

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA

1142

EFFECTO DEL METODO DE ENTRENAMIENTO DE DEGRADACION EN LA RECUPERACION
DE UNA DISCRIMINACION VISUAL EN RATAS SIN CORTEZA VISUAL

TESIS DE GRADO PARA OPTAR
AL TITULO DE PSICOLOGO

PROFESOR PATROCINANTE: DR. JORGE FERNANDEZ T.
DIRECTOR DE TESIS : ELIANA GUIC S.
ASESOR METODOLOGICO : TERESA SEGRE M.

ISABEL ACEVEDO D.
BEATRIZ ARAMBURU F.
NANCY VENABLE B.

SANTIAGO DE CHILE

1979



A : ALEJANDRA: luz y sonrisa.
ORLANDO : apoyo y comprensión
TITA : fuerza y comprensión

ISABEL

A MIS PADRES: por estar muy cerca

BEATRIZ

A MI PADRE: posibilidad y apoyo
MIS HIJOS: mis compañeros maravillosos
LA VIDA : porque vale la pena

NANCY

A : TATA FERNANDEZ, por su especial forma de dar.
A : NANO, por su serena y cálida permisividad.

ISABEL - BEATRIZ - NANCY

85-7657



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Departamento de Fisiología y Biofísica, en la persona de la Dra. Teresa Pinto-Hamuy, gracias a cuyo patrocinio ha sido posible la realización de esta investigación.

Agradecemos muy especialmente

Al Dr. Jorge Fernández T., por su valioso aporte profesional y su calidad humana.

A Eliana Guíñ S., por su constante dedicación, esfuerzo y creatividad.

A Teresa Ségure M., por su aporte metodológico excepcionalmente claro y su cálida dedicación.

A Susana Aronsohn y Jimena Benedetti por su colaboración en las primeras etapas del trabajo.

Finalmente, queremos agradecer a Carlos Guajardo del Departamento de Morfología Experimental, al personal del vivero del Departamento de Fisiología y Biofísica, y a todos aquellos que directa o indirectamente hicieron posible la consecución de nuestros propósitos.

I N D I C E

	<u>PAG</u>	
I	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES TEORICOS	3
III	OBJETIVOS	9
IV	HIPOTESIS	10
V	METODO	11
VI	RESULTADOS	24
	1. Resultados Histológicos	24
	2. Resultados Conductuales	27
VII	COMPROBACION DE HIPOTESIS	42
VIII	DISCUSION	43
IX	PROYECCIONES GENERALES	60
X	BIBLIOGRAFIA	61
XI	APENDICES	
	1. Discriminación de Brillantez, Cuadro Resumen	71
	2. Curvas Individuales de Aprendizaje	72
	3. Sistema Visual de la Rata	73

I. INTRODUCCION

Al buscar los determinantes de la capacidad de un sujeto de aprender una respuesta, teóricamente se han considerado dos grupos de variables. Por un lado, las condiciones del organismo que aprende y por otro, la estimulación medioambiental a la que es sometido. Sin embargo, cuando un sujeto no es capaz de ejecutar determinadas tareas, en general los investigadores han tendido a buscar entre las condiciones estructurales del organismo el factor responsable. No se puede dejar de reconocer que la limitación última está dada por el organismo mismo. No obstante, la importancia de la estimulación se va esclareciendo a medida que la Psicología Experimental nos provee de nuevas técnicas conductuales. Actualmente es posible cuestionar los límites de las capacidades de aprendizaje que tradicionalmente se han aceptado para determinados sujetos.

Una de las líneas de investigación que estudia la problemática a la que se hizo referencia, está constituida por los trabajos interdisciplinarios en que se correlaciona daño cortical con déficit conductual. Uno de los diseños más utilizados consiste en hacer que el sujeto aprenda una tarea, luego provocar un déficit lesionando las áreas corticales más directamente involucradas en la ejecución de dicha función, y por último, someter nuevamente al sujeto a la situación de aprendizaje. Se ha observado que la recuperación de la función en la etapa post-lesión se facilita si el daño se lleva a cabo secuencialmente. Es decir, lesionando por ejemplo, primero el área cortical pertinente de un hemisferio y luego de un tiempo determinado el área del otro hemisferio. Finalmente, se tiene la misma cantidad de área cortical dañada que al hacer la lesión simultáneamente. Para obtener este efecto facilitador llamado "efecto de lesión en serie", es indispensable exponer al sujeto a estimulación o entrenamiento específico durante el período inter-lesión. Sin esta condición la performance luego de ambas lesiones seriales es tan deficiente como la de los sujetos lesionados simultáneamente.

Nos preguntamos si sujetos con déficit en una función dada por lesión simultánea en un área del Sistema Nervioso Central, al ser enfrentados a una tarea en que se requiere tal capacidad, podrían recuperarla mediante el uso de un método de estimulación eficiente.

En 1963, sobre la base de datos previos, Terrace sistematizó un método de entrenamiento gradual que ofrece una serie de ventajas al ser comparado con el método clásico o tradicional de entrenamiento. El método clásico consiste en enfrentar directamente al sujeto a la tarea final que se quiere que aprenda. El método creado por Terrace consiste en enfrentar al sujeto a una tarea previamente aprendida o fácil de adquirir y luego modificarla gradualmente hasta llegar a la tarea final.

Nuestro trabajo pretende determinar si la facilitación mostrada por los métodos graduales de entrenamiento posibilitaría, en los sujetos experimentales después de una lesión simultánea del Sistema Nervioso Central, la recuperación de performances que no puedan lograrse con el método clásico. Además, se pretende investigar la interacción de las variables facilitadoras -gradualidad del entrenamiento y lesión en serie- en la recuperación de la misma tarea.

II. ANTECEDENTES TEORICOS

De las situaciones de laboratorio que nos permiten una manipulación sistemática del medio, hemos escogido aquella que posibilita la instauración de "una discriminación simultánea operante de evitación", ya que aparece como la más idónea a nuestra problemática y a su vez es la más utilizada por los investigadores que han trabajado en esta línea (Thompson, 1960; Horel, 1966 ; Spear y Barbas, 1975; Meyer y Meyer, 1977; y otros).

El paradigma de aprendizaje operante enfatiza las consecuencias de la conducta del sujeto en el medio de tal forma que la conducta puede llegar a convertirse en un instrumento para la consecución de recompensas y/o la evitación de castigo. Ello supone también que ciertos estímulos del medio (estímulos discriminativos) se convierten en claves anunciadoras de recompensas o castigo. Así, en la medida en que las respuestas se produzcan en una determinada situación y no en otra, se dice que se ha establecido una discriminación operante. Es decir, el sujeto llega a responder más frecuentemente a un estímulo correlacionado con refuerzo (E+) que a un estímulo correlacionado con no-refuerzo o castigo (E-). De esta manera, se presume que los estímulos adquieren control sobre la respuesta. El método que tradicionalmente se ha usado en la adquisición de una discriminación consiste en mantener invariables las dimensiones o características de los estímulos a lo largo de todo el entrenamiento.

En base a antecedentes previos (Schlosberg y Solomon, 1943 ; Lawrence, 1952) Terrace en 1963 sistematiza un método de aprendizaje graduado que consiste en el paso de una discriminación fácil a una difícil, mediante la transformación gradual de las dimensiones de los estímulos a lo largo de un continuo. Las características del estímulo que inicialmente controlan la respuesta (por ejemplo, tamaño, forma, luminosidad o color) son degradadas hasta que una nueva cualidad del estímulo adquiere control sobre la respuesta.

El método gradual o de degradación ha mostrado tener una serie de ventajas sobre el método clásico en diferentes especies y para distintas tareas. Usando un paradigma apetitivo se ha logrado la adquisición de discriminaciones y la transferencia del control de estímulos desde una discriminación ya conocida a una nueva de mucho mayor dificultad, con pocos o ningún error (Terrace, 1963a, 1963 b; Schusterman, 1966, 1967); la adquisición de tareas con un menor número de ensayos que al utilizar el método clásico (Aronsohn, 1978); y un menor "costo emocional" por parte del sujeto que aprende (Terrace, 1963 c, 1972; Schusterman, 1966, Rilling, 1973).

El método gradual también ha demostrado sus ventajas en Psicología Aplicada, tanto en el área clínica como educacional. En el área clínica, Wulbert, Nyman, Snow y Owen (1973) trataron exitosamente un caso de mutismo selectivo en una niña de seis años, combinando el manejo de contingencias ambientales con la técnica de degradación. Barlow y Agras (1973) aplicaron eficazmente la técnica de degradación a dos homosexuales cuyo tratamiento anterior con técnicas aversivas había sido ineficaz.

En el área educacional, la enseñanza programada (Skinner, 1958; Holland, 1960) constituye uno de los mejores exponentes de la aplicación del método de degradación. La enseñanza programada implica la presentación de los problemas en una serie graduada de dificultad, la administración de refuerzos contingentes, y el retiro gradual del apoyo de los estímulos externos que controlan la conducta. Con este método se obtiene una mayor proporción de respuestas correctas y la posibilidad de adquirir contenidos más complejos. Corey y Shamow (1973) trabajando con niños de cuatro a ocho años comprueban la superioridad del método gradual de aprendizaje sobre el método tradicional en la adquisición y retención de lectura de palabras.

Más aún, a través de este método ha sido posible entrenar a sujetos virtualmente sin errores, en tareas que se suponían fuera

de sus capacidades. Collin y Savoy (1968) lograron instaurar discriminaciones e inversiones de formas complejas en niños - normales de 36 a 107 meses de edad; Touchette (1968) y Sidman y Stoddard (1967), trabajando con niños retardados, lograron que adquirieran una discriminación de formas que les fué imposible aprender con el método clásico. Dorry (1976) probó - la superioridad del método gradual sobre el método tradicional con adultos retardados en la adquisición de un vocabulario simple de lectura; Stettner y Matyniak (1969) lograron que una codorniz, con daño no especificado en el Sistema Nervioso Central, aprendiera una discriminación que no logró adquirir previamente con el método clásico.

Excepto por el trabajo citado de Stettner y Matyniak todas las investigaciones en que se ha aplicado el método gradual a sujetos limitados se han hecho en humanos, y por lo tanto, no ha sido posible comprobar la existencia y/o extensión del daño - al sistema nervioso.

Nuestro propósito es estudiar los efectos de la aplicación del método gradual en la recuperación de capacidades de aprendizaje que parecen perdidas a causa de una lesión del Sistema Nervioso Central. Necesitamos por lo tanto, una situación límite, es decir, aplicar el método gradual en sujetos con lesiones neurológicas que les imposibiliten el reaprendizaje de una tarea - con el método tradicional. Otra condición es que este daño sea especificado y posible de controlar.

Usaremos animales como sujetos experimentales. Hemos escogido la rata, ya que existe gran cantidad de evidencias anatómicas, electrofisiológicas y conductuales sobre esta especie, principalmente sobre aprendizaje de hábitos visualmente guiados. Por otra parte, trabajos previos han demostrado la efectividad del método gradual aplicado a discriminaciones visuales en ratas - normales (Guić y Gormaz, 1975; Aronsohn, 1978).

Desde Lashley (1931) se ha visto que ratas sometidas a remoción total de la corteza visual no son capaces de discriminar entre estrías blancas y negras alternadas, orientadas horizontal vs. verticalmente, ó diagonalmente opuestas, aunque pueden aprender discriminaciones de formas visuales si los estímulos difieren en flujo luminoso (cantidad de luz reflejada por el estímulo medido en mL) (Covey y Weiskrantz, 1971); flujo luminoso local (cantidad de luz reflejada por un área determinada del estímulo) (Hall y Diamond, 1968); largo de contorno (diferencias de perímetro) (Lewellyn y Lowes, 1969; Braun, Lundy y Mc Carthy, 1970; Mizey Wetzel, 1971). Otros investigadores han demostrado que ratas que han sufrido la extirpación total de la corteza visual son capaces de reaprender una discriminación de brillantez con una tasa de aprendizaje semejante a la de animales normales (Lashley, 1935; Thompson, 1960; Horel, 1966; Petrinovich y Bliss, 1966; Petrinovich y Carew, 1969; Meyer y Meyer, 1977; Scheff y Wright, 1977).

Es importante destacar que en todas estas investigaciones se ha utilizado el método tradicional de entrenamiento en discriminación operante y que el daño en la corteza visual se ha llevado a cabo en ambos hemisferios simultáneamente.

Recientemente, se ha estudiado sistemáticamente la recuperación de funciones al dañar secuencialmente la corteza visual. En la forma más usual, se extirpa un área cortical dada en un hemisferio y en otra operación el área homóloga del hemisferio opuesto, dejando un período de tiempo determinado entre ambas lesiones. Numerosos autores han demostrado que la recuperación después de un daño se facilita si éste se realiza serialmente en vez de simultáneamente. El efecto serial se ha estudiado en muchas especies y respecto de diferentes funciones sensoriales y motoras (Finger, 1973 rev). Spear y Barbas en 1975 estudiaron este efecto en ratas en relación a una discriminación visual de patterns. Los resultados indican que al lesionar serialmente la corteza visual las ratas son capaces de reaprender a discriminar estrías orientadas horizontal vs. verticalmente, igualadas en flujo luminoso total, controlando claves locales de luminosidad y largo de contorno.

La recuperación de una tarea al aplicar el método de lesión serial parecería demostrar que ésta depende de la secuencia temporal con que se ejecuta la lesión. Sin embargo, se ha comprobado que el efecto lesión en serie no se da a menos - que se permita un intervalo de tiempo mínimo (11 días) entre ambas lesiones (Meyer, Isaac y Maher, 1958; Isaac, 1964; Glendenning, 1972) y se da estimulación o entrenamiento adecuado a este período (Thompson, 1960; Kircher y Braun, 1970; Petrinovich y Carew, 1969; Glendenning, 1972; Dru, 1975)

La mayoría de los autores antes citados han estudiado la incidencia de la estimulación en el período interlesión; han utilizado la tarea discriminación visual de brillantez (blanco vs. negro). En relación a esta tarea, pese a que existen discrepancias sobre la naturaleza de la práctica interoperativa que se requiere para obtener el efecto facilitador de lesión en serie, todos los autores concuerdan con la necesidad de exponer a los sujetos por lo menos a ciclos naturales de luz-oscuridad. La performance de los sujetos controles mantenidos en oscuridad en este período no se diferencia de la de los sujetos operados simultáneamente.

Ahora bien, para obtener el efecto de lesión en serie en tareas de discriminación de patterns visuales es necesario permitir a los sujetos libre movimiento y exponerlos a los estímulos discriminativos en el período interlesión. (Dru, 1975). Estas dos condiciones analizadas por Dru (1975) se cumplen al someter las ratas a entrenamiento interlesión en la discriminación de patterns. Este procedimiento fué empleado con éxito por Spear y Barbas (1975).

En resumen, hemos visto que:

Ratas con lesión simultánea:

1. Pueden readquirir una discriminación de brillantez.
2. No reaprenden patterns si se eliminan las diferencias de largo de contorno y de flujo luminoso (total y local).

Ratas con lesión en serie:

Reaprenden una discriminación de patterns si se da estimulación adecuada y/o entrenamiento específico durante el período interlesión.

En el presente trabajo utilizaremos el método gradual y el clásico para entrenar una discriminación visual patterns tanto en ratas a las que se ha extirpado la corteza visual en forma simultánea como serialmente.

Todos los sujetos serán entrenados en las etapas pre, post e interlesión en una discriminación de brillantez (blanco vs negro) y luego en una de patterns (estrías blancas y negras alternadas orientadas horizontal vs verticalmente).

En el método clásico, los sujetos pasarán de la discriminación de brillantez a la de patterns abruptamente, y en el método de degradación en forma paulatina. Esto se realizará presentando una serie graduada en la que inicialmente los estímulos se diferencian en brillantez y orientación de las estrías. A lo largo de la serie se irán esfumando progresivamente las claves de brillantez.

Nuestro trabajo pretende:

1. Determinar el efecto de cada una de las variables facilitadoras, lesión en serie y método gradual, en la readquisición de una tarea considerada irrecuperable en sujetos lesionados en forma simultánea.
2. Estudiar la interacción entre ambas variables.

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

Aportar nuevas evidencias a la teoría del aprendizaje comparando la eficacia de diferentes métodos de entrenamiento en la recuperación de una función perdida por una lesión definida del Sistema Nervioso Central.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el efecto del método de entrenamiento gradual vs. el método de entrenamiento clásico en la performance de una discriminación visual de patterns, en ratas con lesión simultánea de la corteza visual.
2. Determinar el efecto del método de entrenamiento gradual vs. el método de entrenamiento clásico en la performance de una discriminación visual de patterns, en ratas con lesión serial de la corteza visual.

V. METODO

1. Sujetos:

Se utilizaron 30 ratas grises (Long-Evans) machos, sin experiencia previa, de 90 a 120 días de edad al comienzo del entrenamiento.

