



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Maestría y Doctorado en Psicología
ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO
DISCRIMINACIÓN NUMÉRICA EN PALOMAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

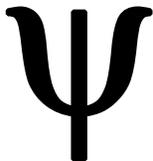
DOCTOR EN PSICOLOGÍA

P R E S E N T A:

JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ

Jurado de Examen de Grado

Tutor principal: Dr. Javier Nieto Gutiérrez
Tutora adjunta: Dr. Germán Palafox Palafox
Tutor externo: Dr. Federico Bermúdez Rattoni
Jurado A: Dr. Florente López Rodríguez
Jurado B: Dr. Arturo Bouzas Riaño
Jurado C: Dr. Javier Vila Carranza
Jurado D: Dr. Carlos Aparicio Naranjo





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A quien corresponde:

Quiero dedicar este esfuerzo:

A Martha, Rebecca y Óscar: por su infinito cariño y paciencia

A Gonzalo, Julieta, Mario, Patricia, María Eugenia, Moncho y Leonor:
mi corazón

A las fuerzas básicas: Ivonne, Jaqueline, Mario, Eleonora y José
Ramón

A mí **AMIGO** Gustavo Bachá, gracias por todo Gus

A mis amigos: Paco Cabrer, Elenita, Erika, Mirna, Nissyen, Ixel, Alex y
Marcel

A mí primera casa, el barrio de La Merced, por los inolvidables
momentos de mi niñez y adolescencia que vivimos en esa Corte de los
Milagros una runfla de pránganas y desorientados: mis maravillosos
amigos y yo. Para ellos, mis mejores recuerdos

A mi segunda casa, la UNAM, tan generosa que a pesar de todos
nosotros sigue siendo la Máxima Casa de Estudios de este país

Mi agradecimiento a los integrantes del Comité de Tesis por sus
comentarios que ayudaron a mejorar sustancialmente este trabajo.
Principalmente al Dr. Javier Nieto por su apoyo y su amistad; al Dr.
Florente López y al Dr. Carlos Aparicio por sus múltiples y atinadas
recomendaciones.

Este trabajo se realizó con el apoyo que CONACYT otorgó al proyecto 40849- H, y con la beca 158728 de CONACYT

ÍNDICE

	Páginas
Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	4
Juicios de numerosidad relativa	8
Discriminación simultánea en arreglos visuales	8
Discriminación secuencial de los estímulos	11
Discriminación numérica de respuestas	13
Discriminación del número absoluto de respuestas	18
Conclusiones y planteamiento del problema	19
Experimento 1	22
Resultados	25
Discusión	42
Experimento 2	46
Resultados	48
Discusión	59
Experimento 3	61
Resultados	63
Discusión	89
Discusión general y conclusiones	92
Referencias	106

RESUMEN

Algunos estudios analizan de manera directa la discriminación numérica en animales mediante el uso de programas de reforzamiento. Estos arreglos experimentales poseen propiedades de moldeamiento y de fortalecimiento de la respuesta. Por ejemplo, los programas basados en la respuesta se emplean para examinar los efectos del moldeamiento. En los programas de reforzamiento diferencial basados en el número suele utilizarse un procedimiento de dos operandos, donde una respuesta sobre uno de ellos podría ser reforzada dependiendo de la longitud de una carrera de respuestas previa sobre un operando alterno. Esta situación experimental, analiza el número de respuestas emitido sin la ayuda de estímulos exteroceptivos controladores.

En el presente estudio, se analizó la discriminación de respuestas en palomas entrenadas a picar una tecla bajo un programa de Número Fijo Consecutivo (NFC); la emisión de un número de respuestas antes de visitar el comedero fue reforzada con alimento. Se manipuló la contingencia de error por ingresar al comedero, el orden de la presentación de los valores del programa, y la discriminación absoluta en las longitudes de carreras de respuesta. Las principales variables dependientes fueron las distribuciones de las longitudes de carrera, la probabilidad condicional, y las dependencias secuenciales de longitudes de carrera sucesivas. En el Experimento 1, los resultados mostraron que el regreso del contador de respuestas a cero, como consecuencia del ingreso al comedero antes de cumplir con el valor del programa NFC, genera una distribución de las longitudes de carrera más cercana al requisito del programa, a diferencia de las distribuciones producidas por los sujetos en los que no se penalizó el ingreso prematuro al comedero. En el Experimento 2 se utilizaron dos requisitos de respuesta (NFC 4 y NFC 8), y se evaluó los efectos del orden de su presentación. Los resultados muestran que las palomas que iniciaron con un NFC 4 para después cambiar a NFC 8, mostraron una mejor discriminación de la cantidad de respuestas necesaria para obtener el reforzador, si se comparan con las palomas que iniciaron con la secuencia inversa. El propósito del Experimento 3 fue probar, mediante un programa NFC con límites inferior y superior del requisito de respuesta, un procedimiento de aproximaciones sucesivas al requisito exacto del programa, seguido de un cambio en los valores de esa condición: para algunas palomas el cambio consistió en un incremento y para otras en una reducción en el número exacto de respuestas. La discriminación fue mejor en los sujetos que cambiaron a un número mayor de respuestas en la segunda condición. Estos datos apoyan la tesis de que las palomas discriminan de manera diferencial entre cantidades adyacentes de elementos.

INTRODUCCIÓN

Existe evidencia de la capacidad de los animales para discriminar aspectos cuantitativos tanto del ambiente como de su propia conducta (Davis y Pérusse, 1988; Gallistel y Gelman, 1992). Se ha observado, por ejemplo, que las ratas son capaces de producir una cantidad mínima de respuestas para obtener un reforzador (Mechner, 1958a), que discriminan conjuntos de estímulos auditivos y visuales, numerosidades como le han denominado Meck y Church (1983), y que los monos tienen la habilidad de desarrollar relaciones entre símbolos arbitrarios y numerosidades (Matzusawa, 1985).

La posibilidad de que los animales muestren sensibilidad a la cantidad de eventos en su medio natural, es quizá una situación especulativa. Sin embargo, no es difícil encontrar escenarios naturales en los que la cantidad de eventos ambientales, o la propia conducta, proporcione a los animales información ecológica relevante. Por ejemplo, en la conducta de forrajeo la habilidad del organismo para discriminar entre dos o más lugares que difieren en el número de presas facilita la detección de los cambios en la tasa de reforzamiento que proporcionan las alternativas disponibles. La identificación de una discriminación numérica es útil para estudiar el tamaño de un grupo de predadores, o para explorar el ordenamiento de los machos dominantes en su propio grupo (Hauser, 2000; Kamil, 1988).

En la investigación sobre discriminación numérica en animales, bajo condiciones controladas, existen dos formas de aproximarse al fenómeno; una es la discriminación de estímulos presentados secuencial o simultáneamente. Los resultados han mostrado, en ambos casos, la sensibilidad de distintas especies a los cambios en el número de estímulos a discriminar. La otra forma de

discriminación, analiza los aspectos numéricos de la propia conducta y su relación con las propiedades discriminativas de programas de reforzamiento en los que el número de respuestas de un reforzador al siguiente no cambia; como sucede en los de razón fija (RF). En la discriminación de la propia conducta, es frecuente el uso de procedimientos derivados de programas de RF, en los que el ensayo finaliza con el cumplimiento del requisito de respuesta por parte del sujeto. El presente estudio se interesa en aspectos procedimentales en los que, a diferencia de los métodos anteriores, el sujeto termina con el ensayo respondiendo en un operando distinto al que usó durante la discriminación. La pregunta a responder es ¿qué efectos tiene sobre la discriminación la exposición del organismo a diferentes contingencias asociadas al número de respuestas necesarias para producir el reforzador?.

La respuesta a la pregunta anterior, cobra importancia en discriminaciones que se establecen con ciertos procedimientos y diseños novedosos, que tienen como fin analizar la discriminación bajo distintas contingencias de error.

En los experimentos del presente estudio, el interés se ubica en el análisis de eventos de estímulo que ejercen un control sobre la conducta; es decir, en “una tendencia observada para una probabilidad o tasa de respuesta, que varía en presencia o ausencia de una variable” (Ferster y Skinner, 1957. p.725). Habitualmente, los eventos de estímulo correlacionados con un procedimiento de reforzamiento diferencial han sido de tipo ambiental; dichos eventos pueden delimitarse físicamente, como es el caso del número de estímulos visuales o auditivos en un determinado conjunto. Dado que la conducta también puede especificarse físicamente, el reforzamiento diferencial podría estar relacionado con diferentes conductas como ocurre con los estímulos. Es decir, la propia conducta del organismo sustituye a los eventos ambientales en un paradigma de control de

estímulos, donde una operante previamente definida queda bajo el control de otra conducta del organismo. Así, el propósito en el presente estudio se centrará en el análisis de las propiedades de la conducta que pueden adquirir funciones discriminativas en palomas que son expuestas a programas basados en la respuesta, donde los sujetos controlan la terminación del ensayo.

En concreto, se analizará la discriminación numérica en palomas bajo condiciones experimentales en las que no se proporcionará clave externa alguna que les ayude a identificar un patrón de estímulos, como sucede en la discriminación de una configuración de éstos; el análisis tendrá tres niveles: 1) El primero relacionará a las palomas con las contingencias asociadas a su ingreso al comedero, habiendo o no cumplido con el requisito de respuesta establecido por el programa de reforzamiento. 2) En el segundo nivel se investigará el efecto que tiene la manipulación del orden de presentación del valor del requisito de respuesta sobre el desarrollo del ajuste conductual del organismo a los valores actuales del programa de reforzamiento. 3) Finalmente, mediante un entrenamiento que incluye límites superior e inferior en la cantidad de respuestas, se probará si las palomas son capaces de realizar una discriminación fina del número de respuestas necesario para obtener el reforzador.

Para fundamentar el análisis, se presentan algunos aspectos conceptuales de importancia para el estudio de la discriminación numérica; después, se revisa la investigación experimental para cimentar el propósito del presente estudio.

ANTECEDENTES

El interés básico en lo que actualmente se conoce como discriminación numérica en animales, fue el estudio de la integración de un conjunto de respuestas en unidades funcionales más grandes. Hull (1952) fue el primero en referirse a estas unidades de comportamiento, como *cadena homogénea de conducta* (CHC). Posteriormente, Platt y Johnson (1971) plantearon que “una CHC es el resultado de hacer contingente el reforzamiento con la ocurrencia secuencial de un número particular de unidades conductuales, o respuestas, semejantes entre sí”. Un aspecto central de este punto de vista, es que el avance en el responder a través de la secuencia no está relacionado con algún cambio en el ambiente, a excepción del número de respuestas previas, o el tiempo transcurrido en emitir las.

Una manera de abordar el estudio de las CHC, es mediante los supuestos de la teoría de encadenamiento de respuestas. En esta teoría, se analiza el papel que juega el cambio de estimulación producido por cada respuesta en una secuencia de éstas. Se ha especulado, que la emisión de cada respuesta se convierte en un estímulo discriminativo que establece la ocasión para que se emita la siguiente respuesta en la cadena. En vista de la semejanza de las respuestas en una cadena homogénea, se presume que la dimensión relevante del estímulo está asociada a la cantidad, más que al tipo de respuesta. Es decir, dado que todas las respuestas en una cadena homogénea son operacionalmente idénticas, la localización exitosa de una de ellas en particular, debería estar relacionada con el número de respuestas contadas a partir de algún evento relevante que sirva como referencia. En este sentido, es importante mencionar que el tiempo transcurrido en el responder es una variable importante ya que covaría con el número de respuestas.

Los procedimientos que se utilizan para localizar alguna respuesta en particular en la cadena se clasifican en tres: 1) Los que basan el criterio de localización en las variaciones que ocurren en la tasa de respuestas de una cadena homogénea. 2) Aquellos que eligen las respuestas reforzadas diferencialmente basándose en la longitud de una cadena homogénea precedente. y 3) Los procedimientos que toman el efecto de una respuesta reforzada diferencialmente como base para identificar su localización dentro de una CHC.

Platt y Senkowski (1970) condujeron una de las investigaciones más representativas de localización de respuesta por la vía de las variaciones locales en la tasa de respuesta. Con una preparación de ensayos discretos en los que ratas presionaban una palanca para producir comida en un programa de RF, mostraron que la función que relacionaba al tamaño del requisito de razón con las variaciones locales en la tasa de respuesta tenía la forma de una U invertida. En su interpretación, la posición de la tasa máxima de respuestas refleja un conjunto de valores cuyas dimensiones pueden funcionar como estímulos controladores. A pesar de que las variaciones sistemáticas en las tasas de respuesta, como una función de la localización dentro de una cadena homogénea, indican la existencia de un control de estímulos, no son cuantitativamente idóneas para la investigación experimental sobre discriminación. El problema es que la conducta que está siendo utilizada para definir a la dimensión del estímulo, es la misma que se utiliza para indicar el control que esa dimensión tiene sobre la cadena. Esto imposibilita un análisis experimental directo y le da circularidad a las explicaciones de la conducta dentro de la cadena.

Para analizar la discriminación de las respuestas previas sin invocar a las propiedades de éstas como variable dependiente, algunos investigadores utilizan procedimientos en los que las palomas son reforzadas diferencialmente por elegir

entre dos opciones. Este método está representado por el trabajo de Rilling (1967, 1968), Rilling y McDiarmid (1965) y Pliskoff y Goldiamond (1966). En este caso, se requiere que las palomas completen un programa de RF, corto o largo, en la tecla central de una cámara operante. Una vez cumplido el requisito de la razón, la tecla central se apaga y se iluminan las teclas laterales. Dependiendo de si el requisito de razón en la tecla central fue corto o largo, la respuesta de picar una de las teclas laterales produce alimento, mientras que en la otra tecla produce una demora u omite la entrega del mismo.

Los resultados que se originan de este procedimiento, revelan que las palomas discriminan entre razones cortas y largas, mostrando que la discriminación es mayor conforme incrementa la diferencia entre los dos requisitos de número de respuestas. Se ha mostrado también que la precisión de la discriminación no se relaciona con el tiempo que transcurre desde la emisión de la primer respuesta hasta que se cumple con el requisito de la razón (Rilling, 1967). Sin embargo, la precisión en la discriminación disminuye cuando se insertan periodos de tiempo fuera entre el cumplimiento del programa de RF y la respuesta de elección (Pliskoff y Goldiamond, 1966), o cuando éstos se insertan a la mitad de la carrera de respuestas del requisito más alto del programa de RF (Rilling, 1968). Estos hallazgos claramente indican la existencia de dimensiones de estímulo que se asocian a un número de respuestas homogéneas a partir de un evento de referencia, señalando la necesidad de investigar tales dimensiones. No obstante, los resultados sobre discriminación numérica en las CHC deben verse con cautela. Los procedimientos hasta aquí revisados no requieren que el organismo localice la posición de una respuesta particular dentro de la CHC, la tarea sólo consiste en discriminar cuál de dos cadenas de respuestas de distintas longitudes ha sido completada.

Investigaciones posteriores sobre discriminación numérica basadas en los trabajos de Rilling (1967), promovieron una serie de estudios en los que la preparación general consistió en la comparación de dos conjuntos de estímulos, cada uno con un número diferente de elementos. A estos métodos se les conoce como *juicios de numerosidad relativa* (para una revisión, ver Davis y Pérusse, 1988).

JUICIOS DE NUMEROSIDAD RELATIVA

Una tarea utilizada en el estudio de los juicios de numerosidad relativa con animales, consiste en establecer una discriminación entre dos conjuntos de elementos, por ejemplo, uno que tiene seis estímulos visuales versus otro que solo tiene tres; o bien, entre uno que tiene un número mayor de pulsos auditivos en una serie de seis tonos versus otro que sólo tiene tres tonos en la serie. Los sujetos comparan los dos conjuntos y si eligen aquel que tiene un mayor número de estímulos son reforzados con un estímulo primario como la comida. En estos experimentos existen básicamente dos tipos de discriminación: simultánea en arreglos visuales y secuencial con estímulos auditivos.

Discriminación simultánea en arreglos visuales

En un experimento sobre discriminación relativa de estímulos visuales, Honig y Stewart (1989) entrenaron a un grupo de palomas a observar un arreglo uniforme de puntos coloreados (el estímulo positivo). La consecuencia por emitir una respuesta en la tecla asociada al estímulo positivo fue la presentación contingente de alimento. La misma respuesta no fue reforzada cuando ocurría ante un estímulo negativo que consistió en el mismo número de puntos pintados de un color diferente. Cuando las palomas aprendieron la discriminación, se incluyó una condición de extinción en la cual se mantuvo constante el número total de puntos que tenían los estímulos, pero se varió el número relativo de los arreglos positivos

y negativos. Los resultados mostraron que la tasa relativa de picoteo decreció en los dos estímulos a medida que la proporción de puntos coloreados disminuyó de 100 a 50% en el arreglo positivo.

Este dato por sí mismo no prueba que las palomas discriminen numerosidades (conjuntos de estímulos o respuestas), ya que podrían haber respondido, por ejemplo, al área total ocupada por el estímulo asociado al reforzador. Para descartar esta posibilidad, Honig y Stewart (1989) hicieron varias pruebas para confirmar que las palomas respondían al número relativo de puntos que conformaban los arreglos. En una de las pruebas se modificó el número total de puntos por arreglo, sin alterar la discriminación. En pruebas adicionales los puntos difirieron en tamaño, pero no en número; de manera que las palomas discriminaran entre los puntos grandes y pequeños que tenían los estímulos. Los puntos se arreglaron en los estímulos procurando que el área que ocupaban no sobresaliera del resto del estímulo. Otras pruebas utilizaron letras como la X y la O en lugar de puntos de colores, o bien, estímulos complejos como imágenes estilizadas de aves y flores. A pesar de la diversidad de los estímulos empleados, en todas las pruebas las palomas respondieron adecuadamente al número relativo de estímulos presentes en cada condición experimental.

Otro aspecto de interés en la investigación sobre juicios de numerosidad relativa, es el relacionado con la densidad de los arreglos o espaciamento entre puntos. Para analizar la influencia de esta variable, Emmerton (1988) entrenó palomas a discriminar entre pares de arreglos proyectados de manera simultánea sobre dos teclas. Para ser reforzadas las palomas tenían que elegir el arreglo con menos puntos. Después de ser expuestas a varias combinaciones con diferentes pares de números, las palomas respondieron al arreglo que tenía el menor número de puntos. Sin embargo, la ejecución mejoró cuando las palomas fueron

expuestas a arreglos que tenían diferencias más evidentes en el número de puntos que incluían. Por ejemplo, en una comparación entre 3 y 7 puntos las palomas establecieron una mejor discriminación que entre 3 y 5 puntos. No obstante, cuando en algunas sesiones de entrenamiento el número correcto consistió de un solo punto y el incorrecto de 2 o 3 puntos, la discriminación de las palomas mejoró cuando los puntos no reforzados se encontraban uno cerca del otro, que cuando éstos se encontraban separados.

Una posible explicación de los resultados asociados con la densidad de los puntos es que las palomas exploraron perceptualmente cada uno de los arreglos, eligiendo siempre aquel con un número menor de puntos. Suponga que una paloma observa una tecla con un estímulo negativo que tiene un gran número de puntos arreglados de manera espaciada, si no explora la totalidad de la tecla, la paloma tendría una alta probabilidad de no percibir uno o más puntos, cosa que no ocurriría si éstos estuvieran cercanos el uno del otro. De esta manera, la probabilidad de que las palomas elijan por error a los estímulos “negativos” con baja densidad de puntos es mayor que la probabilidad de error ante los estímulos con alta densidad de puntos. La hipótesis básica es que las palomas exploran arreglos con estímulos múltiples de manera que los procesan secuencialmente. Sin embargo, la hipótesis parece improbable ya que una tecla normal mide muy pocos centímetros de diámetro y la exploración toma poco tiempo; milisegundos probablemente. La evidencia de memoria icónica es que percibimos una gran cantidad de información en milisegundos, al punto que parece simultánea. Además, en el procedimiento se establece que los estímulos se presentaron durante 3 segundos, un hecho que permitió que las palomas observaran y atendieran los estímulos más de una vez. Las situaciones secuenciales presentan otro problema, y es que el evento anterior puede ser de comparación y ya no está disponible, así, los estímulos que controlan la conducta ya no están presentes, por

eso se habla de que en los procedimientos secuenciales interviene la memoria y su disponibilidad.

Discriminación secuencial de los estímulos

Otros experimentos con palomas en los que se ha utilizado como estímulos secuencias de luces que encienden y apagan sucesivamente, permiten controlar con mayor precisión la duración de los estímulos y el intervalo entre ensayos.

Alsop y Honig (1991) estudiaron la discriminación de estímulos secuenciales mediante la presentación intermitente de una serie de luces de colores en la tecla central. Si en la secuencia el número de luces rojas era mayor que el de luces azules, la elección de las palomas por una de las dos teclas laterales producía el reforzador. Las respuestas en la otra tecla lateral también eran reforzadas si el número de luces de color azul era mayor que el de las rojas. Una vez establecida la discriminación, se realizaron pruebas con secuencias hasta de nueve luces donde el criterio de elección se basó en el número relativo más que en el número absoluto de luces de un color contra las de otro color. Alsop y Honig encontraron que en la secuencia el color de las últimas luces tuvo mayor influencia en la elección de las palomas, si se compara con la influencia del color de la primera luz. Por lo que en una secuencia mixta de luces rojo-azul-azul-azul-azul, la probabilidad de que las palomas respondieran a la tecla que tenía más luces azules al final era mayor que la que existía en la tecla asociada a una secuencia azul-azul-azul-azul-rojo. En una condición posterior, Alsop y Honig manipularon el número total de luces en la secuencia y la duración de un intervalo de oscuridad (blackout) entre las presentaciones consecutivas de cada luz. Los resultados mostraron que la precisión en la elección de las teclas estuvo determinada por la posición ordinal de las luces en la serie y por el tiempo transcurrido desde la observación de una luz de un color determinado hasta el

momento en que ocurrió la elección por una de las teclas laterales; en general, la elección de las palomas mostró un efecto de recencia.

Este efecto de recencia también fue reportado por Roberts, Macuda y Brodbeck (1995) con palomas expuestas a un número de luces rojas presentadas en una serie. Primero, las palomas fueron entrenadas a elegir una tecla iluminada de un color si un número de luces previamente presentado había sido pequeño (dos) y a responder en otra tecla de un color distinto si el número de luces rojas presentado había sido grande (ocho). La serie pequeña se presentó en 4 s y constó de dos luces, una de ellas se presentó al inicio y la otra al final del ensayo. En los ensayos con ocho luces, éstas fueron espaciadas regularmente dentro de 4 s. Para otro grupo de palomas se manipuló la duración de la serie en vez del número de luces, de manera que las cuatro luces se presentaban en 2 o en 8 s. La tarea consistió en elegir una de dos teclas laterales dependiendo de si la duración de la secuencia era larga (8 s) o corta (4 s). Al inicio del entrenamiento, la elección de las palomas por las teclas laterales se hacía al terminar de la secuencia de los estímulos; sin embargo, en las pruebas se programó una demora entre el final de la presentación de las luces y la elección de las teclas laterales. Las manipulaciones en la duración de la demora produjeron dos resultados: 1) las palomas discriminaron el número de luces, aún cuando su entrenamiento fue diseñado como una tarea de discriminación temporal y 2) respondieron con mayor precisión ante luces de mayor cercanía temporal entre ellas. Después de haber sido expuestas a ensayos con dos luces, las palomas en el grupo de discriminación de número continuaron eligiendo la tecla asociada al número pequeño, esto a pesar de los incrementos en la demora. En resumen, el trabajo de Roberts, Macuda y Brodbeck (1995) mostró que para las palomas la tecla lateral asociada a una secuencia larga (8 s) significó un número de luces corto y

viceversa, la tecla lateral asociada a secuencia corta (2 s) significó un número de estímulos grande.

DISCRIMINACIÓN NUMÉRICA DE RESPUESTAS

En las secciones anteriores quedó documentada la discriminación perceptual de estímulos presentados en dos modalidades; en esta sección, de acuerdo con el interés de la presente tesis, será revisada la literatura sobre la discriminación numérica cuando la variable a discriminar es la conducta de los sujetos experimentales.

Uno de los procedimientos más utilizados en este sentido, es el desarrollado por Mechner (1958a), conocido como de Número Fijo Consecutivo (NFC). En este programa se requiere que el sujeto cumpla en una alternativa con el requisito de respuestas que establece el programa de RF y que finalice la secuencia de respuestas en la otra alternativa disponible. Así, en un programa NFC 6 una paloma produce el reforzador si emite seis o más respuestas en la tecla A y después emite una respuesta en la tecla B. Si la paloma responde en la tecla B antes de cumplir con el número de respuestas establecido por el programa de RF en la tecla A, en ese ensayo la secuencia no es reforzada y para el siguiente ensayo el contador de respuestas reinicia en cero.

La diferencia básica entre los programas NFC y el método empleado por Rilling y McDiarmid (1965), es que en este último el número de respuestas a discriminar no depende de la ejecución del sujeto; es el experimentador el que decide los valores numéricos que deben ser discriminados. En el caso de los programas NFC, Mechner (1958a), el sujeto tiene la libertad de finalizar el ensayo cuando responde en la tecla asociada a la entrega del reforzador (B). A pesar de

esa diferencia, los dos métodos tienen como común denominador, que el sujeto para producir el reforzador debe responder de acuerdo a un número de respuestas emitido previamente.

En la investigación pionera sobre discriminación numérica de la conducta propia, Mechner (1958a) manipuló la proporción de ensayos de programas RF y NFC durante la sesión, y los valores de respuesta de éstos (4, 8, 12, 16) fueron presentados en ese orden y en condiciones independientes. Los resultados de las ratas mostraron distribuciones normales y simétricas de las longitudes de la carrera de respuesta, con modas un poco más grandes que el valor del programa en cada condición. Un hallazgo adicional fue que los incrementos en el valor del programa (N), produjeron una mayor variabilidad de la longitud de la carrera antes de finalizar el ensayo. Mechner interpretó los resultados considerando que en los programas NFC se refuerza el cambio a la palanca de reforzamiento (B), bajo ciertos estímulos discriminativos producidos por la respuesta. Sin embargo, es difícil comprender esa afirmación ya que en los programas NFC no existe cambio de estimulación en la cámara experimental hasta que el sujeto finaliza el ensayo; a no ser que Mechner se refiriera a estímulos generados por la propia conducta.

En un segundo estudio Mechner (1958b) analizó las dependencias secuenciales de las carreras de respuestas; el grado en el que la longitud de la carrera en un ensayo está en función de la longitud que ésta tuvo en el ensayo anterior. Los resultados de Mechner muestran correlaciones positivas entre longitudes de carreras sucesivas.

En otro experimento, Mechner y Guevrekian (1962) investigaron los efectos que la privación de agua tuvo en la ejecución de las ratas que respondieron a dos programas de reforzamiento, uno asociado a la discriminación de un número de

respuestas (NFC 4) y otro de Intervalo Fijo Mínimo (IFM 15 s) en el que una respuesta emitida en la palanca A debía ser seguida por un tiempo (15 s) sin responder, antes de que otra respuesta en la palanca B produjera el reforzador. En los dos programas manipularon el periodo de privación de agua de 4 a 56 horas en orden aleatorio. Sus resultados mostraron que los periodos de privación no interfirieron con el requisito de tiempo mínimo sin respuestas que requirió el programa IFM, ni tampoco afectó la longitud de la carrera en el programa NFC. No obstante, en los dos programas la duración de la pausa postreforzamiento disminuyó con los incrementos en los periodos de privación de agua. Además, la tasa de respuesta en el programa de NFC incrementó sin que esto modificara la longitud de la carrera. En resumen, el estudio mostró que en las ratas los periodos de privación de agua afectan la latencia de las respuestas en programas de reforzamiento de NFC y IFM, pero no afectan significativamente las variables asociadas al reforzamiento en estos programas, como es el caso del número mínimo de respuestas y el tiempo mínimo sin respuestas, respectivamente.

