	
	quinina-glucosa	alimento+	alimento+ agua+quinina	alimento+		alimento+
	mantequilla-sucralosa	agua	alimento+ agua+mantequilla	agua		agua
	quinina-sucralosa		alimento+ agua+quinina		alimento+ agua+sucralosa	
DÍAS		1-10	11-15	16-25	26-30	31-40

Resultados

Las Figuras 29 y 30 muestran los datos individuales del registro diario del consumo de líquido y alimento respectivamente. La columna derecha representa los registros de hembras y la derecha a los machos. Las líneas continuas representan el acceso a alimento+agua, los cuadros negros muestran los datos de los sujetos que tuvieron acceso a alimento+agua+mantequilla, los blancos a alimento+agua+quinina, los círculos negros a alimento+agua+glucosa y los blancos a alimento+agua+sucralosa. El eje de las abscisas muestra el consumo de alimento o líquido y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Los datos de cada grupo experimental se muestran en el siguiente orden: 1) mantequilla-glucosa; 2) quinina-mantequilla; 3) mantequilla-sucralosa); y, 4) quinina-sucralosa.

En la Figura 29 se observó que el grupo mantequilla-glucosa mostró grandes bebidas de agua con sabor y de agua con glucosa. La hembra mostró una gran bebida de agua+mantequilla (85ml) durante el segundo día de acceso y grandes bebidas de agua con glucosa durante toda la fase 4 con un patrón de consumo ascendente que llegó hasta

los 250ml. Por su parte, el macho mostró grandes bebidas de agua con mantequilla (100ml) los dos primeros días de acceso en la fase 2 y de agua con glucosa de 100 hasta 240ml.

En el grupo quinina-glucosa, los dos sujetos mostraron un patrón de consumo idéntico: mantuvieron constante su consumo de agua, decrementaron 40ml en su consumo de bebida cuando pasaron a la fase de acceso a agua+quinina, mostraron una gran bebida de agua en el primer día de acceso de la fase 3 (alimento+agua) y presentaron grandes bebidas de agua con glucosa de 100 hasta 200ml.

Para el grupo mantequilla-sucralosa, la presencia de sucralosa en la fase 4 ocasionó grandes bebidas (de 90 a 200ml en la hembra y de 100 a 150ml en el macho), mientras que durante el resto de las fases el consumo de bebida se mantuvo constante. La hembra consumió un promedio de 40ml y el macho de 50ml, excepto que éste último incrementó su consumo de agua+mantequilla +20ml los dos primeros días de acceso a la fase 2 respecto a las fases 1, 3 y 5.

El grupo quinina-sucralosa también presentó grandes bebidas de agua+sucralosa y decrementó su consumo de agua+quinina respecto a las fases de acceso a agua. Adicionalmente, los dos sujetos mostraron un gran bebida de agua durante el primer día de acceso a la fase 3.

La Figura 30 mostró que los grupos experimentales que tuvieron acceso a la solución de quinina disminuyeron su consumo de alimento respecto a las otras fases experimentales. Su patrón de consumo disminuyó de forma descendente hasta llegar a cero gramos. Los sujetos expuestos a agua+sucralosa y a agua+mantequilla mantuvieron el mismo patrón de consumo que cuando fueron expuestos a agua (fases 1, 3 y 5). Las hembras consumieron un promedio de 15g y los machos 20g. Los grupos que tuvieron

acceso a la solución de agua+glucosa decrementaron su consumo de alimento +-5g respecto a las otras fases experimentales.

La Figura 31 muestra el promedio de consumo de calorías en alimento y bebida. Las barras representan cada una de las fases experimentales. La barra color negro representa el promedio de consumo durante las fases de acceso a alimento+agua, la barra color gris alimento+agua+mantequilla, gris a rayas alimento+agua+quinina, blanco y negro alimento+agua+glucosa y blanco a rayas alimento+agua+sucralosa).

En el grupo mantequilla-glucosa se observó que los dos sujetos mantuvieron constante su consumo de calorías durante las fases 1, 2, 3 y 5 (hembra 50cal, macho 60). Cuando fueron expuestos a la glucosa su consumo aumentó casi al doble respecto al resto de las fases. La hembra consumió más calorías de la glucosa que del alimento, mientras que el macho obtuvo el mismo número de calorías del alimento y bebida.

El grupo quinina-glucosa mostró diferencias entre el promedio de consumo de calorías de la hembra y el macho. La hembra mantuvo un promedio de consumo de 50calorías durante las fases de acceso a agua y a agua+glucosa y disminuyó hasta 10 calorías cuando recibió la solución de quinina. Por su parte, el macho consumió un promedio de 70 calorías cuando recibió agua, disminuyó a 10 cuando recibió la quinina y aumentó hasta 110 su consumo de calorías cuando recibió el agua con glucosa.

Para el grupo mantequilla-sucralosa, el promedio de consumo se mantuvo estable durante todas las fases experimentales, la hembra y el macho consumieron un promedio de 40 y 80 calorías respectivamente.

El grupo quinina-sucralosa mostró que los sujetos disminuyeron su consumo de calorías cuando recibieron la quinina en la fase 2 a 10 calorías, mientras que en el resto de las fases, la hembra consumió un promedio de 40 calorías y el macho de 80 calorías.

Los promedios de consumo de líquido, alimento y calorías se muestran en el panel superior, central e inferior respectivamente en la Figura 32. Los datos de las hembras se muestran en la columna izquierda y los de los machos en la derecha y se encuentran agrupados en cada fase experimental. La leyenda de rótulos muestra el color correspondiente a cada sujeto.

Los datos mostraron que durante las fases de acceso a agua+alimento las hembras y machos mantuvieron constante su promedio de consumo, mientras que cuando recibieron el sabor o el endulzante, su patrón de consumo se modificó. Los sujetos que recibieron mantequilla (HSE1, HSE3, MSE1 y MSE3) incrementaron su consumo de bebida respecto a las fases de acceso a agua, mientras que los sujetos que recibieron quinina (HSE2, HSE4, MSE2 y MSE4) lo decrementaron. Durante la fase 4, en la que recibieron el endulzante, se observó que la hembra y el macho que tenían una historia de consumo de sabor mantequilla mostraron los más altos promedios de consumo de agua con glucosa (190ml y 180ml respectivamente), seguidos de los animales que recibieron sucralosa después de la solución sabor mantequilla (135ml y 135ml). Posteriormente se ubicaron la pareja de sujetos que recibió la secuencia quinina-sucralosa, quienes consumieron un promedio de 120ml del endulzante durante la fase 4. Finalmente, los sujetos HSE4 y MSE4 que venían de consumir agua+quinina y después recibieron agua+sucralosa mostraron diferencias en su patrón de consumo. La hembra tuvo su promedio de consumo de bebida endulzada respecto a las fases 1, 3 y 5 (35ml), mientras que el macho aumentó su consumo 30ml en comparación con las fases de acceso a agua.

El promedio de consumo de alimento que se muestra en el panel central mostró que los animales mantuvieron estable su patrón alimentario durante las fases de acceso a alimento+agua (15g las hembras y 22g los machos). Este promedio de

consumo se mantuvo así para los sujetos que en la fase 2 recibieron la solución sabor mantequilla y para quienes recibieron la sucralosa en la fase 4. Los sujetos que recibieron quinina en la fase 2 decrementaron su promedio de consumo a 2g, mientras que los que recibieron la glucosa después de la mantequilla en la fase 4 lo decrementaron a +4g.

Los datos obtenidos a partir del registro del consumo de calorías que se observa en el panel inferior demuestran un decremento en los sujetos que recibieron quinina en la fase 2 (HSE2 y MSE2) respecto al resto de las fases experimentales. El mismo patrón se observó en el sujeto MSE1 quien recibió mantequilla durante esta fase. El promedio de consumo de calorías observado por el resto de los sujetos fue de 50 calorías en las hembras y 75 calorías en los machos. De forma particular, los sujetos HSE1 y MSE1 también disminuyeron su consumo de calorías durante la fase 4, en la que recibieron la glucosa +-10g.

La Figura 33 muestra los datos del peso corporal. Los símbolos tienen la misma representación que en la Figura 29 y 30. Los sujetos mostraron una curva de crecimiento de peso corporal natural, a excepción de los sujetos HSE2, MSE2, HSE4 y MSE4, quienes tuvieron acceso a la solución con quinina. Estos sujetos decrementaron su peso corporal de forma descendente y posteriormente lo recuperaron cuando pasaron a las siguientes fases experimentales.

Discusión

En los experimentos reportados anteriormente en este trabajo se observó la respuesta de la gran bebida de agua+glucosa. De igual forma, después de algunas manipulaciones experimentales que incluyeron incrementar el número de días de acceso al endulzante y alternar las presencia de dos endulzantes (con y sin calorías), los sujetos no presentaron grandes bebidas de agua+sucralosa, por lo que se sugirió que el contenido calórico de la

glucosa era el factor principal para la emisión del fenómeno de la gran bebida. No obstante, los resultados obtenidos en el Experimento 6 mostraron que modificar la historia de consumo de sabores puede producir grandes bebidas de agua+sucralosa, lo que implica otro argumento para explicar esta respuesta.

Se observó que los sujetos que consumieron agua sabor mantequilla y posteriormente agua con sucralosa presentaron grandes bebidas de este endulzante. Los sujetos que recibieron quinina antes de la sucralosa también incrementaron su consumo del endulzante, pero este incremento no es tan grande como el que presentaron los sujetos que recibieron la mantequilla previamente. También se observó el patrón característico de la gran bebida de agua con glucosa en los sujetos que recibieron previamente la mantequilla o la quinina, aunque el consumo del endulzante fue menor en los sujetos que recibieron la quinina, en comparación con las grandes bebidas mostradas por el grupo que recibió el sabor mantequilla. Pues estos últimos alcanzaron grandes bebidas de hasta 250ml, mientras que los primeros de 150ml.

La gran bebida de agua con sucralosa posterior a una historia de consumo de un sabor aceptado (mantequilla) fue sorprendente. No se conoce ninguna evidencia experimental sobre patrones de consumo de sucralosa en la que se muestre un fenómeno como este. Sclafani y Clare (2004) reportaron un experimento en el que realizaron pruebas de preferencia a ratas hembras de agua, sacarina y sucralosa. Los animales se dividieron en dos grupos y recibieron pruebas de elección de 23 horas de un endulzante y agua. Un grupo recibió antes las concentraciones de sucralosa en orden ascendente seguidas por dos días de agua y por pruebas de sacarina contra el agua. El segundo grupo recibió la misma secuencia, pero primero fue probado con la sacarina y después con la sucralosa.

Las ratas consumieron mayor cantidad de agua que de sucralosa, pero no se encontró una diferencia significativa. No obstante, las ratas consumieron mucho más sacarina que sucralosa en comparación con agua. Uno de los hallazgos más interesantes fue que los sujetos no mostraron alguna predilección por alguna dosis de los endulzantes, es decir, su ingesta no varió en función de la concentración utilizada. Sclafani y Clare (2000) concluyeron que las ratas hembras muestran una débil y variable preferencia por la sucralosa, pues su consumo es muy parecido al patrón observado cuando se les ofrece agua como bebida. Sugirieron que la sucralosa no es un candidato para sustituir a la sacarina pues no resulta un endulzante atractivo y nutritivo.

Este fue el primer estudio que se llevó a cabo con ratas para caracterizar su patrón de consumo de soluciones de sucralosa. Posteriormente, otros estudios han reportado el mismo resultado: el consumo de sucralosa diluido en agua es casi idéntico al consumo de agua en pruebas a corto o largo plazo (Bello y Hajnal, 2005; Sclafani y Gendinning, 2006).

Por otro lado, Pérez, Fanizza y Sclafani (1999) argumentaron que la gran mayoría de los estudios publicados sobre patrones alimentarios indican que los animales tienen una experiencia dietaria limitada. Señalaron que esta situación facilita el aprendizaje porque el estímulo condicionado (nutriente) y el estímulo incondicionado (sabor) son novedosos para el sujeto. Finalmente, argumentaron que una dieta monótona debe alterar el condicionamiento entre nutriente y sabor porque las ratas tienen una limitada oportunidad de aprender relaciones entre sabores y nutrientes.

Este argumento podría explicar por qué los sujetos mostraron grandes bebidas de la solución de sucralosa después de haber consumido la solución sabor mantequilla. El rol que juega la novedad del alimento no ha sido extensamente estudiado, por lo que es

necesario continuar los estudios en los que se combinen diversos sabores con endulzantes.

CONSUMO DE AGUA, SABOR Y ENDULZANTE

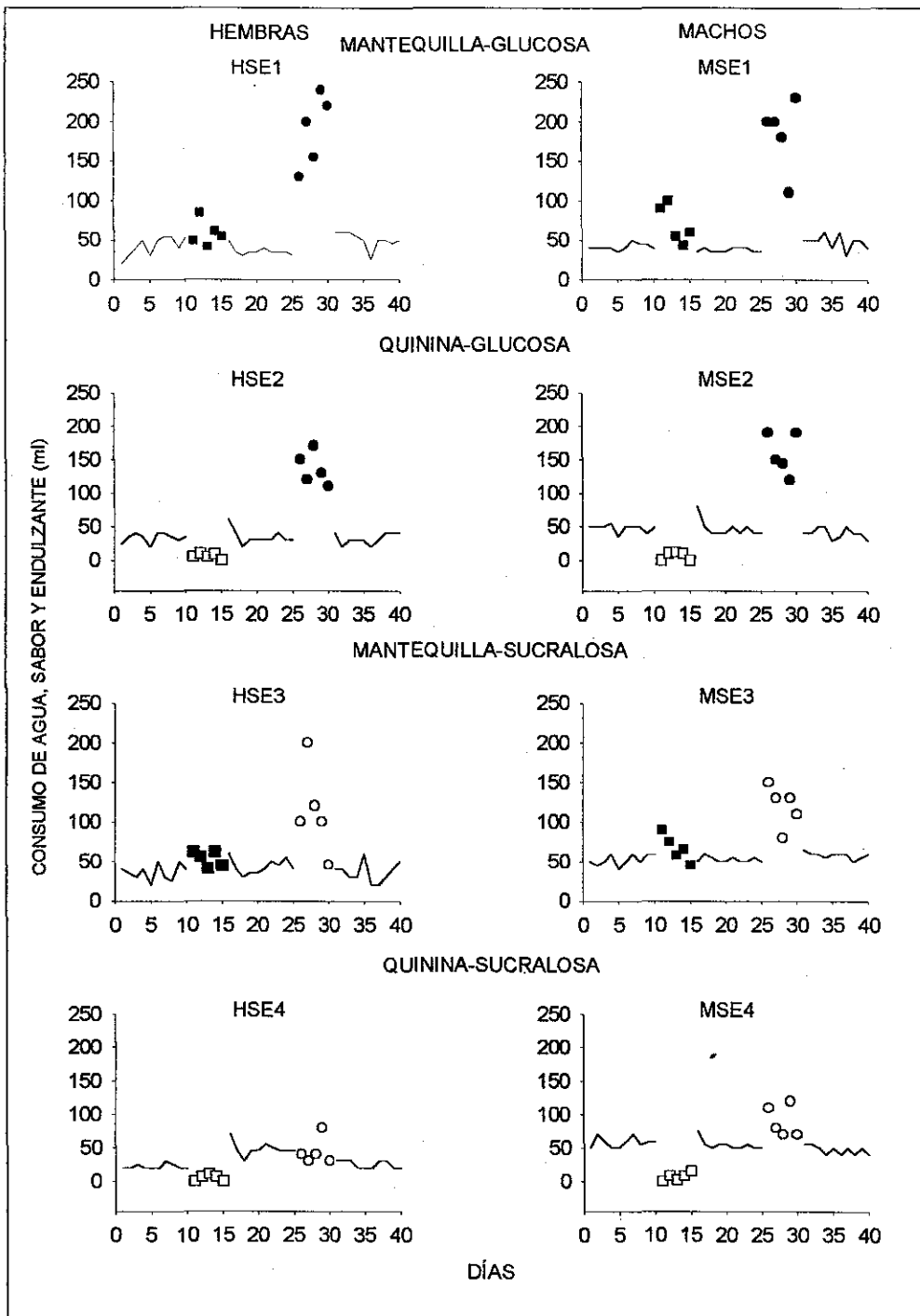


FIGURA 29. Consumo de agua, sabor y endulzante de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las líneas continuas representan las fases en las que se expuso a condiciones de alimento+agua, los cuadros negros alimento+mantequilla, los cuadros blancos alimento+quinina, los círculos negros alimento+glucosa y los círculos blancos alimento+sucralosa

