



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN COMPORTAMIENTO

**“Efectos del tipo de reforzador, del requisito de respuesta y de las señales contextuales sobre la ejecución de ratas en programas de razón progresiva y sobre los parámetros del modelo PMR”**

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

**PRESENTA:**

**PABLO COVARRUBIAS SALCIDO**

**Director: Dr. Carlos F. Aparicio Naranjo**

**Dr. François Tonneau**

**Dr. Oscar García Leal**

**Dr. Felipe Cabrera González**

**Dr. Gerardo A. Ortiz Rueda**

**Guadalajara, Jalisco, Mayo de 2006**

**SECRETARÍA GENERAL**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado para concluir mis estudios de maestría.

Gracias al Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento por brindarme las condiciones físicas y el apoyo económico para la conducción de esta tesis.

A los doctores del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento por su apoyo incondicional.

Especialmente, agradezco a los doctores Carlos F. Aparicio Naranjo y François Tonneau por su entusiasmo al orientarme en la elaboración de esta tesis y por compartir conmigo sus conocimientos.

Agradezco al Dr. Pedro Solís-Cámara Reséndiz por su interés en mi formación académica.

A mis compañeros de la maestría y del doctorado por su invaluable amistad.

*A mis padres, quienes han sido luz en mi camino*

## *Índice*

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
<b>Los principios matemáticos del reforzamiento</b>	3
<i>Activación</i>	4
Activación y asociación	6
Relación con la respuesta refleja de Skinner	7
Evaluación de la activación	8
Activación al responder	9
<i>Tiempo de respuesta</i>	10
El tiempo de respuesta y el tiempo entre respuestas	10
Evaluación del tiempo de respuesta	13
<i>Acoplamiento</i>	15
El fortalecimiento de las respuestas objetivo	16
El efecto extensivo del reforzamiento	18
Programas de razón fija	21
<i>Reajustes a PMR</i>	24
La eliminación incompleta	26

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
OBJETIVOS	34
MÉTODO	35
<i>Sujetos</i>	35
<i>Aparatos</i>	35
<i>Procedimiento</i>	46
<i>Análisis de datos</i>	37
RESULTADOS	39
DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES	66
REFERENCIAS	68
APÉNDICE	72

## RESUMEN

La teoría de los Principios Matemáticos del Reforzamiento (PMR) (Killeen, 1994) ha sido utilizada principalmente para explicar la ejecución de organismos expuestos a programas de razón fija (RF). En este estudio se trató de extender los principios de esta teoría a la ejecución de ratas en programas de razón progresiva (RP). El objetivo fue analizar si las manipulaciones en el tipo de reforzador (comida vs. sacarina), el requisito de respuesta (RP 1 vs. RP 3) y las señales del contexto (reforzador señalado vs. reforzador no señalado) reflejaban cambios en tres variables dependientes (pico de la tasa de respuesta, razones completadas y respuestas emitidas) y en los parámetros de activación ( $a$ ), tiempo de respuesta ( $\delta$ ) y acoplamiento ( $\zeta$ ) del modelo PMR. Los resultados mostraron que las ratas completaron más razones y emitieron más respuestas con sacarina que con comida. Respecto al requisito de respuesta, los sujetos expuestos a un programa RP 1 mostraron picos de tasa de respuesta más altos y emitieron más respuestas que los expuestos a un RP 3. Los sujetos con reforzador señalado mostraron valores más altos en las tres variables dependientes que los sujetos con reforzador no señalado. Contrario a lo que se esperaba, el parámetro  $a$  cambió en función del requisito de respuesta y no en función del tipo de reforzador. El parámetro  $\delta$  tuvo los valores más bajos en programas de RP 1 y describió adecuadamente la ejecución de las ratas. El parámetro de  $\zeta$  no se ajustó adecuadamente a la ejecución de las ratas. Por último, el parámetro  $a$  no cambió en función de la señalización del reforzador lo que sugiere que no es sensible a las señales condicionadas del ambiente.

## INTRODUCCIÓN

Los Principios Matemáticos del Reforzamiento (PMR) propuestos por Killeen (1994) integran el trabajo de 50 años de investigación en programas de reforzamiento. De acuerdo con Killeen y Sitomer (2003), los principios son el esqueleto de una teoría y los modelos son los músculos; los principios van a guiar el crecimiento de los modelos y los modelos van a permitir a los principios entrar en contacto con los datos. Mientras que los principios son planteados en términos generales, los modelos se encargan de las particularidades. Por lo tanto, los autores plantean que “si al esqueleto se le dificulta una actividad, los músculos pueden compensarlo hasta cierto punto. Pero una carga excesiva eventualmente romperá uno u otro. Esqueletos correctamente alineados permiten una musculatura más simple y eficiente” (p. 49). Como lo plantea Reilly (2003), los buenos modelos son precisos, simples y generales.

PMR se basa en tres supuestos: (1) Un incentivo puede activar sólo un número limitado (en  $a$  segundos) de respuestas; (2) las tasas de respuesta están restringidas por el tiempo requerido para una respuesta individual ( $\delta$ ); y (3) el reforzamiento ocurre cuando un incentivo ocupa el mismo tiempo que una respuesta. De este último supuesto se derivan dos aspectos: a) las respuestas más próximas al reforzador son más fortalecidas que las respuestas más lejanas y b) el reforzamiento tiene un “efecto extensivo”, lo que significa que sus efectos se distribuyen en tiempo y espacio.

PMR ha sido considerada como una teoría de un marcado logro que describe aspectos de la conducta operante que habían sido normalmente tratados de forma separada como son la memoria, la contingencia y la activación (Bradshaw, 1994). También PMR ha

incluido a variables importantes en experimentos de condicionamiento operante, por ejemplo la duración de la respuesta, la tasa de reforzamiento, la motivación, la fuerza del incentivo y el grado de condicionamiento de la respuesta (Pear, 1994). Sin embargo, como lo plantea Walker (1994), parte del atractivo de PMR es su potencial de generalización que se puede conocer a través de probar la teoría en un rango amplio de fenómenos.

El presente estudio tiene como propósito evaluar el grado de generalización de los planteamientos de PMR. Específicamente, se pretende extender los planteamientos del modelo en un programareforzamiento para evaluar qué tan exacto las ecuaciones derivadas del modelo describen la ejecución de ratas expuestas a un programa de razones progresivas y estimar si los parámetros del modelo cambian en función de las variaciones del tipo de reforzador, el tamaño del requisito del número de respuestas y de las señales del contexto.

### **Los Principios Matemáticos de Reforzamiento**

Los tres principios planteados por el modelo de Killeen (1994) son: la *activación* ( $a$ ) que se refiere al número total de respuestas emitidas por un organismo que un incentivo puede mantener, el *tiempo de respuesta* (delta,  $\delta$ ), el cual se refiere a la duración de la respuesta o tiempo mínimo que le toma a un organismo emitir ésta de acuerdo a sus capacidades físicas, y el parámetro de *acoplamiento* (zeta,  $\zeta$ ) que estima el grado en el cual un reforzador se asocia con una respuesta operante. A continuación se describe a cada uno de estos principios.

### *Activación*

Este principio surgió de dos estudios, uno de Killeen, Hanson y Osborne (1978) que utilizó una caja experimental con paneles en el piso que permitían el registro de la actividad de pichones a los que se les alimentaba media hora después de haberlos colocado en la caja. Ellos encontraron que la actividad de los pichones incrementó cuando se les alimentaba y poco a poco su actividad en la caja disminuía exponencialmente con el tiempo. Los autores concluyeron que este cambio en los niveles de activación estaba en función de la tasa de reforzamiento. El otro estudio fue de Killeen (1975) que alimentó a pichones una vez al día para medir la actividad resultante; él encontró un promedio de 360 respuestas por cada reforzador mostrando que la actividad se acumulaba de acuerdo a un promedio móvil de peso exponencial que resultaba en el *nivel de activación*,  $A$ . La siguiente ecuación describe el asuntote de este proceso:

$$A = aR \tag{1}$$

donde  $a$  es una constante llamada *activación específica* y  $R$  es la tasa de reforzamiento. El nivel de activación  $A$  es la cantidad de conducta que es evocada por un incentivo bajo condiciones de privación y varía en función de la motivación del organismo. Sus dimensiones se estiman en segundos por reforzador, mientras que las dimensiones de la tasa de reforzamiento ( $R$ ) se miden en reforzadores por segundo. La Figura 1 ilustra el primer principio de reforzamiento; la entrega de incentivos incrementa la activación de la respuesta como sigue:

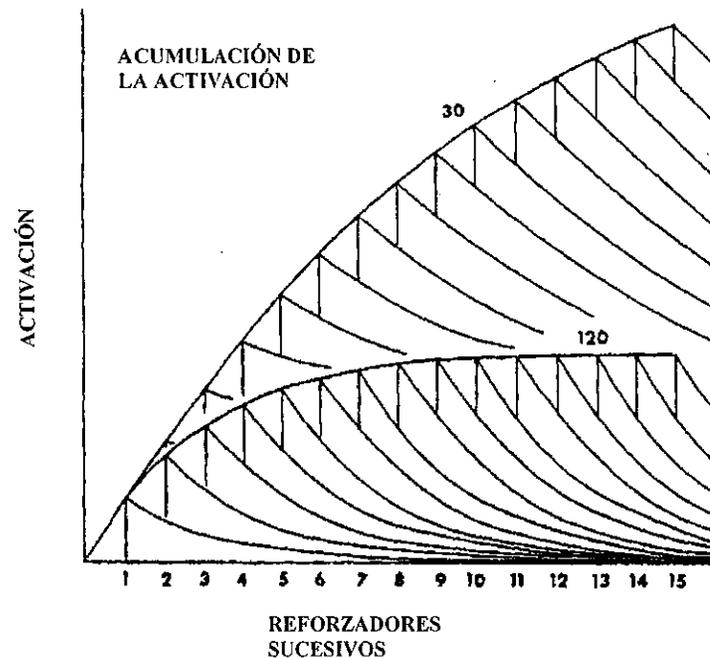


Fig. 1. Los reforzadores periódicos pueden causar que la activación se acumule. Tomada de Killeen y Sitomer (2003).

En el estudio de Killeen, Hanson y Osborne (1978) en donde los pichones fueron alimentados de acuerdo a dos tiempos fijos (TF) diferentes, uno de 30 s y otro de 50 s, se midieron los cambios en la tasa de respuesta. La Figura 2 muestra que en el primer día la tasa de respuesta fue mayor en el TF30 s que en el TF50 s; sin embargo, en el segundo día la tasa de respuestas subió en el TF50 s considerablemente. Esto se tomó como un indicador de que la entrega repetida de incentivos genera un estado de activación y la acumulación de la activación generada se manifiesta en un aumento en la tasa de respuesta, efecto que es llamado un estado de *calentamiento*. La omisión en la entrega de incentivos elimina esa activación y se manifiesta en lo que Killeen (1998) llama *enfriamiento*.

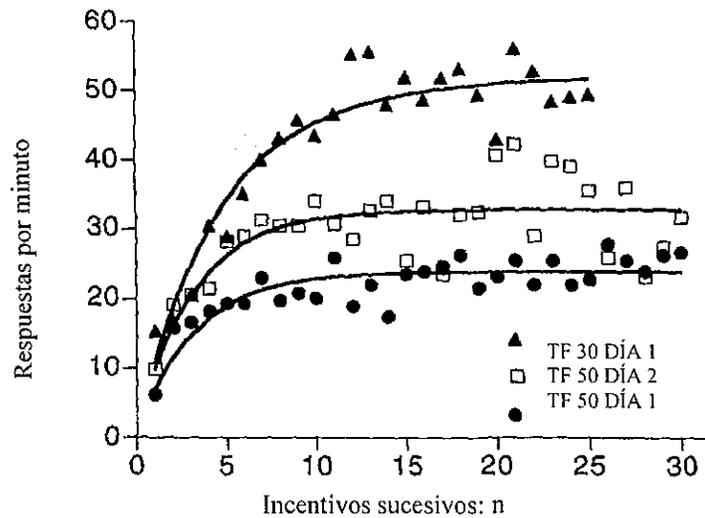


Fig. 2. Cuando los pichones se les alimentó de manera periódica las tasas de respuestas incrementaron hacia su nivel asintótico con cada alimentación. Tomada de Killeen y Sitomer (2003).

**Activación y asociación.** De acuerdo con el primer principio del reforzamiento (Killeen, 1998), los incentivos activan al organismo pero esto no garantiza que la respuesta instrumental de interés para el experimentador sea reforzada. En lugar de eso, lo que se observa son respuestas adjuntivas o supersticiosas. El reforzamiento solo ocurre cuando la activación se aparea con las respuestas objetivo. En otras palabras, sólo cuando se aparea repetidamente a una respuesta con un incentivo se fortalece su asociación, proceso al que se le llama condicionamiento o aprendizaje. De esta manera, una secuencia de incentivos *activa* al organismo y puede *condicionar* una respuesta. El retiro del reforzador “enfria” al organismo y el condicionamiento de la respuesta se desvanece.

La descripción de estos dos procesos es la siguiente: (1) la entrega de incentivos genera una *activación* en el organismo que tiene como efecto el *calentamiento* del mismo; si se retira el incentivo se *elimina* la activación y se produce el *enfriamiento* (conocido

como extinción); y (2) la entrega de incentivos que se aparean con las respuestas objetivo propician la *asociación* de ambos (conocido como condicionamiento, reforzamiento o aprendizaje); si hay un desfasamiento entre los incentivos y las respuestas objetivo se produce el *desapareamiento* que resulta en una *desasociación* de ambos (conocido como extinción). Killeen (1998) plantea que, aún cuando tradicionalmente los procesos de motivación y asociación se han agrupado indiscriminadamente bajo términos individuales de condicionamiento y extinción, es esencial tratarlos como procesos separados de activación y asociación. Esto es importante porque permite hacer una distinción entre los factores motivacionales y los asociativos. Actualmente, se considera que la activación es una variable de estado que cambia en función de la privación, de la tasa de reforzamiento y del condicionamiento contextual (Killeen, 1998).

**Relación con la respuesta refleja de Skinner.** El concepto de activación en la teoría de Killeen (1998) es similar al concepto de reserva refleja de Skinner (1938); ambos utilizan la noción de la energía total disponible para la respuesta. Sin embargo, para Skinner la capacidad de la respuesta refleja era un atributo de la misma que tenía un techo asociativo y era independiente de la tasa de incentivos. En contraste para Killeen el nivel de activación ( $A$ ) es un factor motivacional con dos funciones, una acumulativa del número de incentivos y otra positiva que cambia con la magnitud, calidad de los incentivos y del nivel de privación. De acuerdo con estas ideas, las tasas altas de reforzamiento generarán muchas más respuestas que la entrega de un reforzador individual.

**Evaluación de la activación.** Debido a que en la teoría de PMR el primer principio establece que la activación de la respuesta es sensible a la magnitud, calidad del reforzador y nivel de privación del organismo se han realizado algunos estudios para evaluar estas posibilidades. Por ejemplo, Bizo y Killeen (1997) trataron de modificar la activación del parámetro  $a$  con variaciones en la cantidad y calidad del reforzador. Ellos expusieron a pichones a un programa de razón fija y manipularon el tiempo de acceso a la comida (apertura del comedero). La calidad del reforzador se manipuló con diferentes tipos de granos. Como se esperaba, los resultados indicaron que el valor de activación  $a$  fue mayor cuando se utilizó maíz como reforzador (153), intermedio cuando se dio acceso de 5 s al milete (40) y bajo (25) cuando el acceso al milete fue 2.5 s. También el valor de la activación  $a$  fue mayor cuando se utilizó milo como reforzador (53) que cuando el milete fue el reforzador (39). Los autores concluyeron que los granos preferidos y la duración de acceso a los mismos afectan la activación de  $a$ .

En otro estudio, Reilly (2003) varió la activación  $a$  con manipulaciones en la calidad del reforzador utilizando ratas como sujetos. Tres tipos de pellas, comida, sacarina y una mezcla de ambas sirvieron para variar la calidad del reforzador. Las ratas fueron expuestas a un programa múltiple de reforzamiento con cuatro componentes de razón fija (15, 45, 90 y 150 respuestas). El objetivo fue determinar si PMR podía explicar la conducta en los diferentes componentes de múltiple y verificar si este procedimiento era en realidad sensible a las manipulaciones que afectan al parámetro de activación. Los resultados mostraron los valores más altos de activación ( $a$ ) con las pellas de sacarina, valores intermedios en su activación con la mezcla comida-sacarina y valores bajos con las pellas de comida.

**Activación al responder.** De acuerdo con Killeen (1998), la Ecuación 1 sustenta el principio del efecto de activación por incentivos individuales y la acumulación de activación cuando los incentivos se proporcionan en cercanía temporal. Lo importante es identificar cómo esta activación se convierte en conducta. Killeen y Sitomer (2003) argumentan que el nivel de activación ( $A = ar$ ) y la activación específica ( $a$ ) son constructos hipotéticos y no pueden ser medidos directamente. La forma más fácil de conectarlos a la conducta es asumir que la tasa de respuesta es proporcional al nivel de activación, con una constante de proporcionalidad  $k$  de respuestas por segundo. Debido a que  $k$  no es medible, simplemente es absorbida por  $a$ , cambiando la dimensión de ese parámetro de segundos por reforzador a respuestas por reforzador.

En resumen, *el primer principio de reforzamiento establece que el nivel de activación ( $A$ ) es proporcional a la tasa de reforzamiento:  $A = ar$ . La constante de proporcionalidad,  $a$ , es llamada *activación específica* (Killeen y Sitomer, 2003).*

Killeen y Sitomer (2003) suponen que la tasa de respuesta puede variar aún cuando el estado de motivación ( $A$ ) se mantiene sin cambios y puede caer por debajo de su nivel asintótico, variando sustancialmente debido a las contingencias que refuerzan la respuesta objetivo. Por lo tanto, al tratar de trasladar la activación a la tasa de respuestas objetivo, se deben considerar dos factores adicionales. El primero se refiere a la competencia de otras respuestas, tanto de la misma clase operante como de otras clases (e.g., la inspección que hace el animal). El segundo factor es la contingencia que selecciona la clase operante, respuesta objetivo, u otra conducta que es fortalecida por el reforzamiento.

### *Tiempo de respuesta*

El primer factor es lo que Killen llama restricción de la respuesta. Porque el sujeto toma un tiempo “x” para emitir la respuesta, las respuestas no pueden ser emitidas tan rápido como son elicitadas (Killeen y Sitomer, 2003).

**El tiempo de respuesta y el tiempo entre respuestas.** La tasa de respuesta  $b$  se mide contando el número de respuesta objetivo dentro de un periodo y dividiendo ese número por la duración de ese periodo. Así, la tasa de respuesta es el recíproco del tiempo entre respuestas (TER), contando a partir del inicio de una respuesta al inicio de la siguiente respuesta. Sin embargo, en un TER se encuentran dos subintervalos: el tiempo que le toma al sujeto emitir la respuesta ( $\delta$ ) y el tiempo entre ésta y la siguiente respuesta ( $\tau$ ). De acuerdo con esta idea, el tiempo que le toma al sujeto emitir una respuesta impone un límite a la tasa máxima de respuestas; por ejemplo, si el intervalo de observación es 1 s, el tiempo disponible para la primer respuesta es 1 s y el tiempo disponible para emitir la segunda respuesta es  $\tau = 1 - \delta$  s. Para un animal respondiendo a la tasa de  $b$  respuestas por segundo, el tiempo promedio disponible para una respuesta adicional es  $\tau = 1 - b\delta$ . Conforme  $b$  se aproxima a  $1/\delta$ , el intervalo de observación se comienza a llenar de respuestas y es difícil o imposible para el animal contribuir a la tasa con respuestas adicionales. Entonces, la tasa de respuesta máxima es  $b_{\max} = 1/\delta$ . La Figura 3 ilustra esta relación de manera esquemática.