Hurwitz (1962) modificó el procedimiento básico de Mechner al sustituir la respuesta a la palanca B por el ingreso (entrada) de la rata al comedero. Esta acción interrumpía un rayo fotoeléctrico y funcionaba como la respuesta terminal del requisito del programa de reforzamiento, sin afectar el criterio de número mínimo de respuestas para obtener el reforzador. Con dos grupos de ratas, Hurwitz utilizó procedimientos diferentes para probar el efecto de la contingencia de error en la longitud de la carrera de respuesta. Para un grupo la contingencia fue la de un programa NFC y para el otro grupo el número de entradas al comedero previas al cumplimiento del requisito de respuestas en la palanca A no regresaron el contador de respuestas a cero (grupo NF). Los resultados mostraron que los sujetos en la condición NFC emitieron un número de respuestas a la palanca ligeramente mayor al mínimo requerido, y que las ratas del grupo NF

subestimaron el número de respuestas emitido antes de ingresar al comedero; en ambas condiciones el valor del programa fue igual a tres. Este hallazgo hizo evidente, por primera vez, la importancia de la contingencia de error en la precisión para discriminar el número mínimo de respuestas por reforzador.

Platt y Johnson (1971), con una preparación similar a la de Hurwitz (1962), entrenaron a dos grupos de ratas, uno en un programa NFC y el otro en un programa NF. En el grupo entrenado en NFC el ingreso al área del comedero antes de cumplir con el requisito de respuestas (valor de N) tuvo tres consecuencias: 1) un apagón de la luz general de la caja de 10 segundos de duración, 2) la pérdida del reforzador, y 3) la anotación de un cero en el contador de respuestas para el siguiente ensayo. En el grupo NF, los ingresos al comedero previos al valor del programa no tuvieron ninguna consecuencia programada. Para ambos grupos el reforzador fue alimento y los valores de N, presentados siempre en orden ascendente, fueron 4, 8, 12 y 16 respuestas. En la condición NFC, las ratas produjeron distribuciones simétricas en la longitud de carrera con una moda ligeramente por arriba del valor del programa. Las distribuciones en longitud de carrera para las ratas en la condición NF mostraron una tendencia de las ratas a subestimar el requisito de respuestas cuando los errores por ingresar prematuramente al comedero no fueron castigados con un apagón dentro de la caja. Estos resultados y los de Hurwitz (1962), confirman la influencia de la contingencia del error en la ejecución. Dicho de otra forma, la discriminación numérica es más precisa cuando aumenta la demanda en la regla que impone el programa de reforzamiento para obtener el reforzador.

No obstante el número reducido de investigaciones relacionadas con la discriminación numérica, la investigación sobre las propiedades discriminativas de programas de reforzamiento basados en la respuesta ha mostrado ser un fenómeno robusto. Esta consistencia general en la discriminación del número de

respuestas por reforzador, se mantiene con diferentes combinaciones en los operandos de respuesta, manipulando el nivel de privación, o bien, modificando la proporción de programas RF y NFC dentro de la misma sesión (para una revisión, ver Davis y Pérusse 1988).

Por otra parte, existen ciertas regularidades en los resultados sobre discriminación numérica en animales cuando se han utilizado programas NFC. En primer lugar, como consecuencia de la contingencia de error programada por cambiar prematuramente a la palanca *B*, los sujetos responden consistentemente a la palanca *A* con un número de respuestas un poco mayor al mínimo requerido. A pesar de la duración prolongada de las condiciones experimentales, otra característica es el gradiente de discriminación de los sujetos que muestra una distribución casi normal en las longitudes de las carreras de respuesta, cuando la estrategia óptima sería presionar la palanca *A* un número exacto de veces antes de responder a la palanca *B*. Otro resultado consistente es que la variabilidad en el número de respuestas en *A* aumenta proporcionalmente en relación al número de respuestas que los sujetos deben estimar. Por ejemplo, cuando el número de respuestas establecido es 4, éstas se distribuyen en un rango de 3 a 7, pero cuando el valor del programa es 16, las respuestas varían entre 12 y 24 (Platt y Johnson, 1971). En este sentido, es necesario mencionar que en los programas NFC un incremento en la longitud de la carrera no reduce la frecuencia de reforzamiento a pesar de que el costo incrementa, definido éste como el número total de respuestas por reforzador.

En resumen, si bien es cierto que animales como las ratas parecen estar equipados con un mecanismo de discriminación numérica impreciso, también es verdad que la tarea en la mayoría de los estudios realizados ha consistido en emitir un número mínimo de respuestas por reforzador. No obstante, autores como Capaldi y Miller (1988) proponen que si los animales son expuestos a condiciones

experimentales en las que no hay otra manera de obtener alimento, responden de manera exacta ante los requerimientos del programa. A continuación se revisa esa posibilidad en los dos únicos estudios recientes que analizaron una discriminación exacta del número de respuestas.

Discriminación del número absoluto de respuestas

Zeier (citado por Xia, Siemman y Delius, 2000), expuso a nueve palomas a un programa en el que debían emitir un número exacto de picotazos a una tecla para después finalizar el ensayo con una respuesta a una tecla alternativa; es decir, los sujetos fueron sometidos a un programa NFC. El propósito del estudio fue probar el número máximo de respuestas al que las palomas podían emitir bajo ese procedimiento. Sólo tres palomas avanzaron hasta lograr el 75% de ensayos correctos con un requisito de cinco respuestas sobre la primera tecla; los otros seis sujetos lograron realizar correctamente la tarea con tres respuestas.

En la otra investigación interesada en la discriminación del número absoluto de respuestas, Xia, Siemman y Delius (2000) entrenaron a palomas para responder sobre una tecla donde se proyectaba uno de varios símbolos, cada uno asociado a un número exacto de respuestas. Como en el estudio de Zeier (citado por Xia, et al, 2000), las palomas cumplieron con el requisito del programa, emitiendo sólo una respuesta en la tecla alternativa. En el primer experimento, después de que nueve palomas aprendieron a responder con 1, 2, 3 y 4 respuestas a los símbolos correspondientes, fueron divididas en dos grupos que difirieron en la forma de entrenamiento. En el grupo A, cinco palomas fueron expuestas en etapas diferentes a dos tipos de ensayo. En el primero de ellos llamado *asistido*, se proyectó un estímulo (símbolo) en la tecla de respuesta y sólo hasta cumplirse el valor del programa, la tecla principal se apagaba para encenderse la tecla alternativa; una respuesta en este último operando tenía como resultado la entrega del reforzador. En el otro tipo de ensayo, al que se le llamó

consolidado, se presentaban las dos teclas encendidas de manera simultánea permitiéndose a las palomas responder en ellas en cualquier momento. En el grupo B, a diferencia del grupo A, no hubo ensayos asistidos; después de que las palomas aprendieron un valor particular de respuestas, en las siguientes condiciones se incluyeron los valores ya entrenados. En una condición adicional, se examinó el conjunto máximo de símbolos que las palomas podían manejar. Los resultados no mostraron un efecto diferencial en la precisión para resolver la tarea entre ambos grupos, pero sí fue evidente la importancia de los ensayos asistidos en el grupo A que en promedio necesitaron 10,000 ensayos menos que el grupo B para producir los mismos resultados. Considerando los datos de ambos grupos, cinco sujetos resolvieron con éxito la tarea hasta el número 5 y los cuatro restantes lo hicieron hasta el número 6. Las distribuciones de respuesta para cada símbolo, revelaron que los errores más frecuentes se presentaron con números de respuestas adyacentes al símbolo presentado, que con símbolos que representaban números de respuestas más distantes. Por ejemplo, si el número correcto era 5, los errores más frecuentes se registraron sobre 4 y no sobre 2 respuestas.

Abreviando, los dos estudios anteriores muestran que bajo condiciones de entrenamiento intensivo, las palomas son capaces de emitir un número exacto de respuestas. En el caso de Zeier (citado por Xia, et al, 2000) cuando el requisito de respuesta fue un solo valor dentro de la sesión, y en el caso de Xia, et. al (2000), en una tarea en la que fueron asociados símbolos arbitrarios con un número exacto de respuestas. Son esos experimentos los únicos recientes en la literatura que muestran la capacidad de las palomas para ejecutar un número exacto de respuestas para tener acceso al reforzador, esto dentro de ciertos límites.

CONCLUSIONES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la investigación sobre discriminación numérica, el énfasis se ha puesto en la influencia que el tipo de entrenamiento tiene en los resultados obtenidos. El propósito general del presente estudio, es evaluar la discriminación numérica en palomas utilizando procedimientos basados en la respuesta cuya característica esencial es que el único estímulo discriminativo disponible para los animales es su propia conducta. Con esa intención se diseñaron tres experimentos que difirieron uno de los otros en las contingencias necesarias para finalizar el ensayo antes y después de cumplir con el requisito de respuestas establecido por el programa de reforzamiento.

El presente trabajo se diseñó para estudiar algunas preparaciones experimentales que no tienen antecedente en el área de interés. Los procedimientos realizados incluyeron: 1) la manipulación de la contingencia de error, definida ésta como la finalización del ensayo en relación al cumplimiento del requisito del programa; 2) el análisis de la distribución de la longitud de la carrera de respuestas utilizando un diseño balanceado en el requisito de respuesta de un programa NFC; y 3) el empleo de un entrenamiento en el que se incluyó una primera fase donde se establecieron límites superior e inferior a un procedimiento NFC, para observar si las palomas son capaces de realizar una discriminación exacta del número de respuestas necesario para obtener el reforzador.

Para estos fines se realizaron tres experimentos.

El primero tuvo como propósito analizar el establecimiento de la discriminación numérica en situaciones donde cambian las consecuencias para finalizar los ensayos antes y/o después de cumplir el requisito mínimo de respuestas programado. Así, se programaron dos contingencias de error. En una

condición (NFC), el ingreso al comedero antes cumplir con el requisito mínimo de respuestas regresó a cero el contador de respuestas ocasionando la pérdida del reforzador. En otra condición (NF) el reforzador se entregó al cumplirse el requisito de respuestas, sin importar el número ingresos al comedero. Además, se dispusieron ensayos *vacíos* con una probabilidad igual a 0.2 en los que no se programó consecuencia alguna, con el fin de observar el efecto de los ensayos no reforzados en el ensayo posterior a éstos. Un propósito adicional de los experimentos fue validar un procedimiento inédito en el estudio de discriminación numérica en palomas que consiste en la combinación respuesta en la tecla, ingreso al comedero, e interrupción del rayo de una fotocelda para obtener el reforzador.

El propósito del segundo experimento fue probar si las palomas tenían la suficiente flexibilidad, en términos de ajuste conductual, a distintos valores de un programa NFC que no se presentan necesariamente en orden creciente, como normalmente se hace en los estudios de discriminación numérica. Con otros dos grupos de palomas se utilizó un diseño reversible, en donde cada grupo iniciaba con un valor determinado antes de cambiar a una condición experimental que para un grupo requería un valor mayor al inicial y para otro grupo a un valor menor al inicial.

El tercer experimento tuvo como objetivo probar un diseño en el que de forma gradual las palomas se aproximaran a la discriminación fina de su propia conducta. De forma semejante al diseño del Experimento 2, para algunos sujetos el cambio de condición fue hacia un número mayor de respuestas y para otros hacia un número menor de éste.

Experimento 1

El Experimento 1 fue una réplica sistemática del trabajo de Hurwitz (1962) y de Platt y Johnson (1971). Su propósito principal fue analizar dos consecuencias de error distintas en programas dependientes de la respuesta. En vista de que en este tipo de estudios la forma usual de comparar diferentes contingencias es mediante un análisis de las distribuciones de respuesta, para cada condición el Experimento 1 registró la longitud de la carrera de respuestas emitida en la tecla antes del ingreso al comedero.

Sujetos

Cuatro palomas macho, de aproximadamente tres años de edad y sin experiencia en procedimientos experimentales sirvieron como sujetos. Los animales fueron obtenidos en el bioterio de la Facultad de Psicología de la UNAM y alojados en jaulas individuales con acceso libre a agua en una habitación con temperatura controlada que tenía un ciclo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Las palomas fueron privadas de alimento y reducidas al 80% de su peso *ad libitum*. Al término de cada sesión se pesaba a los animales y de ser necesario se les daba alimento para mantener su peso al 80%.

Aparatos

Dos cámaras experimentales estándar de condicionamiento operante para palomas (Med Associates ®, Mod. ENV-007). El panel frontal de cada cámara tenía tres teclas de respuesta (Med Associates ®, Mod. ENV-123 AM) de 2 cm de diámetro; una tecla se montó en el centro de la pared a 22 cm del piso y las otras dos a la izquierda y a la derecha de ésta, respectivamente. La distancia del centro de una tecla al centro de otra fue de 8 cm. Solamente la tecla central estuvo en operación y fue iluminada con una luz blanca de 7.5 W DC que requirió una fuerza mínima de 15 g para ser operada. Debajo de la tecla central a 4 cm del piso, se

montó un dispensador de grano de 6 x 7 cm que podía ser operado por un solenoide. A través de un orificio de 1 cm que estaba detrás de la pared anterior de la cámara, se proyectó en el dispensador un rayo fotoeléctrico, su interrupción permitió el registro del ingreso de la paloma al comedero. Un foco de 7.5 W DC, montado en la pared posterior de la cámara, sirvió de iluminación general a la cámara que se colocó dentro de una caja amortiguadora de sonido; el ventilador de ésta hizo la función de ruido blanco. El control de los eventos de estímulo y el registro de las respuestas se hizo con una computadora personal (Acer) conectada a una interfase Med Associates ® (Mod. SG6080D). Todos los eventos de estímulo y respuesta se registraron con una aproximación a la décima de segundo.

Procedimiento

A todas las palomas se les entrenó a picar la tecla central mediante una versión del procedimiento de automoldeamiento (Brown y Jenkins, 1968). Se programaron sesiones de 60 ensayos en los que una luz sobre la tecla central funcionó como estímulo condicionado, el estímulo incondicionado consistió de tres segundos de acceso al alimento cuando habían transcurrido 30 segundos sin respuesta a la tecla, o bien mediante la emisión de una respuesta sobre la tecla antes del término de ese periodo. El intervalo entre ensayos fue de 10 segundos. El entrenamiento se mantuvo hasta que los animales respondieran en la tecla en más del 50% de los ensayos programados en tres sesiones consecutivas. Posteriormente, el número de respuestas requerido para obtener alimento fue gradualmente incrementado hasta 20. Después de esto, los sujetos fueron expuestos a un programa de RF 20 por seis sesiones consecutivas, las cuales finalizaron en seguida de la entrega de 50 reforzadores. En todos los casos, el reforzador consistió en tres segundos de acceso al grano donde la luz general se apagaba y se encendía el foco situado en el comedero.

Las cuatro palomas fueron asignadas al azar, dos sujetos en cada condición, a diferentes contingencias programadas por ingresar al comedero. En la condición NFC las consecuencias por el ingreso antes de emitir un número mínimo de cuatro respuestas a la tecla fueron las siguientes: 1) el regreso del contador de respuestas a cero; 2) la cancelación de la entrega del reforzador, y 3) un tiempo fuera de 10 s durante el cual permanecían apagadas la luz general y la luz de la tecla. Las luces se encendían una vez transcurrido ese tiempo e iniciaba un nuevo ensayo. En la condición NF, no hubo consecuencias programadas por ingresar al comedero antes de cumplir el requisito, por lo que todos los ensayos en esta condición fueron reforzados. En ambas condiciones se presentaron *ensayos vacíos* con una probabilidad de .2, la cual se computaba después de cada reforzador. En estos ensayos, la luz de la tecla permaneció encendida durante 10 segundos, al cabo de los cuales se apagó e inició un nuevo ensayo; las respuestas se registraron pero no tuvieron consecuencias programadas. Las sesiones finalizaron con la entrega del reforzador número 100 y se corrieron seis días a la semana.

Análisis de los resultados

Se tomaron los datos acumulados de la *carrera de respuestas* (el número de respuestas antes de ingresar al comedero), *tiempo de trabajo* (duración de la carrera desde la primera hasta la última respuesta antes de entrar al comedero), *tiempo de ensayo*, (la duración del ensayo incluyendo la pausa más el tiempo de trabajo) y el *tiempo de sesión*.

RESULTADOS

Desarrollo de la distribución de longitudes de carrera

En las figuras 1 a 4 se graficó para cada sujeto la distribución de las frecuencias de las carreras de respuesta como función del número de respuestas realizado antes de ingresar al comedero. Las figuras 1 y 2 presentan, sesión a sesión a lo largo de la condición, el desarrollo de los gradientes de discriminación de las palomas J22 y J24 de la condición NFC; y las figuras 3 y 4 los gradientes correspondientes a los sujetos J 41 y J 53 en la condición NF.

Para el sujeto J22, la Figura 1 muestra distribuciones de carrera de respuestas con mucha variabilidad, como era de esperarse, en la primera semana. En la segunda semana se observa, de manera incipiente en los últimos días, una mayor frecuencia de respuestas sobre el número 5, manteniéndose esta tendencia de manera más clara durante la tercera semana. En el inicio de la cuarta semana la mayor frecuencia fue sobre cinco respuestas y los últimos cuatro días la frecuencia más alta de ingresos al comedero fue de cuatro.

La Figura 2 muestra en la primera semana de entrenamiento un gradiente de discriminación mejor en J24, si se compara con la ejecución mostrada en el mismo periodo por J22 (Figura 1), ya que a partir del último día la frecuencia más alta se ubica en cuatro respuestas. De ahí hasta el final de la condición, aunque con cierta variabilidad en los últimos días de la segunda semana, la frecuencia más alta de ingresos al comedero se mantiene en 4 respuestas. Como conclusión de las figuras 1 y 2, podría decirse que en el grupo NFC disminuye la variabilidad alrededor del valor criterio conforme se acumulan las sesiones, aumentando la frecuencia sobre el valor mínimo de respuestas lo que resulta en gradientes de discriminación más altos.

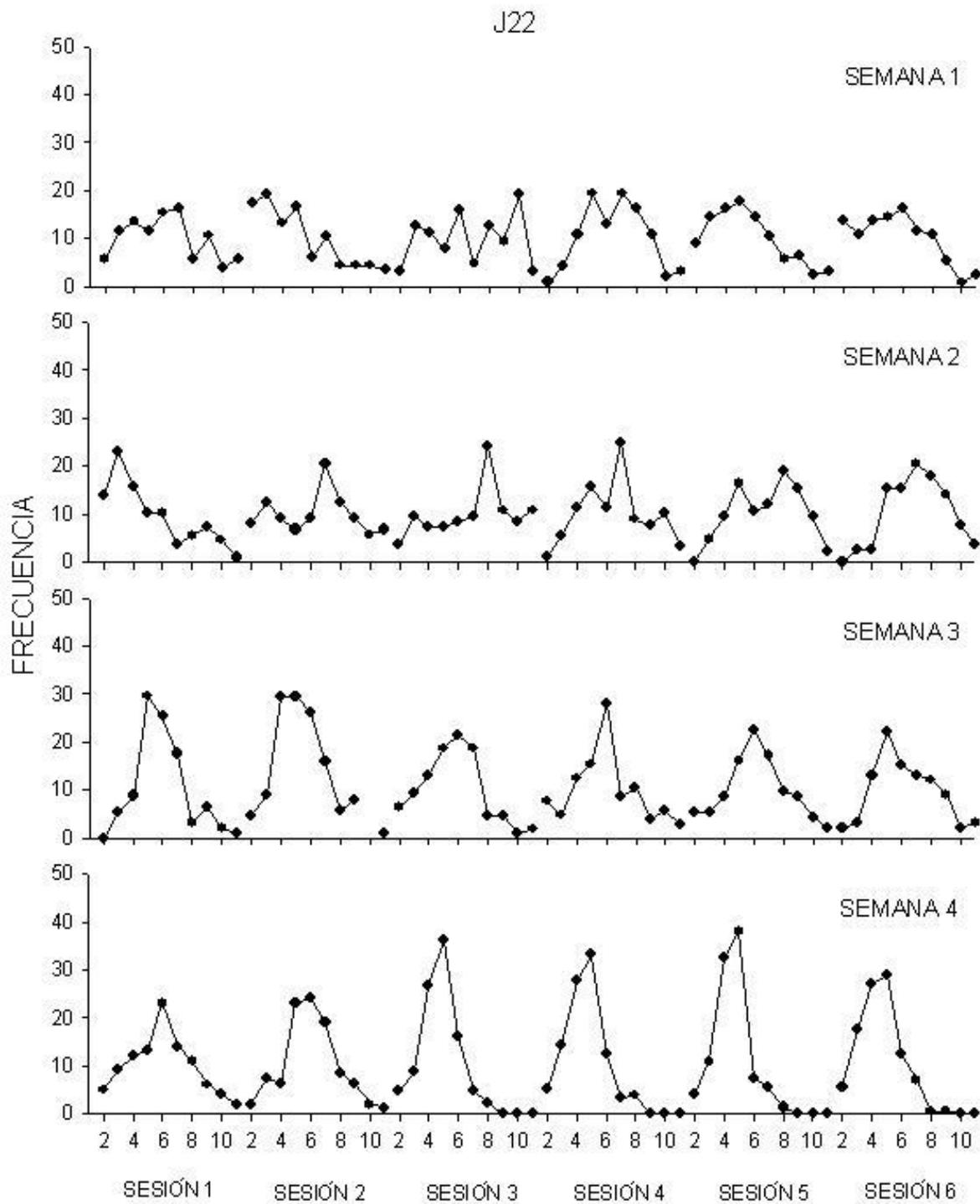


Figura 1. Muestra para el sujeto J22 la distribución de la frecuencia de la carrera de respuestas en función de las respuestas realizadas antes de ingresar al comedero.

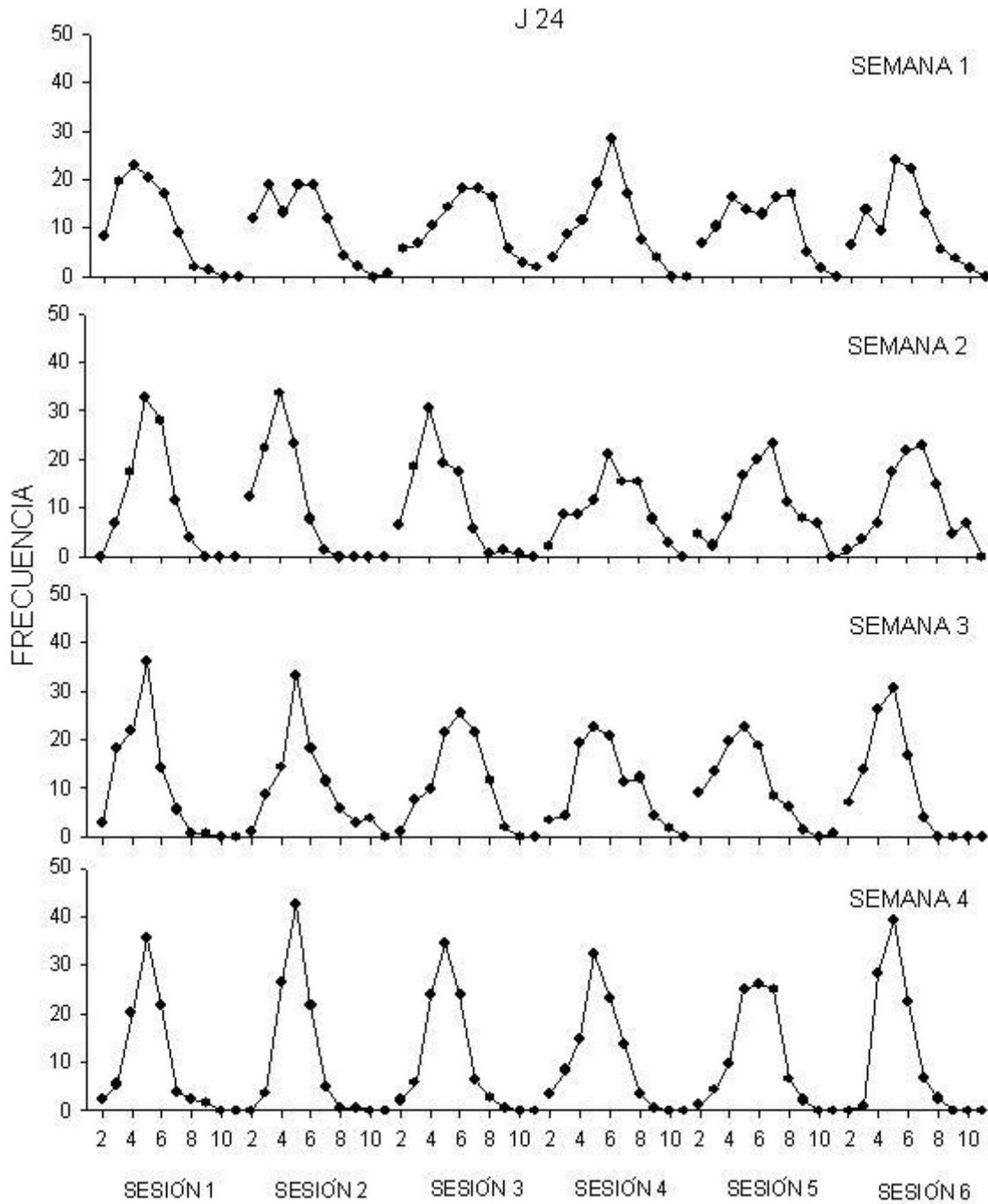


Figura 2. Muestra para el sujeto J24 la distribución de la frecuencia de la carrera de respuestas en función de las respuestas realizadas antes de ingresar al comedero.

En la condición NF, los sujetos podían ingresar al comedero en más de una ocasión en el mismo ensayo, por lo que fueron reforzados en todos los ensayos; esto se debió a que las contingencias programadas no consideraron la pérdida del reforzador por ingresar antes de cumplir con el requisito mínimo de respuestas.

Para el sujeto J41, la Figura 3 muestra distribuciones de carrera de respuestas en la primera semana con frecuencias altas sobre valores de 2 y 3 respuestas. En la segunda semana se observa un desarrollo del gradiente de discriminación con un pico alternando en 3 y 4 respuestas. Y para las últimas dos semanas, la ejecución es prácticamente la misma: un pico en 3 respuestas en los primeros días, y cierta variabilidad en los días finales de ambas semanas.

En la Figura 4 se presenta el desarrollo de los gradientes de respuesta para el sujeto J53. La distribución de carreras en la primera semana es semejante a la mostrada por J41, y de hecho se mantiene durante la segunda semana. Para las semanas tres y cuatro, las gráficas muestran un gradiente de discriminación semejante a una curva de distribución normal muy parecido entre ambos periodos, con la única diferencia de que en la tercera semana el pico se ubica en 4 respuestas y en la última semana sobre 3 respuestas.

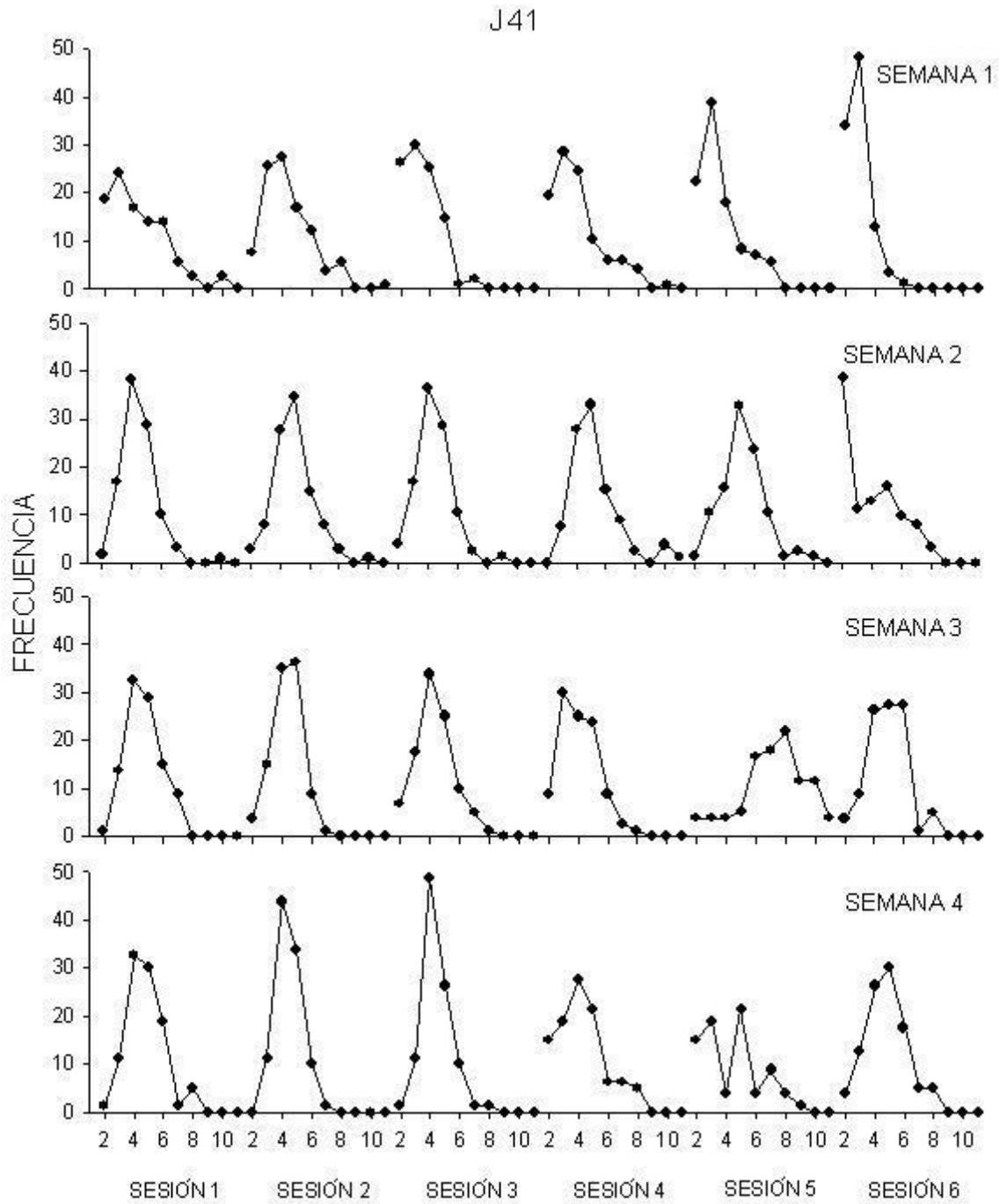


Figura 3. Muestra para el sujeto J41 la distribución de la frecuencia de la carrera de respuestas en función de las respuestas realizadas antes de ingresar al comedero.