CONSUMO DE ALIMENTO

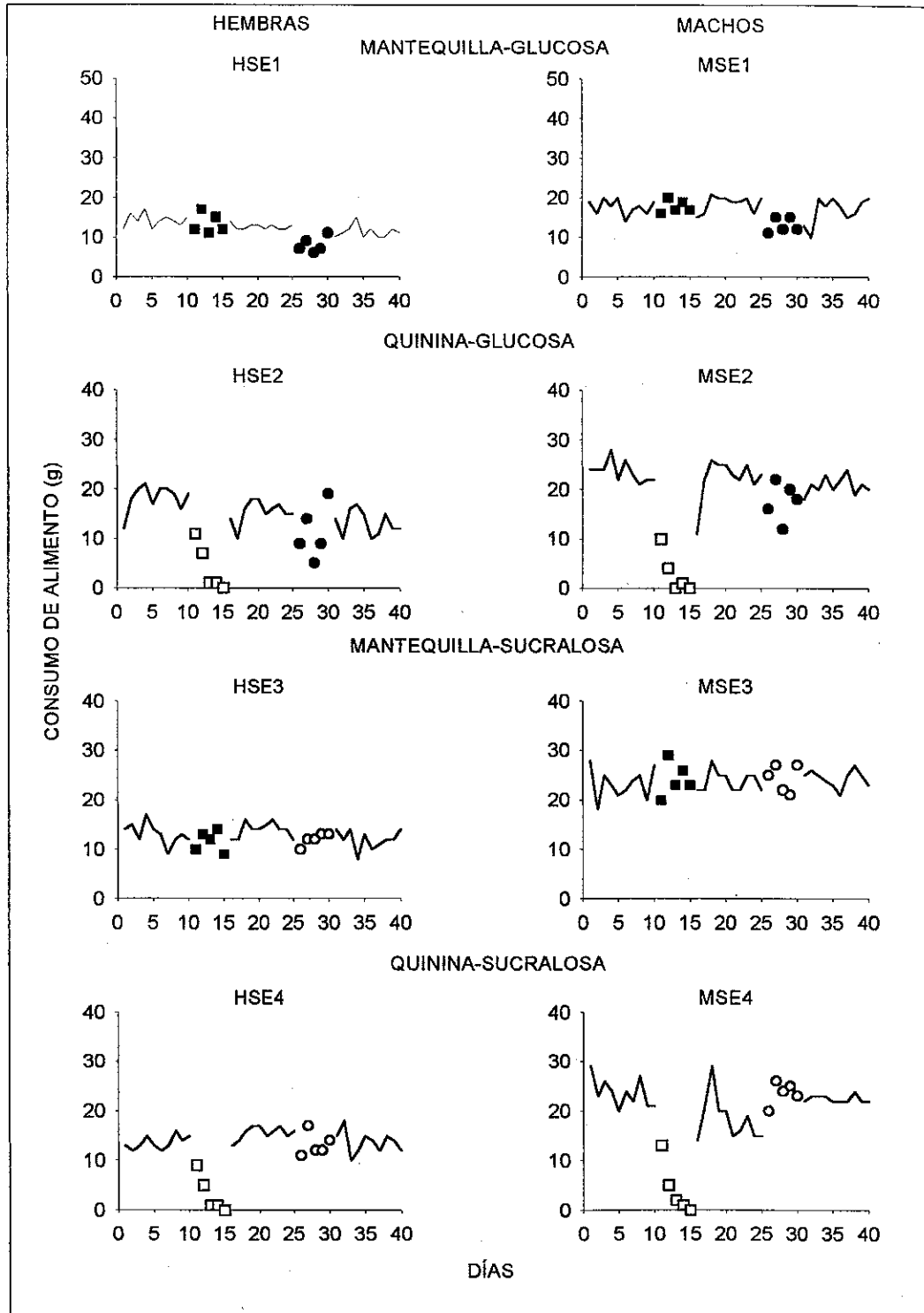


FIGURA 30. Consumo de alimento de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las líneas continuas representan las fases en las que se expuso a condiciones de alimento+agua, los cuadros negros alimento+mantequilla, los cuadros blancos alimento+quinina, los círculos negros alimento+glucosa y los círculos blancos alimento+sucralosa

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

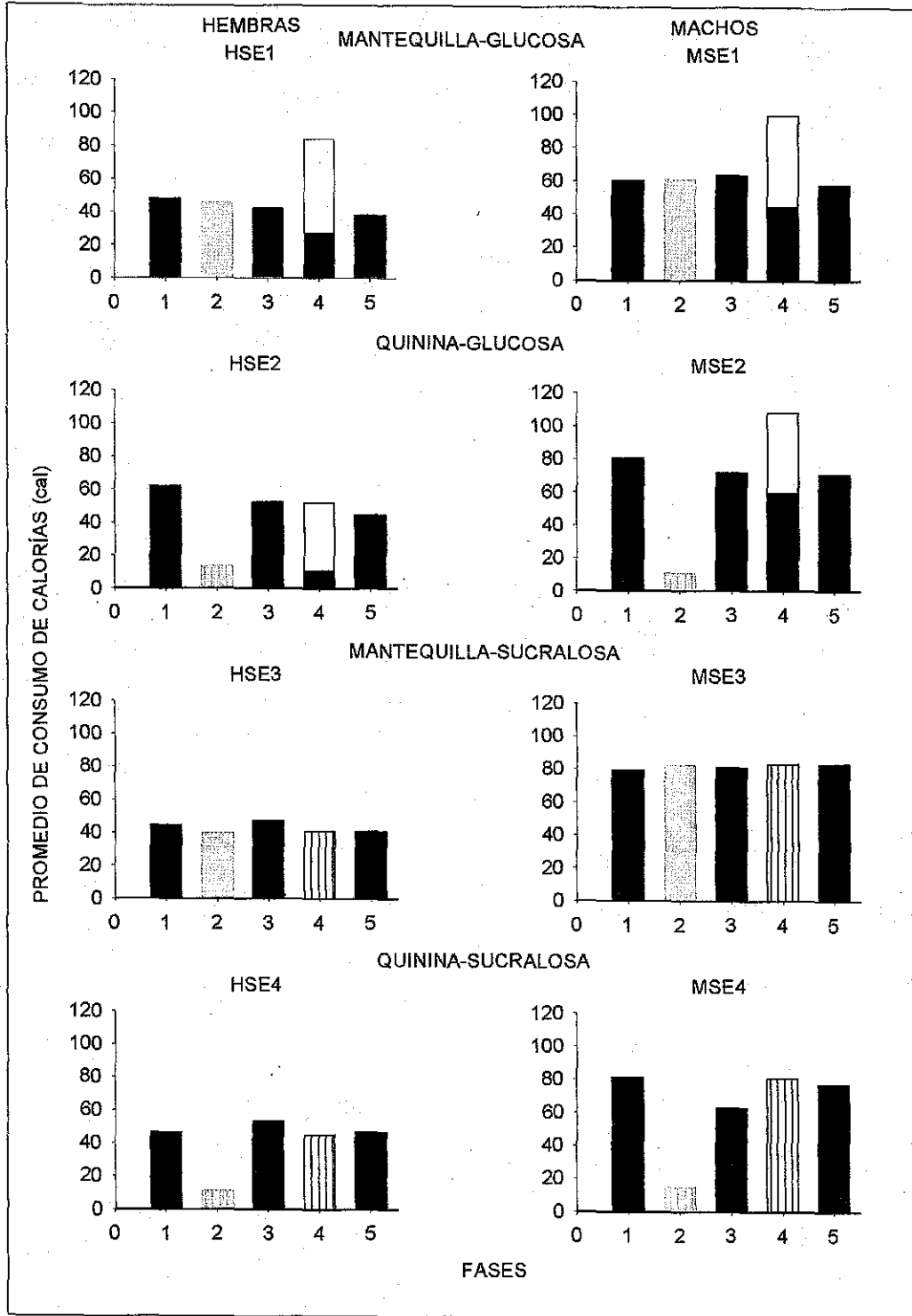


FIGURA 31. Promedio de consumo de calorías de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. las barras representan las fases experimentales: el color negro las fases de acceso a alimento+agua, gris alimento+mantequilla, gris a rayas alimento+quinina, negro/blanco alimento+glucosa (negro=alimento, blanco=glucosa) y blanco a rayas alimento+agua+sucralosa

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA/SABOR/ENDULZANTE, ALIMENTO Y CALORÍAS

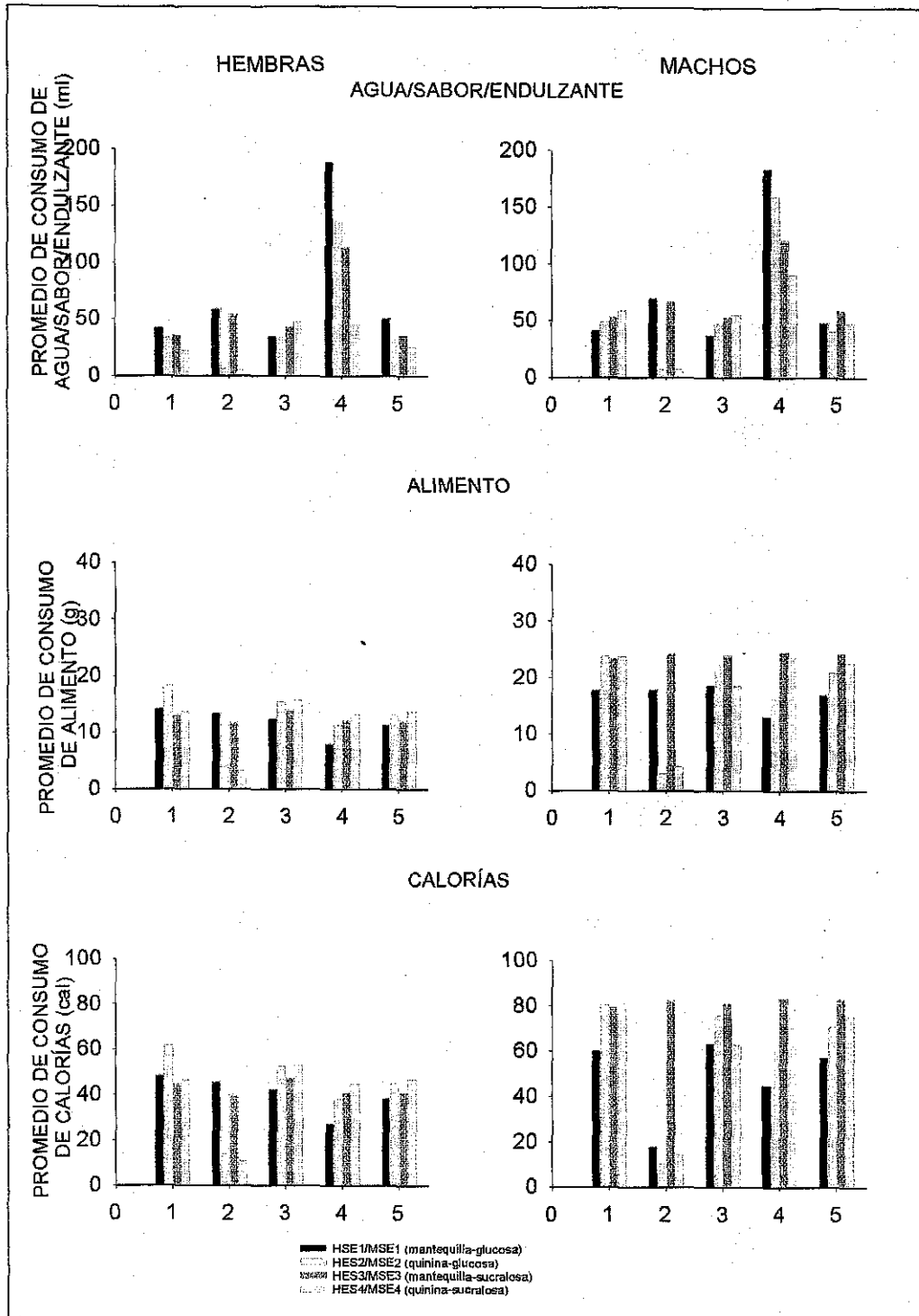


FIGURA 32. Promedio de consumo de bebida, alimento y calorías en los paneles superior, central e inferior. Los datos de hembras y machos se muestran en las columnas izquierda y derecha. En cada fase se muestran los datos agrupados de los sujetos. En la leyenda se muestran los rotulos correspondientes.

PESO CORPORAL

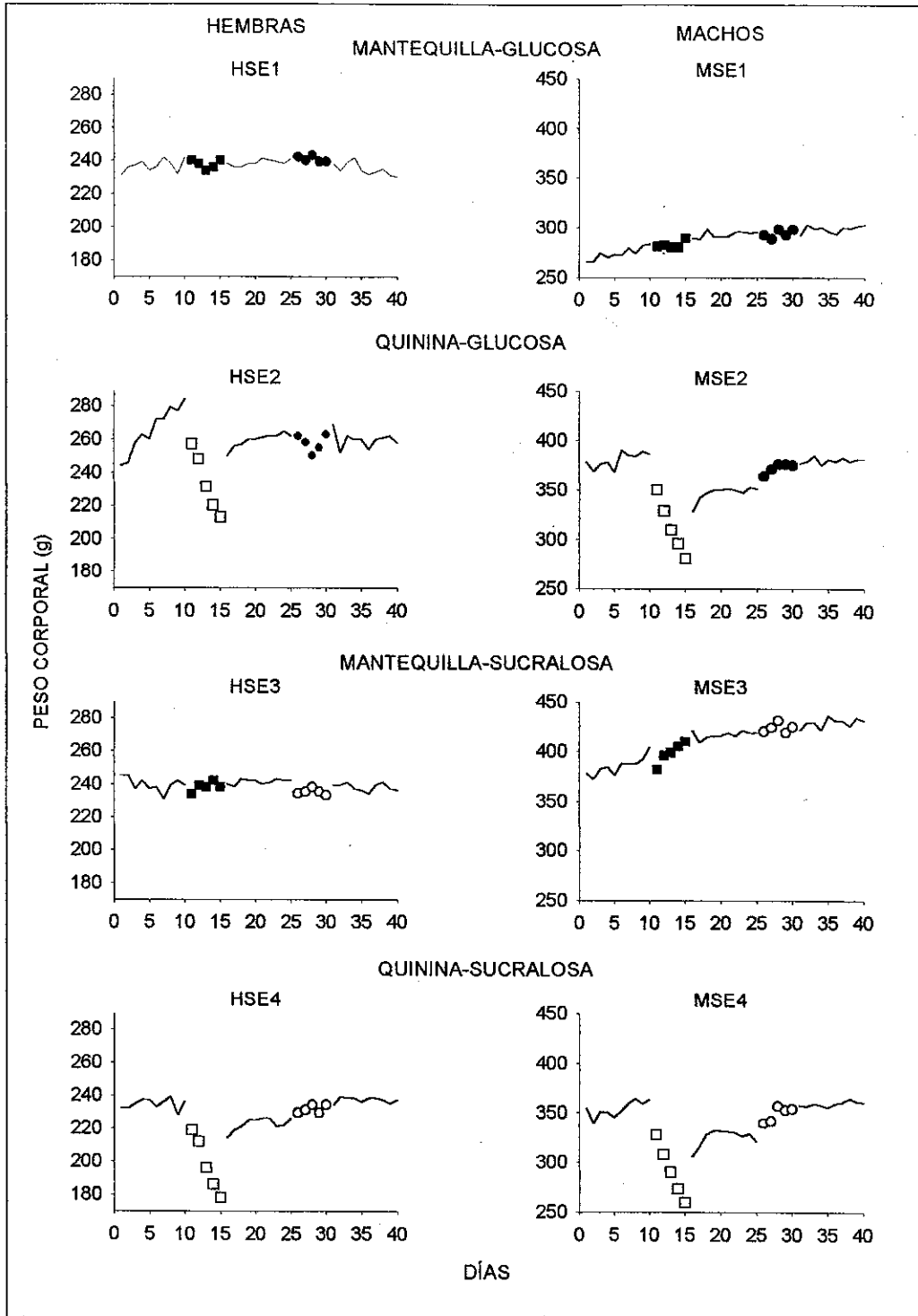


FIGURA 33. Peso corporal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las líneas continuas representan las fases en las que se expuso a condiciones de alimento+agua, los cuadros grises alimento+mantequilla, los cuadros blancos alimento+quinina, los círculos negros alimento+glucosa y los círculos blancos alimento+sucralosa.

