

CONSUMO DE ALIMENTO, CRECIMIENTO Y ANSIEDAD, TRAS ESTRÉS POR HACINAMIENTO O AISLAMIENTO DE RATAS

*FOOD INTAKE, GROWTH AND ANXIETY, AFTER OVERCROWDING
OR ISOLATION-INDUCED STRESS IN RATS*

ASUCENA CÁRDENAS-VILLALVAZO, ANTONIO LÓPEZ-ESPINOZA, ALMA GABRIELA MARTÍ-
NEZ, KARINA FRANCO, FELIPE DÍAZ, VIRGINIA AGUILERA, ELIA VALDEZ

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO Y NUTRICIÓN (CICAN)
CUSUR-UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Resumen

El hacinamiento y el aislamiento son condiciones comunes en las grandes ciudades, quienes las padecen pueden estar recibiendo un moldeamiento mediado por el estrés que influye en su reactividad emocional y podría vincularse a la creciente prevalencia de obesidad. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto del hacinamiento y el aislamiento como factores individuales de estrés crónico, sobre la ingesta de alimento, el crecimiento y el nivel de ansiedad de ratas. Consistió en alojar a 30 ratas machos Wistar de 21 días de edad posnatal durante 40 días en tres condiciones distintas, 1) la recomendada para el manejo en bioterio (control), 2) en grupo con un máximo de 50.4 cm²/rata (hacinamiento) o 3) individualmente (aislamiento). Se registraron diariamente el consumo de alimento, el peso y la talla. En los días 58, 59 y 60 posnatales se evaluó el nivel de ansiedad en el laberinto elevado en cruz y se registró el consumo de alimento al inicio de la fase de oscuridad. Los resultados demostraron el efecto ansiogénico de ambas condiciones y la alteración de la ingesta en el primer ciclo alimentario al inicio de la fase de oscuridad.

Palabras clave: Hacinamiento, aislamiento, estrés, ansiedad, ingesta de alimento, crecimiento.

La primera autora fue la responsable de la planeación y ejecución del experimento. Todos los autores contribuyeron en la asesoría del trabajo y revisión de la redacción del escrito. Correspondencia Asucena Cárdenas-Villalvazo Centro de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición, CUSur-Universidad de Guadalajara. Av. Prolongación Colón s/n, Cd. Guzmán, Mpio. de Zapotlán el Grande, Jalisco. CP. 49000. Tel. 01 (341) 575-22-22, ext. 6127. E-mail: azucenac@cusur.udg.mx

Abstract

The overcrowding and isolation conditions are often experienced by people living in big cities around the world, the literature suggest that under certain conditions it could promote stress-induced anxiety and obesity. The goal of this study was to investigate the effects of post-weaning overcrowding or isolation over the food intake, growth and anxiety in rats. 30 male rats were housed from weaning (21 days old) till 60 days old on three different conditions: 1) optimal recommended for lab rodents with at least 168 cm² per rat (control group), 2) with no more than 50.4 cm² per rat (overcrowding group) and 3) individual housed (isolation group). Were recorded daily food intake, weight gain and increased size. On days 58, 59 and 60 was assessed the anxiety level in elevated plus-maze followed by recorded of food intake. Our results shown anxiety in adulthood and food intake was altered in the beginning of dark cycle.

Keywords: Overcrowding, social isolation, stress, food intake, growth, anxiety.

Introducción

Hacinamiento y aislamiento social son dos condiciones comunes en las grandes ciudades a las que pueden estar expuestos los habitantes desde temprana edad (Repetti, Taylor & Seeman, 2002; Santoyo & Argilaga, 1992). Godfrey y Julien (2005) plantearon una relación entre tales condiciones y la creciente prevalencia de obesidad, probablemente mediada por alteraciones emocionales y del comportamiento alimentario dependientes de estrés. Al respecto, existe evidencia de la alteración del eje hipotálamo hipofisario adrenal (HPA) y de la secreción de glucocorticoides en varias especies de animales debidos al hacinamiento y al aislamiento (e.g. Adzic et al., 2009; Caroprese et al., 2010; Malkesman, Maayan, Weizman & Weller, 2006; Mercanoglu, Safrán, Uzun & Eroglu, 2008; Wagenmaker, Breen, Oakley, Tilbrook & Karsch, 2009). Sin embargo, la investigación acerca de sus efectos en el comportamiento alimentario y su relación causal con la obesidad es escasa y ha arrojado resultados paradójicos.

La respuesta de estrés permite la adaptación a los cambios del entorno mediante la activación del HPA, además de promover ajustes metabólicos y conductuales tendientes a conservar la homeostasia. No obstante, Angelucci aseguró en el 2000 que el estrés prolongado deriva en la pérdida del equilibrio y afecta la salud de los individuos. Entre otros sistemas, los que mantienen el balance energético son susceptibles al estrés, como lo propuso Hans Selye hace más de 70 años (como se cita en Gómez & Escobar, 2002), algunos de sus pacientes perdieron el apetito y bajaron de peso, lo que atribuyó a factores físicos o metabólicos considerados ahora como estresores, así como a demandas de carácter social y amenazas del entorno denominados actualmente estresores sociales y emocionales, él aseguraba que tales condiciones aumentaban la secreción hormonal alterando funciones como la ali-

mentación. En 2005 Godfrey y Julien propusieron al estrés social y las emociones negativas como disparadores de anorexia en humanos.