Fuera de la situación experimental se mantuvo a los sujetos en cajas hogares agrupados de a seis, en un ciclo luz-oscuridad natural, con agua y alimento ad libitum.

2. Aparato:

A. Descripción (Ver Fig. 1)

Se utilizó una caja de entrenamiento de discriminación por evitación, de doble elección, similar a la descrita por Thompson y Bryant (1955). Dicha caja está construída en plástico acrílico negro y consta de tres compartimentos:

- Un compartimento de partida (A) de 10 cm. de ancho por 20 cm. de largo
- Un compartimento de elección (B) de 40 cm. de largo, aumentando en ancho desde 10 cm. en el compartimento de partida hasta 30 cm. en el punto de elección.
- Un compartimento meta (C) de 30 cm. de ancho por 30 cm. de largo. El compartimento de partida está separado del compartimento de elección por una puerta guillotina (D) de acrílico negro que es elevada por el experimentador para comenzar cada ensayo. El compartimento de elección y el compartimento meta están separados por un tabique con dos salidas en las que se insertan las puertas estímulo (X, Y) de 9 x 9 cm cada una. Las puertas estímulo permiten el paso al compartimento meta empujándolas levemente hacia él. En el compartimento de elección un tabique divisor de 5 cm. separa el acceso a las puertas estímulo.

El piso de la caja está constituido por varillas de bronce que pueden ser electrificadas (0.2 - 0.4 mA). La única iluminación durante el entrenamiento la proveen dos ampolletas de 6 watts, montadas por sobre las puertas estímulo.

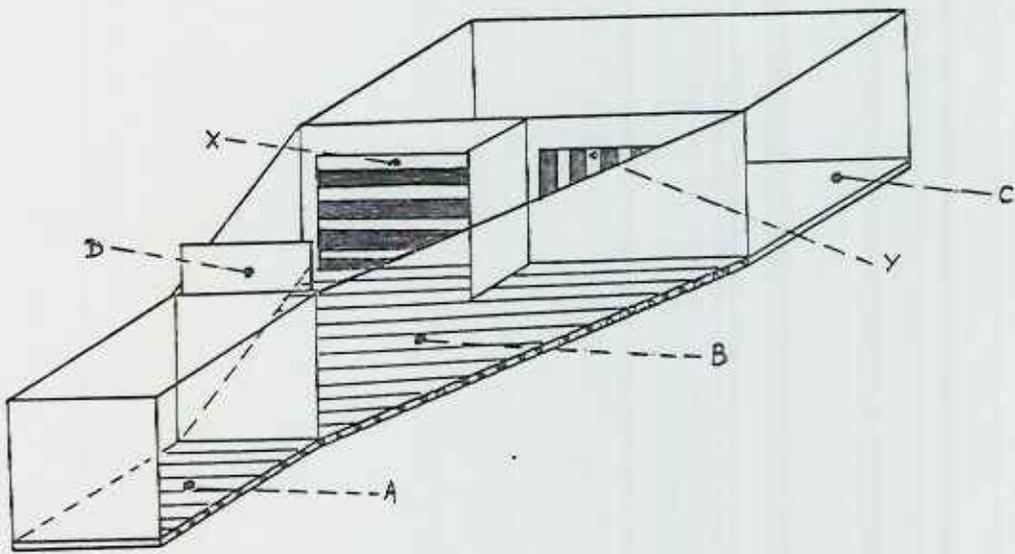


FIGURA N° 1

APARATO DE ENTRENAMIENTO

B. Funcionamiento

El funcionamiento del aparato se ha semiautomatizado mediante la implementación de un sistema electromecánico.

Al elevar la puerta guillotina se activa un interruptor que pone en funcionamiento un "Timer" (1) al cual pasado 5 seg. conecta la fuente de shock que electrifica el piso del compartimiento A en forma constante hasta que la puerta guillotina es bajada nuevamente. Esta manobra conecta un segundo Timer el que pasados 30 seg. permite la electrificación del piso del compartimiento B con excepción de los 6 cm. contiguos a las puertas estímulos. El shock del compartimiento B continúa hasta que el experimentador lo corta en forma manual. Los 6 cm. de barras que precede cada una de las puertas estímulo pueden electrificarse independientemente entre sí y del resto del piso.

3. Entrenamiento

A. Preentrenamiento

El preentrenamiento consistió en una etapa de adaptación y una etapa de moldeamiento de la conducta instrumental que se efectuó en dos días sucesivos. El objetivo de la etapa de adaptación fue la extinción de las respuestas emocionales incondicionadas provocadas por la exposición del sujeto a una situación estímulo novedosa. Con este fin se permitió a los sujetos la libre exploración del aparato durante 25 min. sin la puerta guillotina ni las puertas estímulo.

El objetivo de la etapa de moldeamiento, fue la instauración de la respuesta instrumental de escape-evitación a los shock ya descritos. Se pretende que el sujeto aprenda a pasar en menos de 5 seg. del compartimiento A al B y en menos de 30 seg. del B al C a través de las salidas en que luego se insertarán las puertas estímulo. Al cum

(1) "Interruptor complejo controlado por un reloj" (Dispositivos automáticos para el estudio del comportamiento. Blas Espinoza, 1970. Apuntes Esc. Psicología, U. de Chile. p. 21).

plirse este criterio se colocaron la puerta guillotina y las puertas estímulo grises. Estas últimas cubrieron inicialmente sólo un décimo de la apertura y fueron bajadas gradualmente de ensayo en ensayo. Se consideró completada la etapa de moldeamiento después de la emisión de 5 respuestas de evitación consecutivas, pasando a través de las puertas estímulo, que finalmente cierran totalmente las salidas.

Método de corrección

Se utilizó un método de corrección cuando observamos la conducta de perseveración. Se entiende por perseveración cuando la rata intenta pasar por tercera vez consecutiva por la puerta estímulo de un mismo lado (puerta preferida). Se evitó la perseveración impidiendo el paso del sujeto a través de la puerta estímulo preferida, bloquéndola y por lo tanto exigiendo que pase por la otra puerta.

Posteriormente, para el entrenamiento en discriminación se reemplazaron las puertas grises por los estímulos discriminativos correspondientes.

B. Entrenamiento en discriminación

a) Descripción de un ensayo:

Cada ensayo comienza al colocar al sujeto en el compartimiento de partida (A) y levantar la puerta guillotina. Se exige que el sujeto pase por el compartimiento de elección (B) hacia el compartimiento meta (C) a través de la puerta estímulo positiva. Se entiende por estímulo positivo (E+) aquél cuya elección es reforzada por la ausencia de un shock, y por estímulo negativo (E-) aquél cuya elección es castigada mediante la administración de un shock en las patas al acercarse a 6 cm. del estímulo. La posición de los estímulos E+ y E- se cambió de derecha a izquierda de

acuerdo a los diferentes sets de la serie de Gellerman (1933). Esta serie fué diseñada especialmente para lograr la presentación al azar a la derecha y a la izquierda de los estímulos visuales.

Los sujetos fueron entrenados en una discriminación de brillantez y posteriormente en una discriminación visual de patterns.

b) Discriminación de brillantez:

Los sujetos debieron aprender a discriminar entre un estímulo blanco (E+) y un estímulo negro (E-).

c) Discriminación de patterns:

Durante este entrenamiento los sujetos debieron aprender a discriminar entre estrías blancas y negras alternadas, orientadas horizontalmente (E+) vs. verticalmente (E-). Estos estímulos constituyeron la tarea final, y su discriminación la meta del entrenamiento. Difieren entre sí exclusivamente en la orientación de las estrías (4 blancas y 4 negras en cada estímulo) habiéndose controlado las diferencias de flujo luminoso total, flujo luminoso local, y largo de contorno.

El flujo luminoso total fué controlado igualando en ambos estímulos la cantidad de área blanca y negra (ver Tabla 1). El largo de contorno se controló teniendo ambos estímulos el mismo número de estrías de igual contorno. Las claves de flujo luminoso local se controlaron al utilizar dos pares de estímulos en la tarea final; un par en el que uno de los estímulos comienza con una estría blanca y el otro con una negra. La presentación de cada par se varió de ensayo en ensayo de acuerdo a la serie de Gellerman.

A lo largo de ambos tipos de entrenamiento (discriminación de brillantez y de patterns) se utilizaron diferentes series de Gellerman de modo que las ratas no pudieran aprender la secuencia de los ensayos durante el entrenamiento. Los estímulos se sacaron y reinsertaron después de cada ensayo con el fin de eliminar claves auditivas, ya sea que la posición del estímulo positivo se mantenga o deba ser cambiada en el ensayo siguiente.

Los estímulos fueron lavados con frecuencia para eliminar claves olfatorias.

TABLA N° 1

Area en cm^2 de los E+ y E- en cada paso de la serie graduada que se utilizó en el método gradual.

PASOS	E+		E-	
	BLANCO	NEGRO	BLANCO	NEGRO
1	77.40	3.60	3.60	77.40
2	73.80	7.20	7.20	73.80
3	70.20	10.80	10.80	70.20
4	66.60	14.40	14.40	66.60
5	63.00	18.00	18.00	63.00
6	59.40	21.60	21.60	59.40
7	55.80	25.20	25.20	55.80
8	52.20	28.80	28.80	52.20
9	48.60	32.40	32.40	48.60
10	45.00	36.00	36.00	45.00
11	42.75	38.25	38.25	42.75
12	40.50	40.50	40.50	40.50

C. Métodos de entrenamiento

Se utilizaron dos métodos de entrenamiento: clásico y de degradación.

- a) El método clásico de entrenamiento consistió en someter abruptamente a los sujetos al entrenamiento de discriminación de patterns, luego de haber alcanzado el criterio de aprendizaje requerido (ver criterios de aprendizaje) para la discriminación de brillantez. (Ver fig. 2)

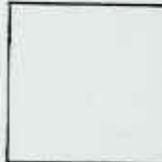
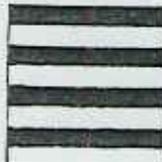
DISCRIMINACION DE BRILLANTEZ	E + 	E - 
DISCRIMINACION DE PATTERNS	A  B 	A  B 

FIGURA N° 2

ESTIMULOS USADOS EN EL METODO DE ENTRENAMIENTO CLASICO

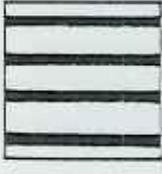
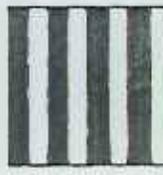
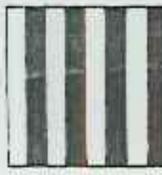
DISCRIMINACION DE BRILLANTEZ		E +	E -
DISCRIMINACION DE PATTERNS	PASO 1		
	PASO 4		
	PASO 8		
	PASO 12	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="690 1557 722 1607">A</div> <div data-bbox="917 1557 950 1607">B</div> </div>  	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1136 1557 1169 1607">A</div> <div data-bbox="1364 1557 1396 1607">B</div> </div>  

FIGURA N° 3

ESTIMULOS USADOS EN EL METODO DE ENTRENAMIENTO GRADUAL,
INCLUYENDO ALGUNOS PASOS DE LA SERIE GRADUAL.

- b) El método de degradación consistió en someter a los sujetos, luego de haber logrado el criterio de aprendizaje en la discriminación de brillantez, a una serie graduada de 12 pares de estímulos. Se comienza presentando las estrías horizontales (E+) vs. verticales (E-), pero con una gran diferencia de brillantez entre ambos estímulos (Ver Fig. 3). Esta diferencia está dada por la cantidad de área blanca y negra y en cada paso de la serie (Ver Tabla 1). Las estrías blancas del E- y negras del E+ irán aumentando paulatinamente en ancho en cada uno de los pasos. En el paso 12 todas las estrías de E+ y E- miden 11.25 mm. de ancho. Los estímulos de este paso de la serie gradual son idénticos a los estímulos usados en la discriminación de pattens con el método clásico de entrenamiento. De esta forma, al - avanzar a lo largo de la serie, la diferencia de brillantez entre E+ y E- va disminuyendo gradualmente, hasta desaparecer en el paso 12, en el cual los estímulos se diferencian solamente en la clave orientación.

D. Criterios de éxito

Cada sujeto recibió sesiones diarias de 25 ensayos cada una hasta alcanzar el criterio de 18 respuestas correctas en 20 ensayos durante dos días consecutivos.

El criterio para avanzar un paso en la serie de degradación fué emitir tres respuestas correctas consecutivas. Cada sesión comenzó repitiendo el último paso de la sesión anterior en el cual se tuvo éxito.

Método de corrección

Si en algún paso de la serie de degradación el sujeto emite dos respuestas incorrectas, se retrocede en un paso, debiendo emitir tres respuestas correctas en este nivel antes de pasar al siguiente.

E. Sistema de registro

En cada sesión se registró el número de respuestas correctas (respuestas a E+) y el número de errores (respuestas a E-).

4. Cirugía e Histología

Los sujetos fueron anestesiados con Ketalar, intraperitoneal (7.5 mg/100 gr. de peso). La remoción de la corteza visual se realizó por aspiración, marcando previamente los límites de la corteza visual mediante pequeñas lesiones hechas con un aparato estereotáxico.

En cada hemisferio se intentó lesionar desde el polo occipital hasta 4 mm. anterior a lambda y desde 1.7 mm de la sutura sagital media hasta 7 mm en el sentido lateral, lo cual incluye - las áreas 17, 18 y 18a de acuerdo a los estudios citoarquitectónicos de Krieg (1946) y todas las áreas visuales primarias o estriadas y periestriadas o secundarias según los estudios electrofisiológicos de Montero (1973 a,b) (Ver fig. 4).

Se utilizaron dos métodos de lesión: lesión simultánea y lesión en serie. El método de lesión simultánea (Le Si) consiste en la remoción bilateral de la corteza visual en una sola operación. El método de lesión en serie (Le Se) consiste en la remoción de la corteza visual en dos operaciones se cu encia les un il ate ra les.

Al finalizar el entrenamiento, y entre 60 y 90 días después de las lesiones, cada animal fué perfundido y los cerebros fijados durante un mes con formalina al 10%. Se hicieron secciones coronales de los dos tercios posteriores de cada cerebro de $30\ \mu\text{m}$. con un micrótopo de congelación. Uno de cada seis cortes fué montado y teñido con cresil violeta, y estos cortes fueron utilizados para la reconstrucción de las lesiones y el estudio citoarquitectónico del núcleo geniculado lateral dorsal y corteza posterior.

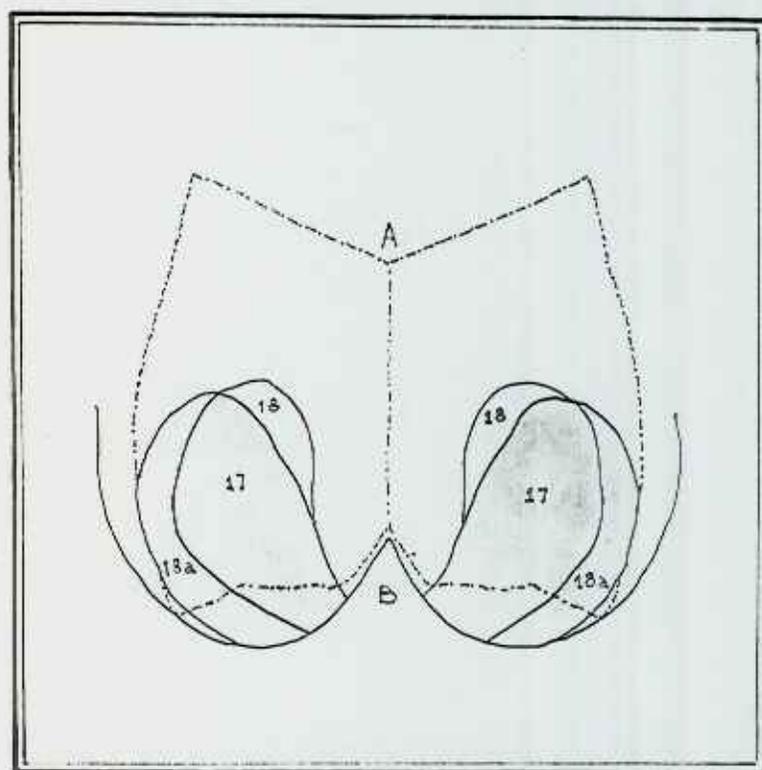


FIGURA N° 4

ESQUEMA DEL ASPECTO DORSAL DE LA PARTE POSTERIOR DE UN CEREBRO DE RATA. LA LINEA CONTINUA DELIMITA LAS AREAS 17 (ESTRIADA) Y 18 y 18a (PERIESTRIADA), Y EL BORDE POSTERIOR DEL CEREBRO (MONTERO, 1973b). LA LINEA DISCONTINUA REPRESENTA LA SITUACION DE LOS HUESOS PARIETALES. LA PARTE SOMBREADA MUESTRA LA EXTENSION DE LA LESION CORTICAL QUE CUBRE LA TOTALIDAD DE LAS AREAS VISUALES ESTRIADAS Y PERIESTRIADAS. LOS PUNTOS A Y B REPRESENTAN BREGMA Y LAMBDA, RESPECTIVAMENTE.