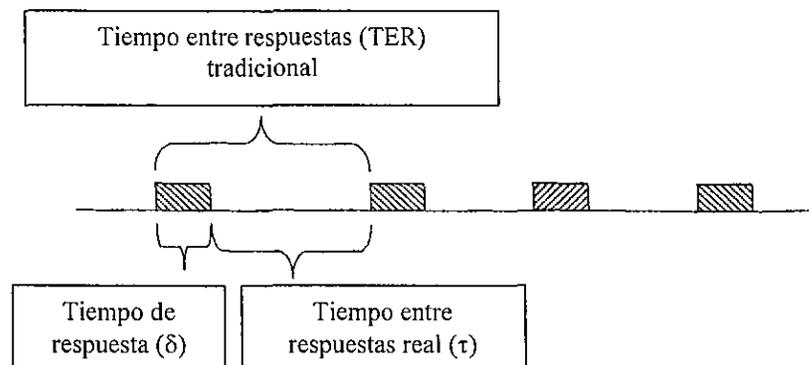


Fig. 3. Las partes del TER:  $\delta$ , el tiempo requerido para completar una respuesta, y  $\tau$ , el tiempo entre respuestas. Tomada de Killeen y Sitomer (2003).

Por lo tanto, la tasa de respuesta se puede computar de dos maneras: 1) dividiendo el número de respuestas entre el intervalo de observación,  $b = 1/(\delta + \tau)$ , donde  $\delta$  es el promedio de la duración de la respuesta y  $\tau$  es el promedio del tiempo entre respuestas; o 2) dividiendo el número de respuestas entre el tiempo *disponible* para responder  $1/\tau$ , a lo que se le ha llamado tasa instantánea. Al respecto, Killeen et al (2002) describieron la relación entre tasa de respuesta y probabilidad de observar una respuesta. Ellos mostraron que si la probabilidad ( $p$ ) de observar una respuesta en un intervalo corto de tiempo es proporcional al nivel de activación, entonces la tasa instantánea de respuesta  $1/\tau$  será proporcional a  $A$ . Por definición  $A = ar$ , por lo tanto  $1/\tau = ar$ ; e inversamente  $\tau = 1/ar$ .

De acuerdo con este planteamiento, la forma convencional de medir la tasa de respuesta ( $b$ ) es igual a  $1/(\delta + \tau)$  y como  $\tau = 1/ar$ , entonces  $b = 1/(\delta + 1/ar)$ ; lo cual da lugar a la siguiente ecuación:

$$b = r / (\delta r + 1/a) \quad (2)$$

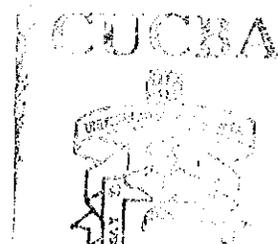
La Ecuación 2 formaliza la idea de que las respuestas pueden ser *elicidadas* a una tasa proporcional  $A = ar$ , y que sólo pueden ser emitidas a un tasa de respuesta  $b$  que se ve limitada por el tiempo que toma al sujeto emitir la respuesta. Dado que  $\delta$  (delta) mide el tiempo que le toma a un organismo emitir una respuesta, que de acuerdo Bizo y Killeen (1997) normalmente toma valores de 0.25 s en pichones (picar una tecla) y 0.4 en ratas (presionar una palanca), se ha relacionado con las capacidades motoras del organismo (Killeen y Sitomer, 2003); es decir, el tiempo necesario para emitir una respuesta es sensible al requisito de fuerza de respuesta, pero insensible a las variables de reforzamiento (Bizo y Killeen, 1997).

De esta forma, se plantea el *segundo principio del reforzamiento*: *la tasa de respuesta (b) se restringe por el tiempo requerido para emitir la respuesta ( $\delta$ )*. La Ecuación 2 corrige la diferencia entre la tasa a la cual las respuestas son elicidadas por el reforzamiento y la tasa en la cual estas son emitidas por el organismo (Killeen y Sitomer, 2003).

**Evaluación del tiempo de respuesta.** Algunos estudios han tratado de modificar  $\delta$  manipulando la duración de la respuesta, o el requisito de la fuerza de la misma. Por ejemplo, Bizo y Killeen (1997) manipularon  $\delta$  al hacer que un grupo de pichones obtuvieran alimento picando una tecla, o presionando un pedal. Ellos predijeron que en comparación con picar una tecla, la respuesta de presionar un pedal incrementaría  $\delta$ ,

disminuiría la tasa de respuesta y provocaría extinción en requisitos de razón bajos. De acuerdo con estas predicciones, los resultados mostraron que las tasas de respuesta fueron más altas cuando los pichones picaron la tecla que cuando pisaron el pedal. Esta diferencia en tasas de respuesta también se manifestó en los valores del parámetro de tiempo de respuesta  $\delta$ . Para la respuesta de picar la tecla,  $\delta$  fue de 0.32 s y para la de presión del pedal,  $\delta$  fue de 1.12 s. Los análisis de las pausas post-reforzamiento (PPR) mostraron que la diferencia de las tasas de respuesta entre el picar la tecla y presionar el pedal se debió a la duración de la PPR (que fue mayor en el caso de presionar el pedal). Sin embargo, ellos notaron que las diferencias en tasas de respuesta también se debían a diferencias en las tasas de carrera (tiempo desde la primera respuesta hasta la última respuesta que cumplía el requisito de RF). Las tasas de carrera fueron claramente más bajas con las respuestas de presionar el pedal que con la de picar la tecla.

Por otra parte, Killen (1994) tomó datos de diversos experimentos que habían expuesto a pichones y ratas a programas de RF, con el objetivo de observar qué tan bien los parámetros de su modelo (PMR) se ajustaban a los datos ahí obtenidos. Él analizó los datos que Barofsky y Hurwitz (1968) obtuvieron con dos grupos de ratas, uno que emitió tasas altas de respuesta y otro tasas bajas de respuesta respondiendo en programas de RF. A pesar de que la duración de la respuesta ( $\delta$ ) fue el único parámetro que se varió en ese estudio,  $\delta$  fue menor (0.18) en el grupo con tasas altas de respuesta que en el grupo de tasas bajas ( $\delta= 0.31$ ), lo cual sugirió que las tasas altas de respuesta ocasionan una reducción en la duración de la respuesta y por lo tanto en el valor del parámetro  $\delta$ .



En otro estudio, Mazur (1982) con tres grupos de ratas manipuló el programa RF y la fuerza (ligera, mediana o pesada) requerida para presionar la palanca. De acuerdo con el segundo principio de PMR, los resultados mostraron tasas de respuesta que correspondieron con el requisito de fuerza manipulado; las tasas más altas se obtuvieron con el requisito de fuerza ligero, tasas intermedias con el requisito de fuerza mediano y tasas de respuestas bajas con el requisito de fuerza pesado (los valores del parámetro  $\delta$  fueron: 0.63, 1.12 y 2.60, respectivamente).

Kelsey y Allison (1976) compararon la ejecución de ratas control con la de ratas que tenían lesiones quirúrgicas en la región hipotalámica ventromedial (HVM), misma que causaba que las ratas comieran en exceso, se volvieran obesas y que no trabajaran para obtener comida. Las ratas sin lesión tuvieron tasas de respuesta notablemente mayores que las ratas lesionadas y estas diferencias también se observaron en los valores de  $\delta$ . Nuevamente, sólo se modificó la duración de la respuesta; las ratas lesionadas tardaron más tiempo en emitir la respuesta  $\delta$  (1.94) que las ratas sin lesión (0.64).

En general, los estudios arriba mencionados apoyan el segundo principio de PMR que se refiere al tiempo mínimo que le toma a un organismo emitir una respuesta. La emisión de respuestas objetivo del organismo, sin embargo, está determinada por la contingencia del reforzamiento que establece cuál clase de respuesta se fortalece con el reforzador. La mayoría de los programas de reforzamiento requieren que la respuesta objetivo ocurra un poco antes de la presentación del reforzador, lo cual garantiza el fortalecimiento de esa clase de respuesta (Bizo y Killeen, 1997).

### *Acoplamiento*

El último principio de PMR se refiere al fortalecimiento de la respuesta objetivo por el acoplamiento que se da entre la emisión de la respuesta y la entrega del reforzador. Bizo y Killeen (1997) plantean que normalmente un animal emite una secuencia de respuestas antes de emitir la respuesta objetivo que hace contacto con el reforzador. La pregunta es ¿sólo se fortalece la última respuesta que ocasiona la entrega del reforzador? o ¿también se fortalecen las otras respuestas que le precedieron a ésta? Intuitivamente, se podría pensar que también se fortalecen las respuestas que antecedieron a la que hizo contacto con el reforzador. Algunos programas de reforzamiento (i.e. los programas de razón) son más eficientes que otros (e.g., los programas de intervalo) en asegurar que una secuencia de respuestas objetivo suceda antes de la entrega del reforzador, y por lo tanto tenga un mayor probabilidad de ser fortalecida. En los programas de intervalo, antes de que ocurra la respuesta que hace contacto con el reforzador no hay una respuesta en particular que tenga una alta probabilidad de ser reforzada. En contraste, en los programas de razón una respuesta que precede a la respuesta que será reforzada, es en sí misma reforzada de forma diferencial. Por lo tanto, las tasas de respuesta en los programas de intervalo tendrán niveles asintóticos menores que los alcanzados en programas de razón: los niveles asintóticos de la tasa de respuestas dependen de qué tanto las contingencias de reforzamiento *acoplen* a las respuestas objetivo con el reforzador (Bizo y Killeen, 1997).

El concepto de *acoplamiento* tiene un papel importante en la teoría PMR. Este concepto asume que las respuestas que están más cerca del reforzador tendrán mayor probabilidad de ser reforzadas, que las respuestas que están más distantes al mismo. De

esta manera, el reforzamiento tiene un efecto extensivo, lo que significa que sus efectos se distribuyen en el tiempo (i.e., gradiente de reforzamiento) haciendo contacto con varias respuestas del organismo (Reilly, 2003). Así, el *tercer principio del reforzamiento* establece que *el acoplamiento entre la respuesta y el reforzador decrece conforme incrementa la distancia (i.e., demora de reforzamiento) entre éstos* (Killeen y Sitomer, 2003).

**El fortalecimiento de las respuestas objetivo.** De acuerdo con Killeen (1998), el reforzamiento ocurre cuando un reforzador ocupa el mismo intervalo que una respuesta, (cuando ocurren en contigüidad temporal). Entre mayor sea el número de respuestas objetivo que están en la memoria al momento de la entrega del reforzador, mayor será el número de esas respuestas que serán reforzadas. Si la memoria se llena con respuestas objetivo, el reforzador tendrá amplio impacto sobre esa clase de respuestas; por otro lado, si se llena con respuestas no objetivo, estas se van a fortalecer en detrimento de las respuestas objetivo. Así, para ser altamente efectivos, los reforzadores se deben entregar cuando la memoria del sujeto se llenó con las respuestas objetivo. Las contingencias experimentales entre las respuestas y los reforzadores determinan el grado con lo cual esto se consigue. Por lo tanto, la eficacia del reforzamiento dependerá del grado de correlación entre nuestra definición del acto a ser reforzado (como se señala en las contingencias) y la memoria que tenga el animal de su conducta en el instante en que un incentivo es entregado (Killeen, 1998). Los reforzadores que no se acoplen a un estímulo o respuesta particular, activarán al organismo pero no servirán para reforzar a la respuesta objetivo, lo

cual ocasionará que el organismo emita conductas adjuntivas o supersticiosas (Killeen, 1998).

Killeen y Bizo (1998) explican cómo se puede analizar la naturaleza y contenido de la memoria del animal para acoplar de manera más efectiva al reforzador con las respuestas objetivo. Algunas operaciones como el moldeamiento colocan a las respuestas –o sus aproximaciones- en la memoria del organismo. Sus huellas decaerán en el tiempo conforme nuevos estímulos o respuestas se van sumando a la memoria. Para mostrar este efecto, Killeen (1994) reforzó tiempos entre respuestas (TER's) de pichones de acuerdo a las reglas que estipulaban ventanas de memoria (las tasas de decaimiento de la memoria) de diferentes tamaños. La Figura 4 muestra las curvas de aprendizaje de un grupo de pichones de acuerdo a la correlación entre la ventana elegida por el experimentador y la memoria de los animales.

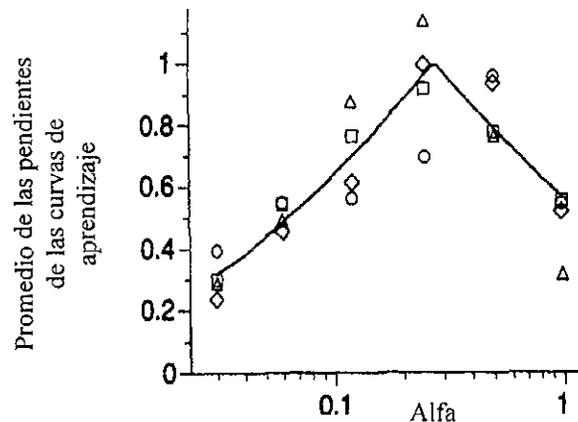


Fig. 4. Las pendientes de las curvas de aprendizaje de 4 pichones originadas como una función de la tasa de eliminación de la historia reciente de respuesta (alfa). El mayor ajuste de la curva está en el valor de eliminación de la memoria ( $\lambda$ ). La curva muestra un pico en el valor de  $\alpha = 0.275$ . Tomada de Killeen y Bizo (1998).

La correlación entre la ventana del experimentador representada por alfa ( $\alpha$ ) y la memoria del sujeto ( $\lambda$ ) es lo que Killeen y Bizo (1998) llaman *coeficiente de acoplamiento*,  $\zeta$  (zeta). El coeficiente de acoplamiento (y por lo tanto la tasa de aprendizaje) será menor cuando el experimentador subestime ( $\alpha < \lambda$ ) o sobrestime la relación ( $\alpha > \lambda$ ) la tasa de eliminación de memoria del animal. Esto se observa en la Figura 4, donde las curvas muestran el valor esperado del coeficiente de acoplamiento  $\zeta$ . En este caso, Killeen (1994) asume que para los pichones la función de eliminación es exponencial y tiene un valor de  $\lambda = 0.275$ . Diferentes programas de reforzamiento se caracterizan por tener diferentes valores de  $\zeta$ . Si se conoce la tasa de decaimiento de la memoria del sujeto ( $\lambda$ ), se puede calcular  $\zeta$  para diferentes arreglos experimentales y programas de reforzamiento. Killeen (1994) calculó coeficientes de acoplamiento para los programas de reforzamiento más representativos.

**El efecto extensivo del reforzamiento.** Se dijo que el decremento en la efectividad del reforzamiento se debe a la distancia temporal (i.e., la demora) que existe entre la respuesta y el reforzador. Ésta se manifiesta en un gradiente de decaimiento del reforzamiento, concepto que a lo largo de los años ha jugado un papel crucial en las explicaciones de la conducta (Killeen, 1994). En la teoría PMR, los efectos del reforzamiento se extienden sobre la secuencia más reciente de respuestas, con pesos que decrecen en función de la posición de las respuestas en una secuencia dada y que decaen progresivamente conforme el reforzador se vuelve más remoto (Bizo y Killeen, 1997).

Bizo y Killen (1997) calcularon el efecto de fortalecimiento de las respuestas por el reforzador. Ellos plantean que el origen de la huella de decaimiento de la memoria es un decaimiento exponencial del peso del reforzador:

$$M_n = \beta y_n + (1 - \beta) M_{n-1}, \quad 0 < \beta < 1. \quad (3)$$

en donde  $M_n$  representa el contenido de la memoria de un individuo inmediatamente después de la emisión de  $n$  respuestas,  $y_n$  es una variable índice para esa respuesta (e.g., 1 si la respuesta  $n$  es una respuesta objetivo y 0 si es cualquier otra respuesta); el parámetro beta ( $\beta$ ) es el peso dado a la respuesta más reciente. Si  $\beta$  está cercano a 1 sólo va a importar la última respuesta; si está cercano a 0, sólo van a importar las respuestas más remotas. Como se mencionó anteriormente, Killen (1994) encontró que el valor de  $\beta$  esta cercano a 0.25, caracterizando a la tasa de decaimiento de la memoria en las respuestas de picotear la tecla en pichones.

Planteando a la Ecuación 3 en términos de la suma de  $n$  respuestas se obtiene:

$$M_n = 1 - (1 - \beta)^n \quad (4)$$

en donde  $M_n$  es el contenido de la memoria. El modelo asume que al reforzar cada respuesta,  $n = 1$  (e.g., en los programas de reforzamiento continuo, RFC) se va a fortalecer a la respuesta objetivo sólo con el valor  $\beta$  (en este caso 0.25). Esto es, si se refuerza continuamente a la respuesta esta pierde el 75% de la fuerza del reforzamiento. Sin

embargo, si se refuerza hasta la cuarta respuesta, se va a fortalecer la respuesta objetivo en un 0.68. De esta forma, en los programas con razones altas, las respuestas objetivo recibirán una mayor fracción de los efectos de fortalecimiento del reforzamiento. Por el contrario, en los programas de razones bajas, las respuestas objetivo recibirán sólo una pequeña fracción de los efectos del reforzamiento (Bizo y Killeen, 1997).

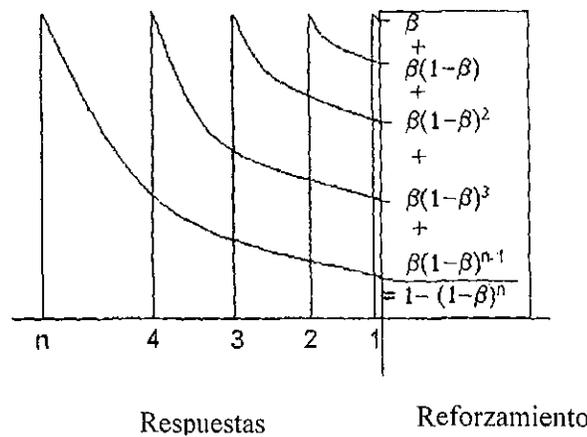


Fig. 5. El reforzamiento no solo fortalece la última respuesta sino también respuestas previas a ésta en un grado que decae conforme las respuestas están más retiradas del reforzador. Tomada de Killeen y Sitomer (2003).

La Figura 5 muestra el efecto de reforzar a un organismo después de un número  $n$  de respuestas. Cada reforzador hace contacto con las huellas de cinco respuestas y cada respuesta recibe la proporción  $B$  de la fuerza asociativa disponible. La última respuesta recibe la máxima proporción  $\beta$  (1.0), dejando  $1-\beta$  para las respuestas restantes. La penúltima respuesta recibe  $\beta(1-\beta)$ ; la tercera  $\beta(1-\beta)^2$ . Las  $n$  respuestas que le anteceden reciben  $\beta(1-\beta)^{n-1}$ . Si todas estas respuestas son de la misma clase perteneciente a las

respuestas objetivo, esa clase va a ser fortalecida por la suma de estas series, la cual es  $1 - (1 - \beta)^n$ .