12. EXPERIMENTO 7. PATRÓN DE CONSUMO DE ALIMENTO, AGUA Y CALORÍAS CON LA SECUENCIA ENDULZANTE-SABOR BAJO CONDICIONES DE LIBRE ACCESO

Los resultados del Experimento 6 demostraron que es posible ocasionar grandes bebidas de agua con sucralosa si se altera la historia de consumo. Cuando los animales fueron expuestos a una solución sabor mantequilla previo a recibir la sucralosa mostraron la respuesta de la gran bebida. En el presente experimento se modificó la secuencia en la que se recibe el sabor y el endulzante, es decir, los animales recibirán primero las soluciones endulzadas con glucosa o sucralosa y posteriormente la soluciones sabor mantequilla o quinina. El objetivo es determinar si se presenta alguna modificación en los patrones de consumo de bebida, alimento y calorías.

Método

Sujetos

Ocho ratas de la cepa Wistar, cuatro hembras (HES1, HES2, HES3 y HES4) y cuatro machos (MES1, MES2, MES3 y MES4), ingenuos y con tres meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Los mismos que se utilizaron en el Experimento 6.

Procedimiento

El mismo que se utilizó en el Experimento 6.

Diseño experimental

El mismo que se utilizó en el Experimento 6. Excepto que durante la fase 2 los sujetos fueron expuestos a la solución compuesta de agua+endulzante (glucosa o sucralosa) y durante la fase 4 a la solución compuesta de agua+sabor (mantequilla o quinina) durante cinco días. Es decir, se invirtió la manipulación experimental que se utilizó en el

Experimento 6. Los grupos fueron denominados: 1) glucosa-mantequilla; 2) glucosa-quinina; 3) sucralosa-mantequilla; y, 4) sucralosa-quinina (Tabla 7).

Tabla 7. Diseño del Experimento 7

SUJETOS N=8	GRUPOS	FASES				
		1	2	3	4	5
	glucosa- mantequilla		alimento+	alimento	alimento+	
	glucosa- quinina	alimento+	agua+glucosa	+	agua+mantequilla	
	sucralosa- mantequilla	agua		agua	alimento+	alimento+
	sucralosa- quinina		alimento+		agua+quinina	agua
			agua+sucralosa		alimento+	
DÍAS		1-10	11-15	16-25	26-30	31-40

Resultados

Las Figuras 33 y 34 muestran los resultados obtenidos del consumo de líquido y alimento respectivamente. La columna derecha representa los registros de hembras y la derecha a los machos. Las líneas continuas representan el acceso a alimento+agua, los círculos negros muestran los datos de los sujetos que tuvieron acceso a alimento+agua+glucosa, los blancos a alimento+agua+sucralosa, los cuadros negros muestran los datos de los sujetos que tuvieron acceso a alimento+agua+mantequilla y los blancos a alimento+agua+quinina. El eje de las abscisas muestra el consumo de alimento o líquido y el eje de las ordenadas el número de días de duración del experimento. Los datos de cada grupo experimental se muestran en el siguiente orden: 1) glucosa-mantequilla; 2) mantequilla-quinina; 3) sucralosa-mantequilla); y, 4) sucralosa-quinina.

En la Figura 33 se observó que el mismo patrón de consumo de agua en todos los sujetos durante las fases de acceso a alimento+agua: las hembras consumieron un promedio de 30ml y los machos 40ml. Cuando recibieron el endulzante en la fase 2, se

presentaron las grandes bebidas únicamente en los sujetos que recibieron la glucosa (HES1, HES2, MES1 y MES2), mientras que los sujetos que recibieron la sucralosa (HES3, HES4, MES3 y MES4) aumentaron 20ml su promedio de consumo respecto a las fases de consumo de agua en algunos de los días de acceso al endulzante sin calorías. Durante la fase 4, en la que se ofreció la solución con sabor, los sujetos que fueron expuestos a la mantequilla mostraron diversos patrones de consumo. Los sujetos HES1 y MES2 mantuvieron el promedio de consumo de las fases de acceso agua y durante dos días de acceso al sabor disminuyeron su consumo 10 y 20ml respectivamente. El sujeto HES3 mantuvo su promedio de consumo de 30ml observado en las fases 1, 3 y 5, mientras que el sujeto MES4 mostró un patrón de consumo caracterizado por incrementos y decrementos desde los 10ml hasta los 100ml. El patrón de consumo de bebida de los sujetos expuestos al sabor quinina (HES2, HES4, MES2 y MES4) decrementó de los 10ml hasta los 0ml. Adicionalmente, se observó que estos sujetos mostraron un aumento en el consumo de agua los dos primeros días de acceso de la fase 5, es decir, de la fase posterior a la fase en la que recibieron la quinina.

El consumo de alimento se observa en la Figura 34. Se muestran diversos patrones de consumo en todos los sujetos. Durante las fases 1, 3 y 5 las hembras consumieron un promedio de 15g de nutricubos, mientras que los machos consumieron 20g. Los sujetos que recibieron glucosa durante la Fase 2 mostraron un patrón de consumo descendente de los 15 a los 5g, excepto el sujeto HES2 que decrementó su consumo desde el primer día de acceso al endulzante. Por su parte, los sujetos que recibieron la sucralosa mantuvieron el mismo promedio de consumo registrado en las fases 1, 3 y 5. En la fase 4 (cuando fueron expuestos al sabor) los sujetos que recibieron la mantequilla mostraron incrementos y decrementos en su consumo de nutricubos que iban desde los 10 hasta los 20g. Los sujetos que recibieron la quinina decrementaron su

consumo de forma descendente desde los 10 a los 0g en el sujeto HES2, de los 10 a los 5g en el sujeto HES4 y de los 15 a los 0g en los sujetos MES2 y MES4.

La Figura 35 muestra el promedio de consumo de calorías en alimento y líquido. Las barras representan cada una de las fases experimentales. La barra color negro representa el promedio de consumo durante las fases de acceso a alimento+agua, la barra color gris alimento+agua+mantequilla, gris a rayas alimento+agua+quinina, blanco y negro alimento+agua+glucosa y blanco a rayas alimento+agua+sucralosa).

Durante las fases 1, 3 y 5 (de acceso a alimento+agua) las hembras consumieron un promedio de 50 calorías y los machos de 80 calorías. En la fase 2, los sujetos que recibieron glucosa aumentaron 20 calorías más su promedio de consumo. Los sujetos expuestos a la sucralosa conservaron el mismo promedio de consumo observado en las fases de acceso a alimento+agua. Durante la fase 4, las hembras que recibieron el sabor mantequilla también conservaron el mismo promedio de consumo observado en las otras fases experimentales, mientras que los machos disminuyeron 10 calorías su promedio de consumo respecto al resto de las fases. Los sujetos que recibieron la quinina disminuyeron un promedio de 35 calorías su consumo respecto a las otras fases.

Los promedios de consumo de líquido, alimento y calorías se muestran en el panel superior, central e inferior respectivamente en la Figura 36. Los datos de las hembras se muestran en la columna izquierda y los de los machos en la derecha y se encuentran agrupados en cada fase experimental. La leyenda de rótulos muestra el color correspondiente a cada sujeto.

En el panel superior se observó que los sujetos modificaron su patrón de consumo de líquido al recibir el endulzante (en la Fase 2) y la bebida con sabor (en la Fase 4), durante el resto de las fases, las hembras consumieron un promedio de 40ml y los machos 50ml. Los sujetos que recibieron la glucosa triplicaron su promedio de

consumo respecto al registrado en las fases de acceso a agua, mientras que los sujetos que fueron expuestos a la sucralosa mantuvieron el mismo promedio de consumo. En la fase 4, solo los sujetos que recibieron la quinina disminuyeron su consumo hasta los 10ml, mientras que los sujetos que recibieron la mantequilla no mostraron diferencias en el patrón de consumo observado en las fases de acceso al agua.

En el panel central se observó que las hembras consumieron un promedio de 15g de nutricubos y los machos 20g. Este promedio se mantuvo para quienes fueron expuestos durante la fase 2 a la sucralosa y durante la fase 4 al sabor mantequilla. Los sujetos que durante estas fases fueron expuestos a la glucosa y a la quinina disminuyeron su promedio de consumo a 5g.

Respecto al promedio de consumo de calorías que se observa en el panel inferior, las hembras y machos consumieron 50 y 70 calorías respectivamente. Los sujetos que consumieron la solución con quinina durante la fase 4 disminuyeron este promedio a la mitad. Por su parte, las hembras que recibieron glucosa durante la fase 2 aumentaron 20 calorías más a su promedio observado en las otras fases, en el caso de los machos no se puede apreciar un aumento importante, pues su promedio de consumo se mantuvo casi igual durante todo el experimento, excepto por los sujetos que recibieron la quinina en la fase 4 como se mencionó anteriormente.

La Figura 37 muestra el peso corporal de los sujetos durante el experimento. La representación de los íconos es la misma que se utilizó en Figura 33 y 34. A excepción de los sujetos que consumieron la solución con quinina (HES2, HES4, MES2 y MES4), el resto mostró la curva de crecimiento del peso corporal natural. De forma particular, el sujeto HES1 mostró una curva de crecimiento con tendencia a la disminución del peso corporal a partir de la fase 2 (en la que recibió glucosa) y se mantuvo así hasta el final de la fase 4, en la que empezó a recuperar el peso perdido. Los sujetos que recibieron la

quinina decrementaron gradualmente peso corporal, el cual fue recuperándose conforme avanzó la fase 5 hasta llegar al peso corporal registrado previamente en las fases experimentales anteriores.

Discusión

Los resultados del Experimento 7 mostraron la ausencia de grandes bebidas de agua+sucralosa y presencia de grandes bebidas de agua+glucosa. El objetivo de este experimento fue determinar si alterar la secuencia en la que se presentan los sabores y endulzantes podría modificar los patrones de consumo de bebida, alimento y calorías. Como se observó en el Experimento 6, la presencia previa de un sabor aceptado (mantequilla) produjo la emisión de grandes bebidas de agua+sucralosa. En el Experimento 7, la presencia previa del endulzante a la disponibilidad de los sabores no produjo ningún cambio en los patrones de consumo que ya se habían observado en los otros experimentos reportados en este trabajo.

Es decir, los animales presentaron el patrón característico de la gran bebida de agua+glucosa, no consumieron la solución con quinina y mantuvieron igual el consumo de agua, agua+sucralosa y agua+mantequilla. La presencia previa de los endulzantes no afectó los patrones de consumo de quinina y mantequilla que ya se han reportado previamente en otros estudios en los que no se ha alternado la disponibilidad de otros sabores, como en este caso, la sucralosa y la glucosa (Galindo y López-Espinoza 2007; Ordaz, 2006).

CONSUMO DE AGUA, ENDULZANTE Y SABOR

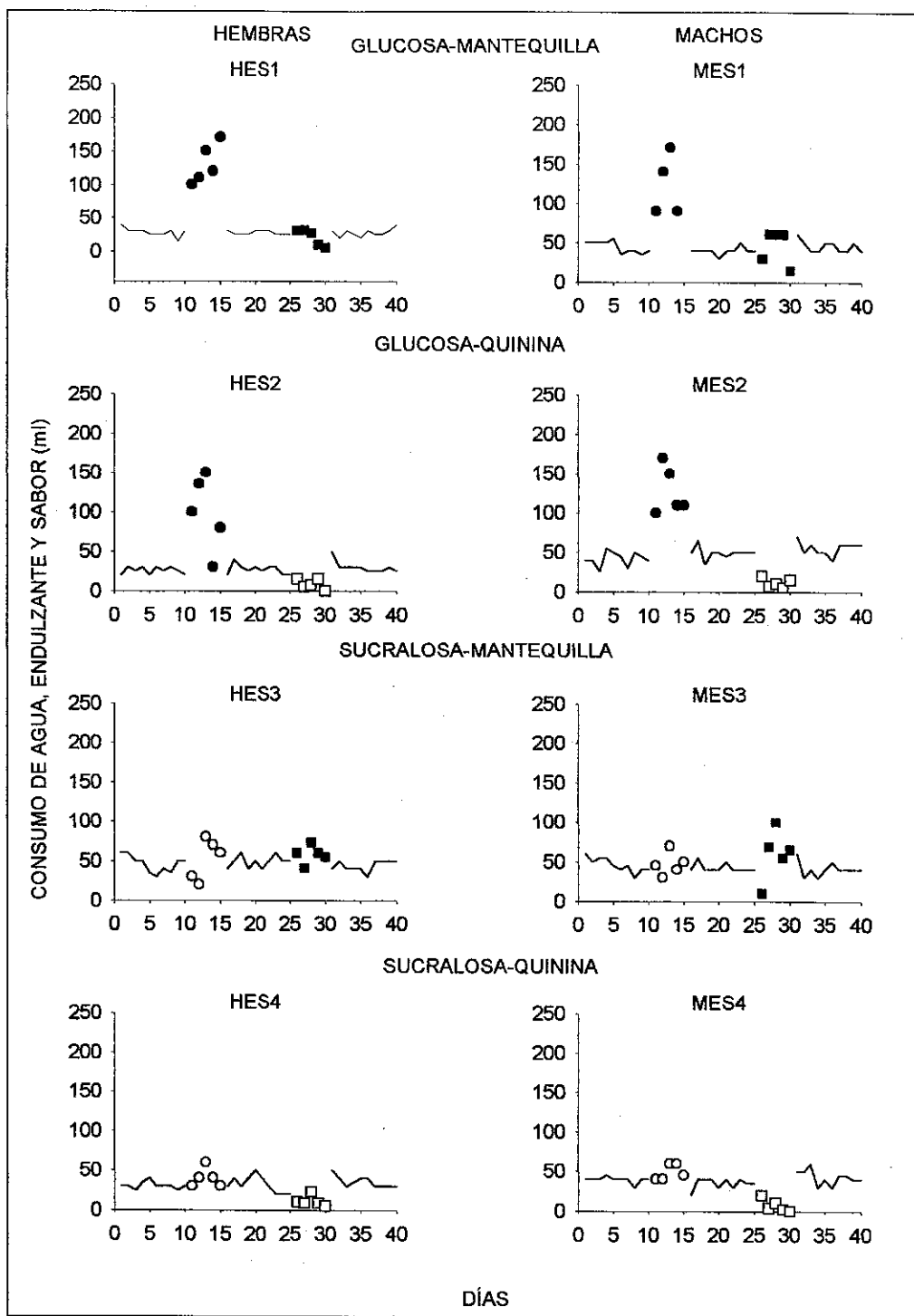


FIGURA 34. Consumo de agua, endulzante y sabor de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las líneas continuas representan las fases en las que se expuso a condiciones de alimento+agua, los círculos negros alimento+glucosa, los círculos blancos alimento+sucralosa, los cuadros negros alimento+mantequilla y los cuadros blancos alimento+quinina.