5. Diseño Experimental

Utilizamos un diseño factorial múltiple de 2 x 3 con los siguientes factores:

- Entrenamiento (con dos niveles: clásico y gradual).
- Lesión (con tres niveles: simultánea, serial y no-lesión).
- Los factores están completamente cruzados de tal manera que cada categoría o nivel de un factor se combina con cada categoría o nivel del otro. Además el experimento está balanceado, es decir, todas las combinaciones posibles de las categorías o los niveles de los factores se dan igual número de veces (Ver Tabla N° 2).

TABLA N° 2

DISEÑO EXPERIMENTAL

FACTORES	ENTRENAMIENTO		
	NIVELES	CLASICO (CL)	GRADUAL (GRAD)
LESION	Simultáneo (Si)	Cl Si	Grad Si
	Serial (Se)	Cl Se	Grad Se
	No Lesión (no-Le)	Cl Co	Grad Co

Grupos Experimentales

Se tomaron 6 grupos de sujetos, 4 experimentales y 2 de control. Los sujetos fueron asignados al azar a cada grupo.

En la Tabla N° 3 se detalla la secuencia experimental seguida para cada uno de los grupos.

TABLA N° 3

SECUENCIA DE EVENTOS POR GRUPO

DÍAS / GRUPO		1 - 7	8	18 - 22	23	33...
C1	Si	Adquisición	---	Retención	Lesión Bilateral	Entrenamiento Final
C1	Se	Adquisición	Lesión 1	Retención	Lesión 2	Entrenamiento Final
C1	Co	Adquisición	---	Retención	---	Entrenamiento Final
Grad	Si	Adquisición	---	Retención	Lesión Bi lateral	Entrenamiento Final
Grad	Se	Adquisición	Lesión 1	Retención	Lesión 2	Entrenamiento Final
Grad	Co	Adquisición	---	Retención	---	Entrenamiento Final

Grupo clásico con lesión en serie (C1 Se).

Los sujetos adquirieron la discriminación con el método de entrenamiento clásico (Adquisición: días experimentales 1 a 7); en el día 8 fueron sometidos a la extirpación unilateral de la corteza visual; diez días más tarde fueron reentrenados hasta criterio (Retención: días 18 a 22). En el día experimental 23 los sujetos fueron sometidos a la remoción de la corteza visual del hemisferio restante y diez días después (Entrenamiento Final: día experimental 33 en adelante) fueron reentrenados hasta alcanzar criterio o hasta un máximo de 750 ensayos en discriminación de patterns.

Grupo Clásico con lesión simultánea (C1 Si)

Adquirieron la discriminación con el método de entrenamiento clásico (Adquisición: días 1 a 7), y en los días 18 a 22 de la secuencia experimental fueron reentrenados hasta criterio. El día 23 fueron sometidos a la remoción simultánea bilateral de la corteza visual, diez días más tarde (Entrenamiento final: día 33 en adelante) fueron reentrenados hasta criterio o hasta un máximo de 750 ensayos de discriminación de patterns.

Grupo gradual con lesión serial (Grad Se)

Con los sujetos de este grupo se procedió igual que con el grupo Cl Se en cuanto a lesiones, pero fueron entrenados y reentrenados con el método de degradación.

Grupo gradual con lesión simultánea (Grad. Si)

Este grupo siguió la misma secuencia de eventos en cuanto a operaciones que el grupo ClSi, siendo entrenados y reentrenados con el método de degradación.

Grupos Control

Ambos grupos control, grupo clásico control (Cl Co) y grupo gradual control (Grad Co), siguieron la secuencia experimental de los grupos lesionados serialmente (Adquisición: días 1-7; Retención: días 18-22; Entrenamiento Final; día 33 en adelante) sin recibir ningún tipo de lesión.

VI. RESULTADOS

1. Resultados Histológicos

La Figura N° 5 muestra la reconstrucción de la lesión de dos ratas por grupo experimental. Los sujetos fueron escogidos en base a su rendimiento en la tarea de discriminación de patterns (aquellos que tuvieron el mayor y menor número de ensayos, respectivamente). Solamente se consideró como lesión cuando el daño cortical incluía por lo menos la capa V de la corteza cerebral. La Tabla N° 4 muestra el área total lesionada en estos sujetos y la extensión de la lesión en cada hemisferio.

TABLA N° 4

AREA (EN CM²) INCLUIDA EN LA LESION CORTICAL DE CADA HEMISFERIO EN DOS SUJETOS POR GRUPO EXPERIMENTAL

GRUPO	RATA	Izq.	Der.	TOTAL
GRAD Si	11	30	30	60
	41	29	24	53
CI Si	10	35	27	62
	6	34	29	63
CI Se	3	29.5	30.5	60
	24	29	36	65
GRAD Se	18	34.5	32.5	67
	43	35.5	34	69.5
	\bar{x}	32.1	30.4	62.4

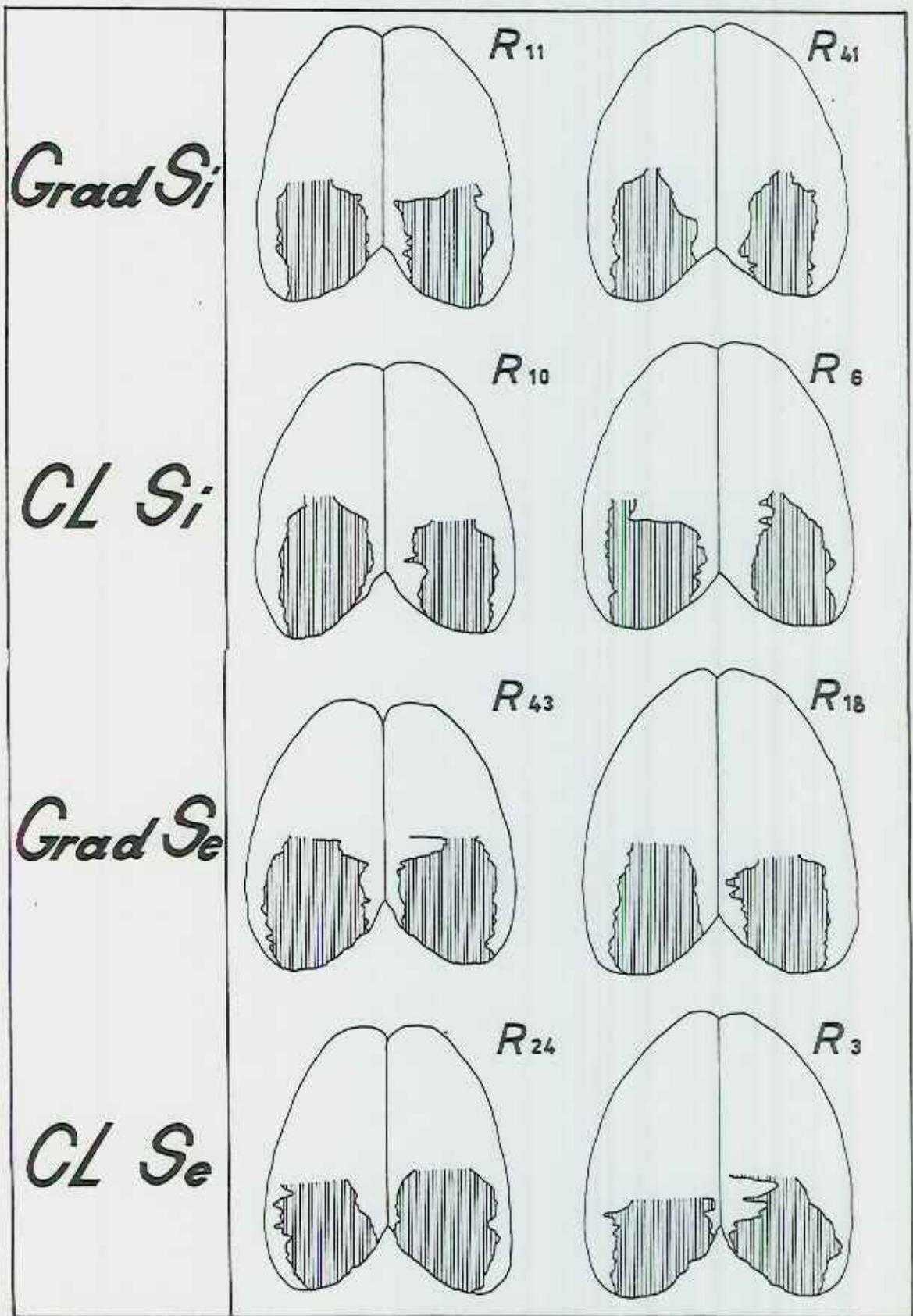


FIGURA N° 5

RECONSTRUCCION HISTOLOGICA DE LA LESION DE DOS RATAS POR CADA GRUPO EXPERIMENTAL

No hay diferencias significativas en el tamaño de la lesión entre los sujetos entrenados con el método gradual (Grad. Si y Grad. Se) y los entrenados con el método clásico (Cl Si y Cl Se).

$$t = 0.0324 \quad p > 0.80$$

No hay diferencias significativas en el tamaño de la lesión entre los sujetos sometidos a lesión simultánea (Cl Si y Grad Si) y los sujetos lesionados serialmente (Cl Se y Grad Se).

$$t = 1.9432 \quad p > 0.010$$

Al comparar las cuatro lesiones de mayor tamaño (R_6 , R_{24} , R_{18} y R_{43}) con las cuatro lesiones más pequeñas (R_{11} , R_{41} , R_{10} y R_{13}) no se encontraron diferencias significativas.

$$t = 1.1008 \quad p > 0.30$$

Al considerar la extensión de la lesión en cada hemisferio separadamente, encontramos que las lesiones son simétricas (Ver Tabla N° 5), ya que no difieren significativamente entre sí.

TABLA N° 5

COMPARACION ENTRE LOS PROMEDIOS DE LAS AREAS (EN CM²) LESIONADAS EN CADA HEMISFERIO DE ACUERDO AL METODO DE LESION Y AL METODO DE ENTRENAMIENTO

	Izq.	Der.	t	p
Si	32.0	27.5	2.7136	0.07
Se	32.1	33.3	0.5447	0.60
Grad	32.3	30.1	2.0271	0.10
Cl	31.9	30.6	0.3758	0.70

El examen citoarquitectónico de los cortes muestra que en general la lesión incluyó las áreas 17, 18 y 18a en todos los sujetos. La inclusión del área 17 resulta confirmada además por la completa degeneración retrógrada del núcleo geniculado lateral dorsal (observada con la tinción de Nissl). Con respecto al área 18 se observaron pequeñas porciones de tejido no incluidas en la lesión (ratas 41, 3, 6). Sin embargo, presentaron gliosis, infarto y necrosis, y dado que la lesión incluyó extensas áreas de la sustancia blanca subyacente, este pequeño número de células resultó totalmente deaferentado. El límite lateral del área 18a es de difícil diagnóstico y probablemente en algunas ratas (41, 18, 5, 6 y 15) se conservaron pequeñas porciones de tejido no lesionado.

2. Resultados conductuales

El rendimiento de los sujetos fué analizado en términos de:

- Promedio de ensayos por grupo hasta alcanzar el criterio de aprendizaje.
- Promedio del índice de errores relativos. Este índice se calcula como el arco seno del porcentaje de errores sobre ensayos ($\text{arc-sen} \sqrt{\%}$). Su uso se justifica porque ambos métodos de entrenamiento no son directamente comparables. El método gradual exige un mínimo de ensayos para alcanzar el criterio (supuesto ningún error) aproximadamente tres veces superior al del método clásico. Por tanto, se expresan los errores en términos de proporción de errores sobre ensayos. La transformación matemática del $\text{arc-sen} \sqrt{\%}$ normaliza la distribución eliminando la discontinuidad de la variable introducida por el uso de proporciones, y al mismo tiempo, tiende a estabilizar las varianzas. Numéricamente este valor corresponde a un ángulo medido en grados. (Winer, 1971).

Para comparar el rendimiento de más de dos grupos en una misma etapa del entrenamiento, se usó un análisis de varianza (simple o múltiple, según el caso), y como prueba de signifi

cación estadística el "F" de Snedecor (Guilford, 1973).

Se justifica la aplicación de estas pruebas por las siguientes razones: las muestras fueron seleccionadas al azar, tuvieron varianzas iguales y los valores de la población con respecto al rendimiento en las tareas están normalmente distribuidos en las muestras.

Para comparar las performances de dos grupos en la misma etapa de entrenamiento, se usó el "t" de Student para muestras independientes (Guilford, 1973). El uso de esta prueba está justificado por cumplirse una condición adicional a las enumeradas para el análisis de varianza: la medición de la variable a nivel intervalar.

Para comparar el rendimiento de un mismo grupo en dos etapas diferentes del entrenamiento, se usó como prueba de significación estadística el "t" de Student para muestras pareadas (Guilford, 1973).

En aquellos casos en que no se cumplieron los requisitos para el uso del "t" de Student, se aplicó la prueba no-paramétrica correspondiente (Mann-Whitney para muestras independientes y la Prueba del Signo para muestras pareadas) (Siegel, 1956).

La Fig. 6 presenta el promedio y varianza del número de ensayos y errores hasta alcanzar el criterio de 18/20 respuestas correctas para todos los grupos en las dos tareas de discriminación y en las tres etapas del entrenamiento.

La presentación de los resultados de la tarea de discriminación de patterns se llevará a efecto de acuerdo al siguiente orden:

- I. Etapa de Adquisición
- II. Etapa de Retención
- III. Análisis comparativo entre las etapas de Adquisición y Retención.
- IV. Etapa de Entrenamiento Final
- V. Análisis comparativo entre las etapas de Adquisición y Entrenamiento Final.

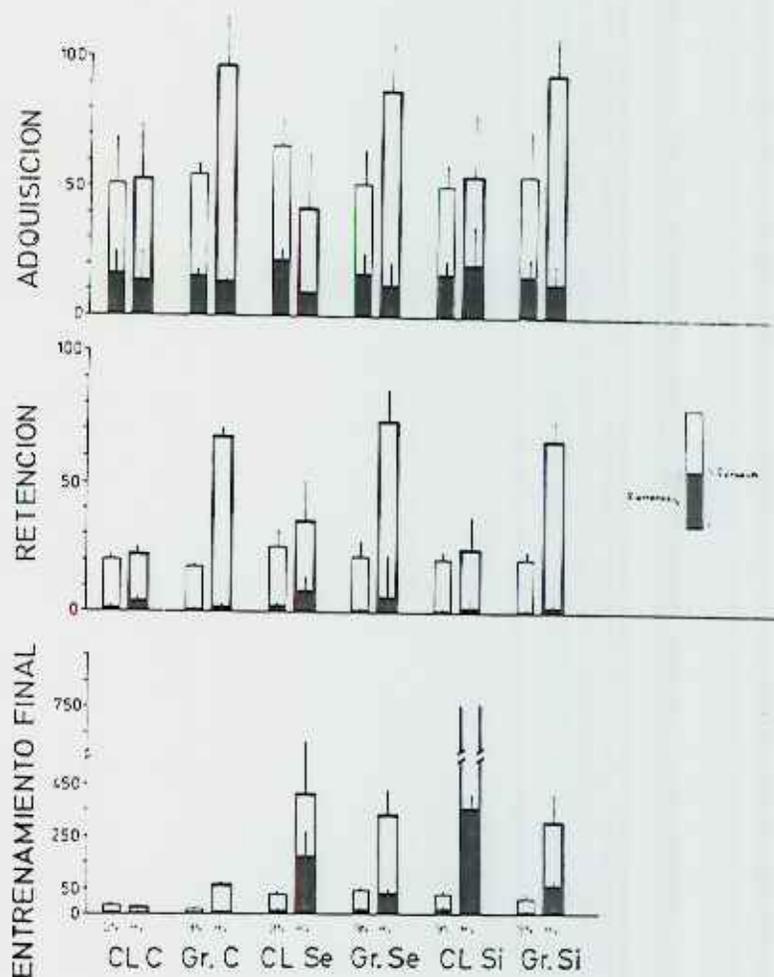


FIGURA N° 6

REPRESENTACION GRAFICA DEL PROMEDIO Y DESVIACION STANDARD DE CADA GRUPO EN TERMINOS DEL NUMERO DE ENSAYOS Y ERRORES HASTA CRITERIO (O SUSPENSION DEL ENTRENAMIENTO) EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL ENTRENAMIENTO Y EN AMBAS TAREAS DE DISCRIMINACION (B: BRILLANTEZ; HV: PATTERNS).