**Programas de razón fija.** La Ecuación 4 representa los contenidos de la memoria después de  $n$  respuestas. Si se aplica esta ecuación para describir el coeficiente de acoplamiento en los programas de RF, se obtiene la siguiente expresión:

$$\zeta = M_n = 1 - (1 - \beta)^N \quad (5)$$

La Ecuación 5 representa el coeficiente de acoplamiento para los programas de RF que requieren  $N$  respuestas para producir el reforzamiento. El coeficiente de acoplamiento  $\zeta$  es una función que toma un valor entre 0 y 1 para un programa particular. Su valor depende de la interacción del parámetro de memoria  $N$  del animal  $\beta$  con la naturaleza y el valor particular del programa de reforzamiento (Bizo y Killeen, 1997). En los programas de RF el reforzamiento ocurre después de  $n$  número de respuestas; por lo tanto la tasa de reforzamiento ( $R$ ) es proporcional a la tasa de respuesta ( $B$ ) e inversamente proporcional a la razón requerida ( $N$ ). A esta relación se le ha llamado función de retroalimentación (Baum, 1992). Así, la Ecuación 5 establece que la contribución del requisito de razón  $N$  a la definición de los incrementos de la respuesta objetivo será una función exponencial de  $N$ . Killeen (1994) plantea que cuando el valor de  $N$  es bajo, el número de respuestas en la memoria también será bajo; conforme el valor de  $N$  incrementa, la memoria de respuesta  $M_n$  se aproxima a su máximo (se satura) y la tasa de respuesta se aproxima a su límite (o

nivel asintótico). En programas de RF todas las respuestas objetivo  $N$  deben ocurrir antes del reforzamiento, por lo tanto, el acoplamiento ( $\zeta$ ) entre el reforzador y la respuesta es proporcional al grado en que la memoria se satura por las respuestas objetivo,  $\zeta = \rho M_N$  (donde  $\rho$  es la constante de acoplamiento).

Adicionalmente, Killeen (1994) proporcionó una ecuación para programas de razón fija que predice una tasa de respuesta exacta en función del requisito de razón ( $N$ ):

$$B = \frac{\zeta}{\delta} - \frac{N}{a}, \quad a, \delta > 0, N \leq a / \delta \quad (6)$$

De acuerdo con la Ecuación 6, conforme aumenta el requisito de respuesta el efecto del reforzador hace contacto con un mayor número de respuestas produciendo una tasa de estas con un nivel asintótico como lo indica el primer término.  $N/a$  indica que la activación de la respuesta decrece en forma lineal conforme aumenta  $N$ , es el número de respuestas (Killeen, 1994).

Los paneles de la Figura 6 muestran, de izquierda a derecha, los tres parámetros ( $\zeta$ ,  $\delta$  y  $a$ ) de la Ecuación 6. El parámetro  $\zeta$  se refiere al grado de correlación que hay entre las respuestas objetivo del animal y el reforzamiento. Un aumento en el valor  $\zeta$  causa un incremento en el pico máximo de la curva que relaciona a la tasa de respuesta con el requisito de respuestas. El panel central muestra el efecto de incrementar el valor de  $\delta$ , el tiempo mínimo que dura una respuesta. Un aumento en este parámetro se refleja en una supresión del pico que relaciona a la tasa de respuesta con el requisito de respuesta sin desplazar a la curva del eje vertical; la tasa de respuesta máxima es igual a  $1/\delta$ .

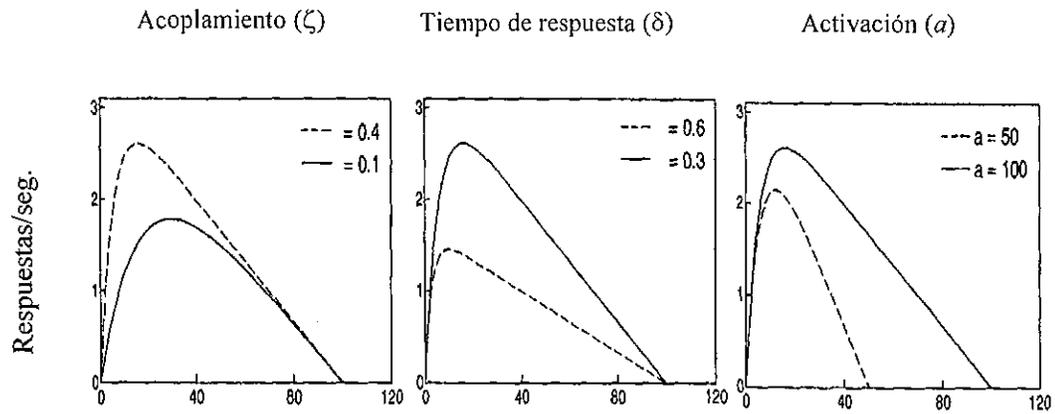


Fig. 6. Funciones hipotéticas para programas RF mostrando los efectos al cambiar  $\zeta$ ,  $\delta$  y  $a$ . Tomada de Reilly (2003).

El panel derecho muestra el efecto de un cambio en el parámetro  $a$ , que se refiere a la duración de la activación de la respuesta elicitada por un reforzador. Cambios en  $a$  afectan la ejecución como una función multiplicativa del tamaño de la razón, con  $-1/a$  como pendiente de la porción lineal y  $N = a/\delta$  como intercepción con el eje horizontal; una reducción en  $a$  se refleja en una mayor inclinación de la pendiente de la tasa de respuesta como función del tamaño de la razón.

Tabla 1.

Símbolos matemáticos en el modelo PMR y sus explicaciones

Símbolo	Nombre	Significado
$a$	Activación específica	El número de respuestas que serán mantenidas por un incentivo bajo un estado de privación particular
$A$	Nivel de activación	Controla la tasa de respuesta asintótica cuando es medido por un sensor la duración de la respuesta y la competencia de otras respuestas
$\delta$	Duración de la respuesta	El tiempo mínimo que le toma a un organismo emitir una respuesta
$\zeta$	Coefficiente de acoplamiento	El grado de asociación entre las respuestas de la misma clase operante y el reforzamiento. Su valor depende del programa de reforzamiento y la tasa de respuesta
$\beta$	Beta	La proporción de la máxima asociación atribuida a la respuesta que inmediatamente precede al reforzamiento
$\lambda$	Lamda	La tasa de decaimiento de las huellas de respuestas

### *Reajustes a PMR*

El desarrollo de los principios matemáticos del reforzamiento se realizó a partir de los datos obtenidos en diversos experimentos; sin embargo surgieron datos inconsistentes con este desarrollo (Killeen y Sitomer, 2003). Una de las principales inconsistencias fueron los resultados reportados por Bizo et al., (2001) quienes expusieron a cuatro ratas a un programa de razón variable (RV) con diferentes componentes de razón; dos ratas fueron reforzadas con una pella y las otras dos con dos pellas de alimento. Ellos predecían que la cantidad mayor de alimento generaría tasas de respuesta más altas que las cantidades menores de alimento. Sin embargo, encontraron lo opuesto; las tasas de respuesta fueron

*más altas* cuando las ratas recibieron una pella que cuando recibieron dos pellas de alimento. Al hecho de los reforzadores en cantidades menores tienen mayor efecto sobre la tasa de respuesta, se le llamó el *efecto paradójico del incentivo* (EPI). Sin embargo, ellos argumentaron que posiblemente las tasas de respuesta menores con dos pellas pudieron deberse a que las pausas post-reforzamiento (PPR) fueron mayores, debido a una saciedad momentánea o a un incremento en las actividades posteriores a consumir el alimento. Razonaron que si las PPRs eran eliminadas del cálculo de las tasas de respuesta, entonces el EPI ya no se presentaría. Cuando calcularon sólo las tasas de carrera (el tiempo desde la primera respuesta hasta la última respuesta de un requisito de razón variable), el EPI disminuyó pero no se eliminó: las tasas de respuesta fueron *menores* cuando se entregaron dos pellas que cuando se entregó una pella de comida.

Una segunda posibilidad que evaluaron fue que el efecto del reforzador podría ser el reflejo de una mayor saciedad de las ratas al recibir dos pellas. De acuerdo con esto, si el efecto se debía a la saciedad, entonces, si se les alimentaba antes de la sesión a las ratas que recibían una pella, éstas debían mostrar tasas de respuesta menores que aquellas que recibían tres pellas sin ser pre-alimentadas. Se implementaron tres condiciones: 120 pellas de pre-alimentación y 1 pella por reforzador, 60 pellas de pre-alimentación y 2 pellas por reforzador, y 0 pellas de pre-alimentación y 3 pellas por reforzador. Los resultados mostraron que las ratas de la condición de una pella con alimentación previa siguieron presentando las tasas de respuesta más altas, aunque mostraron una pequeña disminución en las tasas de respuestas menores. Para las ratas que recibieron dos pellas, las tasas de respuesta aumentaron con respecto a la línea base pero no excedieron a las tasas de

respuesta que mostraron las ratas en la condición de una pella. Finalmente, para las ratas de la condición de tres pellas las tasas de respuesta fueron las más bajas.

**La eliminación incompleta.** El problema del *efecto paradójico del incentivo* lo resuelve el modelo de PMR a través del principio de acoplamiento (Killeen y Sitomer, 2003). El modelo de PMR asume que reforzadores sucesivos desplazan de la memoria la huella que dejan las respuestas objetivo antes de la entrega del reforzador (Bizo et al 2001). Con base en resultados de Killeen y Smith (1984), Bizo et al., (2001) plantean que en el experimento arriba mencionado, la memoria de las respuestas objetivo de aquellas ratas que recibieron tres pellas fue completamente borrada. Por lo tanto, Killeen y Sitomer (2003) argumentan que el coeficiente de acoplamiento debe ser modificado para contemplar la posibilidad de que el reforzador no sólo actúe sobre las respuestas que inmediatamente le preceden sino también sobre las que ocurrieron antes del reforzador anterior. Con programas RF, se puede añadir un parámetro libre ( $n_0$ ) que indica el número de respuestas adicionales más allá del reforzador previo que contribuye a fortalecer la respuesta. Matemáticamente, esta relación se expresa como sigue:

$$\zeta_{FRn} = 1 - (1 - \beta)^{n+n_0} = 1 - \epsilon(1 - \beta)^n \quad (7)$$

En la parte derecha de la ecuación, epsilon ( $\epsilon$ ), que toma valores entre 0 y 1, es el grado de eliminación de las respuestas objetivo en la memoria provocado por la entrega y consumo de un reforzador;  $\epsilon = (1 - \beta)^{n_0}$ . Si la eliminación de respuestas en la memoria es

completa ( $\varepsilon = 1$ ), no hay ahorro ( $n_o = 0$ ). Conforme los ahorros  $n_o$  se hacen mayores,  $\varepsilon$  se aproxima a su valor máximo, 1.0.

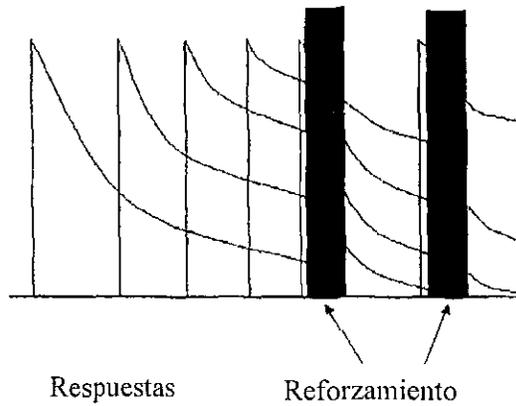


Fig. 7. Las huellas de las respuestas previas se pueden conservar en la memoria y recibir fortalecimiento adicional de los reforzadores posteriores. La disminución rápida de las huellas de respuesta durante el reforzamiento es debida a las respuestas consumatorias. Las huellas de respuestas consumatorias y la actividad de búsqueda que ocurren inmediatamente después se conservan hasta el segundo reforzamiento y por lo tanto pueden ser fortalecidas. Tomada de Killeen y Sitomer (2003).

Para los programas de razón variable (RV), como los que Bizo et al., (2001) utilizaron, el valor asignado a la tasa de decaimiento de la memoria  $\beta$  es una mezcla de la tasa de decaimiento y del grado de eliminación de respuestas en la memoria ( $\varepsilon$ ). Cuando la eliminación de éstas es incorporada a estos programas, el acoplamiento se expresa:

$$\zeta_{RV} = \frac{n}{n + \varepsilon (1 - \beta) / \beta} \quad (8)$$

Si se asume que la eliminación de las respuestas previas de la memoria es completa ( $\epsilon = 1$ ) con tres pellas, entonces con dos el parámetro  $\epsilon$  será de 0.37, y para una pella  $\epsilon$  será de 0.17. Es decir, una sola pella bloquea 17% de las huellas de la respuesta previa de un fortalecimiento adicional de los reforzadores subsecuentes (Killeen y Sitomer, 2003).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los parámetros de la teoría de PMR (Killeen, 1994), la activación  $a$ , el tiempo de respuesta  $\delta$  y el acoplamiento  $\zeta$  se han evaluado a través de diferentes condiciones experimentales (Reilly, 2003, Killeen y Bizo, 1998; Bizo y Killeen, 1997). Los resultados muestran que estos parámetros cambian en dirección de lo que espera la teoría de PMR, con algunas excepciones (Bizo et al 2001).

La teoría de PMR se desarrolló para explicar la ejecución de animales en programas de razón, principalmente de razón fija (RF). Los datos de diversos estudios (Mazur, 1982; Kelsey y Allison, 1976; Barofsky y Hurwitz, 1968) que han utilizado programas RF, son congruentes con las predicciones de la teoría de PMR. Particularmente, la Ecuación 6 se ha utilizado para modelar los datos de diversos experimentos porque proporciona una explicación exacta de la ejecución de los animales en programas de RF. Con requisitos de respuestas bajos (RF pequeños), el parámetro de acoplamiento  $\zeta$  toma valores pequeños y las tasas de respuesta obtenidas son moderadamente bajas. Conforme  $N$  incrementa, el acoplamiento incrementa a un nivel máximo; una tasa de reforzamiento baja reducirá la activación del parámetro  $a$  y por lo tanto la tasa de respuestas reflejándose en un aumento del tiempo necesario para emitir la respuesta.

Para medir qué tan general son los postulados de la teoría de PMR, es necesario probarla en un rango más amplio de fenómenos (Walker, 1994). En este sentido, son pocos los estudios (Posadas-Sánchez y Reilly, 2002; Mobini et al, 2000) que han intentado extender su generalidad utilizando otros programas de reforzamiento (e.g., programas de razón progresiva) y una especie diferente a la de pichones (i.e., ratas). En un programa de

razón progresiva (RP) el organismo debe emitir un número de respuestas que incrementa con los reforzamientos sucesivos (Hodos y Kalman, 1963). Usualmente, un número fijo de respuestas incrementa con los reforzadores consecutivos. Por ejemplo, si el número es tres, el organismo debe emitir tres respuestas para producir el primer reforzador, seis para producir el segundo, nueve para el tercero, doce respuestas para obtener el cuarto reforzador y así consecutivamente hasta que el requisito de respuestas sea tan alto que ocasione que el organismo deje de responder; efecto al que se le llama *punto de corte*.

La ejecución de un organismo en un programa RP se ha comparado con aquella que genera un programa RF. Por ejemplo, Baron y Derenne (2000) expusieron a un grupo de ratas a responder a un programa RP 3 y encontraron que la ejecución variaba en función del tamaño de la razón. Específicamente, mostraron que las PPR aumentaron como una función lineal del tamaño de la razón. Cuando midieron las tasas de carrera, notaron que las variaciones en número de respuestas a través de las diferentes razones fueron menos sistemáticas que las pausas. Por lo tanto, concluyeron que los efectos de un programa RP en la ejecución de las ratas son similares a los que se observan en programas RF con pichones. Un importante punto de contacto entre los programas de RF y los de RP es la relación que existe entre la duración de la pausa y el tamaño de la razón. Los resultados de Baron y Derenne muestran que los programas RP proporcionan una manera eficiente de estudiar los mismos aspectos que son normalmente estudiados con programas RF, particularmente cuando el interés se centra en la relación entre variaciones en la ejecución y el tamaño de la razón. Otros estudios que utilizaron razones progresivas encontraron resultados similares a los de Baron y Derenne (2000). Por ejemplo, Skjoldager et al (1993) compararon la ejecución de ratas que recibían una pella de sacarina como reforzador, con

aquellas que recibían tres pellas de comida (Formula A, Pellets Noyes) de acuerdo a un programa RP5. Sus resultados mostraron que las ratas que recibían tres pellas como reforzador completaban un número significativamente mayor de razones (i.e., puntos de corte más altos) que aquellas que sólo recibían una pella de alimento. Además, las ratas que recibieron tres pellas por cada RP completada mantuvieron patrones de respuesta consistentes en TERs cortos que resultaron en tasas altas de reforzamiento, mientras que las ratas que recibieron una pella por cada RP completada mostraron un incremento abrupto en la duración de los TERs ante requisitos altos de número de respuestas. En otras palabras, una magnitud de reforzamiento baja (1 pella) mantuvo tasas de respuesta relativamente altas cuando los requisitos de respuesta fueron bajos, pero conforme el requisito de éstas incrementó, las tasas de respuesta tendieron a disminuir (Skjoldager et al 1993). Estos mismos efectos se observaron cuando las ratas fueron expuestas a programas de RF. Con requisitos de respuesta bajos para producir una pella de comida se observaron tasas de respuesta altas; sin embargo, conforme aumentó el requisito de respuestas del programaRF, la tasa de respuesta disminuyó. Adicionalmente, se reportó que con 3 pellas de comida como reforzador, la tasa de respuesta fue menor a la que se observó con una pella de comida contingente al cumplimiento de un requisito de respuestas bajo. Sin embargo, conforme se aumentó el requisito de respuestas en el programaRP, con tres pellas de comida el patrón de respuesta fue más estable y la tasa de respuestas mayor que lo obtenido con una pella de comida (Reilly, 2003).

Aún cuando se ha señalado que existen similitudes en los patrones de respuestas generado por programas de RP y RF, las fuentes de control ejercido por un programa RP sobre la ejecución de los animales han sido poco estudiadas tomando como referencia a la

teoría de PMR. Mobini et al (2000) usaron los parámetros de PMR para modelar la ejecución de ratas expuestas a un programa RP con un incremento exponencial en el requisito de respuesta. Siguiendo la Ecuación 6, inicialmente propuesta por Killeen (1994) para programas RF, Mobini et al observaron que ésta modelaba de manera precisa la ejecución de las ratas en programas de RP; las únicas excepciones se identificaron en las razones que inmediatamente precedían al punto de corte. Por lo tanto, el presente estudio intenta evaluar si la teoría de PMR puede explicar la ejecución de ratas en programas RP con incrementos aritméticos en requisitos de respuestas.

Este estudio pretende también evaluar si los resultados observados en programas RF que muestran cambios en el parámetro  $\alpha$  con diferentes reforzadores (e.g. sacarina y comida) se pueden replicar con un programa RP.

Además, en programas de RP se ha observado que cuando se varía el tamaño del incremento de la razón, las tasas de respuesta cambian en función del requisito de respuesta (Hodos y Kalman, 1963). Por lo tanto, el presente estudio pretende medir variaciones en el pico de tasa de respuesta y en el valor del parámetro  $\delta$  en función del incremento del programa RP, de tres en tres (RP 3) o de uno en uno (RP 1).

Por otro lado, se afirma (i.e., Bizo y Killeen, 1997; Killeen, 1994) que el valor de acoplamiento  $\zeta$  está determinado por el grado de correlación entre las respuestas objetivo del organismo y la presentación del incentivo. El valor de  $\zeta$  será mayor cuando más respuestas objetivo estén en la memoria del animal al momento que se entregue el reforzador.

Con base en lo anterior, el presente estudio pretende evaluar si los sujetos expuestos a un programaRP 3 muestran valores de acoplamiento  $\zeta$  más altos que los mostrados por sujetos expuestos a un programaRP 1.

Por último, en este estudio se expondrá a los sujetos a una condición que no ha sido estudiada anteriormente utilizando la teoría de los PMR: dos grupos de sujetos serán expuestos a condiciones que difieren en si se señala o no se señala la entrega del reforzador. Killeen (1998) explicó ampliamente el significado de la activación ( $a$ ) y describió los factores que la afectan: la privación, la tasa de reforzamiento y el condicionamiento contextual. Los esfuerzos realizados para evaluar el parámetro de activación  $a$  han estado orientados hacia la tasa, la magnitud o la calidad del reforzador (Reilly, 2003; Bizo et al 2001; Bizo y Killeen, 1997). Sin embargo, no existen estudios en donde se evalúe el parámetro de activación ( $a$ ) bajo condiciones en las que se manipula una señal del contexto que antecede a la entrega del reforzamiento.