CONSUMO DE ALIMENTO

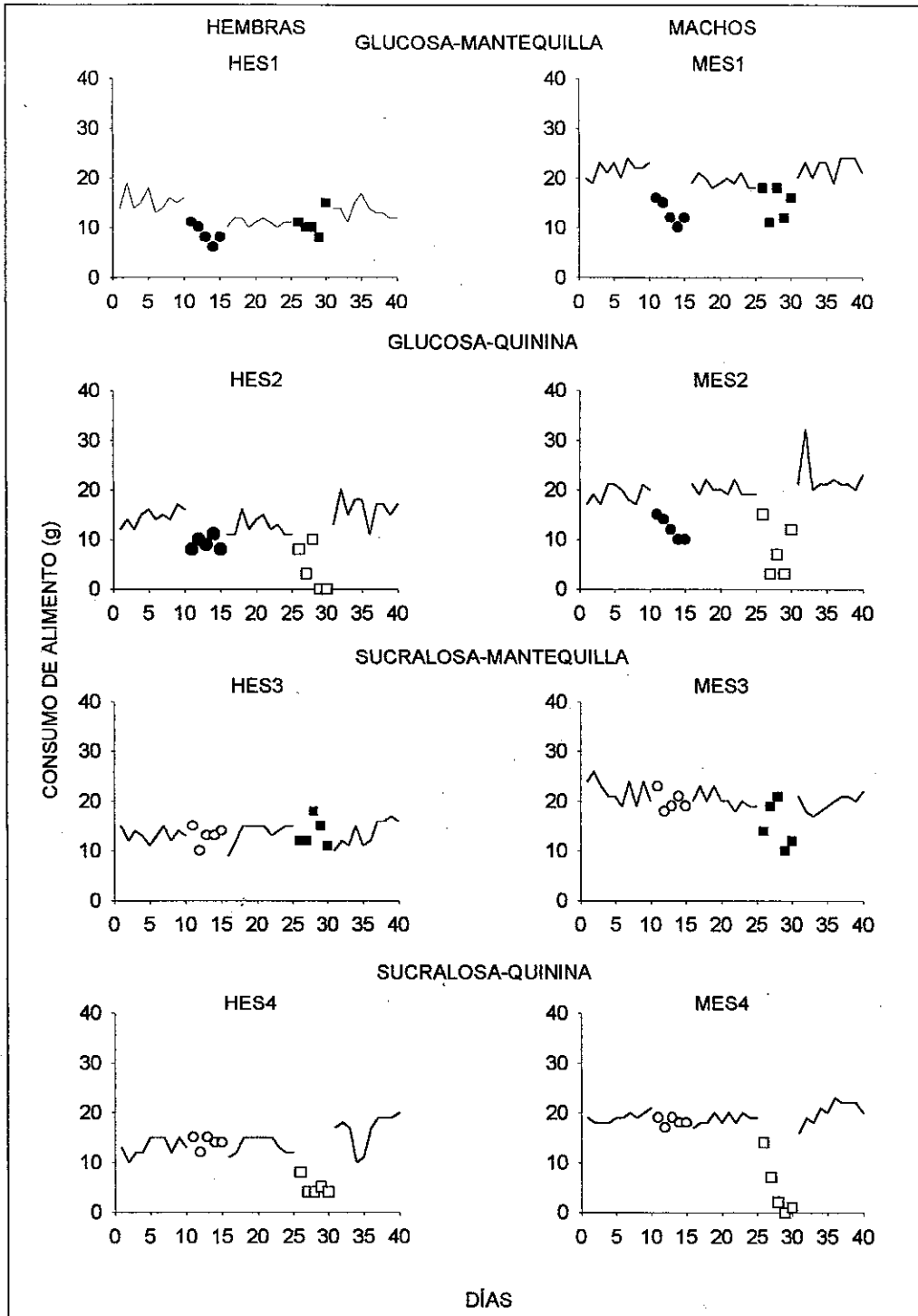


FIGURA 35. Consumo de alimento de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las líneas continuas representan las fases en las que se expuso a condiciones de alimento+agua, los círculos negros alimento+glucosa, los círculos blancos alimento+sucralosa los círculos negros alimento+mantequilla y los círculos blancos alimento+quinina.

PROMEDIO DE CONSUMO DE CALORÍAS

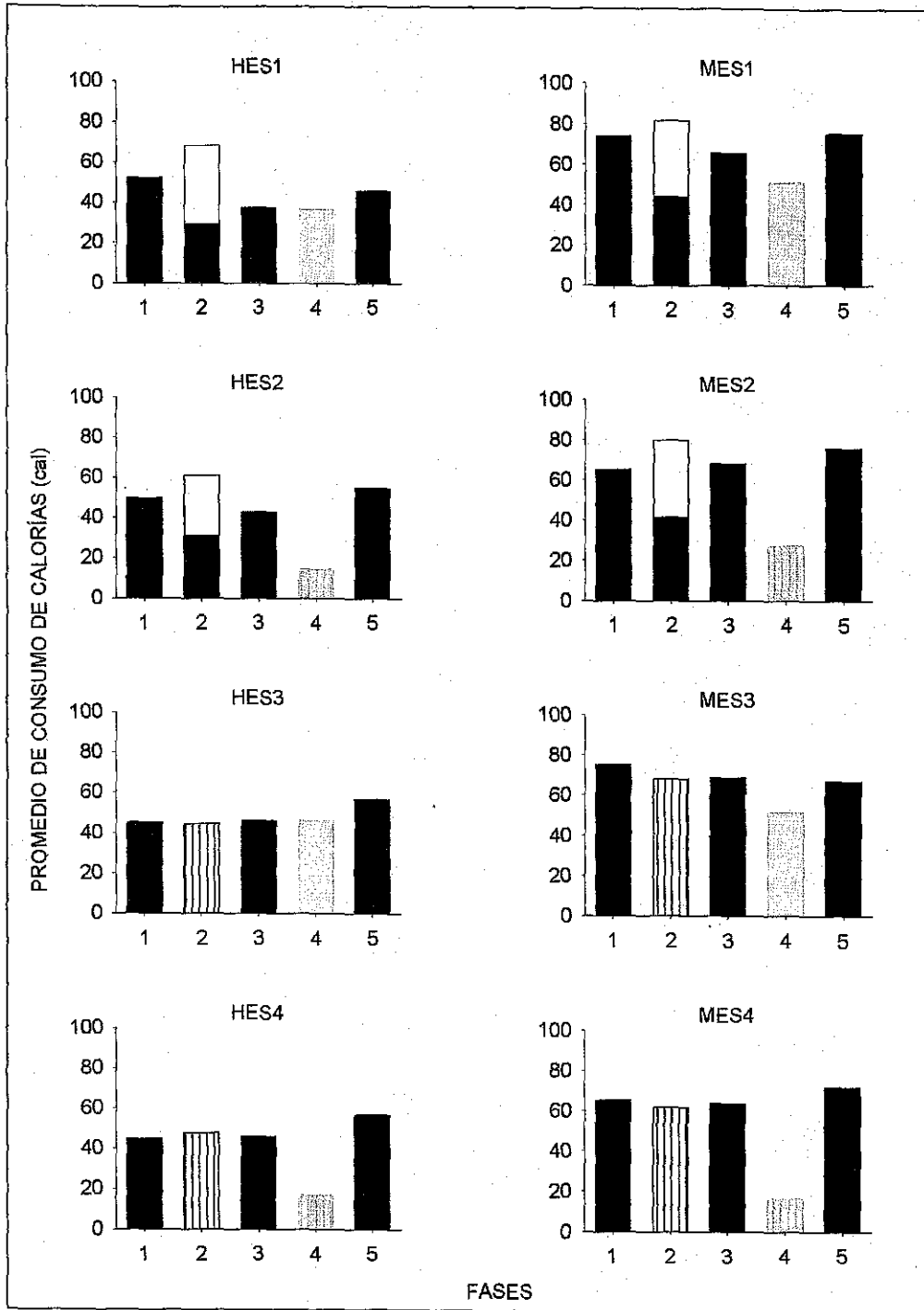


FIGURA 36. Promedio de consumo de calorías de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. las barras representan las fases experimentales: el color negro las fases de acceso a alimento+agua, negro/blanco alimento+glucosa (negro=alimento, blanco=glucosa), blanco a rayas alimento+agua+sucarosa, gris alimento+mantequilla y gris a rayas alimento+quinina

PROMEDIO DE CONSUMO DE AGUA/ENDULZANTE/SABOR, ALIMENTO Y CALORÍAS

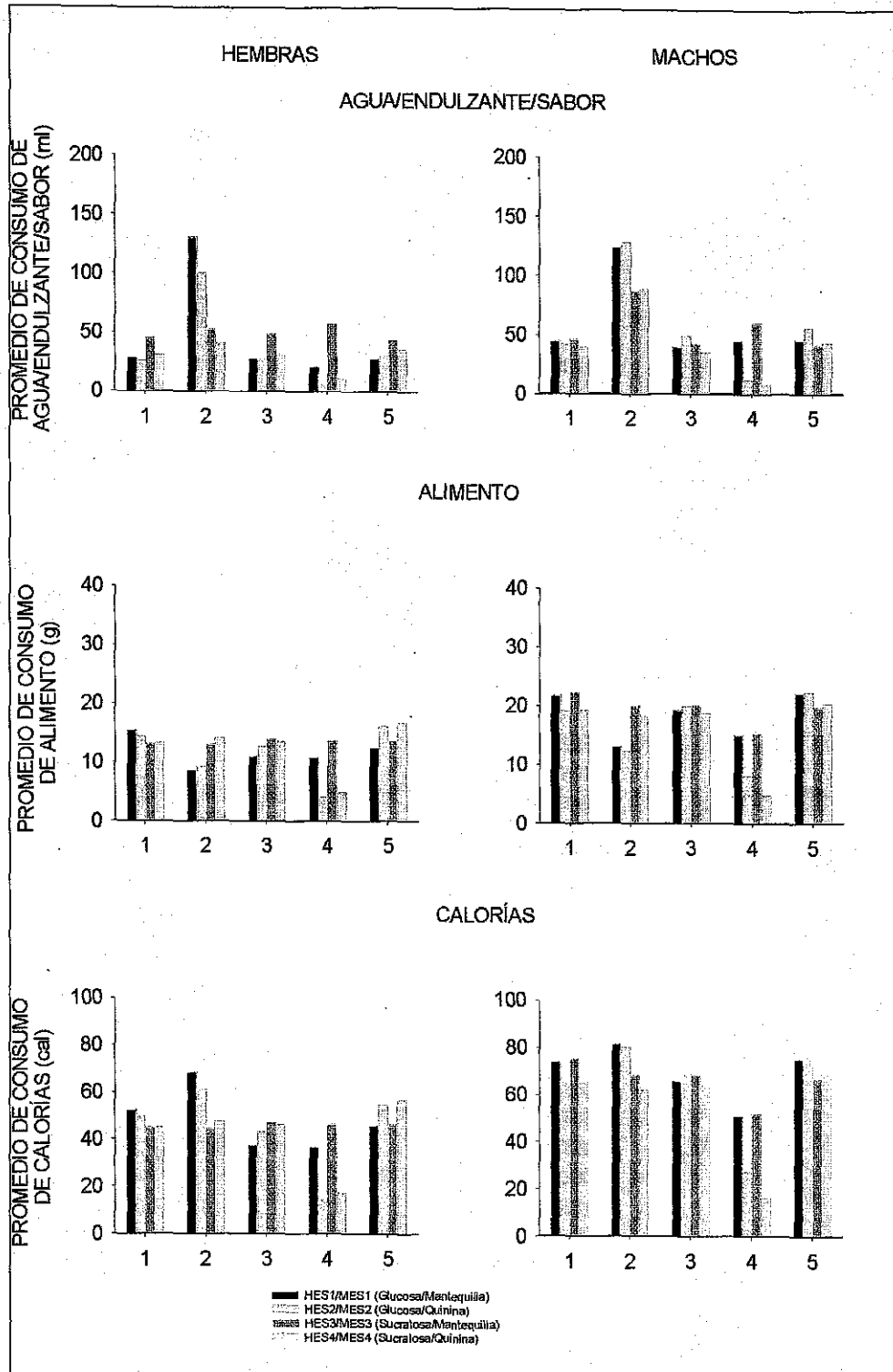


FIGURA 37. Promedio de consumo de bebida, alimento y calorías en los paneles superior, central e inferior. Los datos de hembras y machos se muestran en las columnas izquierda y derecha. En cada fase se muestran los datos agrupados de los sujetos. En la leyenda se muestran los rotulos correspondientes.

PESO CORPORAL

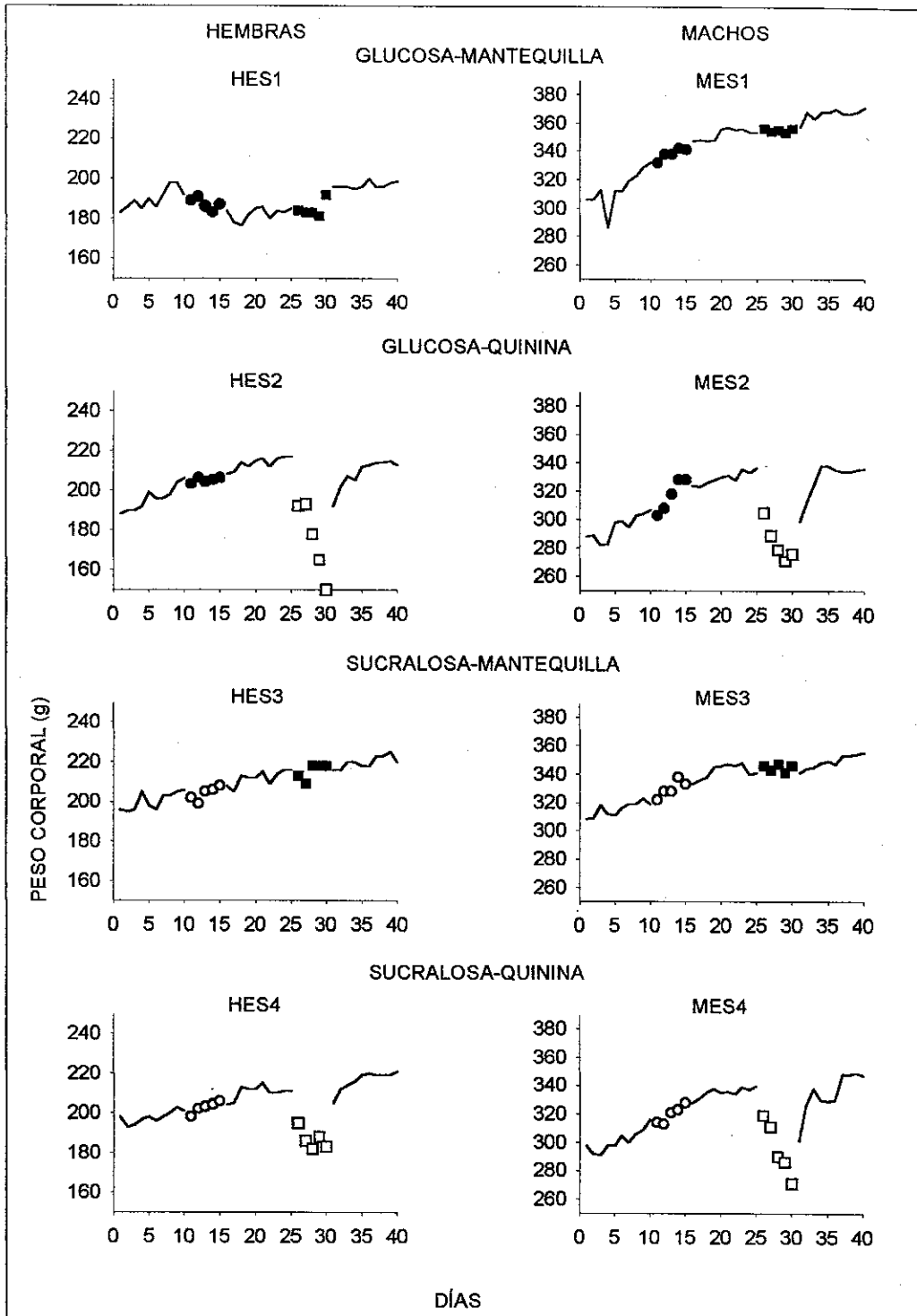


FIGURA 38. Peso corporal de hembras y machos en las columnas izquierda y derecha respectivamente. Las líneas continuas representan las fases en las que se expuso a condiciones de alimento+agua, los círculos negros alimento+glucosa, los círculos blancos alimento+sucralosa, los círculos negros alimento+mantequilla y los círculos blancos alimento+quinina,

13. DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados mostraron dos interesantes respuestas de consumo de endulzantes: la presencia de grandes bebidas progresivas de agua con glucosa en todas las manipulaciones experimentales realizadas y la presencia de grandes bebidas de agua con sucralosa cuando los animales fueron expuestos a una historia de sabor en el Experimento 6.