Los cálculos estadísticos incluyen la sesión en que se alcanzó el criterio de 18/20, pero no la segunda sesión control requerida en cada etapa del entrenamiento.

1. Análisis de los resultados de la etapa de adquisición

Previo al entrenamiento de patterns, los sujetos fueron sometidos a una tarea de discriminación de brillantez (blanco y negro). (Ver Fig. 6 y Apéndice 1).

En la etapa de adquisición se hizo un análisis de varianza simple y no se encontraron diferencias significativas entre los seis grupos.

$$F = 0.9905 \quad p > 0.50$$

Este resultado comprueba la homogeneidad de los grupos en cuanto a su capacidad inicial de aprendizaje previo a la introducción de las variables experimentales.

Por razones metodológicas (el entrenamiento gradual exige el paso de una discriminación fácil o ya aprendida a una de mayor dificultad) en las otras etapas del entrenamiento (Retención y Entrenamiento Final) todos los sujetos fueron entrenados en esta discriminación de brillantez previo al entrenamiento de patterns.

A. Ensayos

Para comparar el rendimiento de los sujetos en la adquisición de la discriminación de patterns, se hizo un análisis de varianza simple que señaló diferencias muy significativas en el rendimiento de los seis grupos.

$$F = 7.5891 \quad p < 0.001$$

Para explorar si la variabilidad encontrada se originaba a partir de la introducción de la variable experimental método de entrenamiento, se comparó el rendimiento de la totalidad de los grupos entrenados con el método gradual con el de los grupos entrenados con el método clásico. Los grupos entrenados con el método gradual - (Grad Si, Grad Se y Grad Co) tuvieron un número de ensayos significativamente mayor que los grupos entrenados con el método clásico (Cl Si, Cl Se y Cl Co).

$$t = 6.1502 \quad p < 0.01$$

Para comprobar la homogeneidad de los grupos sometidos al mismo tipo de entrenamiento, se comparó el grupo clásico con mayor promedio de ensayos (Cl Si) con el de menor promedio de ensayos (Cl Se), y no se encontraron diferencias significativas.

$$t = 1.0389 \quad p > 0.20$$

En los grupos graduales se siguió el mismo procedimiento comparando el grupo Grad Se con el Grad Co y no se encontraron diferencias significativas.

$$t = 0.9113 \quad p > 0.20$$

B. Índice de errores relativos

El análisis de varianza simple nos entrega diferencias significativas entre el rendimiento de los seis grupos:

$$F = 2.7069 \quad p < 0.05$$

La prueba t de Student al comparar los tres grupos entrenados con el método clásico con los tres grupos entrenados con el método gradual arroja diferencias significativas; los sujetos graduales cometen significativamente menos errores que los clásicos.

$$t = 3.8693 \quad p < 0.02$$

No se observan diferencias significativas entre los grupos sometidos al mismo tipo de entrenamiento (comparando los grupos de mayor y menor promedio de errores).

Cl Se y Cl Si $t = 2.0529$ $p > 0.05$

Grad Si y Grad Co $t = 1.0820$ $p > 0.20$

TABLA N° 6

PROMEDIO Y VARIANZA DE CADA GRUPO EN TERMINOS DEL NUMERO DE ENSAYOS Y DEL INDICE DE ERRORES RELATIVOS DURANTE LA ETAPA DE ADQUISICION.

GRUPOS	ENSAYOS		ERRORES RELATIVOS	
	PROMEDIO	VARIANZA	PROMEDIO	VARIANZA
Cl Si	55.8	382.2	35.8	73.4
Cl Se	42.0	323.6	25.8	22.3
Grad Si	95.0	136.0	22.4	10.5
Grad Se	88.2	167.0	21.0	17.5
Cl Co	53.4	577.8	28.3	30.4
Grad Co	98.0	295.6	20.5	1.6

II. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ETAPA DE RETENCION

A. Ensayos

En esta etapa los grupos Grad Si y Cl Si no han sido sometidos a ningún tipo de lesión y se pueden considerar como controles. No hay diferencias significativas entre los grupos Grad Si y Grad Co.

$t = 0.0565$ $p > 0.80$

Tampoco hay diferencias significativas entre los grupos Cl Si y Cl Co.

$t = 0.7004$ $p > 0.50$

Dada la alta diferencia entre las varianzas de estos dos grupos, se corroboró el t de Student con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

$$U = 13 \quad p > 0.50$$

Con el objeto de determinar el efecto de la hemilesión cortical y de ambos métodos de entrenamiento, se comparó el rendimiento de los grupos sometidos a la primera lesión cortical (Cl Se y Grad Se) con el de los grupos aún no lesionados (Cl Si y Grad Si). El análisis de varianza múltiple (2 x 2) efectuado con los cuatro grupos experimentales mostró la existencia de diferencias significativas.

$$F = 22.6282 \quad p < 0.001$$

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos con hemilesión y los no lesionados

$$F = 3.1796 \quad p > 0.05$$

Al comparar los grupos en relación al método de entrenamiento observamos que los grupos graduales tienen un promedio de ensayos significativamente mayor que los grupos clásicos.

$$F = 64.7050 \quad p < 0.001$$

No hay efectos interactivos entre ambas variables.

$$F = 0.0$$

El grupo Grad Co tiene un promedio de ensayos significativamente mayor que el grupo Cl Co.

$$t = 22.0354 \quad p < 0.0005 \quad (1 \text{ cola})$$

B. Índice de errores relativos

Los grupos simultáneos se consideraron como controles. No hay diferencias significativas entre los grupos Grad Si y Grad Co.

$$t = 1.2298 \quad p > 0.20$$

ni entre los grupos CI Si y CI Co.

$$t = 0.9938 \quad p > 0.20$$

Un análisis de varianza múltiple (2 x 2) efectuado con los cuatro grupos experimentales señala la existencia de diferencias significativas

$$F = 5.8720 \quad p < 0.01$$

Hay diferencias significativas entre el rendimiento de los grupos sometidos a hemilesión y los no lesionados

$$F = 6.7742 \quad p < 0.05$$

También se encontraron diferencias significativas al considerar los distintos métodos de entrenamiento. Los grupos graduales tienen un índice de errores relativos significativamente menor que los grupos clásicos.

$$F = 8.6851 \quad p < 0.01$$

No se encontró interacción estadísticamente significativa entre ambas variables experimentales.

$$F = 2.1567 \quad p > 0.05$$

El grupo Grad Co tiene un índice de errores relativos significativamente menor que el grupo CI Co.

$$t = 4.1389 \quad p < 0.005 \text{ (1 cola)}$$

TABLA N° 7

PROMEDIO Y VARIANZA DE CADA GRUPO, EN TERMINOS DE ENSAYOS Y ERRORES RELATIVOS DURANTE LA ETAPA DE RETENCION.

GRUPOS	ENSAYOS		ERRORES RELATIVOS	
	PROMEDIO	VARIANZA	PROMEDIO	VARIANZA
Cl Si	26.6	124.2	16.8	87.3
Cl Se	35.6	141.8	28.4	29.8
Grad Si	67.2	40.2	12.5	6.6
Grad Se	76.2	101.4	15.8	8.0
Cl Co	22.6	6.2	21.7	10.9
Grad Co	67.0	10.0	8.9	26.9

III. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS ENTRE LAS ETAPAS DE ADQUISICION Y RETENCION

A. Ensayos

Todos los grupos no lesionados (Grad Si, Grad Co, Cl Si y Cl Co) en la etapa de retención tienen un número de ensayos significativamente menor que en la etapa de adquisición.

Los grupos sometidos a hemilesión (Grad Se y Cl Se) no difieren significativamente entre las etapas de adquisición y retención:

Grupos	Promedio de Ensayos		t	p
	Adq.	Ret.		
Cl Si	55.8	26.6	-3.1120	< 0.025 (1 cola)
Cl Se	42.0	35.6	-0.6265	> 0.40 (1 cola)
Grad Si	95.0	67.2	-4.9501	< 0.005 (1 cola)
Grad Se	88.2	76.2	-1.5544	> 0.10 (2 colas)
Cl Co	53.4	22.6	-3.4032	< 0.025 (1 cola)
Grad Co	98.0	67.0	-3.3389	< 0.025 (1 cola)

B. Índice de errores relativos

En la etapa de retención, la totalidad de los grupos no lesionados tienen un índice de errores relativos significativamente menor que en la etapa de adquisición.

Los grupos sometidos a hemilesión (Grad Se y Cl Se) no difieren significativamente entre las etapas de adquisición y retención:

Grupos	Promedio de errores		t	p
	Adq.	Ret.		
Cl Si	35.8	16.8	-2.3554	< 0.05 (1 cola)
Cl Se	25.8	28.4	+1.0151	> 0.10 (1 cola)
Grad Si	22.4	12.5	-5.5764	< 0.005 (1 cola)
Grad Se	21.0	15.8	-1.7262	> 0.10 (2 colas)
Cl Co	28.3	21.7	-2.6264	< 0.05 (1 cola)
Grad Co	20.5	9.0	-4.3365	< 0.01 (1 cola)

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ETAPA DE ENTRENAMIENTO FINAL

A. Ensayos

El análisis estadístico en esta etapa se llevó a cabo para determinar el efecto de los dos tipos de lesión de la corteza visual y de ambos métodos de entrenamiento sobre el rendimiento de los sujetos.

En razón de la no existencia de variabilidad en el rendimiento del grupo Cl Si, que llegó al máximo de ensayos permitido sin alcanzar el criterio de éxito, no se pudo efectuar un análisis de varianza múltiple.

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos Grad Se y Grad Si.

$$t = 0.3664$$

$$p > 0.30 \text{ (1 cola)}$$

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos Cl Se y Grad Se

$$t=1.2845 \quad p > 0.10 \text{ (1 cola)}$$

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos Cl Se y Grad Si:

$$t=1.4650 \quad p > 0.10 \text{ (1 cola)}$$

La inexistencia de diferencias significativas en el rendimiento de estos grupos probablemente se deba al pequeño número de casos en cada grupo y a la gran variabilidad intra-grupo (ver Tabla N° 8).

El grupo Grad Co tiene un número de ensayos significativamente mayor que el grupo Cl Co:

$$t = 32.9284 \quad p < 0.0005 \text{ (1 cola)}$$

B. Índice de errores relativos

Con el objeto de explorar los efectos de cada una de las variables experimentales y su interacción, parecería adecuado efectuar un análisis de varianza múltiple. Pero, si consideramos que el grupo Cl Si no reaprendió, el índice de errores relativos de este grupo no es comparable con el de los otros grupos que sí reaprendieron. (Solamente corresponde a la proporción de errores sobre 750 ensayos que es nuestro límite arbitrario).

Por tanto, se aplicó la prueba t de Student para comparar el rendimiento de cada grupo que alcanzó al criterio de aprendizaje:

El grupo Grad Se tiene un índice de errores relativos significativamente menor que el grupo Cl Se:

$$t = 9.4688 \quad p < 0.0005 \text{ (1 cola)}$$

El grupo Grad Si tiene un índice de errores relativos significativamente menor que el grupo Cl Se:

$$t = 3.0003 \quad p < 0.02 \text{ (2 colas)}$$

El grupo Grad Se tiene un índice de errores relativos significativamente menor que el grupo Grad Si:

$$t = 2.1184 \quad p < 0.05 \text{ (1 cola)}$$

El grupo Grad Co no difiere significativamente en cuanto al índice de errores relativos del grupo Cl Co.

$$t = 0.3004 \quad p > 0.30 \text{ (1 cola)}$$

TABLA N° 8

PROMEDIO Y VARIANZA DE CADA GRUPO, EN TERMINOS DE ENSAYOS Y DEL INDICE DE ERRORES RELATIVOS EN LA ETAPA DE ENTRENAMIENTO FINAL

GRUPOS	ENSAYOS		ERRORES RELATIVOS	
	PROMEDIOS	VARIANZAS	PROMEDIOS	VARIANZAS
Cl Si	750 ^(*)	---	43.4	---
Cl Se	418	17,390.0	38.2	10.6
Grad Si	305	3,407.6	24.9	7.1
Grad Se	323.8	4,121.4	21.8	1.4
Cl Co	18.6	0.6	6.3	63.0
Grad Co	65.4	7.4	7.7	19.6

(*) No reaprendieron la discriminación de patterns en el máximo de ensayos permitido .

IV. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ETAPAS DE ADQUISICION Y ENTRENAMIENTO FINAL

A. Ensayos

El grupo Cl Si se excluyó de esta etapa del análisis estadístico porque no alcanzó el criterio de éxito en el número máximo de ensayos permitido. Los tres grupos experimentales restantes (Grad Se, Grad Si, Cl Se) en la etapa de entrenamiento final, tienen un número de ensayos significativamente mayor que el de la etapa de adquisición. Los dos grupos control, en la etapa de entrenamiento final, tienen un número de ensayos significativamente menor que de la etapa de adquisición:

Grupos	Promedio		t	p
	Adq.	Ret.		
Cl Se	47	437	+5.4065	<0.005 (1 cola)
Grad Si	95	305	+5.5520	<0.01 (2 colas)
Grad Se	88.2	323,8	+6.5332	<0.01 (2 colas)
Cl Co	53.4	18.6	-2.9084	<0.025 (1 cola)
Grad Co	98	65.4	-4.1584	<0.01 (1 cola)

B. Índice de errores relativos

Por la razón antes mencionada, no se incluyó al grupo Cl Si en esta parte del análisis

Al utilizar el t de Student para muestras pareadas, no se encontraron diferencias significativas entre las etapas de adquisición y entrenamiento final en ambos grupos experimentales entrenados con el método gradual. Debido a la diferencia entre las varianzas de las etapas de adquisición y entrenamiento final del grupo Grad Se, se corroboró el t de Student con la prueba no-paramétrica del signo:

$$x = 2$$

$$p > 0.50$$

El grupo C1 Se tiene un índice de errores relativos significativamente mayor en la etapa de entrenamiento final.

Ambos grupos de control tuvieron un índice de errores relativos significativamente menor que en la etapa de adquisición:

<u>Grupos</u>	<u>Adq.</u>	<u>Ent. Final</u>	<u>t</u>	<u>p</u>
C1 Se	25.8	38.1	+ 3.3261	< 0.025 (1 cola)
Grad Si	22.4	24.9	+ 1.1607	> 0.20 (2 colas)
Grad Se	21.0	21.8	+ 0.3941	> 0.60 (2 colas)
C1 Co	28.3	6.3	- 5.7623	< 0.0005 (1 cola)
Grad Co	20.5	7.7	- 7.5844	< 0.0005 (1 cola)

DISCRIMINACION DE PATTERNS
CUADRO RESUMEN (*)

GRUPOS	DIAS	ADQUISICION 1 - 7	LESION 8	RETENCION 18-22	LESION 23	ENTRENAM. FINAL 33 ...
C1 Si	Ens. Err.	55.8 35.8	- -	26.6 16.8	Le bilateral	750
C1 Se	Ens. Err.	42.0 25.8	Le 1	35.6 28.4	Le 2	418 38.2
Grad Si	Ens. Err.	95.0 22.4	- -	67.2 12.5	Le bilateral	305 24.9
Grad Se	Ens. Err.	88.2 21.0	Le 1	76.2 15.8	Le 2	323.8 21.8
C1 Co	Ens. Err.	53.4 28.3	- -	22.6 21.7	- -	18.6 6.3
Grad Co	Ens. Err.	98.0 20.5	- -	67.0 9.0	- -	65.4 7.7

(*) Incluye promedios del número de ensayos y del índice de errores relativos.

VII. COMPROBACION DE HIPOTESIS

1. Se comprueba la hipótesis N° 1 ya que el Grupo C1 Si no reaprendió la discriminación de patterns según los criterios de aprendizaje establecidos.
2. Se comprueba la hipótesis N° 2 ya que el grupo Grad Si reaprendió la discriminación de patterns.
3. Se comprueba la hipótesis N° 3 ya que el grupo C1 Se reaprendió la discriminación de patterns.
4. Se comprueba parcialmente la hipótesis N° 4 ya que el grupo Grad Se reaprendió la discriminación de patterns con un índice de la relación de errores/ensayos significativamente menor al del grupo C1 Se, pero no difieren significativamente entre sí en relación al número de ensayos.
5. Se comprueba parcialmente la hipótesis N° 5 ya que el grupo Grad Se reaprendió la discriminación de patterns con un índice de la relación de errores/ensayos significativamente menor que el grupo Grad Si, pero no difieren significativamente entre sí en cuanto al número de ensayos.

VIII DISCUSION

En nuestro trabajo los resultados indican que sujetos sin corteza visual y operados simultáneamente, son capaces de reaprender una tarea de discriminación entre estrías horizontales y verticales, si son entrenadas con el método gradual. No demuestran dicha capacidad los sujetos entrenados con el método clásico en las condiciones fijadas por el presente diseño.