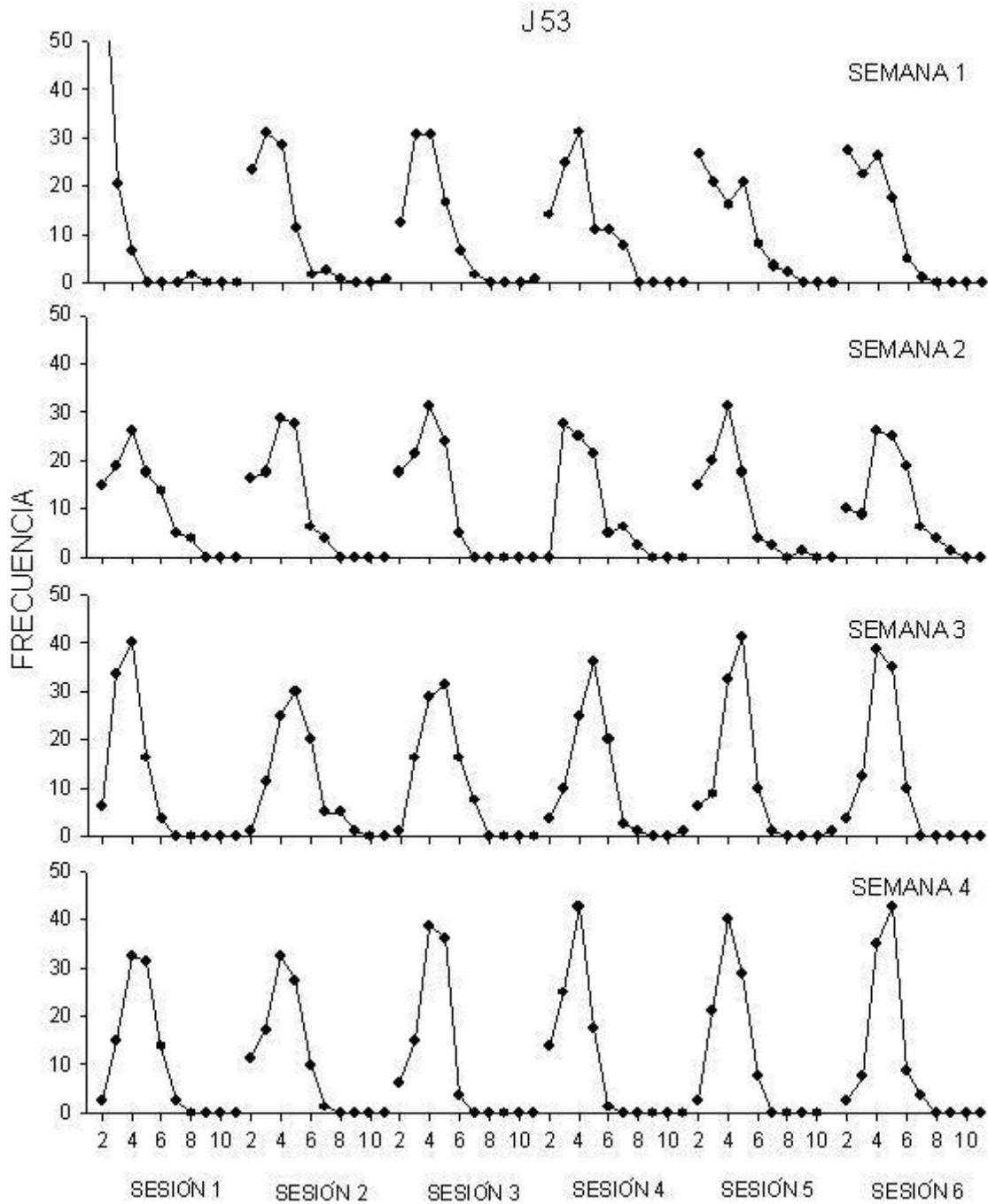


Figura 4. Muestra para el sujeto J53 la distribución de la frecuencia de la carrera de respuestas en función de las respuestas realizadas antes de ingresar al comedero.

La Figura 5 muestra para las cuatro palomas, en las últimas cinco sesiones, la frecuencia de respuestas en función de la longitud de la carrera. Para los dos sujetos de la condición NFC el pico de los gradientes se ubica sobre 4 respuestas. En la condición NF el mayor porcentaje de ingresos al comedero se ubica en un valor de 3. Un resultado adicional es que la frecuencia es un poco más alta en los sujetos de la condición NF, lo que significa que la dispersión de la frecuencia de respuestas es mayor. Lo anterior es evidencia de que los sujetos NFC pudieron haber sido reforzados ocasionalmente con carreras de hasta 8 respuestas.

En la Tabla 1 se presentan las medidas de tendencia central, de dispersión, y la curtosis de las distribuciones de las carreras de respuesta para cada sujeto en ambas condiciones.

Tabla 1. Muestra para el Experimento 1 la media, desviación estándar y la curtosis en los últimos cinco días. Los datos corresponden a la Figura 5.

SUJETO	<i>MEDIA</i>	<i>DESVIACIÓN</i>	<i>CURTOSIS</i>
NFC J 22	28.78	9.36	1.87
NFC J 24	34.83	6.03	1.99
NF J 41	34.16	9.76	1.39
NF J 53	36.66	4.00	1.40

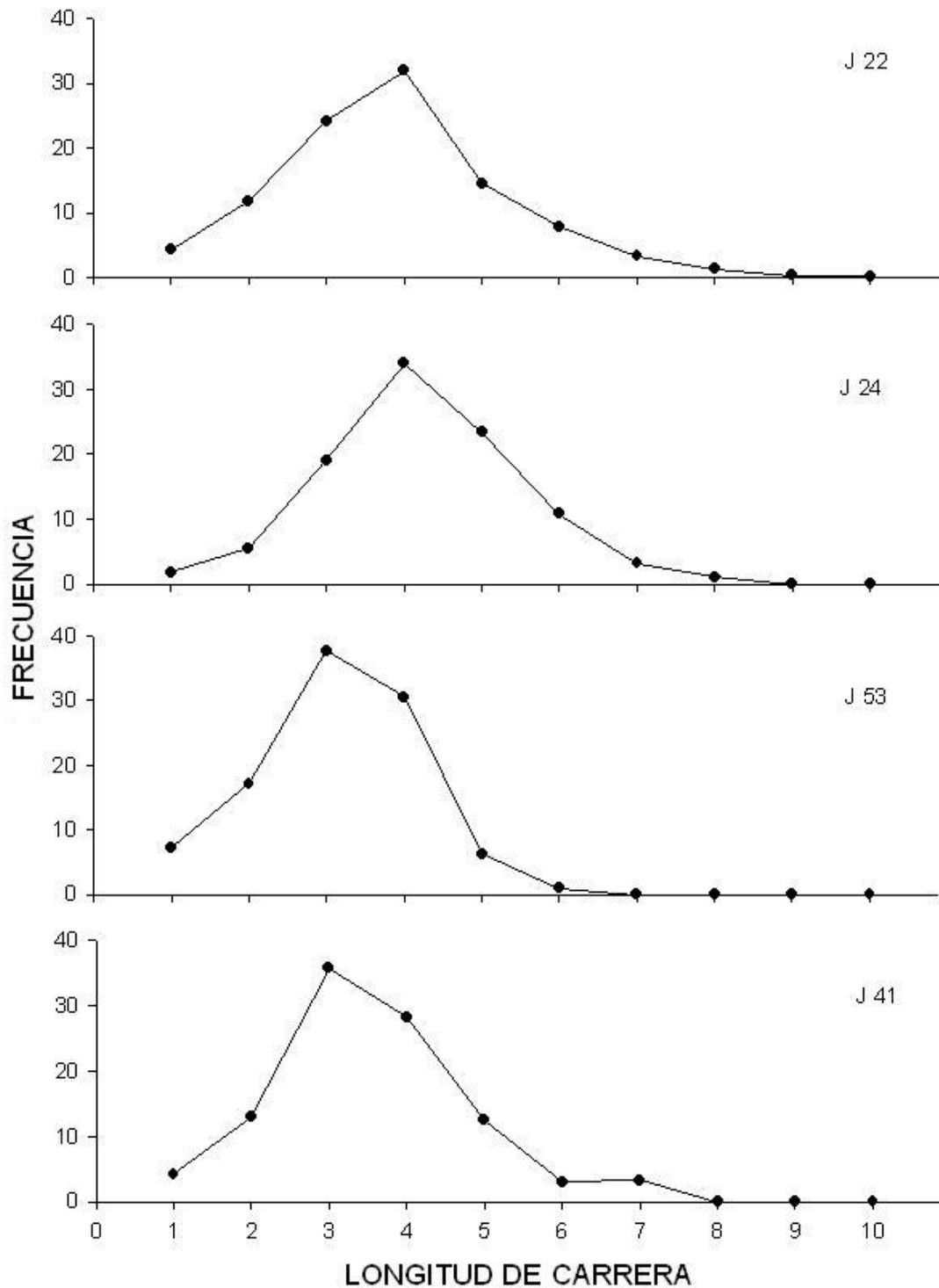


Figura 5. Muestra el resumen de la últimas seis sesiones de la distribución de las frecuencias en las carreras de respuesta para todas las palomas, como una función de la longitud de la carrera de respuestas realizadas antes de ingresar al comedero.

Para cada sujeto en las 24 sesiones de entrenamiento, la Figura 6 muestra la moda en la distribución de la frecuencia de las carreras de respuestas. En el panel superior aparecen los datos de la condición NFC y en el inferior los de la condición FN. En la condición de NFC de la sesión 1 a 14, la moda en la distribución oscila entre 2 y 9 respuestas; sin embargo, a partir de la sesión 14 la moda se estabiliza entre 4 y 5 respuestas. El panel inferior muestra que en la condición FN la moda fluctuó entre 1 y 4 respuestas a través de las sesiones. Sin embargo, se observa a J 41 en la sesión 19 con una moda de 7 respuestas.

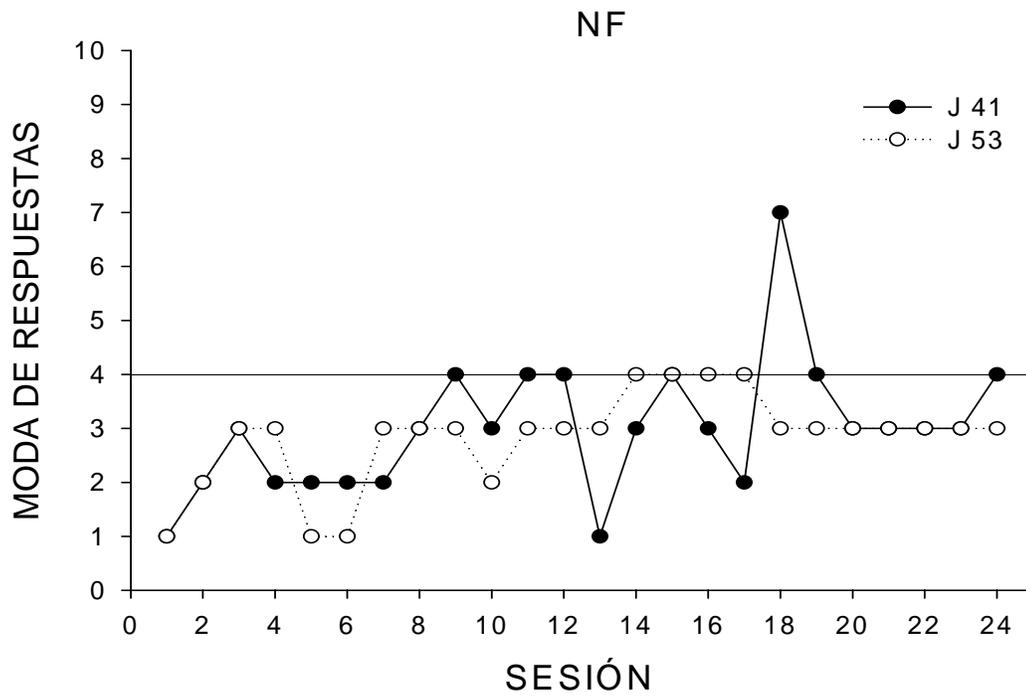
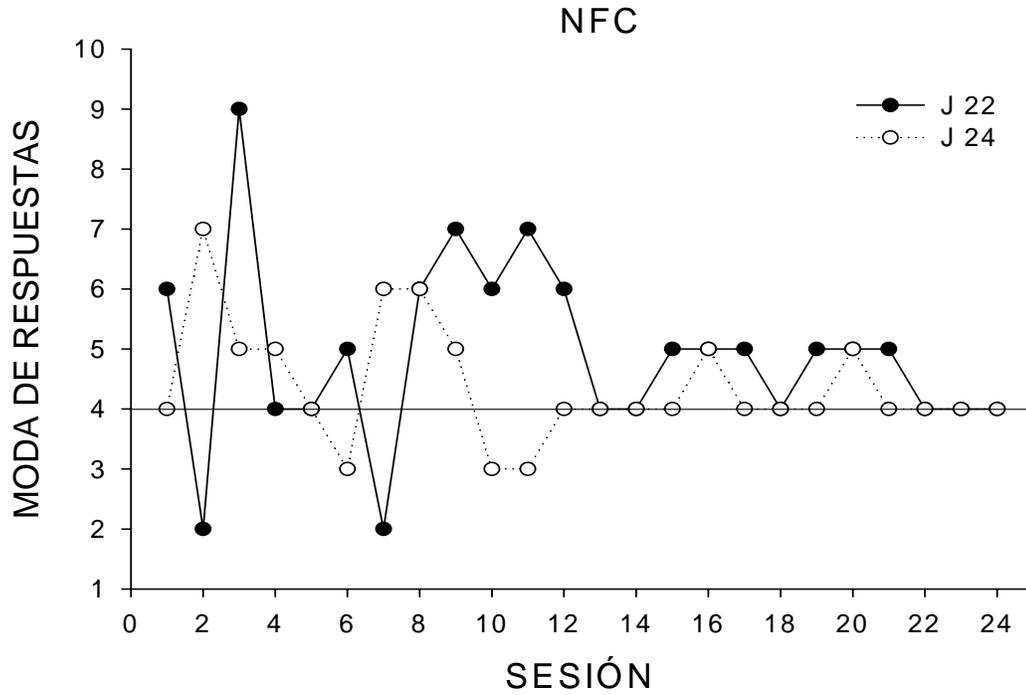


Figura 6. En la parte superior se muestra la moda de respuestas por sesión de los sujetos J22 y J24 del grupo NFC. En la parte inferior, la misma medida para los sujetos J41 y J53 del grupo NF.

Probabilidad Condicional

Una medida del índice de discriminación derivada de la distribución de la longitud de la carrera, es el cálculo de las probabilidades condicionales de las respuestas adicionales – la probabilidad de que un sujeto emita N respuestas habiendo realizado ya $N - 1$ respuestas. De esta forma, si una paloma ha emitido ya 7 respuestas sobre la tecla, ¿cuáles son las probabilidades de que realice 8 respuestas, o más, antes de ir al comedero?. Por ejemplo, si la paloma ha hecho carreras de 7 respuestas en 10 ocasiones pero ha ido más allá de 7 (8, 9 10, etc.) en 5 ocasiones, la probabilidad condicional es igual a $5/10$, o .5. La pendiente de esta función de probabilidad que relaciona la longitud de la carrera actual con la probabilidad de emitir una respuesta más, particularmente el segmento inmediatamente por arriba y por abajo del valor del criterio, es considerado como una medida de la calidad de la discriminación. Si la discriminación es precisa, la función mostrará una pendiente más pronunciada que si la discriminación es pobre. La *ausencia* de discriminación sería representada mediante una pendiente igual a cero.

En la Figura 7 la probabilidad condicional de la respuesta en las condiciones NF (panel superior) y NFC (panel inferior) se graficó en función de la longitud de la carrera. En el panel superior de la Figura 7 se observa que la probabilidad condicional de la respuesta es inversamente proporcional a la longitud de la carrera: cuando la longitud es de una respuesta la probabilidad condicional es de 1.0, en una longitud de 3 cae a 0.7, en una de 5 a 0.2 y en carreras más largas es igual a cero.

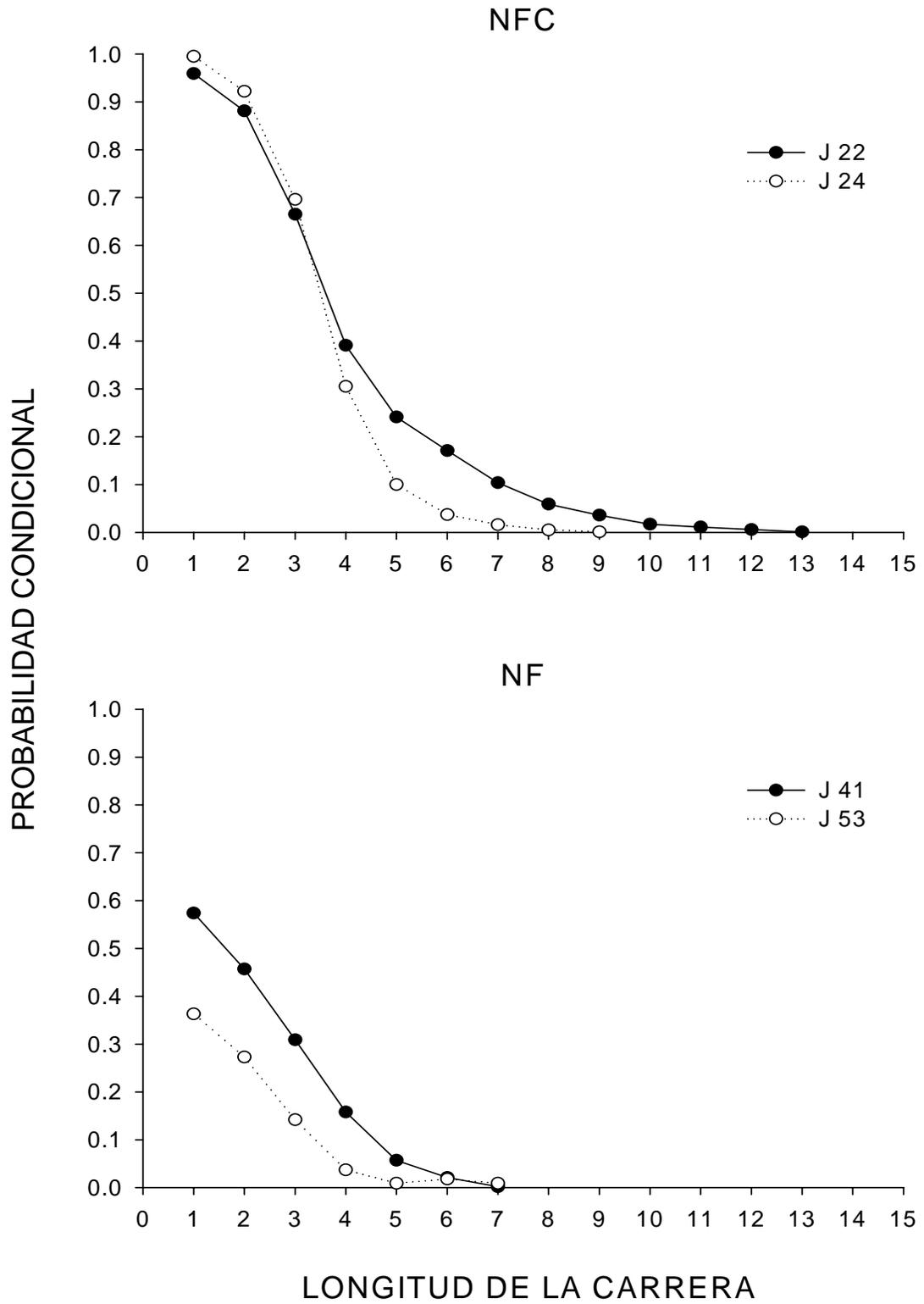


Figura 7. Probabilidad condicional de la respuesta en función de la longitud de la carrera. El panel superior muestra los datos de la condición NFC (sujetos, J22 y J 24) y el inferior los correspondientes a la condición NF (sujetos J41 y J53).

Una comparación del panel superior con el panel inferior, revela que el patrón de ejecución de la palomas en la condición FNC es similar al de las palomas en la condición FN, la única diferencia es que en la condición NFC la función indica, para ambos sujetos, que la probabilidad de que se presente una respuesta adicional es muy cercana a 1 al inicio de la longitud de la carrera.

Para las dos condiciones (NFC y NF), la Tabla 2 muestra los valores de las probabilidades condicionales presentadas en la Figura 7.

Tabla 2. Muestra para cada sujeto el valor de la probabilidad condicional de respuesta en los últimos cinco días del Experimento 1 (los datos corresponden a la Figura 7).

LONGITUD DE CARRERA	NFC J22	NFC J24	NF J41	NF J53
1	.95	.99	.57	.36
2	.88	.92	.45	.27
3	.66	.69	.30	.14
4	.39	.3	.15	.03
5	.24	.1	.05	.009
6	.17	.03	.02	.01
7	.10	.01	.002	.009
8	.05	.005		
9	.03	.001		
10	.01			
11	.01			
12	.006			
13	.001			

En este caso se ve claramente que con longitudes de 1 a 4 respuestas, el valor de la probabilidad condicional de respuesta para los dos sujetos de la condición FCN es mayor (rango de 0.99 a 0.30, respectivamente) en comparación de los sujetos de la condición FN (rango de 0.57 a 0.03). Lo anterior, indica que las palomas en la condición NFC mantienen una probabilidad cercana a 1 de emitir una respuesta

más al principio de la carrera de respuestas y que esta probabilidad va decreciendo conforme se aproximan al criterio del programa. La diferencia con relación a los valores obtenidos en las palomas NF, es que, de inicio, estos sujetos tienen probabilidades de alrededor de .5 de emitir una respuesta más después de haber emitido ya una respuesta, y que si bien se observa un decremento en la probabilidad, la pendiente obtenida no es tan pronunciada como en el caso de las palomas NFC. De acuerdo al criterio señalado previamente, relacionado con la forma de las pendientes, podría decirse que la discriminación en los sujetos NF es pobre.

Ensayos Vacíos

Para los últimos 10 ensayos de cada una de las cinco sesiones finales, las figuras 8 y 9 muestran el efecto que tuvieron los ensayos vacíos en los ensayos posteriores a éstos. En ambas figuras los tres puntos de cada sesión corresponden a los ensayos: previo al vacío, vacío y el posterior a éste.

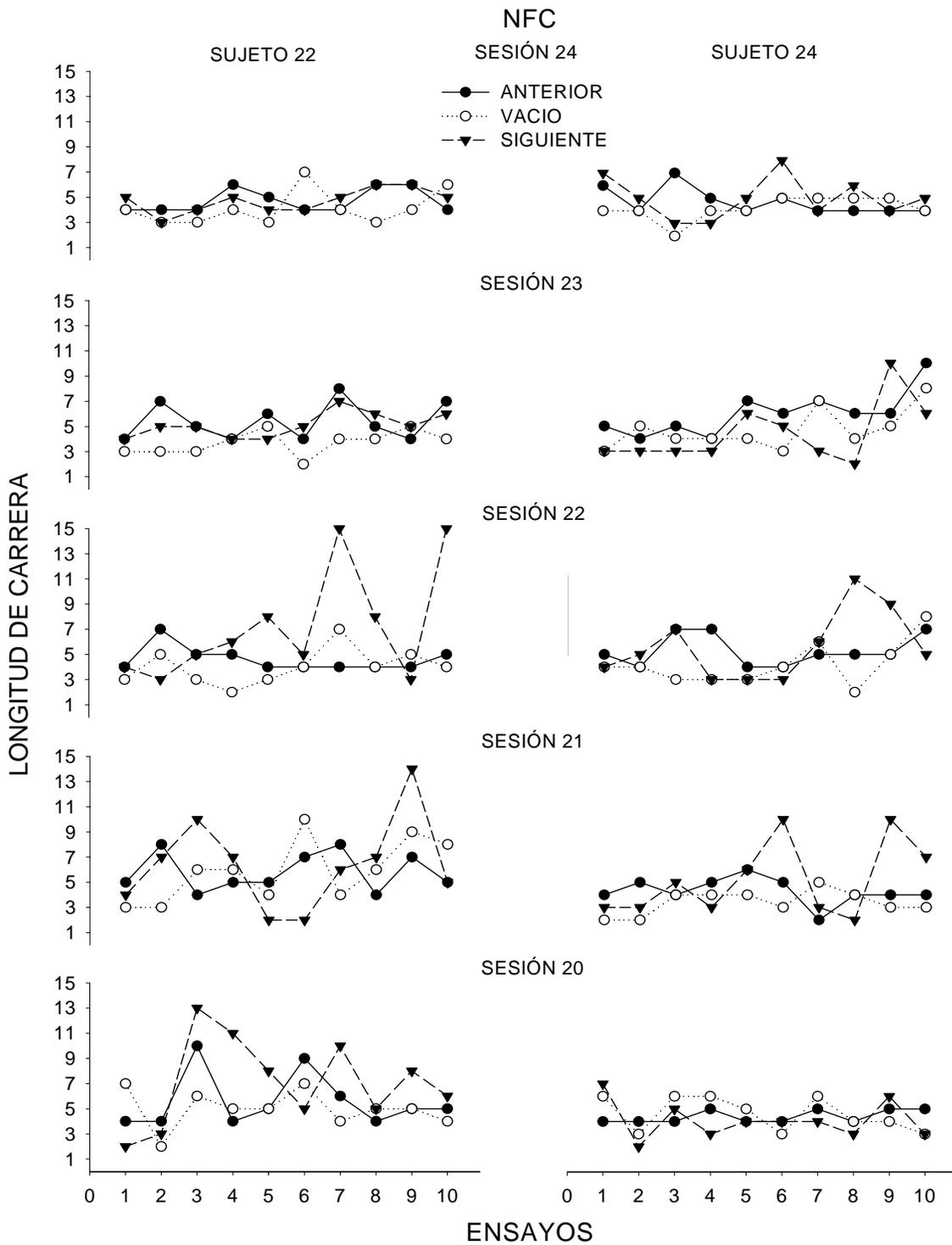


Figura 8. Muestra para la condición NFC (sujetos J22 y J24), la distribución de las longitudes de carrera de los últimos 10 ensayos vacíos de cada sesión. Los datos corresponden a las cinco últimas sesiones.