Si  $a$  es una función del condicionamiento contextual, se puede inferir que la manipulación de una señal que sea parte de ese contexto afectará el número de respuestas emitidas por el sujeto. El presente estudio intenta evaluar si los sujetos expuestos a un programaRP que señale la entrega del reforzador (comida o sacarina) completarán un mayor número de razones de respuesta y mostrarán valores de  $a$  más altos que las ratas expuestas a un programa RP que no señale la entrega del reforzador.

## OBJETIVOS

1. Conocer si la Ecuación 6 (inicialmente formulada para programas RF) puede aplicarse de manera precisa a la ejecución de ratas expuestas a un programa RP con un incremento aritmético del requisito de respuesta.
2. Evaluar si las ratas que reciben pellas de sacarina como reforzador completan un mayor número de requisitos de respuesta y muestran valores de  $a$  más altos que las ratas que reciben pellas de comida como reforzador.
3. Determinar si las ratas que responden a un programa RP 3 muestran picos en la tasa de respuesta más altos y valores de  $\delta$  menores que las ratas expuestas a un programa RP 1.
4. Determinar si las ratas expuestas a un programa RP 3 muestran valores más altos en el parámetro de acoplamiento  $\zeta$  que las ratas expuestas a un programa RP 1.
5. Evaluar si las ratas expuestas a una condición de reforzador señalado completan un mayor número de razones y tienen valores de  $a$  mayores que las ratas que son expuestas a una condición de reforzamiento no señalado.

## MÉTODO

### *Sujetos*

Se utilizaron 16 ratas macho de la cepa Wistar, de aproximadamente tres meses de edad con un peso promedio entre 270 y 310 g. al inicio del experimento. Las ratas se alojaron en cajas hogar individuales. El régimen de privación de alimento comenzó una semana antes de iniciar el experimento y el peso de las ratas fue gradualmente disminuido hasta llegar al 85% del peso que mostraron en alimentación libre. Una cantidad limitada de alimento proporcionada al final de cada sesión sirvió para mantenerlas en el peso. Durante todo el experimento las ratas tuvieron acceso libre al agua en sus cajas hogar.

### *Aparatos*

Se utilizaron cuatro cajas modulares de condicionamiento operante para ratas (Coulbourn Instruments) de 31 cm de largo, 26 cm de ancho y 32 cm de altura. La pared anterior y la posterior de cada caja eran de aluminio y las paredes laterales de acrílico transparente. En la parte inferior izquierda de la pared anterior de la caja se colocó un comedero, de 3 cm de ancho por 4 cm de alto, a una altura de 2 cm del piso. Una palanca de 3 cm de ancho que requería una fuerza de 0.2 N para ser operada, se montó en el centro de esta pared a 10 cm del piso. Una luz blanca de 28 V DC se colocó a 2 cm arriba de la palanca. El dispensador de alimento, colocado encima del comedero pero fuera de la caja modular, proporcionó pellas de 45 mg (PJ Noyes, Lancaster, NH). En la esquina superior izquierda de la pared anterior de la caja se montó una bocina de 2.6 cm. de ancho por 4 cm. de alto que proporcionó un ruido blanco constante; la altura de la bocina al techo fue de 2 cm y de esta al piso de la caja de 23 cm. La caja experimental se introdujo dentro de una cámara aislante

de 54 cm de ancho por 78.5 cm de largo y 51 cm de alto que sirvió para aislar a la caja de los ruidos externos. Una interfase en una microcomputadora enchufada a una caja de distribución y conectada con un controlador de eventos permitió la presentación de los estímulos y la recolección de los datos. La programación de eventos se hizo con el paquete de software Graphic State 1.0 (Coulbourn Instruments).

### *Procedimiento*

Desde la primera sesión las ratas fueron expuestas al programa de razón progresiva (RP 1 o RP 3), de acuerdo al diseño experimental que muestra la Tabla 2. Para iniciar el experimento se esperó a que las ratas respondieran de manera consistente a las contingencias de reforzamiento; el tiempo que les tomó a las ratas aprender a responder de manera consistente a los programas de RP fue entre 5 y 15 días.

Todas las ratas fueron expuestas a programas RP con un incremento aritmético del tamaño de la razón y fueron divididas de manera aleatoria en cuatro grupos (cuatro ratas por grupo). Cada uno de los cuatro grupos fue expuesto a diferentes condiciones que variaron el tipo de reforzador (pellas de comida vs. pellas de sacarina), el tamaño del requisito de respuesta (incrementos de una respuesta vs. incrementos de tres respuestas) y la entrega del reforzador (señalado vs. no señalado).

En la condición de reforzador señalado, durante toda la sesión se presentó en la caja un ruido blanco que se interrumpía brevemente (una fracción de segundo) con cada entrega del reforzador. La interrupción del ruido era acompañada de un apagón en la luz general de la caja y de la iluminación (un destello breve) del comedero. Con la entrega del reforzador, el ruido blanco volvía a sonar continuamente acompañado de la iluminación general de la

caja. En la condición de reforzador no señalado, durante toda la sesión la luz general se mantuvo encendida en ausencia del ruido blanco; no se interrumpió con la entrega del reforzador, el cual no era acompañado de la iluminación el comedero. La Tabla 2 muestra la manera en la cual los grupos fueron balanceados en cada una de estas condiciones.

Todas las sesiones duraron 50 minutos y se corrieron todos los días de la semana, aproximadamente de las 11:30 a las 16:30 horas. Cada fase tuvo una duración de 40 sesiones, periodo que en nuestra experiencia es suficiente para lograr que se estabilicen las tasas de respuestas.

Tabla 2.

Diseño experimental con las condiciones experimentales en las cuatro fases del experimento

		RATAS	FASE A	FASE B	FASE C	FASE D
Reforzador señalado	G1	25-28	RP 1 Comida	RP 1 Sacarina	RP 3 Comida	RP 3 Sacarina
	G2	29-32	RP 3 Sacarina	RP 3 Comida	RP 1 Sacarina	RP 1 Comida
Reforzador no señalado	G3	33-36	RP 1 Sacarina	RP 1 Comida	RP 3 Sacarina	RP 3 Comida
	G4	21-24	RP 3 Comida	RP 3 Sacarina	RP 1 Comida	RP 1 Sacarina

Nota. La letras G y RP identifican a los grupos y a los programas de razón progresiva, respectivamente.

### *Análisis de datos*

Las últimas 10 sesiones de cada fase se utilizaron para hacer el análisis de datos. El pico de la tasa de respuesta se estableció de acuerdo al valor más alto alcanzado en la tasa de respuesta y el punto de corte fue definido como la mayor razón de respuestas que las ratas completaron en la sesión. Para calcular la tasa de respuesta se utilizó el número de

respuestas emitido en cada razón y se dividió por el tiempo total que le tomó al organismo completar esa razón de respuestas (incluyendo la pausa post-reforzamiento) (Bizo y Killeen, 1997). El análisis de los datos se llevó a cabo con el paquete estadístico SYSTAT W5. Una vez que para cada rata se obtuvieron las tasas de respuesta en todas las fases, éstas fueron exportadas a una tabla dinámica de EXCEL Windows XP, la cual permitió obtener las estadísticas tanto de individuos como de grupo. Los datos individuales y grupales de las tasas de respuesta se exportaron al programa ORIGIN PRO 7.0 para buscar las curvas de mejor ajuste de la Ecuación 6 con los parámetros  $a$ ,  $\delta$  y  $\zeta$ ; la precisión del ajuste se expresó como  $r^2$ , que es la proporción de varianza explicada por la ecuación. Los análisis de varianza (ANOVA) se realizaron con el programa de análisis estadísticos SPSS.

## RESULTADOS

La tasa de respuestas por segundo se graficó en la Figura 8 en función de las razones completadas. De arriba hacia abajo, los paneles están organizados de acuerdo a los cuatro grupos de ratas (G1, G2, G3 y G4) que respondieron a los diferentes programas de razón progresiva (RP). Los números 1 y 3 representan el número de respuestas que incrementó progresivamente con cada reforzador consecutivo; las letras C y S identifican a las pellas de comida y sacarina que sirvieron como reforzadores, respectivamente. De izquierda a derecha los paneles muestran el orden en el cual cada grupo fue sometido a las diferentes condiciones de reforzador no señalado (paneles superiores) y reforzador señalado (paneles inferiores). Las curvas de mejor ajuste a la tasa de respuestas por segundo se obtuvieron con la Ecuación 6; los promedios de los valores de los parámetros de activación  $a$ , tiempo de respuesta  $\delta$  y acoplamiento  $\zeta$  se presentan en la Tabla 3. Los datos de cada individuo aparecen en el Apéndice. En la mayoría de los casos, la Ecuación 6 proporcionó buenos ajustes a las tasas de respuestas obtenidas con las diferentes razones progresivas. Los ajustes (curvas) obtenidos para reforzadores señalados son notoriamente diferentes (la amplitud de la curvatura es mayor) a los obtenidos con reforzadores no señalados. También se notan diferencias en los puntos de corte (un mayor número de razones completadas) que pueden ser fácilmente atribuidos al tipo de reforzador, al tamaño del requisito de respuesta y a si el reforzador fue o no fue señalado. Adicionalmente, dado que las tasas de respuesta por segundo se definen en términos del pico de la tasa y del número de razones completadas, los resultados de la Figura 8 se describirán de acuerdo a los valores de estas medidas que aparecen en las Figuras 9, 10 y 11.

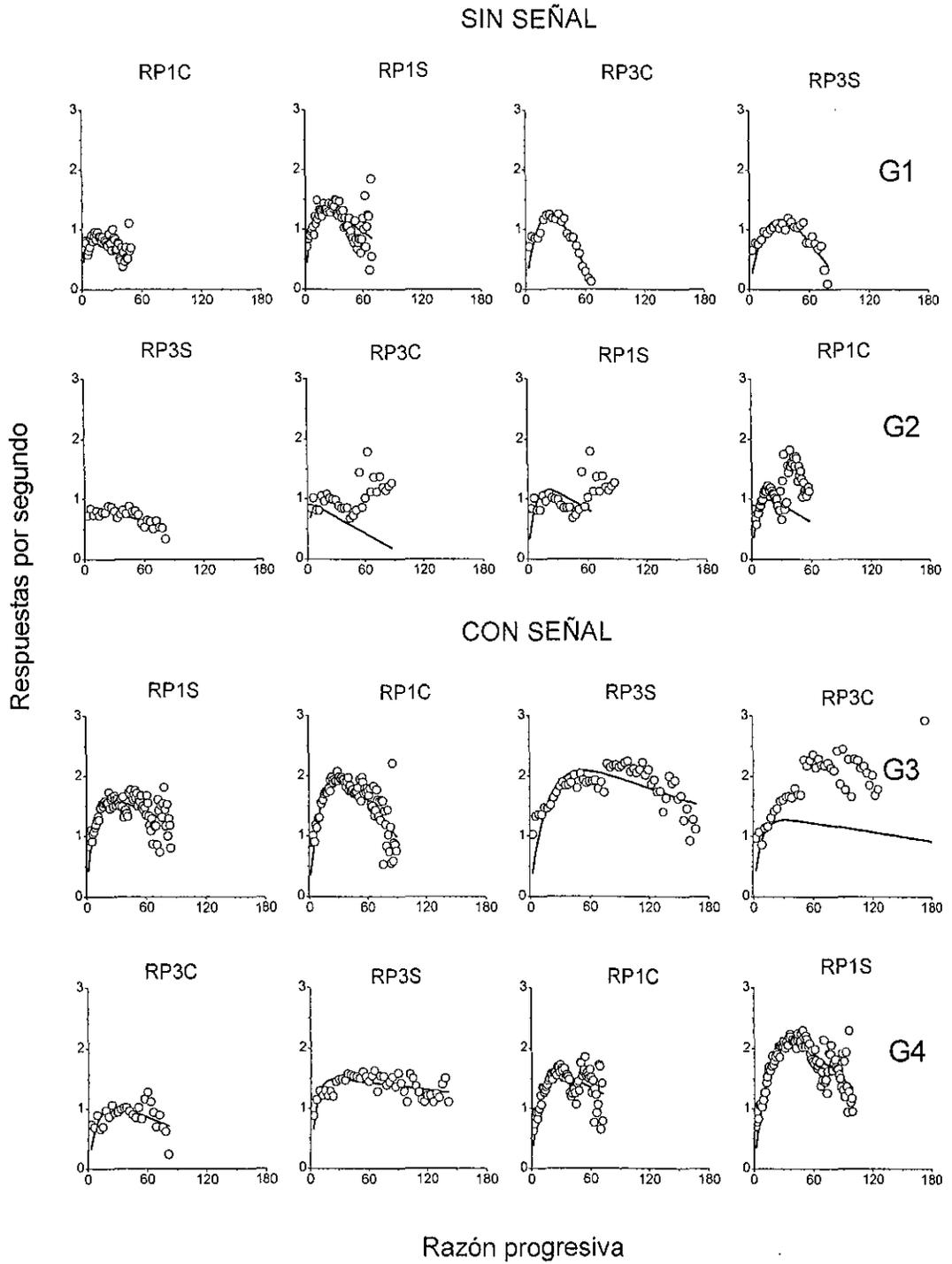


Figura 8. Los puntos indican las tasas de respuesta (resp/seg) de los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (Grupos 1 y 2) y a la de reforzador señalado (Grupos 3 y 4). Las curvas indican el mejor ajuste a las tasas de respuestas y fueron derivadas de la Ecuación 6.

Tabla 3.

Promedios de los parámetros estimados y error estándar (E.E.) de cada grupo obtenidos de las puntuaciones por sujeto.

Grupo	Condición	$a$	E.E.	$\delta$	E.E.	$\zeta$	E.E.
G1	RP 1C	104.62	44.87	1.01	0.26	0.38	0.14
	RP 1S	45.58	11.18	0.46	0.07	0.11	0.02
	RP 3C	4.20	2.58	0.15	0.09	0.08	0.05
	RP 3S	17.38	9.95	0.38	0.17	0.21	0.14
G2	RP 3S	98.46	15.04	0.89	0.07	0.36	0.21
	RP 3C	74.03	24.28	0.59	0.14	0.21	0.10
	RP 1S	35.93	1.85	0.48	0.04	0.09	0.01
	RP 1C	16.25	3.22	0.32	0.02	0.07	0.007
G3	RP 1S	50.20	12.57	0.42	0.01	0.18	0.11
	RP 1C	34.96	6.63	0.29	0.04	0.07	0.02
	RP 3S	90.81	26.07	0.38	0.09	0.14	0.10
	RP 3C	446.84	384.87	0.38	0.05	0.28	0.24
G4	RP 3C	334.96	178.59	1.12	0.58	0.39	0.22
	RP 3S	226.21	71.42	0.56	0.09	0.19	0.09
	RP 1C	24.63	16.25	0.19	0.08	0.04	0.01
	RP 1S	27.01	7.39	0.20	0.02	0.03	0.002

La Figura 9 muestra las medias de los picos de la tasa de respuesta de acuerdo al orden de exposición de cada una de las condiciones experimentales. Los paneles del lado izquierdo muestran los grupos expuestos a la condición de reforzador señalado (Grupos 1 y 2) y los del lado derecho a aquellos expuestos a la de reforzador no señalado (Grupos 3 y 4). En cada panel se muestra de izquierda a derecha el orden en que los grupos fueron expuestos a las condiciones experimentales. En el Grupo 1 los valores del pico de la tasa de respuesta fueron más altos en los sujetos respondiendo por sacarina que respondiendo por comida, esto independientemente del tamaño de la razón a la que respondieron (RP 1 o RP 3).

Para el programa RP 1, un análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 3.71, p < .05$ ) entre la sacarina y la comida. Sin embargo, cuando se analizó la contribución del requisito de respuesta del programa RP a la tasa de respuestas, se encontró que los sujetos respondiendo en el programa RP 3 para producir sacarina generaron un pico de respuesta más alto que el generado en el programa RP 1. Con la comida como reforzador el resultado fue lo opuesto; el pico de respuesta fue más alto con las ratas respondiendo al programa RP 1 que aquel alcanzado respondiendo al programa RP 3.

En el Grupo 2, con los dos reforzadores (comida y sacarina), los valores del pico de la tasa de respuesta fueron más altos cuando los sujetos respondieron al programa RP 1 que cuando respondieron al de RP 3. Una comparación de un reforzador con el otro reveló que las ratas respondiendo por comida generaron picos en la tasa de respuestas más altos que los generados respondiendo por sacarina. Sin embargo, el ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 0.83, NS$ ).

A diferencia del Grupo 2, en el Grupo 3 los valores pico en tasa de respuesta obtenidos en el programa RP 3 fueron más altos que los obtenidos en el programa RP 1. Respecto al tipo de reforzador, los picos más altos en tasa de respuesta se registraron con los sujetos respondiendo para obtener comida. No obstante, el ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 0.99, NS$ ).

Los sujetos del Grupo 4 produjeron tasas de respuesta más altas respondiendo al programa RP 1 que haciéndolo en el programa RP 3, esto con los tipos de reforzador. Al analizar los efectos del tipo de reforzador sobre el pico de la tasa de respuesta, se observó que los sujetos respondiendo por sacarina tuvieron picos en las tasas de

respuesta más altos que los generados respondiendo por comida. Sin embargo, el ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 0.83$ , NS).

Una comparación de las tasas de respuesta generadas por los Grupos 1 y 2 (reforzador no señalado) con las tasas de respuestas generadas por Grupos 3 y 4 (reforzador señalado), reveló que en la mayoría de las condiciones los picos en tasa de respuestas alcanzados por los Grupos 3 y 4 fueron más altos que los alcanzados por los Grupos 1 y 2; la única excepción ocurrió en el Grupo 4 respondiendo al programa RP 3 para obtener comida como reforzador. El ANOVA indicó que los sujetos de los Grupos 3 y 4 (con reforzador señalado) respondiendo por comida en el programa RP 1, alcanzaron un pico máximo en tasa de respuestas que fue significativamente mayor ( $F(3,12) = 8.12$ ,  $p < .05$ ) que el alcanzado por los sujetos del Grupo 1 (sin reforzador señalado) respondiendo al programa RP 1 por comida. También los sujetos del Grupo 4 (reforzador señalado) respondiendo al programa RP 1 para obtener sacarina alcanzaron picos en tasa de respuesta que fueron significativamente más altos ( $F(3,12) = 12.76$ ,  $p < .05$ ) que los alcanzados por los sujetos de los Grupos 1 y 2 respondiendo para obtener el mismo reforzador no señalado. El mismo resultado se observó con los sujetos del Grupo 3 respondiendo al programa RP 3 para obtener sacarina; el pico en la tasa de respuesta fue significativamente ( $F(3,12) = 10.68$ ,  $p < .05$ ) más alto que el alcanzado por los sujetos de los Grupos 1 y 2.