En el Experimento 1, los animales fueron expuestos a alimento y a periodos alternados de agua y agua con glucosa bajo condiciones de libre acceso. Durante el Experimento 2, los animales fueron expuestos a las mismas condiciones experimentales, pero recibieron agua con sucralosa en lugar de agua con glucosa. Se observó la presencia de grandes bebidas únicamente en el Experimento 1, mientras que en el Experimento 2 los animales mantuvieron su consumo de agua y agua con sucralosa prácticamente igual. Respecto al consumo de alimento y calorías, durante el Experimento 1, los sujetos disminuyeron su consumo de alimento e incrementaron su consumo de calorías cuando la glucosa estuvo disponible, mientras que en el Experimento 2, los sujetos mantuvieron estable su consumo de líquido, alimento y calorías.

Posteriormente, otro grupo de ratas recibió alimento y periodos alternados de agua y endulzantes con la siguiente secuencia: agua/agua con glucosa/agua/agua con sucralosa/agua en el Experimento 3. Los animales presentaron grandes bebidas cuando recibieron la glucosa. Durante el Experimento 4, los animales recibieron alimento y periodos alternados de líquido con la siguiente secuencia: agua/agua con sucralosa/agua/agua con glucosa/agua. Se obtuvo el mismo resultado: los animales emitieron grandes bebidas únicamente cuando tuvieron disponible la solución de agua

con glucosa. Los resultados de ambos experimentos no mostraron diferencias a pesar de la secuencia en la que se recibió el endulzante. El consumo de alimento y calorías también mostró el mismo patrón alimentario: se incrementó la ingesta de calorías y se redujo el consumo de alimento cuando había glucosa, mientras que se mantuvo estable cuando la sucralosa estuvo disponible.

Por tanto, se observó un patrón de consumo de endulzantes similar en el Experimento 1, 2, 3 y 4. La gran bebida se caracterizó por un patrón de incremento gradual conforme avanzaron los días de acceso a la glucosa. El consumo de agua con sucralosa se mantuvo estable e idéntico al consumo de agua.

Los resultados de estos cuatro experimentos mostraron que la presencia de la gran bebida es ocasionada por el contenido energético de la glucosa. Como la glucosa y la sucralosa tienen el mismo sabor, no es posible afirmar que es éste último el factor que causa la ocurrencia de la gran bebida. Esta afirmación no concuerda con diversos estudios que señalan al sabor como el estímulo principal para que los animales acepten, prefieran y consuman grandes cantidades de un alimento particular (Schiffman, 1994; Theunissen, Polet, Kroeze y Schifferstein, 2000).

Eartmans, Baeyens y Van den Bergh (2001) señalaron que la mayoría de los estudios sobre aceptación o preferencia de alimentos tratan sobre cómo el sabor interactúa con otro de los componentes, por ejemplo: 1) interacciones entre sabores; 2) interacción entre sabor y olor; 3) entre color y sabor; 4) entre textura y sabor; 5) temperatura y sabor; y, 6) contenido energético y sabor. No obstante, son pocos los estudios que afirman que estos múltiples componentes interactúan y tienen un efecto sobre el gusto por los alimentos y sobre las respuestas sensoriales-afectivas hacia la comida.

En nuestros resultados, es innegable que el sabor dulce tuvo una importante participación para que los animales aceptaran las soluciones, pero definitivamente no es condición suficiente para explicar la respuesta de la gran bebida. Es posible que el sabor dulce y el contenido energético de la glucosa interactúen para producir el efecto necesario para estimular a los animales a beber grandes cantidades de agua endulzada, sin embargo, es contundente que el sabor dulce por si solo no puede ocasionar esta conducta. Entonces, ¿el contenido energético por si solo si podría ocasionarla? Probablemente no. Se tendría que producir un alimento con un efecto postingestivo potente que no tuviera sabor. Actualmente no existe este producto. Es fácil comprender por qué: además de los enfermos con lesiones esofágicas o estomacales ¿quién va alimentarse con un producto que contenga muchas calorías y que no sea agradable al gusto? Quizá el procedimiento experimental en el que se utilizan cánulas gástricas podría resolver este problema. Si un sujeto es alimentado sin que pueda percibir el sabor, sería posible determinar si el contenido energético por si solo puede ocasionar respuestas como la gran bebida.

La percepción del sabor involucra la integración de varias sensaciones. Además del sabor y olor, que juegan un papel central, la apariencia de la comida (su color y forma), su textura, contenido energético y temperatura, e incluso, el sonido de la masticación contribuyen a la percepción de un individuo hacia un alimento particular. El interés de este tema consiste en cómo esos aspectos del alimento interactúan para producir una respuesta particular de percepción, como en este caso, la gran bebida.

Ackroff y Sclafani (2004) afirmaron que los animales aprenden rápidamente a preferir un nuevo sabor cuando éste ha sido mezclado con sabor "positivo" (como el sabor dulce). Este proceso fue denominado aprendizaje sabor-sabor. Un segundo proceso, el aprendizaje sabor-nutriente, se describe cuando los animales aprenden a

preferir un sabor nuevo cuando éste ha sido apareado previamente con los efectos postingestivos de los nutrientes. Si existiera el alimento con calorías sin sabor, sería posible producir otro proceso, el de aprendizaje nutriente-nutriente. El interés en este proceso consistiría en determinar si un nutriente sin sabor puede producir procesos de aprendizaje.

Capaldi (1990) argumentó que en los procesos de aprendizaje sabor-sabor y sabor-nutriente, la hipótesis más aceptada es que el animal elige o prefiere el E+ sobre el E- porque "le gusta más". Sin embargo, en nuestros resultados no puede afirmarse que las ratas consumieron grandes cantidades de agua con glucosa porque "les gustó más". Capaldi (1990) agregó que animales y humanos eligen sus alimentos en función no solo del sabor, sino también de sus necesidades y deficiencias. No obstante, nuestros sujetos experimentales no estuvieron privados ni tenían una deficiencia específica. Es decir, su conducta de consumo fue motivada por algo más.

Ackroff y Sclafani (2004) señalaron que los efectos postingestivos de los endulzantes difieren de acuerdo a la "calidad" del endulzante utilizado. Demostraron que cuando se ofrecen dos soluciones isocalóricas de glucosa y fructosa a las ratas, éstas desarrollan rápidamente una fuerte preferencia por la solución de glucosa. Este resultado se ha atribuido a que la glucosa sabe mejor que la fructosa. Sin embargo, parece que las ratas aprenden a preferir la glucosa sobre la fructosa a partir de que los azúcares tienen diversos efectos postingestivos que no necesariamente están basados en las calorías, sino en la calidad del endulzante. Al parecer, el efecto postingestivo de la glucosa produce sensaciones placenteras a nivel cerebral, produciendo la liberación de sustancias que contribuyen a la sensación de bienestar. Ackroff y Sclafani (2004) concluyeron que la glucosa tiene un efecto reforzador postingestivo más potente que el de la fructosa. Sugirieron la realización de otros experimentos en los que se analicen los

efectos reforzantes de otros endulzantes, con la finalidad de encontrar diferencias en los efectos postingestivos que no se refieran a las calorías, sino a otros componentes que actúen en el sistema nervioso de los organismos. Este argumento podría explicar las grandes bebidas progresivas que observamos en nuestros resultados.

Nuestros sujetos iniciaron los experimentos a los tres meses de edad. Durante este tiempo recibieron únicamente agua y alimento (*chow*). Cuando se adicionó a su ambiente alimentario un nuevo sabor (que además se sabe que es aceptado y preferido por todos los animales) los sujetos lo aceptaron y consumieron grandes cantidades. Hasta ese momento, el sabor dulce de la glucosa puede explicar la respuesta de aceptación. Posteriormente, los animales experimentaron la consecuencia postingestiva de la glucosa. Esta situación permitió que los animales dejaran de consumir alimento y compensaran las calorías perdidas con el consumo del agua endulzada con la glucosa. No obstante, el patrón de consumo siguió incrementándose, por lo que el número de calorías consumidas incremento también. El contenido energético del alimento ya no es explicación suficiente para comprender la presencia de grandes bebidas progresivas.

Una propuesta para explicar este fenómeno es la teoría de la mera exposición (Eartmans, Baeyens y Van den Bergh, 2001; Zajonc, 2001). La repetida exposición a un estímulo produce un aumento en la frecuencia de respuesta, inclusive, puede producir una respuesta afectiva cuando antes no la había. En el contexto de la alimentación, este mecanismo funciona desde la infancia, en el establecimiento de patrones alimentarios que perdurarán hasta la adultez. Incluso se ha señalado que bebés dentro del vientre de sus madres, que son alimentadas con sabores específicos, producirá que los niños prefieran esos sabores cuando nazcan.

Eartmans, Baeyens y Van den Bergh (2001) mencionaron que numerosas investigaciones han conducido a que tanto niños como adultos pueden determinar la

relación entre comida y preferencia a partir de la exposición y frecuencia de los alimentos. Reportes experimentales indican que la preferencia por un alimento es una función que se incrementa si la exposición se incrementa también. Por ejemplo, la exposición a un tipo de comida una vez al día durante diez días consecutivos puede incrementar dramáticamente la ingesta de ese alimento. El argumento es que la repetida exposición causa ese incremento en la ingestión. La mera exposición es una condición necesaria y suficiente para incrementar la conducta ingestiva de forma rápida y segura. No obstante, también se señala que la exposición repetida de un alimento puede ocasionar la saturación del sabor o de otras de sus propiedades. Los resultados obtenidos en los cuatro primeros experimentos demostraron que los sujetos manifestaron una rápida aceptación hacia la glucosa y su consumo incrementó dramáticamente conforme se seguía exponiendo a los sujetos a la solución endulzada con glucosa. Probablemente, la exposición repetida de la glucosa sumada al efecto postingestivo que ocasiona en el organismo permitió la ocurrencia de grandes bebidas. Sin embargo, no se observó ninguna saturación por el sabor dulce.

Por otro lado, otra propuesta denominada “adaptación al sabor” plantea cómo pueden interactuar los factores orales y postingestivos para ocasionar respuestas como la gran bebida. Esta propuesta parece complementar a la teoría de la mera exposición.

Booth, Lovett y McSherry (1972) señalaron que las ratas que son expuestas a soluciones de glucosa empiezan a tomar muy poco líquido, posteriormente, su tasa de beber se va incrementando aproximadamente un 10% diariamente. Si siguen siendo expuestas al endulzante pueden llegar a cuadruplicar su consumo, dependiendo de la dosis utilizada. Denominaron a este fenómeno como “adaptación al sabor” y lo explicaron en función de cómo un animal que ha sido expuesto previamente a una concentración de endulzante y se le cambia la dosis, adquiere rápidamente la

preferencia por el nuevo endulzante o la nueva dosis. Es decir, hay una facilitación de la respuesta de consumo.

Sin embargo, Theunissen, Polet, Kroeze y Schifferstein (2000) dieron otra interpretación a la teoría de la adaptación al sabor. Demostraron que sujetos expuestos a un yogurth endulzado redujeron su ingesta una vez que alcanzaron la «adaptación al sabor». Tradicionalmente, el procedimiento para estudiar este fenómeno consiste en dejar el estímulo alimentario en la boca del sujeto durante un periodo de tiempo considerable, usualmente más de un minuto. Posteriormente, los sujetos humanos son cuestionados mediante una escala, cuál alimento les produjo una percepción del sabor más o menos intensa. Por su parte, Halpern (1985) describió un experimento en el cual la adaptación al sabor fue medida durante la conducta habitual de beber. Los sujetos tomaban un sorbo de una mezcla de sucrosa y ácidos cítricos durante intervalos de tiempo específicos, después se estimó la percepción de la intensidad de la mezcla después de cada sorbo. Después de ocho sorbos los sujetos redujeron su conducta inicial hasta 17%. Encontró que dependiendo de la dosis de sucrosa utilizada el nivel de la adaptación a sabor era determinado.

La teoría de la “adaptación al sabor” aplicada a estudios sobre conducta alimentaria es controversial. No obstante, Booth, Lovett y McSherry (1972) propusieron dos factores que pueden explicar altas tasas de consumo, como la gran bebida: un primer factor oral que percibe el sabor dulce y que es el causante de la aceptación y/o elección a la solución y un factor postingestivo, el cual inhibe la elección o aceptación a otras sustancias y que permite experimentar la saciedad. Aunque este argumento no llega a explicar por qué el patron de consumo de agua con glucosa se va incrementando progresivamente, Booth, Lovett y McSherry (1972) plantearon una

interesante cuestión: ¿los factores orales modulan a los factores postingestivos o viceversa?

LeMagnen (1972) señaló que las dos propiedades de la comida que determinan la ingesta y la satisfacción de los requerimientos metabólicos son los niveles orales y gástricos estimulados por la presencia del alimento y las propiedades nutritivas del alimento. Posteriormente, agregó que el apetito es un reflejo estimulado oralmente a corto plazo por el olor, sabor y volumen de la comida y que la cantidad de comida ingerida es seleccionada de acuerdo con esta estimulación. Posteriormente, los estímulos externos de las cualidades del alimento se adaptan a las necesidades metabólicas del cuerpo a largo plazo a partir del condicionamiento de las consecuencias postingestivas. Concluyó que este fenómeno del condicionamiento de la conducta alimentaria asocia las consecuencias postingestivas con las propiedades nutricionales de la comida. Estos efectos postingestivos son utilizados como estímulos condicionados para modular las respuestas ingestivas (Le-Magnen, 1999).