El propósito de incluir con cierta probabilidad ensayos vacíos, fue observar si los sujetos, dependiendo de la contingencia de error programada, respondían con algún patrón particular en el ensayo posterior al no reforzado. Concretamente, se esperaba en los sujetos NFC un incremento en la longitud de la carrera de respuesta en el ensayo posterior al vacío debido a que no fueron reforzados, o bien, la emisión de un número de respuestas cercano al valor del programa. En el caso de los sujetos NF, la hipótesis era que debido a que la contingencia programada no castigaba los ingresos prematuros al comedero, las palomas ingresarán al comedero inmediatamente después de iniciar el ensayo. Lo que se observa en la Figura 8 para los dos sujetos NFC es cierta variabilidad en la longitud de las carreras de las sesiones 20 a la 23, Sin embargo, en la sesión 24 ya no se aprecia esa variabilidad, ni tampoco las diferencias en longitudes de carrera en los ensayos previo al vacío, vacío y el posterior a éste. En el caso de los sujetos NF (Figura 9), las gráficas muestran que ambas palomas ingresan directamente al comedero en el ensayo posterior al vacío y en algunos casos después de emitir una respuesta.

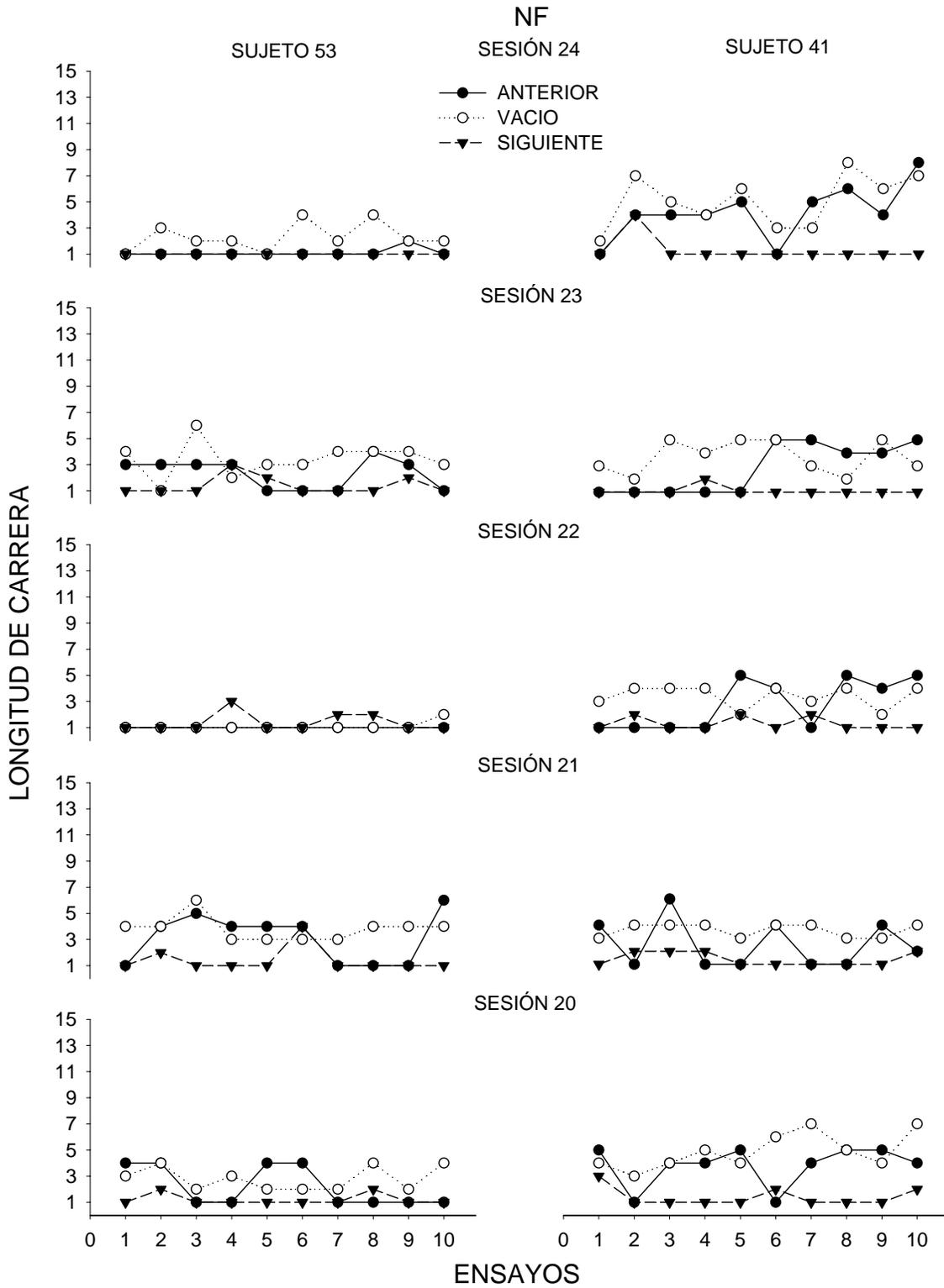


Figura 9. Muestra para la condición NF (sujetos J53 y J41), la distribución de las longitudes de carrera de los últimos 10 ensayos vacíos de cada sesión. Los datos corresponden a las cinco últimas sesiones.

DISCUSIÓN

El Experimento 1 analizó el efecto que la contingencia del error por ingresar al comedero tuvo sobre la discriminación del número de respuestas. En la condición NFC se consideró como error ingresar al comedero antes de cumplir en la tecla con el requisito mínimo de cuatro respuestas; las consecuencias del error fueron el regreso a cero del contador de respuestas y un tiempo fuera (apagón de la caja) de 10 segundos. En la condición NF ingresar al comedero antes de emitir un mínimo de cuatro respuestas no tuvo ninguna consecuencia, por lo que este programa fue semejante a uno de RF4.

La inclusión de ensayos en los que no se programó la entrega de reforzador (ensayos vacíos) distinguió al Experimento 1 de otros estudios (e.g., Hurwitz, 1962; Platt y Johnson, 1971) que se interesaron en el efecto de las contingencias de error en la discriminación numérica. Esto permitió el análisis de los efectos secuenciales del número de respuestas emitidas en el ensayo no reforzado y en un ensayo posterior a éste. El propósito de los ensayos vacíos fue identificar las variables responsables de la discriminación del número mínimo de respuestas por reforzador, como es el caso de la contingencia de error.

En relación a la longitud de la carrera en los ensayos posteriores a los ensayos vacíos, los resultados mostraron en la condición NFC (Figura 8) un incremento en la longitud de la carrera después de los ingresos al comedero que no fueron reforzados. Sin embargo en relación a las respuestas emitidas en el ensayo vacío, dicho incremento no fue mayor a una o dos respuestas. Lo cual contrastó con lo ocurrido en los sujetos asignados a la condición NF, en donde prácticamente en todos los ensayos posteriores al vacío, el ingreso al comedero ocurrió después de la emisión de una sola respuesta (Figura 9); un patrón de

respuestas esperado si se considera la ausencia de las consecuencias de error que distinguieron a esta condición.

En la condición NFC, la tendencia de las palomas a emitir longitudes de carrera de respuesta mayores al requisito del programa después de los ingresos al comedero no reforzados, podría reflejar una correlación negativa entre la ubicación de dos entradas sucesivas. Las correlaciones positivas entre dos longitudes de carrera sucesivas posteriores al reforzamiento, combinadas con las longitudes de carrera más largas de lo requerido seguidas de los ensayos no reforzados, sugieren que el tiempo fuera contingente con el error y la puesta en cero del contador de respuestas sirvieron ya fuera como un castigo, decrementando la probabilidad de la repetición del error, o como un estímulo discriminativo para incrementar la longitud de la carrera en el ensayo siguiente.

En los sujetos de la condición NF, los patrones un tanto distintos de las relaciones secuenciales seguidas de entradas al comedero, reforzadas y no reforzadas, sugieren también un efecto independiente de los ingresos reforzados versus no reforzados sobre la subsecuente carrera de respuesta. Las carreras muy cortas seguidas de ingresos no reforzados pudieron esperarse sobre la base de la ausencia de una contingencia de puesta en cero del contador de respuestas sobre los errores en esta condición. De esta manera, un ingreso no reforzado podría considerarse como un estímulo discriminativo para una carrera de respuesta subsecuente muy corta.

En general, la ejecución de las palomas en las condiciones NFC y NF es consistente con los hallazgos reportados en estudios que utilizaron procedimientos semejantes al empleado en el Experimento 1 (Hurwitz, 1962; Platt y Johnson, 1971). Mientras que en la condición NFC el resultado general es una relación

directa entre la longitud promedio de las carreras de respuesta y el número mínimo de respuestas que se requiere para obtener el reforzador. En la condición NF el hallazgo común con los estudios mencionados, es haber encontrado una menor correspondencia entre el valor del programa y el número de respuestas emitido antes del primer ingreso al comedero.

Los resultados del Experimento 1 también son una extensión de los hallazgos encontrados con procedimientos que incluyeron dos teclas o palancas en la misma situación, al mostrar que la ejecución de las palomas no se vio afectada por la respuesta de ingresar al comedero que es equivalente a la conducta de presionar otra tecla o palanca alterna (para una revisión, ver Davis y Pérusse, 1988).

Regresando al análisis de los efectos de la contingencia de error en la condición NFC, algunas hipótesis plantean que el no reforzamiento en una carrera de longitud corta, menor que el requisito del programa, tiene como resultado un decremento en la fuerza para ingresar al comedero (Platt y Johnson, 1971). Otra posibilidad, ya considerada anteriormente, es que el resultado de un error contingente a la respuesta finalizadora del ensayo, funcione como estímulo discriminativo para incrementar el número de respuestas en el ensayo posterior. Esta interpretación es similar a la de Notterman y Block (1969), quienes propusieron una regla muy simple: las carreras no reforzadas son seguidas de carreras reforzadas, si y sólo si, en el ensayo siguiente la longitud de la carrera incrementa. Esta regla tiene sentido si se concede que incrementar el número de respuestas es una muestra de que las palomas discriminan la cantidad de respuestas emitidas antes de ingresar al comedero. De otra manera, resulta complicado explicar cómo es que las palomas en la condición NFC hayan incrementado la longitud de sus carreras de respuestas después de los ensayos

no reforzados. Si las consecuencias por ingresar prematuramente al comedero hicieran más evidente el error, entonces los efectos de éste deberían resultar en un incremento de la longitud de la carrera. En la condición NFC la Figura 8 presentó un resultado que confirma la idea anterior; es decir, en el ensayo posterior al vacío el número de respuestas frecuentemente incrementó. Parece entonces, que la regla que aplicaron los sujetos en la condición NFC estuvo asociada a la emisión de un número de respuestas mayor al que emitieron en el ensayo previo, cuando éste no fue reforzado.

Las palomas expuestas a un programa NFC fueron capaces de discriminar el valor mínimo de respuestas antes de ingresar al comedero. Sin embargo, el incremento en el número de respuestas que se observó después de un ensayo no reforzado, planteó la siguiente pregunta: ¿qué debe ocurrir para que finalicen los incrementos en el número de respuestas después de un ensayo no reforzado?. Esta pregunta es viable, ya que mientras las palomas responden a la tecla no se programa ningún cambio de estímulos en la cámara experimental, hasta que las palomas ingresaron al comedero.

Si bien los resultados del Experimento 1 son consistentes con los hallazgos en el área, quedan pendientes de responder algunas preguntas. Una de ellas se refiere a la discriminación numérica de las palomas cuando son expuestas a variaciones que requieren cambios en dirección ascendente y descendente con respecto a un valor inicial. El Experimento 2 trató de responder a esta pregunta.

Experimento 2

En este experimento, se analizó la distribución de la longitud de la carrera de respuestas utilizando una manipulación reversible en el requisito de respuesta de un programa NFC. Con la finalidad de observar el desarrollo del ajuste en el número mínimo de respuestas, se incluyó una condición que en relación al valor inicial disminuyó el número mínimo de respuestas. Dos palomas fueron expuestas primero a un programa NFC 4 y después a otro de NFC 8; el orden de esa secuencia se invirtió con otras dos palomas. No obstante la ausencia de diseños balanceados en los estudios con programas NFC, se esperaba que las palomas sometidas a la secuencia NFC 8 - NFC 4 mantuvieran en el segundo programa la misma distribución de longitudes de carrera que emitieron en el primer programa, ya que con un mínimo de ocho respuestas en los dos programas se asegura un desempeño exitoso. En el caso de la secuencia NFC 4 - NFC 8, la estrategia de respuesta esperada en el segundo programa es alargar la longitud de la carrera hasta hacer *contacto* con el reforzador.

Sujetos

Cuatro palomas macho (J22, J53, J17 y J94) de aproximadamente tres años de edad al inicio del experimento sirvieron como sujetos. Por ser experimentalmente ingenuas, J17 y J94 fueron sometidas al entrenamiento descrito en el Experimento 1 para la adquisición de la respuesta; J22 y J53 no requirieron entrenamiento por haber participado en el Experimento 1. Las condiciones de alojamiento de las palomas en el bioterio fueron idénticas a las descritas en el Experimento 1.

Aparatos

El Experimento 2 utilizó los mismos aparatos que se usaron en el Experimento 1.

Procedimiento

En el Experimento 2 se implementó el programa de NFC con el mismo procedimiento que el Experimento 1, pero no incluyó ensayos vacíos. De acuerdo a un diseño balanceado los sujetos fueron asignados al azar a una de dos secuencias. En la secuencia ascendente J22 y J53 respondieron primero al programa NFC4 y después al de NFC8. Lo opuesto ocurrió en la secuencia descendente, J17 y J94 primero respondieron al programa NFC4 y después al de NFC8. Cada secuencia permaneció vigente por un mínimo de 15 sesiones que finalizaban con el ensayo número 100 . El criterio que sirvió para decidir el cambio de un programa a otro, fue que por cinco sesiones consecutivas la frecuencia de respuestas se situara entre una respuesta más o menos respecto del valor requerido por el programa NFC. El registro y el análisis de los datos fue el mismo que implementó el Experimento 1.

	Ascendente	Ascendente	Descendente	Descendente
Fase	J53	J22	J17	J94
1	4 (30)	4 (38)	8 (44)	8 (60)
2	8 (29)	8 (36)	4 (25)	4 (42)
3	4 (21)	4 (32)	8 (22)	8 (21)
4	8 (18)	8 (18)	4 (15)	4 (17)

Tabla 3. Muestra el orden de las condiciones experimentales para cada grupo. Para cada fase se muestra el valor del programa NFC, y entre paréntesis el número de sesiones por condición.

RESULTADOS

Transiciones entre programas y distribución de respuestas

Los porcentajes de respuesta se graficaron en la Figura 10, en función de la longitud de la carrera de respuestas emitida antes de ingresar al comedero. En las columnas uno y tres de izquierda a derecha, de las dos primeras filas, aparecen los datos obtenidos en las primeras cinco sesiones y en las columnas dos y cuatro los correspondientes a las últimas cinco sesiones de la condición ascendente. La primera fila corresponde a la primera transición y la segunda fila a la segunda transición. Las filas tres y cuatro muestran los datos para los sujetos de la condición descendente.

Los datos muestran que en las primeras cinco sesiones de la secuencia ascendente, las carreras de respuesta para ingresar al comedero fueron más largas en J22 que en J53; note que en los cuatro programas de NFC las curvas con puntos abiertos se desplazan hacia la derecha con una moda entre 7 y 9 respuestas, mientras que en las curvas con puntos cerrados la moda está entre 5 y 7 respuestas. Sin embargo, las últimas cinco sesiones muestran distribuciones de longitud de carrera muy similares para los dos sujetos; cuando NFC4 fue el primer programa la moda se localizó en 5 respuestas, pero con NFC8 como primer programa la moda se movió hacia 8 respuestas mostrando un claro ajuste de las palomas al nuevo requisito de respuesta. Los paneles inferiores del lado derecho muestran las ejecuciones de las palomas cuando los programas de NFC 4 y NFC8 estuvieron en el segundo lugar de la secuencia ascendente. Las distribuciones se caracterizan por tener una moda en la longitud de la carrera que corresponde al requisito mínimo de respuestas de cada programa. Como se esperaba, el valor de los porcentajes de respuesta en las condiciones de reversión fue más sensible al requisito de respuesta que el obtenido en la primera ocasión que las palomas

fueron expuestas a los dos programas de NFC. En el caso de la paloma J22, el promedio de respuestas cinco días después de haber finalizado el programa de NFC4 se ubicó en 8 respuestas, valor mínimo del requisito de respuestas para acceder al reforzador. El ajuste en la ejecución de la paloma J53 mostró una mejor transición del *primer programa* de NFC8 al *segundo* de NFC4. Note que los paneles del lado derecho muestran para este sujeto un incremento en el porcentaje de respuestas en las condiciones de reversión; esto con respecto a la ejecución en los mismos programas cuando sirvieron como primera condición en la secuencia ascendente.

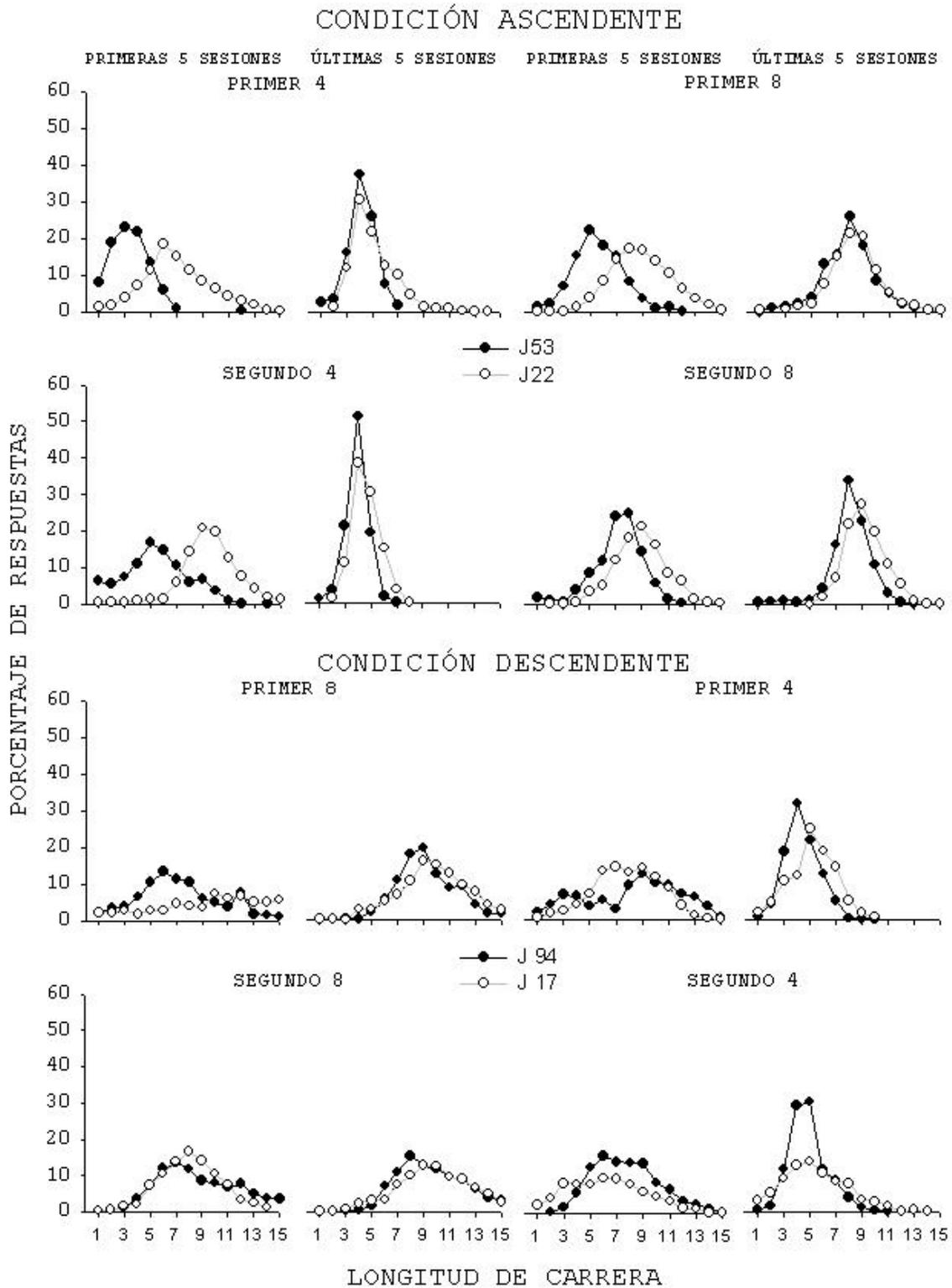


Figura 10. Para las secuencias ascendente y descendente, el porcentaje de respuestas en función de la longitud de la carrera de respuesta previa al ingreso al comedero. *Primero* y *segundo* se refieren al orden de los programas NFC 4 y NFC 8 en las condiciones experimentales.

En los datos de los sujetos (J94 y J17) que iniciaron en el programa NFC8 o secuencia descendente, la ejecución de las palomas J17 y J94 es muy semejante entre ellas en las primeras y en las últimas sesiones de cada valor de NFC. Estos sujetos muestran, en todas las condiciones, porcentajes de respuestas muy inferiores a los expresados por los dos sujetos de la secuencia ascendente. Además, los picos de los gradientes de discriminación se ubican en valores mayores al requisito de respuesta establecido por los programas de NFC, sugiriendo una pobre discriminación de los sujetos en esta condición. Sin embargo, en el caso de las últimas cinco sesiones, cuando por primera vez el programa fue NFC4, se observa un pico sobre 4 respuestas en el J94 y sobre 5 respuestas en J17. En el caso de la paloma J94, el valor de los porcentajes de respuesta en los últimos 5 días del programa NFC4 en la última condición del experimento fue claramente mayor del valor observado en J17; aunque en ambos casos las distribuciones fueron bimodales con valores de 4 y 5 respuestas.

Probabilidad Condicional

Por ser un índice complementario de discriminación, la probabilidad condicional se computó y graficó en las figuras 11 (condición ascendente) y 12 (condición descendente), en función de la longitud de la carrera de respuestas. Los cómputos de las primeras cinco sesiones aparecen en los paneles de la izquierda y los correspondientes a las últimas cinco sesiones en el lado derecho.

Sin importar el orden del programa de NFC en la secuencia, la probabilidad de emitir una respuesta adicional disminuyó conforme los sujetos se acercaron al requisito mínimo de respuesta establecido por el programa; el resultado fue más evidente en las condiciones de reversión. Por ejemplo, en las últimas 5 sesiones de la condición de reversión en NFC4, la Figura 12 muestra que después de emitir tres respuestas la probabilidad de emitir una más antes de ir al área del comedero,

cayó en J53 de .73 a .22 con cuatro respuestas y hasta .02 con cinco respuestas como requisito mínimo del NFC. Esto significa que después de haber emitido cuatro respuestas la probabilidad de que se presentara otra respuesta antes de ir al comedero fue cercana a cero. Los datos correspondientes a la paloma J22 son de .88, .50 y .19 para tres, cuatro y cinco respuestas respectivamente en las últimas cinco sesiones de la segunda transición de NFC4. El efecto en el decremento en la probabilidad condicional es menor en el programa de NFC8 que en el de NFC4. Este resultado se aprecia mejor en las condiciones NFC8, donde la variación en el valor de la probabilidad es menor a medida que aumenta el valor en la longitud de la carrera, si se compara con los paneles NFC4. Sin embargo, para matizar lo anterior, es necesario decir que en los últimos cinco días de la segunda condición NFC8 el valor de la probabilidad condicional decrementa visiblemente en ambos sujetos conforme se aproximan al valor del programa; en J53, los datos son de .72, .38 y .17 para siete, ocho y nueve respuestas, en J22 los datos son de .65, .40 y .22 para los mismos valores de respuesta. Lo anterior implica una mejor discriminación en esta fase si se compara con la primera condición NFC 8.

CONDICION ASCENDENTE

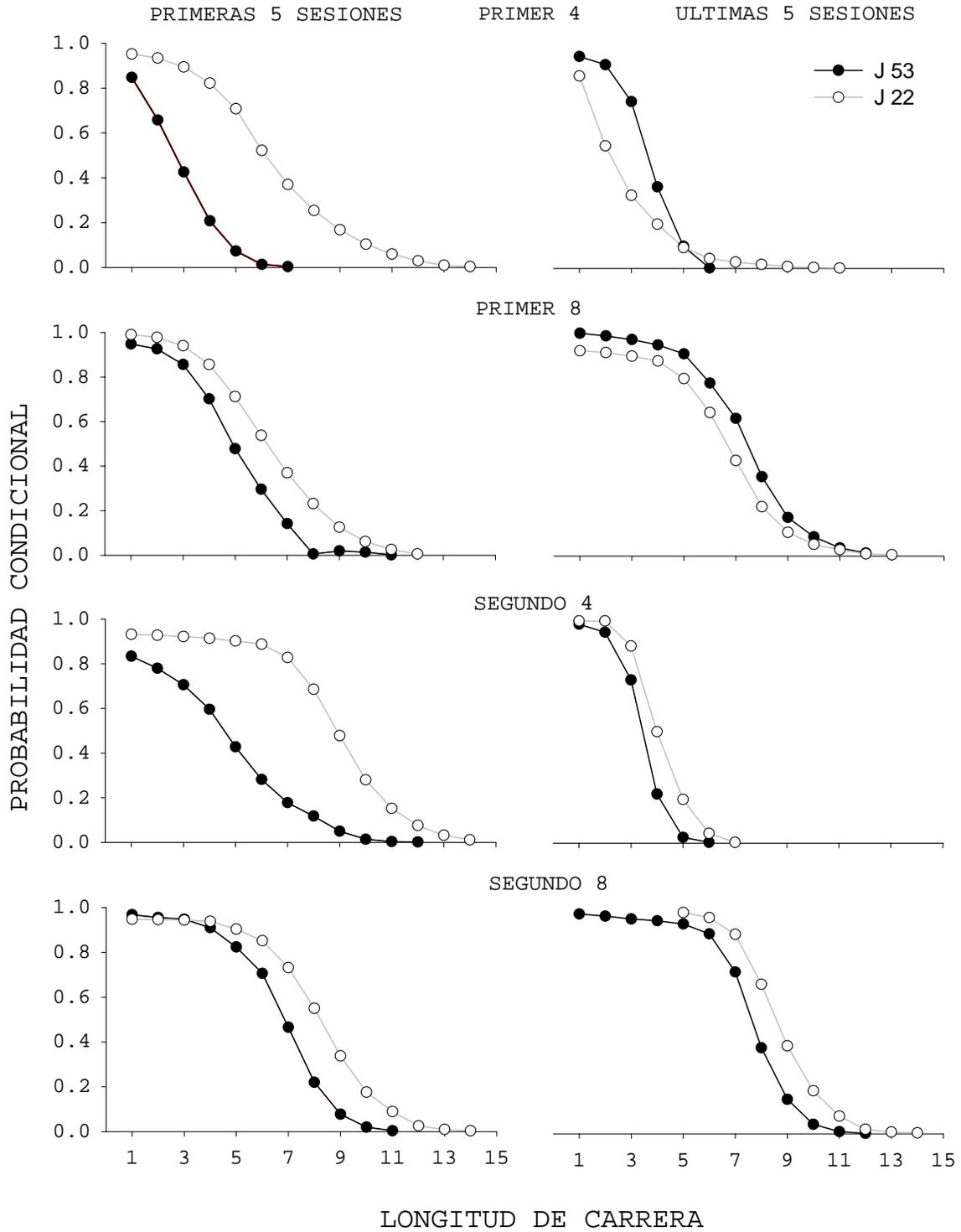


Figura 11. Para la condición ascendente, la probabilidad condicional en función de la longitud de la carrera.