Este hallazgo adquiere mayor relevancia al considerar que el método gradual no solamente posibilita el reaprendizaje sino que, además permite la readquisición de la discriminación con un promedio de sólo - 305 ensayos (promedio del índice de errores relativos: 24.9).

Nuestros resultados, en ratas lesionadas simultáneamente y entrenadas con el método clásico, nos muestran que dichos sujetos no reaprenden la discriminación en un máximo de 750 ensayos (promedio de índice de errores relativos: 43,4). El desempeño de este grupo es consistente con la evidencia experimental disponible (Lashley, 1931, 1939; Horel, 1966; Bland y Cooper, 1970; Spear y Barbas, 1975; Meyer y Meyer, 1977).

Los primeros experimentos en ratas (entrenadas con el método clásico y operadas simultáneamente) que no reaprendieron discriminaciones de patterns similares a las usadas en la presente investigación, en su mayoría, descontinuaron el entrenamiento post operatorio a los 300 ensayos o menos. Sin embargo, evidencias sustentadas en otros mamíferos (gatos sin corteza visual) sugieren que la discriminación de patterns sería recuperable con períodos de entrenamiento muy prolongados (más de 3,500 ensayos) (Doty; 1961, Winans, 1967; Spear y Braun, 1969).

En el trabajo de Spear y Barbas (1975) las ratas entrenadas con el método clásico y operadas simultáneamente no reaprendieron la discriminación de patterns en un máximo de 550 ensayos. Los autores se plantearon que

con un entrenamiento más prolongado, estos sujetos podrían alcanzar el criterio. Escogieron 4 ratas a las que se les dió un entrenamiento adicional de 300 ensayos; dos de estos animales reaprendieron (a los 790 y 551 ensayos respectivamente).

En base a estos antecedentes, fijamos para el presente trabajo un límite máximo de 750 ensayos en el entrenamiento post-operatorio, y al mismo tiempo, exigimos un criterio de aprendizaje más estricto (18/20 en dos sesiones consecutivas) que el de Spear y Barbas (18/20 en una sola sesión).

Ninguno de los sujetos del grupo C1 Si de la presente investigación logró reaprender la discriminación, lo que nos lleva a cuestionar la estabilidad del aprendizaje logrado por los sujetos de Spear y Barbas. Más aún, si se considera que dos de las ratas de nuestro trabajo alcanzaron un criterio equivalente al de estos autores, no logrando mantenerlo en la sesión siguiente (Rata 5 a los 732 y Rata 6 a los 509 ensayos).

Aún así, no podemos descartar la posibilidad de que los sujetos puedan reaprender la discriminación de patterns si se le permite un período de entrenamiento aún más prolongado que el de la presente investigación. Sin embargo, como en nuestro diseño el objetivo primordial fué probar la mayor eficiencia del método gradual en el reaprendizaje de sujetos lesionados (sin corteza visual), juzgamos que nuestro criterio de aprendizaje y no aprendizaje fué lo suficientemente estricto, en relación a datos previos en ratas entrenadas con el método clásico.

El que nuestras ratas entrenadas con el método clásico y lesionadas serialmente reaprendan la discriminación de patterns (con un promedio de 418 ensayos y un promedio del índice de errores relativos de 38,2) confirma, para esta tarea, el efecto de lesión en serie consignado en la literatura (Spear y Barbas, 1975; Dru, 1975). Así, se evidencia una vez más que el método de lesión serial facilita, y en algunos casos, posibilita, la recuperación de sujetos entrenados con el método clásico. Sin embargo, cabe reiterar que el efecto de lesión en serie no se manifiesta a menos que el sujeto esté expuesto a una práctica o entrenamiento inter-operatorio específico. (Dru, 1975). De aquí se desprende que el efecto

lesión en serie no es un resultado exclusivamente atribuible a la manipulación del organismo.

El análisis de nuestros datos muestra que el grupo Grad Se reaprende la tarea de discriminación de patterns en un número de ensayos que no es significativamente diferente al del grupo Cl Se ni al del grupo Grad Si. Sin embargo, el grupo Grad Se tiene un índice de errores relativos significativamente inferior al de los grupos Grad Si y Cl Se. Como hemos visto, tanto la gradualidad como el método de lesión serial constituyen elementos facilitadores por lo que podría esperarse un efecto sumatorio de su empleo conjunto. Sin embargo, se observa un efecto facilitador sumatorio solamente en el índice de errores relativos.

Creemos que la gradualidad de la serie de estímulos y los criterios impuestos a los sujetos para avanzar a través de la secuencia (3 respuestas correctas consecutivas para pasar al paso siguiente y 2 errores para retroceder) no fueron los adecuados para la dificultad que la tarea ofrecía a los sujetos con lesión en serie. Por esta razón, probablemente los sujetos Grad Se no tuvieron un número significativamente menor de ensayos que los sujetos Grad Si y Cl Se. Existen múltiples evidencias de que el número de ensayos que demoran los sujetos graduales en aprender se ve sensiblemente afectado por este parámetro.

Sin embargo, se justifica, ya que por razones metodológicas fué necesario usar los mismos criterios para las ratas con lesión en serie y con lesión simultánea. Probablemente, si buscáramos empíricamente la serie gradual más adecuada a la dificultad que la tarea ofrece a los sujetos con diferente tipo de lesión, se evidenciaría también en el número de ensayos, el efecto sumatorio de ambas variables facilitadoras.

Otra posibilidad que discutiremos más adelante es que los mecanismos responsables del reaprendizaje en ratas con lesión en serie y en ratas entrenadas con el método gradual sean diferentes, y por tanto, la interacción de estas dos variables no produzca el efecto sumatorio antes propuesto.

Hasta ahora, hemos comentado la performance de sujetos sin corteza visual. Nuestros datos en ratas con hemilesión (grupos CI Se y Grad Se en la etapa de Retención) muestran un número de ensayos y errores mayor que las no lesionadas, aunque sólo el último índice es significativo al nivel exigido.

Otro dato que evidencia la lesión unilateral es que los grupos no lesionados, graduales y clásicos, tienen un promedio de ensayos y errores relativos significativamente menor en retención - que en adquisición; no así los sujetos hemilesionados.

Las ratas con hemilesión entrenadas con el método gradual tienen un mayor número de ensayos que las entrenadas con el método clásico. Encontramos este mismo resultado en ratas normales, tanto en las etapas de adquisición, retención y entrenamiento final. Sin embargo, esto no se observa en la etapa de adquisición de la tarea de brillantez, en que no existen diferencias de método, y concordantemente no se observan diferencias significativas en el número de ensayos entre los grupos.

El mayor número de ensayos requerido por el método gradual parecería contradecir las evidencias disponibles respecto a su efectividad. Sin embargo, como ya fué mencionado, creemos que los criterios de avance a través de la serie y la gradualidad de la misma no son adecuados para la dificultad que presenta esta tarea para los sujetos normales y hemilesionados.

Ahora bien, con respecto a los errores, los sujetos normales y hemilesionados entrenados con el método gradual presentan un índice de errores relativos significativamente menor que los sujetos entrenados con el método clásico en las etapas de adquisición y retención. El menor número de errores es una característica del método gradual comprobada por numerosos autores (Terrace, 1963a, - 1963b, 1966b, 1972a; Schusterman, 1966, 1967; Sidman y Stoddard, 1967; Touchette, 1968, 1971).

En nuestro trabajo, los sujetos normales entrenados con el método gradual, en la etapa de adquisición, no tuvieron la performance virtualmente sin errores típica de este método, a pesar de que estos fueron significativamente menores que los de los grupos entrenados con el método clásico. Esto podría explicarse por el entrenamiento previo en la tarea de brillantez por el método clásico, ya que se ha comprobado que un entrenamiento previo con errores afecta el aprendizaje subsiguiente (Terrace, 1963 b; Schusterman, 1967; Aronsohn, 1978).

Por otra parte, a diferencia de los trabajos anteriormente citados, la presente investigación utilizó un paradigma aversivo de entrenamiento, lo que puede haber contribuido al mayor número de errores observado.

Al comparar la performance de los grupos controles en las sucesivas etapas del entrenamiento, se observa que las diferencias en el índice de errores relativos entre los grupos graduales y clásicos se hacen progresivamente menores hasta ser no significativas en el entrenamiento final. Esto se debería a que los sujetos normales muestran una alta retención de la tarea, lo cual se observa a través de un análisis en el tiempo para cada grupo. Los grupos controles (clásicos y graduales) tienen un promedio de ensayos y errores significativamente menor en las etapas de retención y entrenamiento final que en la etapa de adquisición. Debido a lo fácil de la tarea en el entrenamiento final, el grupo Grad Co no muestra ninguna ventaja (igual número de errores y mayor número de ensayos) con respecto al grupo Cl Co.

Ahora, si examinamos el desempeño de los grupos experimentales en las distintas etapas del entrenamiento considerando el índice de errores relativos, se puede observar que las ventajas del método gradual se van haciendo cada vez más evidentes a medida que los sujetos van sufriendo limitaciones progresivamente mayores en su condición orgánica. Así cuando los sujetos han sufrido la extirpación total de la corteza visual, este método, por una parte, posibilita la discriminación de patterns a los sujetos con lesión simultánea, y por otra, ofrece una facilitación significativa a los sujetos con lesión serial.

Además en la etapa de entrenamiento final los grupos graduales (Grad Se y Grad Si) tienen un índice de errores relativos significativamente menor al del grupo Cl Se. Por otra parte, éste no difiere significativamente del de la etapa de adquisición. En cambio, el grupo Cl Se tiene un índice de errores significativamente mayor en el entrenamiento final que en la etapa de adquisición.

Esto sugeriría que las ventajas de un método de entrenamiento eficiente son tanto más notorias cuanto mayor es el déficit que se pretende compensar.

La discusión anterior deja planteada una serie de interrogantes en torno a los mecanismos que subyacen a la problemática comentada.

La recuperación de una función después de la destrucción de la estructura neural que supuestamente la mediaba es difícilmente conciliable con el punto de vista localizacionista, que sostiene que distintas estructuras neurales de los sistemas sensoriales hacen contribuciones específicas y únicas a la integración de una respuesta dada. Para intentar resolver esta contradicción podemos resumir algunos de los modelos hipotéticos contruídos durante el último siglo:

a) Equipotencialidad (acción de masas):

Esta teoría fué propuesta por Lashley en 1938 y sostiene que el volumen de tejido removido y no su localización es el factor crítico en la determinación de déficits debidos a lesiones en el Sistema Nervioso Central. La recuperación, en muchos casos total, sería una consecuencia natural de este modelo, ya que cualquier otra área cortical sería capaz de asumir la integración de dicha respuesta.

b) Función Vicarial:

Este planteamiento sostiene que un sistema intacto posee la capacidad latente de alterar su forma de operar, de modo que puede reemplazar las funciones usualmente mediadas por el sistema lesionado. Así, otros sistemas neuronianos asumirían la integración de una función idéntica a la pérdida.

c) Diasquisis o teoría del shock:

La destrucción de cualquier componente del Sistema Nervioso Central desorganiza la actividad del resto del sistema por algún tiempo. Gradualmente, a medida que el sistema se recupera del trauma generalizado, vuelven algunas funciones, permaneciendo solamente el déficit directamente atribuible a la pérdida del área dañada.

d) Reorganización funcional:

Postula un proceso similar a la función vicarial pero implica un cambio permanente en el funcionamiento de los sistemas responsables ilesos, en vez de la expresión de una función latente idéntica. Se han descrito dos mecanismos distintos que darían cuenta de la reorganización funcional:

d.1) Hipersensibilidad de denervación:

Describe el aumento de sensibilidad de neuronas parcialmente denervadas a los mediadores químicos que aportan sus aferencias restantes aún intactas. Después de una depresión inicial, se observa una reactividad aumentada a la aplicación de neurotransmisores; se produce una pérdida de especificidad en el situs receptor (nuevos puntos de la membrana post-sináptica responden activamente al neurotransmisor). Cuando en el Sistema Nervioso Central ocurre la reinervación de estas estructuras parcialmente desafertadas, disminuye esta hipersensibilidad. Los cambios metabólicos y químicos que subyacen a la hipersensibilidad pue

den servir como estímulo para los axones intactos ubicados en los alrededores de las células denervadas y podrían jugar un rol en la elicitación del segundo mecanismo de reorganización funcional.

d.2) Yemación axónica:

Recientemente se ha demostrado que en el Sistema Nervioso Central, tanto joven como adulto, la yemación axonal es una de las formas normales de crecimiento de las terminaciones axónicas, y que existe una reorganización constante de la arquitectura axónica. Al eliminar un conjunto de terminaciones, aumenta el proceso normal de crecimiento en neuritos aún intactos que producen nuevas ramificaciones que reemplazan a las degeneradas. A la inversa del primer mecanismo descrito la yemación axonal es un proceso esencialmente selectivo, es decir, se observa sólo bajo ciertas condiciones y en algunas estructuras. Además el establecimiento de estos contactos nuevos no asegura la recuperación de la función ya que pueden no ser eficientes, y de serlo, pueden tener consecuencias funcionales distintas. (Finger, 1973, rev.; Stein, 1974).

e) Sustitución funcional:

Esta teoría no se basa en un modelo estrictamente neurológico, sino que enfatiza un enfoque conductual. Por lo tanto, no se postula necesariamente que las conductas "recuperadas" sean idénticas a las preoperatorias sino que se utilizarán distintas estrategias de respuesta pre y post operatorias como resultado de la incapacidad de una estructura de sustituir perfectamente a otra dañada. Así, resultados operacionalmente equivalentes pueden tener una base neurológica parcial o totalmente diferente.

Estas teorías no se excluyen necesariamente entre sí. Para explicar tentativamente los resultados de la presente investigación nos parece más adecuado recurrir principalmente a las dos últimas (reorganización funcional y sustitución funcional) que son básicamente complementarias.

Así, el que nuestros sujetos sin corteza visual sean capaces de reaprender una discriminación de patterns nos lleva a cuestionar la tradicional concepción de que la corteza visual sea la estructura indispensable en la integración de dicha respuesta; a focalizar nuestra atención en un sistema neuroniano alternativo capaz de mediar la respuesta y finalmente nos conduce a investigar el rol de un método de entrenamiento eficiente en el reaprendizaje de dicha discriminación.

En relación al primer punto, la investigación básica dista mucho de proporcionarnos una descripción acabada de la relación estructura-función conductual, debido, por una parte a la complejidad del sistema nervioso y por otra, a las dificultades metodológicas para su estudio.

Las investigaciones neuroanatómicas en el sistema visual de la rata han descrito una vía retino-cortical adicional y dispuesta en paralelo a la proyección genículo-estriada tradicionalmente conocida. Sprague (1972), Diamond y Hall (1969), Diamond (1976), Jones (1974 rev) y Hughes (1977) han demostrado que este procesamiento paralelo es común a otras especies (tupaia, monos, y gatos). En la rata la información visual es transmitida a la corteza desde la retina, vía colículo superior y núcleo lateral posterior del tálamo, a las áreas periestriadas (en la rata, 18 y 18 a) y al área visual temporal (área 20).

El estudio de Hughes (1977) confirma que para discriminar patterns no es indispensable la corteza estriada, y que en alguna medida, los sistemas genículo-estriado y colículo-talámico extraestriado son sistemas involucrados en las habilidades visuales discriminativas de las ratas. Este trabajo concluye -

que la destrucción del núcleo lateral posterior del tálamo por sí solo no tiene efecto, pero en adición a una lesión estriada potencia el déficit, tanto en discriminaciones de brillantez como de patterns oblicuos (diagonalmente opuestos).

Nuestro estudio, por el tipo de lesión efectuado, que incluye la totalidad de las áreas visuales según Montero (1973 b) conservaría proyecciones tálamo-corticales intactas (núcleo lateral posterior al área temporal 20) y por tanto no podemos excluir la posibilidad de integración cortical de la respuesta. Cabe destacar que el trabajo de Hughes describe por primera vez, en la rata, la conexión del núcleo lateral posterior al área 20; que la publicación del estudio de Hughes fué posterior a la realización de la fase experimental de este trabajo; y que la significación funcional del área 20 en la rata no ha sido investigada aún.

El reciente trabajo de Lavond (1978) demuestra que ratas sin corteza visual, lesionadas serialmente, no pueden reaprender discriminaciones entre estrías blancas y negras diagonalmente opuestas, aunque sí orientadas horizontal vs. verticalmente. Los autores postulan que en sujetos lesionados serialmente, la corteza visual sería necesaria para discriminar estrías diagonalmente opuestas; no así para discriminar estrías orientadas horizontal versus verticalmente. Esto se observa tanto en sujetos con lesiones restringidas a las áreas 17, 18 y 18 a como con lesiones posteriores más extensas que incluyen el área 20.