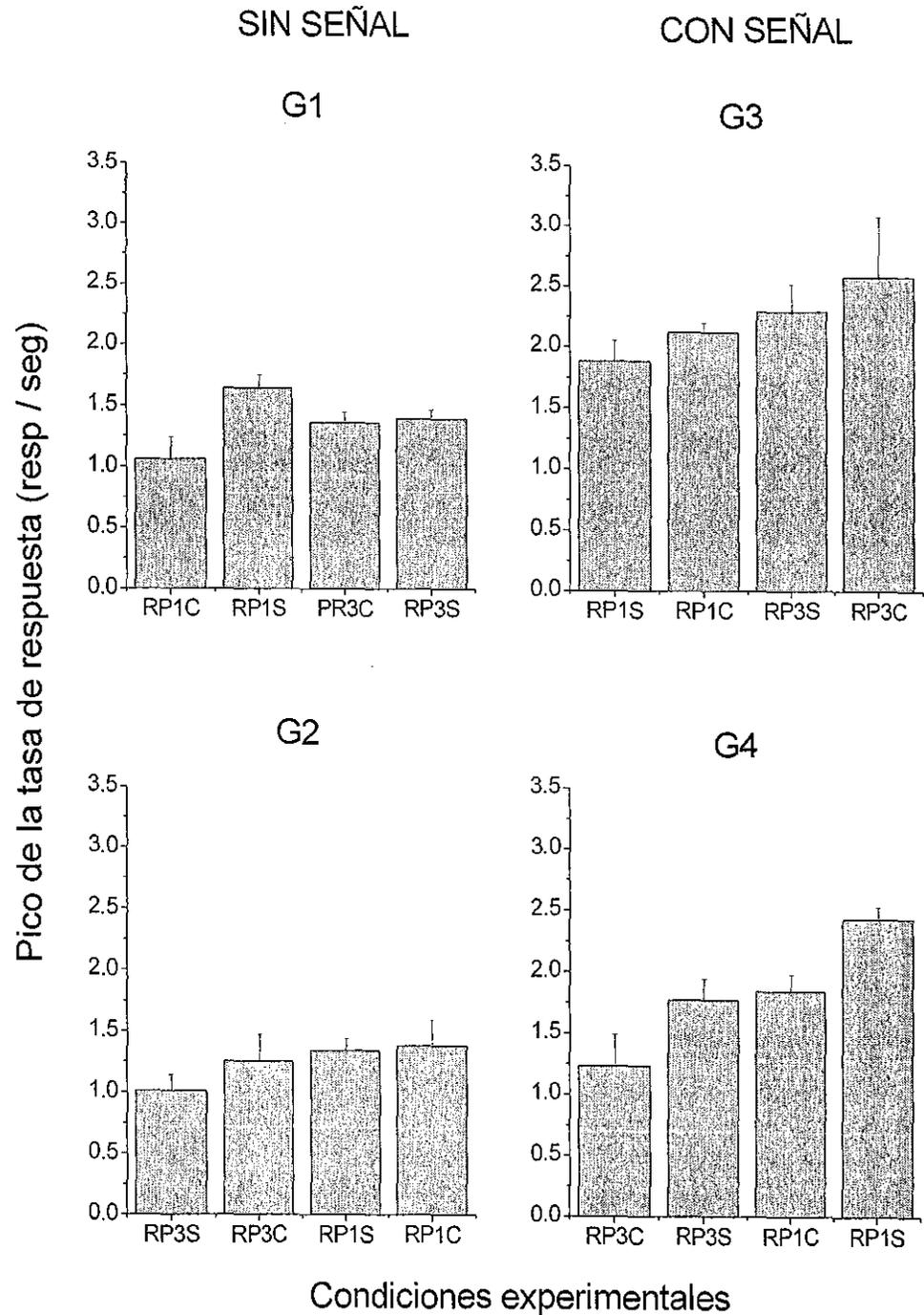


Figura 9. Promedios del pico de las tasas de respuesta por segundo de los sujetos incluidos en los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (1 y 2) y en los expuestos a la condición de reforzador señalado (3 y 4). Las barras están presentadas de acuerdo al orden de las condiciones experimentales.

La Figura 10 muestra los promedios del número de razones completadas de los grupos expuestos a las condiciones de reforzador no señalado y reforzador señalado. El número de razones completadas aparece en el orden en el cual los sujetos fueron expuestos a los dos programas (RP 1 y RP 3) reforzados con comida o sacarina (C y S).

El ANOVA indicó que con los dos reforzadores (comida y sacarina) el número de razones completadas por el Grupo 1 respondiendo al programa RP 3 fue significativamente mayor ( $F(3,12) = 23.50, p < .05$ ) que el número de razones completadas respondiendo al programa RP 1. El ANOVA también mostró que en los dos programas (RP 1 y RP 3) los sujetos del Grupo 1 respondiendo a la palanca para obtener sacarina completaron un número de razones significativamente mayor ( $F(3,12) = 23.50, p < .05$ ) que el que completaron respondiendo por comida.

Con los dos reforzadores (comida o sacarina), el Grupo 2 respondiendo en el programa RP 3 completó un mayor número de razones completadas en el programa RP 1. Sin embargo, en los sujetos de éste grupo el número de razones completadas para obtener sacarina fue mayor que el número de éstas completadas para obtener comida; no obstante, el ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 2.60, NS$ ) entre las razones completadas para obtener sacarina y aquellas completadas para obtener comida.

Los sujetos del Grupo 3 también completaron un mayor número de razones respondiendo a la palanca en el programa RP 3 que haciéndolo en el programa RP 1, esto independientemente de si el reforzador que recibieron fue comida o sacarina. Al analizar el efecto del tipo de reforzador, se encontró que en el programa RP 1 los sujetos de éste grupo completaron un mayor número de razones para obtener comida

que para producir sacarina. En el programa RP 3, sin embargo, ocurrió lo opuesto; los sujetos del Grupo 3 respondiendo por sacarina completaron un mayor número de razones que respondiendo a la palanca para obtener comida. A pesar de este resultado, el ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F= 2.29 (3,12)$ ,  $p$  NS) en el número de razones completadas con uno y otro tipos de reforzador.

En los dos programas (RP 1 y RP 3), los sujetos del Grupo 4 respondiendo a la palanca para recibir sacarina completaron un mayor número de razones que respondiendo a ésta para obtener comida. El ANOVA mostró diferencias significativas ( $F (3,12) = 6.74$ ,  $p<.05$ ), entre el número de razones completadas para obtener sacarina y las completadas para obtener comida. Al analizar el efecto del tamaño del requisito de respuesta sobre las razones completadas, se observó que los sujetos al ser expuestos a un programa RP 3 completaron un mayor número de razones que al ser expuestos a un programa RP 1. Sin embargo, el ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F= (3,12) 6.74$ ,  $p$  NS) atribuibles al programa de reforzamiento.

Cuando se compararon el número de razones completadas por los Grupos 1 y 2 expuestos a las condiciones de reforzador señalado con aquellos expuestos a la condición de reforzador no señalado (Grupos 3 y 4), se encontró que los grupos con reforzador señalado (1 y 2) completaron un mayor número de razones que los grupos (3 y 4) sin reforzador señalado. El ANOVA mostró que los sujetos del Grupo 3 respondiendo en el programa RP 1 reforzado con comida completaron un número de razones significativamente mayor ( $F=7.80 (3,12)$ ,  $p<.05$ ) que los sujetos de los Grupos 1 y 2 respondiendo al mismo programa para obtener el mismo reforzador.

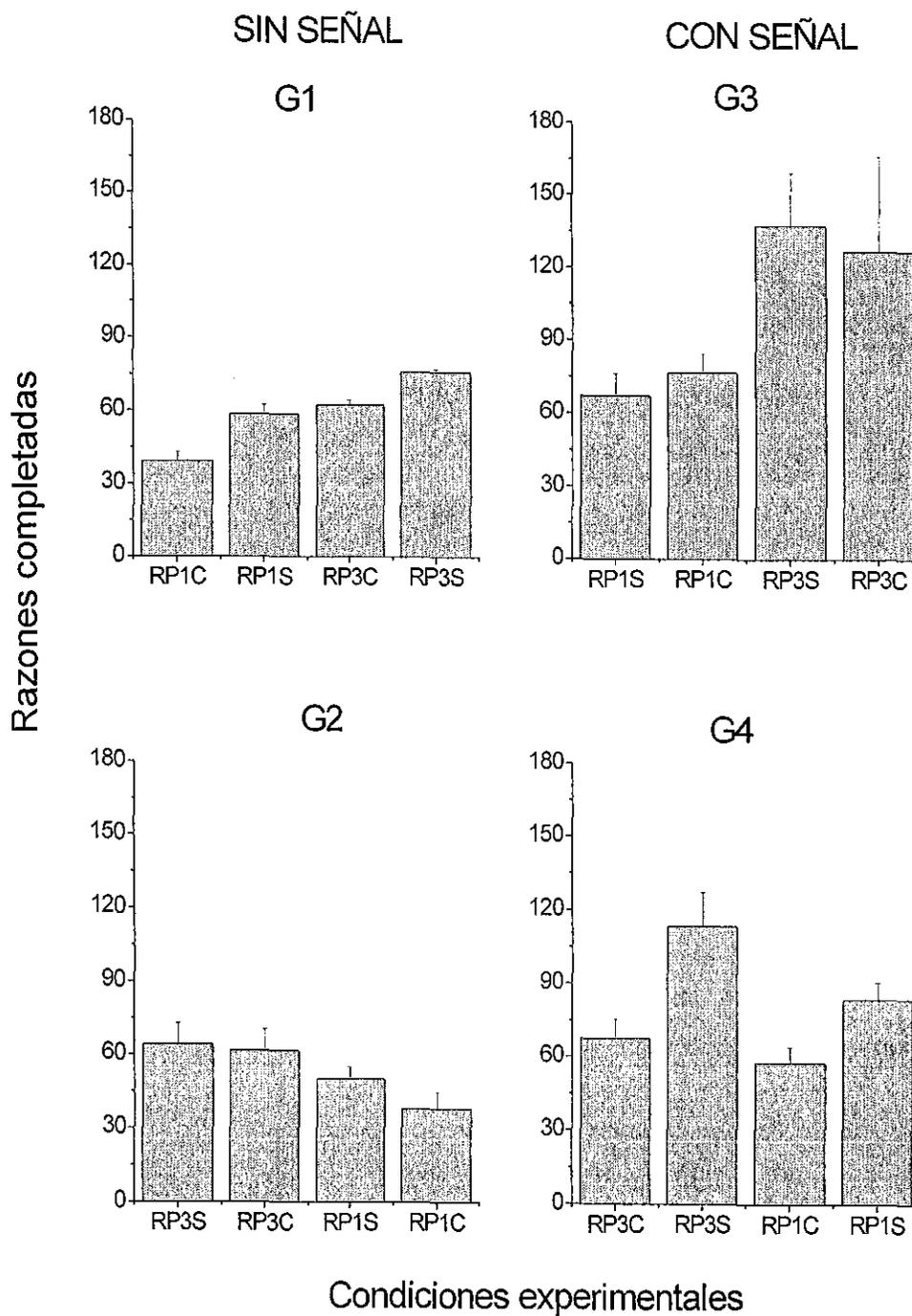


Figura 10. Medias del número de razones completadas de los sujetos incluidos en los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (1 y 2) y en los expuestos a la condición de reforzador señalado (3 y 4). Las barras están presentadas de acuerdo al orden de las condiciones experimentales.

En el caso de la sacarina como reforzador, los sujetos del Grupo 4 respondiendo en el programa RP 1 completaron un número de razones significativamente mayor ( $F(3,12) = 4.66, p < .05$ ) que los sujetos del Grupo 2 respondiendo en el mismo programa. El mismo resultado se obtuvo con los sujetos del Grupo 3 respondiendo en el programa RP 3 reforzado con sacarina; el número de razones completadas por este grupo fue significativamente mayor ( $F(3,12) = 5.98, p < .05$ ) que el obtenido por los sujetos del Grupo 2 respondiendo al mismo programa para obtener la sacarina.

La Figura 11 muestra los promedios del número total de respuestas emitidas de acuerdo al orden en el que los sujetos fueron expuestos a las diferentes condiciones. Los sujetos del Grupo 1 emitieron un mayor número de respuestas en el programa RP 1 que en el programa RP 3; esto ocurrió con los dos tipos de reforzador (comida y sacarina). El ANOVA mostró diferencias significativas ( $F(3,156) = 112.77, p < .05$ ) entre los dos tipos de reforzadores en cuanto al número de respuestas. Respecto al tipo de reforzador, el ANOVA indicó que los sujetos respondiendo por sacarina emitieron un número total de respuestas significativamente mayor ( $F(3,156) = 112.77, p < .05$ ) que el que emitieron para obtener comida.

Los sujetos del Grupo 2 emitieron un mayor número de respuestas en el programa RP 1 que las emitidas en el programa RP 3; este resultado fue cierto tanto para comida como para sacarina como reforzadores. El ANOVA mostró diferencias significativas ( $F(3,156) = 22.22, p < .05$ ) en el número total de respuestas entre la sacarina y la comida. En el programa RP 3 también se encontraron diferencias significativas ( $F(3,156) = 22.22, p < .05$ ) atribuibles a tipo de reforzador.

Los sujetos del Grupo 3 (reforzador señalado) emitieron un número total de respuestas que fue notablemente mayor al que emitieron los sujetos de los Grupos 1 y 2 (reforzador no señalado) en los dos programas de reforzamiento (RP 1 y RP 3) y con los dos tipos de reforzador (comida y sacarina).

Para los sujetos del Grupo 3, la Figura 11 muestra (panel superior derecho) que el número total de respuestas en el programa RP 3 fue mayor que el emitido en el programa RP 1. En el programa RP 1 las ratas respondiendo a la palanca para obtener comida emitieron un número mayor de respuestas que las emitidas para obtener sacarina. Sin embargo, respondiendo al programa RP 3 los resultados fueron opuestos; el número total de respuestas para obtener sacarina fue mayor que aquel para obtener comida. El ANOVA no mostró diferencias significativas ( $F(3,156) = 2.97$ , NS) en el número de respuestas atribuible al tipo de reforzador.

Para el Grupo 4 el ANOVA indicó diferencias significativas ( $F(3,156) = 84.37$ ,  $p < .05$ ) en el número total de respuestas entre los programas de RP 1 y RP 3. También, el ANOVA mostró que los sujetos respondiendo por sacarina como reforzador emitieron un número total de respuestas significativamente mayor ( $F(3,156) = 112.77$ ,  $p < .05$ ) que el que emitieron respondiendo por comida.

Una comparación del número total de las respuestas emitidas entre los Grupos 1 y 2 (reforzador no señalado) y los Grupos 3 y 4 (reforzador señalado), reveló que en todas las condiciones los sujetos de los Grupos 3 y 4 emitieron más respuestas que los sujetos de los Grupos 1 y 2. El ANOVA indicó que los sujetos de los Grupos 3 y 4 respondiendo a un programa RP 1 con comida, emitieron un número total de respuestas significativamente mayor ( $F = 66.48(3,156)$ ,  $p < .05$ ) que el que emitieron los sujetos de

los Grupos 1 y 2 respondiendo al mismo programa para obtener el mismo reforzador. En el programa RP 1 reforzado con sacarina, los sujetos de los grupos 3 y 4 emitieron un número de respuestas significativamente mayor ( $F(3,156) = 60.12, p < .05$ ) que los sujetos de los Grupos 1 y 2. Respondiendo en el mismo programa (RP 1) para recibir comida, los sujetos del Grupo 3 emitieron un número total de respuestas que fue significativamente mayor ( $F(3,156) = 66.48, p < .05$ ) que los sujetos del Grupo 4. El mismo resultado ocurrió con la sacarina como reforzador; los sujetos del Grupo 3 en el programa RP 1 emitieron un número total de respuestas que fue significativamente mayor ( $F(3,156) = 60.12, p < .05$ ) que el emitido por los sujetos del Grupo 4 respondiendo al mismo programa para obtener la sacarina.

Para los sujetos del Grupo 3 respondiendo en el programa RP 3, el ANOVA mostró que el número total de respuestas fue significativamente mayor ( $F(3,156) = 23.25, p < .05$ ) al que emitieron los sujetos de los Grupos 1 y 2. Con la comida como reforzador, los sujetos del Grupo 3 respondiendo al programa RP 3 emitieron un número total de respuesta significativamente mayor ( $F(3,156) = 23.25, p < .05$ ) al que emitieron los sujetos del Grupo 4. En el caso de la sacarina como reforzador, los sujetos de los Grupos 3 y 4 respondiendo a un programa RP 3 emitieron un número de respuestas significativamente mayor ( $F(3,156) = 71.47, p < .05$ ) que los sujetos de los Grupos 1 y 2. Sin embargo, los sujetos del Grupo 3 respondiendo al programa RP 3 para obtener sacarina emitieron un mayor de respuestas ( $F(3,156) = 71.47, p < .05$ ) que el que emitieron los del Grupo 4 en el mismo programa que proporcionó el mismo reforzador.

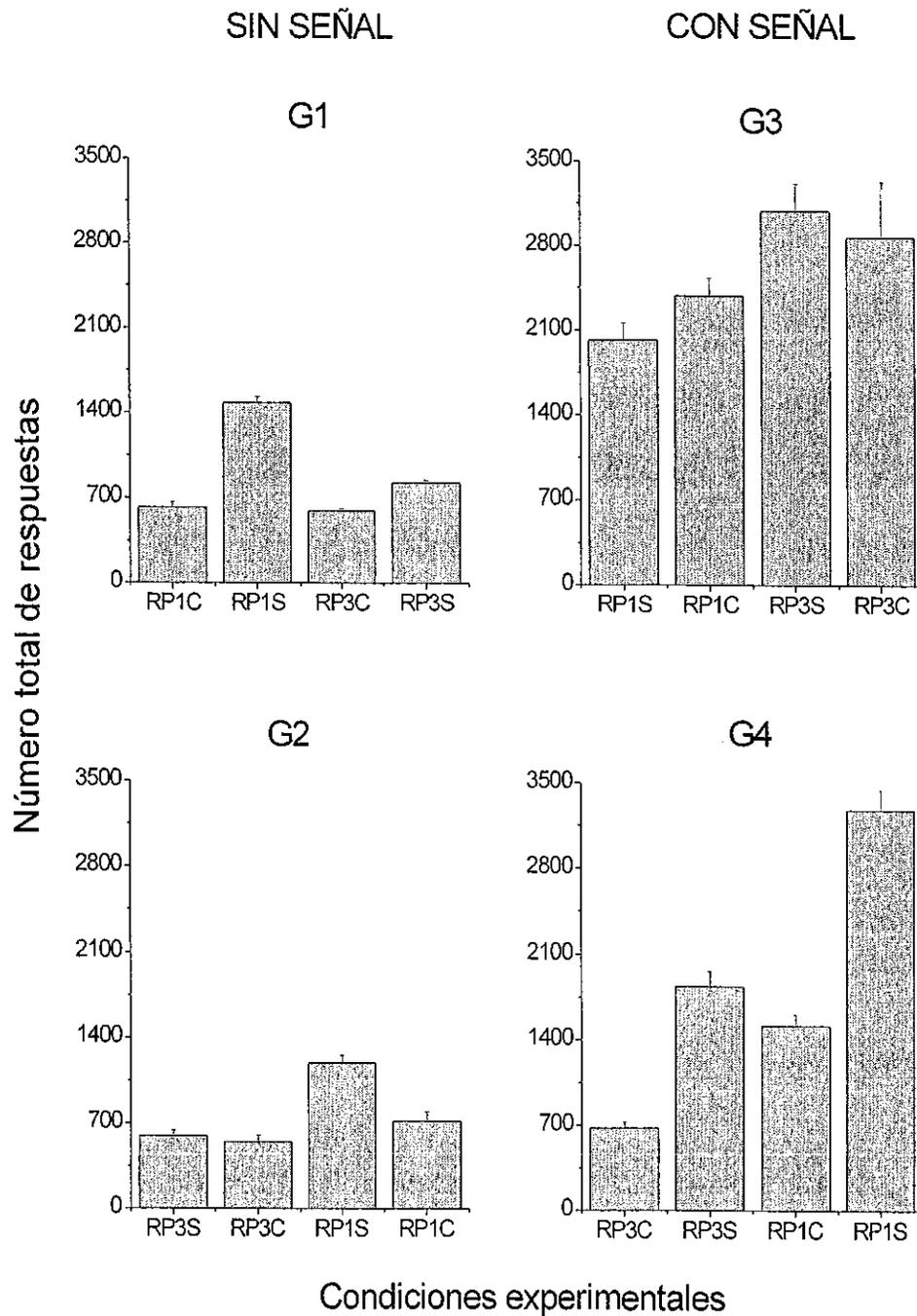


Figura 11. Promedios del número total de respuestas emitidas de los sujetos incluidos en los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (1 y 2) y en los expuestos a la condición de reforzador señalado (3 y 4). Las barras están presentadas de acuerdo al orden de las condiciones experimentales.