CONDICION DESCENDENTE

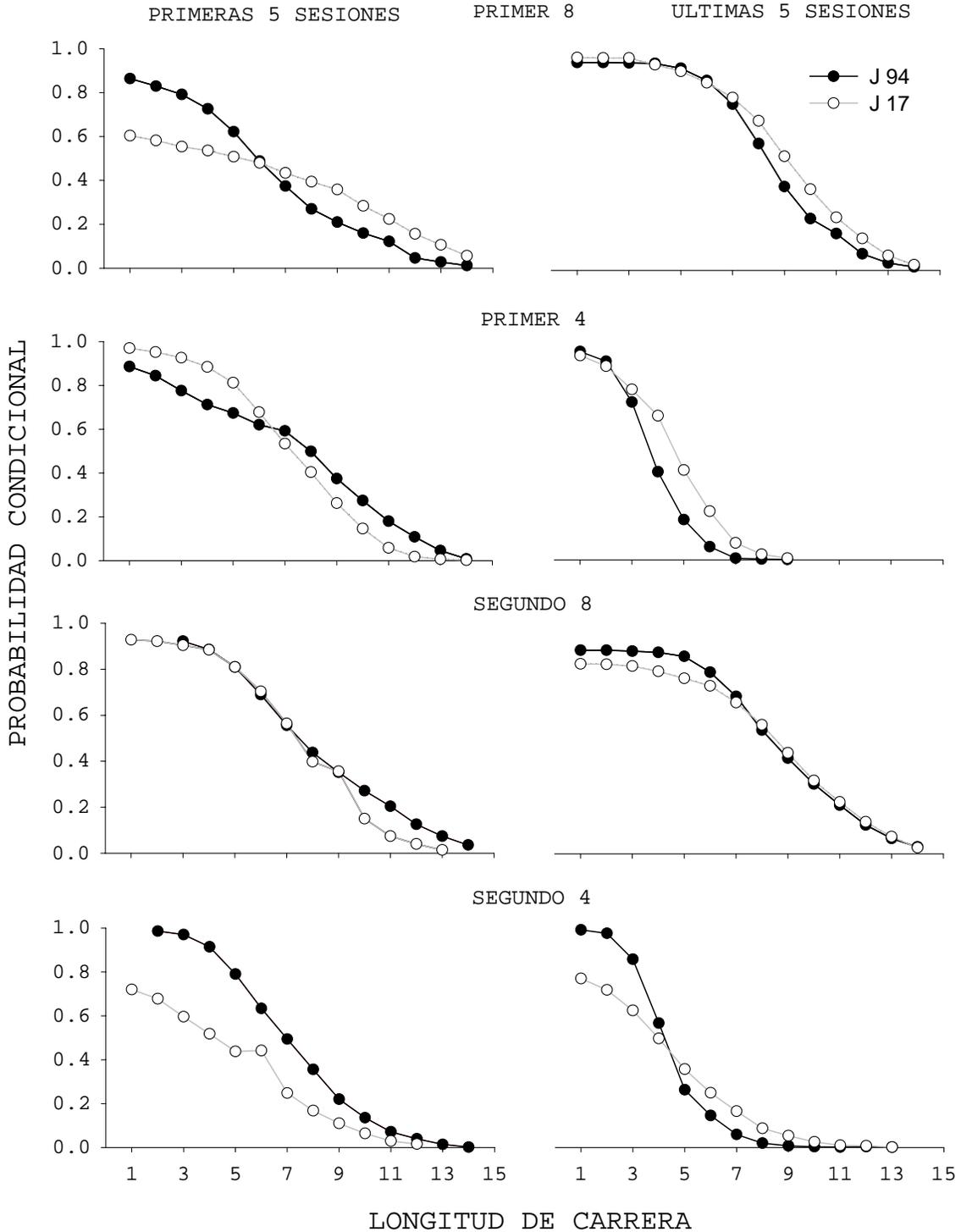


Figura 12. Para la condición descendente, la probabilidad condicional en función de la longitud de la carrera.

Una comparación entre las figuras 11 y 12, revela que en la secuencia descendente la discriminación numérica para J94 y J17 no fue mejor que la establecida por J53 y J22 en la secuencia ascendente. Sin embargo, la Figura 12 muestra que la ejecución de J94 es semejante a la observada en J53 y J22 en la secuencia ascendente. En contraste, J17 muestra una discriminación pobre si se compara la probabilidad condicional en las primeras cinco sesiones con la observada en las últimas cinco sesiones de cada programa NFC. En general, los datos correspondientes a las primeras cinco sesiones en las cuatro condiciones de la secuencia descendente muestran dos características constantes: en primer lugar, pendientes poco pronunciadas, sobre todo en la ejecución de la paloma J 17; en segundo término, para ambos sujetos decrementos muy pequeños en la probabilidad condicional conforme aumenta el valor de la longitud de la carrera; en ambos casos estos resultados son evidencia de una discriminación poco precisa. En relación a las últimas sesiones en las condiciones NFC8, los cambios en la probabilidad condicional conforme aumenta el valor de la longitud de la carrera también son muy pequeños y semejantes en ambos sujetos. Sin embargo, en el caso de la primera condición NFC4 los datos para ambos sujetos muestran un marcado decremento en los valores de probabilidad en las longitudes de carrera cercanas al valor del programa. En el caso de J17 los valores de probabilidad para tres, cuatro y cinco respuestas son de .78, .65 y .41 respectivamente; para J94 los valores son .72, .40 y .18. Este dato es consistente sólo en J94 en la segunda condición de NFC4 con valores de .85, .58 y .26 para tres, cuatro y cinco respuestas; en J17 los valores son .80, .77 y .70.. Resumiendo, los datos obtenidos en J94 muestran una buena discriminación, no así en J17.

Coeficiente de variación

Las figuras 13 y 14 muestran respectivamente el promedio de respuestas y el coeficiente de variación en las condiciones ascendente y descendente. En la Figura 13 se observa que el promedio del número de respuestas antes de ingresar al comedero fue cercano al valor del programa. Esta relación es consistente en los dos sujetos, aunque es más precisa en J53 cuyos promedios de acuerdo al orden de presentación de las condiciones fueron: 4.3, 7.9, 3.9 y 8.1 respuestas; para J22 los promedios fueron: 5.1, 8.4, 4.6 y 9.2.

En el caso del coeficiente de variación, un valor constante a través de las distintas condiciones experimentales refleja una relación directa consistente entre la magnitud del número mínimo a discriminar (el promedio) y la variabilidad de la respuesta (la desviación estándar), lo que significa una propiedad escalar de la discriminación. En la Figura 13 se observa que la función para J53 es poco variable aunque para J22 decrece del primer NFC4 al segundo NFC8, manteniéndose con poca variabilidad en las siguientes condiciones experimentales. Lo anterior significa que para J53 se mantiene una buena discriminación del número de respuestas sin importar el orden de las condiciones experimentales; en J22 esa proporción no se mantiene, al menos no entre la primera y la segunda condiciones.

En la Figura 14, los datos para los sujetos de la condición descendente muestran que el promedio del número de respuestas antes de ingresar al comedero no fue tan cercano al valor del programa como en el grupo ascendente. En el caso de J94 los valores, de acuerdo al orden de presentación de las condiciones, fueron: 9.3, 4.3, 9.5 y 4.9 respuestas y para J22, 10.1, 5.9, 9.9 y 5.8.

CONDICIÓN ASCENDENTE

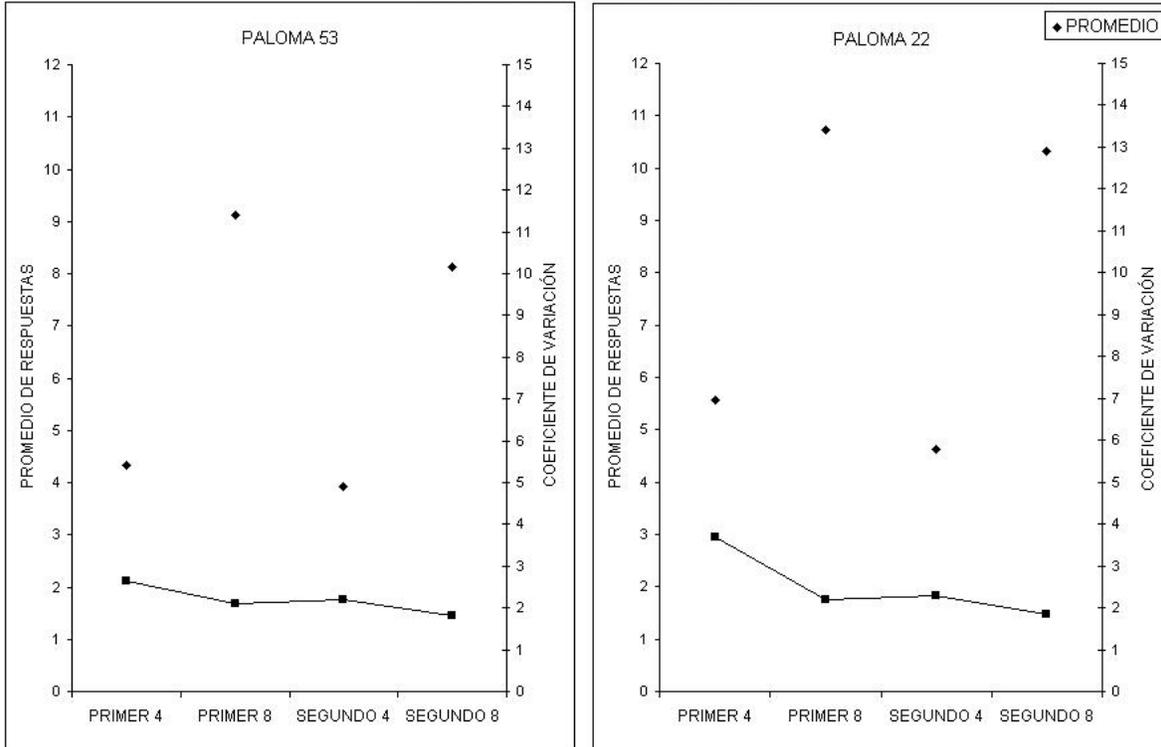


Figura 13. Para la secuencia ascendente, el promedio de propuestas y el coeficiente de variación en los diferentes valores de NFC. Los símbolos inconexos corresponden al promedio de respuestas en cada condición.

CONDICIÓN DESCENDENTE

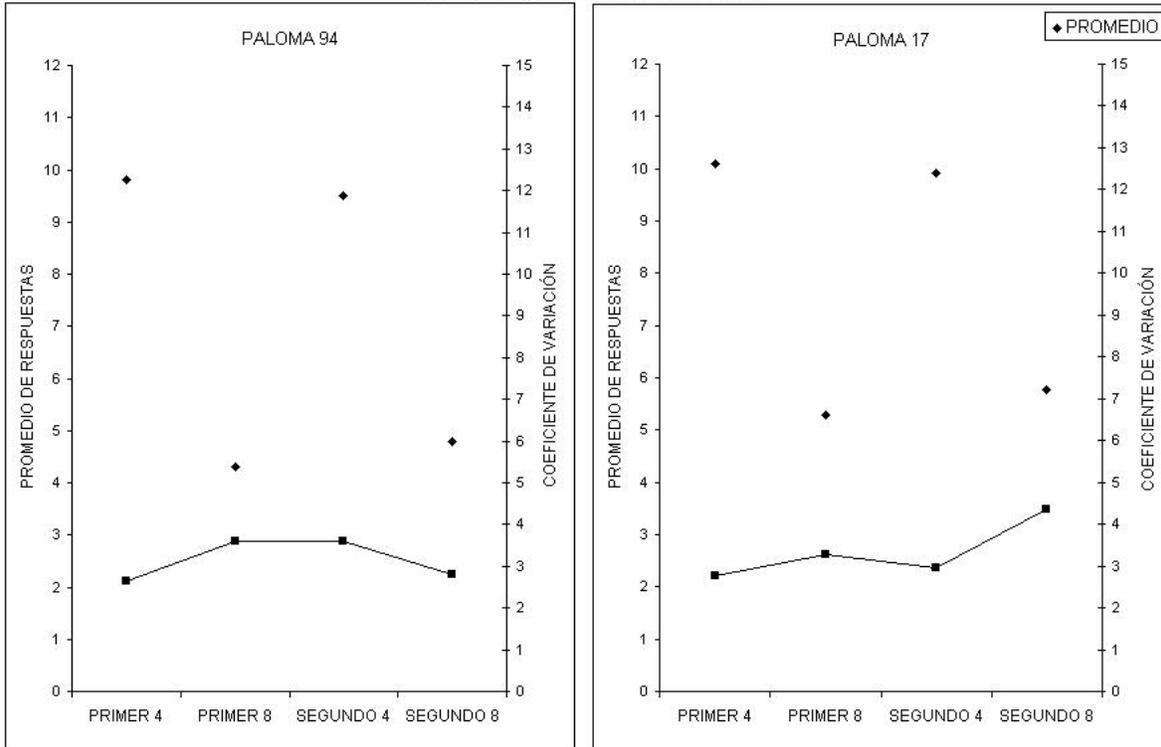


Figura 14. Para la secuencia descendente, el promedio de propuestas y el coeficiente de variación en los valores de NFC. Los símbolos inconexos corresponden al promedio de respuestas en cada condición.

DISCUSIÓN

Un aspecto fundamental en la sobrevivencia de cualquier organismo ante variaciones en el ambiente, es su capacidad de adaptación conductual a las condiciones novedosas. El Experimento 2 analizó la forma en que palomas responden a cambios ascendentes o descendentes en el número mínimo de respuestas asociado a la entrega del reforzador. El resultado de este experimento, el ajuste que realizan las palomas antes los valores actuales del programa NFC, es central para la presente investigación porque proporciona un índice de flexibilidad conductual en la discriminación que establecieron las palomas ante los diferentes valores de programas NFC. Los resultados, en general, son consistentes con los encontrados en investigaciones previas a este estudio: entre más grande sea el número de respuestas a discriminar en un programa NFC, menos pronunciada será la distribución de las longitudes de las carreras asemejándose a una distribución normal con requisitos bajos de respuesta (Mechner, 1958a; Platt y Johnson, 1971).

La pregunta de investigación del Experimento 2 fue ¿qué efecto tiene la exposición de un sujeto a un programa NFC de un valor determinado, en un programa posterior del mismo tipo (NFC) pero de un valor que puede ser mayor o menor al anterior?.

Como se mostró en la Figura 10, la manipulación en el orden de presentación de los valores de un programa de NFC generó en la condición ascendente una distribución en la longitud de la carrera de respuestas con una moda cercana a, o exactamente en el valor del programa en turno. Este resultado no ocurrió en los sujetos de la condición descendente (Figura 10). Lo anterior se debió a que el programa de NFC requirió de un número mínimo de respuestas

antes de ingresar al comedero; este procedimiento, que no establece un límite superior de respuestas, pudo haberse convertido en la estrategia de los sujetos para asegurar el reforzador. Si éso fuese cierto, pasar a un organismo de un valor inicial de cuatro respuestas a un valor de ocho, no debería causar ningún problema en la condición ascendente. En ese caso la regla es simple, “incrementar el número de respuestas y muestrear hasta hacer contacto con el número mínimo de respuestas necesario para obtener el reforzador”. En el caso de las palomas que iniciaron con ocho respuestas para después cambiar a cuatro (condición descendente), la regla es aún más simple “para asegurar el reforzador responder con un mínimo de ocho respuestas independientemente del valor que tenga el programa de NFC”. Lo cierto es, sin embargo, que los animales ajustan su comportamiento a los valores actuales del programa de NFC. Una comparación entre los paneles de los distintos grupos de la Figura 10, sobre todo en las transiciones de NFC8 a NFC4, revela un efecto proactivo de la condición previa que dificulta a las palomas discriminar rápidamente el nuevo valor del programa de NFC. Este hallazgo en cierta manera se contrapone a la idea de que las palomas poseen una especie de representación del número hacia el cual habría que hacer el cambio en retroceso (Capaldi y Miller, 1988). La explicación alternativa dice que los animales acceden al reforzador solamente a través del entrenamiento (Davis y Pérusse, 1988).

A pesar de que en el Experimento 2 las palomas en las dos condiciones (ascendente y descendente) mostraron flexibilidad respecto de las características numéricas de su propio comportamiento asociadas al reforzador, queda pendiente saber si tal discriminación podría ser llevada a un límite que corresponda a la emisión de un número exacto de respuestas. Como los programas NFC no permiten saberlo, el Experimento 3 diseñó condiciones experimentales que si permiten responder a esa pregunta.

Experimento 3

Su propósito fue analizar si por la vía del entrenamiento se puede establecer una discriminación exacta del número de respuestas necesario para obtener el reforzador. En una primera fase se establecieron límites superior e inferior a un procedimiento NFC, de tal manera que el número mínimo de respuestas a reforzar se ubicara dentro del rango establecido por esos límites. Después de restringir la amplitud del rango, se probó la discriminación exacta del número de respuestas necesario para obtener un reforzador antes de probar la discriminación absoluta, incrementando o decrementando el requisito de respuestas con respecto al primer valor exacto discriminado por las palomas.

Sujetos

Seis palomas (J53, J24, J9, J12, J4 y J19) de aproximadamente tres años de edad al inicio del estudio, con experiencia en programas de reforzamiento basados en la respuesta, sirvieron como sujetos. Las condiciones de alojamiento y alimentación en el bioterio fueron las mismas utilizadas en los Experimentos 1 y 2. Al inicio de la tercera condición, dos palomas (J4 y J19) fueron retiradas del experimento, J4 dejó de responder y J19 ingresaba al comedero sin emitir respuesta alguna.

Aparatos

Los mismos aparatos utilizados en los Experimentos 1 y 2, se usaron en el Experimento 3.

Procedimiento

Debido a que todas las palomas tenían experiencia en programas basados en la respuesta, no hubo entrenamiento. En una primera condición, los sujetos fueron sometidos a un programa NFC que arregló el reforzador contingente a los ingresos

al comedero que ocurrían dentro de un rango de 3 a 9 respuestas. Los ingresos al comedero que cumplían el requisito (los precedidos de 3, 4, 5, 6, 7, 8, o 9 respuestas en la tecla) producían el reforzador, un apagón (blackout) de la caja por 10 segundos y regresaban el contador de respuestas a cero para el siguiente ensayo. Cada condición del entrenamiento permaneció vigente por un mínimo de 20 sesiones, o hasta que el número de reforzadores obtenidos no tuviera una variación de $\pm 5\%$ durante cinco sesiones consecutivas. En la segunda condición el rango de respuestas se estrechó progresivamente, primero los ingresos al comedero precedidos de entre 4 y 8 respuestas en la tecla producían el reforzador y después los precedidos entre 5 y 7 respuestas tenían el mismo efecto. La tercera condición sólo reforzó los ensayos en que las palomas emitieron 6 respuestas en la tecla antes de ingresar al comedero. En la cuarta condición las cuatro palomas fueron asignadas al azar a dos grupos de dos sujetos cada uno. En uno de esos grupos el requisito fue de 4 respuestas en la tecla antes de ingresar al comedero y en el otro fue de 8 respuestas. Todas las sesiones terminaban con el ensayo número 100, el intervalo entre ensayos fue de 10 segundos tanto para los ensayos reforzados como para los no reforzados y el reforzador consistió en 3 s de acceso al grano.

RESULTADOS

Distribución de respuestas

Para las últimas cinco sesiones de cada condición experimental, el panel superior de las figuras 15 a la 20 muestra el porcentaje de respuestas y el panel inferior la probabilidad condicional, ambos como una función de la longitud de la carrera de respuestas.

En la Figura 15 se observa que para J53 el mayor porcentaje de respuestas se ubicó sobre el límite inferior del rango de respuestas conforme el valor de éste fue reducido progresivamente. Las variaciones en el porcentaje de respuestas fueron grandes en las dos primeras condiciones de rangos, sin embargo, en los dos valores de discriminación exacta (6 y 8 respuestas) los porcentajes fueron muy semejantes (45% y 43% respectivamente) e incluso superiores al porcentaje obtenido en la condición de rango de 5 -7 respuestas que fue igual a 41%. El análisis de la probabilidad condicional muestra una buena discriminación, ya que, en términos generales, se observa que la probabilidad de emitir una o más respuestas se mantiene con valores altos durante los primeros valores de la longitud de la carrera y desciende abruptamente en la medida que ese valor de respuesta se aproxima al límite inferior del rango, o bien, al valor exacto de respuesta.

La Figura 16 muestra los datos del sujeto J24. Aquí se observa que el mayor porcentaje de respuestas en cada una de las condiciones de rangos se ubica sobre una longitud de carrera igual a 5, este porcentaje varía entre el 30% y 20%. Sin embargo, cuando el requisito de respuesta es exacto, el mayor porcentaje de respuesta toma valores de 25% y 22% respectivamente en las condiciones de 6 y 8 respuestas. En el panel inferior se presenta la probabilidad

condicional. En este caso, a diferencia de la ejecución en la Figura 15 donde las curvas están separadas, se observa un solapamiento en las funciones para cada condición de rangos; esto como resultado de que en la totalidad de esas condiciones, el mayor porcentaje de respuestas se ubicó en un mismo valor de longitud de carrera.

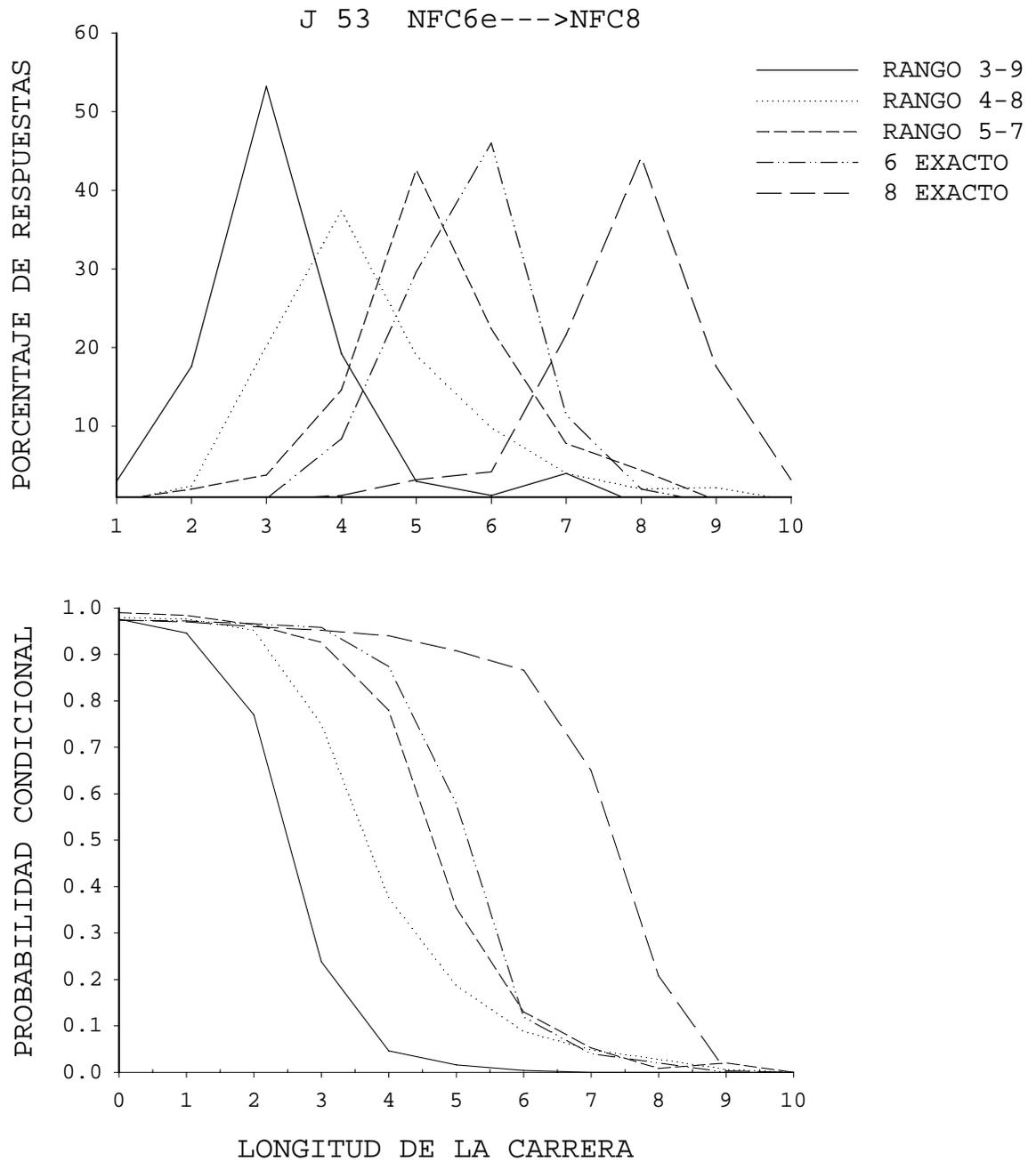


Figura 15. Para el sujeto J53, el porcentaje de respuestas (panel superior) y la probabilidad condicional (panel inferior) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

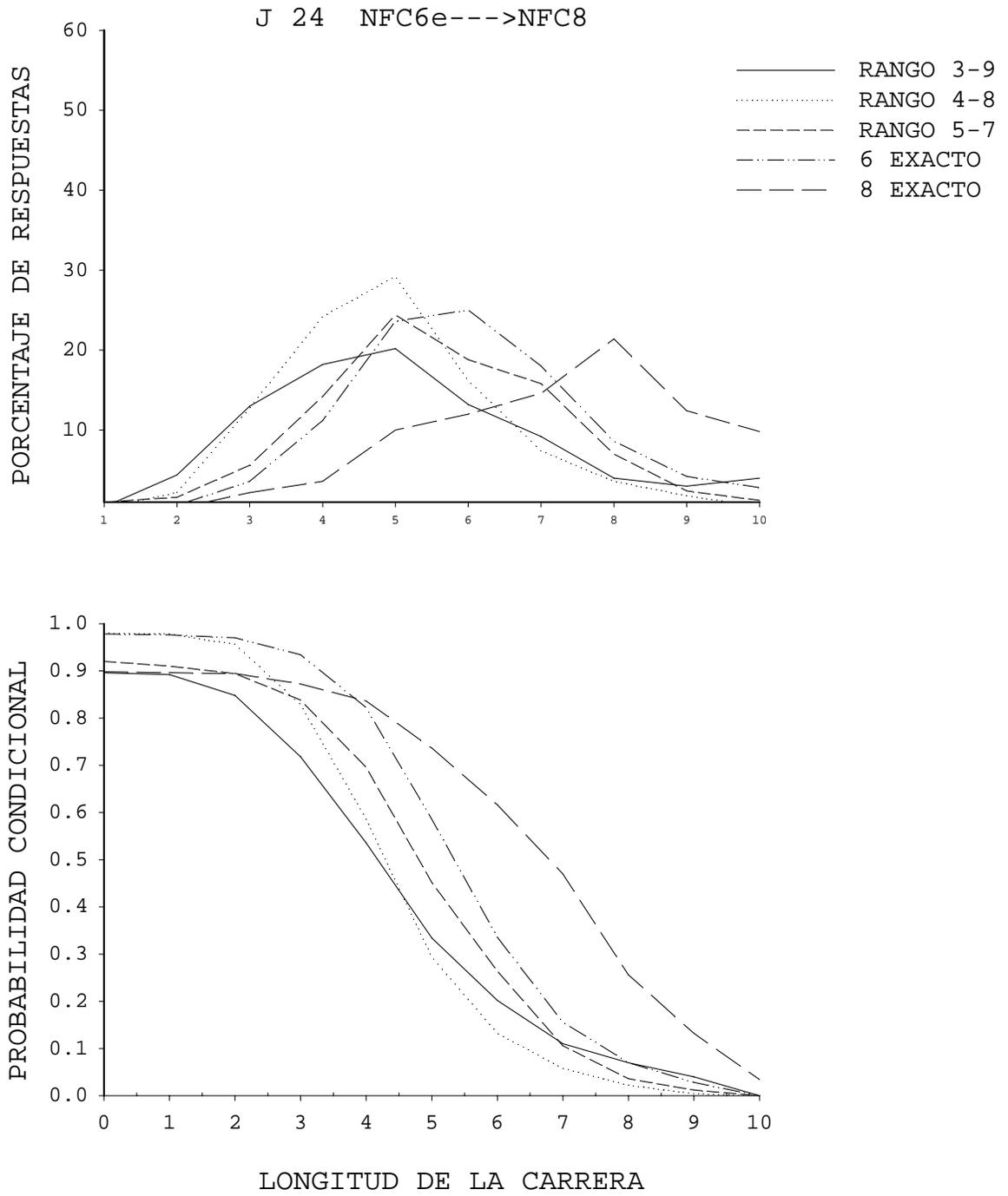


Figura 16. Para el sujeto J24, el porcentaje de respuestas (panel superior) y la probabilidad condicional (panel inferior) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

Los datos correspondientes al sujeto J9 se muestran en la Figura 17. En este caso, la distribución de respuestas en el rango 3 – 9 es multimodal con una mayor frecuencia en 3, 4 y 5 respuestas. En los rangos 4 – 8 y 5 – 7 el mayor porcentaje en la longitud de carrera se ubica sobre los valores mínimos de cada rango (4 y 5 respuestas). En las condiciones de discriminación exacta (4 y 6 respuestas), el mayor porcentaje de la longitud de la carrera se ubica en 32% y 28% sobre estos valores. En el análisis de la probabilidad condicional, las pendientes observadas son semejantes a las obtenidas en la Figura 16, es decir, se mantienen probabilidades altas en las primeras respuestas de las secuencias y decrecientan rápidamente conforme la longitud de la carrera se aproxima al valor de los programas.