Existe otra evidencia (Spear y Braun, 1969) que se opondría a la necesaria participación de la corteza visual en la discriminación de estrías horizontales versus verticales, pero el experimento respectivo fué realizado en gatos que poseen un sistema nervioso más complejo que el de la rata. Se lesionaron simultáneamente las áreas 17, 18 y 19 (estriadas y periestriadas). Los gatos reaprendieron la discriminación aludida, aunque con un muy alto número de ensayos en el entrenamiento post-operatorio (más de 3,500).

Las evidencias anteriores nos impiden descartar la posibilidad de integración sub-cortical de la discriminación entre estrías horizontales versus verticales, ya que se ha comprobado, mediante estudios electrofisiológicos y conductuales que estas estructuras (colículos y área pretectal) están involucradas en respuestas de seguimiento visual, localización de objetos en el espacio, discriminaciones de intensidad y brillantez entre estímulos visuales, y discriminaciones de patterns que conllevan diferencias de flujo luminoso. (Siminoff, 1966, 1967; Diamond y Hall, 1969; Berlucchi, 1972; Sprague, 1972; Robinson, 1974; Blochert, 1976; Le Vere, 1976; Hughes, 1977).

Por otra parte, también podrían estar contribuyendo a la recuperación de la discriminación algunos procesos reorganizativos dentro del Sistema Nervioso Central. Refiriéndonos exclusivamente a yemación axonal dentro del sistema visual (con la subsecuente deaferentación parcial de los colículos superiores y del área pretectal y la degeneración del geniculado lateral del mismo lado de la lesión) se observa yemación colateral o reubicación de los terminales axonales retinofugales ya existentes, en los colículos superiores y/o en el núcleo pretectal (Goodman y Horel, 1967; Bogdasarian y Goodman, 1971; Lund y Lund, 1971; Cunningham, 1972; Raston y Chow, 1973; Schneider, 1974). Cabe destacar que el período mínimo para observar yemación axonal es de 8 días (Finger, 1973 rev) y coincide aproximadamente con el período de recuperación post-operatorio establecido en nuestro experimento.

La diferencia de rendimiento en favor de las ratas lesionadas serialmente podría estar relacionada con una reorganización post-lesión del sistema nervioso. La existencia de un período interoperatorio de 15 días (10 de recuperación y 5 de retención) entre ambas hemilesiones posibilitaría por ejemplo, la yemación axónica en el colículo y núcleo pretectal ipsilaterales, directamente relacionados con el área cortical lesionada, de forma tal, que al efectuarse la segunda lesión ya habría yemación axonal en el colículo y área pretectal contralaterales a la segunda lesión.

El efecto de lesión en serie nos puede llevar a pensar que la recuperación conductual está siendo elicitada por una reorganización del sistema. Pero este proceso de reorganización no se da a menos que haya estimulación específica (o entrenamiento) entre ambas hemilesiones (Finger, 1973 rev; Dru, 1975). Esto parece indicar que si bien el procedimiento de lesión en serie gatillaría algún proceso de reorganización, el entrenamiento tendría como consecuencia la facilitación sináptica, aumentando así la eficiencia de los nuevos contactos. (1)

Nuestro trabajo no contiene datos que nos permita referirnos a la posible base neurológica que subyace a la recuperación conductual observada en los sujetos lesionados simultáneamente y entrenados con el método gradual, sin embargo, observaciones conductuales no cuantificadas nos llevan a postular que los sujetos estarían haciendo uso de una estrategia nueva para resolver la discriminación de patterns. Esta nueva estrategia estaría basada en la utilización de diferencias cuantitativas de flujo luminoso (intermitencia versus constancia de flujo) derivadas de un proceso de rastreo horizontal de los estímulos. Estas claves estarían potencialmente disponibles en una discriminación entre estrías horizontales versus verticales como la usada en la presente investigación. (Ritchie, Meyer y Meyer, 1976; Meyer y Meyer, 1977).

Además del trabajo de Lavond (1978) antes citado, la observación que más nos inclina por esta hipótesis es la persistencia con que las ratas decorticadas recorren visualmente en sentido transversal los estímulos en una forma de conducta claramente diferente de la que muestran las ratas normales. Aunque reconocemos que estas evidencias no fueron cuantificadas, se dieron sin embargo con una regularidad suficiente como para justificar la suposición, de que podrían comprobarse objetivamente con un procedimiento de observación más riguroso.

Concluiríamos que las ratas sin corteza visual aprenden a discriminar los patterns utilizando una vía nerviosa y/o una estrategia cualitativamente diferentes de las que emplean las ratas normales. Este punto de vista ha sido sustentado por numerosos

(1): Entendemos por aumento de la eficiencia de una sinapsis el aumento de la probabilidad de respuesta post-sináptica (impulso nervioso) como consecuencia de un estímulo pre-sináptico (Luco, 1978).

autores para explicar porqué las ratas sin corteza visual olvidan pero reaprenden una discriminación blanco versus negro en un igual número de ensayos que las ratas normales. (Bauer y Cooper, 1964; Bland y Cooper, 1969; Schneider, 1969; Bland y Cooper, 1970).

En cuanto a las posibles estructuras neurológicas subyacentes, se podrían hipotetizar la ya mencionada área 20 y/o estructuras subcorticales relacionadas tradicionalmente con la visión, por ejemplo, colículos superiores y área pretectal. Puede que estas estructuras normalmente no fuesen responsables de la performance de la discriminación de patterns, pero que sean capaces de asumirla al faltar la corteza visual ya sea porque poseían esta capacidad latente (función vicaria) o porque la adquirieron a través de un proceso de reorganización funcional. En este último caso, es posible hipotetizar que un método de entrenamiento eficaz (el método gradual) aceleraría el proceso de reorganización y este efecto tendría consecuencias mucho más evidentes en sujetos lesionados simultáneamente que en sujetos lesionados serialmente, en quienes el sistema ya estaría parcialmente reorganizado.

Nuestro trabajo no provee evidencia experimental para decidir entre las distintas suposiciones respecto a como lograron reaprender los sujetos experimentales. Conductualmente, los datos son congruentes con trabajos previos en que se ha aplicado exitosamente el método gradual en la adquisición de discriminaciones consideradas como difíciles o fuera de las capacidades del sujeto (Terrace, 1963 a, 1963 b, 1964, 1966a; 1972a; Schusterman, 1966; Sidman y Stoddard, 1967; Stettner y Matyniak, 1969; Guic y Gormaz, 1975; Aronsohn, 1978).

Creemos que para la interpretación de nuestros resultados, las características más importantes del método gradual serían:

- a) El paso de una discriminación fácil o ya dominada (una discriminación blanco versus negro claramente dentro de las capacidades de las ratas sin corteza visual) a una discrimina-

ción de mayor dificultad (estrías horizontales versus verticales) mediante la transformación gradual de las claves-estímulo. Esto permitiría al sujeto ir aprendiendo algunos aspectos relevantes sobre una segunda clave mientras sigue respondiendo en base a la primera, y/o le permitiría encontrar una nueva estrategia de respuesta para resolver el problema;

- b) Una ejecución con pocos errores permite el enfrentamiento del sujeto a una tarea de mayor dificultad en condiciones más ventajosas, ya que al cometer errores el sujeto tendería a perseverar en ellos.

Comentaremos estas características del método gradual posteriormente con más detalle.

Se ha intentado explicar la performance de los sujetos entrenados con el método gradual en relación a conceptos como el de control de estímulos (Terrace, 1966 a), o en relación al concepto de atención (Sutherland, 1966; Mackintosh, 1965).

Sabemos que el reforzamiento diferencial es una condición suficiente para obtener un control de estímulo eficaz entre dos valores de una dimensión dada. El método gradual, al esfumar paulatinamente la diferencia inicial entre los estímulos a discriminar, estaría agudizando el control de estímulo de la nueva clave sobre la conducta del sujeto. Dorry (1976) ha demostrado que lo central para la agudización de dicho control lo constituye la esfumación gradual de la clave que controla originalmente la conducta, lo - que va haciendo cada vez más difícil que la discriminación se siga efectuando sobre esa base, y el sujeto es obligado a usar una nueva clave.

En nuestro trabajo, durante los 11 pasos del procedimiento gradual se usaron estímulos compuestos, que presentaban la dimensión que inicialmente controlaba la conducta (brillo) en contigüidad espacial y temporal con la dimensión a la - que será transferido el control (estrías verticales versus horizontales o luz intermitente versus constante).

Actualmente existe polémica entre los diversos trabajos revisados sobre el momento en que se efectúa la transferencia del control de estímulo de una dimensión a otra, y si ésta se efectuaría en forma gradual o abrupta. Respecto al primer punto existen evidencias de que el momento del cambio dependería de diferencias individuales (Touchette, 1971).

En nuestro trabajo se observó un mayor número de respuestas de orientación (cambios repetidos de la dirección de la cabeza o el cuerpo entre un estímulo y otro) y de errores en los últimos pasos de la serie (9 a 11). Las respuestas de orientación en discriminaciones simultáneas aumentan al incrementar la dificultad de la tarea (Schusterman, 1966). En el método gradual, el número de respuestas de orientación es mayor durante las etapas de la serie en que las diferencias de la clave que originalmente controlaba la conducta son pequeñas (Schusterman, 1966, 1967; Guié y Gormaz, 1975). Schusterman considera este aumento como un índice de cambio de la atención de una dimensión a otra; lo que otros autores (Terrace, 1963 b, 1966 a, Brown y Rilling, 1975) han conceptualizado como un cambio de la dimensión - estímulo que controla la conducta.

Además, se ha demostrado que si la gradualidad de la serie no es suficiente, los sujetos cometen un mayor número de errores en esa etapa (Terrace, 1966 a). Estas evidencias nos hacen postular que en nuestro trabajo el momento del cambio ocurrió entre los pasos 9 y 11 y que los sujetos operados probablemente cometerían menos errores en estas etapas si aumentamos la gradualidad del cambio.

Como ya fué mencionado, otro punto polémico es si el cambio de la atención o del control de estímulo se efectúa en forma gradual o abrupta. La teoría no-contigüista postula un cambio abrupto. Por otra parte, Mackintosh (1965) y Sutherland y Mackintosh (1971) proponen el paso gradual mediante

lo que llaman aprendizaje incidental de claves. El sujeto aprendería algo acerca de una segunda clave al estar asociada con la clave que controla la conducta o a la que presta atención.

Para explicar las diferencias entre las performances de los sujetos clásicos y graduales se ha postulado entre otros elementos, la aversividad que adquiere el E- en un entrenamiento con gran cantidad de errores como consecuencia del proceso de extinción de respuestas al estímulo negativo, mientras que E- permanecería con un valor emocional neutro en un entrenamiento con pocos o ningún error. (Terrace, 1966 b).

Tradicionalmente se ha considerado la adquisición de una discriminación operante como un proceso de reducción de la probabilidad de respuesta a E- (errores), la cual inicialmente sería equivalente a la probabilidad de respuestas a E+. Con la aplicación del método gradual se ha demostrado, en reiteradas oportunidades, que la ocurrencia de errores no es una condición necesaria para la adquisición de una discriminación sino más bien un producto de la metodología de entrenamiento. Más aún, este método presenta una serie de características que no se observan en la performance resultante de un entrenamiento con errores (clásico). Es así como nuestros sujetos entrenados con el método clásico tendieron a intentar reiteradamente escapes no autorizados, evitaron mirar los estímulos discriminativos volviéndose en 180°, presentaron una alta frecuencia de "congelamiento" (permanecer inmóviles, aún durante la administración de shock), una mayor frecuencia de defecación y de respuestas agresivas contra el aparato de entrenamiento y/o las manos del experimentador. Las ratas entrenadas con el método gradual casi no presentan respuestas emocionales (o conductas no centradas en la tarea) coincidiendo con observaciones de otros autores (Terrace, 1963 c, 1966 b, 1972b; Schusterman, 1966, 1967).

Cabe destacar que estas observaciones no fueron cuantificadas, sino que son producto de la observación informal de los experimentadores durante el entrenamiento.

Por otra parte, en todos los trabajos previos se ha utilizado un paradigma apetitivo lo que impide que estos resultados sean directamente comparables con los nuestros. En nuestro caso, las diferencias entre las performances de los sujetos clásicos y graduales se evidencian más, ya que la situación de discriminación tiene características menos aversivas para los sujetos que cometen pocos errores (reciben menos shock) que para los sujetos que aprenden con un gran número de errores.

En síntesis, podemos postular que la recuperación conductual de una discriminación entre estrías horizontales versus verticales puede lograrse mediante una adecuada estimulación medioambiental, reafirmando principios de la teoría del aprendizaje en torno a los efectos facilitadores de la gradualidad.

Nuestros resultados conllevan hallazgos teóricos y metodológicos de suma importancia, ya que si no hubiéramos aplicado el método gradual, podríamos haber concluido que la extirpación simultánea de la corteza visual estriada y periestriada tenía como consecuencia ineludible la pérdida de la capacidad de discriminar entre estrías horizontales versus verticales. Después de aplicarlo se deduce que las ratas poseen aún un equipo neurológico capaz de integrar la discriminación, o en su defecto, un sistema alternativo que permite hacer uso de una nueva estrategia para resolverla sobre una base distinta.

En cualquier caso, el método gradual podría aplicarse como herramienta útil que ayude a determinar la naturaleza y extensión de déficits producidos por un daño neurológico.

Finalmente, nuestros resultados permiten asegurar fehacientemente la mayor eficacia del método gradual en la recuperación de déficits consecutivos a lesiones definidas del Sistema Nervioso Central. Este hallazgo tiene importantes implicaciones tanto para la investigación básica como para la psicología aplicada.

IX PROYECCIONES GENERALES

En lo que se refiere estrictamente al área cubierta por la presente investigación, surgen interrogantes que servirían como base para investigaciones futuras tendientes a:

1. Clarificar el papel del área 20 en la integración de una discriminación de patterns a través de estudios conductuales en sujetos lesionados.
2. Explorar la incidencia del método de entrenamiento en las bases estructurales de la recuperación conductual a través de estudios morfológicos.
3. Estudiar la posibilidad de recuperación de la discriminación de patterns con el método clásico, permitiendo períodos de entrenamiento post-operatorios más prolongados que los de este trabajo.
4. Perfeccionar, a través de una metodología adecuada el control de las claves potencialmente disponibles en los estímulos de una discriminación de patterns.

BIBLIOGRAFIA

1. Aronsohn S, Castillo O., Pinto-Hamuy T., Fading procedure effects on a visual pattern discrimination reversal in the albino rat, - *Animal Learning and Behavior*, 1978, 6, 72-75.
2. Barlow, D.H. y Agras, W.S., Fading to increase heterosexual responsiveness in homosexuals, *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1973, 6, 435-441.
3. Bauer, J.H., Cooper, R.M., Effects of posterior cortical lesions on performances of a brightness discrimination task, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1964, 58, 84-93.
4. Berlucchi, G., Sprague, J.M., Levy J., y Di Berardino, A.C., Pretectum and Superior colliculus in visually guided behavior and in flux and form discrimination in the cat, *Journal of Comparative and Physiological Psychology, Monograph*, 1972, 78, 123-172.
5. Bland, B. H. y Cooper, R. M., Posterior neodecortication in the rat: age at operation and experience, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1969, 69, 345-354.
6. Bland, B.H. y Cooper, R.M., Experience and vision of the posterior neodecorticate rat, *Physiology and Behavior*, 1970, 5, 211-214.
7. Blochert, P., Ferrier, R., Cooper R., Effects of pretectal lesions on rats wearing light diffusing occluders, *Brain Research*, 1976, 104, 121-128.
8. Bogdassarian, R.S., y Goodman, D.C., Axonal sprouting of intact retinofugal neurons as a consequence of opposite eye removal: homotypic compared to heterotypic axonal sprouting *Anatomical Records*, 1970, 166-280.
9. Braun, J., Lundy, E.G., y McCarthy, F. V., Depth discrimination in rats following removal of visual neocortex, *Brain Research*, 1970, 20, 283 - 291.

10. Brown, C. y Rilling, M.E., Stimulus delay and the production of errors in the transfer of stimulus control, *Animal Learning and Behavior*, 1975, 3, 21-27
11. Butter, C.M., Gekoski, W.I., Alterations in pattern equivalence following inferotemporal and lateral striate lesions in rhesus monkeys, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1966, 61, 309 - 312.
12. Collin, E.S. y Savoy, P., Fading procedures and conditional discrimination in children, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1968, 11, 443-451.
13. Corey, J. R. y Shamow, J.C., The effects of fading on the acquisition and retention of oral reading, *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1973, 5, 311 - 315.
14. Cowey, A. y Weiskrantz, L., Contour discrimination in rats after frontal and striate cortical lesions, *Brain Research*, 1971, 30, 241-252.
15. Cunningham, J.J., Sprouting of the optic projection after cortical lesions, *Anatomical Records*, 1972, 172-298.
16. Diamond, I.T., y Hall, W.C., Evolution of Neocortex (early views of the origin of cortex and recent studies of visual cortex in hedgehogs and tree shrews are discussed), *Science*, 1969, 164, 251-262.
17. Diamond, I.T., Organization of the visual cortex: comparative anatomical and behavioral studies, *Federation Proceedings*, 1976, 35, 60-67.
18. Dorry, G.H., Attentional model for the effectiveness of fading in training reading vocabulary with retarded persons, *American Journal of Mental Defficiency*, 1976, 81, 271-279.
19. Doty, R., Functional significance of the topographical aspects of the retino-cortical projection, 1961, en Spear y Braun, 1969.