La Figura 12 muestra los valores promedio obtenidos para el parámetro de activación ( $a$ ). Cada panel muestra los valores de  $a$  de acuerdo al orden (de izquierda a derecha) en que los sujetos fueron expuestos a las diferentes condiciones. Los dos paneles del lado izquierdo se refieren a los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado y los del lado derecho a los grupos con reforzador señalado.

En todos los casos, los valores de activación ( $a$ ) obtenidos con el programa RP 3 fueron mayores a los obtenidos con el programa RP 1; la única excepción fue el Grupo 1 que muestra el mayor valor de  $a$  en el programa RP 1 reforzado con comida. Para el programa RP 1, el ANOVA no mostró diferencias significativas en los valores de  $a$  entre las condiciones de reforzador no señalado (Grupos 1 y 2) y reforzador señalado (Grupos 3 y 4).

Con los sujetos respondiendo al programa RP 3, los valores de activación ( $a$ ) fueron más altos en los grupos de reforzador señalado que en los grupos de reforzador no señalado. Sin embargo, únicamente en el programa RP 3 reforzado con sacarina el ANOVA mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 4.92, p < .05$ ) en el parámetro  $a$  entre los sujetos del Grupo 1 (reforzador no señalado) y los del Grupo 4 (reforzador señalado).

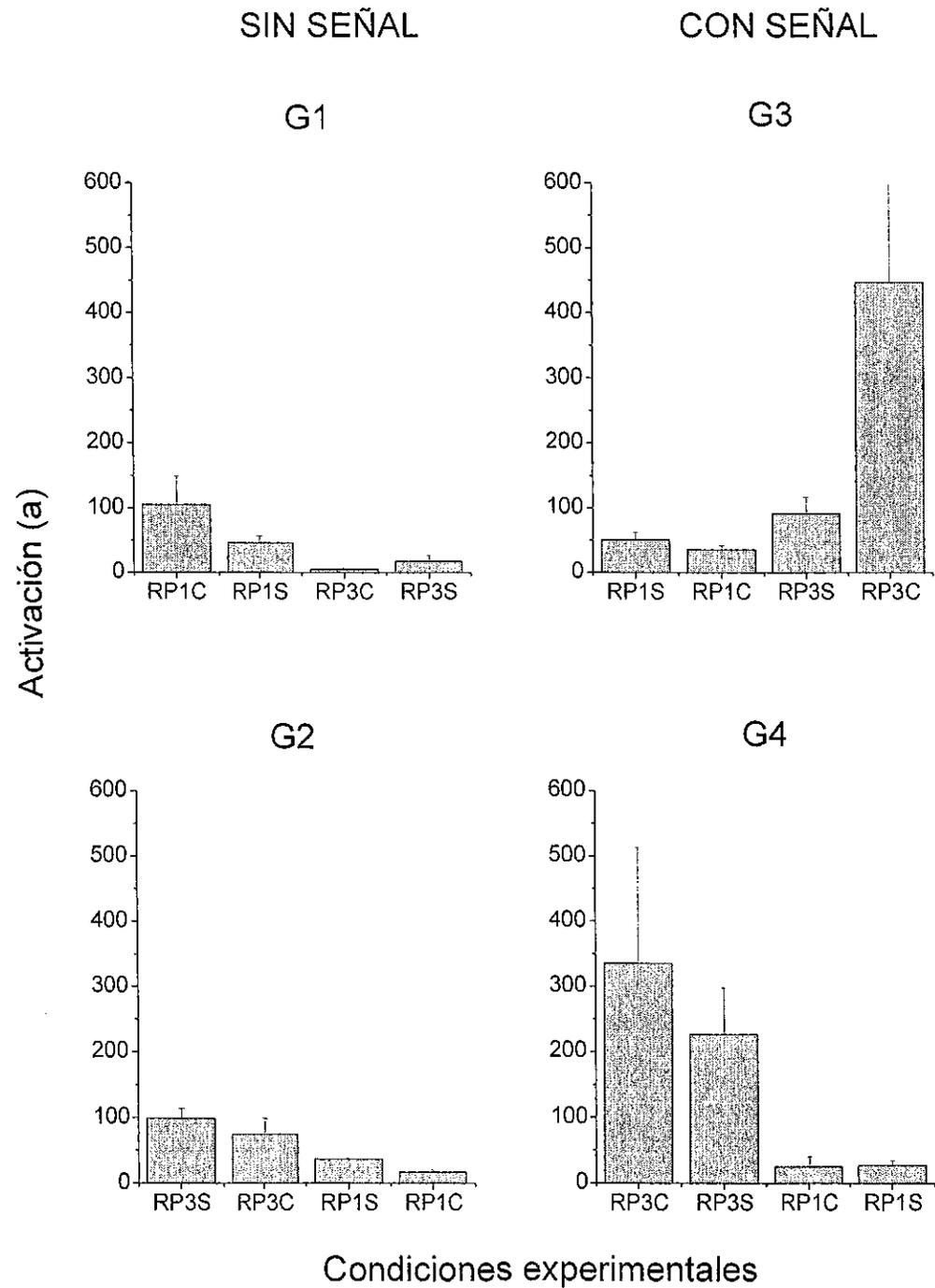


Figura 12. Promedios del parámetro de activación  $a$  de los sujetos incluidos en los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (1 y 2) y en los expuestos a la condición de reforzador señalado (3 y 4). Las barras están presentadas de acuerdo al orden de las condiciones experimentales.

Independiente del orden en el cual los sujetos fueron expuestos a las diferentes condiciones, la Figura 13 muestra los valores promedio del parámetro de tiempo de respuesta ( $\delta$ ). En la mayoría de los casos, los valores de  $\delta$  obtenidos con la comida fueron menores que los obtenidos con la sacarina; es decir, en los dos programas (RP 1 y RP 3) los sujetos respondieron más rápido (el valor de  $\delta$  fue menor) para obtener comida que para obtener sacarina (el valor de  $\delta$  fue mayor). La excepción es el Grupo 1 que en el programa RP 1 muestra un valor de  $\delta$  mayor para el reforzador comida que para el reforzador sacarina.

En el programa RP 3, los sujetos de los Grupos 1 y 2 respondieron más rápido (tuvieron valores de  $\delta$  menores) cuando el reforzador fue comida que cuando éste fue sacarina. Los sujetos del Grupo 3 muestran valores de  $\delta$  muy similares para los dos tipos de reforzador. Sin embargo, en los sujetos del Grupo 4 el valor promedio de  $\delta$  para la sacarina fue menor (los sujetos respondieron más rápido) que el obtenido para la comida en el programa RP 3.

En la mayoría de los casos, los sujetos respondieron más rápido en el programa RP 1 (i.e., generaron valores más pequeños de  $\delta$ ) que en el programa RP 3. Para los sujetos del Grupo 2 el ANOVA mostró diferencias significativas ( $F(3,12) = 6.60$ ,  $p < .05$ ) en el valor de  $\delta$  entre los programas de RP 1 y RP 3 reforzados con sacarina; en los otros grupos no se encontraron diferencias significativas en el valor de  $\delta$  atribuibles al programa de reforzamiento.

Los paneles de la Figura 14 muestran los valores promedio del parámetro de acoplamiento ( $\zeta$ ) de acuerdo al orden en el cual los sujetos fueron expuestos a las

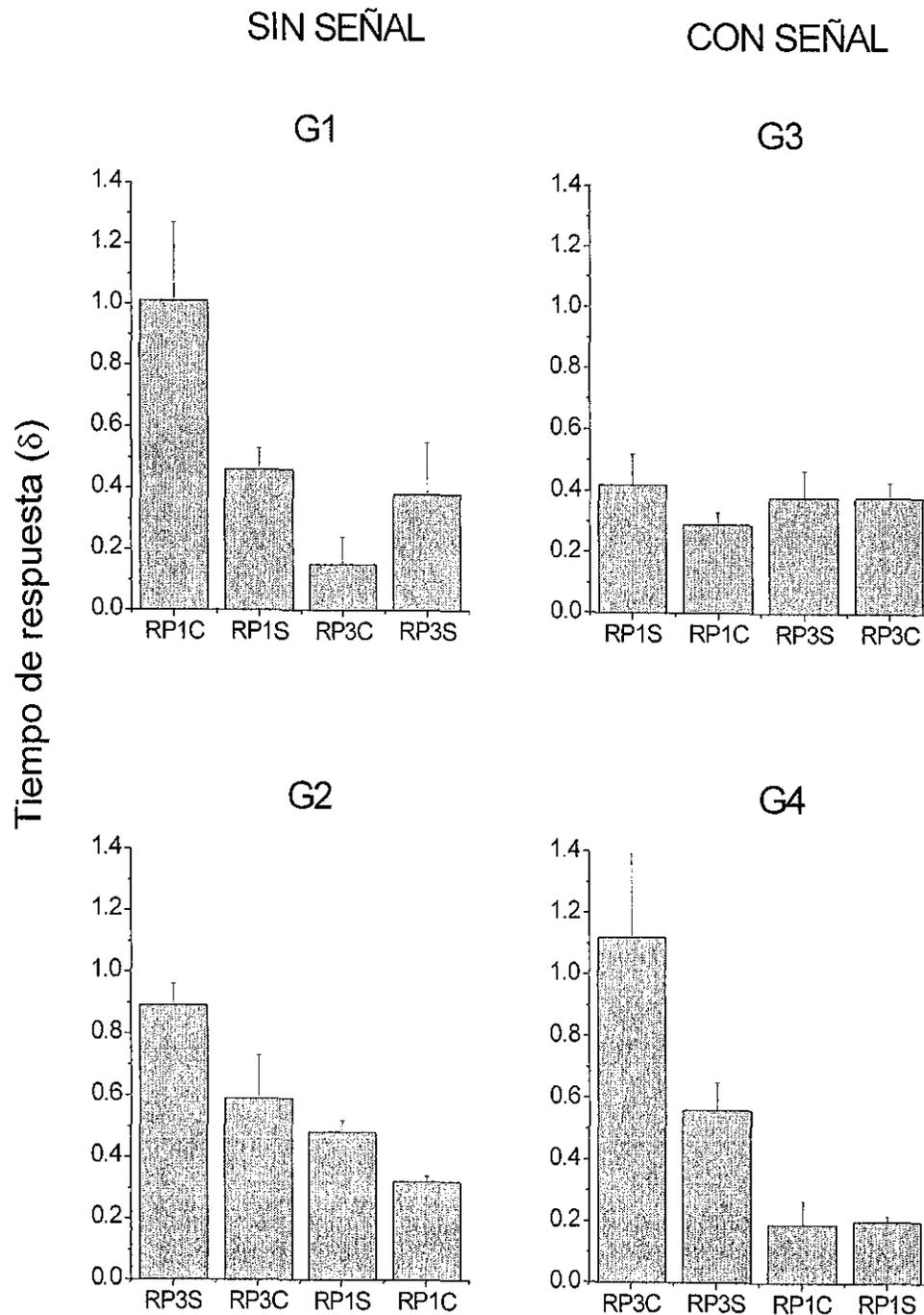


Figura 13. Promedios del parámetro de tiempo de respuesta  $\delta$  de los sujetos incluidos en los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (1 y 2) y en los expuestos a la condición de reforzador señalado (3 y 4). Las barras están presentadas de acuerdo al orden de las condiciones experimentales.

condiciones. Una comparación de los paneles del lado izquierdo con los del lado derecho revela que el parámetro  $\zeta$  no cambió de manera sistemática con la señalización del reforzador; en algunos casos  $\zeta$  alcanzó valores promedio que fueron más altos con el reforzador (comida o sacarina) no señalado que con el señalado, pero en otros casos ocurrió lo opuesto.

Con respecto al programa de reforzamiento, la Figura 14 muestra que la mayoría de los grupos (excepto el Grupo 1) que recibieron sacarina como reforzador generaron valores de  $\zeta$  más altos en el programa RP 3 que en el programa RP 1. Con los sujetos respondiendo a la palanca para obtener comida, la Figura 14 muestra que la mayoría de los grupos (excepto el Grupo 3) generó valores de  $\zeta$  más altos en el programa RP 3 que en el programa RP 1. En ningún caso el ANOVA mostró diferencias significativas en el valor del parámetro de acoplamiento. Cuando se analizó el efecto del tipo de reforzador sobre el valor del parámetro de  $\zeta$ , se encontró que con los sujetos expuestos a un programa RP 3 el valor de  $\zeta$  dependió de si los sujetos recibían o no el reforzador señalado. En los grupos de reforzador no señalado (1 y 2) los valores de  $\zeta$  fueron mayores cuando los sujetos recibieron sacarina que cuando recibieron comida como reforzador. En el caso de los reforzadores señalados (Grupos 3 y 4) ocurrió lo opuesto; los sujetos que recibieron comida como reforzador generaron valores promedio de  $\zeta$  que fueron más grandes que los generados cuando obtuvieron sacarina como reforzador. En el programa RP 1 los resultados no fueron consistentes; el ANOVA no mostró diferencias significativas atribuibles al programa de reforzamiento.

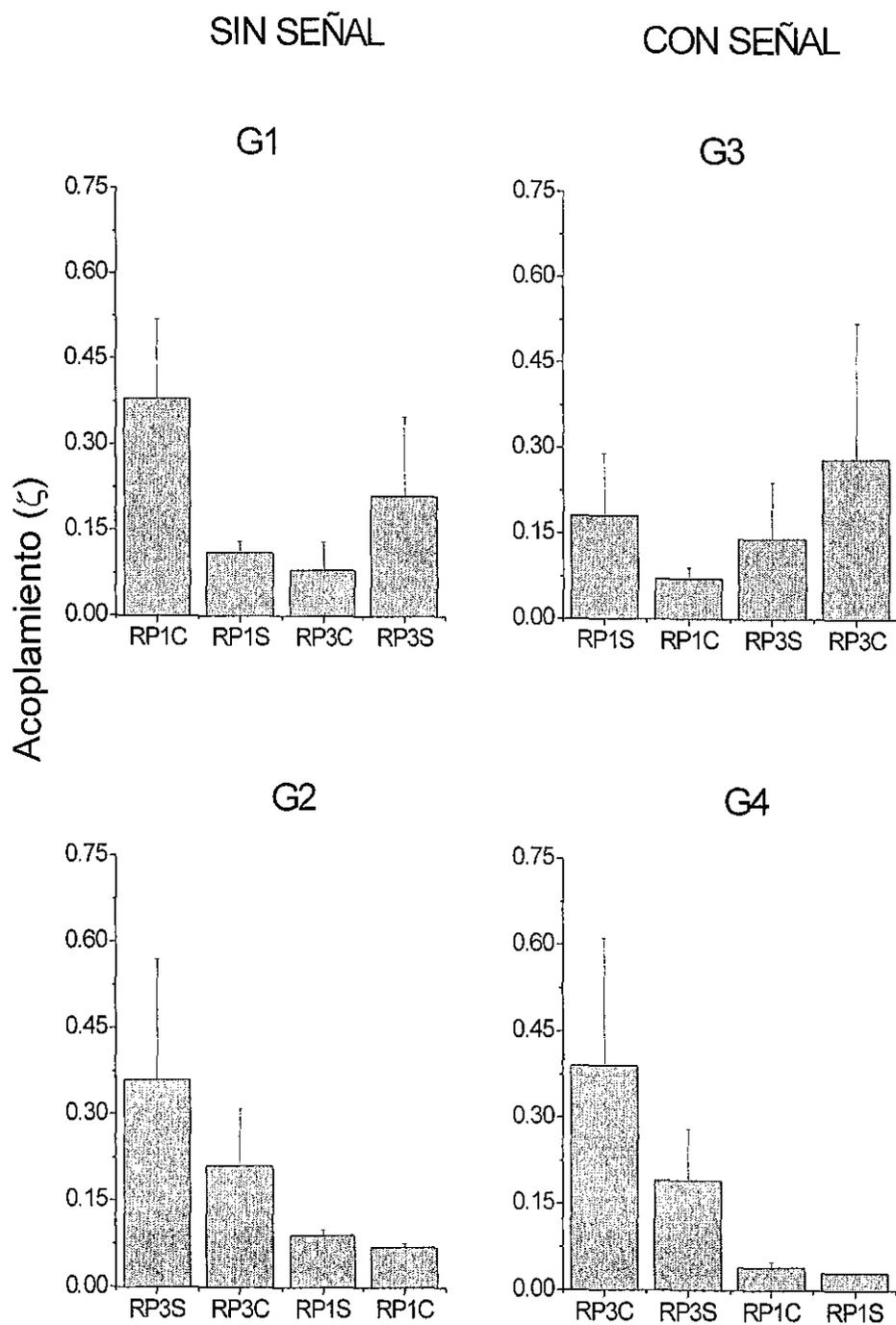


Figura 14. Promedios del parámetro de acoplamiento  $\zeta$  de los sujetos incluidos en los grupos expuestos a la condición de reforzador no señalado (1 y 2) y en los expuestos a la condición de reforzador señalado (3 y 4). Las barras están presentadas de acuerdo al orden de las condiciones experimentales.

## DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue determinar si los parámetros del modelo PMR describían adecuadamente la ejecución de ratas en programas de razón progresiva (RP) bajo condiciones en las que se manipuló el requisito de respuesta, el tipo de reforzador y la señal contextual con programas de razón progresiva. La idea fue determinar si estas variaciones afectaban la ejecución de las ratas y si estos efectos producían cambios en la tasa de respuesta.

### *Efectos en la ejecución de las ratas*

Inicialmente, se analizó el efecto que la manipulación en el requisito de respuesta del programa RP, el tipo de reforzador y su señalización tuvieron en la tasa de respuestas por segundo; específicamente, en su valor máximo (pico) y en el número de razones completadas (punto de corte). Adicionalmente, se estimó el efecto que esas manipulaciones ocasionaron en el número total de respuestas emitidas por sesión.

Se esperaba que las ratas respondiendo en el programa RP 3 presentaran picos en las tasas de respuesta más altos que las expuestas al programa RP 1. Sin embargo, en la mayoría de los grupos se encontró que las ratas alcanzaron picos más altos en la tasa de respuestas cuando respondieron al programa con el menor requisito de respuesta (RP 1) que cuando lo hicieron en el programa de mayor requisito de respuesta (RP 3). Este resultado sugiere que en los programas de RP el requisito de respuesta no afecta el pico de la tasa de respuesta de la misma manera que lo hace en los programas de razón fija (RF); en estos últimos, el pico en la tasa de respuesta incrementa con los incrementos en el requisito de respuestas (Bizo y Killeen, 1997).

No se encontraron efectos consistentes del tipo del reforzador (comida o sacarina) en el pico de la tasa de respuesta. Adicionalmente, se investigó si el tipo de reforzador producía efectos diferenciales en el número de razones completadas. Se esperaba que en las condiciones en donde las ratas recibieron sacarina como reforzador, completaran un número mayor de razones que en aquellas que proporcionaron comida contingente al de presionar la palanca. De acuerdo a lo esperado, los resultados mostraron que la sacarina fue un reforzador más potente que la comida. En la mayoría de los grupos, las ratas respondiendo por sacarina completaron un número mayor de razones que las ratas respondiendo por comida como reforzador.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos encontrados en estudios que muestran que la sacarina es un reforzador más potente que la comida (Reilly, 2003, Bizo y Killeen, 1997). Además, apoyan la práctica de utilizar al número de razones completadas (punto de corte) como un indicador del valor (potencia) del incentivo que se utiliza como reforzador. El punto de corte particularmente es útil en estudios que miden aspectos motivacionales en la ejecución del organismo (e.g., el estudio de la participación de la dopamina como determinante del valor de un reforzador primario).

Los resultados también mostraron que el número de razones completadas no fue solamente afectado por el tipo de reforzador, sino también por el tamaño en el requisito de respuesta; las ratas respondiendo en el programa RP 3 completaron más razones que haciéndolo en el programa RP 1. Este fue un resultado sorprendente, ya que se esperaba que el requisito progresivo de tres respuestas (RP 3) elevara el pico de la tasa de respuesta pero no que aumentara consistentemente el número de razones completadas. Estos hallazgos sugieren que si se quiere comparar el valor motivacional

de un tipo de reforzador (e.g., comida) con el de otro tipo (i.e., agua), se debe tomar en cuenta y controlar el requisito de respuesta del programa de reforzamiento en curso, ya que éste por sí mismo puede afectar el número de razones completadas, tal y como ocurrió en el presente trabajo.