Los datos correspondientes al sujeto J12 se presentan en la Figura 18. La distribución de la longitud de respuesta muestra para el rango 3 – 9 un pico sobre 4 respuestas, el porcentaje correspondiente es del 17%. Para los rangos 4 – 8 y 5 – 7, la distribución de las longitudes de la carrera fue bimodal con un mayor porcentaje sobre 5 y 6 respuestas. En el caso de la condición de valores exactos, si bien los picos de los gradientes se ubicaron sobre los valores a discriminar (4 y 6 respuestas), los porcentajes correspondientes son muy bajos (11% y 14% respectivamente). Ésto es evidencia de que el sujeto J12 tuvo una discriminación muy pobre; lo anterior es consistente con la ejecución obtenida en el análisis de probabilidad condicional. Las pendientes para la condición de rangos son semejantes a las observadas en los sujetos J53 y J24 (figuras 15 y 16), sin embargo, las pendientes para las condiciones de discriminación exacta, muestran una tendencia a mantener alta la probabilidad de emitir una o más respuestas aún cuando el número de respuestas emitido es cercano al valor del programa. En otras palabras, no se observa, como en el caso de las palomas J53 y J24, un decremento importante en la probabilidad de respuesta conforme el número de

respuestas emitido se aproxima al requisito del programa, ya sea éste de rangos o exacto.

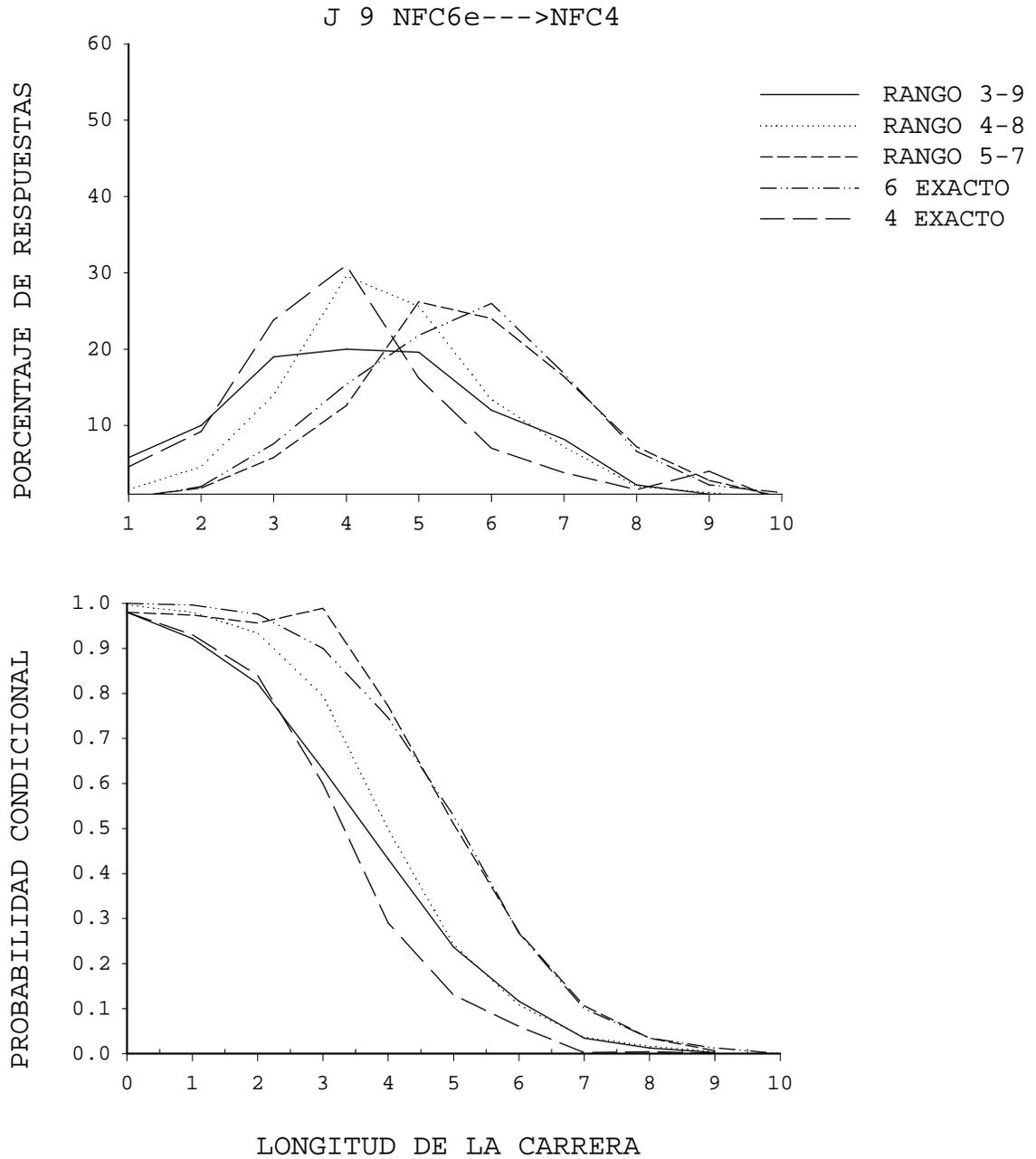


Figura 17. Para el sujeto J9, el porcentaje de respuestas (panel superior) y la probabilidad condicional (panel inferior) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

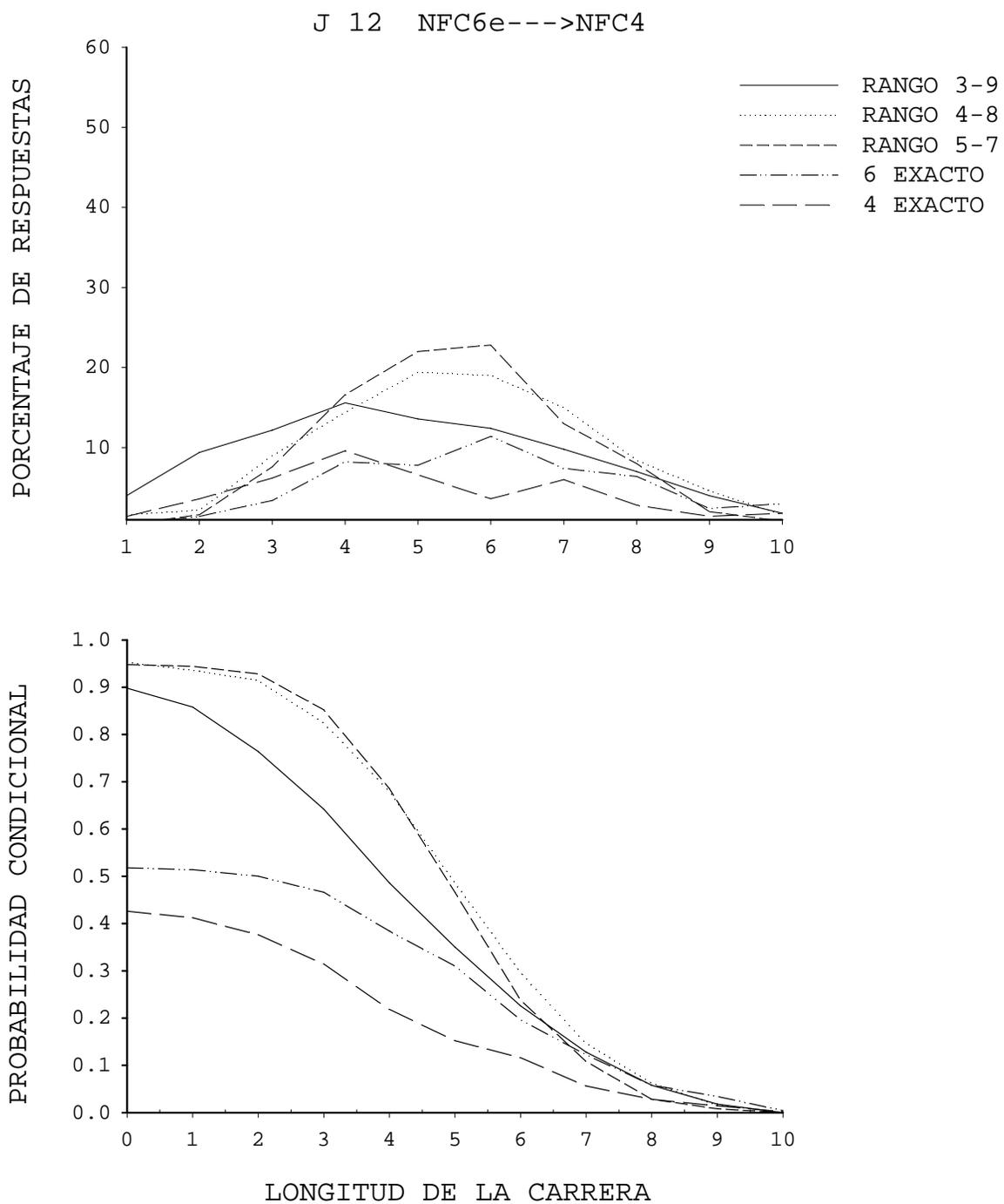


Figura 18. Para el sujeto J12, el porcentaje de respuestas (panel superior) y la probabilidad condicional (panel inferior) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

En la Figura 19 se muestra el porcentaje de respuestas como una función de la longitud de la carrera de la paloma J4. En el rango 3 – 9 se observa que el mayor porcentaje de longitudes de la carrera de respuestas se distribuye principalmente sobre 3, 4 y 5 respuestas, con valores cercanos al 20% en cada caso. La distribución de respuestas para el rango 4 – 8 también es multimodal ya que muestra un mayor porcentaje sobre 4, 5 y 6 respuestas; en el caso del rango 5 – 7 el pico del gradiente se ubica sobre el límite inferior del rango, 5 respuestas, con un valor del 29%. El análisis de la probabilidad condicional muestra que en el rango 3 – 9 la pendiente no es muy pronunciada, lo que indica que los valores de probabilidad empiezan a caer desde que J4 emite la primera respuesta, lo que a su vez significa que este sujeto tiene una pobre discriminación relacionada con el número mínimo de respuestas requerido para obtener el reforzador. En el caso de los rangos 4 – 8 y 5 – 7 las pendientes son prácticamente simétricas con valores de probabilidad que se mantienen durante las primeras respuestas de la carrera.

Los datos correspondientes al sujeto J19 se presentan en la Figura 20. La distribución de la longitud de respuestas muestra para el rango 3 – 9 que el mayor porcentaje es bimodal, y se ubica sobre los valores de 3 y 4 respuestas con valores próximos al 20%. En el rango 4 – 8 el mayor porcentaje se ubica en 4 respuestas con 22%; en el rango 5 – 7, la mayor frecuencia de longitud de la carrera se ubica sobre el límite inferior, cinco respuestas, con un incremento en el porcentaje de respuestas (29%) respecto del rango 4 – 8. Las probabilidades condicionales de esta figura son muy semejantes a las observadas en la Figura 19, es decir, en los rangos 3 – 9 y 4 – 8 los sujetos después de emitir una o dos respuestas decrementan la probabilidad de emitir una o más respuestas a la tecla; por el contrario en el rango 5 – 7 la probabilidad de emitir una o más respuestas se mantiene cercana a 1 hasta la tercera respuesta, para empezar a decrementar a partir de una longitud de respuesta cercana a cuatro.

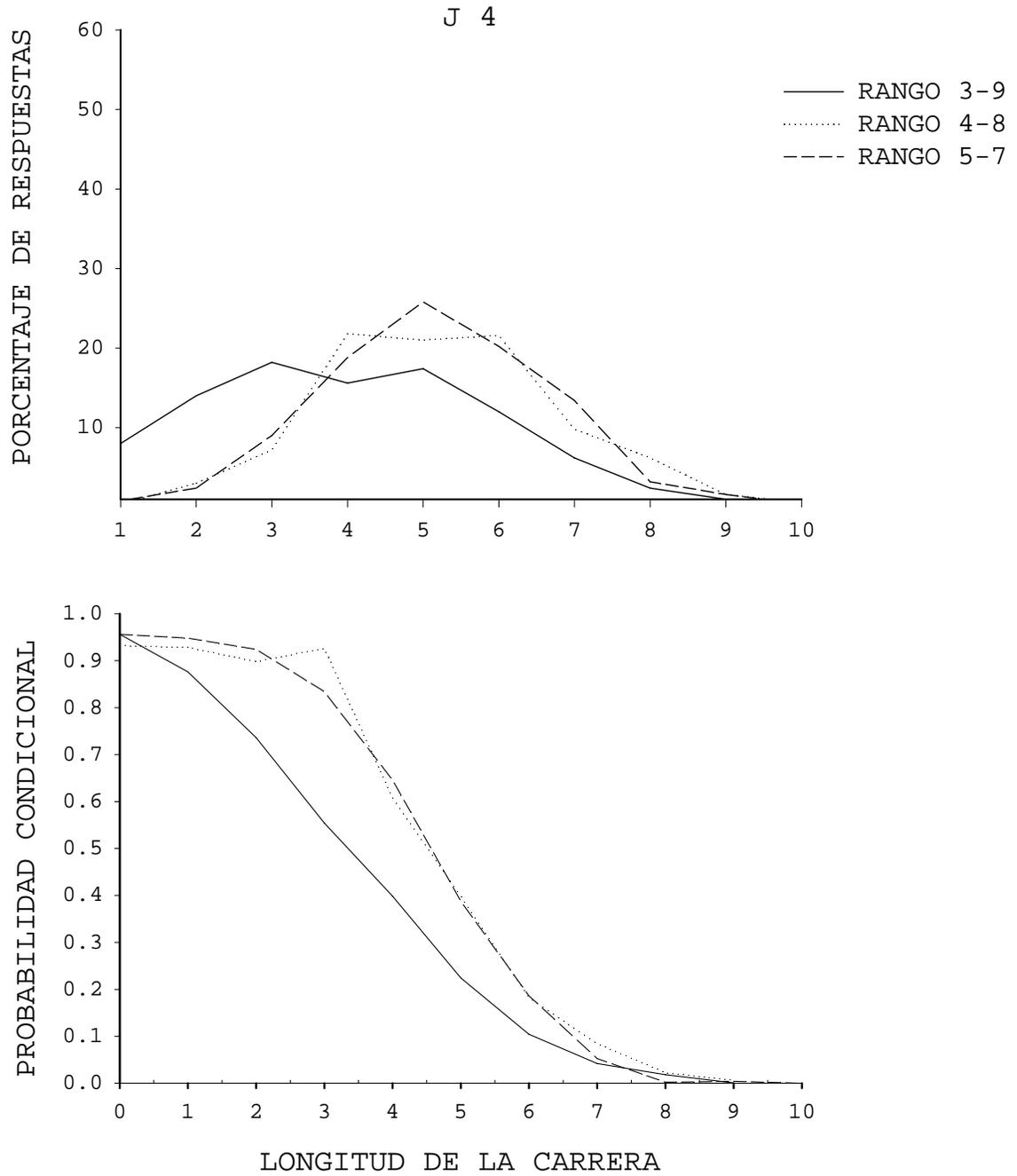


Figura 19. Para el sujeto J4, el porcentaje de respuestas (panel superior) y la probabilidad condicional (panel inferior) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

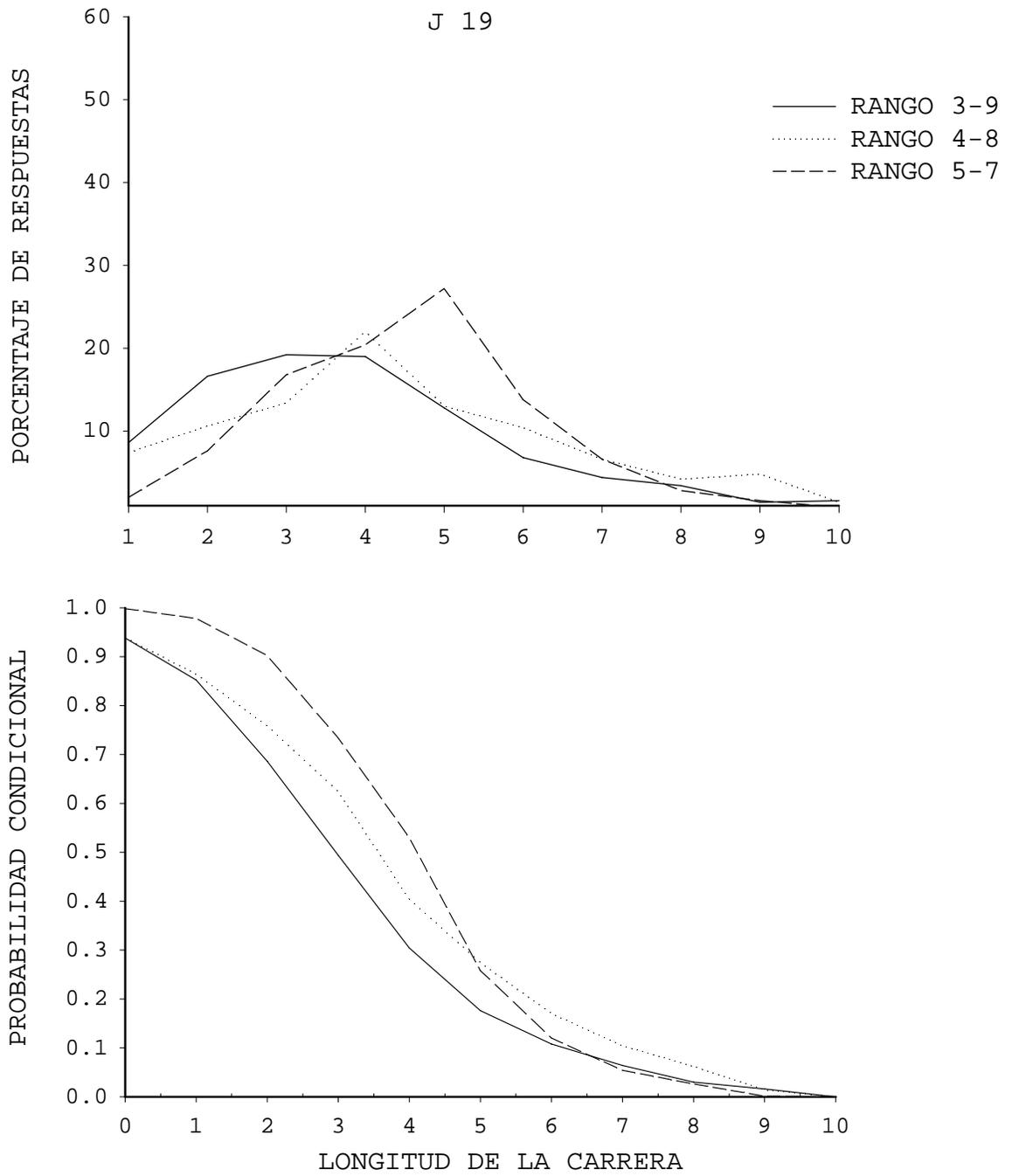


Figura 20. Para el sujeto J19, el porcentaje de respuestas (panel superior) y la probabilidad condicional (panel inferior) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

La Figura 21 muestra los porcentajes de respuesta correspondientes tanto a las longitudes de carrera en el límite inferior de las fases de entrenamiento en rangos, como de las condiciones de número exacto de respuestas de los sujetos que trabajaron en ellas. La razón de presentar estos datos, es que el mayor porcentaje en las condiciones de rangos se ubicó en el límite mencionado. En esta gráfica se observa una tendencia general a incrementar el porcentaje de respuesta conforme se estrecharon los valores de los rangos. El sujeto J53 fue la excepción, ya que inició con un valor de 56% en el rango 3 – 9 para ubicarse después en 39% y 43% en los rangos posteriores, para finalizar en 45% y 43% en la transición de NFC6 a NFC8e. En el caso de los otros tres sujetos que trabajaron en la condición de exactos, en J24, de la misma manera que en J53, no hubo prácticamente ninguna variación en la transición de NFC6e a NFC8e; en las palomas expuestas a transiciones de NFC6e a NFC4e, en J9 los porcentajes son similares en las condiciones de exacto, aumentando en dos puntos el porcentaje logrado en NFC4e (símbolo inconexo J9R) respecto del valor del rango 4 – 8; para J12, el valor en NFC6e fue muy semejante al obtenido por J24 y J9, sin embargo, el porcentaje para NFC4e fue el más bajo obtenido en la condición de exacto con el 19% (símbolo inconexo J12R).

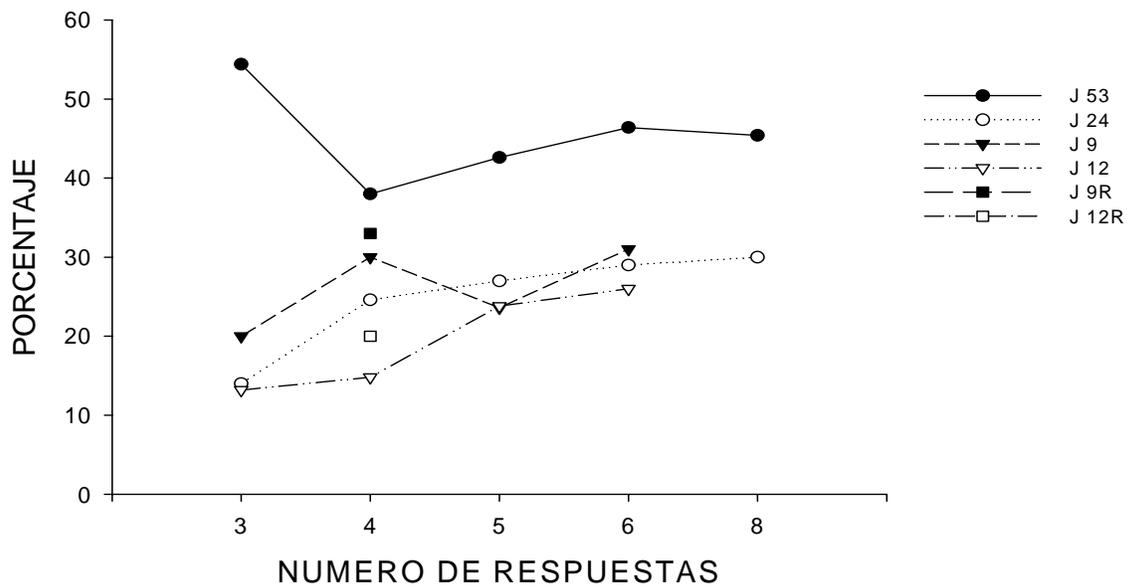


Figura 21. Para todos los sujetos, el porcentaje de respuestas correspondiente al límite inferior de los rangos en función del número de respuestas requerido.

Probabilidad Condicional

Para las condiciones de exacto (e), las partes superior e inferior de la Figura 22 muestran las funciones de las transiciones de NFC6e a NFC8e y de NFC6e a NFC4e respectivamente. En NFC6e (izquierda), la probabilidad de emitir más respuestas disminuyó de manera simétrica conforme la longitud de la carrera se aproximó al valor del programa, sin embargo, llegando a este valor la probabilidad de que J53 presente una respuesta más cae de .60 a .13 y en el caso de J24 del mismo valor a .37. En NFC8e (derecha), las curvas para ambos sujetos son similares pero la probabilidad condicional cae más rápido para J24 que para J53. De hecho, una vez que J53 ha emitido 8 respuestas la probabilidad de que presente una respuesta más cae de .65 a .22. En NFC6e (izquierda), antes de la transición a NFC4e, la ejecución de los dos sujetos es muy diferente. En el caso de J9 la ejecución es prácticamente la misma observada en J24 y J53, un decremento en la probabilidad condicional a medida que el número de respuestas

se acerca al valor del programa; en J12 la probabilidad condicional inicia con un valor muy bajo (.52), manteniéndose en un valor semejante hasta la cuarta respuesta donde inicia un descenso moderado. En NFC4e (derecha), la paloma J9 muestra un decremento de .63 a .33 en la probabilidad condicional después de la cuarta respuesta; esta caída es semejante a la observada por el mismo sujeto en la condición NFC6e. Por otra parte, la paloma J12 mostró prácticamente el mismo patrón probabilístico observado por ella en la condición NFC6e.

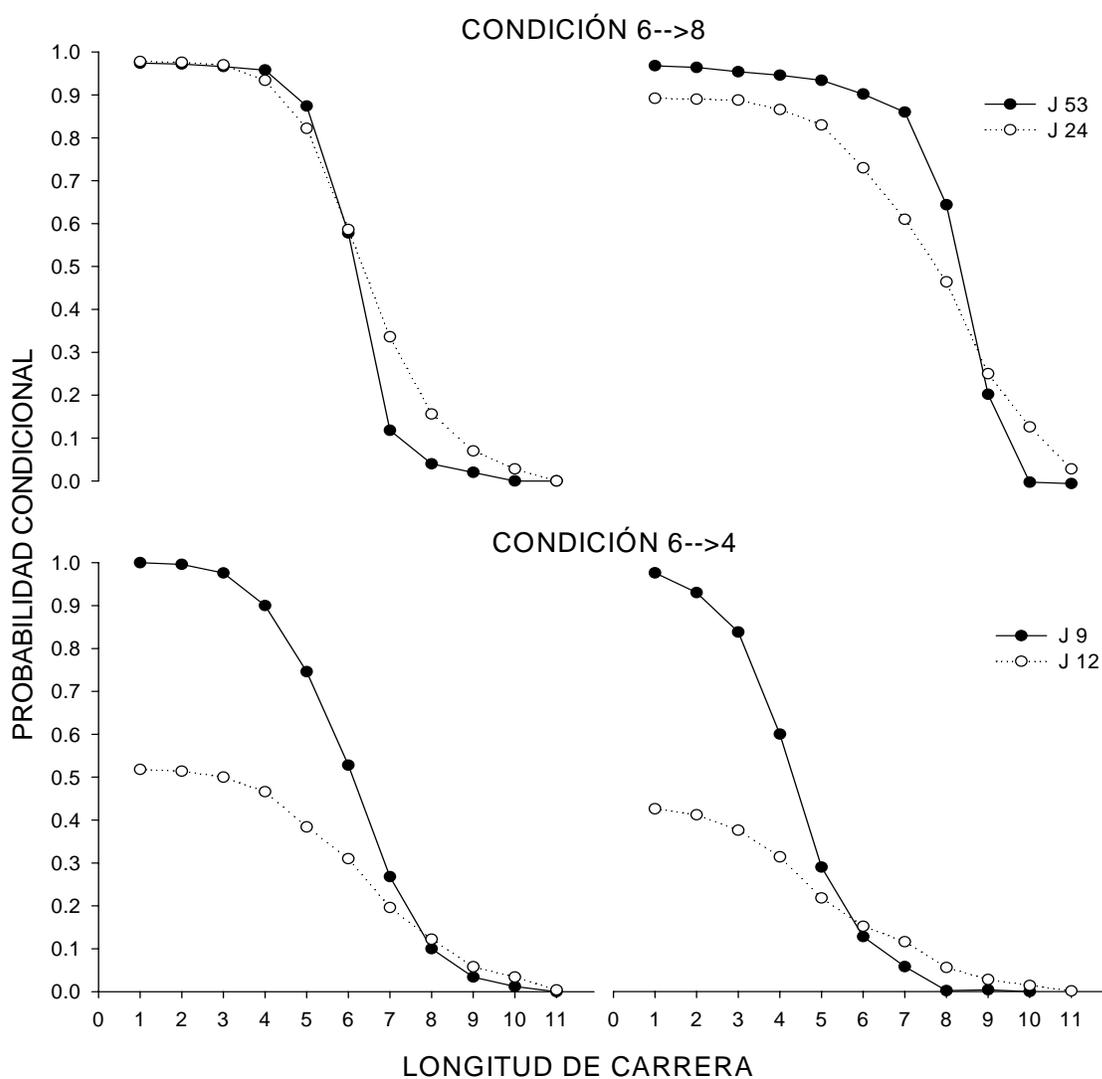


Figura 22. La probabilidad condicional en las condiciones de 6 y 8 exacto (panel superior) y 6 y 4 (panel inferior), en función de la longitud de la carrera de respuestas.