Sin embargo, otras propiedades del alimento también pueden modular estas respuestas. Posiblemente, la estimulación externa, como olores, sabores, texturas, apariencia o localización de los alimentos puede resultar efectiva para adquirir la respuesta de comer. Es necesario seguir estudiando las propiedades de los alimentos como estimulación externa para la respuesta de comer, pues la dieta de animales y humanos se constituye de numerosos y complejos estímulos. Los humanos y animales regulan sus conductas mediante la exposición a ciertas combinaciones de estímulos, no debe haber excepción en la emisión de sus respuestas alimentarias.

Por tanto, la emisión de grandes bebidas puede deberse a la exposición de las propiedades externas de la glucosa junto con sus propiedades nutricionales. Sin embargo, los resultados del Experimento 5 y 6 mostraron que octodones y ratas pueden

emitir grandes bebidas de agua con sucralosa, por lo que es importante considerar otro argumento que explique este tipo de respuesta.

Durante el Experimento 5, los octodones fueron expuestos a los endulzantes por tres días. Cuando tuvieron acceso a la glucosa mostraron el patrón característico de consumo: la presencia de grandes bebidas progresivas. Cuando tuvieron acceso a la sucralosa, se registraron grandes bebidas durante el primer día de acceso a este endulzante artificial. Posteriormente, el consumo de agua con sucralosa decreció gradualmente. Esta conducta puede explicarse mediante los procedimientos sabor-nutriente y sabor-sabor. Es evidente que los animales obtuvieron una consecuencia postingestiva cuando consumieron la glucosa y aprendieron la asociación entre el sabor dulce y el nutriente. Cuando recibieron la sucralosa, percibieron el sabor dulce y emitieron la gran bebida pero como no obtuvieron la consecuencia postingestiva, decrementaron gradualmente el consumo de este endulzante.

Pérez, Fanizza y Scafani (1999) señalaron que el procedimiento de aprendizaje sabor-nutriente es más poderoso que el procedimiento sabor-sabor, pues la experiencia de la asociación entre un nutriente y sabor tiene efectos más rápidos y duraderos que la asociación entre dos sabores. Es posible que los octodones asociaran el sabor dulce de la glucosa con el de la sucralosa, pero no fue suficiente para mantener la emisión de grande bebidas. Por su parte, Capaldi (1990) mencionó que el condicionamiento de sabor-nutriente difiere del condicionamiento sabor-sabor a partir de que el primero puede establecerse con una sola exposición, mientras que el segundo puede ser más débil y requerir de varias exposiciones para que se consolide y sea resistente a la extinción.

Por otra parte, en el caso específico del consumo de endulzantes, se ha reportado que el consumo previo de un sacárido puede afectar el consumo posterior de otro.

Ackroff, Manza y Sclafani (1993) reportaron un estudio cuyo propósito fue determinar si el consumo previo de un sacárido puede modificar el consumo posterior de otro. Utilizaron ratas Sprague-Dawley y eligieron cinco dosis de polícica y sucrosa (2, 4, 8, 16 y 32%). Los animales fueron expuestos a diversas manipulaciones experimentales en las que se probó la preferencia de un sacárido sobre otro en pruebas de uno o dos bebederos. Los animales probaron las dosis de los endulzantes de forma alternada y después fueron expuestos a las pruebas de preferencia. Los autores concluyeron que la experiencia con un sacárido afectó la respuesta de consumo del otro cuando los animales fueron expuestos a las pruebas de dos bebederos. Al parecer, los animales se sacian más rápidamente con el sabor de la sucrosa que con el de la polícica.

Ackroff, Manza y Sclafani (1993) señalaron que la saciedad oral de la sucrosa se generaliza hacia la polícica. Esto podría explicar por qué los animales empiezan a consumir grandes cantidades de polícica y luego decrementan el consumo. Esto quiere decir que los animales aprenden a alterar su patrón de consumo de bebida de un sacárido cuando reciben previamente otro endulzante.

No obstante, la emisión de la gran bebida en el Experimento 6 requiere de otra explicación, pues las ratas presentaron un patrón de consumo diferente al que presentaron los octodontes en el Experimento 5. Las ratas fueron divididas en cuatro grupos y recibieron tres diferentes bebidas: agua, agua con sabor (mantequilla o quinina) y agua endulzada (con glucosa o sucralosa). Se observó que las ratas que recibieron glucosa presentaron grandes bebidas progresivas sin importar la historia de consumo de sabor. Las ratas que recibieron sucralosa también mostraron grandes bebidas, que aunque no fueron progresivas, si fue notable su presencia, pues no se había observado esta respuesta en ninguna manipulación previa con ratas. Además, la gran bebida de agua con sucralosa presentada por las ratas fue diferente a la que presentaron

los octodones, pues no se observó un decremento gradual de su consumo. Además, las ratas que fueron expuestas al sabor mantequilla presentaron mayores consumos que las ratas que fueron expuestas al sabor quinina, lo que indica que la experiencia con un sabor aceptado ocasiona efectos más potentes que la experiencia con un sabor rechazado.

Definitivamente, la experiencia con sabores previa al consumo del endulzante propició la emisión de grandes bebidas. Diversos experimentos han demostrado que la experiencia dietaria influye de forma decisiva en el comportamiento alimentario.

Akroff y Sclafani, (2004) reportaron que el consumo de alimentos que contienen una combinación de sabores agradables puede estimular o facilitar el consumo posterior de alimentos novedosos o de alimentos que anteriormente no eran aceptados. Beridot-Therond, Arts, Fantino y De la Gueronniere (1998) señalaron que la conducta de beber puede estimularse a partir de las propiedades sensoriales de la bebida, e incluso, puede incrementar la palatabilidad si se le agrega un sabor dulce. Se encontró que cuando sujetos humanos son expuestos a un solo tipo de bebida, las propiedades sensoriales de ésta tienen poca influencia sobre la cantidad de líquido consumido. No obstante, cuando se tiene una mayor experiencia con varias bebidas al mismo tiempo, se incrementa su consumo total de líquido. Finalmente, Pérez, Fanizza y Sclafani (1999) explicaron que en la gran mayoría de estudios publicados sobre conducta alimentaria, los animales tienen una experiencia dietaria limitada. Esta situación facilita el aprendizaje porque el estímulo condicionado (nutriente) y el estímulo incondicionado (sabor) son novedosos para el sujeto.

En el caso específico de nuestros experimentos, todos los animales fueron alimentados con agua y *chow* antes de empezar cualquier manipulación. Por tanto, la exposición a sabores previa a la exposición de endulzantes puede estimular grandes

consumos, como ocurrió con las grandes bebidas de agua con sucralosa en el Experimento 6. Pérez, Fanizza y Sclafani (1999) argumentaron que una dieta monótona debe alterar el condicionamiento entre nutriente y sabor porque las ratas tienen una limitada oportunidad de aprender relaciones entre sabores y nutrientes. Este argumento nos lleva a proponer otros experimentos en los que la experiencia dietaria de los animales sea más amplia pues el rol que juega la novedad del alimento sobre el patrón alimentario no ha sido extensamente estudiado. Por ejemplo, Boakes y Lubart (1988) reportaron un experimento en el que expusieron a un grupo de ratas a una dieta con diversos alimentos antes de establecer el condicionamiento nutriente-sabor. Sus resultados mostraron que la experiencia previa con diversos alimentos redujo el efecto de novedad de los sabores utilizado, por lo que se alteró el aprendizaje.

Por otro lado, Warwick (2003) también investigó la influencia de las experiencias dietarias previas. En este estudio, los animales fueron alimentados con *chow* y se añadió un sabor y calorías. Después los animales fueron alimentados con *chow* y sabor sin calorías. Los resultados mostraron un aprendizaje exitoso cuando el alimento tenía calorías, mientras que no resultó el condicionamiento sin calorías. Al parecer, la experiencia dietaria no tuvo ningún efecto.

Este mismo resultado se obtuvo en el Experimento 7. Los animales fueron expuestos a los endulzantes antes de ser expuestos a soluciones de sabor mantequilla o quinina. El consumo de endulzante (con o sin calorías) no tuvo ningún efecto sobre el consumo de las soluciones con sabor, pues el consumo fue prácticamente idéntico al consumo de agua. La experiencia dietaria con endulzantes no tuvo ningún efecto sobre consumo posterior de líquido, alimento o calorías.

En base a esta evidencia podemos concluir que el sabor puede facilitar el consumo de un alimento, pero no es condición suficiente para mantener patrones de

consumo ascendentes. La consecuencia postingestiva es una condición necesaria para obtener este tipo de respuestas. Probablemente, este hecho está relacionado con la termogénesis que producen los endulzantes calóricos como la glucosa.

Kanders (1988) y Rogers (1988) reportaron que la termogénesis generada por el alimento representa cerca del 10% de la expedición total de energía de una persona. Este proceso se refiere al efecto termal que tiene la comida en el organismo, es decir, a la oxidación que producen los nutrientes. Se ha mencionado que algunos factores que afectan la termogénesis son las propiedades sensoriales de la comida.

Schiffman (1994) señaló que el sabor de los alimentos juega un papel muy importante en la cantidad de energía utilizada por la termogénesis alimentaria. Agregó que una comida apetecible produce más termogénesis que una no apetecible. Por ejemplo, la mostaza y el chile producen más termogénesis que otros menos palatables. La termogénesis es un fenómeno complejo; existen alimentos con sabores similares pero con densidades energéticas diferentes. Es el caso de una pizza común y una "dietética", la termogénesis es menor que con la pizza común (Rogers, 1988).

Prat-Larquemin, Oppert, Bellisle y Guy-Grand (2000) investigaron el efecto de tres endulzantes (aspartame, sucrosa y maltodextrina) sobre la termogénesis en hombres jóvenes y saludables. La dieta consistió en tres quesos endulzados con: 1) maltodextrina; 2) aspartame; y, 3) sucrosa. Las mediciones que se realizaron a los sujetos fueron: calorimetría indirecta, nivel de glucosa en plasma (mediante pruebas sanguíneas) y sensaciones de hambre (mediante un cuestionario). Cada sujeto fue expuesto a los tres quesos en orden aleatorio, después de cada sesión los sujetos fueron instruidos para no hacer ningún ejercicio físico vigoroso, tomar alcohol o saltarse comidas. Los resultados mostraron que la expedición de energía se incrementó significativamente cuando los sujetos se alimentaron con el queso que contenía sucrosa

respecto a cuando consumieron queso con aspartame o maltodextrina. No se observaron diferencias en la expedición de energía de sujetos cuando consumieron el queso endulzado con el aspartame o la maltodextrina. Por lo tanto, estos resultados mostraron que el sabor dulce por si solo no afecta el proceso de termogénesis.

Kanders (1988) mencionó que la termogénesis puede variar entre sujetos, e incluso, puede ser responsable de las diferencias de consumo observadas entre hombres y mujeres cuando son alimentados con endulzantes, sin embargo, no existe mucha evidencia al respecto. Los resultados reportados en nuestros experimentos mostraron diferencias en el consumo de agua con glucosa entre hembras y machos. Las hembras consumieron más agua con glucosa que los machos. También consumieron más calorías de la glucosa que del alimento, mientras que los machos consumieron prácticamente la misma cantidad de calorías en el alimento y el agua con glucosa cuando fueron expuestos a este endulzante.

Las diferencias entre hembras y machos en el consumo de endulzantes ya se ha reportado anteriormente (Curtis, Davis, Johnson, Therrien y Contreras, 2004; Dalvit, 1981; Dreamnowski y Greenwood; 1983; Geiselman, Smith, Williamson, Champagne y Bray, 2000; Rozin, 1995). Curtis, Davis, Jonson, Therrien y Contreras (2004) señalaron que las hormonas reproductivas parecen ser la explicación a estas diferencias. También sugirieron que la madurez sexual de las ratas puede explicar algunas diferencias en las respuestas de consumo de hembras y machos hacia soluciones endulzadas y saladas. Explicaron que los niveles elevados de consumo de alimento están asociados con altos niveles de estrógeno. Sin embargo, reportaron que las ratas hembras ovariectomizadas consumen más alimento que las hembras sin cirugía, lo cual es un efecto contrario al reemplazo de estrógenos.

Drewnowski y Greenwood (1983) señalaron que el desarrollo de preferencias por alimentos dulces es extensivo en animales y humanos por igual. Sin embargo, las mujeres y hembras parecen ser más sensibles a las comidas dulces en comparación con su contraparte masculina. Dalvit (1981) reportó que este comportamiento se debe a que las mujeres incrementan significativamente su ingesta calórica durante la fase luteínica de su ciclo menstrual, cuando se presentan picos de producción de progesterona. Lo que indica que las mujeres aumentan un 10% su consumo de alimentos durante la fase postovulatoria.

Geiselman, Smith, Williamson, Champagne y Bray (2000) mencionaron que en la fase postovulatoria de las mujeres se requiere de mayor cantidad de nutrimentos para contener un posible embarazo, lo que explicaría por qué las mujeres son más propensas a elegir chocolates u otros alimentos ricos en azúcares. Adicionalmente, agregaron que el sabor dulce también reduce las molestias premenstruales.

Estas evidencias señalan que las diferencias de sexo en el consumo de alimentos son atribuibles a la mediación de los estrógenos. Consistente con esta idea, se ha reportado que las hembras muestran preferencia por grandes cantidades de soluciones endulzadas. Sin embargo, la interpretación de estos resultados se ha obtenido mediante el uso de pruebas a largo plazo (minutos u horas), en las cuales se involucran las consecuencias postingestivas. Sería interesante investigar las diferencias sexuales en las respuestas gustatorias sobre la reactividad al sabor, en los que se midieran respuestas apetitivas o aversivas a determinados sabores, pues en estos estudios típicamente se evalúa un limitado rango de concentraciones o un solo sabor. En algunos casos, las ratas son expuestas a programas restrictivos de acceso al alimento o al agua, lo que dificulta encontrar diferencias de los efectos del sabor sobre el patrón alimentario. No obstante, el interés en estos estudios plantearía la posibilidad de que se pudiera medir la

palatabilidad, fenómeno que algunos autores señalan que no es del interés científico (Rozin, 2001; Staddon, 2001). Rozin (2001) consideró que el efecto de la palatabilidad sobre la ingestión de la comida es poderoso, pero en la mayoría de los casos, no interviene en el mantenimiento de patrones alimentarios, por lo que sus efectos no necesitan documentarse.

Adicionalmente, Berridge (1996) propuso que el problema en el estudio de la ingestión de alimentos a partir del sabor o de la consecuencia postingestiva radica en el mal uso de términos. Distinguió los términos *licking* y *wanting*. De acuerdo con su punto de vista, *licking* se refiere al valor hedónico o afectivo que se le da a la comida, mientras que el término *wanting* lo consideró como el valor que la comida tiene como incentivo, la disposición para llevar a cabo la respuesta de comer. Es decir, *licking* significa qué tan saliente es el estímulo para el sujeto y *wanting* significa qué tanto voy a comer de ése alimento. De este modo, es posible medir e interpretar la conducta alimentaria.

Sin embargo, para algunos investigadores, humanos y animales tienen diferentes umbrales de reactividad al sabor y las respuestas gustatorias y orofaciales son difíciles de medir (Berridge, 1996; Ackroff y Sclafani, 2003). Este planteamiento nos conduce a otra interesante cuestión: ¿los humanos y animales muestran las mismas respuestas de consumo de endulzantes?

Brenan, Roberts, Anisman y Merali (2001) mencionaron que existe una sustancial variabilidad interindividual en el consumo de endulzantes que se ha comprobado tanto en humanos como en roedores. Cuando hay azúcar granulado disponible, la cantidad consumida varía ampliamente entre ratas, por lo que es posible afirmar que hay ratas que son altas consumidoras de azúcar y ratas bajas consumidoras.

Sugirieron que si existen amplias diferencias en la respuesta de consumo de los roedores, en los humanos las diferencias se intensifican.