Por el contrario, Silva (2008) señaló que el estrés induce la ingesta de alimentos palatables y/o energéticos y predispone a la obesidad, en particular a quienes practican dietas restrictivas que suelen recaer en hábitos inadecuados de alimentación durante episodios de estrés o ansiedad. El nivel de ansiedad es modulado por eventos amenazantes que desencadenan respuestas fisiológicas de estrés, algunos individuos son más reactivos a tales eventos por lo que presentan mayor tendencia a sufrir de ansiedad. Esta predisposición individual se ha vinculado a la historia de estrés del sujeto, en la que parecen cobrar importancia el tipo de estresor, su duración y la etapa de la vida en que se sufrió (Baxter-Jones, Cardy, Helms, Phillips & Smith, 1999; Silva, 2008). La investigación en modelos animales ha permitido observar cambios metabólicos y efectos orexigénicos inductores de obesidad tras la aplicación aguda o crónica de diferentes estresores, asimismo se ha reportado hipofagia y bajo peso corporal atribuidos al estrés social y emocional (Liu et al., 2007). Algunos estresores sociales que afectan el comportamiento alimentario se relacionan con el contexto, para lo cual se han utilizado ambientes novedosos (e.g. Ordaz, López-Espinoza & Martínez, 2005) o enriquecidos (e.g. Zaias, Queeney, Kelley, Zakharova & Izenwasser, 2008). Otros se relacionan con la interacción social que provoca estrés emocional (e.g. Tamachiro et al., 2007), también causado con estímulos físicos como el "tail pinch" (e.g. Torres et al., 2009). En otros modelos se altera el consumo al restringir la disponibilidad de alimento induciendo estrés metabólico (e.g. Díaz et al., 2009), y en otros se combinan distintos tipos de estresores simultáneamente o en secuencias alternadas de manera impredecible (e.g. Teegarden & Bale, 2008). El efecto del hacinamiento y el aislamiento sobre el consumo y la obesidad aún no son claros, ya que suelen aplicarse en combinación con otros estresores, por ello es necesario dilucidar sus efectos individuales.

El hacinamiento y/o el aislamiento vividos durante la infancia podrían determinar la forma en que las personas reaccionarán ante situaciones estresantes similares o novedosas en la vida adulta, con alta reactividad y estados variables de ansiedad, que a su vez pueden inducir la alteración del comportamiento alimentario y la obesidad. Por otro lado, en modelos animales de comportamiento alimentario, los sujetos experimentales pueden ser alojados para su mantenimiento y durante el desarrollo de protocolos de investigación de maneras capaces de interferir con los resultados, por lo que es importante esclarecer los efectos del alojamiento sobre la alimentación. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos del estrés crónico por hacinamiento o aislamiento durante el desarrollo de ratas, sobre el consumo de alimento y la tasa de crecimiento corporal, así como sobre el nivel de ansiedad y la ingesta al inicio de la fase oscura en la edad adulta.

Método

Sujetos

Se utilizaron 30 ratas machos Wistar de 21 días de edad, ingenuos experimentalmente, procedentes del Bioterio de la Universidad de Guadalajara. Durante el experimento los sujetos fueron mantenidos en condiciones constantes a una temperatura de 22°C, 55-60% de humedad ambiental y ciclos de luz-oscuridad de 12 hrs. (07:00 a 19:00), se utilizó luz infrarroja para el manejo requerido en fase oscura. Dispusieron de alimento estándar para roedores (Nutricubos) y agua purificada a libre acceso. La cubierta de aserrín de las jaulas se removió diariamente. Los animales fueron utilizados en apego a la NOM-062-ZOO-1999 y el protocolo fue aprobado por el comité de Bioética interno.

Aparatos

Se utilizaron jaulas de policarbonato de 504 cm² con rejillas de acero inoxidable que contenían una charola removible bajo la canastilla para el alimento, de manera que permitieron recoger las migajas para estimar los consumos. Se usaron dos balanzas de precisión marca OHAUS para pesar alimento y animales. Se utilizó un flexómetro para medir la longitud cráneo caudal. Para evaluar el comportamiento de ansiedad se utilizó el laberinto elevado en cruz (LEC), reconocido por su confiabilidad en la manifestación del estado de ansiedad de las ratas (Pellow, Chopin, File & Briley 1985). Consistió de cuatro brazos dispuestos en cruz y elevados sobre un pedestal a 50 cm del plano de sustentación visible para las ratas. Dos brazos estaban descubiertos (brazos abiertos o BA) y dos se encontraban cubiertos con paredes de acrílico opaco, excepto el techo y la parte de acceso al centro de la cruz (brazos cerrados o BC). Una cámara de video fue colocada por encima del laberinto para el registro de las pruebas y su posterior análisis.

Procedimiento

Los sujetos fueron destetados a los 21 días posnatales, se eligieron los de peso y tamaño similar para formar los grupos control (n=10), hacinamiento (n=10) y aislamiento (n=10). Los sujetos del grupo control fueron alojados en las condiciones recomendadas para mantenimiento en bioterio, a razón de 168 cm² por rata. Los sujetos del grupo hacinamiento fueron alojados con un máximo de 50.4 cm²/rata, mientras que los sujetos del grupo aislamiento se alojaron individualmente. Los animales se mantuvieron en esas condiciones de alojamiento hasta finalizar el estudio el día 60 posnatal.