NFC Xe

La Figura 23 muestra el porcentaje de respuestas de las longitudes de carrera en las condiciones de exacto. Para los sujetos que cambiaron de NFC6e a NFC8e, paneles de la columna izquierda, se observa que el pico del gradiente de discriminación se ubica en el número (6 u 8) que corresponde al requisito exacto del programa NFC, con un mayor porcentaje en los ensayos reforzados de J53. Los paneles de la columna derecha muestran, en la condición de NFC6e a NFC4e, gradientes semejantes para los dos sujetos, en ambos casos el pico de los dos gradientes está sobre el valor del requisito del programa. Sin embargo, en el panel inferior se observa una ejecución errática de J12 al cambiar a la condición de NFC4e, a diferencia del sujeto J9 que muestra el mayor porcentaje de respuestas en el valor que corresponde al requisito del programa NFC exacto.

CONDICION 6--->8

CONDICIÓN 6-->4

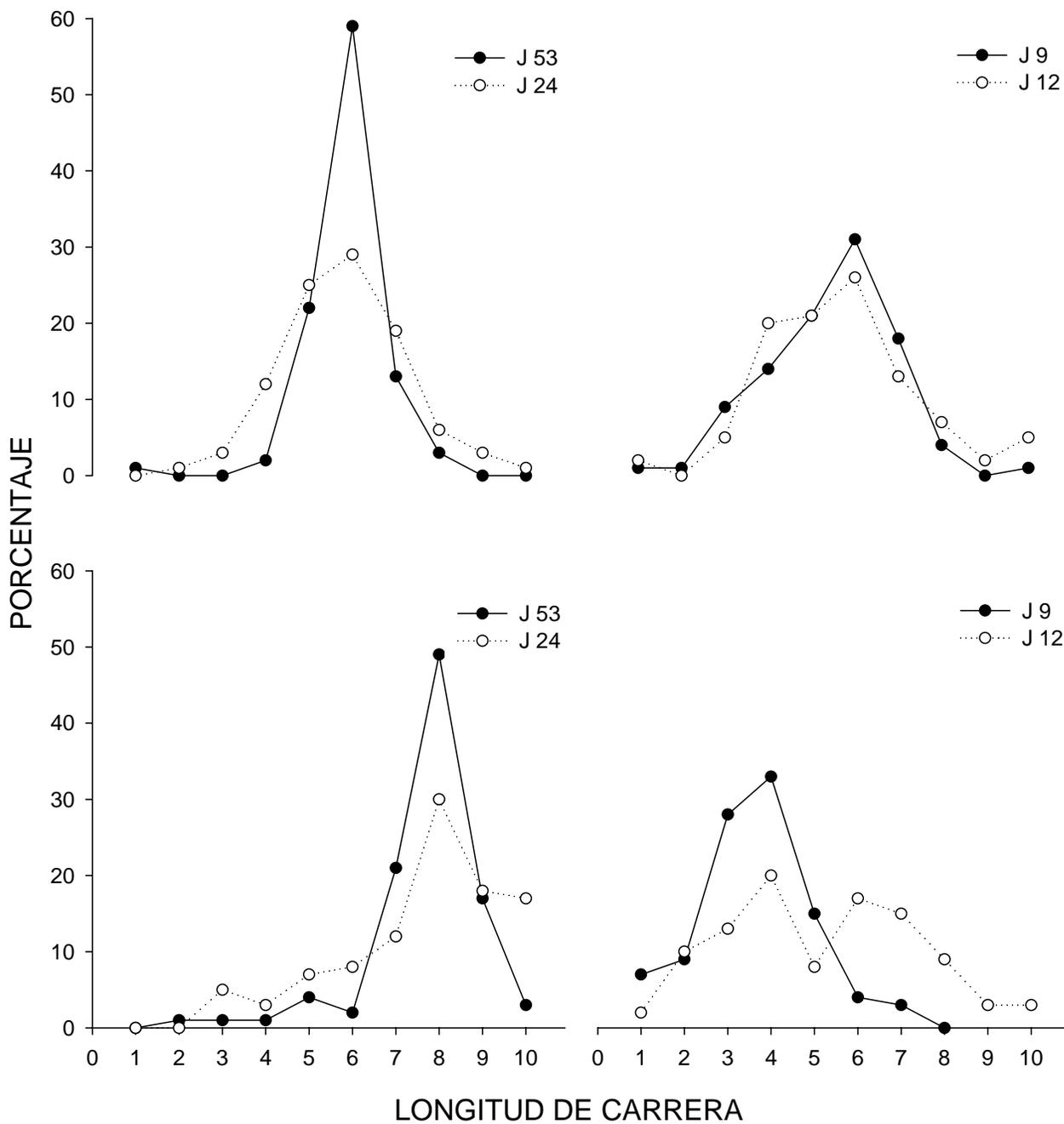


Figura 23. El porcentaje de respuesta en las condiciones 6 - 8 de exacto (columna izquierda) y 6 - 4 de exacto (columna derecha) en función de la longitud de la carrera de respuestas.

Dependencia Secuencial

En las figuras 24 y 25 se presentan las gráficas que describen la dependencia secuencial en función de la longitud de la carrera, para las transiciones de NFC6e a NFC8e y de NFC6e a NFC4e respectivamente. Como ya se dijo, la dependencia secuencial es la probabilidad de emitir un número determinado de respuestas en un ensayo, dependiendo del número de respuestas emitido en el ensayo anterior. Debido a que el mayor porcentaje de las longitudes de carreras de respuesta se agrupan muy cerca del valor del programa, se decidió realizar el análisis considerando únicamente los datos en los que las palomas hubiesen emitido una respuesta menos, un número igual o mayor en uno al valor del programa.

En la Figura 24 se presenta la probabilidad de emitir un número de respuestas, dependiendo de si los sujetos presentaron en el ensayo anterior 5, 6, o 7 respuestas en la condición de NFC6e (panel izquierda); o bien, 7, 8, o 9 respuestas en la condición de NFC8e (panel derecha). En los paneles superiores se muestra la ejecución de J53 después de emitir 5 respuestas en un ensayo, en este caso la probabilidad de repetir el mismo número es de .32, de emitir 6 respuestas, el valor reforzado, es de .45, y de presentar 7 respuestas es igual a .10; cuando en un ensayo determinado el sujeto emitió 6 respuestas, la probabilidad de emitir 5 en el ensayo posterior es de .31, de .48 de repetir 6 respuestas, y de .16 de emitir 7 respuestas; cuando el número de respuestas emitido fue de 7 en el ensayo previo, la probabilidad de presentar 5 respuestas para el siguiente ensayo fue igual a .24, de emitir 6 respuestas de .54 y de repetir con 7 respuestas fue de .10. Cuando el valor del programa fue NFC8e, la probabilidad de repetir 7 respuestas en el ensayo siguiente es de .21; de emitir 8 respuestas de .42 y de emitir 9 respuestas igual a .14; cuando en el ensayo previo la paloma emitió 8 respuestas, el valor reforzado, la probabilidad de responder con 7 respuestas en el ensayo posterior es .28, de repetir con 8 respuestas de .48 y de presentar 9 respuestas de .12; por otra parte, cuando en el ensayo previo el número de respuestas emitido es de 9, la probabilidad de emitir 7 respuestas en el

siguiente ensayo es igual a .09, de .51 en el caso de 8 respuestas, y de .29 para repetir con 9 respuestas.

Los valores de probabilidad de las gráficas de J53 en sus dos condiciones (NFC6e y NFC8e) son muy semejantes. Por ejemplo, las probabilidades para la condición de NFC6e son prácticamente las mismas cuando se analizó la dependencia secuencial del ensayo anterior con 5, 6, o 7 respuestas, que cuando se hizo lo mismo con valores de respuestas de 7, 8 o 9. Lo anterior se refleja en el solapamiento de las pendientes producidas por esas probabilidades.

En los paneles inferiores de la Figura 24, y con el mismo orden de las gráficas de J53, se presentan los datos de J24. En este caso, y en vista de que la ejecución para NFC6e es prácticamente la misma observada en las gráficas del sujeto J53, el dato más interesante para esa condición en la paloma J24 es que la probabilidad de emitir 6 respuestas cuando en el ensayo previo se han emitido 5, 6 o 7 respuestas es, en todos los casos, cercana a .50. Como se dijo, hasta este punto las tres gráficas analizadas de los sujetos J53 y J24 muestran una gran semejanza entre sí en términos de la distribución probabilística, sin embargo, la gráfica de este último sujeto en la condición NFC8e es diferente. En este caso, la probabilidad es de .15 de repetir el mismo número de respuestas cuando J24 emitió 7 respuestas en el ensayo previo, es de .30 para presentar 8 y de .20 para 9 respuestas; cuando el valor del ensayo anterior es de 8 respuestas, la probabilidad de emitir 7 respuestas en el siguiente es de .14, para repetir con 8 es de .24 y de emitir 9 respuestas es igual a .10; si en el ensayo previo se han emitido 9 respuestas, la probabilidad de emitir 7 en el ensayo posterior es de .23, de dar 8 respuestas es de .20, mismo valor para 9 respuestas. La gráfica correspondiente a esta condición, revela sobre todo en los valores probabilísticos de 7 y 9 respuestas emitidas en el ensayo previo, una pobre dependencia del ensayo actual en relación al ensayo previo, si se compara con la gráfica del propio sujeto J24 en la condición NFC6e.

CONDICIÓN 6 --> 8

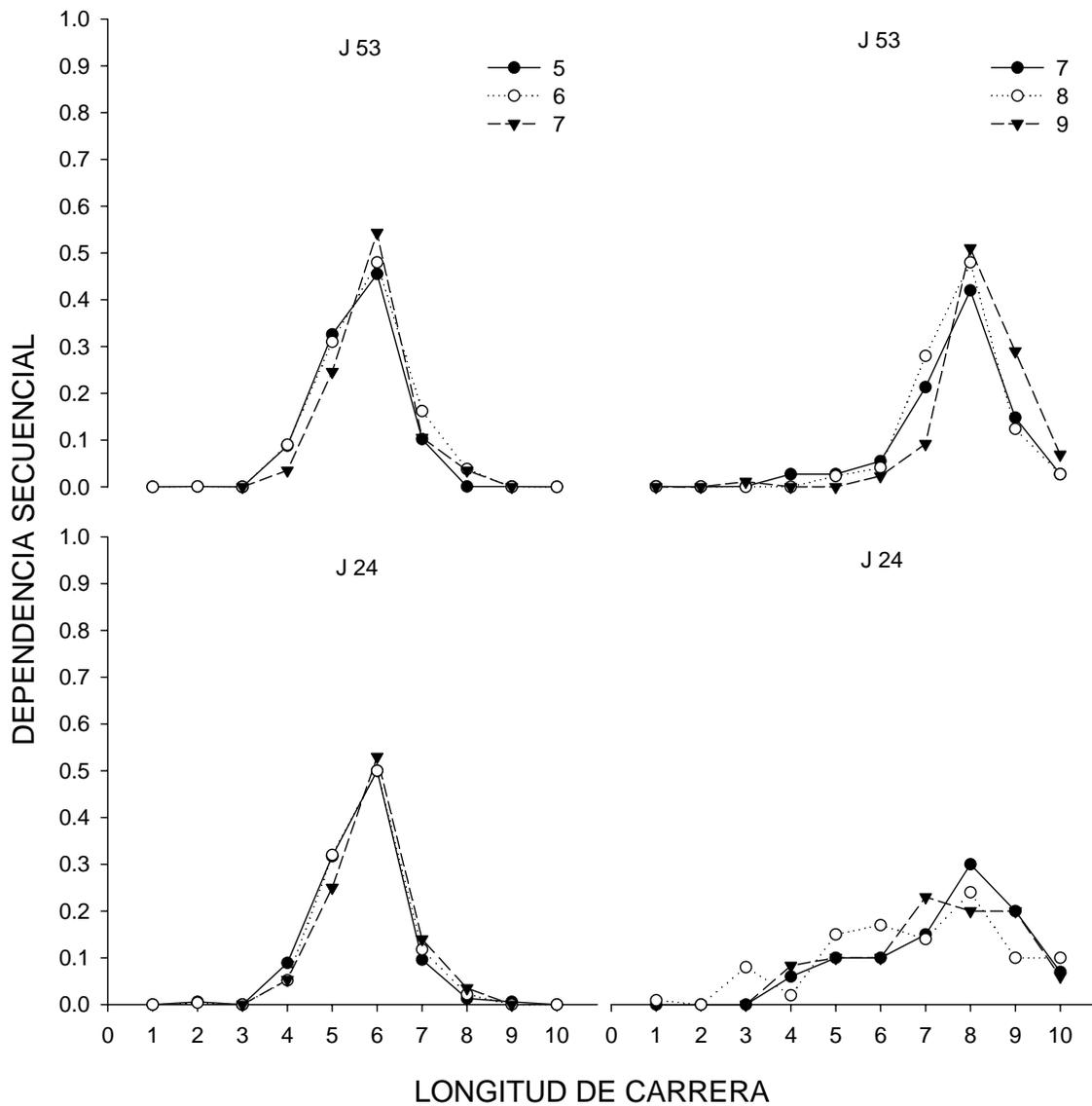


Figura 24. Para los sujetos J53 y J24, la dependencia secuencial en las condiciones de NFC6 y 8 exacto en función de la longitud de la carrera.

En la Figura 25 se presentan las gráficas que muestran la dependencia secuencial en función de la longitud de la carrera, para las transiciones de NFC6e a NFC4e. De la misma manera que en la Figura 24, debido a que el mayor porcentaje de las longitudes de carreras de respuesta se agrupan muy cerca del

valor del programa, se decidió realizar el análisis dependiendo de si los sujetos presentaron en el ensayo anterior 5, 6, o 7 respuestas en la condición de NFC6e (panel izquierda); o bien, 3, 4, o 5 respuestas en la condición de NFC4e (panel derecha). En los paneles superiores se muestra la ejecución de J9, en este caso, después de emitir 5 respuestas en un ensayo, la probabilidad de presentar nuevamente 5 respuestas es de .22, de emitir 6 respuestas, el valor reforzado, es de .23, y de presentar 7 respuestas es igual a .18; cuando en un ensayo determinado el sujeto emitió 6 respuestas, la probabilidad de emitir 5 en el ensayo posterior fue de .18, de .29 de repetir 6 respuestas, y de .20 de emitir 7 respuestas; cuando el número de respuestas emitido fue de 7 en el ensayo previo, la probabilidad de presentar 5 respuestas para el siguiente ensayo fue igual a .23, de emitir 6 respuestas de .24 y de repetir con 7 respuestas fue de .19. Cuando el valor del programa fue NFC 4e, la probabilidad de repetir 3 respuestas después de la emisión de ese número fue de .30; de emitir 4 respuestas fue de .29 y de emitir 5 respuestas fue igual a .14; cuando en el ensayo previo la paloma emitió 4 respuestas, el valor reforzado, la probabilidad de responder con 3 respuestas en el ensayo posterior fue .22, de repetir con 4 respuestas fue de .34 y de presentar 5 respuestas fue de .16, por otra parte, cuando en el ensayo previo el número de respuestas emitido fue de 5, la probabilidad de emitir 3 respuestas en el siguiente ensayo fue de .27, mismo valor obtenido en el caso de 4 respuestas, y .17 para repetir con 5 respuestas.

En la Figura 25, en los paneles inferiores y en el mismo orden de las gráficas de J9, se presentan los datos de J12. Los valores de probabilidad para la condición de NFC6e cuando los sujetos presentaron en el ensayo anterior 5, 6, o 7 respuestas son los siguientes. Cuando en el ensayo anterior el sujeto emite 5 respuestas, la probabilidad de repetir ese número en el ensayo posterior es igual a .15, de presentar 6 respuestas es de .20 y de 7 respuestas es de .18; si en el ensayo previo se emitieron 6 respuestas, la probabilidad de emitir 5 respuestas es de .16, de repetir el valor reforzado es de .22 y de presentar 7 respuestas es de .12. La gráfica de J12 en la condición NFC4e es similar a la observada en NFC6e.

En este caso, el valor probabilístico para cuando J24 emite 3 respuestas en el ensayo previo es de .14 para repetir el mismo número de respuestas, de .27 para presentar 4, valor reforzado, y de .18 para emitir 5 respuestas; cuando el valor del ensayo anterior es de 4 respuestas, la probabilidad de emitir 3 respuestas es de .23, repetir con 4 es de .15 y de emitir 5 respuestas es de .18; si en el ensayo previo se han emitido 5 respuestas, la probabilidad de emitir 3 en el ensayo posterior es de .21, de dar 4 respuestas es de .16, mismo valor para 5 respuestas. Las gráficas correspondientes a J12, revelan, una pobre dependencia secuencial del ensayo anterior

CONDICIÓN 6 --> 4

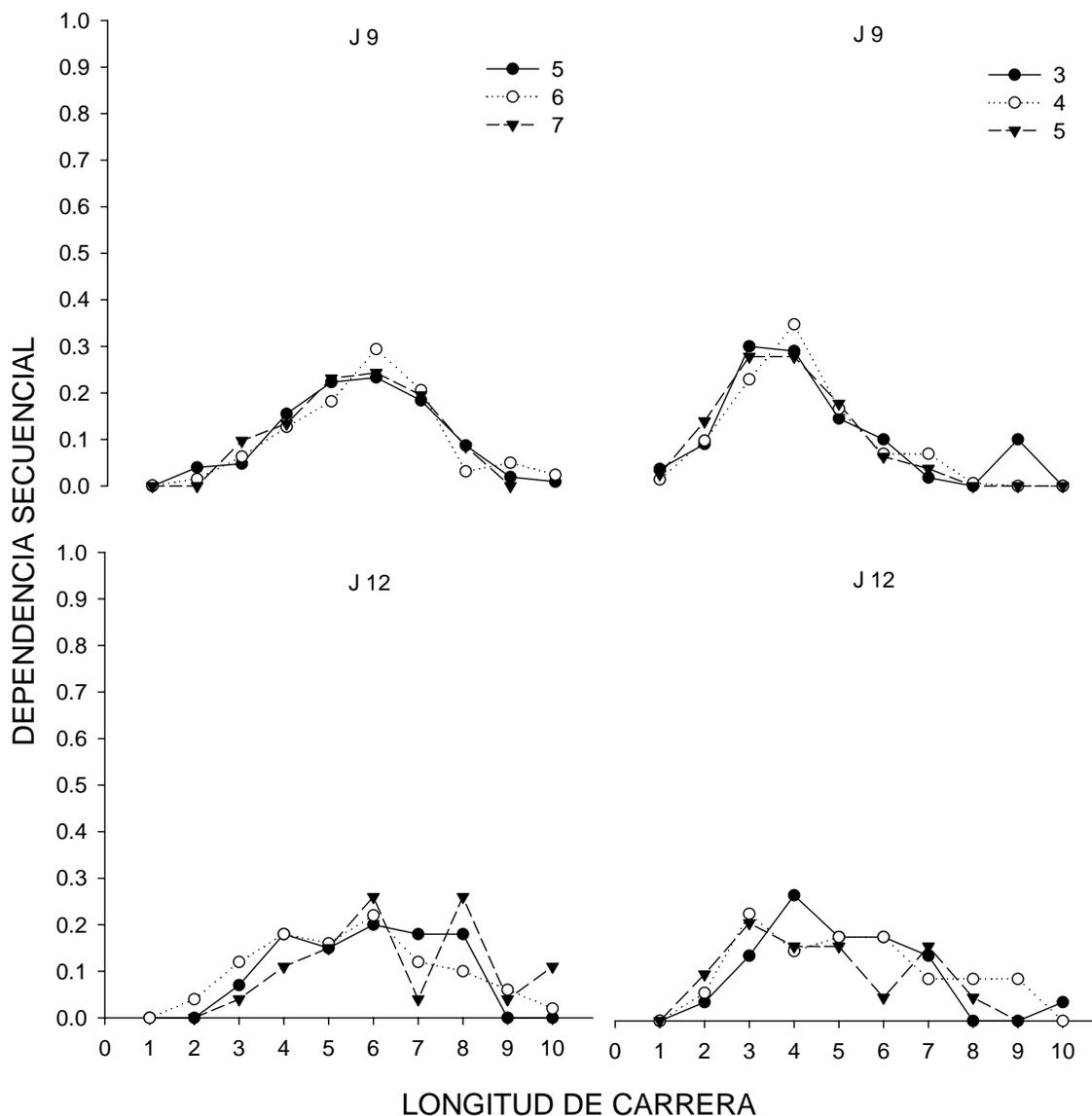


Figura 25 . Para los sujetos J9 y J12, la dependencia secuencial en las condiciones de NFC6 y 8 exacto en función de la longitud de la carrera.

Con el propósito de corroborar la posible influencia del número de respuestas emitido en el ensayo previo sobre el número de respuestas emitidas en el ensayo posterior, se realizó un análisis de la probabilidad de que esto sucediera en las condiciones de NFC exacto; concretamente en las dos últimas sesiones de

cada condición. En las tablas 4 a la 7 se muestra cómo las probabilidades condicionales se agrupan sobre el valor a reforzar, de la misma manera que ocurre en las figuras 24 y 25 asociadas al análisis de dependencia secuencial. Por ejemplo, en la última sesión del sujeto J53 en NFC6e, habiendo emitido 5 respuestas la probabilidad de repetir el mismo número de respuestas es de .37 y la probabilidad de emitir 6 respuestas en el siguiente ensayo es de .48. Si se emitieron 6 respuestas en el ensayo previo la probabilidad de repetir es de .53; y en el caso de haber presentado 7 respuestas en el ensayo previo la probabilidad de emitir 6 respuestas en el siguiente ensayo es igual a .60. En este sentido, los sujetos J9, J24 y J53 muestran un patrón muy semejante al descrito en el sujeto J53, sobre todo en la condición NFC6e. La excepción corresponde al sujeto J12 en la Tabla 4. En este caso, se observa en NFC4e una dispersión de las probabilidades en prácticamente todos los valores del ensayo posterior, reflejándose una ejecución más bien errática consistente con lo observado en la Figura 25.

Tabla 4. Para el sujeto J12, se muestra la probabilidad de emitir un número de respuestas en el ensayo posterior dependiendo del número de respuestas emitido en el ensayo previo en las dos últimas sesiones de cada condición NFC exactos,

<i>CONDICIÓN</i>	<i>PREVIO</i>	POSTERIOR						
		3	4	5	6	7	8	9
J12 NFC6e Penúltima Sesión	3	.20		.40	.20		.20	
	4		.25	.25	.25	.12		.12
	5	.11	.11	.16	.16	.22	.11	.16
	6	.06	.06	.26	.20	.26	.06	.06
	7		.06	.13	.20	.33	.13	.13
	8		.11		.11	.33	.22	.22
	9	.10	.10	.40	.10	.10	.10	.10
J12 NFC6e Última Sesión	3	.28	.07	.21	.21	.14	.07	
	4	.30	.07		.30	.30		
	5	.16	.22	.22	.16	.16	.05	
	6	.05	.30	.25	.35		.05	
	7		.05	.17	.05	.35	.11	.23
	8	.16		.33	.16		.33	
	9			.33	.33	.33		
J12 NFC4e Penúltima Sesión	3	.18	.45	.09	.09	.09		.09
	4	.20	.26	.26	.13	.06		.06
	5	.10	.10	.40	.20	.10		.10
	6	.25		.50		.10	.10	
	7	.50	.25	.25				
	8			1				
	9	.66		.33				
J12 NFC4e Ultima Sesión	3	.40	.20	.10	.10	.10	.10	
	4		.27	.27	.44			.05
	5	.15	.21	.21	.15	.21		.05
	6	.06	.25	.18	.25	.06	.12	.06
	7	.11	.11	.22	.11	.22	.33	
	8		.28	.28	.14	.14		.14
	9	.25				.25	.25	.25

Tabla 5. Para el sujeto J9, se muestra la probabilidad de emitir un número de respuestas en el ensayo posterior dependiendo del número de respuestas emitido en el ensayo previo en las dos últimas sesiones de cada condición NFC exactos,

<i>CONDICIÓN</i>	POSTERIOR								
	<i>PREVIO</i>	3	4	5	6	7	8	9	
J9 NFC6e Penúltima Sesión	3								
	4								
	5			.34	.48	.17			
	6			.26	.42	.31			
	7			.28	.44	.28			
	8								
	9								
	3								
	4								
J9 NFC6e Última Sesión	5			.46	.19	.34			
	6			.33	.41	.25			
	7			.41	.33	.25			
	8								
	9								
	3		.51	.28	.20				
	4		.34	.34	.31				
	5		.27	.63	.09				
	6								
J9 NFC4e Penúltima Sesión	7								
	8								
	9								
	3		.47	.32	.20				
	4		.35	.47	.16				
	5		.35	.52	.12				
	6								
	7								
	8								
9									

Tabla 6. Para el sujeto J24, se muestra la probabilidad de emitir un número de respuestas en el ensayo posterior dependiendo del número de respuestas emitido en el ensayo previo en las dos últimas sesiones de cada condición NFC exactos,

<i>CONDICIÓN</i>	POSTERIOR								
	<i>PREVIO</i>	3	4	5	6	7	8	9	

J24 NFC6e Penúltima Sesión	3								
	4			1					
	5			.19	.66	.14			
	6			.27	.51	.14	.05		
	7			.15	.76	.07			
	8				.66	.33			
	9								
	J24 NFC6e Última Sesión	3				1			
		4	.11		.33	.22	.33		
5			.11	.30	.38	.19			
6			.09	.29	.48	.09	.02		
7			.07	.14	.57	.14	.07		
8			.50		.50				
9									
J24 NFC8e Penúltima Sesión		3							
		4						1	
	5				.25	.75			
	6					.25	.75		
	7		.05	.10	.05	.15	.52	.10	
	8			.02	.04	.26	.46	.20	
	9					.11	.55	.33	
	J24 NFC8e Última Sesión	3							1
		4							
5					1				
6				.16	.16	.16	.16	.33	
7					.06	.37	.43	.12	
8					.02	.22	.60	.15	
9			.05		.11		.44	.38	

Tabla 7. Para el sujeto J53, se muestra la probabilidad de emitir un número de respuestas en el ensayo posterior dependiendo del número de respuestas emitido en el ensayo previo en las dos últimas sesiones de cada condición NFC exactos,

<i>CONDICIÓN</i>	POSTERIOR								
	<i>PREVIO</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	
	3			1					
	4		.26	.33	.40				

J53 NFC6e Penúltima Sesión	5	.14	.29	.50	.03		.03	
	6	.10	.35	.35	.17			
	7	.22	.55	.11	.11			
	8							
	9			1				
	3							
	4			.71	0.28			
	5	.11	.37	.48	.03			
	6	.05	.29	.53	0.11			
Última Sesión	7		.10	.60	0.20	0.10		
	8			1				
	9							
	3							
	4		1					
	J53 NFC8e Penúltima Sesión	5				.33	.33	.33
		6				.50		.50
		7	.05	.05	.10	.21	.42	.15
		8		.02		.27	.56	.13
9					.06	.68	.25	
3								
4						1		
5					.50		.50	
6					.20	.60	.20	
Última Sesión	7			.05	.15	.45	.35	
	8		.04	.08	.30	.46	.13	
	9				.10	.60	.30	

DISCUSIÓN

El Experimento 3 mostró evidencia de que con un entrenamiento adecuado las palomas establecen una discriminación absoluta de su propia conducta. Dentro de los hallazgos más importantes de este experimento destacan tres efectos: (1) el mayor porcentaje de la longitud de carreras de respuestas (paneles superiores, figuras 15 a 20) se ubicó sobre el límite inferior de respuestas en la condición de rangos y sobre los valores absolutos de requisito de respuestas, (2) la probabilidad condicional (paneles inferiores, figuras 15 a 20) disminuyó conforme los sujetos se acercaron al requisito de respuestas del programa NFC, ya fuera este un número

mínimo o exacto de respuestas por reforzador, y (3) el análisis de las dependencias secuenciales (figuras 24 y 25) mostró que las respuestas en el ensayo previo ejercen una influencia en el número de respuestas emitido en el ensayo posterior.

En las distintas condiciones del Experimento 3, la distribución de las longitudes de carreras de respuesta permitió identificar una discriminación sensible a la reducción en los límites superior e inferior del requisito de respuesta del NFC. Esto fue evidente en la disminución de una respuesta conforme se hizo más estrecho el rango de respuestas a reforzar, donde la mayor frecuencia en las carreras de respuesta se ubicó en los valores correspondientes al límite inferior del rango de respuestas. El mismo patrón de respuestas se presentó en las condiciones que pidieron valores exactos de respuesta. La excepción fue el sujeto J12 (Figura 23) con un gradiente de discriminación bimodal en la condición NFC4e, mostrando un efecto de acarreo en el que el porcentaje más alto de las longitudes de carrera de respuestas se ubicó en el valor actual del programa (NFC4e); así como en el valor de la condición previa (NFC6e).