Levine, Kotz, y Gosnell (2003) señalaron que el estudio de las preferencias por ciertos nutrientes ha demostrado amplias diferencias entre animales y humanos. Mientras que los animales son capaces de seleccionar alimentos con altos valores nutricionales, los humanos prefieren alimentos altos en grasas o carbohidratos como dulces, bebidas alcohólicas, pastas, etcétera. Los humanos responden al sabor y a la textura de los alimentos más que a su contenido nutricional. La textura, el color y la temperatura juegan un importante rol en la aceptación de determinados alimentos. Por su parte, los animales exhiben un amplio rango de variabilidad en sus preferencias.

Es un hecho que la selección de comida y la ingestión de calorías en humanos está determinada por las características sensoriales de los alimentos, la palatabilidad, el sabor y gusto por el sabor. Esta afirmación ha sido sustentada por estudios que han señalado que los humanos ingieren más comida cuando es altamente palatable, mientras que los otros mamíferos hacen elecciones basadas en las consecuencias nutricias de los alimentos disponibles. (Geiselman, Smith, Williamson, Champagne, Bray y Ryan, 1998). Esta situación dificulta la extrapolación de los estudios hechos con animales, sin embargo, también es cierto que los humanos comparten sus preferencias alimentarias con otros mamíferos. Con recursos propuestos desde la biología y la psicología, se ha explicado el surgimiento y evolución de las preferencias alimentarias (Ruprecht, 2005). Por ello, es necesario continuar la exploración de las respuestas alimentarias de roedores hacia los endulzantes, pues el consumo de bebidas enduLzadas artificialmente en humanos se ha incrementado dramáticamente. Recientemente, la *American Dietetic Association* (2006) publicó que otros endulzantes artificiales ya se encuentran en

proceso de aprobación y comercialización, como el alitame (2,000 veces más dulce que el azúcar), cyclamato (30 veces más dulce) y neohesperidin (1,500 veces más dulce).

Appleton, y Conner (2001) y Smith y Sclafani (2002) señalaron que el incremento en el consumo de bebidas endulzadas artificialmente puede atribuirse a la asociación errónea de los productos *light* con el decremento del peso. Los endulzantes artificiales contienen más azúcares que ningún otro producto y sus consumidores, al no tener un efecto postingestivo claro, desarrollan una fuerte preferencia por el sabor dulce que ocasiona que consuman otros productos con el sabor dulce que sí contienen calorías.

Sclafani y Clare (2004) reportaron que la sucralosa y otros endulzantes artificiales tienen una fuerte limitación pues resultan un estímulo motivacional deficiente debido a que no resulta tan atractivo para las ratas a pesar de su sabor dulce. Sin embargo, en el caso de los humanos, estos productos resultan atractivos para personas obesas o diabéticas. Agregaron que la utilización de diversos procedimientos conductuales puede ayudar a controlar patrones de conducta desordenados.

La caracterización del patrón de consumo de azúcares que reportamos en el presente trabajo mostró que los animales presentan grandes consumos de azúcar que se controlan únicamente si se retira el efecto postingestivo o se limita la experiencia dietaria de sabores agradables. Es prioritario encontrar un procedimiento conductual que pudiera controlar esta conducta, y de esta manera, aplicarlo en humanos. Hasta el momento, las propuestas encaminadas a controlar patrones alimentarios desordenados se relacionan con el uso de otros endulzantes artificiales (Bello y Hajnal, 2005; Sclafani y Claire, 2004).

La mayor parte de la investigación experimental sobre el consumo de azúcares ha sido aplicada en ratas a partir de la atracción extrema de estos animales hacia las

propiedades nutricionales y de sabor (que incluye el sabor, olor y textura). Estos resultados se han obtenido en ratas recién nacidas, jóvenes y adultas. También se señala que cuando una fuente de carbohidratos está disponible, las ratas consumen más esa opción sobre cualquier otra. Por esta razón, se ha señalado que el apetito por el azúcar es innato y difícil de modificar experimentalmente.

Freed y Green (1998) propusieron un procedimiento experimental para modificar el consumo de soluciones con grasa. El procedimiento consiste en poner un "precio" para que el animal obtenga la solución, generalmente debe de realizar una actividad específica. Reportaron un experimento en el que su objetivo fue determinar si era posible sustituir una solución con grasa por una solución con sucrosa a partir del sabor, de su contenido nutricional, o bien, del número de respuestas que debían emitir para obtener las soluciones. A partir de una perspectiva económica, trataron de analizar si era posible modificar el apetito por las grasas basado no en la fuerza de la preferencia, sino en los reforzadores alternativos que funcionarían como sustitutos.

Propusieron un procedimiento denominado "paradigma de cambio de precios" sobre la preferencia y sustituibilidad de reforzadores con distintas propiedades (sabor y calorías). Sugirieron que la sustitución de una alternativa como reforzador que es calórica y palatable ocurre cuando la nueva alternativa también es palatable aunque no sea calórica. Cuando la alternativa no es ni calórica ni palatable, como el agua, no hay sustituibilidad. Por tanto, este "paradigma de cambio de precios" podría aplicarse en el caso de soluciones endulzadas, y posiblemente, también podría aplicarse a humanos, en la búsqueda de sustitutos de azúcar que puedan ser exitosos y sin tantas calorías. Situación que ayudaría a personas con patrones alimentarios desordenados.

Finalmente, es importante mencionar que una gran variedad de factores sociales, culturales, económicos y geográficos contribuyen al desarrollo, mantenimiento y

modificación de patrones alimentarios. Determinantes individuales como factores fisiológicos y psicológicos hacen posible la adquisición de hábitos alimentarios, los cuales también son influenciados por interacciones sociales. Aunque en los animales, la mayoría de estos factores no tienen efecto, el estudio de la conducta alimentaria en modelos animales permite observar respuestas específicas que muestran la adaptación de un organismo en su entorno. Algunos estímulos son capaces de activar conductas incluso en situaciones en las que el sujeto no ha tenido experiencia con estos estímulos. Tales estímulos son considerados como recompensas incondicionadas que inducen a estados afectivos positivos. En el caso de la glucosa, el afecto positivo que produce parece ser resultado de una estimulación gestatoria. Sin embargo, los efectos postingestivos de la sucrosa deben involucrar el mantenimiento en la respuesta de consumo.

La conducta alimentaria no está compuesta sólo por las activaciones internas del organismo, sino también por las experiencias dietarias y aprendizaje asociativo. Los actos de conducta, en su nivel más básico, se orientan a la preservación del individuo y de la especie. Para ello es necesario el consumo de sustancias nutritivas y la evitación de estímulos que puedan dañar los tejidos del organismo.

La saciedad, el hambre y en general, toda la conducta del organismo, se hallan sujetas a gran cantidad de controles. No dependen únicamente de un estímulo específico, como sería en este caso, el sabor o el efecto postingestivo de endulzantes con calorías. La interacción de estos y otros factores forman parte de procesos de aprendizaje que establecen y modulan patrones alimentarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackroff, K. y Sclafani, A. (2002). Flavor quality and ethanol concentration affect ethanol – conditioned flavor preferences. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 74, 229-240.
- 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., Manza, L. y Sclafani, A. (1993). The rat's preference for sucrose, polycose and their mixtures. *Appetite*, 21, 69-80.
- Agmo, A., y Marroquin, E. (1997). Role of gustatory and postingestive actions of sweeteners in the generation of positive affect as evaluated by place preference conditioning. *Appetite*, 29, 269-289.
- American Dietetic Association. (2004). Position of the American dietetic association: Use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association*, 104, 255- 267.
- Appleton, K. M. y Conner, M. T. (2001). Body weight, body-weight concerns and eating styles in habitual heavy users and non-users of artificially sweetened beverages. *Appetite*, 37, 225-230.
- Barker, L. M., Best, M. R. y Domjan, M. (1977). *Learning mechanisms in food selection*. Texas: Baylor University.
- Batzinger, R., Ou, S. y Bueding, E. (1977). Saccharin and other sweeteners: mutagenic properties. *Science*, 2, 994-946.
- Beatty, D. (1978). Brief communication: Operant responding in rats with dietary obesity. *Physiology & Behavior*, 21, 671-672.
- 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.
- Bello, N. T., Sweigart, K. L., Lakoski, J. M., Norgren, R. y Hajnal, A. (2003). Restricted feeding with scheduled sucrose access results in an up regulation of the rat dopamine transporter. *American Journal of Physiology*, 284, 1260-1268.
- Beridot-Therond, M. E., Arts, I., Fantino, M., y De la Gueronniere, V. (1998). Short-term effects of the flavor of drinks on ingestive behaviors in man. *Appetite*, 31, 67-81.
- Berridge, K. C. (1996). Food reward: brain substrates of wanting and licking. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 20, 1-25.
- Bindra, D. (1947). Water-hoarding in rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 40, 149-156.

- Bindra, D. (1948). The nature of motivation for hoarding food. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 41, 211-218.
- Bindra, D. (1974). A motivational view of learning, performance and behavior modification. *Psychological Review*, 81, 199-213. Boakes y Lubart, 1988).
- Boakes, R. A. y Lubart, T. (1988). Enhanced preference for a flavor following reversed flavor glucose pairing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40, 49-62.
- Bolles, R.C. (1983). *Teoría de la motivación*. México: Trillas.
- Bolles, R.C. (1990). A functionalistic approach to feeding. En E.D. Capaldi, y T.L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association.
- Bolles, R.C., Hayward, L., y Crandall, C. (1981). Conditioned taste preferences based on caloric density. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 59-69.
- Bouskila, A. (2001). A habitat selection game interactions between rodents and predators. *Annals of Zoology*, 38, 55-70.
- Bonthius, D. A., Bonthius, F. H. y Napper, M. A. (1996). Alcohol induced neuronal loss in developing rat: Increase brain damage. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 114, 107-111.
- Booth, D. (1990). Learned tastes in eating motivation. En E.D. Capaldi, y T.L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association.
- Booth, D. A., Lovett, D. y McSherry, M. (1972). Postingestive modulation of the sweetness preference gradient in the rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology Monograph*, 3, 485-512.
- Bozinovic, F. y Gallardo, J. C. (2006). Fisiología ecológica de la alimentación y digestión en vertebrados: modelos y teorías. *Revista Chilena de Historia Natural*, 66, 375-382).
- Brenan, K., Roberts, D. C. S., Anisman, H. y Merali, Z. (2001). Individual differences in sucrose consumption in the rat: motivational and neurochemical correlates of hedonia. *Psychopharmacology*, 157, 269-276.
- Brito, J. X. (2004). Los azúcares y sus repercusiones en el metabolismo de la glucosa y los lípidos. *Nutrición Clínica*, 7-185-190.
- Burnett, J. (1999). *Liquid pleasures*. London: Routledge.
- Cabanac, M. (1971). Physiological role of pleasure. *Science*, 173, 1103-1107.

- Cade, T. J. y Green-Wold, L. I. (1966). Drinking behavior of mouse birds in the Namibib desert, southern Africa. *Wilson Bulletin*, 83, 126-128.
- Capaldi, E. D. (1990). Conditioned food preferences. *Psychology of Learning and Motivation*, 28, 1-33.
- 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., Campell, D.H., Sheffer, J.D., y Bradford, J.P. (1987). Conditioned flavor preferences based on delayed caloric consequences. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 13, 150-155.
- Capaldi, E.D., Owens, J., y Palmer, K.A. (1994). Effects of food deprivation on learning and expression of flavor preferences conditioned by saccharin or sucrose. *Animal Learning & Behavior*, 22, 173-180.
- Carlson, N. R. (1977). *Fisiología de la conducta*. México: Compañía Editorial Continental.
- Castillo-Ureta, P., García-Gómez, R. S. y Durán, C. (2003). Consumo de fructosa: riesgos para la salud y la economía. *Ciencia*, 2, 77-84.
- Carper, J., y Polliard, F. (1953). A comparison of the intake of glucose and saccharin solutions in conditions of caloric need. *American Journal of Psychology*, 66, 479-482.
- Carpenter, C. C. (1966). The main iguanas of the Galápagos Islands, its behavior and ecology. *California Academic Sciences*, 4, 329-375.
- Cecil, J. E., Castiglione, K., French, S., Francis, J. y Read, N. W. (1998). Effects of intragastric infusions of fat and carbohydrate on appetite ratings and food intake from a test meal. *Appetite*, 30, 65-77.
- Chang, F. C. y Scott, T. R. (1984). Conditioned taste aversions modify neural responses in the rat nucleus tractus solitarius. *Journal of Neuroscience*, 4, 1850-1862.
- Clark, F. C. (1962). Some observations on the adventitious reinforcement of drinking under food reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of behavior*, 5, 61-63.
- Colantuoni, C., Rada, P., McCarthy, J., Patten, C., Avena, N., Chadeayne, A. y Hoebel, B. (2003). Evidence that intermittent, excessive sugar intake causes endogenous opioid dependence. *Obesity Research*, 10, 478-488.
- Colantuoni, C., Schwenker, J. y McCarthy, J. (2001). Excessive sugar intake alters binding to dopamine and opiod receptors in the brain. *NeuroReport*, 12, 49-52.
- Collier, G., Hirsh, E., y Kanareck, R. (1983). La operante vista de Nuevo. En W. K. Honig, y J. E. R. Staddon (eds.). *Manual de conducta operante*. México: Trillas.

- Cortés, A., Rosenmann, M. y Bozinovic, F. (2000). Water economy in rodent: evaporative water loss and metabolic water production. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73, 24-31.
- Corwin, R. L., y Buda-Levin, A. (2002). (2004) Behavioral models of binge-type eating. *Physiology and Behavior*, 82, 123-130.
- Corwin, R.L., Wojnicki, F.H.E., Fischer, J.O., Dimitrou, S.G., Rice, H.B., y Young, M.A. (1998). Limited acces to a dietary fat option affects ingestive behavior but not body composition in male rats. *Physiology and Behavior*, 65, 545-553.
- Curtis, K. S., Davis, L. M., Johnson, A. L., Therrien, K. L., y Contreras, R. J. (2004). Sex differences in behavioral taste responses to and ingestion of sucrose and NaCl solutions bay rats. *Physiology and Behavior*, 80, 657-664.
- Dalvit, S. P. (1981). The effect of the menstrual cycle on patterns of food intake. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34, 1811-1815.
- Davis, J.D., y Levine, M. W. (1977). A model for the control of ingestion. *Psychological Review*, 84, 379-412.
- Del Prete, E., Balkowski, G., y Scharrer, E. 1994). Meal pattern of rats during hyperfhagia induced by long-term food restriction is affected by diet composition *British Journal of Nutrition*, 23, 79-86.
- Dimitrou, S.G., Rice, H.B., y Corwin, J. (2000). Effects of limited access to a fat option on food intake and body composition in female rats. *International Journal of Eating Disorders*. John Wiley & son's Inc.
- Drewnowski, A. y Greenwood, M. R. C. (1983). Cream and sugar: human preferences for high fat foods. *Physiology and Behavior*, 30, 629-633.
- Ebensperguer, L.A., Hurtado, M., Soto-Gamboa, E. A., Lacey, A. T. y Chang, M. (2004). Comunal nesting and kinship in degus (Octodón degus). *Naturwissenschaften*, 91, 391-395.
- Eartmans, A., Baeyens, F. y Van den Bergh, O. (2001). Food likes and their relative importance in human eating behavior: review and preliminary suggestions for health promotion. *Health and Education Research*, 16, 443-456.
- Elizalde, G. y Sclafani, A. (1988). Starch-based conditioned flavor preferences in rats: Influence of taste, calories and CS-US delay. *Appetite*, 11, 179-200.
- Faden, V. B. y Fay, M. P. (2004). Trenches in drinking among Americans age 18 and younger: 1975-2000. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 28, 1388-1395.
- Falk, J. L. (1961). Production of polydipsia in normal rats by an intermittent food schedule. *Science*, 133, 195-196.
- Falk, J. L. (1966a). Analysis of water and NaCl solution acceptance by schedule-induced polydipsia. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 111-118.