20. Dow, B. W., Central mechanisms of vision: parallel processing, Federation Proceedings, 1976, 35, 54-59.
21. Dru, D. y Walker, J.B., Self produced locomotion restores visual capacity after striate lesions, Science, 1975, 187, 265-266.
22. Espinoza, B., Dispositivos automáticos para el estudio del comportamiento, Apuntes Escuela de Psicología, Universidad de Chile, 1970.
23. Finger, S., Walbraun, B. y Stein, D., Brain damage and behavioral recovery: serial lesion phenomena, Brain Research, 1973, 63, 1-18.
24. Gellerman, L.W., Chance order of alternating stimuli in visual discrimination experiments, Journal of Genetic Psychology, 1933, 42, 206-208.
25. Giolli, R.A., y Creel, D.J., Inheritance and variability of the organization of the retino-geniculate projections in pigmented and albino rats, Brain Research, 1974, 78, 335-339.
26. Glendenning, R.L., Effects of training between two unilateral lesions of visual cortex upon ultimate retention of black-white discrimination habits by rats, Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1972, 80, 216-229.
27. Goodman, D.C., y Horel, J.C., Experiments to determine whether retinogeniculate axons can form translaminal collateral sprouts in the dorsal lateral geniculate nucleus of the cat, Journal of Comparative Neurology, 1972, 146, 407-420.
28. Guić, E. y Gormaz, A., Efectos de la modificación de uno o ambos estímulos en la técnica de degradación en una discriminación visual en ratas, Seminario de Tesis, Departamento de Psicología, Universidad de Chile, 1975.

29. Guilford, J.P., Fundamental Statistics in Psychology and Education.
Mc Graw Hill Book Company, New York, 1973.
30. Hall, W.C. y Diamond, I.T., Organization and function of the visual
cortex in hedgehog. An ablation study of pattern discrimination ,
Brain Behavior and Evolution, 1968, 1, 215-243.
31. Harting, J.K., Hall, W.C., Diamond, I.T., Evolution of the pulvinar,
Brain, Behavior and Evolution, 1972, 6, 424-452.
32. Hayhow, W.R., Webb, C., y Jervie, A., The accessory optic fiber sys-
tem in the rat, *Journal of Comparative Neurology*, 1960, 2, 187-215.
33. Hayhow, W.R., Sefton, A., y Webb, C., Primary optic centers of the
rat in relation to the terminal distribution of the crossed and un-
crossed optic nerve fibers, *Journal of Comparative Neurology*, 1962,
118, 295-322.
34. Holland, J.G., Teaching Machines: An application of principles from
the laboratory , *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*,
1960, 3, 275-287.
35. Horel, J.A., Bettinger, J.A. Royce, G.J., Meyer, D.R., Role of neocor-
tex in the learning and relearning of two visual habits by rats, *Jour-
nal of Comparative Physiological Psychology*, 1966,67, 66-68.
36. Hughes, H.C., Anatomical and neurobehavioral investigations concerning
the thalamo-cortical organization of the rat's visual system, *Journal
of Comparative Neurology*, 1977, 175, 311-336.
37. Isaac, W., Role of stimulation and time in the effects of spaced occi-
pital ablations, *Psychological Reports*, 1964, 14, 151-154.
38. Jones, E.G., The Anatomy of Extra-genfculo Striate Visual Mechanisms,
Neurosciences Third Study Program, F.O. Schmitt y F.G. Worden (Eds),
MIT Press, 1974.

39. Kircher, K.A., Braun, J.J., Meyer, D.R. y Meyer, P.M., Equivalence of simultaneous and successive neocortical ablations in productions of impairments of retention of black-white habits in rats, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1970, 71, 420-425.
40. Krieg, W.J.S., Connections of the cerebral cortex, I., in the albino rat, *Journal of Comparative Neurology*, 1946, 84, 221-275.
41. Lashley, K.S., The Mechanism of vision, XII., Nervous structures concerned in habits based on reactions to light, *Comparative Psychology, Monographs*, 1935, 11, 43-79.
42. Lashley, K.S., The mechanism of vision, XVI., the functioning of small remnants of the visual cortex, *Journal of Comparative Neurology*, 1939, 70, 45-67.
43. Lashley, K.S., The mechanisms of vision, IV., The cerebral areas necessary for patterns vision in the rat, *Journal of Comparative Neurology*, 1931, 53, 419-478.
44. Lavond, D., Hata, M.G., Gray, T.S., Geckler, C.I., Meyer, P.M., y Meyer, D.R., Visual form perception is a function of the visual cortex, *Physiological Psychology*, 1978, 6, 471-477.
45. Lawrence, D.H., The transfer of a discrimination along a continuum, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1952, 45, 511-516.
46. Legg, C.R. y Cowey, A., Effects of subcortical lesions on visual intensity discriminations in rats, *Physiology and Behavior*, 1977, 19, 635-646.
47. Le Vere, T.G., The primary visual system of the rat: a primer of its anatomy, *Physiological Psychology*, 1978, 6, 142-169.
48. Lewellyn, D., Lowes, G. y Isaacson, R.L., Visually mediated behaviors following neocortical destruction in the rat, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1969, 69, 25-32.

49. Lund, R.D. y Lund, J.S., Synaptic adjustment after deafferentation of the superior colliculus of the rat, *Science*, 1971, 171, 804-807.
50. Mackintosh, N.J., Selective attention in animal discrimination learning, *Psychological Bulletin*, 1965, 64, 124-150.
51. Meyer, D.R., Isaac, W. y Maher, S., The role of stimulation in spontaneous reorganization of visual habits, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1958, 51, 546-548.
52. Meyer, D.R., y Meyer, P.M., Dynamics and bases of recovery of functions after injuries to the cerebral cortex, *Physiological Psychology*, 1977, 5, 133-165.
53. Mize, R.R., Wetzel, A. B., y Thompson, V.E., Contour discrimination in the rat following removal of posterior neocortex, *Physiology and Behavior*, 1971, 6, 241-246.
54. Montero, V.M., Evoked responses in the rat's visual cortex to contralateral, ipsilateral, and restricted photic stimulation, *Brain Research*, 1973, 53, 192-196 (a).
55. Montero, V.M., Rojas, A., Torrealba, F., Retinotopic organization of striate and periestriate visual cortex in the albino rat, *Brain Research*, 1973, 53, 197-201 (b).
56. Petrinovich, L. y Bliss, D., Retention of a learned brightness in discrimination following ablations of the occipital cortex in the rat, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1966, 61, 136-138.
57. Petrinovich, L. y Carew, T.J., Interaction of neocortical size and interoperative experience in retention of a learned brightness discrimination, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1969, 65, 431-454.
58. Polyak, S.L., The Vertebrate Visual System, University of Chicago Press, Chicago, 1957.

59. Ralston, H.J. y Chow, K.K., Synaptic reorganization in the degenerating lateral geniculate nucleus of the rabbit, *Journal of Comparative Neurology*, 1972, 147, 321-350.
60. Ribak, C., y Peters, A., An autoradiographic study of the projections from the lateral geniculate body of the rat, *Brain Research*, 1975, 92, 341-368.
61. Rilling, M. G., Stimulus control and inhibitory processes, en W.K. Honig y J.E.R. Staddon (Eds), A Handbook of Operant Conditioning, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1973.
62. Ritchie, G.D., Meyer, D.R. y Meyer, P.M., Residual spatial vision of cats with lesions of the visual cortex, *Experimental Neurology*, 1976, 53, 227-254.
63. Robinson, D.L., y Jarvis, C.D., Superior colliculus neurons studied during head and eye movements of the behaving monkey, *Journal of Neurophysiology*, 1974, 37, 533-539.
64. Rodieck, R.W., Visual pathways, *Annual Review of Neuroscience*, 1979, 2, 193-225.
65. Scheff, S.W., Wright, D.C., Morgan, W.K., Powers, R.B., The differential effects of additional cortical lesions in rats with single or multiple stage lesions of the visual cortex, *Psychological Psychology*, 1977, 5, 97-102.
66. Schlosberg, H. y Solomon, K.L., Latency of response in a choice discrimination, *Journal of Experimental Psychology*, 1943, 51, 393-395.
67. Schneider, G.E. , Two Visual Systems, *Science*, 1969, 163, 895-902.

68. Schneider, G.E., y Jhaveri, S.R., Neuroanatomical correlates of spared or altered function after brain lesions in the newborn hamster, en D.G. Stein, J.J. Rosen y N. Butters (Eds.), Plasticity and Recovery of Function in the Central Nervous System, Academic Press, Inc., New York, 1974.
69. Schusterman, R., Serial discrimination-reversal learning with and without errors by the California sea lion, Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1966, 9, 593-600.
70. Schusterman, R., Attention shift and erroless reversal learning by the California sea lion, Science, 1967, 156, 833-835.
71. Sidman. M. y Stoddard, L., The effectiveness of fading in programming a simultaneous form discrimination for retarded children, - Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1967, 10, 3-15.
72. Siegel, S., Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1956.
73. Siminoff, R., Schwassmann, H.O., Kruger, L., An electrophysiological study of the visual projection to the superior colliculus of the rat. Journal of Comparative Neurology, 1966, 127, 435-444.
74. Siminoff, R., Schwassmann, H.O., y Kruger, L., Unit analysis of the pretectal nuclear group in the rat., Journal of Comparative Neurology, 1967, 130, 329-342.
75. Skinner, B.F., Teaching machines, Science, 1958, 128, 969-997.
76. Spear, P.D. y Barbas, H., Recovery of pattern discrimination ability in rats receiving serial or one stage visual cortex lesions, Brain Research, 1975, 94, 337-346.
77. Spear, P.D. y Braun, J.J., Discrimination following removal of visual neocortex in the cat, Journal of Experimental Neurology, 1969, 25, - 331-348.
78. Sprague, J.N., The Superior colliculus and pretectum in visual behavior, Investigative Ophthalmology, 1972, 11, 473-481.

79. Stein, D.G., Rosen, J.J. Butters, N., Plasticity and Recovery of Function in the Central Nervous System, Academic Press, Inc., New York, 1974.
80. Stettner y Matyniak, K.A., The use of stimulus fading in assessing behavioral deficits produced by brain damage, *Physiology and Behavior*, 1969, 4, 858-861.
81. Sutherland, N.S. y Holgate, V., Two-cue discrimination learning in rats, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1966, 61, 198-207.
82. Sutherland, N.S., y Mackintosh, N.J., Mechanisms of Animal Discrimination Learning, Academic Press Inc., New York, 1971.
83. Terrace, H.S., Discrimination learning with and without errors, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1963, 6, 1-27 (a).
84. Terrace, H.S., Errorless transfer of a discrimination across two continua, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1963, 6, 223-232 (b).
85. Terrace, H.S., Errorless discrimination learning in the pigeon: Effects of chlorpromazine and imipramine, *Science*, 1963, 140, 318-319 (c).
86. Terrace, H.S., Stimulus Control en W.K. Honig (Ed.), Operant Behavior, Areas of Research and Application, Appleton-Century Crofts, New York, 1966 (a).
87. Terrace, H.S., Discrimination learning and inhibition, *Science*, 1966, 154, 1677-1680 (b)
88. Terrace, H.S., Wavelength generalization after discrimination learning with and without errors, *Science*, 1964, 144, 78-80.
89. Terrace, H.S., By-products of discrimination learning, en G. Bower y J. Spence (Eds.), The Psychology of Learning and Motivation, New York, Academic Press, 1972 (a).

90. Terrace, H.S., Conditioned inhibition in successive discrimination learning, en R.A. Boakes, H.S. Halliday, Inhibition and Learning Academic Press, Inc., New York, 1972 (b).
91. Thompson, T. y Bryant, J.H., Memory as affected by activity of the relevant receptor, *Psychological Reports*, 1955, 1, 393-400.
92. Thompson, R., Retention of a brightness discrimination following - neocortical damage in the rat, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1960, 53, 212-215.
93. Touchette, P.E., The effects of gradual stimulus change on the acquisition of a simple discrimination in severely retarded boys, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1968, 11, 39-48.
94. Touchette, P.E., Transfer of stimulus control measuring the moment of transfer, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 1971, 15, 347-354.
95. Ungerleider, L.G., y Pribram, K.H., Inferotemporal vs. combined pulvinar-peristriate lesions in the rhesus monkey: effects on color, object and pattern discrimination, *Neuropsychologia*, 1977, 15, 481-498.
96. Winans, S.S., Visual cues used by normal and visual decorticate cats to discriminate figures of equal luminous flux, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1967, 74, 167-178.
97. Winer, B.J., Statistical Principles in Experimental Design, 2^a edición, International Student Edition, Mc Graw-Hill Book Company, Kogakusha, Japón, 1971.
98. Wulbert, M., Nyman, A., Snow, D., Owen, T., The efficacy of stimulus fading and contingency management in the treatment of selective mutism: a case study, *Journal of Applied Behavior Analysis* 1973, 6, 453-441.

APENDICE I

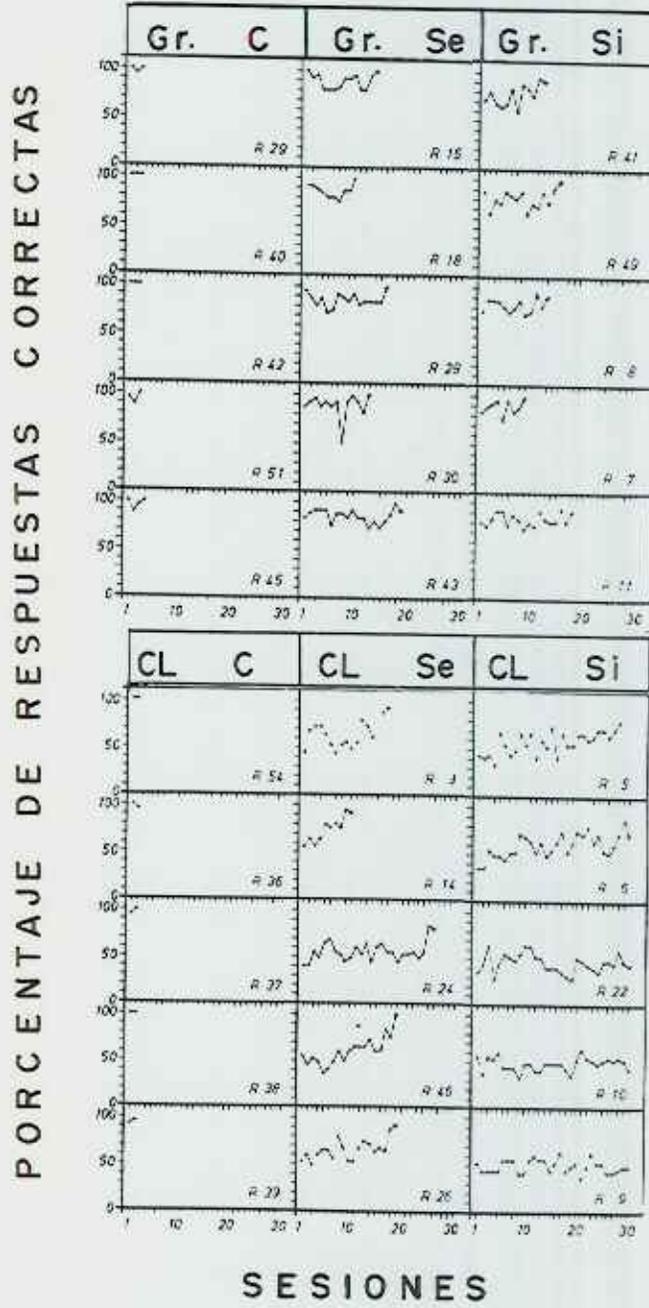
DISCRIMINACION DE BRILLANTEZ
CUADRO RESUMEN (*)

GRUPOS	ADQUISICION DIAS 1 - 7	LESION DIA 8	RETENCION DIAS 18-22	LESION DIA 23	ENTRENAMIENTO FINAL DIA 33
Cl Si Ens. Err.	50.8 16.6	- -	20.4 1.6	Le bilateral	42.4 12.4
Cl Se Ens. Err.	66.6 21.2	Le 1 -	25.2 4.2	Le 2	52.8 12.6
Grad Si Ens. Err.	55.4 16.4	- -	20.2 1.8	Le bilateral	32.0 6.2
Grad Se Ens. Err.	48.4 15.6	Le 1 -	21.6 2.2	Le 2	41.0 10.4
Cl Co Ens. Err.	52.6 16.4	- -	20.8 2.0	- -	22.2 2.6
Grad Co Ens. Err.	54.4 17.4	- -	18.6 0.6	- -	18.8 0.8

(*) Incluye promedios del número de ensayos y de errores en cada una de las etapas experimentales.