Con el propósito de tener una variable dependiente adicional a las de pico en la tasa de respuesta y número de razones completadas, el presente estudio utilizó al número promedio de respuestas totales emitidas por sesión. Se esperaba que los sujetos que respondieron por sacarina emitieran en promedio un número de respuestas mayor que los sujetos que respondieron por comida. Los resultados claramente indicaron que la sacarina fue un reforzador más potente que la comida; en la mayoría de los casos, las ratas respondiendo a los programas de RP emitieron un número de respuestas que en promedio fue mayor al número de respuestas emitidas para producir comida. Cuando se evaluó el efecto del requisito de respuestas del programa RP, se encontró que las ratas respondiendo al programa de menor requisito de respuesta (RP 1) emitieron en promedio un número total de respuestas que fue mayor al registrado cuando respondieron al programa de mayor requisito de respuestas (RP 3).

La potencia (el valor motivacional) del reforzador (comida y sacarina) se evaluó con base en las razones completadas y en el número total de respuestas por sesión. Con estas dos variables dependientes, la sacarina mostró ser un reforzador más potente que la comida. Estos hallazgos son importantes ya que en la mayoría de la literatura sobre programas de reforzamiento de razón progresiva solo una de las dos variables dependientes (numero de razones completadas o número total de respuestas) se utiliza para comparar la potencia de dos reforzadores con valores motivacionales diferentes

(Hodos y Kalman, 1963); son pocos los estudios que utilizan a las dos variables dependientes con ese fin (e.g., Stanford y Branch, 1998). El presente trabajo es una clara demostración del uso exitoso de esas dos variables dependientes como estimadores de la potencia del reforzador en programas de reforzamiento de razón progresiva que manipularon el requisito de respuesta, el tipo de reforzador y su señalización. El éxito de éstas dos variables dependientes como estimadores de la potencia del reforzador se debe a su relación con el *punto de corte*, el cual indistintamente se define como la razón más alta que un sujeto completa por un tipo de reforzador o como el número total de respuestas que ese tipo de reforzador mantiene.

Sin embargo, los resultados del presente estudio mostraron que el efecto que el requisito de respuesta (RP 1 o RP 3) tuvo en esas dos variables dependientes (razones completadas y número total de respuestas emitidas) no fue consistente de una condición a otra. Aunque en el programa de requisito de respuesta más alto (RP 3) las ratas completaron un mayor número de razones que las completadas en el programa de menor requisito de respuesta (RP 1), se observaron variaciones (incrementos o decrementos) en esas medidas que fueron atribuidas al tipo de reforzador y a la señalización del mismo durante su entrega.

Con respecto a la señalización de la entrega del reforzador, se esperaba que las ratas expuestas a la condición de reforzador señalado completaran un mayor número de razones que aquellas expuestas a la condición de reforzador no señalado. Conforme a lo esperado, en todas las condiciones las ratas completaron un mayor número de razones cuando el reforzador fue señalado que las que completaron cuando no se señaló la entrega del reforzador al cumplimiento de la RP. Además, se observaron diferencias en

las medidas del pico máximo en la tasa de respuesta y el número total de respuestas por sesión que fueron atribuidas a la señalización del reforzador; cuando éste se señaló, las ratas mostraron los picos más altos en tasa de respuesta y emitieron el mayor número de respuestas por sesión.

Varias explicaciones se pueden dar a los presentes resultados. Por un lado, los resultados sugieren que la señal adquirió una función de estímulo condicionado debido a su asociación con el reforzador primario (comida o la sacarina). Si aceptamos esta explicación, en las condiciones de reforzador señalado los incrementos observados en el número de razones completadas y las respuestas totales en la sesión, se debieron a que las ratas recibieron dos reforzadores en lugar de uno; recibieron un reforzador secundario o condicionado y otro primario o absoluto. Esta idea es consistente con los planteamientos en estudios sobre farmacología conductual que sugieren que las propiedades incentivas de un reforzador están relacionadas con los estímulos condicionados que acompañan a la entrega del reforzador (Salamone et al., 2001; Aberman et al., 1998).

Otra explicación es que la señalización del reforzador aumentó sus propiedades incentivas o motivacionales. Es decir, los reforzadores que fueron señalados incrementaron su valor de incentivo y consecuentemente aumentaron la activación de los organismos, haciendo que emitieran un mayor número de respuestas. De hecho, el aumento en la activación de los organismos debido a la señalización del reforzador pudo ocasionar que respondieran con mayor rapidez a la palanca y por lo tanto que se generaran picos altos en la tasa de respuesta.

Las diferencias en las ejecuciones de las ratas observadas en las condiciones de reforzador no señalado y reforzador señalado, también pueden ser explicadas argumentando que esas condiciones difirieron notoriamente en cuanto a los estímulos contextuales que estuvieron presentes a lo largo del entrenamiento. Al parecer las señales contextuales aumentan la actividad general de los organismos a través de un proceso asociativo. Algunos estudios en farmacología conductual han mostrado que en los organismos el número de respuestas aumenta en presencia de señales contextuales “salientes” a través de un proceso de condicionamiento pavloviano (Datla, et al., 2002; Wyvell y Berridge, 2000). Estudios futuros tendrán que evaluar de manera sistemática la relación entre estímulos contextuales y el nivel de activación.

#### *Efectos en los parámetros del modelo PMR*

Este estudio utilizó programas de RP que variaron el requisito de respuesta, el tipo de reforzador y el contexto de reforzamiento. El objetivo fue determinar si estas variables independientes afectaban de manera sistemática los valores de los parámetros de activación  $a$ , tiempo de respuesta  $\delta$  y acoplamiento  $\zeta$ .

Primero, se intentó conocer si variaciones en el tipo de reforzador cambiaban los valores del parámetro de activación ( $a$ ). Se esperaba que las ratas generaran valores de  $a$  más altos respondiendo a la palanca por sacarina que haciéndolo para obtener comida como reforzador. Los resultados mostraron que esto ocurrió cuando las ratas respondieron al programa RP 1; la mayoría de los grupos (excepto el Grupo 1) generó valores promedio de  $a$  ligeramente más altos con sacarina que con comida. A diferencia de lo esperado, los valores promedio de  $a$  fueron más altos cuando las ratas

respondieron al programa RP 3 que cuando lo hicieron al programa RP 1. Estos hallazgos pueden ser parcialmente explicados con base en los postulados de la teoría de los PMR. De acuerdo con Mobini et al., (2000), el punto de corte está determinado por una disminución en las capacidades motoras y en la motivación del organismo, representado como  $a/\delta$ . Si un organismo emite un número elevado de respuestas, provocará una menor inclinación en la pendiente que relaciona al número de razones completadas con la tasa de respuestas, lo cual reflejará un mayor número de razones completadas. Consecuentemente, esto afectará al parámetro de activación ( $a$ ) que relaciona a la motivación del organismo con las razones completadas, generando valores altos de  $a$ . Los resultados de este estudio son consistentes con ésta explicación, los ratas respondiendo al programa RP 3 generaron una pendiente en la tasa de respuesta de poca inclinación.

Este estudio también planteó la posibilidad de que el tamaño del requisito de respuesta y el valor del parámetro de tiempo de respuesta ( $\delta$ ) mantuvieran una relación negativa. Se esperaba que en el programa RP 3 las ratas generaran valores de  $\delta$  que fuesen menores a los generados en el programa RP 1. Los resultados mostraron lo opuesto; respondiendo al programa RP 1 la mayoría de las ratas generó valores en el parámetro  $\delta$  que fueron más pequeños que los generados respondiendo al programa RP 3. Al parecer, los sujetos en el programas RP 1 generaron picos altos en la tasa de respuesta (respondieron muy rápido), esto resultó valores pequeños en el parámetro  $\delta$ .

De acuerdo con lo esperado, las ratas respondiendo al programa RP 3 generaron valores en el parámetro de acoplamiento ( $\zeta$ ) que fueron más altos que los generados

respondiendo al programa RP 1. Sin embargo, no se encontraron efectos consistentes del tipo del reforzador sobre el valor del parámetro  $\zeta$ . De acuerdo a los planteamientos de la teoría de los PMR, cuando el organismo emite un gran número de respuestas objetivo, el reforzamiento tiene un efecto que se extiende sobre esas respuestas, generándose valores altos en el parámetro de acoplamiento ( $\zeta$ ). Por lo tanto, en el presente estudio el valor de  $\zeta$  debería haber sido más alto para los sujetos respondiendo al programa RP 1 que haciéndolo al programa RP 3. Trabajos posteriores deberán estudiar las causas por las cuales las ratas respondiendo en programas de RP 3 generan valores altos en el parámetro  $\zeta$ .

Por último, se evaluó si la señalización del reforzamiento podía afectar el valor del parámetro de activación ( $a$ ). Se esperaba que las ratas respondiendo a la palanca en una situación que señalara la entrega del reforzador generaran valores de  $a$  más altos que los generados por las ratas que no recibieron la señalización del reforzador. Los resultados no fueron consistentes con esta idea, ya que este resultado sólo se observó en las condiciones donde las ratas respondieron al programa RP 3 para obtener comida. Esto sugiere que el parámetro  $a$  en programas RP no describe el efecto de los factores motivacionales (como el valor cualitativo del reforzador), ni tampoco los efectos de los estímulos condicionados que acompañan a la entrega del reforzador. Este estudio constituyó un primer intento en evaluar si un estímulo condicionado modifica el valor del parámetro  $a$  en programas RP. Futuros estudios tendrían que elaborar diseños experimentales más precisos para evaluar la función de los estímulos condicionados en estos programas.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio mostraron que las manipulaciones en las variables independientes arriba reportadas, modificaron la tasa de respuestas de las ratas en programas RP. Se observó que la sacarina fue un reforzador más potente que la comida; las ratas respondiendo a la palanca para obtener sacarina completaron más razones y emitieron un mayor número de respuestas que para obtener comida. Así se confirma que las razones completadas y el número total de respuestas son dos variables dependientes adecuadas para evaluar la potencia (el valor motivacional) de un reforzador. También, los resultados mostraron que las ratas emitieron un mayor número de respuestas y generaron picos más altos en la tasa de respuesta con programas RP 1 que con programas RP 3. Sin embargo, en el programa RP 3 las ratas completaron un mayor número de razones que las completadas en el programa RP 1. Lo cual sugiere que la ejecución de las ratas en programas RP es diferente a la que se observa en programas RF, al menos en términos de las tasas generadas por requisitos altos de respuesta. También los presentes hallazgos sugieren que en programas RP el número de razones completadas es una variable dependiente sensible al tipo de reforzador y al requisito de respuesta. Los resultados mostraron que en las condiciones de reforzador señalado las ratas produjeron los valores más altos en las tres variables dependiente utilizadas; es decir, con el reforzador señalado la tasa de respuesta alcanzó el pico más alto, las ratas completaron el mayor número de razones y emitieron el mayor número de respuestas totales por sesión. Esto sugiere que la señal aumentó el valor motivacional de los

reforzadores y activó a los sujetos, haciéndolos que respondieran rápidamente a la palanca para producir reforzadores señalados.

Por otro lado, se encontró que los parámetros de la teoría de los PMR explicaron de manera parcial el efecto que las variables independientes ocasionaron en las ejecuciones de las ratas. El parámetro de activación  $a$  no se afectó con la manipulación en el tipo de reforzador, pero sí fue afectado por las manipulaciones en el requisito de respuesta; los sujetos respondiendo al programa RP 3 generaron los valores más altos de  $a$ . De esta manera, el parámetro  $a$  no describió cambios en el valor motivacional del reforzador, pero sí los cambios en las propiedades motoras de la respuesta operante. También, se observó que las ratas respondiendo al programa RP 1 generaron valores en el parámetro de tiempo de respuesta ( $\delta$ ) que fueron menores a los generados respondiendo en el programa RP 3. Este resultado fue consistente con los picos altos en la tasa de respuesta que las ratas generaron respondiendo al programa RP 1, lo que sugiere que el parámetro  $\delta$  describió adecuadamente la ejecución de los sujetos. Por otro lado, el parámetro de acoplamiento ( $\zeta$ ) alcanzó valores altos cuando los sujetos respondieron al programa RP 3. Sin embargo, de acuerdo a los hallazgos del presente estudio, los valores del parámetro  $\zeta$  debieron haber sido más altos en los sujetos expuestos al programa RP 1, lo cual sugiere que el parámetro  $\zeta$  no describió adecuadamente la ejecución de las ratas. Por último, se observó que la señalización del reforzador no modificó de manera consistentemente el valor del parámetro  $a$ , lo cual sugiere que la activación no cambia en función de los estímulos condicionados.

## REFERENCIAS

- Aberman J. E., Ward S. J. y Salamone J. D. (1998). Effects of dopamine antagonists and accumbens dopamine depletions on time-constrained progressive-ratio performance. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 61, 341-348.
- Baron A. y Derenne A. (2000). Progressive-ratio schedules: effects of later schedule requirements on earlier performances. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 73, 291-304.
- Baum W. M. (1992). In search of the feedback function for variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 57, 365-375.
- Bizo L. A, Kettle L. C. y Killeen P. R. (2001). Rats don't always respond faster for more food : The paradoxical incentive effect. *Animal Learning & Behavior*, 29, 66-78.
- Bizo L. A. y Killeen P. R. (1997). Models of ratio schedule performance. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23, 351-367.
- Barofsky I. y Hurwitz D. (1968). Within ratio responding during fixed ratio performance. *Psychonomic Science*, 11, 263-263.
- Bradshaw C. M. (1994). Validation of behavioural equations: Can neurobiology help? *Behavioural and Brain Sciences*, 17, 136-137.
- Datla K. P., Ahier R. G., Young A.M.J., Gray J.A. y Joseph M.H. (2002) Conditioned appetitive stimulus increases extracellular dopamine in the nucleus accumbens of the rat. *European Journal of Neuroscience*, 16, 1987-1993.

- Hodos W. y Kalman G. (1963). Effects of increment size and reinforcer volume on progressive ration performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6, 387-392.
- Kelsey J. E. y Allison J. (1976). Fixed-ratio lever pressing by VMH rats: work vs. accessibility of sucrose reward. *Physiology & Behavior*, 17, 749-754.
- Killeen P. R. (1975). On the temporal control of behavior. *Psychological Review*, 82, 89-115.
- Killeen P. R. (1994). Mathematical principles of reinforcement. *Behavioural and Brain Sciences*, 17, 105-172.
- Killeen P. R. (1998). The first principle of reinforcement. En Wynne C.D.L., Staddon J.E.R. (Eds). *Models of Action: Mechanics for Adaptive Behavior*. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ. pp. 127-156.
- Killeen P. R. y Bizo L. A. (1998). The mechanics of reinforcement. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 221-238.
- Killeen P. R., Hanson S. J. y Osborne S. R. (1978). Arousal: its genesis and manifestation as response rate. *Psychological Review*, 85, 571-581.
- Killeen P. R. y Sitomer M. T. (2003). MPR. *Behavioural Processes*, 62, 49-64.
- Killeen P. R. y Smith J. P. (1984). Perception of contingency in conditioning: scalar timing, response bias, and the erasure of memory by reinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 333-345.
- Mazur J. E. (1982). A molecular approach to ratio schedule performance. En *Quantitative analyses of behavior. Vol. 2: Matching and maximizing accounts*, ed. M.L. Commons, R.J. Herrnstein y H. Rachlin. Ballinger.

- Mobini S., Chiang T. J., Ho M. Y., Bradshaw C. M. y Szabadi E. (2000). Comparison of the effects of clozapine, haloperidol, chlorpromazine and *d*-amphetamine on performance on a time-constrained progressive ratio schedule and on locomotor behaviour in the rat. *Psychopharmacology*, *152*, 47-54.
- Pear J. J. (1994). Problems and pitfalls for Killeen's mathematical principles of reinforcement. *Behavioural and Brain Sciences*, *17*, 146-147.
- Posadas-Sánchez, D., Reilly, M. P. (2002). The effects of late-session changes in reinforcement rate under progressive-ratio schedules. Presentado en la Sociedad de Análisis Cuantitativo de la Conducta, Toronto, Canada.
- Reilly M. P. (2003). Extending mathematical principles of reinforcement into the domain of behavioral pharmacology. *Behavioural Processes*, *62*, 75-88.
- Salamone J. D., Wisniecki A., Carlson B. B. y Correa M. (2001). Nucleus accumbens dopamine depletions make animals highly sensitive to high fixed ration requirements but do not impair primary food reinforcement. *Neuroscience*, *105*, 863-870.
- Skinner B. F. (1938). *The behavior of the organisms*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skjoldager P., Pierre P. J. y Mittleman G. (1993). Reinforcer magnitude and progressive ratio responding in the rat: effects of increased effort, prefeeding, and extinction. *Learning and Motivation*, *24*, 303-343.
- Stanford D. y Branch M. N. (1998). Effects of step size and break-point criterion on progressive-ratio performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *70*, 123-138.

Walker S. F. (1994). How general is a general theory of reinforcement? *Behavioural and Brain Sciences*, 17, 154-155.

Wyvell C. L. y Berridge K. C. (2000). Intra-accumbens amphetamine increases the conditioned incentive salience of sucrose reward: enhancement of reward “wanting” without enhanced “liking” of response reinforcement. *The Journal of Neuroscience*, 20, 8122-8130.

## APÉNDICE

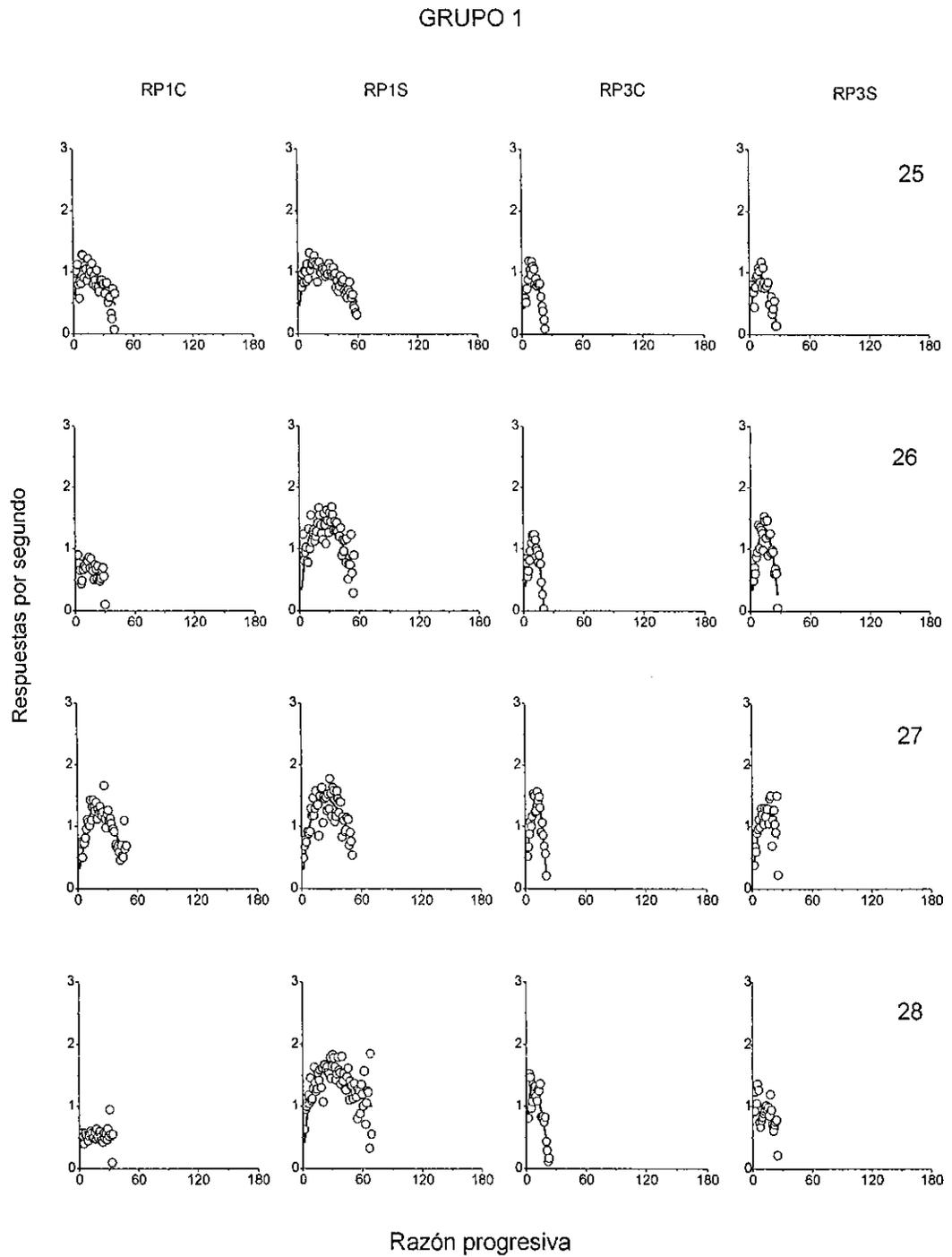


Figura 1A. Los puntos indican las tasas de respuesta (resp/seg) de las ratas 25, 26, 27 y 28 del Grupo 1 (condición con reforzador no señalado). Las curvas indican el mejor ajuste a las tasas de respuestas y fueron derivadas de la Ecuación 6.