Se registró el consumo de alimento diario a las 09:00 hrs, para estimarlo se pesó el alimento y se restó al peso del que se colocó 24 horas antes. Las canastillas se rellenaron diariamente con el total anterior más tres veces el porcentaje esperado de aumento en el consumo de acuerdo a los registros previos. En los grupos control y hacinamiento se estimó el consumo individual en proporción al número de sujetos

por jaula, se asumió un consumo homogéneo al considerar la uniformidad en la ganancia individual de peso corporal (varianza diaria de peso corporal intragrupo inferior a 0.70 g). En los días 58, 59 y 60 posnatales se retiró y pesó el alimento mientras se realizaba la prueba de ansiedad, se colocó de nuevo en las canastillas a las 19:00 hrs cuando las ratas ya se encontraban en sus jaulas y se inició la fase oscura. A las 19:30 hrs se retiró y pesó el alimento, se restó del peso anterior para estimar el consumo e inmediatamente se rellenaron las canastillas. Para estimar la tasa de crecimiento corporal se registraron diariamente a partir de las 09:00 hrs los parámetros somatométricos peso corporal (g) y longitud cráneo caudal (cm). La prueba de ansiedad inició el día 58 posnatal y se aplicó tres días consecutivos, a partir de las 16:00 horas cada sujeto se depositó en el centro del laberinto y se le dejó deambular durante 5 minutos, se registraron el tiempo de permanencia en BA, el número de entradas a BA y el número de cruces por el centro o entradas totales a los brazos. Se promediaron los valores individuales de los tres días, se estimaron las proporciones a) tiempo de permanencia en BA/tiempo total y b) número de entradas a BA/número de entradas a todos los brazos. Se consideró la menor proporción de entradas y permanencia en BA como indicativa de un alto nivel de ansiedad. El número total de entradas permitió apreciar el estado de activación general de los animales. Los datos fueron analizados mediante ANOVA de un factor seguida de DSF de Tukey para las comparaciones post hoc, se estableció un nivel de confianza de $p < 0.05$ para establecer como significativas las diferencias.

Resultados

El análisis del consumo diario de alimento demostró una tendencia temporal a disminuir en ambos grupos experimentales respecto al control algunos días durante la segunda semana de iniciado el experimento ($F(2, 27) = 10.48, p < 0.01$), sin embargo, tendió a aumentar y finalmente el consumo promedio total no fue significativamente distinto al del grupo control ($F(2, 27) = 2.76, p > 0.05$). Por su parte, el análisis de los datos del consumo del ciclo inicial de la fase oscura mostró una disminución en los sujetos hacinados y aislados, las pruebas posteriores evidenciaron diferencias significativas de ambos grupos experimentales respecto al control ($F(2, 27) = 14.75, p < 0.01$), siendo menores los consumos de los sujetos hacinados que de los aislados. En la columna izquierda de la Figura 1 se presenta el consumo de alimento en los primeros 30 min del ciclo alimentario del inicio de la fase oscura.

En cuanto al crecimiento, el análisis del promedio de peso ganado por día reveló que la ganancia de peso durante la segunda semana fue significativamente menor en los sujetos experimentales respecto al control ($F(2, 27) = 3.38, p < 0.05$), no obstante, finalmente se asemejaron a los sujetos del grupo control. El aumento diario de longitud cráneo caudal fue menor en ambos grupos experimentales, el retraso se presentó en sincronía con la ganancia de peso, para llegar al final del estudio a una ganancia de longitud inferior a la de los sujetos control, sin que las diferencias

fueran significativas ($F(2, 27) = 2.59, p > 0.05$). En la columna izquierda de la Figura 1 se presentan la tasa de crecimiento expresada como ganancia diaria de peso y longitud cráneo caudal (talla).

La columna derecha de la Figura 1 muestra los resultados de la prueba de ansiedad, el análisis mostró diferencias entre los grupos, puede apreciarse que los sujetos hacinados y los que fueron aislados permanecieron menor tiempo en BA (% del tiempo total), respecto a los sujetos control ($F(2, 27) = 113.63, p < 0.01$), con una permanencia significativamente menor de los sujetos aislados respecto a los hacinados ($p < 0.01$). Similarmente, los sujetos de ambos grupos experimentales entraron significativamente menos veces a BA (% del total de entradas a los cuatro brazos) que los del grupo control ($F(2, 27) = 98.43, p < 0.01$), de nuevo, los animales aislados entraron significativamente menos veces respecto a los hacinados ($p < 0.01$). Ambos parámetros sugieren un alto nivel de ansiedad en todos los sujetos experimentales respecto a los sujetos control, siendo más afectados los aislados. Finalmente, el análisis del registro promedio de cruces por el centro del laberinto demostró diferencias significativas entre los grupos, los sujetos hacinados y aislados presentaron mayor número de cruces que el grupo control ($F(2, 27) = 3.84, p < 0.05$), lo que es indicativo de un estado de mayor activación general.