APENDICE 2

CURVAS INDIVIDUALES DE APRENDIZAJE DE TODOS LOS SUJETOS EXPERIMENTALES Y DE CONTROL DURANTE LA ETAPA DE ENTRENAMIENTO FINAL.



APENDICE 3

SISTEMA VISUAL DE LA RATA

Esta descripción del sistema visual de la rata se basa en datos provenientes de estudios tanto morfológicos como funcionales realizados en las dos principales variedades de ratas de laboratorio: la pigmentada (Long-Evans) y la albina (Sprague-Dawley y Wistar). La existencia de algunas diferencias cuantitativas no impide la formación de un cuadro coherente global, ya que las terminaciones retinofugales y la interacción entre los componentes del sistema son esencialmente idénticas en ambas variedades.

Componentes del sistema visual de la rata:

1. Ojo y retina
2. Nervio, quiasma y cintilla ópticos
3. Genuculado lateral
4. Colículo superior
5. Área pretectal
6. Núcleo lateral posterior del tálamo
7. Corteza estriada y extraestriada
8. Haz visual accesorio

OJO

Exceptuando el tamaño relativamente grande del cristalino y córnea, el ojo de la rata es muy similar al de otras especies de mamíferos. El campo visual total es de unos 200°, con un campo binocular de 117°. Aunque el músculo ciliar es poco desarrollado, la rata no es hipermetrópico como se creía anteriormente. Esta circunstancia, unida a la organización del sistema óptico de la rata, permite al animal la visión detallada (Le Vere, 1978).

RETINA

La retina visiva contiene tres órdenes neuronianos, el primero de los cuales consiste de las células receptoras fotosensibles, las células de los bastones. La existencia de conos está en disputa en la actualidad. El segundo orden neuroniano está compuesto por las células bipolares cuyas dendritas reciben conexiones del neurito central o base sináptica de una o varias células receptoras, y cuyo axón sinapta con una o más células ganglionares, el tercer orden neuroniano, cuyo conjunto se considera, por homología, el centro segmentario del sistema.

Existen además dos tipos de neuronas anaxonales que proveen asociación horizontal: las células horizontales, que están ubicadas a nivel de la sinapsis entre las células receptoras y bipolares, y las células amacrinas, a nivel de la sinapsis entre las células bipolares y las ganglionares.

La retina de la rata carece de depresión foveal (Le Vere, 1978).

NERVIO, QUIASMA Y CINTILLA OPTICOS

Estas estructuras se disponen sucesivamente y están formadas por los axones de las células ganglionares. Alrededor del 90% de las fibras del nervio - cruza en el quiasma, pasando a constituir la cintilla contralateral. La mayoría de ellas, si no todas, emite colaterales, muchas de las cuales sinaptan en el geniculado lateral o atraviesan este cuerpo para terminar en las áreas pretectales. También se han descrito algunas terminaciones bilaterales en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo. La rama principal de la cintilla óptica forma parte del brazo conjuntival anterior y sus fibras sinaptan en la capa óptica del colículo superior (también se han descrito algunas terminaciones en la capa gris superficial y media) (Le Vere, 1978). En último término entonces, las células ganglionares, tercer orden neuronal del sistema, sinaptan con neuronas de los colículos anteriores, la región pretectal, geniculado lateral, y núcleo supraquiasmático del hipotálamo.

GENICULADO LATERAL

Este núcleo talámico se subdivide en una porción dorsal (GLd) y una porción ventral (GLv). Ambas porciones reciben conexiones de neuritos retinofugales que conforman el nervio y cintilla ópticos, y debido al cruzamiento casi total que efectúan en el quiasma, la mayoría de estas aferencias son contralaterales. La otra fuente de fibras aferentes al GLv, y en menor grado al GLd, son fibras de neuronas ubicadas en las capas V y VI del área 17 de la neocorteza visual ipsilateral.

Las fibras de proyección (eferentes) del GLd conforman la radiación óptica y sinaptan en el área 17 y 18a (principalmente en la capa IV, y posiblemente en las capas I y VI).

El GLv tiene un gran número de proyecciones que incluyen: el colículo superior ipsilateral (capa óptica), el área pretectal bilateral, el núcleo supraquiasmático, el GLv contralateral, la zona incierta ipsilateral, centros de las regiones dorsomedial y dorsolateral del puente ipsilateral, el núcleo terminal lateral del haz óptico accesorio, y otras áreas del tronco encefálico. Estas conexiones tienen gran importancia en funciones visuales subcorticales (Ribak, 1977; Hughes, 1977; Le Vere, 1978).

La tinción de Nissl y similares no revelan en el GL una laminación comparable con la que se observa en mamíferos superiores.

Sin embargo, según estudios efectuados con el método de Fink-Heimer (degeneración neurofibrilar) (Hayhow, Sefton y Webb, 1962; Giolli y Creel 1974, Hughes, 1977) puede evidenciarse algún grado de laminación rudimentaria en la porción dorsomedial del GLd que recibe aferencias retinales ipsilaterales, lo que apoyaría la clasificación del sistema visual de la rata como de tipo intermedio (Polyak, 1957).

COLICULO SUPERIOR

Los colículos superiores están ubicados en la superficie dorsal del mesencéfalo rostral; están limitados caudalmente por los colículos inferiores y rostralmente por núcleos talámicos. El ángulo rostralateral es contínuo con el brazo conjuntival anterior. El colículo superior tiene una estructura laminar, describiéndose siete estratos. Los más superficiales (de dorsal a ventral: estrato zonal y capas gris superficial, óptica y gris media) están en íntima relación con otros centros visuales; las capas más profundas (blanca, gris profunda y blanca profunda) reciben conexiones de la formación reticular, cerebelo y médula cervical, además de originar las principales -eferencias del colículo superior, por lo que intervienen, entre otras cosas, en el control de los movimientos oculares (Sprague, 1972; Le Vere, 1974; Robinson, 1974).

Las conexiones aferentes del colículo superior provienen de tres fuentes -principales: retina ipsilateral, retina contralateral, y neocorteza visual ipsilateral; el número de fibras aferentes retinales es muy superior al de las corticales.

Las aferencias retinales ipsilaterales llegan al colículo superior por dos vías, una rostral y otra lateral. La vía rostral pasa por la parte caudal del GL y termina en la porción medial del tercio rostral de la capa óptica. La vía lateral coincide con el brazo conjuntival anterior y termina en la mitad lateral del tercio rostral de la capa óptica. Las aferencias corticales ipsilaterales al colículo superior son menos numerosas que las aferencias provenientes de las células ganglionares retinales. Las fibras aferentes corticales cursan a través de la cápsula interna y porción lateral del pedúnculo cerebral hasta introducirse en la cintilla óptica, desde la cual las fibras entran al colículo superior vía el brazo conjuntival anterior o geniculado lateral y núcleos pretectales.

En términos de retinotopía, las proyecciones retinal y neocortical visual al colículo superior se corresponden completamente.

La mayoría de las fibras eferentes de las capas superficiales del colículo superior al tálamo (GLv y núcleo lateral posterior) y a las capas más profundas del colículo, que establecen a su vez conexiones eferentes con la región posterior del tálamo y con otros centros del tronco encefálico.

Existen conexiones recíprocas entre ambos colículos superiores (Ribak, 1975, Le Vere, 1978).

Se presentarán a continuación algunas características fisiológicas del colículo superior (así como del área pretectal más adelante), dada la importancia que tienen estos centros en la discriminación visual en ausencia de la corteza visual. Las investigaciones electrofisiológicas demuestran que las unidades del colículo superior son en su gran mayoría fásicas y presentan una topografía precisa, aunque con algún grado de superposición. Esta estructura contiene unidades sensibles a breves destellos de luz y al desplazamiento de un pequeño objeto con respecto a su campo receptivo; existen tres tipos de estas últimas: las que son sensibles a la entrada, a la salida y al desplazamiento de un objeto dentro del campo, respectivamente. Además, existen neuronas de campo receptivo complejo. Se ha descrito un escaso número de unidades con algún grado de sensibilidad a direccionalidad, pero esto puede -

deberse a la asimetría de los campos receptivos. Se ha observado con frecuencia unidades que presentan responsividad reducida (adaptación) (Siminoff, 1966) a un estímulo estacionario o al movimiento repetido de un estímulo en su campo receptivo, aunque un cambio del ángulo de movimiento del mismo estímulo elicitaba una nueva respuesta.

AREA PRETECTAL

El área pretecal es un conjunto de núcleos derivados del epitálamo, de ubicación ventro-rostral al colículo superior; se sitúa ventralmente a la porción más anterior del colículo y sobrepasa rostralmente su borde anterior.

El área pretecal recibe conexiones de la retina, del GLv, del colículo superior (capas superficiales) y algunas áreas corticales (Sprague, 1972; Le Vere, 1978). El área pretecal proyecta al núcleo lateral posterior del tálamo (Hughes, 1977); esta es la conexión eferente de mayor interés para nosotros. No se han descrito otras conexiones eferentes de esta área, con la excepción de las que participan en mecanismos relacionados con el reflejo pupilar.

Dentro del área pretecal, el núcleo con mayor responsividad a la estimulación luminosa es el núcleo pretecal anterior; su porción dorsal contiene unidades fásicas cuyos campos receptivos están dispuestos en una secuencia sistemática paralela a la superficie; su porción ventral tiene propiedades tónicas de descarga.

Las unidades fásicas responden rítmicamente a estímulos de movimiento constante o inconstante, a la dirección del movimiento, o a estímulos móviles que entran o salen del campo receptivo; las hay también con campos receptivos complejos, de mayor tamaño que los del colículo superior.

Algunas unidades tónicas contienen campos receptivos grandes ("unidades generales de iluminación") y otras responden con una frecuencia aumentada durante la presentación de un estímulo luminoso (unidades "on") o con una disminución de su frecuencia de descarga durante la presentación del estímulo (unidades "off"). Estas unidades "on" y "off" responden a cambios de luminosidad y a flujo luminoso total, y no a la forma o contorno del estímulo.

Casi no se observan unidades que muestran adaptación a la repetición de un estímulo (Siminoff, 1967).

El núcleo pretectal anterior y otros núcleos de este grupo presentan organización retinotópica, aunque con menor precisión que el colículo superior.

Las proyecciones corticales del colículo superior y área pretectal vía el núcleo lateral posterior del tálamo proveen la base estructural de un segundo sistema visual, el colículo-tálamo-extraestriado, que existe en forma paralela al sistema genículo-estriado (Schneider, 1969; Dow, 1976; Hughes, 1977).

NUCLEO LATERAL POSTERIOR DEL TALAMO

Este núcleo talámico puede considerarse homólogo del pulvínar de los mamíferos superiores. (Diamond y Hall, 1969; Harting, Hall y Diamond, 1972).

El núcleo lateral posterior recibe aferencias corticales, del colículo superior y del área pretectal.

Las fibras de proyección de este núcleo forman un fascículo denso que sale del tálamo vía la radiación talámica superior, donde bifurca. La mayoría de estas fibras sigue un curso dorso caudal (rama superior), terminando en las áreas 18 y 18 a, principalmente en la capa IV y porción profunda de la capa III; estas fibras provienen de las porciones anterior y lateral del núcleo lateral posterior, respectivamente. La rama más pequeña dobla ventralmente y termina en un área cortical circunscrita ubicada inmediatamente dorsal al surco rinal (área 20). (Hughes, 1977).

CORTEZA VISUAL

La neocorteza visual de la rata, ubicada en el tercio posterior de la superficie dorsal de los hemisferios cerebrales (ver Fig. 4) es similar a la neocorteza de todos los mamíferos. Se le describen seis capas: capa molecular o plexiforme, capa granular externa, capa de las células piramidales medianas, capa granular externa, capa de las células piramidales grandes, y capa de las células poliédricas (Le Vere, 1978).

Por definición, el área neocortical visual primaria corresponde a la proyección cortical del GL (en la rata, GLd). La proyección del GLd está confinada casi totalmente a una sola área neocortical: el área 17 (área visual primaria), cuya característica más notoria es la alta densidad de células en la capa IV. Esta capa tiene un gran número de fibras mielínicas, lo que permite distinguirla como una estría blanca, paralela a la superficie, a simple vista, o con débil aumento (corteza es triada).

Los datos electrofisiológicos muestran que el área primaria visual se extiende rostralmente alrededor de 6.5 mm del polo occipital y que tiene un borde medial que se ubica aproximadamente de 1 a 2.5 mm (4 mm en su porción rostral) de la línea media, mientras que su borde lateral se encuentra a unos 5.5 mm de la línea media (Montero, 1973 b). Esta área está limitada medialmente por el área 18 y lateralmente por el área 18 a (Ribak, 1975; Hughes, 1977); ambas reciben conexiones directas del área 17 (ver más adelante).

Las terminaciones de las fibras provenientes del GLd se observan principalmente en la porción profunda de la capa III y en todo el espesor de la capa IV. Hay escaso número de terminaciones en la porción superficial de la capa I y en la porción profunda de la capa VI.

La mayoría de las fibras comisurales, provenientes del área 17 contralateral, terminan en las capas I, II y III (parte superficial); hay algunas terminaciones en las etapas V y VI.

Podemos agrupar las fibras eferentes del área 17 en dos grupos: aquellas que establecen conexiones intracorticales (fibras de asociación y comisurales) y aquellas que establecen conexiones subcorticales (fibras de proyección).

Las fibras de asociación conectan el área 17 con las áreas adyacentes; algunas sin salir de la sustancia gris (a las áreas 18 y 18 a). Otras tienen un corto trayecto en la sustancia blanca subyacente (el área 18 a). Establecen sinapsis en las capas V, III y en menor proporción, II y III.

Las fibras comisurales atraviesan al hemisferio opuesto por la región caudal del cuerpo calloso, terminando con mayor densidad en el tercio lateral del área 17, y en la porción inmediatamente adyacente de la 18 a; establecen sinapsis en las capas I (profunda), II y III (superficial), con unas pocas capas en las capas V y VI.

Las fibras de proyección forman parte de la radiación óptica, entran a la porción lateral del pedúnculo cerebral y terminan en el tálamo (GL) colículo superior y área pretectal. Hay algunas conexiones con centros subtalámicos y del tronco encefálico, hasta el puente.

Las áreas 18 y 18 a son áreas visuales secundarias. Reciben fibras del núcleo lateral posterior del tálamo y del área 18 ipsilateral principalmente. Las fibras de otros orígenes (área 17 contralateral, GLd ipsilateral) son numéricamente menos importantes, especialmente la del GLd; las del área 17 contralateral se circunscriben al área 18 a en su porción inmediata a la 17.

En cuanto a la organización retinotópica del área estriada, la porción rostral del área 18 recibe conexiones de la retina superior, y la porción caudal recibe conexiones de la retina inferior. La porción medial, a su vez, recibe aferencias de la retina nasal, mientras que la porción lateral recibe de la retina temporal. En cambio, la organización retinotópica de las áreas extraestriadas, aunque es similar a la del área 17, determina campos receptivos de mayor tamaño y representa una imagen en espejo del área 17. Los centros visuales principales no sólo se relacionan tópicamente con el sistema receptor, sino también entre sí (Ribak, 1975; Hughes, 1977; Le Vere, 1978).

Además de la proyección del núcleo lateral posterior a las áreas corticales 18 y 18a, se ha comprobado la existencia de una proyección de este núcleo talámico a un área neocortical de la cara lateral del encéfalo de la rata (área 20). En otras especies (macaca mulatta, gato y gálago senegalensis) existen parámetros fisiológicos y conductuales que han llevado a denominar a esta área "área temporal visual". Aunque en la actualidad en la rata no se han publicado más que los datos morfológicos, el área 20 podría ser homóloga a las de las especies mencionadas (Harting, Hall y Diamond, 1972; Butters, 1974; Diamond, 1974; Ungerleider, 1977).

HAZ ACCESORIO DEL SISTEMA VISUAL

Además de los componentes del sistema visual ya descritos, se ha observado en los roedores un tracto óptico accesorio que se compone de algunos axones de origen retiniano, sin organización retinotópica, que alcanzan el segmento medio basal del mesencefalo (núcleo óptico del tegmento, entre otros). No hay evidencia de terminaciones de este sistema en los núcleos óculo-motores, colículos superiores u otras estructuras del sistema visual; en la rata (Raynow, 1950), aunque se han descrito aferencias del núcleo ventral lateral del mesencefalo, en el conejo y la chinchilla, se ha observado solamente su origen en el ganglio, por lo que se le podría considerar como un grupo de la diferenciación de los nervios de los ojos y nervios extrínsecos (Rakic, 1973).