En la Figura 21, se observa que el nivel de reforzamiento (porcentaje de carreras reforzadas) se mantuvo en las diferentes condiciones, indicando una sensibilidad de los sujetos a los cambios en los valores mínimos o absolutos del requisito de respuesta del NFC.

Los resultados obtenidos en el análisis de la probabilidad condicional, son consistentes con los datos obtenidos en una investigación previa al presente estudio (Mechner 1958b). En las tres condiciones del Experimento 3, a medida que los sujetos se acercaban al número de respuestas requerido por el programa

de NFC, se observó un decremento en la probabilidad de emitir una respuesta adicional al requisito de respuestas.

El análisis de los efectos del ensayo previo, la dependencia secuencial originalmente examinada por Mechner (1958b), permite concluir que las carreras actuales son dependientes de las carreras precedentes en una condición NFC. Por ejemplo, en el Experimento 1 las palomas en la condición NFC mostraron un incremento en las longitudes de las carreras de respuestas posteriores a un ensayo no reforzado, esto como resultado de que el número de respuestas fue menor al mínimo programado, o bien porque se presentó un ensayo vacío (Figura 8). Sin embargo, los datos del Experimento 3 mostraron que cuando se les pidió a los sujetos discriminar un número exacto de respuestas (NFC Xe), éstos emitieron un patrón de respuesta distinto, en el que no se observó la tendencia habitual a emitir una mayor cantidad de respuestas después de un ensayo no reforzado.

En resumen, el Experimento 3 encontró que con el entrenamiento utilizado las palomas no solo emiten un número mínimo de respuestas para obtener el reforzador, sino que también ajustan su conducta ante cambios en las contingencias numéricas de los programas que exigen una discriminación fina.

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

En tres experimentos se estudió la discriminación numérica en palomas con diferentes procedimientos basados en la respuesta. Mientras que los Experimentos 1 y 2 requirieron la discriminación de un número mínimo de respuestas por reforzador, en el Experimento 3 se pidió un número exacto de respuestas por reforzador. En los tres experimentos el ingreso de las palomas al comedero se reforzó diferencialmente sobre la base de un número de respuestas previamente emitido. Lo anterior, permitió el análisis del efecto de manipular las distintas contingencias de error asociadas a las variaciones en el número de respuestas para obtener el reforzador.

El efecto de las contingencias de error (tiempo fuera)

Los tres experimentos mostraron que el uso de la entrada a la zona del comedero y la introducción de un intervalo entre ensayos, no modifican en modo alguno la discriminación numérica de respuestas en palomas. Por el contrario, los resultados aquí obtenidos son consistentes con los reportados en otros procedimientos que utilizaron programas de NFC (Mechner, 1958a; Hurwitz, 1962; Platt y Johnson, 1971). Un hallazgo usual con el uso de programas NFC, es una relación positiva entre la longitud media de la carrera y el requisito mínimo de respuestas del programa de NFC. Otro resultado habitual es que la dispersión de la longitud de la carrera de respuestas incrementa con aumentos en el requisito de respuestas (Mechner, 1958a; Platt y Johnson, 1971).

En el presente estudio los programas NFC fueron utilizados bajo tres condiciones distintas. El Experimento 1 empleó un programa de NFC con un solo valor y la presentación probabilística de ensayos en los que no se programó consecuencia alguna. El Experimento 2 implementó un diseño balanceado para

evaluar dos valores de un programa NFC. Finalmente, el Experimento 3 utilizó una variante del programa de NFC. Primero estableció un límite inferior y uno superior en relación a la emisión del número mínimo de respuestas y después probó la transición a un requisito exacto de respuesta, mayor en algunos sujetos y menor en otros, para analizar la influencia del primer valor.

Una forma de explicar la ejecución de las palomas en el programa NFC que implementó el Experimento 1, es suponer que la presentación de un tiempo fuera y el regreso del contador de respuestas a cero, ambos contingentes al error, hayan funcionado como un evento aversivo que decrementó la probabilidad de emitir una carrera corta después del tiempo fuera. A pesar de que la explicación anterior es viable, existe también la posibilidad de que el tiempo fuera, contingente al error, funcionara como un estímulo discriminativo que estableció la ocasión para que la longitud de la carrera de respuestas se incrementara en el siguiente ensayo. Es imposible descartar una de estas posibilidades porque las dos recibieron apoyo de los presentes datos. Un ejemplo de lo anterior, es el caso de la Figura 8 donde se observa un incremento en la longitud de la carrera de los ensayos posteriores a aquellos en los que no se programó un reforzador. Notterman y Block (1960) utilizaron el término reforzamiento incidental direccional (RID), para designar a un proceso que establece que los errores son seguidos de carreras reforzadas, si y sólo si, la longitud de la carrera incrementa. De esta manera, es probable que las palomas en la condición NFC hayan aprendido a aumentar la longitud de la carrera posterior a los errores. Por otra parte, podría especularse que los tiempos fuera contingentes al error hicieran más saliente la importancia de éste y que por tal razón los efectos del RID fueran más evidentes en los sujetos en la condición NFC que en los de la condición NF. Lo anterior tendría como resultado, que las palomas de la condición NFC mostraran una tendencia a incrementar el número de respuestas después del error. En contraste,

eso no sucedió en las palomas NF, las cuales no experimentaron contingencia alguna al error. No obstante lo anterior, como se verá más adelante en el análisis de las dependencias secuenciales, la explicación de Notterman y Block (1960) no es consistente con los resultados obtenidos en el Experimento 3.

En términos de la importancia de los efectos del tiempo fuera en un programa NFC, los tres experimentos del presente estudio permiten llegar a una conclusión general: agregar un apagón contingente al error mejora la discriminación del número mínimo de respuestas por reforzador. Esto principalmente bajo condiciones de alta densidad de reforzamiento como es el caso de los programas NFC empleados en los Experimentos 1 y 2; y en la condición de límites superior e inferior en el número de respuestas que implementó el Experimento 3. En prácticamente todos los casos se observó una ejecución con un pico unimodal en relación al valor del programa. En general, este resultado coincide con los hallazgos de investigaciones que utilizaron apagones contingentes al error y parecería ser consistente con el análisis que considera al apagón como un evento aversivo de la conducta a la que es contingente (Hurwitz, 1962; Platt y Johnson, 1971).

Costo de respuesta

Otra variable que determinó la discriminación numérica en los presentes experimentos fue el costo de respuesta, definido como el número de respuestas emitidas antes de finalizar un ensayo. El Experimento 2, al manipular el orden de presentación de los valores del programa NFC, mostró el efecto que el costo de respuesta tuvo en la discriminación que las palomas establecieron en el programa de NFC (véase en la Figura 10, los sujetos de la condición descendente). En este caso, cambiar el valor de NFC8 en la primera condición a NFC4 en la segunda no debió representar problema alguno si se considera la cantidad mínima de

respuestas necesaria para la nueva condición. Los sujetos en la condición descendente pudieron haber obtenido todos los reforzadores programados con solo responder un mínimo de ocho veces a la tecla, sin importar cuál de las cuatro fases experimentales estuviese vigente. A pesar de lo anterior, cuando la condición fue NFC4, los sujetos en la condición descendente emitieron con mayor frecuencia 4 o 5 respuestas, mostrando sensibilidad al costo de emitir más respuestas por reforzador. En este sentido, es importante recordar que en los programas NFC todas las longitudes de carrera son reforzadas a partir de un mínimo de respuestas.

La Figura 10 mostró una discriminación del número mínimo de respuestas en las condiciones ascendente y descendente. En esta última, el pico del gradiente de discriminación en NFC8 fue menos pronunciado en comparación con las gráficas de la condición ascendente, con un sesgo hacia un valor entre 9 y 10 respuestas. La variabilidad de los sujetos al responder a la condición descendente, no se reflejó en la pérdida de reforzadores, aunque sí afectó el costo de respuesta al emitirse más respuestas por reforzador en relación al mínimo especificado. Una forma de explicar la variabilidad de la longitud de la carrera con requisitos de respuesta considerables en programas NFC, es que el coeficiente de variación (el cual se define como el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética) en animales expuestos a una tarea de discriminación numérica es de aproximadamente 0.2, lo que implica, que incluso con valores de programa de 4 o 5 respuestas, los sujetos con frecuencia se confunden entre esos dos valores (Gallistel, comunicación personal, 2003).

En una investigación reciente, Alonso, Espinosa y Bachá (2005) utilizaron ratas como sujetos para analizar los efectos del orden de presentación de programas NFC. En un grupo se presentaron los siguientes valores de un NFC: 3,

6, 9 y 6 respuestas en orden ascendente, y para otro grupo los mismos valores (9 – 6 – 3 – 6) en orden descendente. Los resultados obtenidos fueron diferentes a los encontrados en el Experimento 2 del presente estudio. En la distribución de longitudes de carrera de la condición ascendente, se observó un pico con un valor máximo de respuestas en el que consistentemente por una respuesta no se alcanzó el requisito establecido por el programa de NFC; es decir, los ratas se quedaron cortas al cumplir el número mínimo de respuestas. Otro resultado fue una gran variabilidad en la longitud de la carrera conforme los valores del programa de NFC fueron incrementando. Es importante mencionar que en esa variabilidad no hubo disminución en la densidad de reforzamiento, pero sí se presentó un aumento en el costo de la respuesta. En las ratas del grupo descendente el ajuste a los valores del programa fue más adecuado que el observado en el grupo ascendente; en el primer grupo el pico de los gradientes se ubicó cerca o sobre el valor del programa en turno. A diferencia de los resultados de Alonso et al (2005), en el Experimento 2 (Figura 10) se observa que los sujetos de la condición descendente ajustaron su conducta rápidamente al nuevo valor del programa (columna de la izquierda) logrando responder en un 40% del total de ensayos con longitudes de carrera que fueron iguales al valor mínimo de respuestas por reforzador (columna de la derecha).

Mediante el diseño balanceado del Experimento 2 se trató de responder la siguiente pregunta: ¿cómo se ve afectada la discriminación numérica de las palomas cuando son expuestas a variaciones que requieren cambios en dirección ascendente y descendente con respecto a un valor inicial?.

Para responder la pregunta anterior, se debería partir de la premisa de que un factor que controla la discriminación en programas NFC es el costo de la respuesta. En la condición ascendente en el Experimento 2, una vez que la

respuesta se estabilizó en el programa de NFC4 era de esperarse que los sujetos al cambiar a NFC8 persistieran con la emisión de más respuestas. Así, la persistencia en el responder ante una nueva condición resolvería el problema de cambiar hacia un valor más grande de respuestas que el requerido en el programa anterior (NFC4). En este sentido, la elección de los sujetos en la condición ascendente pudo ser direccional al aumentar el número de respuestas antes de decidir finalizar el ensayo. Alternativamente, si en algún momento los sujetos en la condición descendente emitieran antes de finalizar el ensayo menos respuestas respecto del valor reforzado en la condición previa (NFC8), esto los llevaría a hacer contacto con el reforzador empleando una cantidad menor de respuestas. Podría decirse que en los sujetos de la condición ascendente, el factor que determina la discriminación en la transición a un valor es un incremento en el número de respuestas, y en las palomas de la condición descendente la variable de influencia está determinada por el contacto con el reforzador a través de un muestreo que permite detectar el en el número mínimo de respuestas de la nueva condición. En ambas situaciones, la variabilidad conductual, con reglas diferentes, juega un papel determinante a favor de los sujetos.

En el Experimento 3, el efecto de las variables costo de respuesta y densidad de reforzamiento se observó en las condiciones de entrenamiento cuando se establecieron rangos o bandas de reforzamiento, o cuando se requirió la discriminación de un número exacto de respuestas (Figura 21). En ese análisis pueden identificarse dos efectos. En primer término, en cada condición de entrenamiento el mayor porcentaje de longitudes de carreras de respuesta se ubicó sobre el límite inferior del rango de respuestas, y en el caso de los valores NFCe éste se ubicó sobre el valor de respuestas vigente. El segundo efecto consistió en el mantenimiento de la densidad de reforzamiento. Incluso en algunos casos se observó un incremento en el porcentaje de carreras reforzadas en la

condición de rangos, conforme la banda de reforzamiento se estrechó hacia los valores exactos (Figura 21). Es decir, que el cambio de un programa NFC con rango de 5 a 7 respuestas, a otro NFC con requisito exacto de 6 respuestas, no produjo ningún decremento en el porcentaje obtenido en la última condición, si se compara con el porcentaje de la primera condición de NFC exacto. Las figuras 15 a la 20 muestran claramente que las palomas son capaces de discriminar entre valores adyacentes al requisito de respuestas sin detrimento de discriminar un número exacto de respuestas cuando éste es requerido.

Dependencia secuencial

La dependencia secuencial es la tendencia que tiene la longitud de carrera a variar, en términos probabilísticos, en función de la longitud de la carrera inmediata precedente. La expectativa original era que los tiempos fuera, producto de las longitudes de carrera no reforzadas en NFC exacto, actuaran separando las carreras individuales para reducir el efecto de las dependencias secuenciales. Lo anterior se esperaría particularmente, si la contingencia de tiempo fuera funcionara como un estímulo aversivo. Sin embargo, los hallazgos del Experimento 3 no apoyaron esa idea.

Los resultados de la dependencia secuencial se resumen en las figuras 24 y 25 y en las tablas de la 4 a la 7. Las tendencias, en términos de probabilidades condicionales, mostraron que los sujetos emitieron una carrera de una longitud determinada y en el siguiente ensayo ésta determinó la probabilidad de emitir un número de respuestas que relacionada al número de respuestas del ensayo previo. En la mayoría de los casos, los sujetos no incrementaron invariablemente el número de respuestas en los ensayos posteriores a los no reforzados, sino que probabilísticamente aumentaron o disminuyeron la longitud de la carrera, dependiendo del número de respuestas emitidas en el ensayo anterior. La

distribución de las longitudes de carrera en la condición NFC exacta fue cercana a lo normal y de hecho, en ocasiones se sobrelapó (véase por ejemplo, en la Figura 24, J53 en ambas condiciones y J24 en NFC6e, y en la Figura 25, J9).

En resumen, los datos del Experimento 3 sugieren que las dependencias secuenciales se comportaron de manera diferente de como ocurrió en los Experimentos 1 y 2 en los que se asumió que los tiempos fuera contingentes al error funcionarían como eventos aversivos. Un ejemplo del tratamiento diferencial del error, es que en los ensayos vacíos del Experimento 1 los sujetos en la condición NFC incrementaron sistemáticamente el número de respuestas en el ensayo posterior, a diferencia de los datos obtenidos en las condiciones de NFCe del Experimento 3, donde los sujetos respondieron emitiendo un mayor o menor número de respuestas dependiendo del número emitido en el ensayo anterior.

Bajo estas condiciones, por tanto, concluimos que se encontró evidencia de que los tiempos fuera contingentes al error, funcionan de una manera dependiente del requisito del programa NFC y del uso de un entrenamiento gradual. Con límites inferior y superior en el número de respuestas, los tiempos fuera contingentes al error generan una discriminación fina que se manifiesta en la sensibilidad de los sujetos a responder diferencialmente entre números adyacentes al requisito de respuesta establecido por el programa.

En el estudio de la discriminación numérica en animales, Davis y Memmot (1982) y Davis y Pérusse (1988), resaltan dos aspectos teóricamente importantes. En primer lugar, se establece que el fenómeno de discriminación numérica, sin importar la especie, forma parte de un proceso más general conocido genéricamente como conteo. Además, Davis y Pérusse mencionan la falta de

modelos generales sobre discriminación numérica o conteo. A continuación se discuten ambos puntos y su relación con los resultados del presente estudio.

Para Gelman y Gallistel (1978), el conteo es una habilidad avanzada que requiere de la presencia de una discriminación categórica entre distintos números, y de una etiqueta para cada valor discriminado; por tal razón, para que el conteo ocurra el sujeto debe discriminar entre números adyacentes. Con requisitos tan precisos, es posible que el conteo esté restringido a pocas especies y exceptuando a los humanos, a un número pequeño de objetos o eventos. Es probable que para la mayoría de los animales, y tal vez para los bebés humanos, discriminaciones menos precisas de elementos sean suficientes para el análisis de las características cuantitativas del ambiente.

No obstante, los teóricos interesados en la discriminación numérica en animales siguen considerando como criterio básico para afirmar que un sujeto experimental *cuenta*, los principios ya mencionados de Gelman y Gallistel (1978). Un ejemplo de lo anterior es el trabajo de Xia et al. (2000). En esa investigación el empleo de símbolos lleva a ciertas consideraciones de tipo teórico, ya que para algunos investigadores como Boysen y Bernston (1989) el conteo está caracterizado precisamente por un contenido simbólico. De acuerdo con ellos, el *conteo verdadero* debería incluir el análisis combinado de los símbolos que representan números y el manejo del concepto de número; por consecuencia la comprensión de la idea de cardinalidad.

En otra teoría sobre discriminación numérica en animales, Meck y Church (1983) proponen la existencia de mecanismos responsables de estimar temporalmente la duración de un evento y de dar cuenta del número de eventos discretos. Estos autores plantean que los animales establecen discriminaciones

simples con dimensiones tales como tiempo y número. Meck y Church (1983) aseguran, que no siempre es necesario entrenar a los animales para que explícitamente cuenten o estimen el tiempo. Podría ocurrir de hecho, que cuando se les observa estimando el tiempo, quizá estén contando y viceversa. Meck y Church (1983) afirman también, que en instancias en las que el número de eventos es una dimensión relevante, el conteo provee al animal de representaciones de numerosidad (numerales), para usarlas en el razonamiento aritmético (operaciones relacionadas y combinatorias con numerosidades).

Las afirmaciones anteriores podrían ser inexactas, si se considera que Meck y Church no se han interesado en estudiar la discriminación del número exacto de respuestas para obtener el reforzador, discriminación absoluta, en animales. Es decir, que sus preparaciones experimentales no han tenido como propósito probar, por ejemplo, el principio de cardinalidad, necesario según Gelman y Gallistel (1978) para el análisis de operaciones combinatorias y mucho menos han intentado utilizar símbolos que representen numerosidades, como es el caso de los estudios de Xia, et al. (2000) con palomas y el de Boysen y Bernston (1989) con chimpancés.

Asumiendo que los animales poseen el concepto de número, como lo afirman Meck y Church (1983), preguntas como las siguientes, entre otras, quedan por responder: ¿cómo es que el conteo “provee” a los animales de representaciones? ¿cuál mecanismo es responsable de ese proceso?. Llevadas esas interrogantes a los resultados del presente estudio. ¿cómo hicieron las palomas en el Experimento 3 para responder con precisión a un número exacto? ¿se apoyaron en un mecanismo representacional como la memoria de referencia, o “simplemente discriminaron”? para emplear la expresión utilizada por Meck y Church (1983).

Una pregunta a la que se pudiera dar respuesta es la que cuestiona si los animales poseen el concepto de número. En este caso la respuesta enfática es no, aunque tal vez esta aseveración dependa de la especie animal que se estudie. Boysen y Bernston (1989) en el que posiblemente sea el mejor estudio sobre competencia numérica en animales, entrenaron a un chimpancé para que realizara operaciones aritméticas con números pequeños. El sujeto mostró habilidad no sólo para realizar las operaciones requeridas, sino además transfirió la tarea aprendida con objetos a símbolos que representaban números arábigos.

Una crítica frecuente en la literatura asociada a la discriminación numérica o conteo en animales, es que el entrenamiento de éstos para presentar la conducta objetivo le resta validez a los resultados (para una revisión, ver Davis y Pérusse, 1988). Lo anterior amerita algunas reflexiones. De manera inevitable, es necesario preguntarse si, por ejemplo, los infantes humanos podrían adquirir el concepto de número con la simple repetición de una lista; si ése fuera el caso, la instrucción escolar actual sobre el tema sería francamente ociosa. Hasta donde se sabe, los infantes humanos son entrenados expresamente en la adquisición del conocimiento numérico, lo que implica de manera clara que no poseen una representación innata de número. De la misma forma, animales con capacidades y nichos distintos entre especies, han sido expuestos por la vía del entrenamiento a la discriminación de conjuntos de estímulos y con menor frecuencia al número de respuestas. En relación a los presentes experimentos, se ha mostrado que es posible llevar a las palomas a discriminar desde una exigencia como la cantidad mínima de respuestas, hasta un número exacto de éstas.

Con estos resultados, es indispensable establecer el papel que juegan, por una parte la discriminación y por otra la idea de representación. Sin importar en qué línea se realice una investigación dentro del área, una característica común es

el entrenamiento. En el caso de la discriminación numérica, se considera que los animales aprenden a responder al valor del programa de reforzamiento mediante el aprendizaje de una secuencia de respuestas con características numéricas y que ese aprendizaje se generaliza a valores distintos del inicialmente entrenado. En el caso de la representación, la explicación de la ejecución observada se resuelve con el apoyo de un mecanismo como la memoria de referencia, la cual posee un registro del número de respuestas en el que el reforzador ha sido entregado en ensayos previos y contra el cual se compara el valor de la ejecución actual, o memoria de trabajo. En ambos casos, el factor que determina la longitud de la carrera de respuestas está asociado al entrenamiento, ya sea considerando la posibilidad de hacer contacto con el reforzador y extraer la información relevante del ambiente; o bien, mediante la discriminación y la generalización en un mecanismo que permita acumular las respuestas para después hacer una comparación contra un valor establecido previamente. En conclusión, podría decirse que ninguno de los enfoques teóricos arriba presentados, puede explicar por sí mismo la discriminación que las figuras 24 y 25 mostraron con las dependencias secuenciales en las que el ajuste en el número de respuestas fue función del número de respuestas emitido en el ensayo anterior.

Las implicaciones que resultan del presente trabajo son diversas. En primer término, conceder que se han encontrado habilidades numéricas en animales, no supone necesariamente que tales procesos, cognitivos o de discriminación, sean equivalentes a los utilizados por los humanos. Esta precisión se relaciona al frecuente y confuso empleo del término *conteo* como sinónimo de discriminación o competencia numérica. No obstante esta circunstancia, lo cierto es que muchas de las preguntas de investigación en el área de discriminación numérica, son planteadas en términos de si los animales *cuentan*, como lo hacemos los humanos. Pero.... ¿sabemos cómo contamos los humanos?. Bajo los criterios de

Davis y Pérusse (1988); Gallistel y Gelman (1992); Gelman y Gallistel (1978) y Meck y Church (1983) entre otros, parece ser que las preguntas, en general, en el área de discriminación numérica en animales están mal planteadas, porque los procedimientos utilizados no permiten responderlas en términos de conteo y mucho menos es posible comparar sus resultados con los de un modelo en infantes humanos. Lo que sí parece evidente, es que el significado del término conteo y la discriminación numérica en animales no es consistente.

Para finalizar, lo que se tiene es un modelo como el de Gelman y Gallistel (1978), que propone una serie de principios cuyo cumplimiento, de acuerdo a los autores, promete el dominio futuro del análisis combinatorio de la categoría de número. En este modelo parecería que la posibilidad de dominar el principio de cardinalidad por parte de los niños, se encuentra más cerca de lo que ocurre socialmente en la vida cotidiana. Por otra parte, se tiene un modelo pensado originalmente para explicar el proceso de estimación temporal, que es adaptado posteriormente para explicar la forma en que los animales discriminan los atributos numéricos del ambiente (Meck y Church, 1983). En concreto, hay dos modelos para interpretar lo que se conoce como conteo: principios vs habilidades; concepto vs entrenamiento; humanos vs animales, y dentro de los animales, los preverbales y los verbales. Como se ve, no es simple decidir qué características debiera poseer un modelo de conteo o discriminación numérica.

Un modelo que estudiara la numerosidad en animales debería considerar que no existe una sola numerosidad, sino que concurren una diversidad de sensibilidades; por ejemplo a las características absolutas o relacionales, simples o complejas, tanto del ambiente como de la conducta. Para plantearlo de otra manera: el mayor problema metodológico al que se enfrenta la investigación sobre conteo o sensibilidad a la numerosidad, es demostrar que la conducta está bajo el

control discriminativo del número y no de otros atributos que pudieran correlacionarse con éste.

REFERENCIAS

- Alsop, B. y Honig, W.K. (1991). Sequential stimuli and relative numerosity discriminations in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 17, 386-395.
- Alonso, I., Espinosa, J. y Bachá, G. (2005). Distribución de carreras de respuesta y el orden de los valores de NFC. Ponencia presentada en el XVII Congreso Mexicano de Análisis de la Conducta.
- Boysen, S.T. y Bernston, G.G. (1989). Numerical competence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*. 103, 23-31.
- Brown, P.L y Jenkins, H.M. (1968). Auto-shaping of the pigeon's key peck. *Journal of Experimental Analysis Experimental of Behavior*. 11, 1-8.
- Capaldi, E.J. y Miller, J.D. (1988). Counting in rats: its functional significance and the independent cognitive processes that constitute it. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 4 (1), 3-17.
- Davis H. y Memmot, J. (1982). Counting behavior in animals: A critical evaluation. *Psychological Bulletin*, 92, 547-571.
- Davis H. y Pérusse, R. (1988). Numerical competence in animals: Definitional issues, current evidence and a new research agenda. *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 561-615.
- Emmerton, J. (1988). Numerosity differences and effects of stimulus density on pigeon's discrimination performance. *Animal Learning and Behavior*, 26, 243-256.

Ferster, C.B. y Skinner, B.F. (1957). *Schedules of reinforcement*. New York: Appleton.

Fuson, K. C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. Springer-Verlag.

Gallistel, C. R. (2003). Comunicación personal.

Gallistel, C.R. y Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44, 43-74.

Gelman, R y Gallistel, C.R. (1978). *The Child's understanding of number*. Harvard University Press.

Hauser, M.D. (2000). *Wild Minds: What animals really think*. New York. Holt.

Honig, W.K. y Stewart, K.E. (1989). Discrimination of relative numerosity by pigeons. *Animal Learning and Behavior*, 17, 134-146.

Hull, C. L. A. (1952). *A behavior system*. New Haven: Yale University Press.

Hurwitz, H.M.B. (1962). Some properties of behavior under fixed-ratio and counting schedules. *British Journal of Psychology*, 53, 167-173.

Kamil, A.C. (1988). A synthetic approach to the study of animal intelligence. In D. Leager (Ed.) *Nebraska symposium on motivation. Comparative perspectives in modern psychology*. (Vol. 7, pp. 257-308). Lincoln, N.E. University of Nebraska Press.

Matsuzawa, T. (1985). Use of numbers by a chimpanzee. *Nature*, 267, 694-696.

- Mechner, F. (1958a). Probability relations within response sequences under ratio reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1, 109-121.
- Mechner, F. (1958b). Sequential dependencies of the lengths of consecutive response runs. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1, 229-233.
- Mechner, F. y Guevrekian, L. (1962). Effects of deprivation upon counting and timing in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5, 463- 466.
- Meck, H. M. y Church, R.M. (1983). A mode control model of counting and timing processes. *Journal of Experimental Psychology*, 9, 320- 334.
- Notterman, J. M. y Block, A.H. (1960). Response differentiation using a simple discrimination. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 3, 289-291.
- Platt, J.R. y Johnson, D.M. (1971). Localization of position within a homogenous behavior chain: effects of error contingencies. *Learning and Motivation*, 2, 386-414.
- Platt, J.R. y Senkowsky, P.C. (1970). Response-correlated stimulus functioning in homogenous behavior chains. In J. H. Reynierse (Ed.) *Current issues in animal learning*. Lincoln. University of Nebraska
- Pliskoff, S.S. y Goldiamond, I. (1966). Some discriminative properties of fixed ratio performance in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 1-9.
- Rilling, M.E. y McDiarmid, C. (1966). Signal detection in fixed ratio schedules. *Science*, 148, 526-527.

Rilling, M.E. (1967). Number of responses as a stimulus in fixed-interval and fixed-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 10, 60-65.

Rilling, M.E. (1968). Effects of timeout on a discrimination between fixed-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 129-132.

Roberts, W.A., Macuda, T. y Brodbeck, D.R. (1995). Memory for a number of light flashes in the pigeon. *Animal Learning and Behavior*, 23, 182-188.

Xia, L., Siemman, M. y Delius, J.D. (2000). Matching for numerical symbols with number of responses by pigeons. *Animal Cognition*, 3, 35-43