Discusión

De inicio los resultados de este trabajo no indican una relación directa del estrés por hacinamiento o aislamiento con el aumento del consumo ni con la obesidad; por el contrario, se observó reducción temporal del consumo y retraso pasajero de la tasa de crecimiento. De acuerdo con Adzic et al. (2009) el estrés social crónico puede deprimir por retroacción al eje HPA, de manera que sus efectos a largo plazo pueden diferir de sus efectos iniciales o de los efectos del estrés agudo, en algunos casos las respuestas parecen retornar a los valores normales, lo que sugiere un proceso de adaptación al estado constante de este tipo de estrés, sin embargo, sus efectos se manifiestan al enfrentar a los sujetos a estresores distintos posteriormente. La reducción en la ingesta observada es congruente con los resultados de otras investigaciones, Bartolomucci y Leopardi (2009) reportaron hipofagia en ratones adultos atribuida a estrés por aislamiento. Previamente se reportó ingesta reducida en ratas aisladas en coincidencia con la aplicación de pruebas comportamentales con efecto estresor, a diferencia de ratas alojadas en grupos que realizaron las mismas pruebas (Zaias et al., 2008). En otros estudios como los de Nguye et al. (2007), los resultados dependieron de las condiciones previas, ya que ratas machos aislados después de habitar en pares redujeron sus consumos, mientras que machos subordinadas en colonias mixtas presentaron hiperfagia al estar en aislamiento. Ratas lactantes aisladas mostraron hiperfagia al ser aisladas en su adultez (Ryu, Yoo, Kang, Lee & Jahng, 2009).

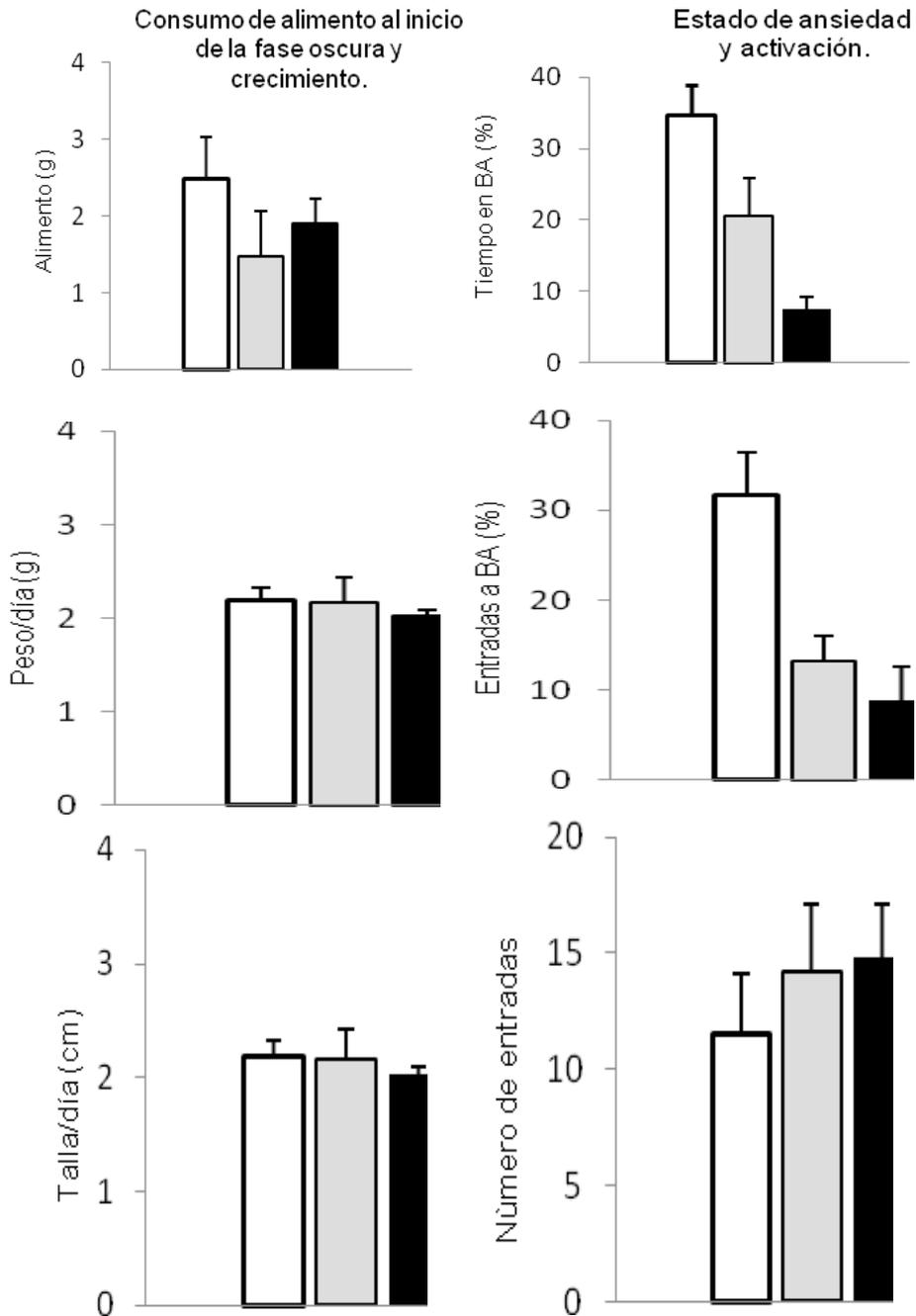


Figura 1. Las barras representan la media + la DS. La columna izquierda muestra el consumo de alimento de 30 minutos al inicio de la fase oscura (g), la ganancia diaria de peso (g) y talla (cm). A la derecha se presentan los resultados de la prueba de ansiedad. Las barras blancas representan a los sujetos del grupo control, las grises a los sujetos hacinados y las negras a los aislados.