- Falk, J. L. (1966b). Schedule-induced polydipsia as a function of fixed interval length. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 37-39.
- Falk, J. L. (1966c). The motivational properties of schedule induced polydipsia. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 19-25.
- Falk, J. L. (1967a). Control of schedule-induced polydipsia: type, size, and spacing of meals. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 18, 199-206.
- Falk, J. L. (1967b). control of scheduled-induced-polydipsia: type, size, and spacing of meals. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 18, 199-206.
- Fay, J. C., Miller, J. D., y Harlow, H. F. (1953). Incentive size, food deprivation and food preference. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 46, 13-15.
- Freed, D. E., y Green, L. (1998). A behavioral economic analysis of fat appetite in rats. *Appetite*, 31, 333-349.
- Fry, C. H. (1978). *Bird families of the world*. Nueva York: Abrahams.
- 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*, 32,95-109.
- Galef, B.G. (1986). Social interactions modifies learned aversions, sodium appetite, and both palatability and handling-time induced dietary preference in rats (*Rattus norvergicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 100, 432-439.
- Galef, B. G. (1990). A contrarian view of th wisdom of the body as it relates to food selection. *Psychological Review*, 98, 218-224.
- Galef, B.G. (1996). Social influences on food preferences and feeding behavior of vertebrates. En E.D Capaldi (ed). *Why we eat what we eat*. USA: American Psychological Association, 207-231.
- Geiselman, P. J., Smith, C. F., Williamson, D. A., Champagne, C. M., Bray, G. A., y Ryan, D. H. (1998). Perception of sweetness intensity determines women hedonic and other perceptual responsiveness to chocolate food. *Appetite*, 31, 37-48.
- Goodson, S., Halford, C. G., Jackson y Blundell, J. E. (2001). Paradoxical effects of a high sucrose diet: high energy intake and reduced body weight gain. *Appetite*, 37, 253-254.
- Grill, H. J. y Norgren, R. (1978). The taste reactivity test. *Brain Research*, 143, 236-279.
- Guttman, N. (1954). Equal-reinforcement values for sucrose and glucose solutions compared with equal sweetness values. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 47, 358-361.

- Hallager, S. L. (1994). Drinking methods in two species of bustards. *The Wilson Bulletin*, 106, 764-766.
- Halpern, J. H. (1985). Flavor reactivity: acceptance and rejected. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 74, 101-108.
- Hamilton, L.W., Timmons, C.R., y Lerner, S.M. (1980). Caloric consequences of sugar solutions: A failure to obtain gustatory learning. *American Journal of Psychology*, 93, 387-407.
- Hausmann, M.F. (1933) The behavior of albino rats in choosing foods: II. Differentiation between sugar and saccharin. *Journal of Comparative Psychology*, 15, 419-428.
- Hirsch, E., Duboise, C., y Jacobs, H. L (1982). Overeating, dietary selection patterns and sucrose intake in growing rats. *Physiology and Behavior*, 28, 819-833.
- Holman, E. W. (1975). Inmediated and delayed reinforces for flavor preferences in rats. *Learning and Motivation*, 6, 91-100.
- Igarine, I. (1995). *Anthropology of food and pluridisciplinaty*. Londres: Abrahams Publications.
- Janowitz, H. D., Hanson, M. E., y Grossman, M. I. (1949). Effects of intravenously administered glucose on food intake in the dog. *American Journal of Physiology*, 156, 87-91.
- Kandell, E.R., Schwartz, J.H., y Jesell, T.M. (1995). *Principles of neural science* (3era ed.). New York: Elsevier.
- Kanders, L. (1988). Sweet taste and food intake. *Appetite*, 11, 73-84.
- Keesey, R. E. (1986). A set-point theory of obesity En K. D. Brownell y J. P. Foreyt (Eds.), *Handbook of eating disorders*. (pp. 63-87) New York: Basic Books., Publishers.
- Lappalainen, R., Mennen, L, Van Weert, L. y Mykkanen, H. (1993). Drinking water with a meal: a simple method of doping with feelings of hunger, satiety and desire to eat. *European Journal of Clinical Nutrition*, 47, 815-819.
- LeMagnen, J. (1956). Hyperfhagie provoquée chez le rat blanc par alteration du mécanisme de satieté. *Comptes Rendus des Séances de la Societé de Biologie*, 150, 32-34.
- Le-Magnen, J. (1972). Daily body energy balance in rats. *Physiology and Behavior*, 29, 807-811.
- Le-Magnen, J. (1999). Role of dietary odour in the short-term control of intake in the white rat. *Appetite*, 33, 30-32.
- Logue, D. M. (2004). Teaching the psychology of food and culture. *Supplement*, Univerisity Alberta, Canadá

- Levine, A. S., Kotz, C. M., y Gosnell, B. A. (2003). Sugars and fats: The neurobiology of preferente. *American Society for Nutritional Sciences*, 4, 831- 834.
- 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, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- López-Espinoza, A. y Martínez, H. (2004). Cambios en el patrón alimentario como efecto de la privación de agua o alimento en ratas en crecimiento. *International Journal of psychology and psychological therapy*, 4, 93-104.
- 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.
- Lowe, M.R. (1993). The effects of dieting on eating behavior: a three factor model. *Psychological Bulletin*, 114, 100-121.
- Luque, J., García, L. M., Capilla, A., Senderek, K. y Arias, J. L. (2004). Tolerancia al alcohol en ratas sometidas a consumo agudo de etanol. *Psicothema*, 16, 211-216.
- Maier, S. E., Strittmatter, M. A., Chen, W., y West, J. R. (1995). Changes in blood alcohol levels as function of alcohol concentration and repeated alcohol exposure in adult female rats: Potential risk factors for alcohol-induced fetal brain injury. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 19, 923-927.
- Mclean, I., Shepard, N. W., Merrit, R. J., y Hildick-Smith, G. (2000). Repetead dose study of sucralose tolerance in human subjects. *Food and Chemical Toxicology*, 38 (Suplemento 2), 123-129.
- McFarland, D.F. (1973). Stimulus relevante and homeostasis. En R.A. Hinde y J. Stevenson-Hinde (eds.). *Constraints of learning: limitations and predispositions*. New York: Academy Press.
- Martínez, A. G. (2005). *Efectos diferenciales de la glucosa sobre el peso corporal, consumo de alimento, agua y calorías durante el periodo post-privación en ratas albinas (Rattus norvegicus)*. Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- 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, 361-370.
- Mayer, J. (1955). Regulation of energy intake and body weight. The glucostatic theory and the lipostatic hypothesis. *Annals of the New York Academy of sciences*, 63, 15-43.
- Mook, D. G. (1974). Saccharin preference in the rat: some unpalatable findings. *Psychological Review*, 81, 475-490.
- Nisbett, R. (1972). Hunger, obesity, and the ventromedial hypothalamus. *Psychological Review*, 79, 433-453.

- Nissebaum, J. W. y Sclafani, A. (1988). Robust conditioned flavor preference produced by intragastric starch infusions in rats. *American Journal of Physiology*, 255, 672-675.
- Ordaz, N. (2006). *Efectos del sabor sobre el peso corporal, consumo de alimento y consumo de agua en el periodo postprivación en ratas albinas (Rattus Norvegicus)*. Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. Londres: Oxford University Press.
- Pérez, C., Fanizza, J., y Sclafani, A. (1999). Flavor preferences conditioned by intragastric nutrient infusions in rats fed chow or a cafeteria diet. *Appetite*, 32, 155-170.
- Polivy, J. y Herman, P. (1985). Dieting and bingeing: A causal analysis. *American Psychologist*, 40, 193 – 201.
- Poulsen, H. (1953). A study of incubation responses and some other behavior patterns in birds. *Wilson Bulletin*, 115, 11-31.
- Prat-Larquemin, L., Oppert, J. M., Bellisle, F., y Guy-Grand, B. (2000). Sweet taste of aspartame and sucrose : effects on diet-induced thermogenesis. *Appetite*, 34, 245-251.
- Rogers, P. J. (1988). Uncoupling sweet taste and calories: comparison of the effects of glucose and three intense sweeteners on hunger and food intake. *Physiology and Behavior*, 43, 547-552.
- Rolls, B. J., Wood, R. J. y Stevens, S. M. (1978). Palatability and body fluid homeostasis. *Physiology and Behavior*, 20, 15-19.
- Rothschild, G.H. (1971). Patterns of concentration preference for glucose and sodium chloride in rats. *The psychological record*, 21, 487-496.
- Rozin, P. (1995). Perspectivas psicobiológicas sobre las preferencias y aversiones alimentarias. En J. Contreras (compilación). *Alimentación y cultura*. España: Publicacions Universitat de Barcelona, 85-109.
- Rozin, P., Kalat, J. W. (1971). Specific hungers and poisoning as adaptative specializations of learning. *Psychological Review*, 78, 459-486.
- Ruprecht, W. (2005). The historical development of the consumption of sweeteners –a learning approach-. *Journal of Evolutionary Economics*, 15, 247-272.
- Russek, M. (1971). Hepatic receptors and the neurophysiological mechanisms controlling feeding behavior. *Neurosciences Research*, 4, 56-63.
- Salminen, S. y Hallikainen, S. (2002). Sugar consumption. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 17, 349-357.

- Saavedra, B. y Simonetti, J. (2003). Holocene distribution on octodontid rodents in central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 383-389.
- Schafe, G. E. y Bernstein, J. E. (1996). Taste aversion learning. En E. D. Capaldi (ed). *Why we eat, What we eat*. USA: American Psychological Association, 31-51.
- Schiffman, S. (1994). Requerimientos de energía: conocimientos actuales y controversias. *Nutrición Clínica*, 1, 43-58.
- Schwartz, M. (1978). *Physiological psychology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Sclafani, A. (1983). Animals models of obesity. En R. T. Frankle, J. Dwyer, L. Moragne y A. Owen (eds.). *Dietary treatment and prevention of obesity*. Londres: John Libbey, 105-123.
- Sclafani, A. (1990). Nutritionally based learned flavor preferences. En E.D. Capaldi, y T.L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association.
- Sclafani, A. (2001). Psychobiology of food preferences. *International Journal of Obesity*, 5, 13-16.
- Sclafani, A. (2005). Flavor preferences conditioned by sucrose depende upon training and testing models: Two bottles test. *Physiology and Behavior*, 76, 633-644.
- Sclafani, A., y Clare, R. A. (2004). Female rats show a bimodal preference response to the artificial sweetener sucralose. *Chemical Senses*, 29, 523-528.
- Sclafani, A. y Glendinning, J. (2005). Sugar and fat conditioned flavor preferences in C57BL/6J and 129 mice: oral and postoral interactions. *American Journal of Psychological, Integrative and Comparative Physiology*, 2, 2-29.
- Sclafani, A. y Vigorito, M. (1987). Effects of SOA and saccharin adulteration on Polycose preferente in rats. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 11, 163-168.
- Scott, S. (1990). Plasticity and food. En E.D. Capaldi, y T.L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association.
- Sheffield, F. D., y Thornton, R. (1950). Reward value of a non-nutritive sweet taste. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 43, 471-481.
- Siegel, P.S. (1961). Food intake in the rat in relation to the dark-light cycle. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 54, 294-301.
- Smith, J. C., y Sclafani, A. (2002). Saccharin as a sugar surrogate revisited. *Appetite*, 38, 155-160.
- Staddon, J. E. R. (2001). *Adaptive dynamic. The theoretical analysis of behavior*. Massachusetts Institute of Technology.

- Staddon, J. E. R. (2003). *Adaptative behavior and learning*. (Internet ed.). New York: Cambridge University Press.
- Stevenson, R. J. (2001). Is sweetness taste enhancement cognitively impenetrable? Effects of exposure, training and knowledge. *Appetite*, 36, 241-242.
- Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition, Committee of Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Research Council. (1995). *Nutrient Requirements of Laboratory En línea* : National Academies Press.
- Theunissen, M. J. M., Polet, I. A., Kroeze, J. H. A., y Schifferstein, H. N. J. (2000). Taste adaptation during the eating of sweetened yogurt. *Appetite*, 34, 21-27.
- Thiele, T. E., Badia-Elder, N. E., Kiefer, S. W., y Dess, N. K. (1997). Continuous intraoral saccharin infusions in high vs. low saccharin-consuming rats. *Physiology and behavior*, 61, 149-152.
- Van Vort, W. A. (1983). Effect of drinking soda sweetened with aspartame or high-fructose corn syrup on food intake and body weight. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51, 963-969.
- Veloso, C. y Bozinovic, F. (2000). Effect of food quality on the energetics of reproduction in a presocial rodent, *Octodon degus*. *Journal of Mammalogy*, 81, 971-978.
- Warwick, Z. S. (2003). Independent effects of diet palability and fat content on bout size and daily intake in rats. *Physiology & Behavior*, 80, 253-258.
- Wardlaw, G. M., e Insel, P. M. (1993). *Perspectives in nutrition*. St. Louis Missouri: MOSBY-Year Book.
- Wechsler, H., y Austin, S. B. (1998). Binge drinking: the five/four measure. *Journal Study of Alcoholism*, 59, 122-124.
- Wechsler, H., Davenport, A., Dowdall, G., Moeykens, B., y Castillo. (1994). Health and behavioral consequences of binge drinking in college: A national survey of students at 140 campuses. *Journal of the American Medical Association*, 272, 1672-1677.
- Wechsler, H. (2002). Binge drinking: The five/four measure. *Journal of Studies on Alcohol*, 59, 122-124.
- 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.
- Weschler, H., Dowdall, G., Maenner, G., Gledhill-Hoyt, J. y Lee, H. (1997). Changes in binge drinking and related problems among American college students between 1993 and 1997. *Journal of American College Health*, 47, 57-68.

- Weingarten, H. P. (1990). Learning, homeostasis and control of feeding behavior. En E. D. Capaldi, y T. L. Powley (eds.). *Taste, experience & feeding: development and learning*. USA: American Psychological Association.
- White, A.M., Ghia, A.J., Levin, E.D. and Swartzwelder, H.S. (2000). Binge-pattern ethanol exposure in adolescent and adult rats: differential effects on subsequent ethanol exposure. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 24, 1251-1256.
- Wickler, W. (1985). Coordination of vigilance in bird groups. *Z. Tierpsychol.* 69, 250-253
- Woods, S., Decker, E., y Vasselli, J. R. (1974). Metabolic hormones and regulation of body weight. *Psychological Review*, 81, 26-43.
- Woods, S. C., Schwartz, M. W., Baskin, D. G., y Seeley, R. J. (2000). Food intake and the regulation of body weight. *Annual Review Psychological*, 51, 255-277.
- Woods, S. C., y Seeley, R. J. (2002). Hunger and energy homeostasis. En R. Gallistel y H. Pashler (eds). *Steven's handbook of experimental psychology*. Nueva York: John Wiley & Son's, 633-668.
- Young, P. (1948). Studies of food preference, appetite and dietary habit. *The Journal of Comparative Physiological Psychology*, 41, 4, 269-300.
- Young, P. (1957). Quantitative control of motivation through sucrose solutions of different concentrations. *The Journal of Comparative Physiological Psychology*, 48, 2, 115-118.
- Young, P. (1961). Hedonic organization and regulation of behavior. *Psychological Review*, 73, 1, 59-86.
- Young, P. T., y Shuford, E. H. (1955). Quantitative control of motivation through sucrose solutions of different concentrations. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 48, 114-118.
- Zajonc, R. B. (2001). Mere Exposure: A Gateway to the Subliminal. *American Psychological Society*, 10, 224-228.