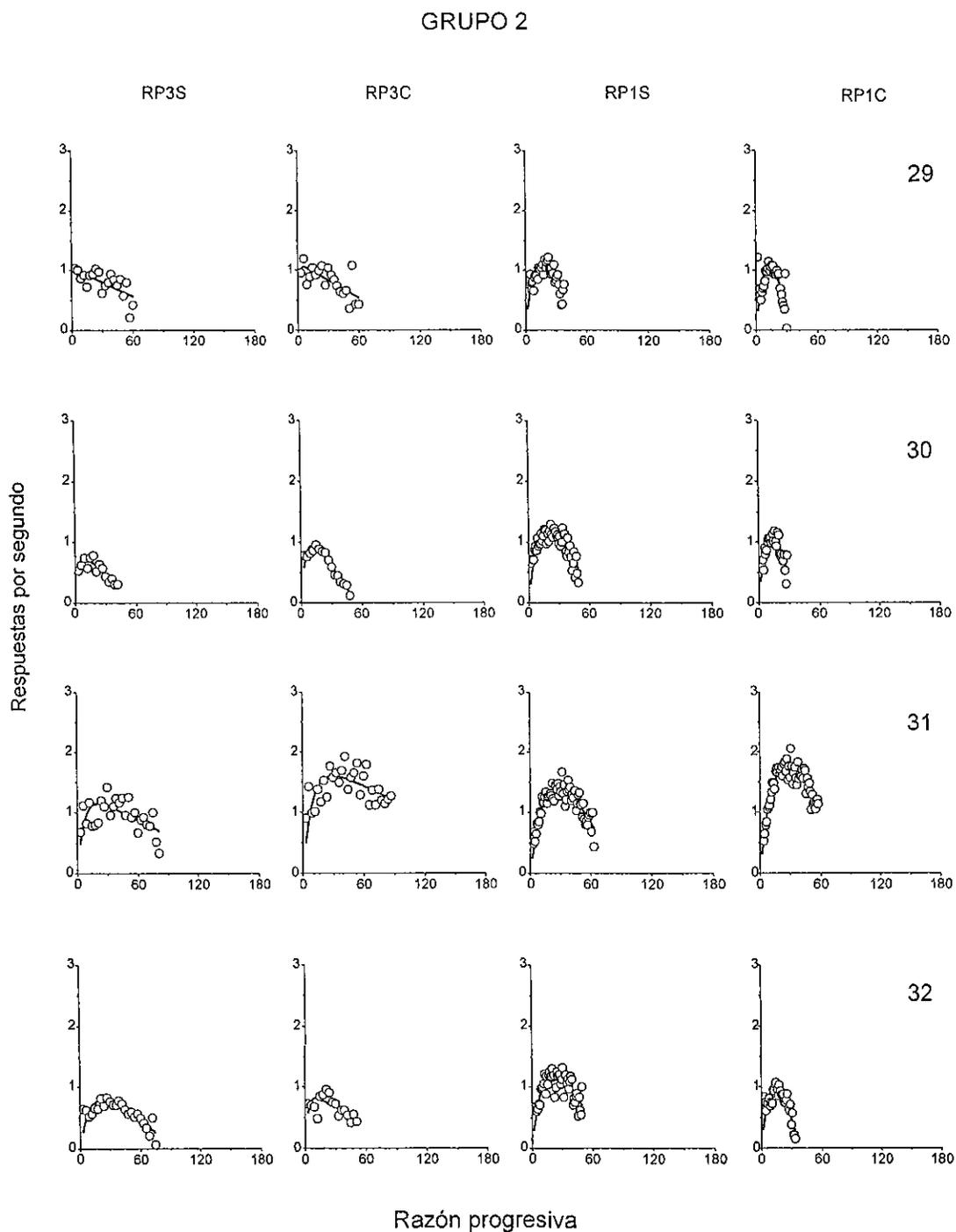


Figura 2A. Los puntos indican las tasas de respuesta (resp/seg) de las ratas 29, 30, 31 y 32 del Grupo 2 (condición con reforzador no señalado). Las curvas indican el mejor ajuste a las tasas de respuestas y fueron derivadas de la Ecuación 6.

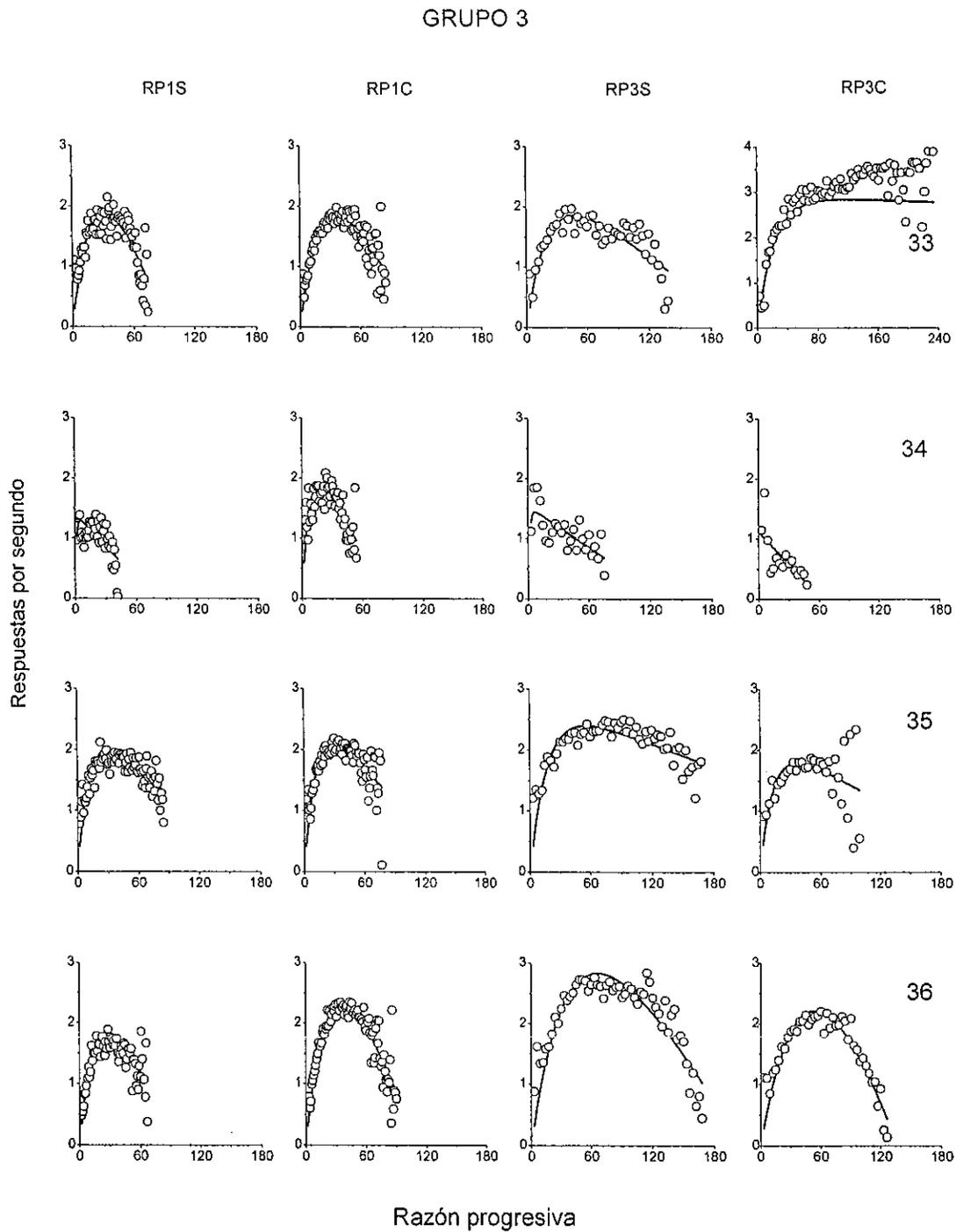


Figura 3A. Los puntos indican las tasas de respuesta (resp/seg) de las ratas 33, 34, 35 y 36 del Grupo 3 (condición con reforzador señalado). Las curvas indican el mejor ajuste a las tasas de respuestas y fueron derivadas de la Ecuación 6. El panel de la rata 33 en la condición RP 3 con comida los ejes de las  $X$  y  $Y$  fueron ajustados a la ejecución de la rata.

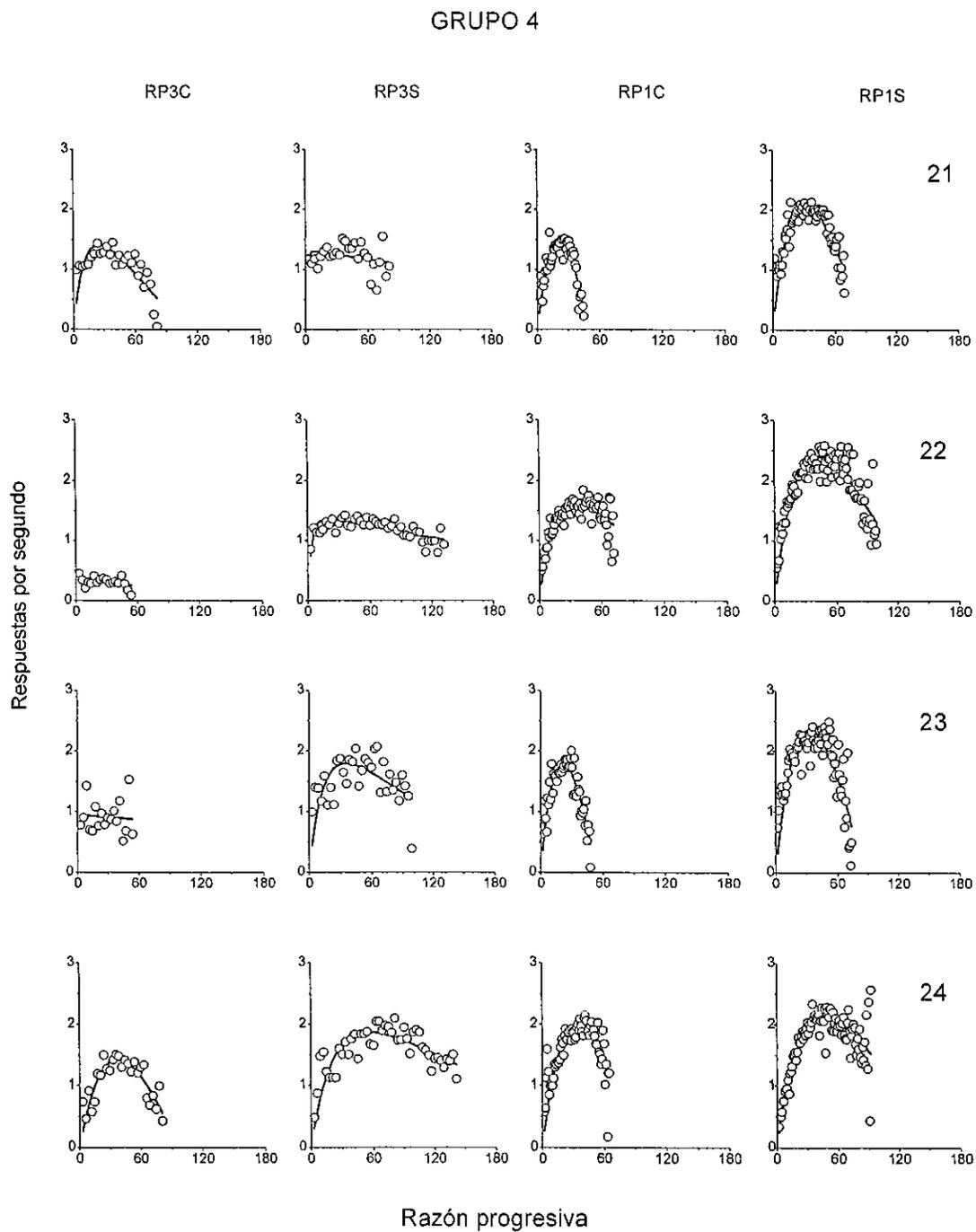


Figura 4A. Los puntos indican las tasas de respuesta (resp/seg) de las ratas 21, 22, 23 y 24 del Grupo 4 (condición con reforzador señalado). Las curvas indican el mejor ajuste a las tasas de respuestas y fueron derivadas de la Ecuación 6.

Tabla 1A

Parámetros estimados, error estándar (E.E.) y varianza ( $r^2$ ) de cada rata en las condiciones experimentales.

Rata/ Grupo	Condición	$\alpha$	E.E.	$\delta$	E.E.	$\zeta$	E.E.	$r^2$
Grupo 1								
25	RP 1C	50.42	9.22	0.76	0.05	0.30	0.06	0.48
	RP 1S	64.08	6.46	0.68	0.03	0.19	0.02	0.70
	RP 3C	5.71	2.21	0.20	0.09	0.08	0.03	0.84
	RP 3S	14.00	4.07	0.46	0.11	0.14	0.03	0.68
26	RP 1C	115.59	49.65	1.26	0.11	0.79	0.50	0.19
	RP 1S	29.75	8.11	0.38	0.06	0.08	0.01	0.39
	RP 3C	0.12	1.99	0.0003	0.01	0.002	0.04	0.84
	RP 3S	0.24	2.20	0.0007	0.01	0.002	0.02	0.68
27	RP 1C	25.83	5.41	0.41	0.06	0.08	0.01	0.69
	RP 1S	22.99	6.69	0.32	0.07	0.06	0.01	0.63
	RP 3C	0.11	1.19	0.0003	0.006	0.002	0.02	0.90
	RP 3S	9.29	9.98	0.24	0.25	0.07	0.05	0.47
28	RP 1C	226.67	182.38	1.61	0.21	0.35	0.12	-0.11
	RP 1S	65.52	13.62	0.48	0.03	0.11	0.01	0.42
	RP 3C	10.87	2.15	0.42	0.06	0.25	0.05	0.77
	RP 3S	46.29	15.37	0.84	0.08	0.66	0.28	0.34
Grupo 2								
29	RP 3S	127.24	37.04	0.95	0.07	1.00	>5000	0.45
	RP 3C	103.50	28.68	0.88	0.07	0.52	0.26	0.46
	RP 1S	36.95	11.72	0.59	0.10	0.13	0.03	0.29
	RP 1C	10.37	7.26	0.28	0.20	0.07	0.04	0.28
30	RP 3S	63.78	12.22	1.05	0.10	0.23	0.05	0.78
	RP 3C	42.25	4.63	0.76	0.05	0.21	0.03	0.90
	RP 1S	34.10	6.28	0.49	0.05	0.13	0.03	0.29
	RP 1C	13.35	5.49	0.35	0.13	0.09	0.03	0.63
31	RP 3S	119.71	41.62	0.72	0.08	0.14	0.04	0.27
	RP 3C	126.17	56.22	0.52	0.06	0.10	0.02	0.26
	RP 1S	32.07	5.49	0.36	0.04	0.06	0.00	0.80
	RP 1C	25.30	4.70	0.28	0.03	0.06	0.00	0.63
32	RP 3S	83.14	18.59	0.85	0.11	0.09	0.02	0.56
	RP 3C	114.17	41.33	1.07	0.12	0.29	0.10	0.34
	RP 1S	40.60	10.51	0.51	0.07	0.09	0.01	0.58
	RP 1C	16.01	5.26	0.40	0.12	0.09	0.02	0.56

(Continuación)

Rata/ Grupo	Condición	$a$	E.E.	$\delta$	E.E.	$\zeta$	E.E.	$r^2$
Grupo 3								
33	RP 1S	20.49	4.75	0.21	0.04	0.04	0.008	0.61
	RP 1C	30.63	5.54	0.26	0.03	0.04	0.006	0.71
	RP 3S	78.75	14.51	0.36	0.03	0.04	0.007	0.66
	RP 3C	78.75	14.51	0.34	0.03	0.04	0.009	0.49
34	RP 1S	55.58	11.83	0.70	0.05	0.51	0.15	0.40
	RP 1C	33.75	6.47	0.38	0.03	0.13	0.02	0.47
	RP 3S	87.16	19.16	0.64	0.04	0.46	0.20	0.51
	RP 3C	55.82	17.47	0.89	0.13	1.00	>5000	0.49
35	RP 1S	80.93	11.27	0.42	0.01	0.09	0.008	0.64
	RP 1C	53.43	10.78	0.35	0.02	0.08	0.01	0.52
	RP 3S	161.43	30.20	0.35	0.01	0.05	0.006	0.61
	RP 3C	113.82	72.89	0.44	0.08	0.07	0.02	0.23
36	RP 1S	43.83	8.50	0.38	0.03	0.08	0.01	0.68
	RP 1C	22.04	2.77	0.19	0.02	0.04	0.004	0.83
	RP 3S	35.90	5.64	0.17	0.02	0.02	0.003	0.77
	RP 3C	18.56	4.32	0.12	0.03	0.01	0.004	0.83
Grupo 4								
21	RP 3C	51.17	12.40	0.47	0.06	0.08	0.02	0.53
	RP 3S	374.80	278.64	0.75	0.05	0.45	0.19	0.06
	RP 1C	4.34	2.89	0.05	0.05	0.02	0.01	0.72
	RP 1S	18.41	3.51	0.20	0.03	0.04	0.006	0.75
22	RP 3C	521.31	383.36	2.80	0.37	1.00	>5000	0.18
	RP 3S	320.76	54.78	0.70	0.02	0.22	0.03	0.50
	RP 1C	73.08	21.75	0.44	0.05	0.07	0.01	0.66
	RP 1S	32.12	4.58	0.22	0.02	0.04	0.004	0.77
23	RP 3C	746.14	2754.64	1.04	0.18	0.46	0.38	0.01
	RP 3S	86.72	36.31	0.42	0.06	0.07	0.02	0.19
	RP 1C	7.85	2.36	0.13	0.04	0.04	0.01	0.78
	RP 1S	12.19	3.20	0.13	0.03	0.03	0.007	0.65
24	RP 3C	21.23	9.98	0.20	0.10	0.02	0.01	0.71
	RP 3S	122.59	33.34	0.40	0.04	0.04	0.007	0.57
	RP 1C	13.28	5.61	0.14	0.06	0.03	0.01	
	RP 1S	45.34	12.39	0.27	0.04	0.04	0.006	