Por otra parte, se ha atribuido al hacinamiento crónico un efecto estresor adicional al estrés agudo y a otros estresores, acentuando el efecto supresor de la alimentación en ratas (Orsetti et al., 2007; Reber, Obermeier, Straub, Falk & Neumann, 2006), lo que se asemeja a lo observado en este trabajo, ya que las ratas estresadas crónicamente y expuestas en la vida adulta a un estresor distinto fue seguido de reducción del consumo. Tal reducción en el primer período de alimentación al inicio de la fase oscura es representativa de la alteración del consumo total, ya que este período se reconoce como el de mayor activación apetitiva y consumatoria en roedores (Christianson et al., 2008). Liu et al. (2007) aplicaron estrés emocional agudo y observaron una reducción de la ingesta durante la media hora inicial de la fase oscura. Simultáneamente, se dio a conocer la disminución del consumo en los primeros 45 minutos al inicio de la alimentación en la fase oscura tras un período de privación de 20 hrs, como resultado de la estimulación farmacológica del eje HPA que mimetizó la respuesta de estrés (Bakshi, Newman, Smith-Roe, Jochman & Kalin, 2007). Por su parte, Foster et al. (2009) confirmaron la activación inmediata del eje HPA con aumento súbito de corticosterona a los 15 minutos, como respuesta natural al estrés emocional agudo, que fue potencializado por estrés crónico presuntamente relacionado al alojamiento individual, simultáneamente se registro disminución de la ingesta que se mantuvo por tres horas.

La reducción del consumo en sujetos estresados y ansiosos se ha explicado a partir de las interacciones del eje HPA, el sistema simpático y los sistemas reguladores del comportamiento alimentario que activan vías anorexigénicas. En este sentido, Conrad (2008) propuso que el estrés crónico dependiente del tipo de alojamiento y aplicado durante el desarrollo altera a largo plazo los sistemas reguladores de las respuestas al estrés que interfieren con los reguladores del comportamiento alimentario. Dicha interacción caracteriza la respuesta de estrés ante eventos adversos para el sujeto, que frente a distintas opciones alimentarias y circunstancias específicas responde con patrones de consumo distintos. En otro sentido, el efecto hipofágico del aislamiento sufrido durante la vida temprana se ha explicado como resultado de la alteración de los aspectos sociales del comportamiento alimentario (Sano et al., 2009). Bartolomucci et al. (2009) reportaron que ratas y ratones aislados en la vida temprana alteran sus patrones alimentarios debido a la falta de facilitación social, lo que representa a un modelo de estrés por privación de contactos sociales en humanos. Abundan en ello Wood y Rebec (2009) quienes afirmaron que el aprendizaje del comportamiento apetitivo es alterado en sus procesos motores y sensoriales por estresores ambientales como el aislamiento.

Cabe señalar que en este trabajo se ofreció a los sujetos alimento ordinario para roedores por lo que carece del comparativo de consumo de alimentos palatables o energético, lo que hace necesario dar continuidad a la investigación incorporando tales alimentos y considerando variables como la palatabilidad y las preferencias, ya que característicamente la hipofagia presentada por roedores estresados o ansiosos suele presentarse ante el alimento habitual, mientras que se muestran hiperfágicos

si disponen de alimento palatable y energético, por lo que se considera que estos sujetos son vulnerables al desarrollo de patrones alimenticios predisponentes a la obesidad, a pesar de que ante el alimento ordinario se muestren hipofágicos. Sus estados emocionales y el estrés crónico establecen un balance energético positivo, de manera que aún si consumen poco acumulan grasa y a largo plazo suben de peso (Bartolomucci et al., 2009; Foster et al., 2009; Teegarden & Bale, 2008). Esta es una forma de compensar el requerimiento energético de la respuesta metabólica al estrés, con una tendencia adaptativa a ingerir y ahorrar energía ante las demandas de la situación; al repetirse crónicamente pueden causar obesidad (Nguye et al., 2007). La ingesta preferente de alimento palatable asociada al estrés también se ha explicado en cuanto a su valor hedónico, no obstante, se ha reportado disminución de la preferencia relativa al placer tras estrés social y emocional (Christianson et al., 2008; Kamal et al., 2009).

Respecto a la tasa de crecimiento se observó retraso temporal en los sujetos hacinados y aislados, que corresponde cronológicamente con la reducción del consumo y es congruente con lo reportado por McCormick, Robarts, Kopeikina y Kelsey (2005), quienes observaron efectos similares en ratas machos jóvenes y adultos aislados. Asimismo, ratones adultos aislados tuvieron menor ganancia de peso particularmente en la segunda semana de aislamiento (Bartolomucci et al., 2009). De acuerdo a Nonogaky, Ohba, Sumii, Wakameda y Tamari (2009), el aislamiento intensificó la pérdida de peso de ratones prepúberes restringidos de alimento y suprimió temporalmente la ganancia que se esperaba al proporcionarles alimento a libre acceso. De manera similar, el hacinamiento potencializó la supresión de la ganancia de peso en ratas machos categorizados como "perdedores" en un modelo de estrés emocional agudo por derrota social (Reber et al., 2006; Veenema, Reber, Selch, Obermeier & Neumann, 2008). Mientras que García et al. (2005) afirmaron que ratas hembras prepúberes en hacinamiento sufrieron retraso del crecimiento con peso y longitud craneocaudal bajas a partir del día 8. La menor ganancia de peso durante la aplicación del estresor no necesariamente se asocia al menor consumo, en sujetos hiperfágicos se debe a la pérdida de masa magra a cambio de grasa visceral; aparentemente por aumentar el gasto calórico para sostener la respuesta de estrés, al retirar el estresor tienden a la hipofagia, pero en todo caso sus alteraciones metabólicas predisponen a la obesidad posteriormente (Bartolomucci et al., 2009; Foster et al., 2009; Nonogaky et al., 2009; Tamachiro et al., 2007).

El aislamiento mantenido por una semana es considerado estresor crónico (Lukkes, Walt, Lowry & Forster, 2009), de acuerdo a Cruz (2009), a los 15 días de aplicar el aislamiento se elevan los niveles de ansiedad y continúan acentuándose hasta los 30 días, corroborado por los niveles de glucocorticoides. En este trabajo se mantuvo el aislamiento por 40 días y los resultados demostraron aumento del comportamiento ansioso, de manera similar se comportaron los sujetos hacinados, lo que coincide con el reporte de Botelho, Estanislau y Morato (2007) para ambas condiciones de alojamiento. El aislamiento parece catalizar la reactividad emocio-

nal luego de estrés social agudo elevando el nivel de ansiedad (Nakayashu & Ishii, 2008). Asimismo, Lukkes et al. (2009) reconocen al aislamiento como factor ansiogénico a largo plazo al aplicarlo en el período crítico de maduración de los sistemas serotoninérgico y dopaminérgico, moduladores del comportamiento emocional en mamíferos. Período correspondiente a la etapa prepuberal y la adolescencia temprana, para las ratas se ubica entre los días 21 y 28 posnatales. El estrés vivido en este período eleva la reactividad emocional y la respuesta al estrés en la vida adulta con tendencia a la ansiedad. Mientras que si es aplicado antes o después arroja resultados variados, en algunos trabajos se reportó que predispone a un aumento de ansiedad en sujetos sometidos a estrés social agudo en la adultez (e.g. Lukkes et al., 2009; Ryu et al., 2009; Veenema et al., 2008). Respecto al hacinamiento la información es escasa, algunos autores atribuyen un efecto ansiogénico a la competencia por los recursos o al establecimiento de jerarquías en grupos numerosos (Tamachiro et al., 2007). En este estudio no se analizó la dinámica de interacción social, por lo que se generan nuevas preguntas que tendrán que aclararse en futuros trabajos. Finalmente se estimó el estado de activación general manifestado por el número total de cruces por el centro del laberinto, los sujetos experimentales presentaron un nivel de activación general mayor, en congruencia con los resultados de Zaias et al. (2008), que se relaciona fisiológicamente con el nivel elevado de ansiedad.

Cabe considerar que los factores genéticos aunque interactúan con el ambiente pueden determinar la manera en que los individuos responden al estrés, en humanos parecen combinarse condiciones individuales de tendencia a la ansiedad con anorexia o con hiperfagia (Silva, 2008). En modelos animales se ha demostrado que el estrés crónico por aislamiento puede tener efectos distintos en dependencia de la reactividad de los individuos establecida genéticamente, ya que algunas líneas de ratas presentan diferentes respuestas del eje HPA (Malkesman et al., 2006). El efecto del estrés sobre la alimentación parece depender de la interacción entre características psicoafectivas y metabólicas del sujeto, el tipo de estresor y la etapa de la vida en que lo sufrió. La combinación del hacinamiento y/o el aislamiento con otras condiciones adversas comunes en las ciudades pueden tener efectos acumulativos desde la vida temprana, afectando el metabolismo y caracterizando a los individuos como sujetos ansiosos, especialmente a aquellos más susceptibles, lo que agudiza su vulnerabilidad a practicar hábitos alimentarios inadecuados que aumentan el riesgo de desarrollar obesidad (Baxter-Jones et al., 1999). Los resultados de este trabajo confirman el efecto estresor de las condiciones de alojamiento durante el desarrollo, manifestado con cambios en el comportamiento alimentario y el nivel de ansiedad en la vida adulta, lo que enfatiza la necesidad de analizar los efectos de las condiciones de alojamiento y el manejo alimentario de los sujetos de experimentación, por una parte para contribuir a esclarecer su rol como estresores y ampliar la comprensión sobre las relaciones causales de la respuesta al estrés, los estados emocionales y el comportamiento alimentario relacionados con la obesidad y los trastornos alimentarios, y por otra parte, para contar con fundamentos firmes al

explicar los resultados obtenidos de protocolos en los que los sujetos se mantienen en cajas individuales, ya que se adjudican los resultados a otras variables sin considerar su posible interacción con las condiciones de alojamiento.

Referencias

- Adzic, M., Djordjevic, J., Djordjevic, A., Niciforovic, A., Demonacos, C., Radojic, M. et al. (2009). Acute or chronic stress induce cell compartment-specific phosphorylation of glucocorticoid receptor and alter its transcriptional activity in Wistar rat brain. *Journal of Endocrinology*, 202, 87-97.
- Angelucci, L. (2000). The glucocorticoid hormone: from pedestal to dust and back. *European Journal of Pharmacology*, 3, 139-147.
- Bakshi, V. P., Newman, S. M., Smith-Roe, S., Jochman, K. A. & Kalin, N. H. (2007). Stimulation of lateral septum CRF₂ receptor promotes anorexia and stress-like behaviors: functional homology to CRF₁ receptors in basolateral amygdala. *Journal of Neuroscience*, 27, 39, 10568-10577.
- Bartolomucci, A., Cabass, A., Govoni, P., Ceresini, G., Cero, Ch., Berra, D., Daddomo, G., Parmigiani, S., Palanza, P., et al. (2009). Metabolic consequences and vulnerability to diet-induced obesity in male mice under chronic social stress. *PLoS ONE*, 4, 1, 4331.
- Bartolomucci, A. & Leopardi, R. (2009). Stress and Depression: Preclinical Research and clinical implications. *PLoS ONE*, 4, 1, 4265.
- Baxter-Jones, A. D. G., Cardy, A. H., Helms, P. J., Phillips, D. O. & Smith, W. C. S. (1999). Influence of socioeconomic conditions on growth in infancy: the 1921 Aberdeen birth cohort. *Archives Diseases Child*, 81, 5-9.
- Botelho, S., Estanislau, C. & Morato, S. (2007). Effects of under –and overcrowding in exploratory behavior on elevated plus-maze. *Behavioural processes*, 74, 3, 357-62.
- Caroprese, M., Albenzio, M., Marzano, A., Schena, L., Annicchiarico, G. & Sevi, A. (2010). Relationship between cortisol response to stress and behavior, immune profile, and production performance of dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 93, 6, 2395-403.
- Christianson, J. P., Paul, E. D., Irani, M., Thompson, B. M., Kubala, K. H., Yirmiya, R., Watkins, L. R. & Mainer, S. F. (2008). The role of prior stressor controllability and the dorsal raphe nucleus in sucrose preference and social exploration. *Behavioural Brain Research*, 3, 193, 1, 87-93.
- Conrad, D. C. (2008). Chronic stress-induced hippocampal vulnerability: the glucocorticoid vulnerability hypothesis. *Revue Neurosciences*, 19, 6, 395-411.
- Cruz, B. D. (2009). Efecto de la privación social en la agresión y la ansiedad de ratas machos wistar. *Acta Colombiana de Psicología*, 9,39, 49-03.
- Díaz, F., López-Espinoza, A., Franco, K., Martínez, A., Aguilera, V. & Cárdenas, A. (2009). Efectos del período de privación de alimentos sobre la tasa de comer

- en ratas. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 35, 149-160.
- Foster, M. T., Warne, J. P., Ginsberg, A. B., Horneman, H. F., Pecoraro, N. C., Akana, S. F. & Dallman, M. F. (2009). Palatable foods, stress, and energy stores sculpt corticotropin-releasing factor, adrenocorticotropin, and corticosterone concentration after restraint. *Endocrinology*, 150, 2333.
- García, J., Chavarría, S. L., Cárdenas, V. A., Jáuregui, H. F., Villaseñor, C. T. & Luqin, S. (2005, Julio). Overcrowding stress during 10 days produces microglial reactivity in female young rat hippocampus and parietal cortex. Sesión en cartel presentado en el Foro Internacional de Neurociencias, Suiza.
- Gómez, G. B. & Escobar, A. (2002). Neuroanatomía del estrés. *Revista Mexicana de Neurociencias*, 3, 273-282.
- Godfrey, R. & Julien, M. (2005). Urbanisation and health. *Clinical Medical*, 5, 137-41.
- Kamal, A., Van der Harst, J. E., Kapteijn, C. M., Baars, A. J., Spruijt, B. M. & Ramakers, G. M. (2009). Announced reward counteracts the effects of chronic social stress on anticipatory behavior and hippocampal synaptic plasticity in rats. *Experimental Brain Research*, 201, 641-651.
- Liu, J., Garza, C. J., Truong, V. H., Henschel, J., Zhang, W. & Lu, X. (2007). The melanocortinergic pathway is rapidly recruited by emotional stress and contributes to stress-induced anorexia and anxiety-like behavior. *Endocrinology*, 148, 11, 5531-5540.
- Lukkes, J. L., Wat, M. J., Lowry, C. A. & Forster C. L. (2009). Consequences of post-weaning social isolation on anxiety behavior and related neural circuits in rodents. *Behavioral neuroscience*, 3, 18.
- McCormick, C. M., Robarts, D., Kopeikina, K. & Kelsey, J. E. (2005). Long-lasting, sex- and age-specific effects of social stressors on corticosterone responses to restraint and on locomotor responses to psychostimulants in rats. *Hormones and Behavior*, 48, 1, 64-74.
- Malkesman, O., Maayan, R., Weizman, A. & Weller, A. (2006). Aggressive behavior and HPA axis hormones after social isolation in adult rats of two different genetic animal models for depression. *Behavioral Brain Research*, 175, 2, 408-414.
- Mercanoglu, G., Safrán, N., Uzun, H. & Eroglu, L. (2008). Chronic emotional stress exposure increases infarct size in rats: the role of oxidative and nitrosative damage in response to sympathetic hyperactivity. *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology*, 30, 10, 745-752.
- Nguye, M. N., Tamashiro, L. K., Melhorn, S. J., Ma, L. Y., Gardner, S. R. & Sakai, R. R. (2007). Androgenic influences on behavior, body weight, and body composition in a model of chronic social stress. *Endocrinology*, 148, 12, 6145-6156.
- Nakayashu, T. & Ishii, K. (2008). Effects of pair-housing after social defeat experience on elevated plus-maze behavior in rats. *Behavioral Processes*, 78, 3, 477-80.
- Nonogaky, K., Ohba, Y., Sumii, M., Wakameda, M. & Tamari, T. (2009). Novel mo-

- dulators for body weight changes induced by fasting and re-feeding in mice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 378, 2, 249-54.
- Ordaz, N., López-Espinoza, A. y Martínez, H. (2005). Efectos de la modificación del contexto en el consumo de agua y alimento durante un estado de saciedad en ratas. *Universitas Psychology*, 4, 2, 151-160.
- Orsetti, M., Canonico, P.L., Dellarole, A., Colella, L., Di Brisco, F. & Ghi, P. (2007). Quetiapine prevents anhedonia induced by acute or chronic stress. *Neuropsychopharmacology*, 32, 1783-1790.
- Pellow, S., Chopin, P., File, S. & Briley, M. (1985). Validation of open closed arm entries in a elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *Journal of Neuroscience Methods*, 14, 149-156.
- Reber, S. O., Obermeier, F., Straub, H. R., Falk, W. & Neumann, I. D. (2006). Chronic intermittent psychosocial stress (social defeat/overcrowding) in mice increases the severity of an acute DSS-induced colitis and impairs regeneration. *Endocrinology*, 147, 10, 4968-4976.
- Repetti, R. L., Taylor, S. E., Seeman, T. E. (2002). Risky families: family social environments and the mental and physical health of offspring. *Psychology Bulletin*, 128-130.
- Ryu, V., Yoo, S. B., Kang, D. W., Lee, J. H. & Jahng, J. W. (2009). Post-weaning isolation promotes food intake and body weight gain in rats that experienced neonatal maternal separation. *Brain Research*, 27, 1295, 1027-34.
- Sano, Y., Ornthanalai, V. G., Yamada, K., Homma, C., Suzuki, H., Suzuki, T., Murphy, N. P. & Itohara, S. (2009). X11-like protein deficiency is associated with impaired conflict resolution in mice. *Journal of Neuroscience*, 29, 18, 5884-5896.
- Santoyo, V. C. & Argilaga, A.T. (1992). El hacinamiento como contexto: estrategias metodológicas para su análisis. *Psicothema*, 4, 2, 551-569.
- Silva, J. R. (2008). Restricción alimentaria y sobrealimentación, un modelo de la neurociencia afectiva. *Revista Médica Chilena*, 136, 1336-1342
- Tamachiro, L. K., Nguyen, M. N., Ostrander, M. M., Gardner, S. R., Ma, L. Y., Woods, S. C. & Sakai, R. S. (2007). Social stress and recovery: implications for body weight and body composition. *American Journal of Physiology*, 239, 1864-1874.
- Teegarden, S. L. & Bale, T. L. (2008). Effects of stress on dietary preference and intake are dependent on access and stress sensitivity. *Physiology Behavior*, 93, 45, 713-723.
- Torres, C. C., López-Espinoza, A., Martínez, A., Franco, K., Díaz, F., Sosa, G., Aguilera, V., Magaña, C. & Cárdenas, A. (2009). Consumo crónico y endulzantes bajo condiciones de estrés crónico en ratas. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 35, 133-147.
- Veenema, A. H., Reber, S. O., Selch, S., Obermeier, F. & Neumann, I. G. (2008). Early life stress enhances the vulnerability to chronic psychosocial stress and experimental colitis in adult mice. *Endocrinology*, 149, 6, 2727-2736.

- Wagenmaker, E. R., Breen, K. M., Oakley, A. E., Tilbrook, A. J. & Karsch, F. J. (2009). Psychosocial stress inhibits amplitude of gonadotropin-releasing hormone pulses independent of cortisol action on the type II glucocorticoid receptor. *Endocrinology*, 150, 762-769.
- Wood, D. A. & Rebec, G. V. (2009). Environmental enrichment alters neuronal processing in the nucleus accumbens core during appetitive conditioning. *Brain Res*, 1259, 59-67.
- Zaias, J., Queeney, T. J., Kelley, J. B., Zakharova, E. S. & Izenwasser, S. (2008). Social and physical environmental enrichment differentially affect growth and activity of preadolescent and adolescent male rats. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 47, 2, 30-34.